

# **Vergleichende ökonomische Analyse von Produktionsverfahren auf einem Demonstrationsbetrieb in Nordostchina mit Hilfe von On-Farm Experimenten und räumlicher Statistik**

Dissertation

Zur Erlangung des

Doktorgrades der Agrarwissenschaften (Dr. agr.)

der

Naturwissenschaftlichen Fakultät III

Agrar- und Ernährungswissenschaften,

Geowissenschaften und Informatik

der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

vorgelegt von

Dipl.-Ing. agr. Marco Langrock

Geb. am 10.11.1982 in Weißenfels

Gutachter: Prof. Dr. Peter Wagner

PD Dr. Markus Gandorfer

Prof. Dr. Joachim Spilke

Verteidigung am: 11.12.2017



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung</b> .....	<b>1</b>
1.1	Beschreibung des Projektes „Deutsch-Chinesischer landwirtschaftlicher Demonstrationsbetrieb Ganhe“ .....	1
1.1.1	Klima der Projektregion.....	3
1.1.2	Boden, Nährstoffversorgung und Bodenfruchtbarkeit.....	4
1.1.3	Pflanzenschutz und Saatgutqualität .....	7
1.1.4	Technischer Fortschritt und Mechanisierung der Produktion.....	8
1.2	Problemstellung .....	8
1.3	Zielstellung .....	11
1.4	Vorgehensweise .....	12
<b>2</b>	<b>Literaturanalyse</b> .....	<b>14</b>
2.1	Die Landwirtschaft in Nordostchina.....	14
2.1.1	Ertrags- und Produktivitätssteigerung in der chinesischen Landwirtschaft.....	18
2.1.2	Produktionsfaktor Boden .....	30
2.1.3	Produktionsfaktor Arbeit - Arbeitsmarkt und Einkommen der Haushalte .....	40
2.1.4	Produktionsfaktor Kapital.....	43
2.2	On-Farm Experimente .....	47
2.2.1	Durchführung von On-Farm Experimenten.....	48
2.2.2	Wirkung auf den Ertrag in On-Farm Experimenten .....	49
2.2.3	Erfassung der Heterogenität des Versuchsstandortes .....	50
2.2.4	Erfassung des Prüfmerkmals Ertrag mit Ertragserfassungssystemen.....	52
2.3	Statistische Auswertung von On-Farm Experimenten.....	59
2.3.1	Räumliche Heterogenität und Trends in On-Farm Experimenten .....	60
2.3.2	Räumliche Korrelationen .....	62
2.3.3	Geostatistische Auswertungsansätze zur räumlichen Analyse .....	63
2.4	Ökonomische Auswertung von Produktionsverfahren .....	65
<b>3</b>	<b>Material und Methoden</b> .....	<b>68</b>
3.1	Beschreibung der Arbeits- und Produktionsverfahren.....	68
3.1.1	Produktionsverfahren Sojabohnen .....	73
3.1.2	Produktionsverfahren Sommerweizen .....	79
3.2	On-Farm Experimente auf dem Demonstrationsbetrieb Ganhe.....	81
3.2.1	Anlage der On-Farm Experimente.....	82
3.2.2	Planung der On-Farm-Experimente .....	83
3.2.3	Dokumentation der On-Farm Experimente .....	84
3.2.4	Aufnahme von Standorteigenschaften zur Nutzung als Kovariable .....	87
3.2.5	Ertragserfassung durch Wiegung der Erntemenge .....	90
3.2.6	Ertragserfassung mit dem Ertragskartierungssystem des Mähdeschers .....	90

3.3	Statistische Auswertung der Ertragsdaten von On-Farm Experimenten .....	104
3.3.1	Aufbereitung und Bearbeitung der Ertrags- und Kovariablendaten .....	104
3.3.2	Auswertungsansatz 1: Variantanalyse (ANOVA) .....	106
3.3.3	Auswertungsansatz 2: geostatistische Auswertung .....	107
3.4	Ökonomische Auswertung der Produktionsverfahren .....	124
3.4.1	Leistungen.....	125
3.4.2	Direktkosten.....	127
3.4.3	Arbeits erledigungskosten .....	128
3.4.4	Vollkosten und kalkulatorischer Gewinnbeitrag .....	149
<b>4</b>	<b>Ergebnisse.....</b>	<b>153</b>
4.1	Erträge der On-Farm Experimente .....	153
4.1.1	Sommerweizen .....	153
4.1.2	Sojabohnen .....	154
4.2	Statistische Auswertung der On-Farm Experimente .....	156
4.2.1	Sommerweizen .....	156
4.2.2	Sojabohnen .....	157
4.3	Ökonomische Auswertung der Produktionsverfahren .....	158
4.3.1	Versuchsauswertung der On-Farm Experimente.....	158
4.3.2	Szenario 1 .....	162
4.3.3	Szenario 2 .....	174
4.3.4	Zusammenfassung der Betrachtungsansätze .....	177
<b>5</b>	<b>Diskussion und Schlussfolgerungen .....</b>	<b>180</b>
5.1	On-Farm Experimente .....	180
5.2	Statistische Auswertung der On-Farm Experimente .....	182
5.3	Ökonomische Auswertung der On-Farm Experimente .....	184
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>188</b>
<b>7</b>	<b>Abstract .....</b>	<b>190</b>
	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>192</b>
	<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>210</b>
	<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>214</b>
	<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>216</b>
	<b>Anhang A: Standortbeschreibung der Projektregion Dayangshu .....</b>	<b>226</b>
A.1	Standortbeschreibung Klima Nenjiang/Dayangschu .....	226
A.2	Standortbeschreibung landwirtschaftliche Produktion .....	228
	<b>Anhang B: On-Farm Experimente - Grunddaten .....</b>	<b>229</b>

---

B.1 Dünger- und Nährstoffeinsatz in den On-Farm Experimenten .....	229
B.2 Ertrags erfassung der OF-Experimente .....	231
B.3 Ertragsdatenfilter: Anpassung der H-Methode, nach Noack (2006) .....	237
<b>Anhang C: Statistische Auswertung der On-Farm Experimente .....</b>	<b>242</b>
C.1.1 Geostatistik: systematische Modellwahl – Schritt 1.1 .....	248
C.1.2 Geostatistik: systematische Modellwahl – Schritt 1.2 .....	252
<b>Anhang D: Ökonomische Auswertung der Arbeits- und Produktionsverfahren .....</b>	<b>256</b>
D.1 Grunddaten zur ökonomischen Auswertung der Produktionsverfahren .....	256
D.2 Schlagübersicht Ganhe und Beispielschläge zur ökonomischen Auswertung .....	257
D.3 Betriebsmittel – Übersicht zu Sorten, Preisen und Eigenschaften .....	257
D.4 Zugmaschinen und Arbeitsgeräte – Grunddaten der eingesetzten Maschinen.....	260
D.5 Berechnung des Arbeitszeitbedarfs - Kalkulationsverfahren nach KTBL .....	263
D.6.1 Berechnung des Arbeitszeitbedarfs: Feldarbeit.....	266
D.6.2 Berechnung des Arbeitszeitbedarfs: Teilarbeit – Transport.....	269
D.6.3 Berechnung des Arbeitszeitbedarfs: Teilarbeit – Beladen .....	270
D.6.4 Berechnung des Arbeitszeitbedarfs: Teilarbeit – Umschlag .....	272
D.7.1 Berechnung des Dieserverbrauchs – Grunddaten Zugmaschinen und Arbeitsgeräte.....	274
D.7.2 Berechnungsbeispiel spezifischer Dieserverbrauch in Feldarbeit .....	275
D.7.3 Berechnungsbeispiel spezifischer Dieserverbrauch in Teilarbeit Beladen.....	278
D.7.4 Berechnungsbeispiel spezifischer Dieserverbrauch in Teilarbeit Transport .....	280
D.7.5 Berechnungsbeispiel spezifischer Dieserverbrauch: Teilarbeit Umschlag .....	281
D.8.1 Berechnungsbeispiel Kosten und Leistungen im Produktionsverfahren.....	283
D.8.2 Berechnungsbeispiel Direktkosten im Produktionsverfahren .....	284
D.8.3 Berechnungsbeispiel Arbeitserledigungskosten im Produktionsverfahren .....	285
D.8.4 Berechnungsbeispiel Arbeitserledigungskosten: Arbeitsverfahren Feldarbeit .....	286
D.8.5 Berechnungsbeispiel Arbeitserledigungskosten: Teilarbeit Transport.....	288
D.8.6 Berechnungsbeispiel Arbeitserledigungskosten: Teilarbeit Beladen .....	290
D.8.7 Berechnungsbeispiel Arbeitserledigungskosten: Teilarbeit Umschlag .....	292
D.9.1 Schlagdatei Versuchsauswertung: Sommerweizen 2010 - 2012.....	294
D.9.2 Schlagdatei Versuchsauswertung: Sojabohnen 2010 - 2012.....	300
D.9.3 Schlagdatei Szenario 1 + 2: Sommerweizen 2010 - 2012.....	306
D.9.4 Schlagdatei Szenario 1 + 2: Sojabohnen 2010 - 2012.....	312
D.9.5 Schlagdatei Versuchsauswertung: Teilarbeiten (Lade- und Transportarbeiten) .....	318
D.10.1 Versuchsauswertung: ökonomische Ergebnisse der Produktionsverfahren .....	319
D.10.2 Szenario 1: ökonomische Ergebnisse der Produktionsverfahren .....	321

---

D.10.3 Szenario 2: ökonomische Ergebnisse der Produktionsverfahren .....	323
D.11 Arbeitszeit- und Dieselkraftstoffbedarf der Produktionsverfahren im Szenario 1.....	325
D.12 Arbeitserledigungskosten der Produktionsverfahren in den Betrachtungsansätzen .....	327
D.13 Berechnungsbeispiel Arbeitserledigungskosten im Produktionsverfahren.....	329
<b>Anhang E: Beispielrechnung zum linearen gemischten Modell .....</b>	<b>352</b>
E.1 Berechnung der Matrix V und Schätzung der festen Effekte .....	353
E.2 Test von Hypothesen .....	356
E.3 Freiheitsgradapproximation im Berechnungsbeispiel .....	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>
E.4 Modellerweiterung – Hinzufügen von Kovariablen .....	358
E.5 Modellerweiterung – Hinzufügen einer Kovarianzstruktur.....	359
<b>Eidesstattliche Erklärung / Declaration under Oath.....</b>	<b>363</b>
<b>Lebenslauf / wissenschaftlicher Werdegang .....</b>	<b>364</b>
<b>Danksagung / Acknowledgements .....</b>	<b>365</b>

# 1 Einführung

Die vorliegende Arbeit soll die Durchführung der wissenschaftlichen Arbeit im Projekt „Deutsch-chinesischer landwirtschaftlicher Demonstrationsbetrieb auf dem Staatsgut Ganhe“ und die daraus erzielten Ergebnisse darstellen. Die wissenschaftliche Begleitung und Auswertung des Projektes übernahm die Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg in Zusammenarbeit mit der Heilongjiang BaYi Agricultural University in Daqing, welche die Arbeit vor Ort unterstützte. Die Projektplanung erfolgte in Kooperation zwischen dem deutschen (BMELV) und dem chinesischen Landwirtschaftsministerium (MoA). Die Durchführung des Projektes wurde an die Arbeitsgemeinschaft DLG International und AFC International GmbH vergeben. Der deutsch-chinesische landwirtschaftliche Demonstrationsbetrieb wurde auf der Staatsfarm Ganhe im Verwaltungsgebiet der bezirksfreien Stadt Hulunbeier City, im Nordosten der Autonomen Republik Innere Mongolei aufgebaut. Zur Verdeutlichung der Problemstellung soll hier kurz auf das bearbeitete Projekt und die vorliegenden Strukturen und Problemen am Projektstandort eingegangen werden.

## 1.1 Beschreibung des Projektes „Deutsch-Chinesischer landwirtschaftlicher Demonstrationsbetrieb Ganhe“

Ganhe befindet sich am östlichen Fuße des Großen Hingangebirges und am nordwestlichen Rande der nordostchinesischen Tiefebene. Die Stadt Ganhe befindet sich ca. 300 m über NN, mit den geografischen Koordinaten: 124°60' östliche Länge, 49°40' nördliche Breite und liegt am gleichnamigen Fluss Ganhe, einem Nebenarm des Nenjiang und Songhua Jiang, welcher in den Heilongjiang mündet (GFA, 2009, S. 2).

Das Gebiet der Projektregion Dayangshu in Nordostchina, wurde erst in den 50er Jahren des letzten Jahrhunderts vollständig erschlossen. Im Laufe der Zeit wurden die dortigen großen Wald- und Grünlandgebiete zu Ackerland umgewandelt (Löw, 2003b, S. 4). Die heutige Staatsfarm Ganhe war in seiner Gründungszeit in den 1950er Jahren, ein Arbeitslager zur politischen Umerziehung in den großen politischen Kampagnen der Zeit. Ende der 1960er Jahre wurde dieses geschlossen und wie viele andere Lager, in eine Staatsfarm umgewandelt. Die Staatsfarmen der Region wurden in den 1970er Jahren in der halbstaatlichen Holding Dayangshu zusammengefasst und verwaltet. Neben den wichtigen Feldfrüchten Sojabohnen und Mais, werden auch in geringem Umfang Weizen, Raps, Kartoffeln, Kürbisse, Gemüsebohnen, Mariendistel sowie verschiedene Obst- und Gemüsesorten, teilweise in Gewächshäusern, angebaut. Weiter sind Tierhaltungen von Milchvieh, Mastrindern, Schweinen, Pferden, Damwild und Kaninchen vorhanden. (Dayangshu, 2010)

Die Staatsfarm Ganhe gehört zur Daxinganling Holding Dayangshu, welche in der Region Dayangshu neben industriellen Betriebszweigen wie Bergbau und Lebensmittelverarbeitung, acht landwirtschaftliche Staatsfarmen mit insgesamt 100.000 ha landwirtschaftlicher Nutzfläche besitzt. Die Staatsfarm Ganhe besteht wiederum aus 24 Brigaden welche von einem der Staatsfarm

unterstehenden Brigade- und Parteileiter geführt werden. Die Bewohner der Brigaden sind überwiegend Landpächter, Angestellte der Staatsfarm, Tagelöhner oder selbstständige Unternehmer. Die Haushalte, als landwirtschaftliche Kleinunternehmen, bewirtschaften den größten Teil der landwirtschaftlichen Nutzfläche der Staatsfarm. Die Staatsfarm mit rund 2.000 ha Ackerfläche erfüllt neben der landwirtschaftlichen Produktion viele Aufgaben der Kommunalverwaltung, wie die Müllabfuhr, Gesundheitsversorgung, Infrastruktur und Verwaltung der Brigaden.

Der Demonstrationsbetrieb verfügt über 1.000 ha Ackerland und ein von der Staatsfarm gestelltes Kontingent an Arbeitskräften. Ausgebildet wurden an den Maschinen acht Traktorfahrer sowie zwei Assistenten als Dolmetscher und Nachwuchsführungskraft. Die Leitung des Betriebes übernahmen jeweils gleichberechtigt ein deutscher und ein chinesischer Betriebsleiter. Das Betriebsgelände umfasst ein Büro- und Schulungsgebäude, Maschinenhallen, eine Betonfläche zur Getreidetrocknung sowie Lager für Diesel, Ersatzteile, Dünger und Saatgut. Die Landtechnikfirmen Claas, Lemken, Grimme, Rauch und Monosem stellten für den Anbau von Getreide, Sojabohnen, Mais und Kartoffeln moderne europäische Landtechnik zur Verfügung, welche im Projekt eingesetzt und getestet wurden. Von der Staatsfarm wurden die Maschinen für Lade- und Transportarbeiten sowie für Trocknung, Reinigung und Lagerung der Ernteprodukte eingebracht.

Mit der Durchführung des Projektes wurden von den Beteiligten verschiedene Ziele verfolgt. Für die Landtechnikfirmen bedeutet dies, die Möglichkeit der Demonstration moderner Landmaschinen und Produktionsmittel in China unter Praxisbedingungen. Damit konnte die Leistungsfähigkeit der modernen Technik im chinesischen Umfeld vorgeführt werden, woraus neue Absatzmärkte für deutsche Landtechnik erschlossen werden sollen. In der Staatsfarm Ganhe soll durch Aus- und Weiterbildung qualifizierter Fach- und Führungskräfte und einer Modernisierung der Produktion ein moderner landwirtschaftlicher Betrieb entstehen. Dazu wird ein rentables und nachhaltigeres Betriebsmanagement mit verbesserten Anbau- und Bewirtschaftungsmethoden geschaffen, wodurch langfristig der Ertrag und Betriebserfolg gesteigert werden sollen. In China soll durch die Modernisierung des Agrarsektors ein Strukturwandel zu modernen produktiven Betrieben unterstützt werden. Im Demonstrationsbetrieb Ganhe wurde das Ziel gesetzt, langfristig und nachhaltig die Erträge verschiedener Feldfrüchte zu steigern und moderne Produktionsmethoden zu demonstrieren. Die angestrebte Ertragssteigerung soll ökonomisch rentabel erfolgen, um die Lebensqualität, Einkommen und soziale Bedingungen in den ländlichen Gebieten zu verbessern.

Chinas einzigartige Entwicklung seit Beginn der Öffnungspolitik Anfang der 80er Jahre stellte die chinesische Führung vor große Herausforderungen. So musste das schnelle Bevölkerungswachstum mit der Ein-Kind-Politik gebremst und gleichzeitig ein ständiges Wirtschaftswachstum erzeugt werden um ausreichend Arbeitsplätze für die wachsende Bevölkerung zu schaffen. Die Industrialisierung und Urbanisierung des Landes führte zu einem wachsenden Wohlstand der Bevölkerung mit großen Auswirkungen auf die sozialen Strukturen. Immer mehr Menschen verlassen die Dörfer um außerlandwirtschaftliche Arbeitsplätze in den Städten zu finden. Aufgrund der wachsenden Bevölkerung und höherem Wohlstand ändern sich die Ernährungsgewohnheiten, wodurch die Nachfrage nach Nahrungsmitteln steigt. Da die landwirtschaftliche Nutzfläche des

Landes begrenzt und eines der wichtigsten Ziele der chinesischen Regierung die Sicherung der Nahrungsmittelversorgung der Bevölkerung ist, muss die landwirtschaftliche Produktion durch Ertrags- und Produktivitätssteigerungen erhöht werden (siehe Abschnitt 2.1.1).

In der VR China gehört der gesamte Boden dem Volke. Lediglich die Nutzungsrechte können zeitlich begrenzt an Pächter übertragen werden. In der Staatsfarm Ganhe liegen die Nutzungsrechte bei der Staatsfarm bzw. Holding Dayangshu und werden zu einem Großteil (>90 %) von den Kleinbauernhaushalten durch Pacht erworben. Zur Festsetzung der Pachtzahlungen an die Staatsfarm werden die Schläge nach Fruchtart, Boden und Ertragspotential in vier Klassen eingeteilt und mit einer festen Abgabemenge der Ernteprodukte zu bewerten (siehe Abschnitt 2.1.2.1). So wird für die Pacht von Sojaflächen mittlerer Klasse eine Abgabe von 48 kg/mu (720 kg/ha) erhoben (höchste Klasse - 50 kg/mu, niedrigste Klasse - 34 kg/mu). Dies entspricht in der mittleren Klasse bei einem Ertragsniveau von 1500 - 2500 kg/ha etwa 30 - 50 % der Ernte. Bewertet mit dem Marktpreis und derzeitigen Wechselkurs ergibt das einen Pachtpreis von 316 €/ha (720 kg/ha \* 3,6 RMB/kg = 2.592 RMB/ha = ca. 316 €/ha). Im Frühjahr vor der Aussaat, wird die erste Pacht-rate mit einem Anteil von 30 % in bar bezahlt um damit Betriebsmittel einzukaufen. Die zweite Rate (70 %) wird nach der Ernte als Naturalpacht an die Getreidelager der Staatsfarm abgegeben.

Die Staatsfarm stellt nicht nur die Flächen zur Verfügung, sondern unterstützt die Haushalte auch bei der Bewirtschaftung durch verpflichtende Vorgaben zum Anbau, Maschinenverleih, Lohnarbeit, Einkauf von Dünger- und Pflanzenschutzmitteln und Vermarktung der Ernteprodukte (siehe Abschnitt 2.1.2.4). Zur Unterstützung der Produktion gibt die Holding Dayangshu jährlich Vorgaben und Vorschläge in Form einer Anbauanleitung heraus (Pflanzenbauabteilung Dayangshu, 2011), an die sich die Staatsfarm und Kleinbauernbrigaden orientieren müssen.

### 1.1.1 Klima der Projektregion

Die nächstgelegene Wetterstation mit abrufbaren Wetterdaten (NOAA, 2012) befindet sich rund 80 km südöstlich von der Stadt Ganhe in Nenjiang (Provinz Heilongjiang). Ausgewertet wurden die Daten der Jahre 1951 - 1997. Für die Jahre 1998 - 2009 sind die Daten unvollständig und folglich fehlerhaft, weshalb diese nicht in eine Auswertung einbezogen wurden. Im Klimadiagramm (Abbildung 1) sind die durchschnittlichen monatlichen Niederschläge und Temperaturen dargestellt. Die Temperaturkurven im Klimadiagramm zeigen die extremen Unterschiede zwischen Sommer- und Winterhalbjahr. Die mittleren Temperaturen liegen zwischen 20,9 °C im Juli und -24,2°C im Januar, wobei die Temperaturextreme zwischen -47,3 °C und 40,0 °C schwanken (Anhang Tabelle 53 und

Tabelle 54). In den Klimadaten (siehe im Anhang Tabelle 51) liegt die durchschnittliche Anzahl der frostfreien Tage bei 125 Tagen. Die Schwankung in Extremjahren reicht dabei von 99 - 140 frostfreien Tagen. Der Beginn der stabil frostfreien Periode liegt um den 14. Mai und endet um den 20. September. Dabei kann es bis Anfang Juni immer wieder zu Spätfrösten kommen. Die Temperatursumme in Ganhe beträgt nach Angaben des Pflanzenbaubüros der Holding Dayangshu

ca. 2.300 °C (Dayangshu, 2010). Die Temperatursumme, für die Tage mit einer Tagesmitteltemperatur von mehr als 6 °C, beträgt in Nenjiang rund 2.600 °C und schwankt im langjährigen Mittel zwischen 2.386 - 2.833 °C (siehe Tabelle 52). Die Früchte Mais, Sojabohnen und Kartoffeln (siehe im Anhang Tabelle 55) können damit mit ihrer Anbauzeit von Mitte Mai bis Ende September den Regen und Wärme am besten ausnutzen. Der Sommerweizen dagegen kann in seiner Hauptwachstumsphase (ca. 1. Juni - 20. Juli), den anfallenden Niederschlag und die hohen Temperaturen im Sommer nicht nutzen, da die ergiebigen Sommerniederschläge oft zu spät einsetzen. Auch die Ernte liegt im Zeitraum mit den größten Niederschlagsmengen, weshalb sich die Abreife oft verzögert, die Kornqualität verschlechtert und die Ernte nur bei ungünstigen Ernteverhältnissen durchgeführt werden kann. Im Juli und August kommt es regelmäßig zu Unwettern mit Hagel und Niederschlagsmengen von bis zu 100 mm welche die Bestände bedrohen (siehe im Anhang Tabelle 51 - Tabelle 53). Aus diesem Grund wird oft versucht mit silberjodhaltigen Raketen Extremwetterlagen zu verhindern (siehe Abschnitt 2.1).

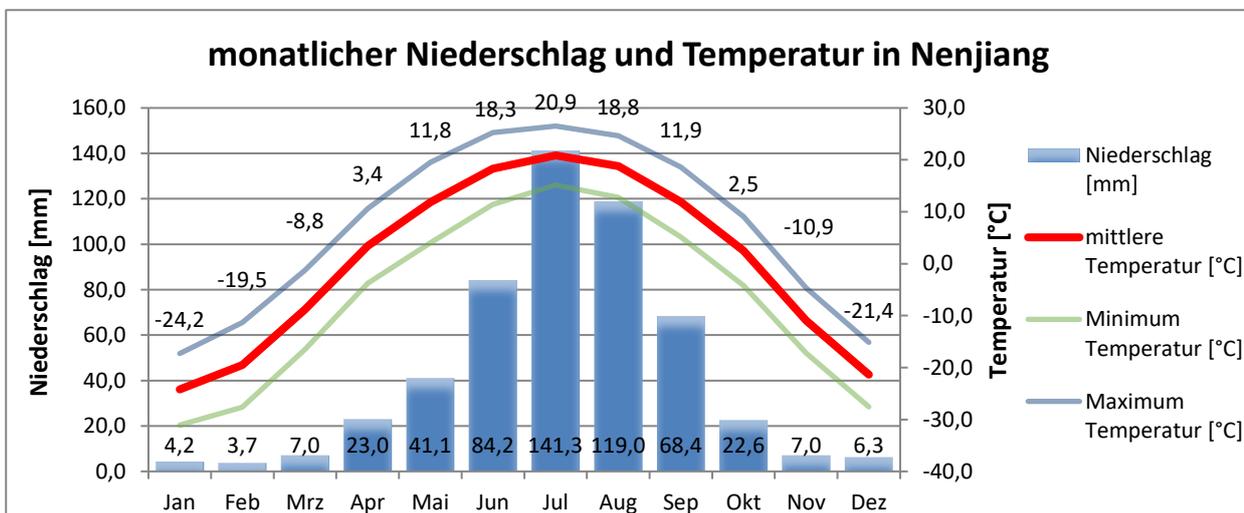


Abbildung 1: Klimadiagramm Nenjiang: Niederschlag und Temperatur (NOAA, 2012)

### 1.1.2 Boden, Nährstoffversorgung und Bodenfruchtbarkeit

Beim Boden der Projektflächen handelt es sich um eine saure degradierte Braunschwarzerde mit der Bodenart mitteltoniger Lehm (Lt3) bei einem Tongehalt von 35 - 45 Masseprozent (Bischoff, 2011, S. 3). Eine fachgerechte landwirtschaftliche Produktion sowie der Erhalt und Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit sind entscheidend um langfristig die Erträge zu steigern. Jedoch zeigte sich, dass am Standort Ganhe und in weiten Teilen der Projektregion gerade in diesem Bereich große Probleme mit Bodenverdichtungen, -erosion und -versauerung sowie der Bodenfruchtbarkeit und Nährstoffversorgung des Bodens bestehen (siehe Abschnitt 2.1.1.2).

Am Projektstandort ist ein Großteil der Flächen von Bodenverdichtungen betroffen. Die Anfälligkeit des Bodens für Verdichtungen zeigt sich beispielhaft in Abbildung 2 an den deutlich erkennbaren Verdichtungszone. Der wichtigste Grund hierfür ist die Befahrung der Flächen bei ungünstigen und zu feuchten Bodenbedingungen und die Verdichtungsempfindlichkeit des Bodens aufgrund der schlechten Bodenstruktur bei abnehmenden Humus- und Kalkgehalt. Lösungsansätze

sind die Verbesserung der Bodenstruktur und eine angepasste Bodenbearbeitung. Eine mechanische pfluglose Lockerung der Bodenverdichtungen mit einem mehrbalkigen Grubber und schmalen Scharen bei variabler Gestaltung der Bodenbearbeitungstiefe zur Vermeidung von Bearbeitungssohlen (maximale Krumentiefe 25 - 30 cm) könnte die Situation verbessern. Alternativ kann die Wasseraufnahme und Infiltration des Bodens durch Umstellung auf konservierende Bodenbearbeitungsverfahren (Mulchsaat, Strip-Till-Verfahren) verbessert werden (Bischoff, 2011, S. 5).



Abbildung 2: Bodenverdichtungen in Erosionsfurche am Feldrand, Ganhe Brigade 2

Die Flächen der Projektregion sind ebenfalls von einer fortschreitenden und flächendeckenden Wind- und Wassererosion betroffen. Gerade auf dem Gebiet der Daxinganling Holding gibt es viele Hanglagen und Senken mit hoher Erosionsgefahr, wodurch die Gefahr der Bodenabtragung durch hangabwärts fließendes Wasser nach Starkregenereignissen noch vergrößert wird. Nach den langen Frostperioden im Winter ist der Boden locker aufgeschichtet, teilweise gefroren, stark durchfeuchtet und frei von Vegetation womit er ständiger Erosion ausgesetzt ist. Besonders im Frühjahr reißen Schmelzwasser und Niederschläge in Senken und am Feldrand, die für die Region so charakteristischen bis zu 2 m tiefen und steilwandigen Erosionsfurchen auf (Abbildung 3).



Abbildung 3: typische Furchenerosion am Feldrand in Ganhe Schlag: Brigade 7

Die Fruchtbarkeit des Bodens in der Region Dayangshu ist aufgrund der Bewirtschaftung der letzten Jahrzehnte eingeschränkt. So ist der pH-Wert des Bodens durch die langjährige Düngung mit

sauren Stickstoffdüngern, durch saurem Regen und dem kontinuierlichen Anbau von Sojabohnen in den sauren Bereich (4,5 - 5,5 pH-Einheiten) abgesunken. Eine Aufkalkung auf einen für die Feldfrüchte optimalen Bereich von 6,0 - 6,5 pH-Einheiten, ist dringend nötig und würde die Nährstoffverfügbarkeit, die Phosphor-Aufnahme der Pflanzen, die Bodenstruktur und das Bodenleben verbessern sowie die Gefahr der Entstehung von toxisch wirkenden Verbindungen verringern. Die Gabe von Kalk ist das einzige wirksame Mittel zur Neutralisation der Bodensäuren. Kalk ( $\text{CaO}/\text{CaCO}_3$ ) schafft stabile Porensysteme und verbessert damit den Luft- und Wasserhaushalt des Bodens, reguliert den pH-Wert und neutralisiert schädliche Säuren. Deshalb erfolgte ab dem Jahr 2010 eine Kalkdüngung (Brantkalk ca. 1.000 kg  $\text{CaO}/\text{ha}$  je Jahr) auf den Versuchsflächen.

Die Böden der Projektregion besitzen einen Humusgehalt von ca. 4 %, welcher jedoch kontinuierlich abnimmt, da dem Boden wertvolle Nährstoffe und organische Substanz entzogen werden (siehe Abschnitt 2.1.1.4). Verantwortlich hierfür ist die überwiegend mineralische Düngung da auf Grund des kleinen Viehbestands in der Region nur wenig organischer Dünger verfügbar ist. Weiterhin wird das Stroh als Heizmaterial in den Haushalten oder direkt auf dem Acker verbrannt.

Seit dem Jahr 2007 werden in festen zeitlichen Abständen auf den Flächen der Holding Dayangshu mit einem Handbohrstock georeferenzierte Bodenproben (Raster 10 – 20 ha) gezogen sowie die Oberbodenmächtigkeit und Bodenart eingeschätzt (Dayangshu, 2010). Jedoch wurde die ermittelte Nährstoffversorgung nicht in einer schlagspezifischen Düngeempfehlung umgesetzt, sondern alle Flächen, ohne Beachtung des Bodenzustandes, einheitlich nach dem Nährstoffentzug der Haupternteerzeugnisse gedüngt. Die Düngeplanung erfolgt von der Staatsfarm, welche den gesamten Dünger über den Düngerhandel der Holding einkauft. Die Kleinbauern unterliegen ebenfalls dieser Planung und sind zur Abnahme des von der Holding eingekauften Düngers verpflichtet.

Die Düngung wird in der Regel zur Saat als Unterfußdüngung durchgeführt, was die Durchwurzelung und damit die Aufnahme der im Oberboden festgelegten Nährstoffe fördert (Bischoff, 2011, S. 5). Eine Grunddüngung oder Kalkung im Herbst erfolgte bisher nicht. Eingesetzt werden vor allem Mehrnährstoffdünger in verschiedenen Mischungsverhältnissen (NPK-Dünger) sowie Diammonphosphat (DAP), Harnstoff, Kaliumsulfat ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ ) und Kaliumchlorid (KCl). Vor allem Kalium wird, auf Grund der relativ hohen Kosten, weit unter dem Bedarf gedüngt. Die Bodenuntersuchungen der Versuchsschläge zeigten, eine schlechte Versorgung mit Phosphor und Kalium (Gehaltsklassen A und B) und hohe Reserven an Magnesium (Gehaltsklasse E). Folglich wurde in allen Projektjahren eine Aufdüngung der Grundnährstoffe auf Bodengehaltsklasse C durchgeführt.

Bis zum Jahr 2009 wurden in der Holding Dayangshu Sojabohnen vor allem kontinuierlich über viele Jahre ohne Fruchtwechsel angebaut. Auf einigen Flächen wurde über 10 Jahre kein Fruchtwechsel durchgeführt, was zu Ertragseinbußen führte. Ab 2009 wurden 80 % der Flächen mit Sojabohnen und nur rund 20 % der Flächen mit Sommerweizen bestellt, um etwa im Mittel aller fünf Jahre einen Fruchtwechsel auf den Flächen zu erreichen. Weitere Feldfrüchte wie Kartoffeln, Körnermais, Kürbisse, Mariendistel, Gemüsebohnen und verschiedene Gemüsearten werden nur in sehr geringem Umfang von den Kleinbauern angebaut. Durch die Winterfröste mit bis zu -40

°C erstreckt sich das Anbauspektrum ausschließlich auf Sommerkulturen. Ein wichtiges Ziel ist es die Fruchtfolge zu diversifizieren, um die angesprochenen Schäden zu vermindern, Arbeitsspitzen zu reduzieren, das Produktionsrisiko zu streuen und neue Absatzmöglichkeiten zu schaffen (GFA, 2009). Im Projekt wurde deshalb eine ausgewogene Fruchtfolge mit Sommerweizen, Mais, Sojabohnen und Kartoffeln angestrebt. Versuchsweise wurden auch Zuckerrüben, Sommerraps und Sommergerste angebaut. Dies gelang jedoch aufgrund von Problemen mit Herbizidrückständen aus dem Sojaanbau im Boden nur mit geringem Erfolg (siehe auch Abschnitt 2.1.1.6).

### 1.1.3 Pflanzenschutz und Saatgutqualität

Der Besatz mit Unkräutern ist einer der wichtigsten Faktoren für Ertragsminderungen. Die Leitunkräuter der Projektregion sind Hirsegräser (Barnyardgras, *Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv.), Ackerschachtelhalm (*Equisetum arvense* L.), Amaranth (*Amaranthus retroflexus* L.), Weißer Gänsefuß (*Chenopodium Album* L.), Gänsediesteln (*Sonchus brachyotus* DC.), dreiteiliger Zweizahn (*Bidens tripartia* (L.) und die Tagblume (*Commelina communis* L.) (Dayangshu, 2010).

Auf den Betrieben der Projektregion ist der chemische Pflanzenschutz fester Bestandteil der Produktionsverfahren. Der Einsatz von Biopestiziden oder Wachstumsförderern (VitaCat, Brassinolate, Cassio) ist in allen Kulturarten ebenfalls weit verbreitet. Trotzdem wird dem fachgerechten Pflanzenschutz durch fehlende Ausbildung und mangelhafte Pflanzenschutztechnik von den Kleinbauern zu wenig Beachtung geschenkt, was zur Unter- oder Überdosierung der Wirkstoffe führt. Die in Bodenproben der Projektflächen festgestellten hohen Belastungen mit den Herbizidwirkstoffen Fomesafen und Imazethaphyr beeinträchtigen bei einem Fruchtwechsel auf Kartoffeln, Mais oder Zuckerrüben das Wachstum. Auch in einzelnen Sommerweizenfeldern wurden abgestorbene Bereiche gefunden welche auf Herbizidschäden zurückzuführen waren. Ebenfalls bemerkenswert ist die geringe biologische Aktivität im Boden. Bei Probegrabungen fanden sich keine erkennbaren Organismen wie Regenwürmer und Käfer. Die möglichen Ursachen wie Herbizidbelastungen, lange Frostperioden, Bodenverdichtungen und der niedrige pH-Wert konnten bisher nicht eindeutig bestimmt werden. Ein Hinweis ist jedoch die Tatsache, dass in den herbizidfrei bewirtschafteten Gartenflächen der Kleinbauern ausreichend Regenwürmer zu finden sind.

Im Projektverlauf wurde immer wieder deutlich, wie auch in Abschnitt 2.1.1.7 beschrieben, dass die Qualität des eingesetzten Saatgutes nicht ausreichend ist. Nach der Untersuchung einiger Proben, lagen die Keimfähigkeit und das Tausendkorngewicht (TKG) meist unter den Angaben der Händler. Vor allem bei Weizen zeigte sich ein geringes TKG von 34 - 36 g und schlechte Keimfähigkeit (KF) von 60 – 80 % in den Proben. Auch waren einzelne Saatgutpartien (Kartoffeln und Sommerweizen) mit Krankheitserregern infiziert (Bunge, 2010). Trotz dieser Probleme wird von den Kleinbauern oft kein zertifiziertes Saatgut verwendet und auf eine Beizung verzichtet.

### **1.1.4 Technischer Fortschritt und Mechanisierung der Produktion**

Die Mechanisierung und Modernisierung der Betriebe in China wird als entscheidende Maßnahme zur langfristigen Steigerung der Erträge und zur Verbesserung der Lebens- und Arbeitsbedingungen in den ländlichen Gebieten angesehen. So werden die großen Staatsbetriebe durch Subventionen beim Kauf von moderner Landtechnik unterstützt um eine möglichst produktive, großflächige Bewirtschaftung zu fördern (siehe dazu auch Abschnitt 2.1.1.8).

In der Staatsfarm Ganhe wurde bis zum Beginn des Projektes in Jahr 2009, aufgrund mangelnder Rentabilität der landwirtschaftlichen Produktion zum größten Teil veraltete chinesische oder russische Landtechnik eingesetzt. Dennoch waren ca. 90 % der Feldarbeiten mit Traktoren kleiner bis mittlerer Größe (15 - 80 PS) sowie einfachen Arbeitsgeräten in der Staatsfarm Ganhe und den dazugehörigen Haushalten mechanisiert. Die meisten Haushalte erwirtschaften auf ihren kleinen Flächen nur ein geringes Einkommen, sodass es sich nicht lohnte in neue Maschinen oder den Erhalt der Bodenfruchtbarkeit (Kalkdüngung, Maßnahmen gegen Bodenverdichtungen) zu investieren. Teilweise wurde bis in die 90er Jahre in den Familienbetrieben ein hoher Anteil an Handarbeit, vor allem in der Unkrautbekämpfung, eingesetzt. Erst durch hohe staatliche Maschinensubventionen stieg der Mechanisierungsgrad der Haushalte schnell an.

In Nordostchina ist das Ertragspotential der Feldfrüchte trotz der reichlichen Sommerniederschläge eingeschränkt, weshalb schon oft Bewässerungsanlagen für Mais, Sojabohnen und Kartoffeln geplant wurden. Jedoch ist die Verfügbarkeit von Wasser durch den tiefen Grundwasserspiegel (100 - 150 m) begrenzt. Zum Beispiel scheiterte im Jahr 2011 ein Bewässerungsversuch der Staatsfarm von 20 ha Körnermais (Schlag: Brig 5), da nicht genügend Grundwasser gefördert werden konnte. Die Nutzung des Wassers aus dem Fluss Ganhe ist nur mit hohem Aufwand für Leitungen und Pumpstationen möglich, da mehrere Berge zwischen dem Fluss und den Projektflächen liegen. Im Demonstrationsbetrieb wurde auf eine Bewässerung verzichtet (Bunge, 2010).

## **1.2 Problemstellung**

Unter Berücksichtigung der vorher angesprochenen Probleme der Projektregion, wurden auf dem Demonstrationsbetrieb mit Hilfe von moderner Landtechnik und fachgerechtem Management, neue Produktionsverfahren eingeführt. Die Produktionsverfahren des Demonstrationsbetriebes unterscheiden sich von denen der chinesischen Betriebe, durch ihre eingesetzten Maschinen (Zugmaschinen und Arbeitsgeräte), Arbeitsverfahren, Arbeitszeit- und Dieselmotorkraftstoffbedarf und durch den bedarfsgerechteren Einsatz von Betriebsmitteln wie Dünge- und Pflanzenschutzmittel.

Die durch die Anpassung der Produktionsverfahren angestrebten Ziele sind vor allem eine Steigerung des Ertrages und des ökonomischen Ergebnisses der hier Produktionsverfahren für Sommerweizen und Sojabohnen sowie positive Umwelteffekte im Rahmen einer nachhaltigen Landwirtschaft. Die Ertragssteigerung sollen hauptsächlich durch eine exaktere Ausbringung von Betriebsmitteln erreicht werden. Außerdem können die Flächen bedarfsgerechter bewirtschaftet werden,

wodurch Verluste bei Ernte oder Ertragsminderungen durch zu späte oder ungenaue Ausbringung von Betriebsmitteln vermieden werden können. Die angestrebten Ertragssteigerungen der neuen Produktionsverfahren, sollten im Feldversuch mit den bereits in der Projektregion etablierten Produktionsverfahren der Staatsfarm Ganhe und Kleinbauernhaushalte getestet und verglichen werden. Die am Projektstandort vorhandenen Flächen der Versuchsstation sind klein und schlecht nutzbar, weshalb hier die Anlage eines exakten Feldversuchs nicht möglich war. Eine klassische Versuchsanlage ist hier auch nicht zielführend, da die Produktionsverfahren mit den verfügbaren betriebsüblichen Maschinen der Betriebe unter Praxisbedingungen durchgeführt werden mussten.

Die in der Staatsfarm Ganhe zur Verfügung stehenden praxisüblichen Schläge sind mit ca. 20 - 100 ha sehr groß, mit starken Unterschieden in Bodenart und Ertragspotential zwischen und innerhalb der Schläge. Gerade die heterogene Verteilung des Ertragspotentials innerhalb der On-Farm Experimente stellt die Versuchsleiter vor große Herausforderungen. Ein heterogenes Ertragspotential kann dazu führen das bei einer geringen Anzahl an Wiederholungen die Ergebnisse beeinflusst werden. Ebenso zeigen die georeferenzierten Ertragsdatenpunkte entfernungsabhängige Korrelationen. Um falsche statistische Schlüsse auszuschließen müssen entsprechende statistische Methoden zur Einbeziehung von Bodentrends und räumlichen Abhängigkeiten gefunden werden.

Eine Ertragssteigerung und Veränderung der Kostenstrukturen in der Produktion haben auch Wirkungen auf das ökonomische Ergebnis der landwirtschaftlichen Betriebe. Die Produktionsverfahren sind vor allem durch ihre Unterschiede in den Arbeitserledigungskosten sowie den fixen Maschinenkosten gekennzeichnet. Während die chinesischen Produktionsverfahren geringe Anschaffungswerte für Zugmaschinen und Arbeitsgeräte aufweisen, sind die modernen europäischen Maschinen vergleichsweise kostenintensiv. Neben den höheren Anschaffungswerten der modernen europäischen Maschinen sind vor allem eine Steigerung der Arbeitsproduktivität durch einen geringeren Arbeitszeitbedarf sowie ein geringerer Dieselmotorkraftstoffbedarf je Flächeneinheit zu erwarten. Mit den modernen Maschinen lassen sich langfristig auch größere Schläge bewirtschaften und ermöglichen ein Wachstum der Betriebsstrukturen oder die Entstehung von Maschinenkooperationen. Bei steigenden Schlag- und Betriebsgrößen können damit Skaleneffekte positiv wirken. Eine damit einhergehende Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit der landwirtschaftlichen Betriebe hat, durch ein steigendes Lohnniveau und einem fortschreitenden Strukturwandel, auch Auswirkungen auf das Einkommen eines Großteils der ländlichen Bevölkerung, was wiederum die wirtschaftlichen und sozialen Verhältnisse in den ländlichen Gebieten der Projektregion verbessert.

Durch die Mechanisierung und Modernisierung der landwirtschaftlichen Produktion kann es kurzfristig zur Freisetzung von Arbeitskräften kommen. Mit dem Einsatz von moderner Landtechnik wird Arbeit durch Kapital substituiert und der Strukturwandel vorangetrieben. Unter bisherigen kleinbäuerlichen Strukturen liegt der Arbeitskräftebesatz bei ca. 200 AK/100 ha landwirtschaftlicher Nutzfläche. Eine Mechanisierung nach westlichem Maßstab, mit ca. 1 AK/100 ha, würde große Teile der Bevölkerung aus der landwirtschaftlichen Produktion drängen, was wiederum zu großen sozialen Problemen führt. Um dem entgegen zu wirken sollen durch den Aufbau von Viehhaltungen zur Produktion von Fleisch und Milcherzeugnissen Arbeitsplätze für die Bevölkerung

in den ländlichen Gebieten geschaffen werden. Jedoch wird man in einer modernen Viehhaltung nur einen geringen Teil der vielen Kleinbauern beschäftigen können, da in der modernen Viehhaltung vor allem gut ausgebildetes Personal benötigt wird. Jedoch kann sich dieser kurzfristige Überschuss an Arbeitskräften auch umkehren. Ähnlich wie in einigen Industriezentren Nord- und Südchinas, ist bei einem weiteren Abwandern der ländlichen Bevölkerung mit einem Mangel an landwirtschaftlichen Arbeitskräften zu rechnen. Auch werden die Familien und damit auch die landwirtschaftlichen Haushalte, durch die Auswirkungen der Ein-Kind-Politik kleiner, bei einem gleichzeitig steigenden Altersdurchschnitt. Zusätzlich wird heute meist das einzige Kind der Familie in die städtischen Schulen geschickt, um später möglichst einem außerlandwirtschaftlichen Beruf zu erlernen, weshalb oft keine jungen Betriebsnachfolger gefunden werden können. In der Staatsfarm Ganhe wurden zum Beispiel im Jahr 2011 zwei Brigaden aufgelöst und deren Bewohner in die wachsende Städte Ganhe und Dayangshu umgesiedelt. Die Ackerflächen der Brigade wurden umverteilt oder an Investoren zur großflächigen Bewirtschaftung verpachtet. Die Leitung der Holding Dayangshu begründete dies mit der zunehmenden Alterung der Kleinbauern. Bei einem Mangel an qualifizierten Arbeitskräften in den ländlichen Gebieten kann es deshalb langfristig zu einer Steigerung der Löhne und Wachstum der Betriebe kommen. Das Land wird dann oft durch Pacht an wachstumsfähige Betriebe abgegeben oder die Nutzungsrechte umverteilt wodurch größere landwirtschaftliche Betriebe entstehen können. So gibt es heute schon Pächterhaushalte mit mehr als 10 ha Ackerland, was im gesamtchinesischen Vergleich weit über der durchschnittlichen Betriebsgröße von ca. 0,8 ha, liegt. Sogar Großbetriebe mit mehr als 500 ha Ackerfläche sind in der Projektregion schon entstanden. Stellt die chinesische Politik einen geeigneten Rahmen bereit (Landnutzungsrechte) können so zukunftsfähige private Landwirtschaftsbetriebe entstehen.

Die neuen Produktionsverfahren erbringen durch den effizienten Einsatz von Betriebsmitteln und Betriebsstoffen positive Wirkungen für die Umwelt und verbessern die Nachhaltigkeit der landwirtschaftlichen Produktion. Durch fruchtart- und standortangepasste Düngung und Pflanzenschutz nach „guter fachlicher Praxis“ kann die Verlagerung von Nährstoffen in tiefere Bodenschichten und Grundwasser verringert werden. Durch die fachgerechte Anwendung werden kritische Rückstände auf den Ernteprodukten und im Boden vermieden sowie das Risiko der Entstehung von PSM-Resistenzen verringert. Diese positiven Effekte bilden sich erst langfristig heraus und können hier aus Mangel an Daten nicht monetär bewertet und in eine betriebswirtschaftliche Auswertung einbezogen werden. Trotz allem sind die Auswirkungen der Boden- und Umweltprobleme am Standort nicht unerheblich. So kam es, bei den neuen Produktionsverfahren, aufgrund dieser Probleme zu einem zusätzlichen Aufwand für Arbeitszeit, Maschinen und Betriebsmitteln. Diese außerordentlichen Aufwendungen können in einer ökonomischen Betrachtung die neuen Produktionsverfahren gegenüber den etablierten Produktionsverfahren benachteiligen. In einer ökonomischen Betrachtung sollte deshalb versucht werden diese Effekte zu beachten.

### 1.3 Zielstellung

Nur mit sachgerechten Versuchsdesigns in On-Farm Experimenten lassen sich hier im Projekt statistisch valide Ergebnisse zur Wirkung der Produktionsverfahren auf den Ertrag erhalten. Un-erlässlich ist es dabei eine praxisgerechte Versuchsdurchführung, Strategien zur Datenaufnahme und -verarbeitung sowie passende statistische Auswertungsverfahren auszuarbeiten. Gerade die Erfassung des Prüfmerkmals Ertrag mit einem Ertragskartierungssystem erfordert passende Anwendungen zur Bearbeitung, Korrektur und Filterung der Datensätze. Daneben ist es notwendig Kovariablen zu erheben welche die Heterogenität des Ertragspotentials innerhalb des Versuchsfeldes erfassen und diese in einer statistischen Auswertung zu berücksichtigen.

Die Ausarbeitung und Anwendung von passenden statistischen Auswertungsverfahren in On-Farm Experimenten bildet einen Schwerpunkt dieser Arbeit. Bei der Anlage und Durchführung von On-Farm Versuchen bestehen schon seit einigen Jahrzehnten vielfältige Erfahrungen. Dem gegenüber ist die hier angewendete geostatistische Auswertung bei Beachtung von räumlichen Trends und Kovarianzen in landwirtschaftlichen On-Farm Experimenten noch nicht weit verbreitet. Erst wenige Arbeiten beschäftigen sich anhand verschiedener Anwendungsbeispiele mit dieser Problematik. Vor allem lineare gemischte Modelle zeigten Vorteile bei der Auswertung von On-Farm Experimenten (IBS-DR, 2012). Die Anwendung von gemischten linearen Modellen zur Beachtung von räumlichen Trends und Kovarianzen in On-Farm Experimenten soll hier anhand der im Projekt durchgeführten Feldversuche weiter ausgearbeitet werden, um die Durchführung von On-Farm Experimenten zu erleichtern und deren Aussagekraft zu erhöhen.

Im Hinblick auf die ökonomische Analyse der Mechanisierung von Produktionsverfahren gibt es bereits umfangreiche Arbeiten. Jedoch besitzen diese nicht den aktuellen Bezug zur Projektregion in China und den derzeitigen wirtschaftlichen und sozialen Entwicklungen dort. Damit stellt sich die Frage, wie sinnvoll im Hinblick auf Ertrag und Kosten eine Modernisierung der landwirtschaftlichen Produktion durch den Einsatz moderner europäischer Landtechnik im Rahmen der gegenwärtigen Agrarstruktur der Projektregion ist. Als Hinweis zur Beantwortung dieser Fragen lassen sich die hier im Projekt gewonnenen Erkenntnisse verwenden. Die Wirkungen der Produktionsverfahren auf den Ertrag gilt es zu testen und ökonomisch zu bewerten, um damit das unter den Bedingungen am Projektstandort vorzüglichste Verfahren zu bestimmen. Die in der ökonomischen Auswertung gewonnen Daten lassen sich weiter nutzen zur Produktions- und Investitionsplanung in Staatsfarmen und Kleinbauernbrigaden. Weiterhin sollen die Produktionsverfahren der Staatsfarm und Haushalte weiter an die Standortbedingungen angepasst und optimiert werden, um das ökonomische Ergebnis zu steigern. Geht man von einem fortgesetzten starken wirtschaftlichen Wachstum Chinas aus, verbunden mit einem Strukturwandel der ländlichen Gebiete, so ist es erforderlich diese Fragestellung auch unter veränderten Bedingungen zu betrachten. So ist eine Auswertung bei steigender Schlag- und Betriebsgröße, Lohnkosten sowie optimierten Betriebsmitteleinsatz angebracht, um auch zukünftige Entwicklungen mit einzubeziehen.

Die Ergebnisse dieser Arbeit können den politischen Entscheidungsträgern und landwirtschaftlichen Betrieben der Region als Entscheidungsgrundlage für eine weitere Modernisierung und Mechanisierung der chinesischen Landwirtschaft dienen. Gerade der landwirtschaftliche Sektor ist für China von großem Interesse. Nicht nur um zukünftig weiter die Ernährung der größten Bevölkerung der Welt zu sichern, sondern auch um nach den großen Lebensmittelskandalen die Qualität der Produkte zu verbessern. Aber auch für die europäischen und chinesischen Landtechnikhersteller lassen sich Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen ableiten. Die größte Herausforderung wird es zukünftig sein, die landwirtschaftliche Produktion zu steigern, gleichzeitig nachhaltig zu gestalten und dennoch einer breiten Bevölkerungsschicht ein ausreichendes Einkommen aus der landwirtschaftlichen Arbeit zu ermöglichen. Die Ergebnisse dieser Arbeit können als Grundlage zu weiteren Fragestellungen, wie die Wirkungen auf die Umwelt und die sozialen Bedingungen im ländlichen Raum dienen. Vor allem sollen die Entscheidungsträger für die Probleme der landwirtschaftlichen Produktion im Projekt und für die erarbeiteten Lösungsansätze sensibilisiert werden.

## 1.4 Vorgehensweise

Die Arbeit und deren Kapitel, Literaturanalyse, Methoden, Ergebnisse und Diskussion wurden zur besseren Übersichtlichkeit in die Abschnitte On-Farm Experimente, geostatistische Auswertung und ökonomische Auswertung unterteilt. Zusätzlich wurde eine Literaturanalyse durchgeführt um den Wissensstand und die Problemstellungen der drei Teilbereiche sowie die Situation der Landwirtschaft in der Projektregion Nordostchina aufzuzeigen. Die bereits angesprochenen Probleme am Standort sollen hier nicht tiefergehend untersucht, jedoch aber dargestellt und in einer wissenschaftlichen Bearbeitung beachtet werden.

Zum Vergleich der drei Produktionsverfahren des Demonstrationsbetriebes, der Staatsfarm Ganhe und eines Kleinbauernhaushaltes wurden über einen Zeitraum von drei Jahren On-Farm Experimente für die Kulturen Sommerweizen und Sojabohnen angelegt um deren Wirkung auf den Korn-ertrag zu testen. Das Prüfmerkmal Ertrag wurde mit dem Ertragsmesssystem des Praxismähdreschers und parallel dazu mit der Hofwaage erfasst. Da Ertragsdaten nicht fehlerfrei sind, müssen diese mit entsprechenden Filtern von Fehlmessungen bereinigt und mit den Daten der Realwie-gung korrigiert werden. Aus diesem Grund war es notwendig, einen schon vorhandenen Filteran-satz für Ertragsdaten auszuwählen (H-Filter) und an die Anforderungen von On-Farm Experimen-ten anzupassen. Um das heterogene Ertragspotential der Versuchsschläge zu erfassen, wurde mit dem Bodenscanner EM38 die scheinbare elektrische Leitfähigkeit des Bodens gemessen sowie historischen Ertragsdaten der Flächen mit einheitlicher Bewirtschaftung aufgenommen.

Da in On-Farm Experimenten auf den meist heterogenen Standorten, ein Bodentrend und räumliche Korrelationen zwischen den Ertragspunkten nicht auszuschließen sind, besteht die Gefahr einer Beeinflussung der Ergebnisse. Das kann unter Umständen zu falschen statistischen Schlüssen führen und eine der zu testenden Varianten unzulässig bevorzugen. Die statistische Auswertung

der aus den On-Farm Experimenten gewonnen Ertragsdaten erfolgte deshalb mit der Varianzanalyse (ANOVA) und in einem zweiten Ansatz mit linearen gemischten Modell mit geostatistischer Modellerweiterung. Dabei wurden, durch Aufnahme von Kovariablen und geostatistischen Kovarianzmodellen in das lineare gemischte Modell, eventuell im Versuchsfeld vorhandene Trends und räumliche Abhängigkeiten einbezogen. Die hier gewählten Kovariablen, die elektrische Leitfähigkeit des Bodens und historische Ertragsdaten aus dem Jahr 2009, beschreiben das teilflächenspezifische Ertragspotential, und können als fixe oder zufällige Effekte ins Modell aufgenommen werden. Besonders wichtig zur Aufstellung des gemischten linearen Auswertungsmodells ist die damit verbundene Auswahl von alternativen Modellen. Zur Modellwahl wird ein zweistufiger Ansatz genutzt, wobei es unerlässlich ist die Modelle auf unerwünschte Verzerrungen zu prüfen.

Im Anschluss wurde eine betriebswirtschaftliche Auswertung durchgeführt, um das ökonomisch vorzüglichste Verfahren zu bestimmen. Für eine möglichst genaue Bewertung der Produktionsverfahren sind die Einflussgrößen in einer Schlagkartei zu erfassen sowie die Kosten und Leistungen möglichst genau und repräsentativ zu kalkulieren. Da dies jedoch nicht immer möglich war mussten geeignete Verfahren zur Erfassung des Arbeitszeit- und Dieselbedarfs erarbeitet werden. Ebenso mussten geeignete Vergleichsgrundlagen für zukünftige Entwicklungen (Szenarien) gefunden werden. In dieser Arbeit sollen diese sozialen und makroökonomischen Entwicklungen nicht weiterführend untersucht werden, jedoch in die betriebswirtschaftliche Analyse der Produktionsverfahren mit einfließen. Zusammengefasst ergeben sich folgende Arbeitsschwerpunkte:

1. Literaturanalyse zur Beschreibung der:
  - a. Standortbedingungen im Projekt und der Projektregion Nordostchina
  - b. Durchführung und Anlage von On-Farm Experimenten
  - c. Ansätze zur statistischen Auswertung von On-Farm Experimenten
2. Anlage und Durchführung der On-Farm Experimente
  - a. Erfassung von Kovariablen zur Erfassung des heterogenen Ertragspotentials
  - b. Erfassung des Prüfmerkmals Kornertrag mit dem Ertragskartierungssystem
  - c. Bearbeitung, Korrektur und Filterung der Ertragsdatensätze (Anpassung und Nutzung des H-Filters an die Anforderungen von On-Farm Experimenten)
3. Statistische Auswertung der On-Farm Experimente
  - a. Auswahl geeigneter statistischer Auswertungsansätze für georeferenzierte Ertragsdaten bei Beachtung von räumlichen Trend und Korrelationen
  - b. Geostatistische Auswertung der Ertragsdaten mit gemischten linearen Modellen
4. Vergleichende ökonomische Analyse der Produktionsverfahren
  - a. Vergleich der Arbeits- und Produktionsverfahren auf Grundlage der Direkt- und Arbeitserledigungskostenfreien Leistungen
  - b. Kalkulation des maschinenspezifischen Arbeitszeitbedarfs der Arbeitsverfahren in einer Arbeitszeitfunktion mit im Versuch erfassten Elementar- und Teilzeiten
  - c. Kalkulation des Dieselbedarfs der Zugmaschinen mit Hilfe von maschinen- und verfahrensspezifischen Daten
  - d. Analyse der ökonomischen Ergebnisse im Rahmen von verschiedenen Betrachtungsansätzen (Szenarien) zur Abschätzung einer zukünftigen Entwicklung

## 2 Literaturanalyse

Im ersten Abschnitt sollen in einer Literaturanalyse die zu bearbeitenden Teilabschnitte Landwirtschaft in Nordostchina, On-Farm Research, Geostatistik und die ökonomische Auswertung von Arbeits- und Produktionsverfahren betrachtet werden, um einen Überblick zu den Bedingungen und Problemen bei der wissenschaftlichen Arbeit am Projektstandort zu erhalten.

### 2.1 Die Landwirtschaft in Nordostchina

China besitzt eine Gesamtfläche von ca. 9,6 Mio. km<sup>2</sup>, wobei der größte Teil der Fläche ist mit Gebirgen, Wüsten, Flüssen, Städten, Industrie und Infrastruktur bedeckt ist und dadurch nur ca. 12,5 % der Fläche landwirtschaftlich nutzbar sind. Die Gesamtackerfläche Chinas beträgt im Jahr 2009 ca. 121,7 Mio. ha. Bei einer Bevölkerung von ca. 1,35 Mrd. (2009) entspricht das 0,09 ha je Einwohner, was weltweit eine der niedrigsten Flächenquoten je Kopf darstellt. Damit muss China mit ca. 7 % der weltweiten Ackerfläche, fast ein Fünftel der Weltbevölkerung ernähren. Der Großteil der Ackerfläche und damit auch die Hauptanbauggebiete der wichtigsten Feldfrüchte liegt im östlichen Teil des Landes (siehe Abbildung 4), in dem auch rund 90 % der chinesischen Bevölkerung lebt (Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2009, S. 1).

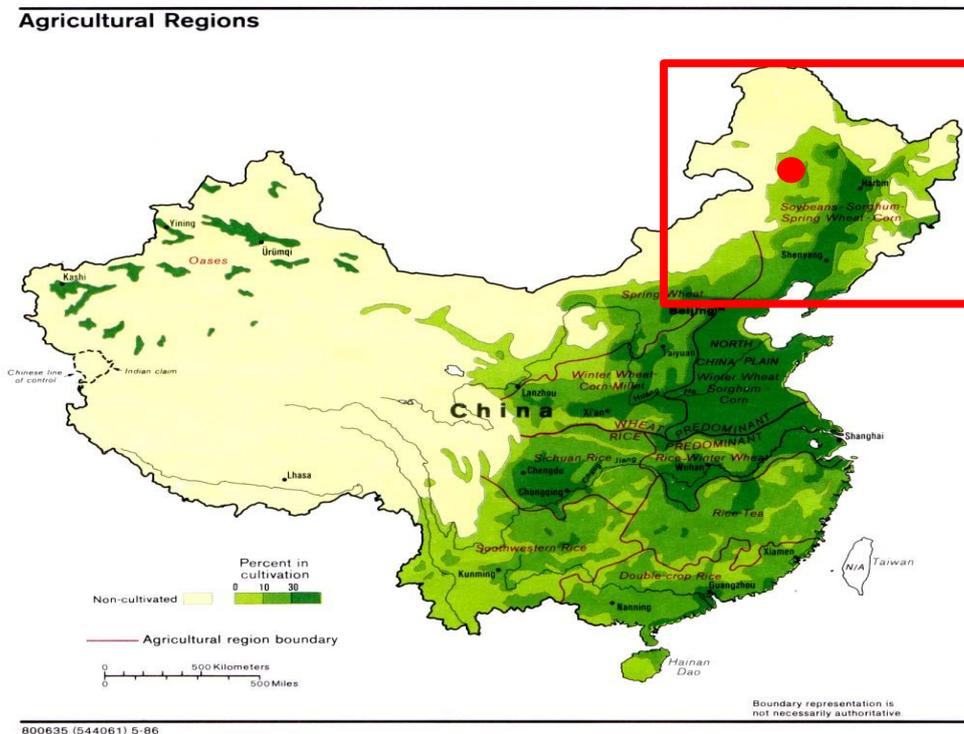


Abbildung 4: Landwirtschaftliche Regionen Chinas und der Projektstandort Ganhe in Nordostchina – roter Punkt = Ganhe, Quelle: Weltkarte.com (2010)

Der Standort der Projektregion lässt sich eher mit den fruchtbaren Ackerbauregionen der Nordostchinesischen Tiefebene in Heilongjiang vergleichen als mit den weiten Steppen und Grasregionen

der Inneren Mongolei. Deutlich wird dies auch daran, dass die Projektregion am Rande dieser Ebene liegt und früher einmal zu Heilongjiang gehörte und auch heute noch administrative Verbindungen dorthin bestehen. Nordostchina, oft auch mit dem Namen Mandschurei bezeichnet, ist ein weites flaches Land, umgeben von hohen Gebirgsketten. Die Region Nordostchina besteht aus den Provinzen Heilongjiang, Jilin, Liaoning und der nordöstliche Teil der Inneren Mongolei mit einer Gesamtbevölkerung von 118 Mio. Menschen (Löw, 2003a, S. 174).

Die nordostchinesische Tiefebene ist eine fruchtbare landwirtschaftliche Ebene in der Zone der Waldsteppe mit schweren luvialen Schwarzerdeböden, welche einen hohen Gehalt an organischer Substanz und hohe Bodenfruchtbarkeit besitzen. In Heilongjiang befinden sich mit 7 Mio. ha, ca. 70 % der Schwarzerdeböden Chinas. (Liu, et al., 2010, S. 89) Nach Li (2007, S.32) wird die Projektregion Nordostchina in die Klasse des humiden Kontinentalklimas eingeordnet. Dieses Klima entsteht da keine hohe Gebirgskette vor den Kaltlufteinbrüchen aus Sibirien schützt und warme, feuchte Luft in den Sommermonaten für ausreichend Niederschlag sorgt. Typisch für dieses Klima sind lange, kalte und trockene Winter mit Temperaturen bis  $-40^{\circ}\text{C}$ , sowie kurze heiße Sommer mit Temperaturen bis  $35^{\circ}\text{C}$ . Das Frühjahr und der Herbst sind nur kurze Übergangsphasen zwischen Sommer und Winter, mit hohen Temperaturschwankungen und viel Wind. Die frostfreie Periode in der Region beträgt im Durchschnitt 110 Tage (GFA, 2009, S. 13). Fast der gesamte Jahresniederschlag von durchschnittlich 500 mm, mit starken Schwankungen von 100 – 700 mm, konzentriert sich auf die Sommermonate, weshalb das Klima auch als Sommermonsunklima bezeichnet wird (Li, 2007, S.34). Charakteristisch für die Niederschlagsverteilung ist das trockene Frühjahr mit einer ab Mitte Mai einsetzenden Regenperiode, die sich mit kurzen Unterbrechungen bis Ende August hinzieht. Im Sommer kommt es in vielen Regionen Chinas oft zu Unwettern mit starken Regen und Hagel. Um Schäden am Feldbestand zu vermeiden oder wird oft versucht durch Abschuss von silberjodhaltigen Raketen oder TNT in die Atmosphäre diese Extremwetterlagen zu regulieren. Dazu gibt es in der Region an verschiedenen Standorten Einheiten mit mobilen Abschussanlagen für die Geschosse. Deren Einsatz wird zentral organisiert und untersteht der Provinzverwaltung (Wieringa und Holleman, 2006, S. 2).

Lange Zeit war es den Han-Chinesen verboten sich in der Mandschurei anzusiedeln, da die Mandchurischen Kaiser das Gebiet in ihrer Ursprünglichkeit schützen wollten. Im 19. Jahrhundert beschloss der Kaiser der Qing Dynastie die Region zu entwickeln und entsendete eine große Zahl an Menschen aus der Zentralchinesischen Ebene. Die Gesamtbevölkerung betrug zu dieser Zeit ca. 10 Mio. Einwohner auf einer Gesamtackerfläche von 3,3 Mio. ha. Seit den 1950'er Jahren führte die chinesische Regierung ein Programm durch, um großflächige Landwirtschaft in den bisher ungenutzten Gebieten einzuführen. Mithilfe des Militärs und der kommunistischen Partei Chinas (KPCh) wurden viele Staatsfarmen aufgebaut und mehrere Millionen Hektar Ackerland neu gewonnen. Bis zum Jahr 1985 wuchs die Ackerfläche auf 16,6 Mio. ha an. Etwa 30 % der jetzigen bearbeiteten Ackerfläche ist auf diese Weise gewonnen wurden, was die Region zu einer der wichtigsten Ackerbaugebieten Chinas macht. Im Vergleich zu anderen Regionen Chinas ist die pro

Kopf verfügbare landwirtschaftliche Nutzfläche weit höher, weshalb auch größere Agrarstrukturen entstehen konnten. Immerhin befinden sich hier etwa 23,5 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche Chinas. Nordostchina hat einen Anteil am Gesamtwert der landwirtschaftlichen Produktion von ca. 13,35 % bei einem Anteil der landwirtschaftlichen Nutzfläche von 23,5 % (ca. 28,6 Mio. ha) (siehe Tabelle 1 und im Anhang Tabelle 56). Auch wird ein Großteil der landwirtschaftlichen Produkte, vor allem Getreide und Öl- und Zuckerfrüchte, in der nordöstlichen Tiefebene angebaut. Sie ist die größte Ebene Chinas mit einer Gesamtfläche von ca. 356.000 km<sup>2</sup>, bei einer durchschnittlichen Höhe von 50 – 100 m über NN. (Wen und Pimentel, 1992, S. 216)

Tabelle 1: Nutz- und Anbaufläche - Feldfrüchte nach Regionen in 2008

Landwirtschaftliche Nutz- und Anbaufläche der wichtigsten Feldfrüchte nach Regionen in 2008 [1.000 ha]								
Nr	Provinz	Landwirtsch. Nutzfläche	Gesamt Saatfläche	Getreide	Ölfrüchte	Zuckerfrüchte	Baumwolle	Aufforstungsfläche
1	China gesamt	121.715,9	156.265,7	106.792,6	12.825,5	1.989,9	5.754,1	5.354.387,0
2	Innere Mongolei	7.147,2	6.860,8	5.254,5	705,1	48,7	2,0	718.562,0
3	Heilongjiang	11.830,1	12.088,4	10.988,9	218,7	90,4	0,0	120.609,0
4	Jilin	5.534,6	4.998,4	4.391,2	212,3	7,1	2,4	26.114,0
5	Liaoning	4.085,3	3.716,2	3.035,9	167,5	2,0	1,4	81.532,0
6	Nordostchina	28.597,2	27.663,8	23.670,5	1.303,6	148,2	5,8	946.817,0
7	<b>Anteil 6 an 1 [%]</b>	<b>23,5</b>	<b>17,7</b>	<b>22,2</b>	<b>10,2</b>	<b>7,4</b>	<b>0,1</b>	<b>17,9</b>

Quelle: Chinese Academy of Agricultural Sciences (2009, S. 98)

In Nordostchina werden hauptsächlich Mais, Sojabohnen, Weizen, Reis, Hirse, Sorghum, Kartoffeln, Raps, Sonnenblumen und Zuckerrüben sowie verschiedene Obst- und Gemüsesorten angebaut. Die Landwirtschaft Nordostchinas ist vor allem geprägt von Mais- und Sojabohnenmonokulturen. Die Region wird mit einer pro-Kopf Produktion von 1.000 – 1.700 kg Getreide je Person (Chinas Gesamtdurchschnitt: ca. 574 kg), auch als der Brotkorb Chinas bezeichnet. Von der Gesamtgetreideproduktion werden 60 % in andere Provinzen exportiert, womit annähernd 216 Mio. Menschen ernährt werden können (Liu et al., 2010, S. 88). Bedeutsam ist vor allem der Maisanbau mit fast 40 %, der Sojaanbau mit ca. 55 %, Zuckerrübenanbau mit 46 % und Kartoffeln mit ca. 21 % der chinesischen Gesamtproduktionsmenge (siehe im Anhang Tabelle 57).

Die Sojabohne (*Glycine max.* (L.) Merrill) ist eine der wichtigsten Kulturarten der Region Nordostchina und wird dort schon seit fast 5.000 Jahren angebaut (Liu et al., 2007, S. 158). In China gibt es fünf auf klimatischen Unterschieden basierende geografische Sojaanbauregionen, wovon Heilongjiang mit immerhin 33 % der Anbaufläche und 44 % der Gesamtproduktion Chinas die wichtigste ist. Die Anbaufläche mit 9,4 Mio. ha (2001) ist damit die viertgrößte der Welt (Ruiz et al., 2005, S. 68). Zusammen mit dem Lebensstandard der Bevölkerung steigt auch die Nachfrage nach Sojabohnen. Die chinesische Produktion kann jedoch nur rund die Hälfte der Nachfrage decken, weshalb man mit einem steigenden Anteil auf Importe aus dem Ausland, vor allem aus den USA, Argentinien und Brasilien angewiesen ist.

Der landwirtschaftliche Sektor Chinas ist seit den 1950er Jahren beständig angewachsen, besonders ab den 1980er Jahre wuchs der Gesamtwert der landwirtschaftlichen Produktion jährlich um ca. 4 % an (Huang et al., 2010, S. 48). Gründe hierfür sind die Einführung der haushaltsbasierten

Landbewirtschaftung (Household Responsibility System - HRS), die Verwendung neuer Sorten (Hybridreis, Hohertragsorten), die Nutzung von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln (Soni und Ou, 2011, S. 31), die Lockerung von Markt- und Handelsbeschränkungen sowie Preissteigerungen landwirtschaftlicher Produkte (Huang et al., 2010, S. 49). Jedoch wuchs der landwirtschaftliche Sektor langsamer als die Gesamtwirtschaft Chinas. An der Entwicklung des Bruttoinlandsproduktes (GDP) kann man diese Entwicklung gut erkennen, danach schrumpfte der Anteil der Landwirtschaft am GDP von 30 % in den 1980ern auf 11 % in 2007 (Hu, 2008, S. 48) während der Anteil der Industrie nahezu unverändert blieb und der Dienstleistungssektor auf rund 40 % anwuchs. Das zeigt, dass der Dienstleistungssektor stark wächst, während der landwirtschaftliche Sektor Anteile an der Gesamtwirtschaft verliert. Mit dem Wachstum der Wirtschaft entstanden außerlandwirtschaftliche Arbeitsplätze in den Städten und Ballungszentren, welche die „quasi arbeitslose“ Bevölkerung der ländlichen Gebiete anzog. Trotz der restriktiven Wohnsitzkontrolle (Hukou), ließen sich viele Wanderarbeiter dauerhaft in den Städten nieder, was zu einem Anstieg des Anteils der Stadtbevölkerung an der Gesamtbevölkerung auf 45 % im Jahr 2005 führte. Dieser Trend wird sich auch in den nächsten Jahren fortsetzen. Für das Jahr 2025 wird geschätzt, dass sich deren Anteil auf 60 - 70 % steigert (Huang et al., 2010, S. 48). Die ländlichen Gebiete weisen wirtschaftliche und soziale Probleme auf, welche durch die gegensätzlichen ländlichen und städtischen Strukturen entstanden. Die Problemfelder wurden im chinesischen unter dem Slogan „San Nong Wenti“, die drei ländlichen Probleme, zusammengefasst. Dazu gehören die wirtschaftliche Entwicklung der Landwirtschaft, die soziale Entwicklung der ländlichen Gebiete und die Verbesserung der Lebensgrundlage der Kleinbauern (Asienstiftung, 2010, S. 4).

Die Selbstversorgung und Ernährungssicherheit (Food Security) der chinesischen Bevölkerung mit Nahrungsmitteln (hauptsächlich Getreide) ist seit der Gründung der Volksrepublik China ein wichtiges strategisches und politisches Ziel (Soni und Ou, 2011, S. 33). Seit den letzten zwei Dekaden steigerte sich der Import und Export landwirtschaftlicher Produkte. Dabei nutzt China seine komparativen Vorteile und importiert vor allem flächenintensive Produkte (Sojabohnen) und exportiert arbeitsintensive Produkte (Gemüse). Die landwirtschaftlichen Importe hatten im Jahr 2008 einen Wert von 25,5 Mrd. USD, die landwirtschaftlichen Exporte dagegen einen Wert von 3,3 Mrd. USD. Den größten Anteil machten Sojabohnen zur Speiseölverarbeitung mit einem Importwert von 21,8 Mrd. USD aus. Die Bilanz anderer Produkte, wie zum Beispiel Getreide, erscheint dagegen ausgeglichen (Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2009, S. 186).

Im Laufe der Urbanisierung, bei gleichzeitig steigendem Einkommen und Angebot an Nahrungsmitteln, änderte sich der Nahrungsverzehr der Bevölkerung in den letzten Jahrzehnten (Khan et al., 2009, S. 351). Das Bevölkerungswachstum selbst spielt bei der Änderung des Konsumverhaltens keine große Rolle, da die Wachstumsraten durch die Ein-Kind-Politik kontinuierlich fallen (Huang et al., 2010, S. 48). Dagegen wird im Speiseplan der Chinesen hauptsächlich Getreide und Gemüse durch Fleisch ersetzt. So stieg der Fleischkonsum um etwa 140 % an, wohingegen sich der Gemüsekonsum um rund 30 % und der Konsum von Getreideprodukten um ca. 20 % verringerten (siehe Tabelle 2). Daraus resultierte eine steigende Bedeutung der Viehhaltung. Vor allem

in Nordostchina werden die Viehbestände stark ausgebaut. So betrug im Jahr 2008 der Viehanteil Nordostchinas am Gesamtbestand Chinas rund 20 % und der Anteil der Tierproduktion an der landwirtschaftlichen Produktion wuchs auf 35%. (Huang et al., 2010, S. 48). Die Provinzen Innere Mongolei und Heilongjiang besitzen vor allem große Viehbestände an Rindern, Schweinen, Schafen und Pferden (Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2009, S. 132ff.).

Tabelle 2: Nahrungsverzehr der ländlichen Haushalte pro Kopf in China.

Nahrungsverzehr der ländlichen Haushalte pro Kopf in China [kg/a]								
Jahr	Getreide	Gemüse	Speiseöl	Zucker	Fleisch	Geflügel	Eier	Meeresfrüchte
1954	221,7	70,7	1,3	0,4	4,6	-	0,8	1,4
1978	247,8	141,5	2,0	0,7	5,8	0,3	0,8	0,8
1988	259,5	130,1	4,8	1,4	10,7	1,3	2,3	1,9
1998	248,9	109,0	6,1	1,4	13,2	2,3	4,1	3,7
2008	199,1	99,7	6,2	1,1	13,9	4,4	5,4	5,2
<b>Veränderung 1978 - 2008 [%]</b>	<b>-19,7</b>	<b>-29,5</b>	<b>210,0</b>	<b>57,1</b>	<b>139,7</b>	<b>1366,7</b>	<b>575,0</b>	<b>550,0</b>

Quelle: Chinese Academy of Agricultural Sciences (2009, S. 248)

### 2.1.1 Ertrags- und Produktivitätssteigerung in der chinesischen Landwirtschaft

In China wächst die Bevölkerung trotz der 1980 eingeführten Ein-Kind-Politik seit Jahrzehnten sehr schnell an und wird noch bis etwa 2030 wachsen. Um den steigenden Bedarf an Nahrungsmitteln, der noch immer wachsenden Bevölkerung und deren sich ändernden Verzehrsgewohnheiten zu decken strebt China in den nächsten zwei Dekaden eine Ertragssteigerung bei Getreide von 30 - 50 % an. In Folge der wirtschaftlichen und politischen Bedingungen sowie den daraus resultierenden Problemen konnte die chinesische Landwirtschaft lange Zeit ihr Produktionspotential nicht voll ausschöpfen. Um das Ziel einer Steigerung der landwirtschaftlichen Produktion zu erreichen, müssen deshalb die Produktionsverfahren und eingesetzten Produktionsmittel weiter angepasst und optimiert werden. So sorgte in den letzten 50 Jahren die Weiterentwicklung der Produktionsverfahren, durch einen gesteigerten Einsatz von Maschinen, Mineraldünger und chemischen Pflanzenschutzmitteln, für eine stetige Ertragszunahme in China (Liu und Herbert, 2002, S. 2ff. und Liu et al., 2008, S. 158). Aufgrund der Reformen konnten zwischen 2003 und 2011 die Getreideerträge um durchschnittlich 32 % gesteigert werden (Zhang et al., 2013, S. 33). Die meisten Studien machen die Einführung des Household Responsibility System neben dem technischen Fortschritt für diese Ertragssteigerungen verantwortlich (Huang et al, 2010, S. 49). Eine weitere derartige Steigerung lässt sich nur durch strukturelle Reformen der Produktionsfaktoren Arbeit, Boden und Kapital sowie einer Förderung des technischen Fortschritts und einer Optimierung der Produktionsverfahren erreichen. Bisher wird eine weitere Produktivitätssteigerung durch den schlechten Zugang zu Märkten, Informationen, Kapital und technischer Unterstützung verhindert (Nolan et al., 2008, S. 22). Auch um international ohne Subventionen wettbewerbsfähig zu werden, muss China neben Produktivitätssteigerungen die Effizienz des Betriebsmitteleinsatzes erhöhen und das volle Ertragspotential ausschöpfen.

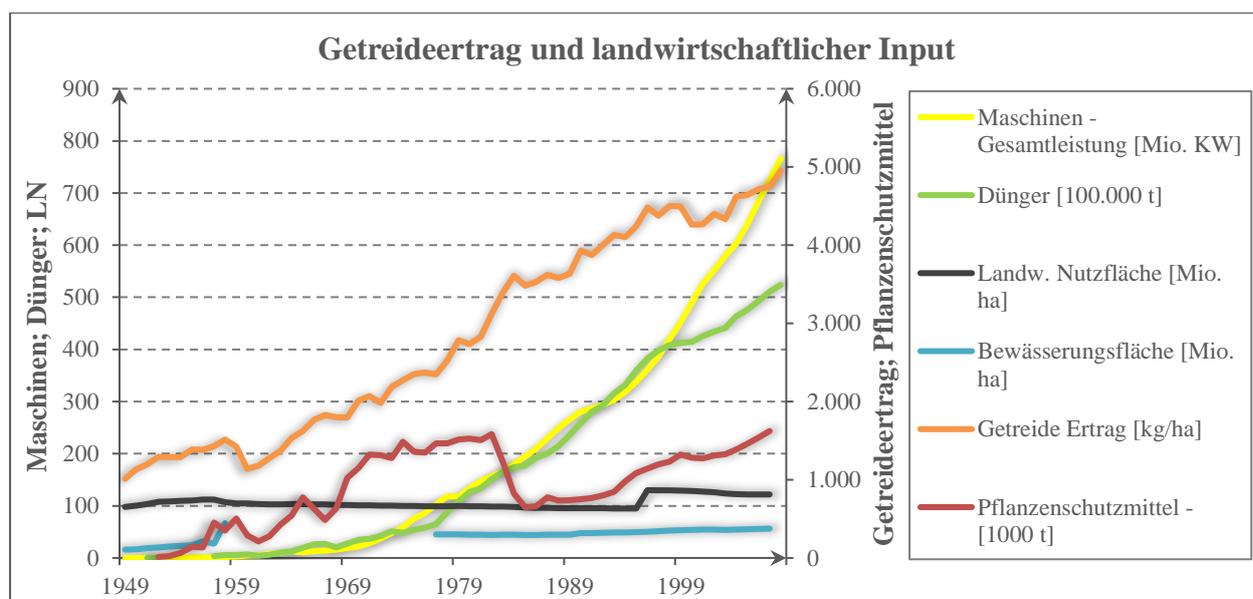


Abbildung 5: Entwicklung des Getreideertrages und landwirtschaftlicher Input. Quelle: eigene Darstellung, Daten: USDA (2011), Fan (1997, S. 219ff.)

Wie in Abbildung 5 zu erkennen ist, ist die in den letzten 50 Jahren erreichte Ertragssteigerung hauptsächlich auf die gesteigerte Mechanisierung sowie dem hohen Einsatz an Dünge- und Pflanzenschutzmitteln zurückzuführen. Mit entsprechenden Anpassungen der Produktionsverfahren wäre nach Shen et al. (2013, S.2) eine weitere Ertragsteigerung von 15 – 20 % möglich. Entscheidend dazu ist eine Förderung der Ausbildung der Kleinbauern sowie ein besserer Wissens- und Technologietransfer der Universitäten in die Praxis (Zhang et al, 2013, S. 35).

Gerade im Alten China hatte der Gedanke der geschlossenen Kreislaufwirtschaft eine besondere Bedeutung. Dazu wurde tierischer und menschlicher Dung zusammen mit organischen Substanzen zu Kompost verarbeitet und auf die Felder ausgebracht. Kein Nährstoff sollte dabei verloren gehen um die Bodenfruchtbarkeit langfristig zu erhalten (King, 2004, S. 345ff.). Bis in die 1950er Jahre wurden so gut wie keine chemische Dünger (Löw, 2003a, S. 56) und Pestizide (Löw, 2003a, S. 106) in der landwirtschaftlichen Produktion genutzt. Erst ab den 1960er Jahren wurden die ersten Mineraldünger eingesetzt. Mit dem Beginn der „grünen Revolution“ in den 1980er Jahren wurden verstärkt Mineraldünger und chemische Pflanzenschutzmittel genutzt, was zu großen Ertragssteigerungen führte und die Nahrungsmittelversorgung Chinas absicherte. Heute ist China der größte Mineraldüngerverbraucher der Welt (Lin et al., 2006, S. 410).

Die hohen Ertragssteigerungen seit den 1980er Jahren wurden allerdings auf Kosten des Bodens und der Umwelt teuer erkauft (Liu et al., 2010, S. 89ff.). Eine immer größere Fläche (83,2 Mio. ha – ca. 66 % der LN) ist von der Bodendegradation wie der Bodenerosion (40 Mio. ha), Bodenverdichtungen, Bodenversauerung und einer Kontamination mit unterschiedlichen Stoffen (10 Mio. ha) betroffen. Auch Staunässe, Versalzung (6 Mio. ha) und eine voranschreitende Desertifikation (Wüstenbildung - 15 Mio. ha) bedrohen die landwirtschaftlichen Flächen Chinas (Wang et

al., 2007, S. 185). Die meisten der betroffenen Flächen befinden sich in Gebieten mit einem Niederschlagsdefizit. In den letzten 50 Jahren ging ein großer Teil der landwirtschaftlichen Nutzfläche (LN) durch Bodendegradation, Wiederaufforstung sowie für den Bau von Industrieanlagen, Infrastruktur und Städten verloren. Gleichzeitig wurde dieser Verlust durch Landgewinnungsprogramme wie der Abholzung von Wäldern, die Trockenlegung von Sümpfen und der Rekultivierung von Industrieflächen ausgeglichen (Khan et al., 2009, S. 352). Zum dauerhaften umweltbedingten Verlust von Ackerland, wie der Desertifikation des Graslandes durch Überweidung kommt es dagegen nur selten (Ash und Edmonds, 1998, S. 859ff.).

#### 2.1.1.1 Bodenverdichtungen

In China sind Bodenverdichtungen ein weit verbreitetes Problem. So wurden von Zhang et al., (2006a, S. 117ff.) starke Bodenverdichtungen in den Böden des Lössplateaus nachgewiesen. Die Böden Nordostchinas sind mit abnehmender organischer Substanz erosionsanfälliger und weisen eine höhere Lagerungsdichte, reduzierte Wasserkapazität und reduzierte Infiltrationsraten auf. Erodierte Flächen zeigen auch eine geringere Zahl an Mikroorganismen, Bakterien und Bodenpilzen (Liu et al., 2010, S. 92). Die Ursachen liegen in der schlechten Bodenstruktur sowie dem Befahren und Bearbeiten der Äcker bei zu hoher Bodenfeuchte. Dies lässt sich oft nicht vermeiden, da die Landwirte in Nordostchina auch bei nassen, suboptimalen Bedingungen, (Starkregen in der Erntezeit) die Feldarbeiten (Aussaat, Pflanzenschutz, Ernte) termingerecht durchführen müssen. Bodenverdichtungen beeinflussen auch die hydraulischen Eigenschaften des Bodens was an der höheren Lagerungsdichte, geringeren Porenanteil sowie einer Veränderung der Porenverteilung erkennbar ist. Diese beeinflussen die Infiltrationsfähigkeit und die Wasserspeicherkapazität des Bodens und damit auch das Pflanzenwachstum und Ertrag der Feldfrüchte (Liu et al., 2010, S. 93). Mit der Einführung des HRS und dem damit verbundenen Aufkommen von Kleintraktoren, nahmen durch eine immer gleichbleibende Bearbeitungstiefe auch die Bodenverdichtungen in Nordostchina zu. Zhang et al. (2006b, S. 619) stellten fest, dass durch Kleintraktoren und der damit verbunden höheren Anzahl an Überfahrten, mehr Bodenverdichtungen im Bereich von 5 – 14 cm Tiefe entstehen als bei mittleren Traktoren.

#### 2.1.1.2 Bodenerosion

Die Bodenerosion, also der flächenhafte Abtrag von fruchtbarem Oberboden durch Wind und Wasser, entsteht in China durch die fortschreitende Entwaldung, Ackerbau an Hanglagen, Überweidung und unangepasstem Landnutzungsmanagement (Bodenbearbeitung, Bodenbedeckung und Brachzeiten). Ausschlaggebend für die Erosionsanfälligkeit der Böden ist die fehlende schützende Bodenbedeckung durch natürliche Vegetation. Die Waldbedeckung in weiten Teilen Chinas ist schon seit dem Beginn der intensiven Landnutzung vor über 2000 Jahren sehr gering. Der größte Teil der Flächen Nordostchinas wurden dagegen erst vor ca. 40 – 50 Jahren von Wald- und Grasland in Ackerland umgewandelt. Zurückblieb eine weite leergeräumte Landschaft, fast ohne natürlichen Baumbestand. Die chinesische Regierung erkannte zum Ende der 70er Jahre die daraus entstehenden Probleme für Boden und Wasser, weshalb die Waldnutzung staatlich reguliert wurde.

Heute sind rund 16,55 % der Gesamtfläche von Wald bedeckt (Chen et al., 2006, S. 168). In China wurde seit 1978 mit dem "Three-North Shelterbelt Project" in den drei nördlichen Regionen (Nord-, Nordost- und Nordwestchina) eines der ehrgeizigsten Aufforstungsprogramme der Menschheit durchgeführt. Dabei sollen auf 4.480 km Länge und 560 - 1.460 km Breite, der Anteil des Waldbestandes von 5 % auf 15 % gesteigert werden (Li et al., 2012a, S. 71). Mit großem Aufwand wurden Gegenmaßnahmen ergriffen, indem an Straßen-, Weg- und Feldrändern Schutzstreifen mit Bäumen, meist schnellwachsende Pappeln, angepflanzt wurden.

Seit den 1980er Jahren tritt mit Beginn der intensiven Landwirtschaft, auch vermehrt Bodenerosion in Nordostchina auf (Ash und Edmonds, 1998, S. 861). Für Nordostchina ist die Bekämpfung der Bodenerosion, immerhin sind in 1996 13,3 Mio. ha der Fläche betroffen, überlebenswichtig für eine nachhaltige landwirtschaftliche Produktion. Nach rund 60 Jahren intensiver Landbewirtschaftung erreichte die jährliche Reduktion der Schwarzerdeschicht stellenweise 0,5 cm im Jahr. Dies entspricht einer Reduktion von einer Ausgangsstärke von 60 - 70 cm, auf nur noch 20 - 30 cm (Wen und Pimentel, 1992, S. 218). In Heilongjiang wurde nach 50 Jahren Bewirtschaftung ein durchschnittlicher Oberbodenverlust von ca. 40 % festgestellt (Liu et al., 2010, S. 90). In Nordostchina sind immerhin 31,4 % der Flächen betroffen, wovon 7,9 % schwere Schäden aufweisen. Die durchschnittliche jährliche Erosionsrate liegt bei 1,24 – 2,41 mm je Jahr, bei einem jährlichen Verlust an Boden von 3 t/ha (1° Neigung) bis zu 220,5 t/ha (15° Neigung). Im Sommer tragen vor allem die großen Niederschlagsmengen, welche durch die langen Dämme bei Mais und Sojabohnen hangabwärts fließen, den Oberboden ab. Dabei entstehen die in der Region so typischen Erosionsrinnen (Liu et al., 2010, S. 90). Aber auch Winderosion ist vor allem in dem typischen windreichen Frühjahr und Herbst zu beobachten.

Als Maßnahmen zur Erosionsbekämpfung in Nordostchina wurden eine Aufforstung, an die Kontur angepasste Bodenbearbeitung, Umstellung auf konservierende Bodenbearbeitung, Anlegen von Terrassen und die Einführung einer breiten Fruchtfolge vorgeschlagen. Ebenso kann durch eine effizientere Ausbringung von Dünger und die Beachtung der Fruchtfolge, die Bodenerosion vermindert werden (Liu et al., 2010, S. 92ff.). Gerade Berge und Hügel, welche einen großen Teil der Landschaft ausmachen, sind vor allem wenn sie falsch bearbeitet werden, sehr anfällig für Bodenerosion. Die Nutzung von kleinen, an die Kontur angepassten Dämmen (wie schon im traditionellen Anbau verwendet), kann den Bodenverlust nachhaltig verringern (Liu et al., 2010, S. 93). Jedoch ist dieses Verfahren nicht für eine großflächige moderne Landwirtschaft geeignet.

### 2.1.1.3 Bodenversauerung

Der Verlust von Kalk, welcher zur Versauerung führt, ist eine der größten Bedrohungen für die Bodenfruchtbarkeit landwirtschaftlich genutzter Flächen in China. Zu den natürlichen Ursachen der Versauerung zählt die klimabedingte Auswaschung von Anionen (z.B.: Nitrat  $\text{NO}_3^-$ , Sulfat  $\text{SO}_4^-$ , Hydrogencarbonat  $\text{HCO}_3^-$ ) und Kationen (z.B.: Magnesium und Calcium). Die dabei freigesetzten  $\text{H}^+$ -Ionen werden zusammen mit den von den Pflanzen nicht aufgenommenen Nährstoffen ausgewaschen und versauern den Boden. Die klimatisch bedingte Lösung des Kalkes wird auf

Grund der, durch die biologische Aktivität, erhöhten  $\text{CO}_2$ -Sättigung des Bodenwassers verstärkt. Ein fruchtbarer Boden hat daher stets einen höheren Kalkbedarf. Sind die Böden auch noch verdichtet und verschlämmt, wird durch den  $\text{CO}_2$  –Überschuss viel Kalk verbraucht. Sind die Böden dagegen locker und gut durchlüftet, kann der Großteil des  $\text{CO}_2$  in die Atmosphäre entweichen. Ein weiterer wichtiger Faktor ist das Ausscheiden von  $\text{H}^+$ -Ionen durch die Pflanzenwurzeln bei der Aufnahme von Nährstoffkationen, wie Kalium und Ammonium. Die zurückbleibenden  $\text{H}^+$ -Ionen bilden Säure, die wiederum Kalk zur Neutralisation verbraucht. Leguminosen wie Sojabohnen nehmen den symbiontisch gebundenen Stickstoff als  $\text{NH}_4$ -Stickstoff auf und haben dadurch einen erhöhten Kalkbedarf (Schilling, 2000, S. 268ff.).

Zu den anthropogenen Faktoren zählen die Ausbringung von sauren Stickstoffdüngern und der Eintrag von  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$  und  $\text{NO}_x$  durch sauren Regen. Die Hauptverursacher des sauren Regens sind die in China zu 70 % auf Kohle basierende Energieproduktion und der Transportsektor. Die Umweltschäden des sauren Regens können mittels Kontrolle und Reduzierung der  $\text{SO}_2$  und  $\text{NO}_x$  – Emissionen verringert werden (Zhao et al., 2008, S. 8021). Den größten Anteil an der Versauerung des chinesischen Ackerlands haben jedoch die physiologisch sauren Düngemittel, wie z.B. Stickstoffdünger (Zhang et al., 2009a, S. 199), welche in den Unterboden verlagert und zu Salpeter- und Schwefelsäure umgewandelt werden. Solange im Boden Kalk vorhanden war, wurden die Säuren neutralisiert und der pH-Wert stabil gehalten. Sind die Kalkvorräte dagegen aufgebraucht, versauern die Böden mit all ihren negativen Folgen. Dazu zählen ein starkes Absinken des pH-Wertes, Verschlechterung der Verfügbarkeit der Nährstoffe (Stickstoff, Phosphat, Kalium, Magnesium und einiger Spurennährstoffe), eine schlechtere Bodenstruktur mit Dichtlagerung, mangelhafter Bodendurchlüftung, Wasserinfiltration und Wasserspeicherung und weniger Bodenleben zum Abbau der organischen Substanz und zur Humus- und Garebildung. Der pH-Wert wirkt sich auch auf die Mobilität toxischer Schwermetalle Aluminium(Al) und Mangan (Mn) aus, was zu Wachstumsinderungen führt und in weiten Teilen Chinas das mögliche Ertragspotential nicht ausgeschöpft werden kann.

Die Böden Nordostchinas sind leicht sauer oder neutral und anfällig für Versauerung. Im Vergleich zu 1980 fiel der pH-Wert durch natürliche und anthropogene Faktoren um 0,32 - 0,72 Einheiten (Guo et al., 2010, S. 9). Aus einer Untersuchung von landesweiten Bodenproben zwischen 1987 und 2007, ging hervor, dass die meisten chinesischen Anbauregionen von Bodenversauerung betroffen sind. Im Vergleich zu 1980 fiel der pH-Wert durch natürliche und anthropogene Faktoren um 0,32 - 0,72 Einheiten. Die Versauerung trat vor allem in Regionen mit hoher N-Düngung bei gleichzeitigem Abfahren der Ernterückstände auf. Selbst Böden die normalerweise als resistent gegen Versauerung gelten, zeigten eine Abnahme des pH-Wertes. Sogar bis in Bereiche in denen toxisch wirkendes Aluminium und Mangan freigesetzt werden könnte. Die Folgen sind die Festlegung von Phosphor, durch die Bildung schwer löslicher Eisen (Fe) – und Aluminium (Al)-Phosphate im sauren tonhaltigen Boden (Guo et al., 2010, S. 9).

In den 1970er und Anfang der 1980er Jahre war die Kalkdüngung, vor allem im Süden und Südwesten, gängige Praxis um gegen die Versauerung vorzugehen. Nach der Dekollektivierung und

der Einführung des HRS, führten die Haushalte keine Kalkdüngung mehr durch, da diese zu arbeits- und kostenintensiv war. Eine Kalkdüngung wird jedoch auch heute noch von vielen Bauern als zu teuer angesehen (Guo et al., 2010, S. 13). Alternativ dazu, wird eine Vermeidung der Versauerung durch eine auf den Pflanzenbedarf angepasste Stickstoffdüngung in Verbindung mit einer organischen Düngung angestrebt (Zhang et al., 2009a, S. 206).

#### 2.1.1.4 Düngung und Bodenfruchtbarkeit

Die landwirtschaftliche Produktion kommt nicht ohne den Einsatz von großen Mengen an organischen und mineralischen Düngern aus. Nach Untersuchungen verschiedener Autoren, wie zum Beispiel Shen et al. (2013, S. 2), Zhang et al. (2013, S. 34) und Guo et al. (2010, S. 11), werden in China oft extrem hohe Düngermengen (bis 60 % über dem Pflanzenbedarf) aufgewendet. Bei einer Anpassung der Düngermenge an den Pflanzenbedarf lassen sich so 30 – 60 % des Stickstoffes einsparen ohne dass Ertragseinbußen zu erwarten sind. Die Regierung subventioniert daher für die Kleinbauern die Analyse von Bodenproben, damit diese die an den Pflanzenbedarf angepasste und ökonomisch optimale Düngermenge bestimmen können. Die Überdüngung führt unter anderem zu Umweltproblemen wie der Belastung von Grundwasser und Nahrungsmitteln mit Nitrat (Lin et al., 2006, S. 412).

Die Versorgung des Bodens mit Grundnährstoffen nimmt ebenfalls ab, so entsprach die P- und K-Düngung in Heilongjiang nur 83 % des Entzuges, womit der Bodenvorrat kontinuierlich abnimmt (Wen und Pimentel, 1992, S. 218). Im Vergleich zum Nährstoffbedarf der Pflanze (Düngeempfehlungen) wurden organische Dünger und Kalium unzureichend, Stickstoff dagegen in zu großen Mengen gedüngt. Dadurch ist die in den letzten Jahren erreichte Ertragssteigerung und Bodenfruchtbarkeit nicht nachhaltig zu erhalten (Lin et al., 2006, S. 418). Wen und Pimentel (1992, S. 220ff.) schlugen aus diesem Grund verschiedene Maßnahmen wie Gründüngung, Anbau von Mischkulturen, Nutzung von organischen Abfällen aus den Städten und ein besseres Management von tierischen und menschlichen Dünger vor.

Ein weiteres Problem für die Fruchtbarkeit der Böden ist die geringe organische Düngung, bei gleichzeitigem Verbrennen der organischen Ernterückstände (Soja- und Maisstroh) auf dem Feld und als Heizmaterial in den Haushalten. Die rund 35 Mio. Haushalte sind immer noch auf diese Heizmaterialien angewiesen. Die restlichen nicht verwertbaren auf dem Feld verbleibenden überschüssigen Ernterückstände werden meist auf dem Feld verbrannt. Den Kleinbauern bereitet das Zerkleinern und Einarbeiten des Strohs Probleme, da keine entsprechenden Mährescher mit leistungsfähigem Häcksler und Bodenbearbeitungsgeräte zur Einarbeitung zur Verfügung stehen. Durch diese Praxis gehen dem Boden wertvolle Nährstoffe und organische Substanz verloren. Nach Wen und Pimentel (1992, S. 218) betrug die jährliche Abnahme des Humusgehaltes in der Liaoning Provinz 0,02 %. Im Vergleich zu Böden ohne landwirtschaftliche Nutzung (wie vor ca. 50 Jahren) hat sich der Gehalt an organischer Substanz von 11 % auf 2,3 % verringert. Auch der Gesamtstickstoff im Oberboden sank von 0,6 % auf 0,2 %. Um eine Verbrennung von Ernterückständen zu vermeiden, müssen die Kleinbauern kostengünstige Alternativen zum Heizen erhalten.

Alternativ lassen sich die Ernterückstände in der Tierhaltung verwenden und als organische Dünger ausbringen. Um die Verbrennung von Ernterückständen zu unterbinden, erließ die Regierung in 2003 verschiedene Verordnungen (Chen et al., 2006, S. 168).

#### 2.1.1.5 Fruchtfolge

In den meisten Teilen Nordostchinas werden schon seit Jahrzehnten kontinuierlich (ohne Fruchtwechsel) Sojabohnen oder Mais angebaut. So wurden Anfang der 90er Jahre 40 - 60 % der Ackerfläche in der Provinz Heilongjiang mit Sojabohnenmonokulturen bestellt, weshalb der Mais- und Weizenanbau gefördert wurde. In der Jilin Provinz dagegen wurden 40 – 70 % mit Mais bestellt, weshalb der Sojaanbau erhöht werden sollte. Die Folgen von Monokulturen sind vielfältig und treten meist erst langfristig auf. Zum Beispiel reduzieren Maismonokulturen den Humus- und Nährstoffgehalt des Bodens. Ein höherer Befall an Krankheiten wie der Blattfleckenkrankheit und eine Zunahme des Schädlingsbefalls wie dem Maiswurzelbohrer oder dem Maiszünsler sind weitere Folgen, welche auch in Nordostchina eintraten und zu Ertragsverlusten führten (Wen und Pimentel, 1992, S. 220). Beim kontinuierlichen Anbau von Sojabohnen kommt es in Abhängigkeit von Sorte, Boden und saisonalen Bedingungen zu einem statistisch signifikanten Anstieg der krankheitsbefallenen Pflanzen, was Ertrags- und Qualitätsverluste zur Folge hat (Liu und Herbert, 2002, S. 6). Bei Sojabohnenmonokulturen kommt es zu einer Stickstoffakkumulation im Boden durch die symbiontische Stickstofffixierung, bei gleichzeitiger Abnahme der Phosphor- und Kaliumversorgung des Bodens. Auch die Zunahme von Krankheiten wie der Wurzelfäule und Schädlingen wie Sojazystennematoden und Sojaschotenbohrer („soybean pod borer“- *aruca vit-rata fabricius*) wurden beobachtet. Die Ertragsminderung wird dabei auf 11 – 35 % geschätzt. Dagegen wurde bei einer Fruchtfolge mit Mais nach Soja Ertragssteigerungen von 8 % (Wen und Pimentel, 1992, S. 220), oder in Extremfällen bis zu 100 % festgestellt (Liu et al., 2010, S. 94). Die Beachtung einer Fruchtfolge in China kann positive Effekte auf Bodenstruktur, Nährstoffeffizienz, Wassereffizienz, organische Substanz, Ertragsschwankungen, Unkraut- und Schädlingsbestände und damit auf das Ertragsniveau haben. Als Lösungsansatz wird außerdem vorgeschlagen Förderprogramme für fruchtartenspezifische Produktionsvorranggebiete abzuschaffen oder die fragmentierten Flächen der Kleinbauern zusammenzulegen (Wen und Pimentel, 1992, S. 221). Der Anbau von Mischkulturen („Intercropping“) war in China lange Zeit sehr populär, da die Vegetationszeit und Anbaufläche besser ausgenutzt wird und man den zusätzlichen Ertrag einer zweiten Frucht erhält. Dazu werden verschiedene Kulturen in schmalen Streifen nebeneinander oder zeitlich versetzt auf einem Schlag angebaut. Kombiniert werden meist Mais - Weizen, Baumwolle - Weizen, Weizen - Gemüse, Mais - Sojabohnen, Getreide - Obstbäume und andere Kombinationen je nach Klima und Bedarf (Johnson und Beemer, 1977, S. 18). Diese Anbauform wurde jedoch durch eine mechanisierte großflächige Bewirtschaftung größtenteils verdrängt und spielt in den großen Staatsfarmen Nordostchinas schon keine Rolle mehr.

### 2.1.1.6 Pflanzenschutz

Obwohl im traditionellen chinesischen Pflanzenschutz natürliche Präparate aus Mineralien und Pflanzenextrakten als Pflanzenschutzmittel (PSM) genutzt wurden, gab es bis zur Gründung der Volksrepublik China keine PSM-Industrie. Die flächendeckende Anwendung von PSM begann mit der Einführung der Volkskommunen, da auf den großen Flächen deren Anwendung billiger, effizienter und bequemer war als der traditionelle Pflanzenschutz und die Erträge gesteigert werden konnten. Nach den drei harten Hungerjahren am Ende der 50er Jahre (1959-1961), setzte die Zentralregierung auf eine „Grüne Revolution“ mit dem Einsatz von Pflanzenschutzmitteln. In den 1960ern wurden daraufhin verschiedene Fabriken zur Produktion westlicher Wirkstoffe aufgebaut und ab 1980 an neuen Wirkstoffen geforscht. Trotzdem lag die PSM-Forschung in den 1990ern gut 15 - 20 Jahre zurück. Da die chinesischen Techniker nur wenige Fortschritte machten, werden viele veraltete (deren Patentschutz ausgelaufen ist) oder in anderen Ländern nicht mehr zugelassene Wirkstoffe genutzt. Seit den 1950er Jahren ist die Produktion und Nutzung kontinuierlich angestiegen, womit China mit 1,73 Mio. t der größte PSM-Produzent weltweit wurde (Zhang et al., 2011, S. 131). Im Gegensatz zur globalen PSM-Industrie, welche hoch konzentriert ist, ist die chinesische PSM-Industrie sehr weit verteilt. So gibt es ca. 2.000 kleine bis mittlere PSM-Produzenten in China, welche teilweise privat oder in Staatsbesitz sind. Im Jahr 2008 waren ungefähr 300 verschiedene Typen und über 3.000 verschiedene PSM-Formulierungen in China auf dem Markt erhältlich. Die Verwendung von PSM ist für die Nahrungsversorgung Chinas extrem wichtig, da nach Schätzungen ohne die Anwendung von PSM die Erträge von Obst um 78 %, Gemüse um 54 % und Getreide um 32 % sinken würden (Zhang et al., 2011, S. 126).

Der zunehmende chemische Pflanzenschutz führt zu Problemen für die Umwelt, landwirtschaftliche Produktion, die Anwender in der Landwirtschaft und die Konsumenten der Produkte. Weiter gelangen Pflanzenschutzmittel und deren Rückstände in Boden, Grundwasser, Atmosphäre und landwirtschaftliche Produkte was zu Beeinträchtigungen für Flora, Fauna und der Gesundheit der Bevölkerung führt (Zhang et al., 2011, S. 126). So sind die Böden Chinas seit Beginn der Industrialisierung und Intensivierung der Landwirtschaft durch Industrieabfälle und Pflanzenschutzmittel kontaminiert (Ash und Edmonds, 1998, S. 867). Gerade für die landwirtschaftliche Produktion selbst, wird die Anreicherung der PSM und deren Rückständen im Boden als problematisch angesehen, da diese phytotoxisch auf nachfolgende Kulturen wirken können (Zhang et al., 2011, S. 134). Die Bioakkumulation der Herbizide im Boden entsteht, durch wiederholte Ausbringung derselben Wirkstoffe auf den Flächen. Bedingt wird dieser Umstand durch die kleinen Betriebs- und Flächengrößen, fehlende Fruchtwechsel, fehlende Wirkstoffwechsel, ungenauer Applikationstechnik, Überdosierungen und unsachgemäßer Anwendung der Herbizide. Die Ackerfläche Chinas ist in großem Umfang mit Herbizidrückständen (Chlorimuron, Atrazin, Chlorsulfuron, Imazethapyr, Clomazone, Fomesafen) belastet (Zhao und He, 2007), welche das Pflanzenwachstum beeinträchtigen und damit den Ertrag, bis hin zum kompletten Ertragsausfall, reduzieren (Wang et al., 2003). In vielen Regionen werden noch immer Organophosphate (z.B.: Hexachlorcyclohexan (HCH) und Dichlordiphenyltrichlorethan (DDT)) nachgewiesen (Zhang et al., 2011, S. 134). Obwohl DDT,

HCH und andere Organophosphate 1983 verboten wurden, nutzten noch viele Bauern diese billigen und wirkungsvollen Wirkstoffe bis Ende der 90er Jahre (Zhou et al., 2013, S. 165).

Ein weiteres Problem der chinesischen Landwirtschaft ist die Resistenzbildung aufgrund der häufig unsachgemäßen Anwendung von PSM ohne regelmäßigen Wirkstoffwechsel und falschen Dosierungen (Khan et al., 2009, S. 356). Seit Anfang der 1990er Jahre wurden verschiedene Resistenzbildungen in Chinas Unkrautbeständen nachgewiesen (Heap, 2013). Auch in der Projektregion haben vermutlich einzelne Unkrautarten (Hirse, Amaranth) Resistenzen gegen Herbizidwirkstoffe gebildet (Bunge, 2010).

Pflanzenschutzmittelrückstände in Lebensmitteln (vor allem in Obst und Gemüse) sind in China ein weiteres ernsthaftes Problem. In Proben findet sich regelmäßig eine Überschreitung der Grenzwerte für PSM-Rückstände (Wang et al., 2013a, S. 2016ff.). Aufgrund der zu hohen PSM-Rückstände in den Produkten hatten die chinesischen Bauern im Ausland oft Absatzprobleme. Zusätzlich dazu ist die chinesische Bevölkerung durch die steigende Gesundheitsgefährdung verunsichert (Wang et al., S. 2020). Der größte Teil der Gesundheitsschäden lässt sich jedoch auf unsachgemäße Anwendung und mangelhafte Applikationstechnik zurückführen. Ein Indiz hierfür ist, dass rund 66 % der Erkrankungen in den Getreide- und Bauwollanbaugebieten auftreten. Die Aufnahme von Rückständen über Lebensmittel betrifft dagegen die gesamte Bevölkerung. (Zhang et al., 2011, S. 139)

Entstanden sind diese Probleme durch eine lange Zeit unlizenzierte Produktion in China, fehlenden Minimumstandards und den unübersichtlichen Produktions- und Absatzwegen. Viele chinesische PSM sind von schlechter Qualität oder schlechte Imitationen von ausländischen Produkten mit Wirkstoffformulierungen unter dem Standard. Lange Zeit wurden auch viele in entwickelten Ländern verbotene PSM produziert und angewendet, da diese bei niedrigen Kosten schneller und besser wirken. Chinesische Kleinbauern wenden die PSM oft falsch an und applizieren diese in zu hohen Konzentrationen. So sind die Anwendungshinweise auf den Verpackungen der PSM oft nicht ausführlich beschrieben, unleserlich, fremdsprachig oder werden vom Anwender aus Unwissenheit nicht beachtet. Um optisch bessere Produkte (Obst und Gemüse) am Markt abzusetzen, ignorieren manche Bauern die Vorschriften zum Zeitabstand bis zur Ernte. Für die Anwender ist in diesem Zusammenhang weiter problematisch, dass die nötige Schutzkleidung in vielen Betrieben nicht vorhanden ist oder aus Bequemlichkeit nicht genutzt wird. Die Ausbringtechnik (Feld- und Rückenspritzen) ist oft veraltet oder von schlechter Qualität. Viele der oft selbstgefertigten Pflanzenschutzspritzen arbeiten mit schwankendem Druck und mangelhaften Düsen, wodurch die Applikationsmenge oft nicht eingehalten wird. Auch kommt es durch fehlende Fahrspuren zu Überlappungen und Überdosierungen. (Wang et al., 2013a, S. 2016)

Die chinesische Regierung erkannte die Probleme bei der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln und versucht mit der Einhaltung einer mehrgliedrigen Fruchtfolge mit Wirkstoffwechsel sowie der Ausbildung von Kleinbauern und Einführung einer besseren Ausbringtechnik ein Großteil der Umwelt- und Gesundheitsschäden zu vermeiden. In bestimmten Gebieten und Fruchtfolgen sollte

freiwillig oder gesetzlich geregelt auf problematische Wirkstoffe verzichtet werden. Die am häufigsten genutzten Wirkstoffe sind Dichlorvos, Acetochlor, Kupfersulfat, Glyphosat, Trichlorfon, Carbendazim, Atrazin, Butachlor, Paraquat und Chlorpyrifos (Jin et al., 2010, S. 139). Seit 2001 werden Lebensmittel stichprobenartig nach einheitlichen Testverfahren auf PSM-Rückstände untersucht (Wang et al., 2013a, S. 2024). Seit 2006 wird der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln vom chinesischen Agrarministerium durch Gesetze reguliert. Demnach dürfen nur registrierte und gekennzeichnete PSM produziert und nach den standardisierten Anwendungsbestimmungen verwendet werden. Dazu wurden bis 2007 rund 8.000 Produktionsstandards für den Ackerbau, Tierhaltung und Fischerei erstellt und mit dem Gesetz zur Nahrungsmittelsicherheit weiter verschärft (USITC, 2011, S. 1-8).

In China ist es üblich zu allen, auch nicht ökologisch produzierten Feldfrüchten, Biopestizide als Wachstumsförderer/Wachstumsregulator zu verwenden. Neben den herkömmlichen PSM auf chemischer Basis, wächst in den letzten Jahren weltweit der Markt für Biopestizide (Zhang et al., 2011, S. 140). Im Jahr 2011 gab es in China 100 verschiedene Arten von Biopestiziden, wovon etwa 30 kommerziell produziert werden. Die Anwendungsgebiete reichen von der Kontrolle von Krankheiten, Insekten- und Schadorganismenbefall, Unkrautbekämpfung bis hin zur prophylaktischen Anwendung zur Abschwächung von Herbizidschäden, Vorbeugung bei Trockenstress und Regulierung des Wachstums und der Samenbildung. Angewendet werden diese als Alternative zu chemischen PSM, um deren Einsatz und negativen Wirkungen durch nicht toxische und umweltfreundliche Produkte zu verringern. Ein Beispiel dafür ist TIBA (2-3-5-triiodobenzoic acid) oder 6-BA (6-benzyl-adenine), welche in den 1980er Jahren in den großen Staatsfarmen Heilongjiangs zur Erhöhung des Samenansatzes und damit des Ertrages ausgebracht wurden (Liu et al., 2008, S. 162). In China sind Biopestizide auf Basis von Bakterien, Viren, Pilzen, Antibiotika, pflanzlichen und biochemischen Rohstoffen zugelassen. Die biochemischen Biopestizide nutzen Phytohormone wie Gibberelinsäure (GA), Oligosaccharide, Brassinolide, Harpinproteine sowie andere pflanzliche Wachstumsregulatoren und Pheromone. Meist enthalten sie Verbindungen deren Wirkungen zur Ertragssteigerung unvorhersehbar und nicht immer eindeutig geklärt sind (Zhang et al., 2011, S. 141). Problematisch sind auch die langsame Reaktion bei Krankheitsbefall und die hohen Preise der Biopestizide.

#### 2.1.1.7 Entwicklung des Saatgutmarktes und dessen Einfluss auf die Saatgutqualität

Die Nutzung von Qualitätssaatgut hatte ebenfalls Anteil an den Ertragssteigerungen der letzten Jahre. Jedoch verschenkt China noch immer Ertragspotential, da die Innovationskraft der chinesischen Unternehmen beschränkt ist, zwischen den chinesischen Unternehmen wenig Konkurrenz herrscht und viele kleine Unternehmen zwar günstig, aber Saatgut unter den Qualitätsstandards produzieren (Zhu, 2013). Im Jahr 2009 gab es ca. 8.700 Saatzuchtunternehmen von denen die meisten eher kleine Unternehmen sind und 3.000 zu öffentlichen Forschungseinrichtungen und Universitäten gehören (Li et al., 2012b, S. 119). Der größte Teil der Forschung wird noch immer von staatlichen Einrichtungen abgedeckt, da die vielen kleinen chinesischen Züchter nur wenig

Kapital in die Forschung und Züchtung investieren können. Dadurch können die Privatzüchter oft nur Saatgut der staatlichen Einrichtungen nachbauen und verkaufen. Diese Probleme führen oft zu einer geringen Qualität des Saatgutes.

Die Gründe für die Probleme des chinesischen Saatgutmarktes finden sich in deren Entwicklung. Die Saatgutzüchtung in China begann sich zu Beginn des 20. Jahrhunderts mit einigen Zuchterfolgen zu etablieren (Liu et al., 2007, S. 164). Mit der Gründung der Volksrepublik China im Jahr 1949 bis zur Marktöffnung in 1995 befand sich die gesamte Saatgutindustrie in der Hand der staatseigenen Betriebe unter Kontrolle der Regierung. In der Folge wurden seit 1997 Neuzüchtungen nach dem Internationalen Übereinkommen zum Schutz von Pflanzenzüchtungen (UPOV 1978) anerkannt. Ebenfalls wurde zum WTO Beitritt Chinas im Jahr 2001 ein neues Saatgutgesetz verabschiedet, was die Entstehung einer kommerziellen und konkurrierenden privaten Saatgutindustrie ermöglichte. Weiterhin dürfen nun internationale Unternehmen als Joint-Venture zusammen mit einem chinesischen Unternehmen (bei maximal 49 % der Anteile) auf dem chinesischen Saatgutmarkt auftreten (Li et al., 2012b, S. 123). Mit der Neuregelung kamen ab 2001 neue ausländische Sorten auf den Markt, welche durch ihre Eigenschaften bei den Kleinbauern sehr beliebt sind und mit chinesischen konkurrieren.

Die internationalen Saatgutunternehmen investieren weit mehr in die Forschung und sind der inländischen Konkurrenz weit voraus. So werden beispielsweise von den chinesischen Unternehmen nur 1 % des Jahresumsatzes in die Forschung reinvestiert, während die ausländischen Unternehmen ca. 10 % einsetzen (He, 2013). Eine weitere Öffnung des Saatgutmarktes wird angestrebt, wodurch sich der Schutz der chinesischen Firmen verringert. Möglicherweise ist der Technologievorsprung der internationalen Konkurrenz zu groß, sodass die chinesische Unternehmen durch einen offenen Wettbewerb vom Markt verdrängt werden (Zhu, 2013).

#### 2.1.1.8 Technischer Fortschritt und Mechanisierung der Landwirtschaft

Zur Gründung der Volksrepublik China war nahezu die gesamte chinesische Landwirtschaft nicht mechanisiert, weshalb die neue Regierung im Rahmen der Kollektivierung auch die Mechanisierung der Landwirtschaft vorantrieb. Hierfür wurden Maschinen aus der UdSSR importiert, die Infrastruktur ausgebaut und langfristig die Entwicklung und Produktion von eigener Landtechnik geplant. Weiter wurden Maschinen- und Traktorstationen, Staatsfarmen, Maschinenfabriken, sowie Forschungseinrichtungen an Universitäten aufgebaut. Trotzdem wurde noch lange der größte Teil der Produktion in Handarbeit oder durch Zugtiere durchgeführt (Johnson und Beemer, 1977, S. 20). Zu Beginn der Reformpolitik im Jahr 1978, lag die chinesische Mechanisierungsrate bei 19,9 % und stieg bis zum Jahr 2009 auf 48,8% an. Die Bodenbearbeitung war hiervon mit 64 %, die Aussaat mit 40 % und die Ernte mit 37% mechanisiert. Bei den wichtigen Kulturen war Weizen mit 89 % fast vollmechanisiert, wohingegen Reis mit 54,9 % und Mais mit 54,8 % noch auf einem geringeren Niveau lagen (Soni und Ou, 2011, S. 40). Andere Kulturen wie Raps, Baumwolle, Zuckerrohr, Zuckerrübe sowie Obst und Gemüse fielen noch weiter ab. Die großen Staatsfarmen

im Norden sind fast vollständig mechanisiert, während die kleinen Betriebe in einigen südlichen Regionen erst eine Mechanisierung von 20 % aufweisen (Liu et al., 2007, S. 158).

Durch die geringere Mechanisierung der chinesischen Landwirtschaft im Vergleich zu anderen Ländern, weist diese eine geringere Arbeitsproduktivität auf (Soni und Ou, 2011, S. 36). Durch eine Mechanisierung werden die Produktionskapazitäten erweitert, die Arbeitsbedingungen der Arbeiter verbessert, die Ackerfläche effektiver genutzt, wodurch die Erträge gesteigert werden können. Ertragssteigerungen entstehen bei einer Mechanisierung durch eine tiefere Bodenbearbeitung und eine genauere Ausbringung von Betriebsmitteln. Durch die Urbanisierung wird in vielen Regionen Arbeit knapper und die Löhne steigen an, was in Verbindung mit staatlichen Maschinensubventionen auch zu einer höheren Mechanisierungsrate führt. Mit einer Mechanisierung, bei gleichzeitig steigender Betriebsgröße, lässt sich nach (Van den Berg et al., 2007, S. 848) das Haushaltseinkommen um 70 % steigern. Als langfristiges Ziel wird in China bis zum Jahr 2020 eine Mechanisierungsquote von 70 % angestrebt (Soni und Ou, 2011, S. 38).

Die für China typischen Kleintraktoren (< 15 KW) kamen mit der Einführung des HRS in den 1980er Jahren auf. Die Betriebsgrößen von 0,2 – 2 ha ließen größere Maschinen nicht zu, weshalb sich der Einsatz und die technische Entwicklung nur auf kleine Maschinen mit niedrigem technischem Niveau beschränkten. Von 1950 – 2001 wuchs die Zahl der Kleintraktoren von 2 Mio. auf 13,2 Mio. an, welche erst in den letzten Jahren stagnierte, während die Zahl der mittleren und großen Traktoren weiter anstieg (Zhang et al., 2006b, S. 613). Bei den vielen Kleinstbetrieben besteht die Gefahr, dass die Maschinen schlecht ausgelastet werden und folglich die Produktionskosten steigen. Aus diesem Grund werden etwa 90 % der Maschinen gemeinschaftlich im Familienverbund, Maschinenkooperationen und Lohnunternehmen genutzt und nur ein kleiner Teil wird ausschließlich im Betrieb des Besitzers genutzt. Die Entwicklung von Maschinenkooperationen und Lohnunternehmen wird auch durch die Maschinensubventionen für größere Zugmaschinen und Arbeitsgeräte unterstützt (Soni und Ou, 2011, S. 37).

Obwohl die Verarbeitungsqualität, der in China von einer unüberschaubaren Zahl an Herstellern gefertigten Produkte, in den letzten Jahren besser geworden ist und auch die Bedürfnisse der Kleinbauernhaushalte besser treffen, ist die Qualität immer noch ein großes Problem. In China wurden im Jahr 2008 rund 8.000 Hersteller von landwirtschaftlichen Maschinen und Geräten registriert. Davon waren 1.757 große Hersteller (Umsatz > 5 Mio. RMB), welche insgesamt 360.000 Arbeitnehmer beschäftigen. Lange war die technische Innovation in der Landtechnik unzureichend und nur auf kleine Maschinen konzentriert, weshalb die Regierung und Unternehmen verstärkt in Forschung und Entwicklung investieren. Um die Qualität der Produkte abzusichern, wurden in den Provinzen staatliche Maschinenteststationen geschaffen. Nur wenn diese Qualitäts- und Funktionstest erfolgreich absolviert wurden, werden die Maschinen in das nationale Subventionsprogramm aufgenommen (Soni und Ou, 2011, S. 42). Im Gesetz zur Förderung der landwirtschaftlichen Mechanisierung (Congress of the People's Republic of China, 2013) wurde beschlossen, dass ab dem Jahr 2004 die landwirtschaftliche Mechanisierung staatlich gefördert wird. Durch eine

finanzielle Unterstützung und einer bevorzugten Besteuerung soll ein Anreiz zum Kauf von bestimmten Maschinen erreicht werden. Weiterhin fördert der Staat Maßnahmen zur Publizierung von wissenschaftlichen und technischen Erkenntnissen und die berufliche Ausbildung der Maschinenführer. Hierdurch soll der Landtechnikmarkt reformiert, sowie die Produktqualität, Energieeffizienz und die Umweltfreundlichkeit verbessert werden.

Wasser ist in vielen Regionen Chinas der wichtigste limitierende Faktor für die landwirtschaftliche Produktion, weshalb der Ausbau von Bewässerungssystemen zur Steigerung der Erträge angestrebt wird. In den 60er und 70er Jahren investierte China in den Ausbau von Bewässerungsinfrastruktur (Huang et al., 2006, S. 31), da nur durch den Ausbau der Bewässerung um die Nahrungsmittelversorgung der wachsenden Bevölkerung abzusichern ist. Immerhin waren die Investitionen in die Bewässerungssysteme im Jahr 2000 zehnmal so hoch wie die Ausgaben für landwirtschaftliche Forschung. China besitzt mit 59,3 Mio. ha (2004) die größte Bewässerungsfläche weltweit (Khan et al., 2009, S. 354). Nach Untersuchungen von Huang et al. (2006, S. 33) und Huang et al. (2010, S. 50) wuchs die Bewässerungsflächen von 18 % (1950) auf rund 52 % (2009) der Ackerfläche, wovon 61 % des Wassers aus Oberflächengewässern entnommen werden. Mit der übermäßigen Entnahme von Grundwasser und der schlechten Nutzungseffizienz ist in vielen Gebieten der Grundwasserspiegel seit 1980 stark abgesunken (Khan et al., 2009, S. 354). So liegt die Effizienz der Bewässerungskanäle bei nur 30 - 40 % im Vergleich zu 70 - 90 % in Industriestaaten. Durch die Entwicklung und Einsatz von neuen Bewässerungsverfahren (z.B.: alternate wet dry irrigation) (Khan et al., 2009, S. 355), sowie weitere Investitionen des Staates in Infrastruktur, Bewässerung, Drainage sowie Wasserspeicherung und -transport lässt sich die Wassernutzungseffizienz steigern. Obwohl die Besitzrechte an Oberflächen- und Grundwasser ausschließlich beim Staat liegen, müssen die Haushalte nur geringe Abgaben für die Wassernutzung zahlen. In vielen Regionen ist die Wasserentnahme noch komplett unreguliert (USITC, 2011).

## **2.1.2 Produktionsfaktor Boden**

### **2.1.2.1 Besitz- und Nutzungsrechte an landwirtschaftlicher Nutzfläche**

Hier soll ein kurzer Überblick zur Entstehung der heutigen Agrarverfassung in China und der Projektregion gegeben werden. Dazu ist es wichtig die neuere Geschichte der Volksrepublik China und deren landwirtschaftlichen Reformen zu betrachten. Zur Zeit der Gründung der VR China waren 70% der Landbevölkerung Kleinbauern und Landarbeiter. Die meisten davon waren Pächter, welche das Land zu überhöhten Preisen (70 – 80 % der Ernte, Vorauszahlung) von den Landbesitzern, welche 70 – 80 % der Ackerfläche besaßen, pachteten. In der Landreform von 1949 wurden 45 % des Landes umverteilt und an 60 Millionen Kleinbauernfamilien, landlose Bauern und Landarbeiter zur Nutzung übergeben. Die Flächen stammten größtenteils von 4 Millionen Großgrundbesitzern deren Land, Zugtiere und landwirtschaftliche Gerätschaften konfisziert wurden sowie von reichen Bauern die einen Teil ihres Besitzes abgeben mussten. Der Kauf und Ver-

kauf von Land war zu diesem Zeitpunkt immer noch möglich, weshalb diese Reform keine gleichen Startbedingungen für die Landbevölkerung brachte. Der Produktionserfolg war immer noch von der Managementenerfahrung und dem Zugang zu Kapital abhängig. Deshalb erfolgte in diesem Zeitraum die soziale und teilweise physische Ausrottung der vorherigen Oberschicht und Führungsklasse in den Dörfern. Die vorherige Oberschicht wurde durch eine Klasse von politischen und technokratischen Führern ersetzt. (Löw, 2003a, S. 17)

Die KPCh regte zu dieser Zeit die freiwillige Gründung von Bauernvereinigungen aus Kleinbauern, Arbeitern und Mittelklassebauern an (Carter et al., 1996, S. 8ff.). Ab 1952 begann die Phase der Kollektivierung der Hauptproduktionsfaktoren, worin China zu einer sozialistischen Planwirtschaft mit einer klassenlosen Gesellschaft nach dem Vorbild der stalinistischen Sowjetunion umgebaut werden sollte. Kleinbauern und Mittelklassebauern stellten fest, dass ihre Flächen für bestimmte landwirtschaftliche Arbeiten nicht groß genug waren. Worauf sogenannte „Mutual Aid Teams“ gebildet wurden, welche Land und andere Produktionsmittel als eingebrachtes Kapital zusammenlegten. Diese Kooperationsform hatte meist eine Größe von 6 – 15 Familien, welche die Schläge gemeinsam bewirtschafteten, jedoch getrennt ernten. Ab 1953 wurden „Elementary Producers Cooperatives“ gegründet. Darin schlossen sich 30 – 60 Familien zusammen, das entsprach meist der Größe eines natürlichen Dorfes. Die Bestellung des eingebrachten Landes wurde der Kooperation überlassen. Landwirtschaftliche Geräte und Zugtiere wurden an die Kooperation verkauft oder ohne Kompensationszahlung eingebracht. Die Felder wurden unter gemeinsamer Leitung und Planung von den Mitgliedern der Kooperation bestellt. Die Auszahlung der Gewinne erfolgte nach dem Anteil an eingebrachtem Land (30 %) und der geleisteten Arbeit nach Arbeitspunkten. Ab 1955 wurden die „Advanced Agricultural Producers Cooperative“ gegründet. Diese sind ein Resultat der Vereinigung mehrerer „Elementary Producers Cooperatives“. Anfangs waren ca. 70 - 80 Familien in dieser Kooperation vereint, später bis zu 300 Familien. Diese Kooperationsform konnte schon als vollständig kollektiviert bezeichnet werden, da alle Produktionsfaktoren an die Kooperation übergeben wurden. Der Privatbesitz von Land wurde hiermit komplett abgeschafft. Die private Nutzung von Land als Garten zur Selbstversorgung wurde aber weiterhin auf wenigen kleinen Stücken (<5 % der Gesamtfläche) erlaubt. Die Arbeiter wurden nur noch nach der geleisteten Arbeit, ohne Gewinnbeteiligung entlohnt. Bis 1957 wurde diese Kooperationsform in ganz China eingeführt (Löw, 2003a, S. 18).

In einer relativ kurzen Periode von zwei Monaten wurden die 740.000 Agricultural Producers Cooperatives zu 25.000 Volkskommunen mit einer durchschnittlichen Größe von 4.600 Mitgliedern vereint (Carter et al., 1996). Ab diesem Zeitpunkt war die gesamte landwirtschaftliche Nutzfläche zu Kollektiveigentum geworden. Auch die bisherige Administration des Dorfes wurde in die Volkskommunen integriert. Die Leitung hatte verschiedenste Aufgaben in den Bereichen der lokalen Verwaltung, landwirtschaftlichen und nicht-landwirtschaftlichen Produktion, Handelsorganisation und der Kontrolle der Produktionsfaktoren zu übernehmen. Die Volkskommunen bestanden meist aus 10 - 15 Brigaden, wobei eine Brigade 10 Produktionsteams mit 20 - 30 Kleinbau-

ernhaushalte umfasste. Indem die Volkskommunen Anweisungen von höheren Regierungsorganen umsetzten und die Kleinunternehmen verwalteten, übernahmen diese auch die Funktion eines Regierungsorgans. Die Brigaden gaben wiederum die Anweisungen nach unten weiter und verteilten Produktionsquoten. Sie waren aber auch verantwortlich für Grundschulen, Kliniken und Handelsgeschäfte. Die Produktionsteams, die Basiseinheit der Organisation, war zuständig für die landwirtschaftliche Produktion, Buchhaltung und Einkommensverteilung. In der Exekutive repräsentierte ein Parteikomitee auf allen drei Ebenen die Interessen der KPCh. Durch den Widerstand der Bauern, die Gier der Kader und Naturkatastrophen kam es zu großen Hungersnöten und einem wirtschaftlichen Abschwung in den Jahren 1959 – 1961 (Chen und Wu, 2006, S. 544). Als Folge davon wurden die Kommunen reformiert. Es wurden Produktionsbrigaden als kleinere Untereinheiten geschaffen, welche aus den vorherigen natürlichen Dörfern bestanden. Die früheren Produktionsteams waren die Grundlage hierfür. Außerdem wurde wieder Land zur privaten Nutzung verteilt. Große Kommunen wurden wieder aufgeteilt, womit ihre Zahl von 25.000 auf 75.000 stieg. In der folgenden Kulturrevolution wurden die privaten Feldstücke wieder an die Volkskommune zurückgegeben. Ab 1973 führten die Reformen wieder zu mehr Freiheit der Bauern. Die Brigaden waren nun zuständig für die Verteilung von Einkommen und Überschüssen, wie auch für eine unabhängige Planung der Produktion und Investitionen (Löw, 2003a, S. 18).

#### 2.1.2.2 Household Responsibility System

Die Leistungsfähigkeit des landwirtschaftlichen Sektors war im Jahr 1978 und die letzten 20 Jahre davor sehr gering. In den folgenden Jahren, Anfang der 1980 Jahre wurden verschiedene Reformen getestet. Das „Household Responsibility System“ (HRS), ein auf der Eigenverantwortlichkeit der Haushalte basierendes System, war das erfolgreichste Modell. Das HRS war keine Reform die von oben kam. Anfangs wurde das System von verzweifelten Bauern in der Anhui-Provinz entwickelt und angewendet. Erst nachdem sich die Vorteile gezeigt hatten, wurde es von der Regierung akzeptiert, öffentlich gefördert und als Muster für ganz China verbreitet. Bis 1984 hatten nahezu alle Produktionseinheiten das neue System übernommen, welches in seinen Grundzügen bis heute erhalten geblieben ist. Die Kollektivarbeit wurde abgelöst und in ein Haushaltsmodell überführt.

Nach dem Landverwaltungsgesetz der Volksrepublik China (Congress of the People's Republic of China, 2013) gehört das Land in den Städten dem Staat und in den ländlichen Gebieten zu den Dorfkollektiven („peasant collectives“) oder dem Staat (Staatsfarmen), Wohngrundstücke und private Gartenparzellen gehören zu den Dorfkollektiven. Die Leitung des Dorfkollektives entscheidet über die Nutzungsrechte für eine unabhängige Bewirtschaftung, welche gleichberechtigt nach der Anzahl von Einwohnern im Dorf, der Haushaltsgröße und deren Anzahl an arbeitsfähigen Familienmitgliedern verteilt werden (Hu, 2008, S. 48ff.). Jeder der im Dorf gemeldeten Haushalte (Hukou) hat den gleichen Anspruch auf die Nutzung des Gemeindelandes (Zhang und Donaldson, 2012, S. 6). Um sicher zu stellen das jeder Haushalt die gleichen Anteile bekommt, wird das Land der Dorfgemeinschaft nach Bodenart, Wasserversorgung, Straßenanbindung und anderen ertragsbeeinflussenden Faktoren in Bodenklassen eingeteilt. Jeder Haushalt des Dorfes erhält je Person

aus jeder Bodenklasse ein Stück Land, welche innerhalb der Familie zu Parzellen gleicher Klassen zusammengelegt werden. Die Bauern schließen Verträge mit den lokalen Kadern, welche auch die Produktions- und Beschaffungsquoten definierten. Anfangs waren die Kontrakte für drei Jahre, später mit einer Laufzeit von 15 Jahren (Tan et al., 2006, S. 274).

Heute sind von den rund 230 Mio. landwirtschaftlichen Betrieben mehr als 90 % Kleinbauernhaushalte, welche ca. 116 Mio. ha der landwirtschaftlichen Nutzfläche bewirtschaften (Hu, 2008, S. 48). Die meisten Haushalte besitzen neben den Pachtflächen, Grundstücke mit Gartenfläche und Viehhaltung zur Selbstversorgung und Verkauf von Fleisch und Milch. Seit der Landreform von 1998 wurde das Land ohne Pachtzahlungen an die Kleinbauern für eine Laufzeit von 30 Jahren an die Familien verteilt. Nach Ablauf diese Frist geht es zurück an die Dorfgemeinschaft und wird neuverteilt (Huang et al., 2013, S. 128). Die wichtigste Neuerung war, dass die Entlohnung der Bauern wieder in ein enges Verhältnis zu seiner Arbeit und dem Ertrag gesetzt wurde und der Anreiz der Arbeiter zur effizienteren Produktion gesteigert wurde, da sie ab jetzt direkt an den Gewinnen beteiligt waren. Damit wurde das „free rider problem“ gelöst, welches unter dem bisherigen Entlohnungssystem der Volkskommune zum Problem wurde. Als Folge wurden die landwirtschaftliche Produktion und die Flächenerträge gesteigert. Das HRS ist damit die wichtigste Reform für die ländlichen Gebiete, womit die Haushalte zu der kleinsten aber auch wichtigsten wirtschaftlichen Einheit in der landwirtschaftlichen Produktion Chinas wurden (Shao et al., 1997, S. 817). Hu (2008, S. 48) analysierte die Lebensbedingungen der Haushalte und stellte fest, dass sich diese in den letzten Jahren stark verändert haben. So sank die durchschnittliche Familiengröße von 4,01 Familienmitgliedern (1990) auf 3,87 (2007). Der wichtigste Grund dieser Reduktion ist die Abnahme der Geburtenzahl durch die Ein-Kind-Politik. Auch bei den landwirtschaftlichen Arbeitskräften stellten sich Veränderungen ein. So betrug die Anzahl der jungen Bauern, welche außerhalb der Landwirtschaft Arbeit suchen, 226 Mio. Durch den demographischen Wandel ändern sich die Familiengrößen und damit die Ansprüche auf Ackerland unter den Haushalten im Dorf. Um den Gleichheitsgrundsatz zu wahren, wird meist eine Landumverteilung vor Ablauf der Vertragslaufzeit vorgenommen. Dadurch wissen die Kleinbauern nicht wie lange sie ein Stück Land bearbeiten werden, so dass sich eine langfristige und nachhaltige Bewirtschaftung nicht lohnt und hohe Transaktionskosten und Unsicherheiten bei den Haushalten entstehen (Tan et al., 2006, S. 275). Auch verhindern die fragmentierten Feldfluren eine weitere Steigerung der Produktivität durch Schaffung von Skaleneffekten (Hu, 2008, S. 48).

### 2.1.2.3 Weitere Organisationsformen in der landwirtschaftlichen Produktion

Eine hochmechanisierte großflächige Landwirtschaft kann nur entstehen, wenn ein großer Teil der Landbevölkerung die Dörfer verlässt, Arbeit in den Städten findet und ihre Ansprüche auf Landnutzung aufgibt. Die Geschichte Chinas zeigte jedoch, dass dieser Weg nicht umsetzbar war und sich die kleinen Haushalte gegenüber den großen kommerziellen Farmen durchgesetzt haben. Die schon seit Jahrhunderten wachsende Bevölkerung musste bei gleichbleibender Landknappheit und fehlenden außerlandwirtschaftlichen Arbeitsplätzen ihr Auskommen in der Subsistenzwirtschaft

finden. Lange Zeit waren die auf Subsistenz basierenden Haushaltswirtschaften die wichtigste landwirtschaftliche Organisationsform in China. Durch die Kollektivierungsphase wurde kurzzeitig dieses Modell durch eine mechanisierte großflächige Landwirtschaft abgelöst, welche wegen mangelhafter Produktivität durch das HRS abgelöst wurde (Zhang und Donaldson, 2010, S. 462).

Schon vor 1949 existierten in China neben den kleinen Haushalten kommerzielle Farmen der Großgrundbesitzer mit großer Fläche und entlohnten Angestellten. Diese waren besser mechanisiert und hatten eine höhere Arbeitsproduktivität, da sie gewinnorientiert wirtschafteten. Diese erzielten den höchsten Gewinn durch die optimale Kombination der Produktionsfaktoren Arbeit, Boden und Kapital. Sobald die Lohnkosten über dem Wert des zusätzlichen Ertrages lagen, wurde der Arbeitseinsatz verringert und durch Kapital (Mechanisierung) ersetzt. Der Haushalt, als produzierende und verbrauchende Einheit von Lebensmitteln, ist dagegen bemüht durch einen höheren Einsatz an Arbeit mehr zu produzieren. Nur so kann das Überleben der Familie gesichert werden. Diese Haushalte stehen untereinander nicht im Wettbewerb und unterstützen sich gegenseitig. Durch die unveräußerlichen Nutzungsrechte des HRS werden selbst unproduktive Betriebe nicht aus der Produktion verdrängt und passen deren Produktion nur langsam an die sich ändernden Marktpreise an. Deren Ziel ist nicht die Gewinnmaximierung, sondern die Subsistenz, womit die Regeln des Marktes für diese Betriebe teilweise außer Kraft gesetzt sind. Der knappe Faktor Land muss so gut wie möglich genutzt werden, auch wenn der Wert der zusätzlich eingesetzten Arbeit über dem Wert des dazu gewonnen Ertrages liegt. Die Haushalte können somit eine geringere Entlohnung der Arbeit hinnehmen und bieten eine höhere Pacht für Land (Huang, 2011, S. 112).

In Amerika und Europa erfolgte die Mechanisierung der Landwirtschaft vor allem um Arbeit einzusparen, bzw. deren Produktivität zu steigern. In China hingegen ist es wichtiger die Produktivität je Flächeneinheit zu steigern. Heute ist es wahrscheinlicher, dass vor einem möglichen Strukturwandel mit wachsenden Betrieben, eine Intensivierung der Bewirtschaftung erfolgt. Heute intensivieren viele Kleinbauern ihren Einsatz an Kapital und Arbeit, um mit ihren kleinen Flächen ein höheres Einkommen zu erzielen. So stiegen viele Haushalte vom Getreideanbau auf den Obst- und Gemüseanbau oder die Tierhaltung um. Der Anbau von Gemüse in Gewächshäusern ist arbeits- und kapitalintensiv, womit die verfügbare Arbeitskraft der Haushalte besser genutzt wird und ein höheres Einkommen erzielt werden kann. (Zhang und Donaldson, 2010, S. 471)

Durch eine vertikale und horizontale Integration ist eine weitere Steigerung der Produktivität und der Haushaltseinkommen möglich (Huang, 2011, S. 108ff.). Im Zuge des wirtschaftlichen Wachstums, Urbanisierung und der Änderung der Konsumgewohnheiten entwickelten sich auch die Absatzmärkte weiter. Für die Haushalte wird es schwieriger die urbanen oder internationalen Absatzmärkte sowie die großen Handels- und Verarbeitungsbetriebe zu erreichen. Für die einzelnen Haushalte entstehen dadurch hohe Transaktionskosten für Transport, Lagerung, Verarbeitung und Verkauf ihrer Produkte. Durch eine vertikale Integration der Haushalte mit vor- und nachgelagerten Bereichen lässt sich die Produktivität steigern und Transaktionskosten senken. Die Provinzre-

gierungen fördern mittels Subventionen vertikal integrierte Organisationen wie Großhandelsmärkte, Erzeuger-Kooperationen und sogenannten „Dragon-Head Enterprises“. Bis zum Jahr 2005 waren schon 36 % der Haushalte vertikal integriert. (Huang, 2011, S. 119)

Die „Dragon-Head Enterprises“ (DHE) sind große Unternehmen der Agrarindustrie, welche die Haushalte über ihre Verarbeitungs- und Vermarktungsstrukturen vertikal integrieren. Sie bieten Kapital, Informationen und Marktzugang für die Haushalte und organisieren sie in einer großflächigen Landbewirtschaftung. Die Bezeichnung „Dragon-Head Enterprise“ wird von der Regierung an förderungswürdige Unternehmen, welche mit Kapital, Größe und Technologie die Produktivität der Haushalte erhöhen verliehen, womit diese günstige Kredite und Steuersätze erhalten. Die Produktion liegt hier weiterhin komplett in den Händen der Haushalte, jedoch werden diese durch ein Unternehmen der Agrarindustrie organisiert und die erzeugten Produkte gemeinsam zu festen Preisen verkauft. Auch die Beschaffung von Betriebsmitteln sowie die Weiterverarbeitung und der Verkauf der Produkte erfolgt über das DHE (Huang, 2011, S. 119ff.).

Im Gegensatz dazu entstanden die Erzeuger-Kooperationen („Cooperative Organizations“), in denen die Mitglieder auch direkte Anteilseigner an der Kooperation sind. Die Haushalte profitieren durch die gemeinsame Beschaffung von Betriebsmitteln, technischem Service, standardisierter Produktion sowie einem gemeinsamen Marketing, Absatz und Verarbeitung der Produkte. Die erzielten Gewinne werden nach eingebrachten Anteilen unter den Haushalten aufgeteilt. Die Kooperationen besitzen die Möglichkeit auch langfristige Produktionsverträge mit Unternehmen der Agrarindustrie einzugehen, womit diese mehr Verhandlungsmacht als die einzelnen Haushalte haben (Huang, 2011, S. 121).

Seit Mitte der 1980er Jahre fördert der Staat den Aufbau von spezialisierten Großmärkten („Open-ended Government-Run Specialty Markets“) als ländliche Handelszentren für Händler und Verarbeitungsunternehmen, welche dort bei den lokalen kommerziellen Produzenten Produkte einkaufen. Diese sind spezialisiert auf die Vermarktung und Produktion bestimmter Produkte aus einer Region. Mit dieser Maßnahme versucht die Regierung die Lücke zwischen den kleinen lokalen Produzenten und den großen überregionalen Unternehmen der Agrarindustrie zu schließen (Zhang, 2012).

Parallel dazu entstanden nach Zhang und Donaldson (2010) weitere nicht kleinbäuerliche Betriebsformen. Diese werden eingeteilt nach der Produktionseinheit, der eingesetzten Arbeit und der Verteilung der Landnutzungsrechte. Die erste Stufe des kommerziellen Landwirts („Commercial Farmer“) bezieht sich auf Haushalte mit ausschließlich Familienarbeitskräften und vom Dorfkollektiv verliehenen Nutzungsrechten. Deren einzige Weiterentwicklung von der Subsistenzwirtschaft ist der Anbau von Früchten für überregionale Märkte.

Der unternehmerische Landwirt („Entrepreneurial Farmer“), als zweite Stufe, ist produktiver als andere Haushalte und hat die Mittel, um am Pachtmarkt Land (Nutzungsrechte) von anderen Haushalten zu pachten und zusätzliche nichtfamiliäre Arbeitskräfte einzustellen. Er wirtschaftet damit

weiter als unabhängiger Haushalt auf dem Land des Dorfkollektives, jedoch als Arbeitgeber und Pächter in einem wachstumsfähigen Unternehmen.

Die großen Verarbeitungsunternehmen der Lebensmittelindustrie benötigen sichere planbare Lieferungen der Produkte aus den Landwirtschaftsbetrieben. Bei den vielen kleinen Haushalten, welche in China den größten Teil der Produktion übernehmen, kommt es zu Unsicherheiten und Fluktuationen durch schwankende Preise und Mengen auf den Märkten. Ein gebräuchlicher Ansatz der Industrie ist es, die Produktions- und Absatzmenge eines Haushaltes zu einem festen Preis vertraglich festzulegen („Contract Farmers“). Das Unternehmen stellt oft auch Betriebsmittel, Technologie, Kapital und Informationen zur Produktion zur Verfügung. Der Haushalt behält bei dieser Form die Kontrolle über seine Landnutzungsrechte und den Einsatz seiner Arbeit. Er muss sich lediglich auf die Produktionsstandards und Betriebsmittel des Unternehmens einschränken und verliert durch den fixen Absatzpartner die Möglichkeit bei steigenden Produktpreisen ein höheres Einkommen zu erzielen. Die Verarbeitungsindustrie korrigiert oft die Betriebsmittelpreise nach oben, falls die Produktpreise fallen und der Vertrag zu einem Verlustgeschäft zu werden droht. Damit verlieren die Bauern durch ihre geringe Marktmacht, die Möglichkeit höhere Einkommen zu erzielen. Aus diesem Grund gibt es für die Haushalte einen großen Anreiz die Verträge nicht einzuhalten und Teile der Ernte an andere Käufer zu höheren Preisen zu verkaufen („middleman problem“).

Wegen dem oft beidseitigen Vertragsbruch, versucht die Lebensmittelindustrie mehr Kontrolle über die Produktion zu gewinnen. Die Unternehmen pachten dafür das Land (Nutzungsrechte) direkt von den Dorfkollektiven und lassen die Dorfbewohner als Arbeitnehmer mit festem Lohn auf den Flächen arbeiten. Damit hat das Unternehmen Kontrolle über das Land, die Produktion und die Ernte der Produkte. Die Haushalte haben in diesem System wenige Möglichkeiten, außer durch Diebstahl, die Ernte an andere Händler zu verkaufen. Die Haushalte stellen nur noch ihre Arbeitskraft zur Verfügung, ohne eigenen Einfluss auf die Produktion und die Höhe des Haushaltseinkommens zu haben. Nur die Führer des Dorfkollektives haben auf Grund der Pachtverträge genügend Verhandlungsmacht gegenüber den Unternehmen um höhere Löhne durchzusetzen. Die Haushalte werden dann zu teilabhängigen Arbeitnehmern („Semi-Proletarian Farm Workers with Chinese Characteristics“). Diese sind teilabhängig, da die Haushalte mit ihrem Anspruch auf Landnutzung nicht aus der Produktion ausgeschlossen werden können und die Familienangehörigen Arbeit auf den Produktionsstandorten erhalten müssen.

Für große Unternehmen besteht aber auch die Möglichkeit ungenutztes Land („waste land“) oder nicht zu Dörfern gehörendes Land, direkt von der Regierung langfristig zu pachten und für ihren Anbau nutzbar zu machen. Auf den Flächen arbeiten Bewohner aus den umliegenden Dörfern oder ausgewanderte Arbeitskräfte aus anderen verarmten Regionen Chinas. Diese besitzen als Rückversicherung, falls die Löhne zu stark sinken, das Land in ihren Heimatdörfern als soziale Absicherung. Gegenüber den Unternehmen haben sie jedoch keine Verhandlungsmacht, da sie dem Unternehmen nur ihre Arbeitskraft, nicht aber das Land entziehen können. Damit werden sie zu teilabhängigen Arbeitnehmern („Semi-Proletarian Farm Workers“). Einige dieser Unternehmen

mit staatlich gepachteten Nutzflächen, stellen nur vollständig abhängige Arbeitnehmer ohne Landnutzungsrechte („Proletarian Farm Workers“) ein. Die Arbeitskräfte werden dazu angehalten die Nutzungsrechte und das Hukou ihrer Heimatdörfer aufzugeben und vollständig in die Dörfer um die Produktionsstandorte umzusiedeln. Dort erhalten sie zwar das Hukou mit den vollen Sozialleistungen, jedoch keinen Anspruch auf die Landnutzungsrechte. Damit entsteht eine Zweiklassengesellschaft in diesen Dörfern (Zhang und Donaldson, 2008, S. 41ff). Diese Unternehmensmodelle mit abhängiger Lohnarbeit können realisiert werden, da sich genügend Arbeitskräfte aus armen Regionen finden, um als landlose Arbeitnehmer angestellt zu werden. Immerhin erwirtschaften diese landlosen Haushalte ein Einkommen von 20.000 - 30.000 RMB im Jahr, was weit über dem Einkommen aus deren bisherigen Subsistenzwirtschaft liegt. Die unternehmerischen Landwirte erzielen im Vergleich zu den anderen Arbeits- und Organisationsformen, das höchste Einkommen (Zhang und Donaldson, 2008, S. 42).

#### 2.1.2.4 Staats- und Militärfarmen

Neben den ländlichen Haushalten mit dem HRS, gibt es mit den Staats- und Militärfarmen eine weitere bedeutende landwirtschaftliche Organisationsform in China. Dies sind extrem große landwirtschaftliche Betriebe im Staatsbesitz. Die an Militärstützpunkte angeschlossenen Militärfarmen mit einer Größe von 500 – 2.500 ha sind hoch mechanisierte Betriebe, welche ausschließlich von militärischen Arbeitskräften bewirtschaftet werden (Shao und Ahrens, 1997, S. 817). Einen ausführlichen Überblick zur Entwicklung der Staatsfarmen gibt Zhang (2010). Die Staatsfarmen, als Unternehmen im Staatsbesitz, besitzen insgesamt ca. 39 Mio. ha Gesamtfläche, wovon ca. 6 Mio. ha landwirtschaftliche Nutzfläche (Hu, 2008, S. 48) und 4,7 Mio. ha Ackerland sind. In über 30 Provinzen sind in den Staatsfarmen 3,5 Mio. Menschen beschäftigt welche eine Bevölkerung von 12,4 Mio. Menschen versorgen. Die rund 2.000 Staatsfarmen in China besitzen eine Gesamtfläche von bis zu 100.000 ha, bei einer durchschnittlichen Größe von 3.000 ha. Zum größten Teil werden Marktfrüchte wie Mais, Weizen und Soja angebaut. Obst, Gemüse und der Bereich der Fleisch- und Milchproduktion haben aber einen steigenden Stellenwert.

Die ersten Staatsfarmen entstanden während des Bürgerkriegs (Yan'an Ära: 1935 - 1948), um die Kommunistische Partei Chinas (KPCh) und deren Volksbefreiungsarmee mit Getreide zu versorgen. Dazu wurde das Militär in großen Landgewinnungsprojekten eingesetzt, um Wälder zu roden und Sümpfe trocken zu legen. Später wurde dieses System in der neugegründeten Volksrepublik übernommen, damit die demobilisierten Truppen eine Beschäftigung erhalten, neues Ackerland gewinnen, Getreide und Rohstoff (Kautschuk) für die Wirtschaft zu produzieren und in den Grenzregionen (Heilongjiang, Xinjiang, Yunnan, Guangdong und Hainan) die Grenzen nach innen und außen abzusichern. Vor allem in Heilongjiang wurden viele Staatsfarmen angelegt (45 % der Gesamtfläche aller Staatsfarmen). Mit den großen Wäldern und Sümpfen und einer flachen Topographie konnte dort eine großflächige und mit sowjetischen Maschinen hochmechanisierte Landwirtschaft aufgebaut werden. Während den politischen Kampagnen des „Großen Sprungs“ (1958 - 1962) und der Kulturrevolution (1966 – 1976), wuchs die Zahl der Staatsfarmen. So wurden in der

Kulturrevolution Millionen Jugendliche und Intellektuelle aus den Städten in die Grenzgebiete geschickt, um in der Landwirtschaft „umerzogen“ zu werden. Trotz hoher Investitionen des Staates machten die Staatsfarmen in 22 von 30 Jahren (1949 – 1978) Verluste. Das lag vor allem an der geringen Arbeitsproduktivität und Mechanisierung und den vielfältigen sozialen Aufgaben mit denen die Staatsfarmen zusätzlich belastet wurden. In vielen bisher unbewohnten Regionen übernehmen sie alle Sozial-, Verwaltungs- und Regierungsfunktionen und bilden damit einen Verbund aus Unternehmen, Gesellschaft und Regierung. Um die Bedürfnisse der Bevölkerung zu befriedigen sind ab 1979, die oft zu einer Holding zusammengesetzten Staatsfarmen, auch im Industrie- und Dienstleistungssektor aktiv. Damit hat die Staatsfarm den Vorteil, durch die vertikale Integration, von Anbau, Verarbeitung und Vermarktung der Produkte, größere Gewinnmargen zu erzielen. Die Staatsfarmen sind hierarchisch organisiert und ähnlich wie in der Zeit der Kollektivierung in Produktionsbrigaden organisiert. Die Arbeiter sind beim Staat angestellt, mit nach Rang und Alter standardisierten Gehältern und sozialen Leistungen. (Zhang, 2010, S. 367ff.)

Während des Dekollektivierungsprozesses in den 80er Jahren führten auch die Staatsfarmen ein dem HRS ähnliches System ein. Die der Staatsfarm gehörenden Flächen und Nutzungsrechte wurden geteilt und vertraglich an die Haushalte der Farmangestellten verpachtet. Diese organisieren seitdem eigenverantwortlich den Anbau, müssen aber im Gegenzug Produktionsquoten erfüllen und als Naturalpacht abgeben. Anstelle des bisherigen staatlichen Gehaltes dürfen sie die erwirtschafteten Überschüsse behalten und selbst vermarkten. Die Staatsfarmen stellen außerdem oft kostenlos den technischen Service für Maschinen und die komplette Infrastruktur zur Verfügung. Der Dekollektivierungsprozess ging aber nicht so weit wie bei der Einführung des HRS. Das Eigentumsrecht an den Flächen ging hier nicht an das Dorfkollektiv über. Die Staatsfarm behält das Land und die Kontrolle über die Verteilung an die Haushalte und das Recht teilweise über die Produktion zu bestimmen. So gibt die Staatsfarm Anweisungen zur Frucht- und Sortenwahl sowie Pflanzenschutz und Düngung, um die Menge und Qualität der Produkte abzusichern. Im Gegenzug haben die Haushalte in den Staatsfarmen einen besseren Marktzuritt, da sie ihre Produkte direkt an die Staatsfarm und deren Verarbeitungsindustrie verkaufen können. Damit produzieren alle Haushalte größtenteils für eine kommerzielle Vermarktung, während ein hoher Anteil der ländlichen Haushalte im Rest Chinas, ausschließlich Subsistenzwirtschaft betreiben. Während im HRS die Haushalte gleichberechtigt, also unabhängig von ihrer Produktivität, Anteile am kollektiven Land erhalten, wird in den Staatsfarmen das Land jährlich auch nach der Kapitalausstattung und Produktionskapazität der Haushalte verteilt. Damit wird abgesichert, dass diese fähig sind Maschinen zu kaufen oder von der Staatsfarm zu mieten, um den für Staatsfarmen typischen großflächigen Anbau durchzuführen. Als Folge konzentriert sich das Land bei den produktivsten Haushalten, wodurch größere Betriebe entstehen können. In einigen Staatsfarmen entstanden große Haushaltsbetriebe mit bis zu 1.000 ha Nutzfläche, modernen Maschinen und angestellten Arbeitskräften (Zhang, 2010, S. 370ff.).

Die Haushalte auf den Staatsfarmen haben damit einige Vor- und Nachteile gegenüber den Haushalten im HRS. Vorteilhaft ist der gute Marktzugang durch die vor- und nachgelagerten Bereiche

der Staatsfarmen, die Infrastruktur und sozialen Leistungen und die Möglichkeit für produktive Betriebe weiter zu wachsen. Weiterhin können die Haushalte die Infrastruktur, Anbauberatung und den Maschinenservice der Staatsfarm nutzen. Damit sind die Bedingungen für einen langsamen Strukturwandel mit wachsenden Privatbetrieben besser als im HRS. Nachteilig sind die hohen Pachtzahlungen an die Staatsfarmen. Die kurzfristigen Pachtverträge und wechselnden Flächen durch das Verteilungssystem stellen für die Haushalte eine große Planungsunsicherheit dar, wodurch Ungerechtigkeiten und Korruption gefördert wird. Weiter sind die Haushalte in ihren betrieblichen Entscheidungen abhängig von den Richtlinien der Staatsfarm, was die Produktivität und individuelle Entscheidungsfreiheit der Kleinbauern einschränkt (Zhang, 2010, S. 371ff.).

#### 2.1.2.5 Landfragmentierung und Markt für Pachtflächen

Im Alten China, also vor der Gründung der Volksrepublik im Jahr 1949, war die landwirtschaftliche Nutzfläche durch die wachsende Bevölkerung bei gleichzeitig knappem Angebot an Ackerland, stark fragmentiert. Wenn ein Sohn der Familie heiratete, erhielt dieser einen entsprechenden Teil des Familieneigentums und des Ackerlands. Durch dieses Erbrecht und der Teilung der Flächen beim Verkauf, wurden die Familienschläge nach und nach immer weiter aufgeteilt (Tan et al., 2006, S. 274ff.). Die Landfragmentierung ist eines der größten Hindernisse für ein weiteres Wachstum der landwirtschaftlichen Produktivität. Sie verhindert eine weitere Steigerung der Mechanisierung und die Produktion wird durch höhere Kosten ineffizient. Die kleinen Parzellen mit unregelmäßiger Form, verursachen eine ineffiziente Bearbeitung und Bewässerung der Flächen und den Verlust von wertvollem Ackerland durch Flächenmarkierung, Feldränder und Feldwege zu den Parzellen. Im Jahr 1999 besaßen die Haushalte im Durchschnitt eine Betriebsfläche von 0,53 ha, verteilt auf 6,06 Parzellen mit einer durchschnittlichen Parzellengröße von 0,081 ha. Viele Wissenschaftler machen aus diesem Grund das HRS mit den mangelnden Landrechten für die kleinteilige Landwirtschaft und der daraus folgenden Armut auf dem Land sowie die größer werdende Einkommenslücke zwischen Stadt und Land verantwortlich (Tan et al., 2006, S. 272).

Die Gründe für die Landfragmentierung liegen zum großen Teil beim HRS mit der gleichberechtigten Verteilung der Ackerfläche nach Familiengröße und Anzahl arbeitsfähiger Familienmitgliedern. Da jede Familie mindestens eine Parzelle je Bodenklasse erhalten muss, wird die Anzahl und Größe der Flächen auch durch die Zahl der definierten Bodenklassen beeinflusst. Diese wiederum ist abhängig von der Topographie, der Heterogenität der Bodenart und Bodenqualität und der vereinbarten Vertragslänge. Weiterhin spielt die Häufigkeit der Umverteilungen eine große Rolle, da hierbei Parzellen wieder geteilt werden. Je schneller sich das soziale Gefüge eines Dorfes durch Abwanderung in die Städte, Ein-Kind-Politik und dem Angebot an außerlandwirtschaftlichen Arbeitsplätzen ändert, desto häufiger muss das Land umverteilt werden (Tan et al., 2006, S. 274). Die lokalen Regierungen versuchten schon seit den 1980er Jahren durch Landkonsolidierungsprogramme diesem Effekt, trotz hoher Kosten und großem Zeitaufwand, entgegen zu wirken.

Eine Privatisierung des Landes wäre eine mögliche Lösung der Probleme. Jedoch zeigten Zhang und Donaldson (Zhang und Donaldson, 2012), dass eine weitere Stärkung des bestehenden Systems einer Privatisierung des Landbesitzes vorzuziehen ist. Die positiven Effekte wie eine Effizienzsteigerung (Arbeit würde gegen Kapital substituiert) oder Ertragssteigerung wären nicht sehr groß und hätten keinen großen Nutzen für die Landbevölkerung. Der bisherige gleichberechtigte Anspruch auf Landnutzung ist die wichtigste soziale Absicherung der Landbevölkerung. Bei einer Privatisierung würde das Land zwar schneller zu den produktiveren und finanzkräftigeren Haushalten wechseln, aber auch möglicherweise eine einkommens- und landlose Bevölkerungsschicht in den ruralen Gebieten entstehen lassen.

Das Entstehen eines Marktes für Pachtflächen kann die Landfragmentierung nur begrenzt mildern. Obwohl das Landeigentum bei den ländlichen Kommunen liegt, erhalten die Haushalte ein übertragbares Nutzungsrecht. Haushalte mit außerlandwirtschaftlichen Einkommen, geben dabei die Landwirtschaft auf und verpachten das Land an andere wachstumswillige Haushalte oder Investoren (Tan et al., 2006, S. 283). Diese können ihren Betrieb vergrößern und damit ihr Einkommen steigern. So entstehen größere Betriebe und Parzellen, welche entweder eine Mechanisierung benötigen, ihre Haushaltsarbeitskräfte besser nutzen oder Landarbeiter anstellen müssen (Van den Berg et al., 2007, S. 848ff.). Im HRS fallen für die Flächen in der Regel nur geringe oder keine Flächenkosten an, da die Nutzungsrechte ohne Pachtzahlung verteilt werden. Mit dem Entstehen eines Pachtmarktes bilden sich zwar größere und produktivere Strukturen, jedoch fallen dann in Regionen mit hohem Pachtanteil Flächenkosten an (USITC, 2011, S. 5-9ff.).

Möglicherweise könnte auch eine Reform des Landverteilungssystems der Dorfkollektive, mit einer Einteilung der Böden nach Bodenwert, die Zahl der Parzellen je Haushalt reduzieren. Der Pachtmarkt ist bisher durch Vorschriften und Gesetze wie dem Hukou-System eingeschränkt. Das Hukou-System gewährt Sozialleistungen wie Bildung und Krankenversorgung nur am Meldeort der Familie. Bisher behielten viele der in die Stadt abgewanderten Familien ihre Nutzungsrechte im Dorf, um jederzeit bei einer Rückkehr auf ein Einkommen und Sozialleistungen zurückgreifen zu können. Dadurch wird Land nur innerhalb der Familien oder kurzfristig verpachtet. Würde man den abgewanderten Haushalten ein Hukou in der Stadt gewähren, könnten diese bei voll handelbaren Landnutzungsrechten ihr Land abgeben. Der Pachtmarkt und die Allokation der Flächen zu produktiven und wachstumsfähigen Haushalten würden damit verbessert (Wang et al., 2011a, S. 813). Eine weitere Maßnahme wäre die Schaffung von außerlandwirtschaftlichen Arbeitsplätzen in den ländlichen Regionen. Damit wäre die Landbevölkerung nicht mehr ausschließlich auf ihr Einkommen aus der Landwirtschaft angewiesen, was den Strukturwandel beschleunigen würde (Tan et al., 2006, S. 283).

### **2.1.3 Produktionsfaktor Arbeit - Arbeitsmarkt und Einkommen der Haushalte**

Mit der Industrialisierung entstanden für die ländlichen Familien neue Einkommensmöglichkeiten in den Städten und führten zu einer Urbanisierung Chinas. Aufgrund des schnellen wirtschaftlichen Wachstums in China änderte sich auch die Struktur des Arbeitsmarktes. Vor der Reform- und

Öffnungspolitik ab 1978 arbeiteten rund 80 % (1970) der arbeitsfähigen Bevölkerung in der Landwirtschaft. Mit dem Wirtschaftswachstum entstanden Arbeitsplätze in der Industrie und dem Dienstleistungssektor, so dass überschüssige Arbeitskräfte aus der Landwirtschaft ausscheiden konnten und im Jahr 2007 nur noch 40 % der Arbeitskräfte in der Landwirtschaft arbeiteten. Im Dienstleistungssektor dagegen stieg der Anteil der Arbeitsplätze von 10 % auf 30 % (Soni und Ou, 2011, S. 31). Bisher kann man davon ausgehen, dass sich dieser Trend in Zukunft weiter fortsetzen wird, da im Moment in den ländlichen Gebieten noch immer ein Überschuss an Arbeitskräften herrscht (Van den Berg et al., 2007).

Vor allem die jungen Familienmitglieder gehen in die Städte und lassen die Alten mit der landwirtschaftlichen Produktion im Dorf zurück. Diese sogenannten Wanderarbeiter haben jedoch nicht die Möglichkeit ein städtisches Hukou mit den dazugehörigen sozialen Rechten zu erhalten. Sie bleiben auf temporärer Basis und einem ländlichen Hukou, verbunden mit dem Anspruch auf Landnutzung, in den Städten. Im Jahr 2009 lebten geschätzte 250 Mio. Menschen mit ländlichen Hukou in den Städten (Wang et al., 2013a, S. 6). Im Jahr 1990 arbeiteten nur 23,7 % der 16 - 20 Jährigen außerhalb der Landwirtschaft. Dieser Anteil änderte sich jedoch rasant und stieg bis zum Jahr 2000 auf 75,8 % an, da immer mehr Jugendliche ihre berufliche Zukunft nicht in der Landwirtschaft sehen. Immerhin hatten fast 85 % der Haushalte mindestens ein im außerlandwirtschaftlichen Sektor arbeitendes Familienmitglied (Rozelle et al., 2002, S. 348). Da jedes zusätzliche außerlandwirtschaftliche Einkommen, das auch weiterhin erzielte landwirtschaftliche Familieneinkommen steigert und die Familie durch ihre Nutzungsansprüche abgesichert ist, sind viele der Wanderarbeiter bereit zu einem niedrigen Lohn zu arbeiten. Aus diesen Gründen wird auch in Zukunft das Lohnniveau der Industrie relativ niedrig bleiben (Wang et al., 2013a, S. 2ff.).

### 2.1.3.1 Soziale Absicherung im ländlichen Raum

Für die Wanderarbeiter entstehen soziale Risiken durch Marktschwankungen und den folgenden Entlassungen von Arbeitskräften im chinesischen Exportsektor. Die nun arbeitslosen Wanderarbeiter besitzen keine Sozialversicherung in der Stadt. Das Sozialsystem Chinas war lange Zeit nur der in den Staatsbetrieben arbeitenden Stadtbevölkerung zugänglich. Migranten (Wanderarbeiter mit ländlichen Hukou) haben in den Städten durch ihr fehlendes städtisches Hukou und ihren schlecht bezahlten unregelmäßigen Beschäftigungen nur begrenzten Zugang zu Sozialversicherungen. Auch sind die Sozialleistungen der sehr mobilen Migranten nicht auf andere Arbeitsverhältnisse und -orte übertragbar. Die Migranten dürfen auch nicht gleichzeitig die ländlichen und städtischen Sozialsysteme nutzen, so dass viele bei ernsthaften Krankheiten oder zur Rente in ihre Dörfer zurückkehren müssen (Gao et al., 2012, S. 1197ff.).

Nur die auf den Dörfern zurückgebliebene Familie mit dem Ackerland bietet sozialen Schutz bei Arbeitslosigkeit (Wang et al., 2013a, S. 2). Zum Beispiel wurden im Laufe der Finanzkrise im Jahr 2009 20 Mio. Wanderarbeiter (ca. 15 %) arbeitslos und kehrten in die Landwirtschaft zurück. Die chinesische Landwirtschaft beschäftigt damit alle Arbeiter, welche keine Anstellung in der Industrie finden können, womit diese als wirtschaftlicher und sozialer Puffer wirkt. Da schon immer ein

Überschuss an Arbeitskräften in den Haushalten vorlag, ist es kein Problem die freigewordenen Arbeitskräfte wiederaufzunehmen. Diese Pufferfunktion sorgt für einen sehr flexiblen Arbeitsmarkt und mindert die gesellschaftlichen Risiken (Wang et al., 2013a, S. 7). Da es lange Zeit keine Rentenversicherung für die Landbewohner gab, war die Weiterführung der Landwirtschaft durch die Nachkommen die einzige Alterssicherung. Bevor das Landverteilungs- und Hukousystem reformiert werden kann, müssen die Wanderarbeiter in ein funktionierendes Sozialsystem eingegliedert werden. Landlose Arbeitnehmer ohne soziale Absicherung würden im Fall einer Rezession zu einer verarmten städtischen Arbeiterklasse führen.

Seit Mitte der 2000er Jahre wurde begonnen, durch Einführung einer ländlichen Rentenversicherung (2009), Krankenversicherung (2008), Arbeitslosenversicherung sowie eine Unfall- und Mutterschutzversicherung, das Sozialsystem für die gesamte Bevölkerung zu öffnen. In die Versicherungen zahlen Arbeitnehmer und Arbeitgeber monatlich zu gleichen Teilen ein. Da diese Versicherungen abhängig von der Beschäftigung und Höhe des Verdienstes sind, haben Arbeitslose keinen Versicherungsschutz, weshalb im Jahr 2008 nur rund 40 % der Bevölkerung eine Rentenversicherung besaßen. Bis zum Jahr 2020 wird eine volle Abdeckung der Bevölkerung angestrebt. Das chinesische Arbeitsrecht wurde 2008 reformiert, um die Rechte der Arbeitnehmer zu sichern und deren Zugang zum Sozialsystem zu verbessern. Obwohl nur durch einen Arbeitsvertrag der Zugang zum Sozialsystem abgesichert werden kann, hatten in 2008 immer noch 30 % der städtischen Migranten keinen Arbeitsvertrag (Gao et al., 2012, S. 1196).

### 2.1.3.2 Einkommen der Haushalte

Bis zum Jahr 2020 soll nach den Plänen der Regierung das Einkommen der Kleinbauern auf 16.000 RMB im Jahr ansteigen, damit die Haushalte auch bei steigenden Produktions- und Lebenshaltungskosten ihre Betriebe modernisieren und mechanisieren können (Soni und Ou, 2011, S. 38). Xing (2010) stellte in seinen Untersuchungen eine Abhängigkeit der ländlichen Einkommen von den staatlichen Ausgaben für landwirtschaftliche Entwicklung fest. Jedoch besteht weiterhin eine wachsende Lücke zwischen dem urbanen und dem ländlichen Haushaltseinkommen (Van den Berg et al., 2007, S. 842). Während das Einkommen der urbanen Haushalte von 6.280 RMB/a im Jahr 2000 auf 17.175 RMB/a im Jahr 2009 wuchs, verlief der Anstieg der ländlichen Einkommen von 2.253 RMB/a auf 5.153 RMB/a weit geringer. Im Jahr 1949 bestand das Einkommen der Haushalte vollständig aus Einnahmen aus der landwirtschaftlichen Tätigkeit. Heute dagegen stammt fast die Hälfte des Einkommens aus Lohnarbeit. Trotz der Transferleistungen der Regierung vergrößerte sich damit die Einkommenslücke zwischen dem urbanen und ländlichen Einkommen sogar von einem Verhältnis von 2,79:1 (2000) auf 3,33:1 im Jahr 2009. Durch fehlende Treffgenauigkeit der Transferzahlungen steigen auch die Einkommen der städtischen Bevölkerung (Xing, 2010, S. 1). Trotzdem konnten hierdurch mehr als 200 Mio. Menschen der Armut entkommen, wobei jedoch weiterhin 100 Mio. Menschen von weniger als einem US Dollar je Tag leben müssen (Rozelle et al., 2002, S. 346). Mit der Abschaffung der landwirtschaftlichen Steuern und die Befreiung von der Mehrwertsteuer im Jahr 2006 sollten die Produktionskosten und damit das

Einkommen der Haushalte weiter gesteigert werden (USITC, 2011, S. 4-17). Dies war in den letzten Jahren auch recht erfolgreich, so stieg der Lohn in ländlichen Gebieten von 2006 bis 2010 um bis zu 19 % an. Demnach kostete die Anstellung von zusätzlichen Tagelöhnern im Jahr 2010 durchschnittlich 50 – 60 RMB je Tag (USITC, 2011, S. 5-6).

### 2.1.3.3 Ausbildung der Kleinbauern

Eine Förderung der Ausbildung im ländlichen Raum ist eine der effektivsten Maßnahmen um die wachsenden Probleme im sozialen und landwirtschaftlichen Bereich zu lösen. Viele Kleinbauern besitzen ein geringes Bildungsniveau, schlechte technische Fähigkeiten und nur ein begrenztes selbstangeeignetes Fachwissen, wodurch sie neue Informationen schlechter aufnehmen (Wang et al., 2007, S. 203). Verstärkt wird dieses Problem dadurch, dass hauptsächlich die jungen Männer die Familien verlassen um in der Industrie zu arbeiten. So bleiben oft die schlecht ausgebildeten Alten, Frauen und Kinder mit der landwirtschaftlichen Produktion zurück (Nolan et al., 2008, S. 20). Wie sich zeigte, sind der Zugang zu Arbeitsplätzen in den Städten und die Höhe der Löhne vor allem vom Bildungsstand abhängig. So sind Arbeitnehmer mit besserer Bildung in Zeiten der Rezession weniger durch Arbeitslosigkeit betroffen (Zhang et al., 2002, S. 326). Aus diesem Grund trägt eine staatliche Förderung des Bildungssystems zur Einkommenssteigerung in den ländlichen Gebieten bei. Um die Anforderungen einer nachhaltigen, modernen und hochmechanisierten Landwirtschaft umzusetzen, ist es unumgänglich den Kleinbauern und Arbeiter in der Landwirtschaft eine entsprechende allgemeine und fachliche Ausbildung zu ermöglichen. Nur wenn den vielen Kleinbauern das Wissen über die Zusammenhänge des Pflanzenwachstums und die Umweltwirkungen der Dünger und Pflanzenschutzmittel vermittelt wird, ist es möglich Probleme wie die Überdüngung des Bodens und Pestizidbelastungen der Produkte zu verhindern. So steht das Fachwissen der Kleinbauern im engen Zusammenhang mit der ausgebrachten Menge an Pflanzenschutzmitteln, welche durch eine Aus- und Weiterbildung verringert werden kann (Chen et al., 2013, S. 15ff.).

### 2.1.4 Produktionsfaktor Kapital

In den Volkskommunen waren die kommunalen Organisationen zuständig für Investitionen in die Infrastruktur und die Faktorallokation. Mit dem HRS ab 1978 konnten die Bauern selbst entscheiden wie sie die Produktionsfaktoren möglichst effizient einsetzen, was direkten Einfluss auf ihr Einkommen hatte und zu Ertrags- und Produktivitätssteigerungen führte (Huang et al., 2010, S. 49). Aufgrund der unsicheren Landverteilungspolitik, investierten die Bauern nicht in die Langzeitfruchtbarkeit ihrer Äcker. Oft kam es zu Umverteilungen, so dass die Kleinbauern nicht sicher waren wie lange sie ein Stück Land bewirtschaften werden. Diese Unsicherheit könnte auch der Grund für die geringe Investitionsrate im Landwirtschaftssektor sein (Rozelle et al., 2002, S. 350). Die Haushalte nutzten ihre Ersparnisse vorzugsweise nur um Wohnhäuser zu bauen und Privateigentum zu erwerben. Eine weitere Marktliberalisierung, Reform des Landverteilungssystems und

ein besserer Zugang zu Kapital sind deshalb nötig (Khan et al., 2009, S. 352). Die landwirtschaftlichen Investitionen werden weiter durch den Zugang zu Kapital, Korruption, Subventionen und dem Ertragsausfallrisiko in der Landwirtschaft beeinflusst.

#### 2.1.4.1 Landwirtschaftlicher Kredit- und Kapitalmarkt

Ein funktionierender Kreditmarkt ist für den landwirtschaftlichen Sektor wichtig um den Infrastrukturausbau, Mechanisierung und technischen Fortschritt zu finanzieren (Nie, 2012, S. 81). Er trägt zum Wachstum der Haushaltseinkommen, Reduzierung der Armut und einer gerechteren Einkommensverteilung bei (Li et al., 2013, S. 17). Zu den formalen Finanzierungssystemen zur Bereitstellung von Finanzdienstleistungen in den ländlichen Gebieten gehören die staatlichen Kredit-Kooperationen („Rural Credit Cooperative“, RCC) und Banken („Agricultural Bank of China“ etc.). Ab 1958 wurden sie zur Finanzierung von Großprojekten in die Volkskommunen integriert, um später in ländliche Kooperationsbanken umgewandelt zu werden (Guo und Jia, 2009, S. 215). Problematisch in den ländlichen Gebieten sind die schlechten Geschäftsbedingungen und unvollkommenen Finanzmärkte. Das bisherige rurale Finanzsystem Chinas hat bei der Kreditvergabe an ländliche Haushalte oft Schwierigkeiten die Kreditwürdigkeit und die Verwendung der Kredite zu überprüfen. Arme Haushalte haben zu wenig Land oder andere Sicherheiten um Kredite von den Banken zu erhalten. Aus diesen Gründen werden nach Untersuchungen von Li et al. (Li et al., S. 25), rund 52 % der Haushalte von der Kreditvergabe ausgeschlossen, was zu Liquiditätslücken in der Finanzierung der landwirtschaftlichen Produktion und damit zu einem Verlust von ca. 15,7 % des jährlichen Nettoeinkommens der Haushalte führt. Bei der Kreditvergabe spielen der soziale Status und Beziehungen eine größere Rolle als die Schul- und Fachausbildung oder die letztjährige Jahresabschlussbilanz. In den 1990er Jahren verließen einige Finanzinstitute den landwirtschaftlichen Sektor und wanden sich profitableren urbanen Geschäften zu. So entstand eine monopolartige Situation für die zurückgebliebenen Kredit-Kooperativen. In vielen abgelegenen Regionen wie Westchina, waren in 80 % der Städte keine Finanzinstitutionen vertreten (Nie, 2012, S. 82). Durch den Mangel an Finanzierungsmöglichkeiten entstanden neben dem formalen ländlichen Finanzierungssystem, auch semi- und informale Finanzierungsmöglichkeiten (Guo und Jia, 2009, S. 214). Nach Turvey und Kong (Turvey und Kong, 2010, S. 133) nutzten 60 % der Haushalte informale Finanzierungssysteme wie unregulierte Finanzinstitute, private Unternehmen sowie Freunde und Familienangehörige. Davon wurde jedoch der größte Teil des Kapitals (76 %) für unproduktive Ausgaben wie Hochzeiten und Beerdigungen verwendet. Im Rahmen der Armutsbekämpfung regte die Regierung die Schaffung von semi-formalen Mikrokreditorganisationen durch Banken, RCC's und Nichtregierungsorganisationen (NGO) an (Guo und Jia, 2009, S. 214). Deren Wirkung auf die wirklich armen Bevölkerungsteile blieb jedoch begrenzt (Li et al., 2011a, S. 410). Die Autoren Guo und Jia (Guo und Jia, 2009, S. 222), schlugen deshalb eine Reform der ländlichen Kreditmärkte, mit größerer finanzieller Unterstützung und gesetzlichen Anreizen, vor. Seit 2000 wurde durch verschiedene Förderprogramme ein nachhaltiger konkurrierender Finanzmarkt aufgebaut, um die hohe Nachfrage der Haushalte und Kooperationen nach kleinen Krediten zu bedienen. Ab 2006 öffnete die Regierung die Finanzmärkte für ausländische Microfinanzinstitute (z.B.:

„Rural credit-only micro credit company“, „rural credit mutual-help associations“, „township and village banks“), um eine Konkurrenz zu den RCC und Banken zu schaffen.

#### 2.1.4.2 Agrarmarktpolitik

In Folge des Umbaus der Wirtschaft zu einer sozialistischen Planwirtschaft, bekam die Landwirtschaft vor allem die Aufgabe, die Städte und Industriearbeiter mit Nahrungsmitteln zu versorgen (die eiserne Reisschüssel) sowie durch erzielte Überschüsse die Industrialisierung Chinas zu finanzieren (Lu, 2002, S. 250). Dazu musste die Landwirtschaft möglichst viel, zu möglichst tiefen Preisen produzieren. In der Kollektivierungsphase waren die Bauern nur noch Angestellte der Volkskommunen, womit die Anreize zu einer Produktivitätssteigerung fehlten und durch Missmanagement die Produktionsziele nur selten erreicht wurden. In dieser Zeit war der Markt für Agrarprodukte durch verordnete Anbauflächen, Ablieferungsquoten, monopolistischer Vermarktung und Preisbindung fest in staatlicher Hand.

Mit der Einführung des HRS wurde den Haushalten neben den Landnutzungsrechten eine Produktions- und Abgabequote übertragen und der Handel mit Agrarprodukten schrittweise erlaubt. In der Abgabequote wird die zu festgelegten Preisen in den staatlichen Erfassungsstellen abzugebende Erntemenge festgelegt. Diese richtete sich nach der Größe und Ertragsfähigkeit der landwirtschaftlichen Nutzfläche und der Familiengröße. Die Produktionsüberschüsse konnten auf den sich etablierenden freien Märkten verkauft werden. Damit wurde die Planerfüllung von kommunaler Ebene auf die Haushaltsebene herunter delegiert. Diese Maßnahmen führten schnell zu einer Steigerung der Produktion, weshalb für viele Produkte die Quotenpflicht erlassen wurde. (Lu, 2002, S. 251)

Aufgrund der steigenden Produktion wurde ab 1985 versucht die Produktionsquoten für Getreide und das Marktmonopol abzuschaffen. Jedoch scheiterte dies an den unreifen Marktstrukturen, welche zu starken Preisschwankungen führten. Anfang der 90er Jahre kam es zu einem regionalen Nahrungsmitteldefizit. Die angestrebte Marktliberalisierung wurde in den 1990ern wieder aufgehoben und durch eine neue „Getreidekorbpolitik“ ersetzt, welche die Kontrolle des Getreidemarktes und Sicherstellung der Selbstversorgung an die Provinzregierungen übertrug. Die Maßnahmen enthielten eine Erhöhung der Abgabequote und die Wiedereinführung des von den Lokalbehörden vorgegebenen Anbauflächenplans. Da in vielen Regionen der Getreideanbau unrentabel wurde, konnten die Provinzregierungen die Quotenerfüllung nicht mehr durchsetzen. In der Folge wurde ein staatlich regulierter Ankaufpreis für Getreide zum wichtigsten Instrument der Produktionsregulierung. Über den Preis werden damit den Haushalten Anreize gesetzt um ausreichend Nahrungsmittel zu produzieren (Löw, 2003b).

Mit dem WTO Beitritt in 2001 wurde in einigen Defizitregionen die Quotenpolitik abgeschafft, womit Produktion, Handel und Preisbildung dem freien Markt überlassen wurden. Der staatliche Aufkauf erfolgte nur noch über freiwillige Verträge. In den Überschussregionen wurden die Quotenregelungen beibehalten. Der Quotenpreis wurde dabei an den Preis auf den freien Märkten an-

gelehnt. Falls die Marktpreise unter ein festgelegtes Niveau fallen, kaufen die staatlichen Erfassungsstellen die Quotenmengen zum Protektionspreis auf. Die Zielsetzung der Selbstversorgung auf Provinzebene wurde auf das Ziel der Marktstabilität verlagert. Die Versorgung der Defizitregionen sollte durch Einfuhren aus Überschussregionen sichergestellt werden (Lu, 2002, S. 251). Als weiteres Instrument der Marktregulierung und Marktstabilisierung in Defizitregionen wurde die staatliche Lagerhaltung für mindestens 6 Monate des Gesamtverbrauchs von Getreide, Baumwolle, Speiseöl und Schweinefleisch gestärkt (USITC, 2011, S. 5-12).

#### 2.1.4.3 Subventionen und Fördermaßnahmen für die Landwirtschaft

Seit dem Jahr 2000 wuchsen die Ausgaben für die Förderung der Landwirtschaft, ländlichen Entwicklung und Kleinbauernhaushalte von 123 Mrd. RMB auf 725 Mrd. RMB im Jahr 2009 an (Xing, 2010, S. 1). Die Ausgaben umfassen: Subventionen für landwirtschaftliche Produktion und öffentliche Unternehmen, Kapitalbildung, ländliche Entwicklung, sowie Wissenschaft und Technologie. Die Gesamtsubventionen für die Landwirtschaft betragen im Jahr 2011 140,6 Mrd. RMB, also ca. 2,9 % des landwirtschaftlichen Bruttoinlandsproduktes. Seit 2004 zahlt die chinesische Regierung Subventionen für den Getreideanbau (Soja, Reis, Weizen und Mais), Betriebsmittelkauf, Verwendung von Qualitätssaatgut und Maschineninvestitionen. Die Getreide- und Betriebsmittelsubvention machen ca. 74 % (2011) der Gesamtzahlungen aus. Die Subventionen sind meist abhängig von der Größe des vertraglich zugesicherten Landes, der Getreideanbaufläche oder der möglichen Produktionsmenge und werden in der Regel an den Pächter des Landes gezahlt. Ein typischer Haushalt erhält durchschnittlich 327 RMB je Jahr (2008), was ca. 1,7 % des Haushaltseinkommens darstellt. Das entspricht ca. 39 RMB/mu (Huang et al., 2013, S. 127). Die Subventionen für Qualitätssaatgut (10 - 15 RMB/mu) werden für ausgewählte Sorten gewährt, um die Bauern an den Kauf neuer Sorten zu gewöhnen. Aufgrund von Verteilungsproblemen werden die Zahlungen jedoch oft pauschal an die Kleinbauernfamilien verteilt (Huang et al., 2013, S. 129). Die Maschinensubventionen werden zur Steigerung der Mechanisierung in der Landwirtschaft eingesetzt. So stieg die Mechanisierung zwischen 1990 und 2008 um jährlich 3,6 %. Durchschnittlich wurden 7,8 % (2008) des Kaufpreises subventioniert, wobei der Anteil für große Maschinen bei 24,4 % lag. Die Betriebsmittelsubventionen haben dagegen keinen Effekt auf die Investitionsentscheidungen der Kleinbauern. Der Grund dafür ist, dass die meisten Kleinbauern zu wenig über die Subventionsprogramme informiert sind und oft gar nicht wissen, welche Subventionen, wofür und in welcher Höhe sie erhalten (Huang et al., 2010, S. 130).

#### 2.1.4.4 Landwirtschaftliche Versicherungen

Die geografische Lage über mehrere Klimazonen und dem langen und intensiven Produktionszyklus der chinesischen Landwirtschaft, macht die Haushalte besonders anfällig für Verluste durch natürliche Umweltbedingungen wie Hagel, Sturm, Frost und Trockenheit. So waren zwischen 1979 – 2004 ca. 20 % der Gesamtackerfläche durch Naturkatastrophen betroffen. Der daraus entstandene jährliche Verlust für Getreide wird auf 5 % beziehungsweise 25 Mio. t geschätzt. Den größten Anteil an den Verlusten hat Trockenheit (52 %), gefolgt von Flutkatastrophen (28 %),

Hagelschäden (10 %) und Pilzbefall (6 %) (The World Bank, 2007, S. 2). Schon kurz nach der Gründung der Volksrepublik China wurden erste Versuche zur Etablierung einer landwirtschaftlichen Versicherung gemacht, welche aber trotz guter Erfolge nicht weitergeführt wurden (Wang et al., 2011b, S. 10ff.). Die 1982 eingeführten staatlich geförderten Versicherungen der Tierbestände, wurden im Jahr 2003 von neuen subventionierten Versicherungsprogrammen abgelöst. Diese bestehen aus einem Mix von allgemeinen und spezialisierten sowie gemeinschaftlichen und privaten Versicherungsunternehmen. Darin wird die Versicherungsprämie zum Teil (50 - 80 %) durch die Zentral- und Provinzregierung und der Kommunalverwaltung subventioniert, um den Zugang der Haushalte zu den Versicherungen zu erleichtern. Falls die Auszahlungssumme der Versicherungen eine bestimmte Grenze überschreitet, kann die Provinzregierung auf Katastrophenfonds zurückgreifen und die Versicherungsverluste ausgleichen. Im Jahr 2007 wurden 15,33 Mio. ha und ca. 80 % der Sauenhaltung versichert. Damit konnte das Produktionsrisiko, welches bisher ausschließlich bei den Haushalten lag, gesenkt und umverteilt werden, was letztendlich die Haushaltseinkommen und soziale Wohlfahrt steigert (Wang et al., 2011b, S. 13).

## 2.2 On-Farm Experimente

Das Ziel von landwirtschaftlichen Feldversuchen ist die unverfälschte und effiziente Schätzung von Behandlungsunterschieden zwischen zwei oder mehr Varianten. Damit stellen sie ein wichtiges Instrument zur Erkenntnisgewinnung in der landwirtschaftlichen Forschung dar. Neben den klassischen Feldversuchen, welche sich im 20. Jahrhundert auf Versuchsstationen herausbildeten, entwickelte sich ein praxisbezogenes Versuchswesen auf den Flächen der Landwirte (On-Farm Research). Diese haben den Vorteil, dass sich die Ergebnisse der Forschung durch die Nähe zur Praxis leichter umsetzen lassen. Nach der Arbeitsgruppe für landwirtschaftliches Versuchswesen der internationalen Biometrischen Gesellschaft (IBS-DR, 2012, S. 7ff.), sollen Versuche unter Produktionsbedingungen, die mit einer wissenschaftlichen Zielstellung verbunden sind und damit die Einhaltung von Grundsätzen einer wissenschaftlichen Arbeitsweise erfordern, On-Farm Experimente (OFE) bezeichnet werden. Die On-Farm Experimente sollen damit zu den von Praxisbetrieben und ohne wissenschaftlichen Anspruch durchgeführten Demonstrationsversuchen abgegrenzt werden.

On-Farm Experimente werden meist bei praxisüblicher Schlaggröße und Maschinenausstattung durch Praxisbetriebe in einer Kooperation mit wissenschaftlichen Einrichtungen durchgeführt. Oft werden Forschungs- und Entwicklungsergebnisse unter Praxisbedingungen bewertet, welche aus vorgelagerten Forschungsergebnissen (Labor- oder Versuchsstationen) stammen. Die Ergebnisse der On-Farm Experimente sind praxisnah und sollen zu einer schnelleren Umsetzung in der Praxis führen. Demonstrationsversuche haben dagegen eine Überleitungsfunktion von der Wissenschaft in die Praxis. Die Landwirte stellen diese meist in Eigenregie an, um neue wissenschaftliche Erkenntnisse und Techniken betriebsintern zu testen. (IBS-DR, 2012)

Meist wird im On-Farm Research eine betriebsübliche Variante mit einer verbesserten Bewirtschaftung unter Praxisbedingungen verglichen. Weitere Beispiele für mögliche Fragestellungen sind Sortenprüfungen, Vergleich von Produktionsverfahren bei der Aussaat, Düngung, Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln, Vergleich von Produktions- oder Ernteverfahren, Probleme des Maschineneinsatzes und der Test von Precision-Farming-Technologien. Mit der Entwicklung der Informationstechnologie in 1990er Jahren und weiteren Entwicklungen wie Düngerstreuer zur teilflächenspezifischen Ausbringung, Computer für Landtechnik, GPS, erste Nah- und Fernerkundungssensoren sowie Systeme um räumliche Daten zu erfassen und zu verarbeiten (GIS), wurde es nun möglich teilflächenspezifische Managementkarten zu erstellen und damit Teilflächen und Parzellen im Versuchsfeld genauer zu bewirtschaften.

Das Precision Agriculture (auch: Precision-Farming - PF) ist ein Verfahren zur teilflächenspezifischen Bewirtschaftung von landwirtschaftlichen Nutzflächen. Oliver argumentiert (Oliver, 2010, S. 3ff.), dass es in der Landwirtschaft schon immer Precision-Farming Ansätze gab, da die Bauern ihre Felder in kleine Schläge nach ihren Eigenschaften teilten, um darauf die Feldfrüchte nach deren jeweiligen Ansprüchen anzubauen. Damit war bis in die 80er Jahre das Feld die kleinste Einheit in der bewirtschaftet wurde. Unter der Annahme, dass der Nährstoffbedarf und das Ertragspotential über das gesamte Feld gleich sind, wurden zur Bestimmung des Düngerbedarfs Bodenproben gezogen um den mittleren Nährstoffgehalt zu bestimmen und die anschließende Düngung gleichmäßig durchzuführen. Mit den technischen, industriellen und politischen Entwicklungen des letzten Jahrhunderts kam es in vielen Ländern bedingt durch einen Strukturwandel zu wachsenden Betriebsgrößen, so dass die kleinen Parzellen oft zu großen Schlägen zusammengelegt wurden. Damit wurde auch ihre Boden- und Ertragsvariation zusammengelegt, wodurch große heterogene Schläge mit zunehmender Variabilität entstanden.

Mit der Entwicklung von Precision-Farming Anwendungen entstanden auch neue Methoden und Herausforderungen im Feldversuchswesen (Adams und Cook, 1997). Damit lassen sich auch komplizierte Versuchsanlagen im On-Farm Research realisieren. So können Düngungs- und Pflanzenschutzversuche mit Hilfe von teilflächenspezifischer Applikationstechnik angelegt werden. Die Vorteile der PF-Ansätze lassen sich im klassischen Feldversuch nicht oder nur teilweise mit anderen Verfahren vergleichen, da große heterogene Flächen und praxistaugliche Maschinen für deren Anwendung benötigt werden. Aus diesem Grund wird meist On-Farm Experimente genutzt um teilflächenspezifische Ansätze zu testen. Ein weiteres Problem ergibt sich aus der Tatsache, dass für einen wirtschaftlichen Einsatz von Precision-Farming Techniken eine ausgeprägte Standortheterogenität nötig ist, was zwangsläufig dann auch auf die OF-Experimente zutrifft. Dies widerspricht jedoch den bisherigen Grundsätzen der Versuchsdurchführung, wonach möglichst homogene Flächen genutzt werden sollten. (Oliver, 2010, S. 3ff.)

### **2.2.1 Durchführung von On-Farm Experimenten**

Zur Anlage und Durchführung von On-Farm Experimenten ist eine Vielzahl an Ratgebern und Leitfäden erhältlich wie zum Beispiel von Anderson (1993) und Stein-Bachinger et al. (2000). Im

On-Farm Research werden aufgrund von technisch bedingten Problemen meist einfache Versuchsdesigns genutzt. Adams und Cook (1997) schlagen im On-Farm Research Streifenversuche mit einfacher oder mehrfacher Maschinenbreite vor. Aber auch Schachbrett- (Checkerbord) und Steigerungsversuche sind denkbar. Eine Übersicht zur Anlage von einfachen Versuchsdesigns im On-Farm Research, wie zum Beispiel Langparzellenanlagen, findet sich bei Stein-Bachinger et al., (2000, S. 1195) und Thomas (2006, S. 203ff.). Ebenso stellt Richter (2012, S. 52ff.) eine Auswahl an in der Praxis üblichen Versuchsdesigns im On-Farm Research vor. Dabei wird zwischen systematischen und randomisierten Anlagen unterschieden. Zu den systematischen Anlagen gehören Langparzellenanlagen und der kontrollierte Anbauvergleich. Bei den randomisierten Anlagen wird zwischen vollständig randomisierten Anlagen und Blockanlagen unterschieden.

Die Grundsätze der Versuchsplanung, vor allem die Randomisation, müssen auch bei der Planung von On-Farm Experimenten unbedingt beachtet werden, denn diese bildet die Basis für eine valide Auswertung. Eine räumliche Analyse kann eine fehlende Randomisation nicht ersetzen. Ein Unterlassen der Randomisation kann zu einem Verlust an Präzision der Schätzung von Mittelwertdifferenzen führen. Die Randomisation stellt auch eine Absicherung gegen verschiedene Arten von räumlichen Trends dar (Piepho et al., 2012, S. 36ff.).

### **2.2.2 Wirkung auf den Ertrag in On-Farm Experimenten**

Die Datenerfassung der Prüfglieder, Kovariablen und des Prüfmerkmals kann durch verschiedene Methoden erfolgen. Diese Daten müssen anschließend meist verarbeitet werden, worauf anschließend eine Analyse und statistische Auswertung der Daten folgt. Die Vorgehensweise dazu soll hier näher betrachtet werden. Der Ertrag stellt das wichtigste Merkmal zur Auswertung von On-Farm-Versuchen dar. Aber gerade im OF-Versuch stellt sich die Frage, welche Effekte außer dem Prüfglied auf das Prüfmerkmal noch wirken und die Ergebnisse daraus beeinflussen können (Spilke, 2012, S. 75). Nach Schneider, et al. (2007a, S. 209ff.) und Schneider et al., (2007b) lassen sich diese Effekte in Management- und natürliche Effekte einteilen. Zu den Managementeffekten gehören die Konstantfaktoren mit gleicher Wirkung auf alle Prüfglieder. Das zu testende Prüfglied ist damit der wichtigste ertragswirksame Effekt. Weitere Managementeffekte stellen verschiedene Mähdrescher (Ertragsmesssysteme) oder Erntezeitpunkte dar. Es ist zwar auf großen Betrieben üblich Schläge mit mehreren Mähdreschern zu ernten, jedoch sollte für den OF-Versuch, möglichst nur ein Mähdrescher genutzt werden, ansonsten wird die Messvariabilität der verschiedenen Ertragssensoren zu groß (Thöle, 2010, S. 27). Durch eine uneinheitliche Kalibrierung der Ertragsmesssysteme kommt es zu systematischen Differenzen zwischen den Mähdreschern, welche auch nach einer nachträglichen Korrektur der Ertragswerte nicht entfernt werden können. Aus diesem Grund sollte die Ernte sich nicht über einen zu langen Zeitraum erstrecken. Mit jedem Druschtag wird die Messvariabilität höher, da sich auch die Frucht- und Stroheigenschaften (Kornfeuchte, Verluste) verändern oder es zu einer wetterbedingten Unterbrechung der Ernte kommen kann. Deshalb ist es nötig bei der Planung der Ernte abzuwägen, welche Messfehler man in Kauf nehmen

möchte. Diese Effekte können durch eine nachträgliche Korrektur der Ertragsdaten angepasst oder in die geostatistische Auswertung als Kovariablen einbezogen werden (Spilke, 2012, S. 75).

Zu den natürlichen Effekten gehören großräumige Abhängigkeiten, wie ein räumlicher Trend oder ein heterogenes Ertragspotential und kleinräumige Abhängigkeiten wie räumliche Korrelationen zwischen Datenpunkten. Diese wirken nicht auf alle Prüfglieder gleich, sodass diese das Versuchsergebnis beeinflussen können. Bei den natürlichen Effekten ist zu prüfen ob räumliche Trends, Bodenunterschiede oder Unterschiede im Ertragspotential vorliegen und in eine Auswertung mit einbezogen werden sollten. Ein räumlicher Bodentrend ist quantifizierbar durch die georeferenzierten Datenpunkte der erfassten Merkmale. Ein heterogenes Ertragspotential lässt sich durch erfasste Kovariablen wie Leitfähigkeitsdaten des Bodens, historische Ertragsdaten oder der Höhe und Relief (Digitales Geländemodell – DGM) erfassen. Die kleinräumigen Abhängigkeiten also Korrelationen zwischen den Ertragspunkten lassen sich in einem räumlichen Modell mit räumlichen Kovarianzstrukturen quantifizieren (Spilke, 2012, S. 77).

### **2.2.3 Erfassung der Heterogenität des Versuchsstandortes**

Zur richtigen Anlage der Blöcke und der Wahl des Versuchsdesigns, bedarf es einer genauen Kenntnis des Versuchsstandortes. Auf Versuchstationen liegen meist Daten und Erfahrungen von früheren Versuchen vor. Die Flächen der OFE dagegen sind weitestgehend unbekannt und können oft nur visuell eingeschätzt werden. Auf den Ertrag wirken verschiedene Standortfaktoren, wie zum Beispiel die Bodenart, Wasserspeicherkapazität, Tongehalt und andere Eigenschaften des Bodens. Problematisch dabei ist, dass diese Faktoren nur schwer und mit hohem Aufwand zu erfassen wären. Deshalb werden im OFE oft verschiedene Sensoren und Verfahren genutzt um Standortparameter zu erfassen, mit denen auf die Standorteigenschaften und das mögliche Ertragspotential geschlossen werden und diese Informationen als Kovariable in einer statistischen Auswertung genutzt werden kann. Als Kovariablen lassen sich alle Messverfahren nutzen welche, ähnlich wie in Precision-Farming Ansätzen, Informationen zu den ertragsbeeinflussenden Standorteigenschaften liefern (Srinivasan, 2006). Dazu können Bodenproben, Höhen- und Reliefkarte, die Bodenschätzung, Messung der scheinbaren elektrischen Leitfähigkeit des Bodens, Ertragspotentialkarten aus historischen Ertragskarten, Blind- und Uniformitätsversuchen und Betriebsleitererfahrung genutzt werden (Schneider, 2011, S. 7).

Die Gewinnung von Bodenparametern wie Nährstoffversorgung, pH-Wert, organische Substanz, Tongehalt aus Bodenproben ist ebenfalls möglich. Die aus Bodenproben gewonnenen Informationen, besonders Tongehalt und pH-Wert, erklären die Variation des Ertrages recht gut (Rodrigues et al., 2012, S. 608). Jedoch würde eine engmaschige Beprobung in On-Farm Experimenten einen zu hohen Arbeits- und Kostenaufwand darstellen.

Durch die Bewegung von Wasser werden in einer Landschaft Verlagerungsprozesse von Bodenbestandteilen ausgelöst, welche damit die Bodeneigenschaften beeinflussen. Mit Hilfe von hochauflösenden digitalen Geländemodellen können aus dem Relief und Parametern wie dem Slope-

oder Wetness-Index, Bodeneigenschaften wie die Oberbodenstärke, Humusgehalt, pH-Wert sowie Schluff- und Sandanteil des Bodens abgeleitet werden (Moore et al., 1993, S. 443ff).

Die Anlage eines einheitlich behandelten Blind- oder Uniformitätsversuchs vor dem On-Farm Experiment (Richter und Kroschewski, 2009), liefert Anhaltspunkte zur Bodenheterogenität der Versuchsfläche. Die Schlüsse daraus werden genutzt, um das Versuchsdesign (Blockbildung, Bearbeitungsrichtung, Parzellengröße, Wiederholungen usw.) möglichst gut an die Standortbedingungen anzupassen (Gomez und Gomez, 1984, S. 479, 519). In Praxisbetrieben können auch die vorliegenden Ertragsdaten der letzten Jahre (historische Ertragsdaten) genutzt werden.

In Deutschland wurde zwischen 1936 und 1952 eine flächendeckende Schätzung des Bodenwertes vorgenommen. Die Ertragsfähigkeit des Bodens wurde anhand von Bodeneigenschaften wie Bodenart, Humus- und Steingehalt und Gründigkeit eingeschätzt und auf einer relativen Skala zwischen 7 und 100 klassifiziert. Rötcher (Rötcher und Christen, 2012) stellte zwischen der Bodenschätzung und dem Ertrag gute Zusammenhänge fest, womit auch die Bodenschätzung wertvolle Informationen zur Heterogenität des Standorts liefern könnte. Falls diese Daten in ausreichender Qualität vorliegen, wäre möglicherweise die Verwendung der Bodenschätzungsdaten als Kovariable auch vorstellbar.

Das größte Problem des Precision-Farmings ist die kostengünstige und schnelle Gewinnung von teilflächenspezifischen Informationen. Dazu wurde in den letzten Jahren eine Reihe von elektrischen, elektromagnetischen, optischen, radiometrischen, mechanischen, akustischen, pneumatischen und elektrochemischen Messverfahren entwickelt. Damit lässt sich die Bodenart, Feuchte, Humusgehalt, Salzgehalt, Nitratgehalt, Oberbodenstärke, Kationenaustauschkapazität und pH-Wert des Bodens direkt oder indirekt messen (Adamchuk et al., 2004, S. 71). Jedoch haben sich nur wenige dieser Messgeräte in der Praxis durchgesetzt. Dazu gehören beispielsweise optische flugzeug- oder satellitenbasierte Sensoren zur Gewinnung von Bodeninformationen. Dabei können aus Luftbildern (McCann, 1996, S. 368) oder Nahinfrarotaufnahmen, die organische Substanz, die Bodenfeuchte oder Bodenunterschiede abgeleitet werden (Adamchuk et al., 2004, S. 77). Ein weiteres vielversprechendes Sensorsystem ist das Veris MSP (Veris Tech. Salina, KS. USA) mit elektrochemischen Sensoren zur Messung der Ionenaktivität, woraus sich der pH-Wertes des Bodens ableiten und kartieren lässt (Adamchuk, 2007, S. 142). Mit mechanischen Sensoren lassen sich über die Messung des mechanischen Widerstandes, die räumliche Verteilung des Zugkraftbedarfs, Bodenverdichtungen und Pflugsohlen bestimmen.

Die Erfassung der von Bodeneigenschaften mit elektrischen Sensoren ist im Moment die gebräuchlichste Methode zur Erkennung von Bodenunterschieden. Mittlerweile sind verschiedene Systeme und Verfahren erhältlich. Bei Lück und Gebbers (2007) findet sich ein umfassender Vergleich und Beschreibung der Bodensensoren. Am bekanntesten sind davon das EM38 (Rhoades und Corwin, 1981), der Veris3100 (Lund et al., 1999), der OhmMapper (Walker und Houser, 2002) und der Geophilus (Lück und Rühlmann, 2010).

Das EM 38 der Firma Geonics Ltd. (Mississauga, Kanada) ist ein bodengestützter Sensor zur Messung der scheinbaren elektrischen Leitfähigkeit (apparent soil electrical conductivity, EC [mS]) des Bodens mit hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung. Das Messprinzip beruht auf der elektromagnetischen Induktion und benötigt dabei keinen Bodenkontakt. Dabei erzeugt die Primärspule (Sendespule) ein magnetisches Wechselfeld, welches in den Boden induziert und von der Sekundärspule (Empfängerspule) gemessen wird. Eine genaue Beschreibung des Messprinzips findet sich bei Hinck (2009). Die scheinbare elektrische Leitfähigkeit des Bodens ist ein Indikator für chemische und physikalische Bodeneigenschaften. Diese werden beeinflusst durch: den Wassergehalt, Kationenaustauschkapazität, Bodenart (Anteile an Ton, Schluff und Sand), Ionengehalt der Bodenlösung, Bodentemperatur und Bodendichte (Domsch, 2004, S. 9ff.). Jedoch kommen viele Autoren auch zu gegensätzlichen Ergebnissen, wie Hinck (2009, S. 29) feststellt. Damit ist es schwierig aus den Messergebnissen direkt auf eine der Einflussgrößen zu schließen. Der Zusammenhang mit dem Ertrag ist oft hoch, jedoch kann sich dieser von Jahr zu Jahr ändern oder je nach Witterungsverlauf komplett umkehren. Jung et al., (2005, S. 891) untersuchten aus diesem Grund die Ursachen für diese Variation und kamen zu dem Schluss, dass ein hoher Zusammenhang mit dem Niederschlag besteht. Der Ertrag korreliert demnach mit den physikalischen Bodeneigenschaften (Tongehalt, Kationenaustauschkapazität), welche auch den Ertrag beeinflussen. Das Ertragsniveau wird jedoch im höheren Maße durch die Niederschlagsmengen in der Wachstumsperiode bestimmt oder kehrt diesen Zusammenhang um. Es wird vorgeschlagen die EC-Messung zur Abschätzung und Abgrenzung von Bodeneigenschaften zu nutzen und in Verbindung mit Niederschlagsdaten auf das Ertragspotential zu schließen.

#### **2.2.4 Erfassung des Prüfmerkmals Ertrag mit Ertragserfassungssystemen**

In landwirtschaftlichen Feldversuchen wird meist der Ertrag (Kornertrag, selten Ganzpflanzenertrag) als Prüfmerkmal erfasst. Dieser wird als Parzellenmittelwert durch manuelles oder maschinelles Ernten mit Parzellenmähdreschern erfasst. Die Qualität des Getreides (Rohprotein, Fallzahl, Sedimentationswert, Hektolitergewicht) kann zusätzlich erfasst werden, um die Wirkungen auf diese Qualitätsmerkmale zu testen. In On-Farm Experimenten kann der Ertrag durch Wiegen der Erntemengen mit der Hofwaage, dem Parzellenmähdrescher (OFE auf Versuchsstationen) oder dem betriebseigenen Mähdrescher erfasst werden. Bei der Nutzung des betriebseigenen Mähdreschers bietet sich die Messung mit dem Ertragsmesssystem an. Vorteilhaft ist dabei die Aufzeichnung von lokalen, georeferenzierten Ertragswerten, welche die Heterogenität des Ertrags innerhalb der Parzelle widerspiegeln. Diese Informationen sind besonders wichtig für Precision-Farming Versuche und bei Verwendung der georeferenzierten Daten in einer geostatistischen Auswertung. Schon seit Ende der 1980er Jahre sind verschiedene Ertragsmesssysteme auf dem Markt erhältlich, welche durch Sensoren und GPS die Position und Kornerträge der Mähdrescher erfassen und diese zu Ertragskarten verarbeiten. Mit den Variablen Schneidwerksbreite, Vorfahrtsgeschwindigkeit, Messintervall und dem Durchsatz des Erntegutes lassen sich die lokalen Erträge berechnen. Zur

Messung des Durchsatzes wird am Kornelevator der Volumen- oder Massenstrom gemessen und zu lokalen Ertragspunkten umgerechnet (Steinmayer, 2002, S. 8ff.).

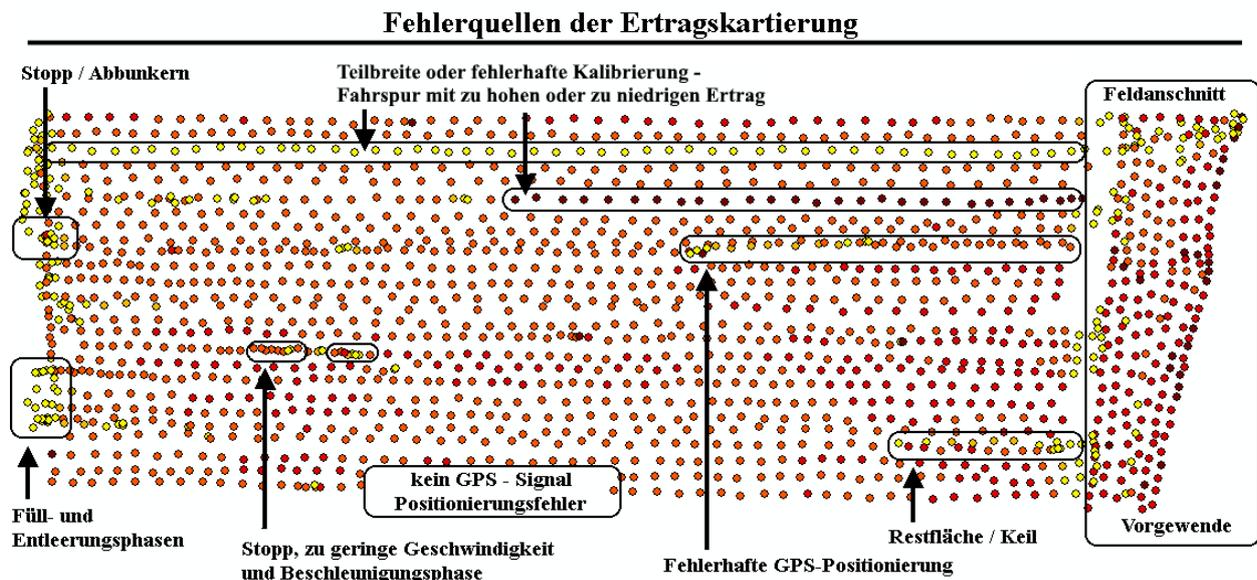


Abbildung 6: Fehlerquellen der Ertragskartierung (eigene Darstellung)

Um aus den Ertragsdaten aussagekräftige Ergebnisse zu gewinnen, muss das Prüfmerkmal in hoher Qualität erfasst werden. Die Ertragsdatensätze sind jedoch zu einem großen Teil fehlerhaft, was bei der Arbeit mit Ertragsdaten unbedingt beachtet werden muss. Die Qualität der Ertragsdaten ist abhängig von den jeweiligen Einsatzbedingungen, genutzten Sensoren und deren Messgenauigkeit und Kalibrierung. Steinmayer (2002) und Noack (2006) analysierten verschiedene Ertragsmesssysteme und stellten fest, dass die Durchsatzmessung durch verschiedene Fehlerquellen (siehe Abbildung 6) in beide Richtungen schwanken kann.

#### 2.2.4.1 Technische Fehlerquellen

Fehlmessungen in Ertragsdaten entstehen durch technische und systematische Fehlerquellen bei der Messung im Ertragskartierungssystem. Zu den technischen Fehlerquellen gehören die Verschmutzung und Beschädigung von Sensoren, Positionierungsfehler, Messfehler der Kornfeuchtebestimmung und Bedienungs- und Kalibrierungsfehler (Steinmayer, 2002, S. 25).

Verschmutzung und Beschädigungen der Sensorlinse können zu Fehlmessungen führen. Eine regelmäßige Säuberung und Wartung des Mähdreschers, des Ertragsmesssystems sowie der zugehörigen Sensoren, ist die Grundlage einer störungsfreien und exakten Merkmalerfassung. Durch schlechten Satellitenempfang, Abschattung oder Störung des Signals (Bäume, Hochspannungsleitungen, usw.) oder technische Fehler kann es zum Ausfall des GPS-Signals oder fehlerhaften Positionsangaben (Positionierungsfehler) kommen, weshalb On-Farm Versuchsfelder nicht auf Schlägen mit schlechtem Satellitenempfang (Hindernisse, Strommasten, Bäume, Täler) angelegt werden sollen. Zur Verbesserung der Positionierung kann auch ein vorhandenes Korrektursignal

genutzt werden. Eine weitere technische Fehlerquelle sind relative Messfehler der Kornfeuchtemessung. Der Massestrom muss auf eine einheitliche Basisfeuchte (Lagerfeuchte) korrigiert werden. Dazu wird nach dem kapazitative Verfahren, kontinuierlich durch einen Sensor die elektrische Leitfähigkeit des Erntegutes gemessen und daraus die Kornfeuchte abgeleitet (Steinmayer, 2002, S. 15). Auch dieser sollte nach den Angaben des Herstellers kalibriert und gewartet werden. Falsche Messungen führen nach der Feuchtekorrektur der Ertragswerte zu verfälschten Ergebnissen, welche sich im Nachhinein nur schwer erkennen und beheben lassen. Oft kommt es auch zu Bedienungs- und Kalibrierungsfehler durch die Mähdrescherfahrer. Wichtig ist es schon vor und während der Merkmalerfassung, durch die richtige Kalibrierung und Bedienung des Ertragsmesssystems, möglichst viele Fehlerquellen auszuschließen. Aus diesem Grund ist eine Schulung der Fahrer zur Funktionsweise und Bedienung des Ertragsmesssystems notwendig. Nicht oder falsch kalibrierte Ertragsmesssysteme liefern nur nutzlose oder schwer interpretierbare Ergebnisse (Watermeier, 2001). Deshalb ist es wichtig vor der Ernte eines Schlages das Ertragsmesssystem nach den Angaben des jeweiligen Herstellers genau zu kalibrieren. Im Allgemeinen sind folgende Punkte zu beachten:

- Vorbereiten der Speichermedien (Schläge/Aufträge vorher anlegen und bezeichnen)
- Regelmäßiges Sichern der Daten
- Sensoren (Ertrags- Kornfeuchte, Schneidwerks- Geschwindigkeits-/Radumdrehungssensor vor der Ernte des Versuchsfeldes säubern auf Schäden überprüfen und testen)
- Autopilot und Lenkhilfesysteme kalibrieren und testen
- Prüfen ob auf dem gesamten Feld ein gutes GPS-Signal empfangbar ist (auch Korrektursignal)
- Die richtige Schnittbreite einstellen
- Kalibrierung der Sensoren
- Rückwiegen der Erntemenge

Bei volumetrischen Ertragsmesssystemen wird, mit der aus dem Erntegut ermittelten mittleren Schüttdichte (Hektolitergewicht-), der Massenfluss berechnet, wodurch bei diesen Systemen eine weitere wichtige Fehlerquelle entsteht. Das Hektolitergewicht sollte deshalb laut Hersteller mehrmals am Tag oder nach dem Schlag- und Sortenwechsel mit einem Messzylinder gemessen werden, um damit anschließend das Ertragsmesssystem zu kalibrieren. Falls die Neukalibrierung in sehr heterogenen Beständen (Schwankung des Hektolitergewichtes) nicht erfolgt, kann es zu großen Messfehlern kommen (Steinmayer, 2002, S. 15). Trotz gewissenhafter Kalibrierung kommt es oft zu Abweichungen zwischen den Ertragsdaten und der Realwiegen auf der Hofwaage. Diese relative Abweichung der Gesamtertragshöhe kann man nachträglich mit den Werten der Realwiegen korrigieren oder während des Druschvorgangs zur Kalibrierung des Messsystems nutzen.

#### 2.2.4.2 Systematische Fehlerquellen

Nach Steinmayer (2002, S. 12) entstehen systematischen Fehlerquellen durch Abläufe während dem Mähdrusch und den Datenverarbeitungsprozessen im Ertragsmesssystem. Diese lassen sich nicht vermeiden und nur teilweise nachträglich korrigieren. Ein systematischer Fehler wie eine unvollständige Kartierung oder mehrere in einem Auftrag erfasste Schläge entstehen, falls der

Fahrer das Starten oder Stoppen des Kartiervorgangs vergisst. Die Geschwindigkeit des Mähdeschers wird mit Umdrehungssensoren am Rad oder Radarsensoren bestimmt. Durch Schlupf auf schlammigen Boden kommt es zu Fehlern bei der Wegmessung und damit auch bei der Berechnung der Geschwindigkeit und der Erntefläche. Auch zu starkes Beschleunigen (Anhalten, Anfahren, plötzliches Abbremsen) führt zu Fehlmessungen der Geschwindigkeit, was zu unterschätzten Erträgen führt. Beim Abbremsen kann es zu extrem hohen Ertragswerten kommen, da eine Geschwindigkeit nahe Null angenommen wird, während das Dreschwerk nachläuft und den Durchsatz misst. Die Fahrer sollten deshalb möglichst eine konstante Fahrgeschwindigkeit einhalten, unnötige Stopps vermeiden und ein Abbunkern sollte nur am Vorgewende im Stand erfolgen. Durch Fremdbesatz im Druschgut (Spreu, Stroh, Unkraut und Boden) kann der Ertrag über- oder unterschätzt werden, da diese Bestandteile am Elevator miterfasst werden oder die Messung der Kornfeuchte verfälschen. Eine der häufigsten Fehlerquellen ist eine nicht vollständige Ausnutzung der Schneidwerksbreite. Bei der Umrechnung in Flächenerträge geht die Schnittbreite als konstanter Faktor in die Flächenberechnung ein. Deshalb sollte das Schneidwerk für exakte Messungen kontinuierlich voll ausgelastet werden.

Bei der volumetrischen Durchsatzmessung und dem Impulsmesssystem kann es am Hang, durch das Neigen des Fahrzeugs und damit auch des Elevators, zu Fehlmessungen kommen. Nach Steinmayer (2002, S. 15) kommt es beim volumetrischen System trotz Sensoren zur Neigungskompensation zu deutlichen Messfehlern.

Das Drusch und Transportverhalten des Korns während des Druschvorgangs führt zu weiteren systematischen Fehlern. So kommt es durch den Effekt der Maschinenbefüllzeit zu Fehlmessungen nach Füll- und Entleerungsphasen am Schlaganfang und -ende. Beim Anschnitt ist das Dreschwerk noch leer, während der Drescher sich fortbewegt, benötigt das Druschgut noch eine längere Zeit bevor es am Elevator gemessen wird. Dadurch werden nach dem Beginn des Druschvorgangs zu geringe Ertragswerte gemessen. Die Dauer der Füllphase ist abhängig von Länge der Unterbrechung davor (Füllung der Dreschorgane), Mähdeschertyp und dem Erntegut. Auch beim aus dem Bestand herausfahren werden noch Werte geschrieben, da sich noch Korn im Elevator befindet (zu geringe Ertragswerte). Gründe für den Zeitversatz sind unterschiedliche Strecken auf dem Schneidwerkstisch sowie der Zeitversatz zwischen Positionsmessung und Durchflussmessung (Gebbers und Domsch, 2007, S. 83). Dieser Zeitversatz wird meist schon im Mähdescher durch Algorithmen korrigiert. Durch die Vermischung und Transportvorgänge der Erntepartien im Drescher (Schüttler, Überkehr) kommt es zu einer Glättung der Ertragswerte. Die Höhe dieser Glättung ist bei den Ertragsmesssystemen unterschiedlich stark ausgeprägt. Auch stellt diese Glättung möglicherweise eine Ursache für die starke Autokorrelation der Ertragswerte innerhalb der Parzelle dar. Durch Unwetter vor der Ernte oder zu hohe Düngergaben kann es zu Lager im Bestand kommen. Diese beeinflussen durch hohe Verluste die Ernte und Merkmalerfassung, da bei abgesenktem Schneidwerk weniger erfasst wird. Im Versuchsfeld sollten Abschnitte mit Lager nicht oder nur mit Vorsicht in die Auswertung einbezogen werden. In der Messung der Ertragsdaten liegt meist auch eine zufällige Streuung der Messfehler um die „Realität“ vor (Steinmayer, 2002,

S. 12). Weiterhin kommt es durch die Maschinenvibrationen und äußere Erschütterungen während der Fahrt zu einer weiteren Beeinflussung der Messungen. Diese Effekte wirken in der Ernte zusammen und sind nur schwer voneinander zu trennen, da sie in verschiedene Richtungen wirken, sich summieren oder gegenseitig aufheben können. Wenn möglich sollten Teilbreiten, Unkrautnester, Fehlstellen markiert werden (Flaggen setzen), um sie dann in der Datenbearbeitung und Filterung zu löschen.

#### 2.2.4.3 Bearbeitung, Filterung und Korrektur der Ertragsdaten

Da selbst bei Beachtung aller Hinweise zur Fehlervermeidung die Daten immer noch fehlerbehaftet sind, müssen diese weiterverarbeitet werden. Die Nachbereitung und Korrektur der Daten sollte möglichst schnell nach der Ernte erfolgen um die natürlichen Gegebenheiten zu beachten. Die fehlerhaften Werte der Ertragsdaten können nachträglich durch Filterung gelöscht werden und nachträglich in der relativen Höhe korrigiert werden. Die Berechnung der Ertragswerte erfolgt meist schon auf dem Ertragsmonitor im Mähdrescher (Steinmayer, 2002, S. 16). Dabei werden dann in Abhängigkeit von der gedroschenen Fläche, lokale Erträge und verschiedene Parameter mit hoher Frequenz gemessen, aggregiert und abgespeichert. Zur Bearbeitung der Ertragsdaten geben Noack (2006, S. 26) und Schön (2012, S. 31) folgende Verarbeitungsschritte an:

- Ernte der Versuchspartellen
  - Ertragserfassung mit Hilfe von Realwiegung oder Ertragsmesssystem
  - Fehlmessungen vermeiden
- Datenhaltung
  - Zuordnung zu Schlägen und Parzellen
  - Import der Rohdaten ins GIS
  - Sortierung der Daten
  - Koordinatenkonvertierung ins metrische System
- Filterung von fehlerhaften Daten
  - Filter zur Identifizierung von Ausreißern und verzerrten Ertragswerten
- Datenauswertung
  - statistische oder geostatistische Analyse

Eine Übersicht zu verschiedenen Methoden der Filterung und Bearbeitung von Ertragsdaten findet sich bei Blackmore und Marshall (1996), Noack (2006) und Steinmayer (2002). Für die Nutzung von Ertragsdaten in der Wissenschaft oder Grundlage zur Anwendung von Precision-Farming Techniken ist eine Filterung der Daten unerlässlich. Obwohl das Problem der Fehlerhaftigkeit der Ertragsdaten schon seit langem bekannt ist, gibt es bisher noch keinen allgemein gültigen Filterungsansatz. Schön (2012, S. 33) teilt die Filteransätze in globale und lokale Ansätze ein. Bei globalen Filtern wird der gesamte Datensatz betrachtet. Bei lokalen Filteransätzen werden nur Teilmengen betrachtet. Der Vorteil bei der Betrachtung von lokalen Teilmengen ist es, dass kleinräumige Heterogenität beachtet wird. Bei globalen Filtern besteht die Gefahr, dass Niedrigertragszonen als fehlerhafte Messungen betrachtet und gelöscht werden. Im Extremfall, bei der Korrektur von Versuchsdaten mit stark unterschiedlichem Ertragsniveau zwischen den Prüfgliedern, können dabei ganze Parzellen fälschlicherweise als fehlerhaft erkannt werden.

### a) manuelle Ertragsdatenbereinigung

Oft wird aus Mangel an Alternativen eine manuelle Bereinigung der Ertragsdaten vorgenommen. Vorteilhaft dabei ist, dass dieser Ansatz einfach und schnell umzusetzen ist und keine weitere Software benötigt wird. Nachteilig ist dagegen, dass die globalen Plausibilitätsgrenzen für Ausreißer willkürlich gewählt werden und lokale Heterogenität im Feld nicht beachtet werden. Im Anschluss wird üblicherweise eine subjektive Löschung von "verdächtigen Werten" nach optischer Einschätzung durchgeführt. Problematisch dabei ist, dass keine festen Kriterien und Algorithmen angewendet werden, sondern nur nach dem subjektiven Gefühl des Bearbeiters entschieden wird, welche Daten entfernt werden. Die Bereinigung der Daten ist dann nicht dokumentierbar und reproduzierbar. Auch besteht die Gefahr der unbeabsichtigten (oder beabsichtigten!) Bevorteilung eines Prüfgliebes im Versuch. Bei einer manuellen Löschung von Daten ist es möglich, dass in einem Prüfglied (Prüfglied 1) mehr niedrige Ertragspunkte gelöscht werden und im zweiten Prüfglied mehr hohe Ertragspunkte entfernt werden. Dadurch wäre der durchschnittliche Ertrag im Prüfglied 1 nach oben verschoben und würde in der Auswertung des Versuchs besser abschneiden als es in der Realität der Fall wäre. Manipulationen sind dadurch möglich. Es wurden von verschiedenen Autoren Vorschläge zur Bereinigung der Ertragsdaten gemacht. Eine Übersicht dazu findet sich bei Steinmayer (2002, S. 26). So wurden Intervallgrenzen an Hand der Häufigkeitsverteilung bei Nutzung des arithmetischen Mittels oder der Standardabweichung (3 *Std.*, 2 *Std.*) erstellt, wodurch Ertragswerte selektiert wurden. Weiterhin werden globale Grenzwerte für Fahrgeschwindigkeit und Ertrag genutzt. Grabo (2006, S. 85) beschrieb zum Beispiel eine Vorgehensweise zur Bearbeitung von Ertragsdaten. Dabei werden die Vorgewende komplett verworfen und die Datensätze auf das gewogene Ertragsniveau korrigiert. Zur Erkennung von Ausreißern wird ein Plausibilitätstest über das Histogramm und der Standardabweichung genutzt. Anschließend wird eine optische Prüfung der Daten durchgeführt.

### b) Globale Filter

Mittlerweile gibt es verschiedene in Softwarelösungen implementierte Filter zur Korrektur der Rohdaten. Dazu werden oft globale Schwellenwerte für verschiedene Parameter genutzt. Zum Beispiel wurde der Yield Editor (Sudduth und Drummond, 2007) zur Filterung von AgLeader- und Greenstar-Ertragsrohdaten entwickelt. In diesem Filter wird dabei ein Zeitversatz, Korrektur der Kornfeuchte, Füll- und Entleerungsphasen, Fehlmessungen der Geschwindigkeit, Beschleunigung, manuell markierte Teilbreiten und Schwellenwerte für den Ertrag berücksichtigt. Ertragsausreißer werden ebenfalls mit Hilfe von durch die Standardabweichung definierten globalen Toleranzbereichen ( $MW \pm 2 \text{ Std.}$ ) erkannt. Im Anschluss ist es möglich durch eine optische Sichtung, Ausreißer manuell zu entfernen (Drummond, 2006). Bei der BitMap-Methode (Han et al., 1996) werden die Koordinaten genutzt, um mit geometrischen Berechnungen die Schnittbreite zu korrigieren und zu große Abweichungen von der optimalen Schnittbreite anschließend zu löschen.

### c) Lokale Filter

Im Gegensatz zu den globalen Filtern, haben lokale Filter den Vorteil, dass diese die Heterogenität des Versuchsfeldes besser beachten. Dazu werden die Ertragsdatenpunkte nur mit benachbarten Datenpunkten innerhalb eines definierten Bereichs verglichen. Die Form und Größe und Vergleichsalgorithmen können dabei stark variieren. So entwickelte Bachmaier (2010a und 2010b) einen lokalen Filter mit gleitenden Schmetterlingsnachbarschaften zur Identifizierung von Ertragsausreißern, welcher mit gleitenden schmetterlingsförmigen Paraboloiden die Nachbarpunkte einbezieht. Die Ertragswerte erhalten einen Wahrscheinlichkeitswert zwischen 0 und 1 zur Beurteilung ihrer Fehlerhaftigkeit und können so gewichtet in die Interpolation von Ertragskarte einbezogen werden. Ein weiterer lokaler Filter mit gleitenden Nachbarschaftstests wurde vom der Universität Nebraska entwickelt (Simbahan et al., 2004), bei dem die Ausreißer bei einem Überschreiten eines Toleranzbereiches ( $MW \pm 3\sigma$ ) entfernt werden. Dieser Toleranzbereich sollte jedoch nicht als fix angesehen werden, sondern an die Bedingungen des Feldes angepasst werden. Weiterhin werden Ertragsschwellenwerte genutzt, bei dem das Maximum beim standortspezifischen biologisch maximalen Ertrag und das Minimum nahe bei null liegen. Der TAES-Filter (Texas Agricultural Experimental Station) nach Beck et al. (1999) vergleicht ebenfalls lokale benachbarte Ertragsdaten. Kombiniert wird dieser mit variablen Plausibilitätsgrenzen zu Ertrags- Geschwindigkeits- und Feuchtwerten, welche ober- und unterhalb davon gelöscht werden. Weiterhin werden Punkte in Wendephase und Punktüberlappungen (zu geringe effektive Schneidwerksbreite) entfernt. Der Algorithmus des Expert-Filters nach Blackmore und Moore (1999) wurde in einer Software umgesetzt (Schrenk, 2012). Der lokale Filter vergleicht Fahrspursegmente als zusammenhängende Abschnitte. Alle Segmente deren mittlerer Ertrag um 30 % vom Ertrag des Nachbarsegments abweicht, werden gelöscht. Mit globalen Schwellenwerten werden Füllzeitfehler ( $< 35$  s), Geschwindigkeit ( $< 1,8$  km/h), Ortungsfehler ( $> 18$  m) und Schwellenwerte für Ertragsausreißer ( $< 1$  t/ha und  $> 11$  t/ha) beachtet. Noack (2006) entwickelte mit der H-Methode einen Algorithmus bei dem die Ertragswerte benachbarter Fahrspuren verglichen werden. Positive und negative Ertragspeaks, die sich nicht in einer gewissen Entfernung in den benachbarten Ertragsspuren widerspiegeln, werden als fehlerhaft angesehen. Mit dem YieldSweeper entwickelten Gebbers und Domsch (2007) eine Software zur automatischen Nachbearbeitung von Ertragsdaten. Dabei werden die Ansätze der Bitmap-Methode, des Expert Filters und der lokalen Filterung nach der H-Methode kombiniert. Entfernt werden doppelte Punkte, Messwerte nach dem Start (25 sec.) und vor dem Stopp (10 sec.), zu kurze Fahrspursegmente sowie Ausreißer mit Hilfe eines lokalen räumlichen Filters und globaler individuell festgelegter Schwellenwerte. Mit der BitMap-Methode erfolgt eine Korrektur des Ertrags, durch die Bestimmung der effektiven Erntefläche. Dazu werden anhand von Schneidwerksbreite und Abständen zwischen zwei benachbarten Punkten in der Fahrspur Polygone berechnet. Diese Methode erwies sich bisher nicht als optimal, da es durch Ungenauigkeiten des GPS zur Überschätzung der Erträge kommt.

#### **d) Korrektur der Ertragsdaten**

Es zeigte sich bei verschiedenen Versuchen, dass durch schlechte Erntebedingungen oder unzureichende Kalibrierung des Ertragssensors die gemessenen Ertragsdaten von der Realwiegung abweichen (Dicke und BÜchse, 2012, S. 106). Die Gründe für unterschiedliche Ergebnisse zwischen Realwiegung und Ertragsdaten können Fehlmessungen des Hektolitergewichtes (volumetrisches Messverfahren), der Feuchtemessung oder Transportverluste sein. Bei Ertragsmesssystemen welche mit einer Massestrommessung mit Prallplatte arbeiten, kann es zu Ablagerungen von Fremdmaterial auf der Prallplatte kommen, welche den Kornstrom dämpfen und dadurch Fehlmessungen verursachen können. Aus diesem Grund ist bei allen Ertragsmesssystemen eine Überprüfung der realen Erntemenge anhand einer Wiegung mit der Hofwaage notwendig (Steinmayer, 2002, S. 14).

Bei der Verwendung von Ertragsdaten zur Auswertung von On-Farm Experimenten ist die Erfassung der realen Erntemenge durch eine Realwiegung (Hofwaage, Feldrandwaage) unerlässlich. Die damit ermittelten Daten lassen sich zur Kalibrierung der Ertragssensoren des Mähdreschers und für eine nachträgliche Korrektur der Ertragsdaten verwenden. Oft sind diese anhand einer Rückwiegung ermittelten Abweichungen, größer als die unter optimalen Bedingungen ermittelten durchschnittlichen Messfehler nach Angaben der Hersteller der Ertragssensoren. Deshalb ist von nicht immer vermeidbaren Bedien- und Kalibrierungsfehlern im Praxiseinsatz auszugehen. Bei zu großen Abweichungen sind die Ertragsdaten gegebenenfalls nicht für eine Versuchsauswertung zu verwenden. Zur Beurteilung der erforderlichen Qualität, zur Verwendung von Ertragsmesssystemen in On-Farm Experimenten, liegt im Moment nicht ausreichend Datenmaterial vor.

### **2.3 Statistische Auswertung von On-Farm Experimenten**

Die Besonderheiten der statistischen Auswertung von On-Farm Experimenten werden durch die Biometrische Gesellschaft zusammengefasst (IBS-DR, 2012). Dabei wird zwischen Versuchen mit und ohne georeferenzierten Daten unterschieden. Bei der Auswertung von OF-Experimenten ohne georeferenzierten Daten mit Hilfe der Varianzanalyse, wird eine konstante Korrelation der Messfehler vorausgesetzt. Diese Annahme erscheint jedoch auf heterogenen OF-Flächen nicht realistisch. Hinzukommen fehlerhaft arbeitende Sensoren der Merkmalerfassung und systematische Bodenunterschiede. Falls georeferenzierte Daten (mit oder ohne teilflächenspezifischer Applikation von Betriebsmitteln) vorhanden sind, empfiehlt sich eine geostatistische Auswertung um die räumliche Heterogenität und Trends der Versuchsflächen in die Auswertung einzubeziehen. Eine varianzanalytische Auswertung könnte zu fehlerhaften Aussagen führen, da die im Versuchsfeld vorliegende Variation nicht ausreichend beachtet wird. Die Variabilität im Feld kann durch die Erhöhung des Stichprobenumfangs, Klassifizierung der Gesamtstichprobe und einer Nutzung von Zusatzinformationen wie die Modellierung räumlicher Korrelation und die Einführung von Kovariablen, kontrolliert werden (Thöle, 2010, S. 9).

### 2.3.1 Räumliche Heterogenität und Trends in On-Farm Experimenten

Bei der Anlage von Feldversuchen sind die Grundsätze der Wiederholung und Randomisation der Prüfglieder sowie die Blockbildung zur Kontrolle der Störfaktoren. Innerhalb der Blocks sollen möglichst homogene Ausgangsbedingungen vorliegen und das Ceteris-Paribus-Prinzip eingehalten werden. Das heißt es sollten nur die zu untersuchenden Faktoren (Prüfglieder z.B. zwei Düngungsvarianten) variiert werden, wohingegen alle anderen Faktoren (Konstantfaktoren, z.B. Sorte, Pflanzenschutz, etc.) möglichst gleich und unverändert auf das zu prüfende Merkmal (Prüfmerkmal, z.B. Ertrag) wirken sollen. Die Eigenschaften von Versuchsflächen in Praxisbetrieben sind meist nicht ausreichend bekannt oder nicht in ihren Eigenschaften visuell erkennbar, so dass eine Versuchsanlage mit homogenen Ausgangsbedingungen wie auf Versuchsstationen, nur schwer zu realisieren ist. Falls die Heterogenität der Versuchsfläche nicht beachtet wird steigt der Versuchsfehler, was dazu führen kann das keine sicheren Aussagen zur Fragestellung getroffen werden können (Piikki et al., 2013, S. 47). Im OF-Versuch ist es schwierig das Ceteris-Paribus-Prinzip einzuhalten, da durch die vorwiegend heterogenen Bedingungen im Feld die Konstantfaktoren schwer zu definieren, einzuhalten und zu kontrollieren sind, womit der Versuchsfehler ansteigt und damit Präzision des Versuchs verloren geht (Thöle, 2010, S. 23).

Die Versuchsflächen im On-Farm Research weisen eine nicht unbedeutende Ertrags- und Bodenheterogenität auf. Auf den großen Versuchsflächen sind die ertragsbestimmenden Faktoren vielfältig, nicht sicher zu definieren und zu messen (Stroup et al., 1994). Weiter liegt ein daraus resultierender Bodentrend meist nicht linear (in eine Richtung), sondern als unregelmäßig wechselnde Zonen im Feld vor. Meist liegen die Gründe einer Variabilität innerhalb eines Schrages schon in der Entstehungsgeschichte und Aufbau des Bodens und sind schon seit langer Zeit vorhanden. Wie zum Beispiel die Bodenart, Unterboden und alte Schlaggrenzen und Wege im Feld. Aber auch verschieden kurzfristige umweltbedingte Ursachen können zu heterogenen Bedingungen im Versuchsfeld führen, so zum Beispiel:

- Verlagerung des Oberbodens durch Erosion
- Feuchte Stellen im Feld
- Bodenfeuchte nimmt von einem Ende zum anderen ab
- Unterschiedliche Beschattung des Feldes im Tagesverlauf
- Hauptwindrichtung
- Unkrautdruck an bestimmten Stellen
- Schädlingsdruck an bestimmten Stellen
- unterschiedliche Bodenbearbeitung und Bodenverdichtungen

Auch in On-Farm Experimenten werden homogene Bedingungen innerhalb der Blöcke angestrebt, was aber nur begrenzt möglich ist und wodurch es oft zu heterogenen Ausgangsbedingungen zwischen den Prüfgliedern kommt und damit eine Variante übervorteilt werden könnte. Eine Anpassung und Verschiebung der Parzellen und Blockgrenzen bei der Versuchsplanung, um anhand der durch Sensoren erfassten Informationen homogene Bedingungen zu schaffen, wie es von (Schneider, 2011, S. 33) versucht wurde, kann dieses Problem nicht vollständig lösen. Trotzdem

sollten die Standortbedingungen möglichst in die Anlage und Auswertung des Versuchs einbezogen werden. Die Möglichkeiten zur Blockbildung sind meist begrenzt, da die Bearbeitungs- und Drillrichtung des Schlages unveränderlich ist und die Parzellenbreite durch die betriebsübliche Technik bestimmt wird. Oft muss über die gesamte Feldlänge eine Variante (Streifenversuch) angelegt werden da, ein Variantenwechsel im Streifen technisch nicht möglich ist.

Fehlerhafte Sensoren (Fehler in der Ertragskartierung) und systematische, nicht erkannte Bodenunterschiede wirken auf das Prüfmerkmal und führen zu einer Einschränkung der Treffgenauigkeit. In der Planung und Auswertung von On-Farm Versuchen müssen daher die Grundprinzipien der Versuchsplanung eingehalten werden, um möglichst präzise Ergebnisse zu erhalten. Der Versuchsfehler lässt sich durch die Wahl eines möglichst homogenen Versuchsfeldes und der Anwendung der drei wichtigsten Prinzipien der Versuchsplanung also Randomisation, Blockbildung und Wiederholung, reduzieren. Wiederholungen, also eine zeitgleiche Anlage der Prüfglieder, werden angelegt um die Präzision des Versuchs zu erhöhen. Aus diesem Grund werden im Parzellenversuch auf Versuchsstationen möglichst viele Wiederholungen angelegt (Thöle, 2010, S. 27). Im OF-Experiment dagegen ist die Anzahl der Parzellen meist durch die große Parzellengröße und die Schlagfläche begrenzt. Wird der Feldversuch zu umfangreich, so steigen die Kosten der Versuchsdurchführung und die Heterogenität der Fläche nimmt zu, womit der Versuchsfehler wiederum steigt (Thöle, 2010, S. 27). Der Versuchsfehler lässt sich reduzieren, durch die Erhöhung des Stichprobenumfangs und eine Stratifikation (Klassifizierung oder Schichtung) der Gesamtstichprobe (Thöle, 2010, S. 9). Auch die Nutzung von Zusatzinformationen (Modellierung von Autokorrelation, Einführung von Kovariablen) ist eine Alternative. Durch die Bildung von Pseudoblocks neben der vorherigen Blockbildung, lässt sich die Heterogenität in den Versuchsfeldern erfassen (Hurlbert, 1984, S. 187ff.).

Ein weiterer wichtiger Grundsatz beim Anlegen von Feldversuchen ist die Randomisation der Prüfglieder im Block. Oft wird gerade die Randomisation aufgrund von organisatorischen Problemen vernachlässigt oder von vornherein ausgeschlossen. Dieser Grundsatz sollte jedoch generell eingehalten werden (Piepho et al., 2012, S. 37). Nur bei vollständiger Randomisation sind die Effekte zwischen den Parzellen unabhängig, womit es möglich ist eine varianzanalytische Auswertung durchzuführen.

Unter Blockbildung versteht man die Zusammenfassung solcher Parzellen, von denen eine einheitliche Wirkung auf das Prüfmerkmal erwartet wird. Das heißt, einheitliche Ausgangsbedingungen sollen geschaffen werden und systematische Einflussfaktoren (Bodenunterschiede) sollen berücksichtigt werden. Bei der Blockbildung sollen durch die bewusste räumliche Platzierung des Blocks die Bodenunterschiede und deren Einfluss minimiert werden (Thöle, 2010, S. 29). Dabei werden großräumige Störfaktoren erfasst und die Blöcke nach der räumlichen Bodenheterogenität angelegt (Gomez und Gomez, 1984, S. 21), womit sich nach Thöle (2010, S. 29) vor allem Positionseffekte erfassen lassen. Diese durch die räumliche Lage von Versuchseinheiten bedingte Störgröße entsteht durch Bodenunterschiede im Versuchsfeld, aber auch durch das Relief (Hang, Kup-

pen, Senken) der Versuchsfläche. Weitere Einflüsse wie Personal-, Termin- und technische Effekte lassen sich ebenfalls erfassen. Die Durchführung der Randomisation und Blockbildung hängt jedoch von der korrekten Einschätzung der Bodenheterogenität ab, was aber in On-Farm Experimenten aufgrund fehlender Informationen zur Verteilung der Bodenunterschiede oft schwierig ist.

Eine weitere Möglichkeit ist es durch Sensoren die Heterogenität des Standorts zu erfassen und damit möglichst homogene Flächen auszuwählen oder diese Informationen als Kovariable in eine geostatistische Auswertung einzubeziehen (Piikki et al., 2013, S. 47). Kovariablen sind quantitative Störgrößen, die das Prüfmerkmal beeinflussen, aber nicht mit der Wirkung der Prüfglieder zusammenhängen. Im OF-Experiment können das Bodenunterschiede, Unterschiede im Ertragspotential, Relief oder andere erfassbare Merkmale sein, welche das Prüfmerkmal beeinflussen können. Sie sollten räumlich vorliegen und kostengünstig, mit Bodenscannern, Ertragskartierungssystemen oder anderen Sensoren, zu erfassen sein (Grabo, 2006). Damit besteht die Möglichkeit sie als Zusatzinformation (Kovariable) für eine geostatistische Auswertung zu nutzen (Thöle, 2010, S. 30). Eine geostatistische Auswertung mit Beachtung von räumlichen Trends führt jedoch nicht immer zur Verbesserung der Versuchsergebnisse, da der größte Teil der Variation im Feld durch die Blockbildung abgedeckt wird, die Heterogenität nicht groß genug ist oder das Prüfmerkmal nicht ausreichend beeinflusst (Piikki et al., 2013, S. 51).

Im On-Farm-Research lassen sich die räumlichen Daten der Boden- und Ertragssensoren nutzen um als Kovariable in eine geostatistische Auswertung einbezogen werden. Johnson, et al. (2003, S. 603) schlagen vor die Daten der Leitfähigkeitsmessung des Bodens (EC) als Ausgangspunkt zur Anlage von großflächigen On-Farm-Versuchen zu nutzen. Dazu sollen die Versuchsfehler der Parzellen geschätzt oder die Felder an Hand der Leitfähigkeit in Bodenzonen mit ähnlichen Eigenschaften eingeteilt werden.

### **2.3.2 Räumliche Korrelationen**

Zwischen benachbarten Parzellen bestehen Abhängigkeiten, wie schon Wiebe (1935) bei der Auswertung von Weizensortenversuchen erkannte. Er zeigte in seinen Versuchsdaten, dass zwischen benachbarten Parzellen positive Korrelationen der Kornerträge bestehen, welche mit zunehmender Distanz fallen. Die räumliche Kovarianz stellt eine wichtige Eigenschaft von Beobachtungen in landwirtschaftlichen Feldversuchen dar. Die Annahme der räumlichen Kovarianz ist begründet durch Bodeneigenschaften, das Mikroklima und Pflanzenreaktionen (Spilke und Richter, 2007). Die Notwendigkeit der Beachtung von räumlichen Trends und Kovarianzen für unverfälschte Schätzungen der Behandlungseffekte und der statistischen Signifikanz dieser Effekte wurde in verschiedenen wissenschaftlichen Publikationen hervorgehoben. Hu und Richter (2006) zeigten systematisch den Effekt auf die Präzision des statistischen Tests, wenn eine existierende räumliche Kovarianz nicht beachtet wird. Es zeigte sich immer ein Verlust an Präzision beim Vorliegen einer räumlichen Variabilität. Bei einer geringen räumlichen Variabilität ist auch der Verlust an Präzision gering im Vergleich zum korrekten räumlichen Model (Spilke und Richter, 2007).

Bei der statistischen Auswertung landwirtschaftlicher Feldversuche wird seit einigen Jahren die Berücksichtigung dieser räumlichen Korrelationen diskutiert (Legendre, 1993, S. 1671). Ohne Beachtung der Autokorrelation könnte der Schätzer zwar unverzerrt, jedoch aber ineffizient bleiben. Die Präzision wird aufgrund verzerrter Schätzer der Standardfehler überbewertet, woraus zu geringe p-Werte in Tests folgen (Gotway und Cressie, 1990). Dadurch entsteht die Gefahr eines fälschlichen Verwerfens der Nullhypothese und als Folge falsche statistische Rückschlüsse (Hurlbert, 1984).

### **2.3.3 Geostatistische Auswertungsansätze zur räumlichen Analyse**

Mit der Geostatistik wurden verschiedene statistische Verfahren geschaffen welche die Effekte der räumlichen Variationen modellieren. Hier ist das Prüfmerkmal abhängig vom Behandlungseffekt, der räumlichen und der zufälligen Variation. Beim Vorliegen von räumlicher Variation wird damit die Schätzung von Behandlungseffekten präziser (Adams und Cook, 1997).

Bei Oliver (2010) ist die Entwicklung der Geostatistik im landwirtschaftlichen Versuchswesen zusammengefasst. So stammten die ersten Ansätze der Geostatistik von der Bergbauwissenschaft und wurden in die Umweltwissenschaft übertragen. Schon im Jahr 1911 stellten Mercer und Hall (1911) in Feldversuchen auf der Rothamsted Experimental Station eine Variation der Erträge fest, als sie versuchten die optimale Parzellengröße für Versuche zu finden. Es zeigte sich das die Erträge von naheliegenden Parzellen ähnlicher sind als die Erträge von weiter entfernten Parzellen. Sie teilten die Variation in zwei Arten ein. Die autokorreliert (räumlich korrelierte, abhängige) Variation und zufällige (random, räumlich unkorreliert) Variation wie zum Beispiel dem Nugget Effekt. Fisher (1926 und 1925) erkannte schon in den 1920er Jahren die Störfaktoren, welche in Feldversuchen auf die Ergebnisse wirken. Deshalb entwarf er 1925 ein Versuchsdesign bei dem die Wirkung von verschiedenen agronomischen Behandlung und Sorten geschätzt wird. Er erkannte auch die Wirkung der räumlichen Variation im Feld, welche er als Problem betrachtete. Deshalb entwarf er Versuchsdesigns bei denen durch Randomisation und Bockbildung die räumlichen und natürlichen Effekte neutralisiert werden. Die räumliche Variation wurde als eine kleine Konsequenz der unvermeidbaren Variabilität des Versuchsfeldes angesehen und ist zu vernachlässigen. Diese RCB-Designs (Randomized Complete Block Design) zur Ermittlung und Quantifizierung von Behandlungsunterschieden werden als Idealtyp des Versuchs angesehen und sind die meist genutzten Versuchsvarianten. Später wurden Designs wie unvollständige randomisierte Blöcke („Incomplete randomized Blocks) (Yates, 1936) und Designs mit Einschränkung der Randomisation (Lateinisches Quadrat), in denen das Prüfmerkmal abhängig vom Behandlungseffekt und der zufälligen Variation ist, entwickelt. Die klassische statistische Auswertung mit der Varianzanalyse (ANOVA - Analysis of Variance), beachtet keine räumlichen Abhängigkeiten, was die Ergebnisse beeinflussen kann. Deshalb wurde versucht das Versuchsdesign an die räumliche Variabilität und das zugrundeliegende Semivariogramm anzupassen. Weiter wurden modelbasierte Ansätze, wie die Nächst-Nachbar-Analyse (NNA) und deren Erweiterungen (Cullis und Gleeson, 1991) entwickelt um die räumliche Variation zu kontrollieren.

Papadakis (1937) legte ein lineares Semivariogramm zugrunde und nutzte eine Nächst-Nachbar Analyse, welche ab den 1970er Jahren von verschiedenen Autoren erweitert wurde (Bartlett, 1978 und Wilkinson et al., 1983). Kolmogorov (1941) führte zur Erkennung der Autokorrelation die "structure function" ein (heute als "Variogramm" bezeichnet). Er fand dabei auch heraus wie man das Variogramm für eine optimale Interpolation, ohne Verzerrung und mit minimaler Varianz nutzt. Anfang der 1950s erkannte Krige (1951) den Zusammenhang von Proben im Bergbau. Diese Beziehung konnte die Vorhersage durch Regression verbessern, woraus er den ersten Ansatz zur Interpolationsmethode Kriging („elementary kriging“) ableitete.

Matheron (1963) erweiterte die Idee von Krige, das Variogramm ist dabei das Hauptelement der Geostatistik. Benachbarte Proben besitzen eine räumliche Abhängigkeit und können genutzt werden um die Vorhersage zu verbessern. Daraus entwickelte er die „Theorie der regionalisierten Variablen“, einen Ansatz um mit der anhaftenden Unsicherheit der räumlichen Daten in einem stochastischen Weg umzugehen. Die Theorie legte den Grundstein zur Lösung des Problems um aus wenigen Daten Vorhersagen treffen zu können. Geostatistik wurde zu einem Großen Feld der räumlichen Statistik und wurde später auch in vielen andern Bereichen angewendet, wie der Landwirtschaft, Geologie, Metrologie und Fernerkundung.

Mulla und Hammond (1988) nutzten die erste Anwendung der Geostatistik in Precision-Farming Anwendungen zur Interpolation zwischen Messpunkten (Oliver, 2010). Sie untersuchten die Höhe der räumlichen Verteilung von Phosphor und Kalium im Boden und schlossen daraus, welche Beprobungsdichte notwendig ist um die wichtigsten Bodeneigenschaften zu erfassen. In darauffolgenden Jahren entstanden weitere Ansätze zur Nutzung von Geostatistik in der Auswertung von räumlichen Prozessen in Feldversuchen.

Ein Ansatz ist es Störvariablen zu quantifizieren um die Versuchspräzision zu erhöhen (Thöle, 2010, S. 33). Dazu wurden verschiedene Verfahren genutzt wie die Nearest-Neighbourhood Analyse (NNA) welche auf Papadakis (1937) zurückgeht. Dabei werden Nachbarparzellen genutzt, um Informationen zum betrachteten Teilstück zu gewinnen. Auch andere Autoren nutzten diesen Ansatz (Kempton und Howes, 1981). Verschiedene Autoren wie Zimmermann und Harville (1991) und Stroup (2002) stellten fest, dass räumliche Trends in den Versuchen durch Einbeziehung von fixen und variablen Effekten in linearen gemischten Modellen mit räumlichen Kovarianzstrukturen beachtet werden sollten. Auch ist die räumliche Korrelationsanalyse, beim Vorliegen von räumlichen Korrelationen in Feldversuchen, der klassischen Varianzanalyse ANOVA überlegen (Brownie und Gumpertz, 1997).

Besag und Kempton (1986) verwenden verschiedene Methoden der Nearest-Neighbour Analyse, um benachbarte Parzellenerträge zu berücksichtigen und damit die räumliche Variation zu kontrollieren. Gleeson und Cullis (1987) nutzten eine Prozedur in der die Versuchsfehler als ARIMA („autoregressive integrated moving average“) angesehen werden und die REML-Methode zur Parameterschätzung eines generellen Nachbarmodells genutzt wird. Die Wahl der Auswertungsmethode kann fehlerbehaftet sein. Beim Vergleich von verschiedenen Methoden zur Auswertung von

Versuchsdaten mit räumlichen Trend (ANOVA, Nächst-Nachbar-Analysen, Regression, Smoothing, Kovarianzmodelle) kam man zu verschiedenen Ergebnissen kommen (Federer et al., 1997). Da die Annahme der Stationarität und Isotropie der klassischen Geostatistik, oft in realen Umweltprozessen nicht zu trifft, schlugen Besag und Higdon (1999) sowie Fuentes und Smith (2001) eine auf bayesianischen Ansätzen beruhende Auswertung für nicht stationäre Modelle vor.

Mit der Auswertung von On-Farm Experimente bei Beachtung von räumlichen Trends und Autokorrelation beschäftigen sich verschiedene Autoren wie zum Beispiel Richter et al. (2007), Schneider et al. (2007a), Thöle (2010) und Spilke (2012). Dabei werden lineare gemischte Modelle mit der Nutzung von georeferenzierten Ertrags- und Kovariablendaten verwendet, in denen fixe und zufällige Effekte einbezogen werden können (Zimmermann und Harville, 1991). Dazu ist es nötig die Störgrößen zu erkennen und ein an die Daten angepasstes mathematisch-statistisches Modell mit räumlicher Kovarianzstruktur zu erstellen. Zur Modellwahl der gemischten linearen Modelle nutzt Spilke (2012) einen Ansatz bei dem in einem zweistufigen Modellwahlprozess mit Hilfe von Modellwahlkriterien (AICC) das Auswertungsmodell ermittelt wird. Ähnliche Ansätze nutzten Ngo und Brand (1997) mit einer gemeinsamen Optimierung und Wolfinger (1993) mit einer mehrstufigen Vorgehensweise zur Wahl der fixen und zufälligen Effekte. Die Theorie der gemischten linearen Modelle wurde entwickelt und in der SAS Prozedur Mixed - Proc Mixed (Littell et al., 2006) umgesetzt. Die gemischten linearen Modelle und deren Anwendung werden im Abschnitt Material und Methoden ausführlicher erläutert.

## 2.4 Ökonomische Auswertung von Produktionsverfahren

In der englischsprachigen Literatur finden sich nur wenige Veröffentlichungen zur betriebswirtschaftlichen Analyse der Produktionsverfahren in China. Die meisten Daten beziehen sich auf das landwirtschaftliche und außerlandwirtschaftliche Einkommen der Haushalte welche aus Umfragedaten gewonnen werden. Die meisten Haushalte führen keine Buchhaltung und Kostenrechnung durch. Damit wird ist es schwierig einen Überblick zu den Kostenstrukturen zu erhalten. Eine Übersicht, siehe Tabelle 3, zu den Produktionskosten für Weizen und Sojabohnen findet sich bei Huang et al. (2013).

Tabelle 3: Produktionskosten für Weizen und Sojabohnen in Heilongjiang 2003-2008

Produktionskosten für Weizen, Sojabohnen und Mais in Heilongjiang 2003-2008							
Fruchtart		Weizen			Sojabohnen		
Jahr		2003	2006	2008	2003	2006	2008
Leistungen	RMB/ha	4.640	7.837	9.946	5.496	5.031	7.897
Gesamtkosten	RMB/ha	5.094	6.072	7.478	3.820	4.013	5.220
Kalkulat. Gewinnbeitrag	RMB/ha	-454	1.765	2.468	1.676	1.018	2.677
Subvention	RMB/ha	9	207	715	1	235	692

Quelle: Huang et al. (2013, S. 128)

Eine Analyse der Zusammensetzung der landwirtschaftlichen Produktionskosten für Sojabohnen und Raps findet sich bei Parkhomenko (2004, S. 198ff.). Ein Vergleich von verschiedenen Produktionsverfahren oder Mechanisierungsvarianten in China konnte in der verfügbaren deutsch- und englischsprachigen Literatur nicht gefunden werden.

Tabelle 4: Produktionskosten für Sojabohnen verschiedener Provinzen in 2000

<b>Produktionskosten für Sojabohnen und Raps in Heilongjiang, Shandong und Anhui (2000)</b>			
<b>Fruchtart</b>		<b>Sojabohnen</b>	
<b>Provinz</b>		<b>Heilongjiang</b>	<b>Shandong</b>
<b>Leistungen</b>	<b>RMB/ha</b>	<b>3.862,31</b>	<b>5.106,56</b>
Saatgut	RMB/ha	247,27	153,26
Dünger	RMB/ha	432,92	385,52
PSM	RMB/ha	94,80	146,94
sonstige Kosten	RMB/ha	-	-
<b>Direktkosten</b>	<b>RMB/ha</b>	<b>775,78</b>	<b>685,72</b>
Reparaturkosten	RMB/ha	16,59	0,00
Diesel- und Schmiermittelkosten	RMB/ha	41,87	31,60
Abschreibung Maschinen	RMB/ha	87,69	86,90
Saisonarbeitskräfte	RMB/ha	330,22	93,22
Lohnansatz (unbezahlte Arbeit)	RMB/ha	895,86	1.791,72
<b>Arbeits erledigungskosten</b>	<b>RMB/ha</b>	<b>1.501,00</b>	<b>1.975,00</b>
Farmsteuern	RMB/ha	48,19	-
Abschreibung Gebäude	RMB/ha	-	10,27
Gemeinkosten	RMB/ha	48,19	10,27
Zinskosten	RMB/ha	44,24	47,40
Ansatz Flächenkosten (Pacht)	RMB/ha	1.280,59	121,66
<b>Gesamtkosten</b>	<b>RMB/ha</b>	<b>3.523,40</b>	<b>2.867,70</b>
<b>Kalkulatorischer Gewinnbeitrag</b>	<b>RMB/ha</b>	<b>338,91</b>	<b>2.238,86</b>

Quelle: Parkhomenko (2004, S. 198ff.)

Die Buchhaltung der Staatsfarm Ganhe (2010-2012) führt eine jährliche Kostenrechnung zu den eingesetzten Arbeits- und Produktionsverfahren für Sommerweizen und Sojabohnen durch (Tabelle 5). Diese enthalten die Kosten der Hilfsarbeitsverfahren Transport und Laden von Betriebsmitteln für Aussaat und Pflanzenschutz sowie die fixen und variablen Maschinenkosten der eingesetzten Arbeitsverfahren. Die anfallenden Lohnkosten wurden nur für die arbeitsintensiven Arbeitsverfahren Aussaat und Pflanzenschutz angegeben. Die allgemeinen Kosten für die Aufbereitung, Reinigung und Lagerung des Erntegutes wurden mit pauschalen Ansätzen aufgeschlüsselt. Die Planung der Düngung und des Pflanzenschutzes sowie der Einkauf der Betriebsmittel erfolgt in der Staatsfarm zentral, womit die Höhe der Direktkosten im Produktionsverfahren der Haushalte und der Staatsfarm durchaus vergleichbar sind. Trotzdem handelt es sich bei allen hier erfassten Kosten nur um Näherungs- und Erfahrungswerte, da die Kalkulation der Kosten nur unregelmäßig durchgeführt wird. Die Gesamtkosten zeigen aufgrund von Steigerungen der Betriebsmittel- (Saatgut und Dünger) und Lohnkosten einen stark steigenden Trend. So wurde zwischen 2004 und 2010 eine Zunahme von 48,6 % bei Sommerweizen und 57,6 % bei Sojabohnen festgestellt.

Tabelle 5: Kostenübersicht zu den Produktionsverfahren der Staatsfarm Ganhe

<b>Kostenübersicht für die Produktionsverfahren der Staatsfarm Ganhe [RMB/ha] (gekürzt)</b>														
	<b>Sommerweizen</b>							<b>Sojabohnen</b>						
	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
<b>Kosten der Hilfs-Arbeitsverfahren – Transport und Beladen (Maschinenkosten + Lohnkosten)</b>														
Aussaat	90	105	120	120	120	120	120	90	105	105	120	120	120	120
Spritzen	75	75	75	75	75	75	75	135	165	165	195	240	240	240
<b>Fixe und variable Maschinenkosten der Arbeitsverfahren</b>														
Aussaat	75	90	105	105	105	105	105	75	90	90	105	105	105	105
Bodenbearb.	120	135	150	150	150	150	150	240	270	285	300	300	300	300
Walzen	30	45	90	90	90	90	90	30	30	30	30	30	30	30
Häufeln								180	180	225	225	225	225	225
Dammform.								75	75	75	75	75	75	75
Spritzen	60	60	60	60	60	60	60	60	90	90	120	120	120	120
Ernte	150	150	150	225	270	270	270	150	180	180	210	240	240	240
<b>Lohnkosten der Arbeitsverfahren</b>														
Saat Reinigen	4	6	7	7	7	7	7	4	6	7	7	7	7	7
Saat Beizen	5	6	8	8	8	8	8	5	6	8	8	8	8	8
Mischen NPK	4	6	7	7	7	7	7	4	6	7	7	7	7	7
Aussaat	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Spritzen	15	15	15	15	15	15	15	75	75	75	75	120	120	120
<b>Allgemeine Kosten - Arbeitsverfahren zur Aufbereitung der Ernteprodukte</b>														
Reinigung	60	135	135	135	135	135	135	45	90	90	90	90	90	90
Transport	30	30	60	75	90	150	180	30	30	30	60	75	75	120
Trocknen	45	30	45	45	45	45	45							
Absacken	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Sonst. Kosten	23	22	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	120
<b>Direktkosten - Betriebsmittel</b>														
Saatgut	540	567	613	675	810	810	975	293	337	338	495	563	563	563
Dünger	570	600	600	690	825	825	850	330	390	390	379	412	412	630
Beize	15	45	60	40,5	45	45	81	60	75	90	40,5	45	45	90
Herbizide	75	90	90	90	90	90	60	195	240	270	300	300	300	300
Blattdünger	75	75	75	75	75	75	75	75	105	105	120	120	120	120
<b>Gesamtkost.</b>	<b>2156</b>	<b>2367</b>	<b>2560</b>	<b>2783</b>	<b>3117</b>	<b>3177</b>	<b>3204</b>	<b>2180</b>	<b>2529</b>	<b>2639</b>	<b>2901</b>	<b>3141</b>	<b>3141</b>	<b>3435</b>

Quelle: Staatsfarm Ganhe (2010-2012) – gekürzt, gerundet, teilweise abgeändert

## 3 Material und Methoden

### 3.1 Beschreibung der Arbeits- und Produktionsverfahren

Die drei Produktionsverfahren des Demonstrationsbetriebes (kurz: Demofarm), der Staatsfarm Ganhe (kurz: Staatsfarm) und des Kleinbauernhaushaltes (kurz: Haushalt), für die Kulturen Sojabohnen (Soja) und Sommerweizen (SW), stehen in dieser Arbeit im Mittelpunkt der Betrachtung und sollen hier kurz beschrieben werden.

#### a) Allgemein: Zugmaschinen und Arbeitsgeräte

Wichtigstes Element der neuen Arbeits- und Produktionsverfahren sind die von den Landtechnikfirmen bereitgestellten Maschinen, welche im Vergleich zu den chinesischen Maschinen betrachtet werden sollen. Für die Kleinbauernhaushalte ist der Besitz eines Traktors nicht nur für die landwirtschaftliche Produktion wichtig. Oft dienen sie auch auf kurzen Strecken als Ersatz für das teure Auto, womit Millionen von Landbewohnern mobil wurden und an Lebensqualität gewannen. Die Traktoren sind bei geringen Anschaffungswerten sehr robust und vielseitig einsetzbar. So lassen sich über Riemenscheiben eine Vielzahl an Geräten wie Schweißgeräte und Pumpen antreiben. Die Kleinbauern benötigen meist kleine Traktoren von 15 bis 80 PS, wovon der Großteil davon auf Traktoren mit weniger als 40 PS Leistung entfällt. Dazu passend werden kleine Arbeitsgeräte mit Arbeitsbreiten von 1,20 – 3,00 m verschiedener chinesischer Hersteller vertrieben.

Die großen Staatsfarmen mit Schlaggrößen von 50 - 150 ha, benötigen für die Bestellung ihrer Flächen schlagkräftige und leistungsstarke Landtechnik. Bisher wurden in den Staatsfarmen zum größten Teil Zugmaschinen und Arbeitsgeräte aus chinesischer oder russischer Produktion mit 80 – 120 PS genutzt. Erst seit wenigen Jahren ist auch moderne amerikanische oder europäische Landtechnik in China verfügbar. Durch Förderprogramme der Provinzregierung wird für die Staatsfarmen und Kleinbauern ein Anreiz geschaffen neue Maschinen zu kaufen. Diese technologieintensiven großen Traktoren und Arbeitsgeräte werden meist importiert, da die chinesischen Hersteller keine auf dem Weltmarkt wettbewerbsfähigen Produktions- und Entwicklungskapazitäten besitzen. Mittlerweile haben viele ausländische Firmen (John Deere, New Holland, Kubota, etc.) Niederlassungen in China aufgebaut um ihre Produkte am chinesischen Markt zu etablieren.

Für den Demonstrationsbetrieb wurden drei Traktoren mit einer Leistung von 110, 125 und 171 KW geliefert (siehe Tabelle 81 im Anhang). Diese verfügen über ein lastschaltbares Getriebe, was die Fahreigenschaften und den Dieserverbrauch gegenüber den chinesischen Traktoren verbessert. Die Arbeitskräfte des Demonstrationsbetriebes stammen von der Staatsfarm und mussten im Laufe des Projektes an den Maschinen ausgebildet werden. Durch deren lange Erfahrung mit chinesischen Maschinen, war der Ausbildungsprozess sehr gut, womit schon nach kurzer Zeit eine gute Bedienung und Wartung der Maschinen sichergestellt werden konnte.

### b) Arbeitsverfahren Aussaat und Bodenbearbeitung

Oft wird die Wirtschaftsweise der chinesischen Kleinbauern etwas abwertend als „gärtner“ bezeichnet. Grund dafür sind die lange Zeit üblichen Verfahren zur Anzucht von Jungpflanzen in Pflanzfeldern und anschließendem manuellen Verpflanzen auf die Schläge. Dieses Verfahren ist im Nassreisbau sehr weit verbreitet und wurde auch für andere Kulturen wie Weizen, Mais, Sojabohnen und Baumwolle angewendet, um eine schnellere Abreife und höhere Erträge zu erzielen. Heute ist die Anzucht von Jungpflanzen selten geworden und bei den meisten Kulturen der maschinellen Drill- oder Einzelkornsaat gewichen (Johnson und Beemer, 1977, S. 20). Ebenso setzten sich je nach Standort, Fruchtart und Betriebsstruktur die Mulch- und Direktsaat, sowie maschinelle Pflanzverfahren durch. Auch China erkannte zum Beginn der 1990er Jahre den Nutzen dieser Techniken und förderte deren wissenschaftliche Bearbeitung und Verbreitung in die Praxis. Bis 2008 wurden in China 4,5 Mio. ha auf eine konservierende Bodenbearbeitung und 8,5 Mio. ha auf Direktsaat umgestellt (Gao H. , 2010). Eine reduzierte Bodenbearbeitung in Kombination mit einer breiten Fruchtfolge, organischer Düngung und Einarbeitung der Ernterückstände zeigte in Feldversuchen in Jilin/Nordostchina eine positive Wirkung auf Mikroorganismen und organische Substanz (Ding et al., 2011, S. 48). Die Arbeitsverfahren für die Aussaat von Sommerweizen und Sojabohnen werden im Abschnitt zu den Produktionsverfahren näher beschrieben.

Aus Mangel an leistungsfähigen Zugmaschinen wurden vor Projektbeginn in der Staatsfarm nur selten Grubber oder Pflüge eingesetzt, weshalb die Scheibenegge bis heute das wichtigste Bodenbearbeitungsgerät in der Projektregion ist. Um den Zugleistungsbedarf zu verringern, besitzen die Bodenbearbeitungsgeräte keine Packer oder Walzen zur Rückverdichtung und Krümelung des Bodens. Aus diesem Grund muss vor und nach der Saat ein zusätzlicher Bearbeitungsschritt mit einer Ackerwalze durchgeführt werden. Leichte Pflüge mit kleinem flachen Schar und einem zusätzlichen Zinken zur tieferen Lockerung wurden ebenfalls eingesetzt. Nachteilig ist auch die schlechte Verarbeitungsqualität vieler Geräte, wodurch es zu häufigen Störungen kommt. Hinzu kommt eine nachlässige Handhabung (z.B. Wenden ohne Ausheben) der Arbeitsgeräte durch die Fahrer.

Im Demonstrationsbetrieb kamen ein 4-Scharpflug, ein Grubber und eine Scheibenegge zum Einsatz. Grundsätzlich wurde eine bodenschonende pfluglose Bodenbearbeitung angestrebt um die Bodenstruktur zu verbessern und Erosion zu vermindern. Der Pflug wurde jedoch vor Sojabohnen und Kartoffeln auch eingesetzt um die starken Bodenverdichtungen aufzubrechen.



Abbildung 7: Arbeitsgeräte im Arbeitsverfahren Bodenbearbeitung – Scheibeneggen

### c) Arbeitsverfahren Düngung

In den Produktionsverfahren der Staatsfarm und Haushalte erfolgten die Düngergaben mit der Drillmaschine als Unterfußdüngung oder mit der Pflanzenschutzspritze als Flüssigdüngung. Für eine Düngergabe zur Blüte wird die umgebaute Drillmaschine ohne Säeinheiten genutzt (Abbildung 8, Mitte), wodurch der Dünger lose oberflächlich in den Bestand fällt, aber auch der junge Pflanzenbestand durch das häufige Überfahren beschädigt wird. Bei Reihenkulturen wie Sojabohnen und Mais wird der Dünger zusätzlich mit den Häufelscharen in den Damm eingearbeitet. Diese Vorgehensweise hat Vorteile durch die direkte Einbringung des Düngers in den Boden und geringere Schäden an den Pflanzen. Jedoch können mit den kleinen Behältern trotz großem Arbeits- und Maschinenaufwand, nur kleine Düngergaben ausgebracht werden.

Im Demonstrationsbetrieb wurde zur Grund- und Stickstoffdüngung ein Schleuderstreuer genutzt. In allen Verfahren werden hauptsächlich die handelsüblichen NPK-Dünger, DAP, Harnstoff- und Kaliumdünger ausgebracht. Meist werden verschiedene Düngersorten manuell gemischt, abgepackt und ausgebracht. Im Feldeinsatz zeigte sich, dass die Dünger nicht gut durchmischt waren oder sich im Düngerbehälter entmischten. Der starke Wind im Herbst und Frühjahr bereitet zusätzlich große Probleme beim Einsatz des Schleuderstreuers. Bisher ist der handelsübliche Minerale Dünger nicht für die Ausbringung mit dem Schleuderstreuer geeignet, da durch diese Probleme keine optimale Düngerverteilung erreicht werden konnte. Die in der Region eingesetzten Minerale Dünger besitzen einen hohen Staubanteil und ungleichmäßige Körnungsgrößen, wodurch diese unterschiedliche Flugeigenschaften aufweisen. Aufgrund des großen Staubanteils entstehen Verkrustungen am Düngerstreuer und den Streuscheiben, wodurch diese in ihrer Funktion eingeschränkt werden. Für die chinesischen Produktionsverfahren ist das eher unproblematisch, da für die mechanische Unterfußdüngung, welche von der Staatsfarm und Haushalte durchgeführt wird, keine Dünger mit guten Streueigenschaften benötigt werden. Wahrscheinlich ist auf Grund der fehlenden Nachfrage kein qualitativ hochwertiger Dünger erhältlich.



Abbildung 8: Arbeitsgeräte im Arbeitsverfahren Düngung

### d) Arbeitsverfahren Pflanzenschutz

Die Unkrautbekämpfung wird in den chinesischen Produktionsverfahren mit Dammkulturen mechanisch (hacken und häufeln) und chemisch durchgeführt. Oft hat die chemische Unkrautbekämpfung durch Witterungseinflüsse, einer unsachgemäßen Anwendung der Pflanzenschutzmittel oder Wirkstoffresistenzen, nur begrenzten Erfolg. In diesem Fall wird durch die Kleinbauern eine

manuelle Unkrautbekämpfung durchgeführt. Arbeitskräfte sind in den Haushalten aufgrund mangelnder Beschäftigungsalternativen zu geringen Lohnkosten vorhanden.

Die Kleinbauern nutzen kleine und einfache Pflanzenschutzspritzen, erreichen jedoch trotzdem eine hohe Schlagkraft durch Überkapazitäten in den Haushalten. Durch die vielen kleinen Maschinen können die kurzen Zeitfenster zwischen den Regenperioden sehr effektiv genutzt werden. Die selbstgefertigten Spritzen sind aufgrund ihrer Bauweise kostengünstig und robust. Um Aufwand für den Wassertransport zu sparen, wird oft wenig Spritzwasser (100 - 170 l/ha) ausgebracht und dieses aus Wasserlöchern am Feldrand entnommen. Bei der Verwendung von unsauberem Wasser kommt es oft zu Störungen und einer schlechten Verteilung der Pflanzenschutzmittel, was wiederum die Wirksamkeit der PSM verringert und die Gefahr von Schäden an den Nutzpflanzen erhöht.

Der Haushalt nutzte im Projekt eine der bei den Haushalten üblichen Pflanzenschutzspritzen (5 m Arbeitsbreite, 500 l Behältervolumen). Damit konnte er zwar recht kostengünstig die notwendigen Arbeiten durchführen jedoch nicht immer termingerecht. Die Staatsfarm nutzte eine Anbauspritze (18 m Arbeitsbreite, 1000 l Behältervolumen) aus chinesischer Produktion. Diese werden schon seit einigen Jahren, nach westlichen Vorbild in Nordchina für Staatsfarmen und größere Betriebe produziert. Durch mangelhafte Wartung kam es bei der Pflanzenschutztechnik der Staatsfarm sehr oft zu Ausfallzeiten und geringer Flächenleistung. Aus diesem Grund musste oft auf die Pflanzenschutzspritze des Demonstrationsbetriebes zurückgegriffen werden.

Im Gegensatz hierzu wird mit der großen modernen Pflanzenschutzspritze des Demonstrationsbetriebes (siehe Abbildung 9) eine hohe Flächenleistung erreicht und die Spritztermine können eingehalten werden. Jedoch gab es viele Probleme bei der Organisation von Wassertransport und -befüllung. So fehlte es im Projekt an großen Wasserwagen, leistungsfähigen Pumpen und Brunnen mit ausreichender Wassernachlieferung. Dadurch mussten immer wieder lange Standzeiten in Kauf genommen werden, womit die Flächenleistung nicht ausgenutzt werden konnte.



Abbildung 9: Arbeitsgeräte im Arbeitsverfahren Pflanzenschutz

#### e) Arbeitsverfahren Ernte

Die Haushalte nutzen oft noch günstige und einfache Ständrescher für den Sojabohnendrusch. Diese Arbeitsverfahren sind extrem arbeitsintensiv. Zur Ernte des Sommerweizens werden auch oft Schwadlegeschnidwerke in Verbindung mit dem Mähdrescher eingesetzt. Das Schwadlegen soll die Abreife im feuchten Sommer ermöglichen und in den dünnen Beständen die Druschleistung erhöhen. Auf der Staatsfarm und im Kleinbauernhaushalt wurden chinesische oder in China

mit Lizenz westlicher Hersteller gefertigte Mähdrescher eingesetzt. Diese sind von einfacher Bauart (Schüttlermaschinen), mit geringer Leistung und niedrigen Anschaffungskosten. Am Drescher integrierte Strohhäcksler nur selten vorhanden, da in der Regel das komplette Stroh abgefahren oder verbrannt wird. Erst seit kurzen werden auch moderne Drescher mit der Unterstützung der Provinzregierung gekauft. Auffällig in der Projektregion war, dass die meisten Mähdrescher bei Bedarf mit Kettenlaufwerken ausgerüstet werden können. Dies ist nötig, da im Schnitt etwa jede dritte Weizenernte verregnet ist und es dadurch zu extrem schwierigen Erntebedingungen kommt.



Abbildung 10: Maschinen im Arbeitsverfahren Ernte – Mähdrescher

Der leistungsstarke Mähdrescher des Demonstrationsbetriebes konnte zur Ernte der Sojabohnen aufgrund des niedrigen Ertragsniveaus oft nicht optimal ausgelastet werden, worunter die Druschqualität litt. Entweder müssen die Mähdrescher zukünftig mit relativ großen Schneidwerken ausgestattet werden um das Dreschwerk optimal auszulasten oder es sollte auf kleinere Mähdreschertypen zurückgegriffen werden. Die Ausstattung mit Laufwerken empfiehlt sich bei den häufig auftretenden schwierigen Erntebedingungen im Juli und August. Die Ernte wird in allen drei Varianten mit dem Mähdrescher der Demofarm durchgeführt, um die Erträge mit dem Ertragskartierungssystem zu erfassen. Vorteilhaft ist weiterhin der leistungsstarke Strohhäcksler mit bessere Häcksel- und Verteilqualität des Strohs. Die bisher in Nordostchina eingesetzten Drescher haben einen zu schwachen oder keinen Strohhäcksler. Aus diesem Grunde wird das Weizenstroh im Schwad abgelegt und anschließend auf dem Feld verbrannt.

#### f) Arbeitsverfahren Lade- und Transportarbeiten

Im Projekt wurden von deutscher Seite keine Arbeitsgeräte für Transport- und Ladearbeiten zur Verfügung gestellt. Aus diesem Grund musste bei Transport- und Ladearbeiten komplett auf die Unterstützung durch Arbeiter, Transportfahrzeuge der Staatsfarm zurückgegriffen werden. Dünger und Saatgut wird üblicherweise in Säcken von 50 - 90 kg Gewicht gelagert und in Handarbeit verladen. Der Transport von Betriebsmitteln erfolgt durch kleinere Lastwagen oder Anhänger (Abbildung 11) zum Feld, wo diese von Hilfskräften in die Ausbringgeräte umgeladen werden. Diese Ladevorgänge sind dadurch extrem arbeits- und zeitaufwändig wodurch die Flächenleistung der Arbeitsverfahren stark vermindert wird. Beispielsweise dauert ein Ladevorgang (Saatgut und Dünger) einer Soja-Drillmaschine (6,60 m Arbeitsbreite) beim Einsatz von 6 Arbeitskräften 10 - 15 Minuten. Während der Feldarbeit müssen die Arbeitskräfte bis zum nächsten Laden am Feldrand warten. Auch beim Einsatz von modernen Maschinen ist dieses Ladeverfahren sehr ineffizient. So

können beim Befüllen der pneumatischen Drillmaschine nur zwei Arbeitskräfte gleichzeitig arbeiten, wodurch viel Zeit zum Befüllen (20 - 30 Minuten) benötigt wird. Um die deutschen Maschinen effizient zu nutzen, werden deshalb zukünftig entsprechende Lade- und Transportketten benötigt. Dazu wären folgende Maschinen notwendig:

- Hof- oder Teleskoplader
- Anhänger, ca. 12 - 20 t, für Korn- und Düngertransport
- Wasserfass zum Transport von Spritzwasser
- Überladewagen für Erntegut, Saatgut und Dünger
- Dünger und Saatgut in Big Packs oder als Schüttgut einkaufen
- Saatgutaufbereitung – Trocknung, Reinigung, Beizanlagen, Förderbänder



Abbildung 11: Zugmaschinen und Anhänger im Arbeitsverfahren Transport

### 3.1.1 Produktionsverfahren Sojabohnen

Obwohl die Sojabohne eine der wichtigsten Ackerfrüchte Chinas ist, kann die große Nachfrage nach Soja nicht mit der chinesischen Produktion gedeckt werden. Deshalb werden große Mengen an Soja importiert und durch eine Ertragssteigerung die heimische Produktion zu erhöhen. Obwohl in China der Sojabohnenertrag noch immer unter dem der westlichen Länder liegt, wurden in den letzten 20 Jahren große Steigerungen erzielt (Liu et al., 2008, S. 158). Die durchschnittlichen Erträge sind seit 1978 von 10,6 dt/ha auf 18,3 dt/ha im Jahr 1999 und 26,7 dt/ha im Durchschnitt der Staatsfarmen in Heilongjiang im Jahr 2005 gestiegen. Die Gründe für diese Ertragssteigerung liegen im besseren Verständnis von Wachstums- und Entwicklungsprozessen, verbesserte Sorten, neue Anbauverfahren, Steigerung der Düngung, Pflanzenschutz und moderner Landtechnik. Als vielversprechende Möglichkeit zur Ertragssteigerung sehen Liu et al. (2008, S. 168) die Weiterentwicklung von standardisierten Anbau – und Managementverfahren.

Mit einem Proteingehalt von 40 % haben Sojabohnen einen hohen Stickstoffbedarf, welcher zum großen Teil durch die Stickstofffixierung der Leguminosen gedeckt wird. Trotzdem reicht der Stickstoff nicht aus, sodass eine weitere Stickstoffdüngung notwendig wird. Zur Blüte, Hülsenfüllung und kurz nach der Blüte wird eine Blattdüngung mit Harnstoff (20 - 30 kg N/ha), Mikronährstoffen und Wachstumsförderern empfohlen (Liu et al., 2008, S. 159). Falls größere Mengen an Grunddünger ausgebracht werden sollen kann die Düngung im Herbst erfolgen. Der Einsatz von organischem Dünger (15 – 22,5 t/ha) ist nach Zhang (2009) eine gute Alternative und sollte tief eingearbeitet werden.

Wie in den meisten Feldfrüchten ist bei Sojabohnen die Unkrautbekämpfung eine der wichtigsten Maßnahmen in der Bestandsführung. Gerade in Nordostchina kommt es häufig vor, dass der chemische Pflanzenschutz klima- und anwendungsbedingt nicht ausreichend wirkt, so dass die Kombination von manuellen, chemischen und mechanischen (Hacken und Häufeln) Unkrautbekämpfungsverfahren gebräuchliche Techniken sind (Zhang, 2009).

In Nordostchina gibt es mehr als 30 Krankheiten welche die Sojabohne befallen können. Die wichtigsten Krankheiten in Nordostchina sind nach Wang et al. (1999) die periodisch auftretende Sojabohnenblattfleckenkrankheit (Frog eye leaf spot - *Cercospora sojina*) mit Ertragsverlusten von bis zu 30 %, Zystennematoden (*Heterodera glycines*) mit Verlusten bis 50 %, die Phytophthora-Wurzelfäule (*Phytophthora sojae*) mit Verlusten von 10 - 30 % und die Sclerotinia-Stängelfäule (*Sclerotinia sclerotiorum*). Vor 1980 gab es nur wenige Fälle von Sclerotinia-Stängelfäule („Sclerotinia stem rot“) in Nordostchina. Mit dem Aufkommen der Sojabohnenmonokulturen wurde es zu einer der meist verbreiteten Krankheiten (Liu et al., 2008, S. 167). Auf Grund der schlechten Boden- und Klimaverhältnisse wird trotz des regelmäßigen Sojaanbaus eine Impfung des Saatgutes mit Rhizobien empfohlen (Zhang, 2009). Der größte ökonomische Schaden durch Schadinsekten entsteht bei einem Befall durch Blattläuse, Spinnmilben und Sojahülensbohrer während der Blüte sowie Frucht- und Samenbildung. In diesen Wachstumsstadien sollten auch Feldbegehungen erfolgen um Schadschwellen zur Bekämpfung mit Insektiziden (Dimethoate, Omethoate und Dichlorvos) festzustellen (Liu et al., 2008, S.167).

Die wichtigsten Arten von Stress auf die Sojapflanze in Nordostchina sind Trockenheit und Kälteschäden. Der Westen der Liaoning- und Jilin Provinz sowie der Osten von Heilongjiang sind oft von Frühjahrs- und Herbsttrockenheit betroffen. In 9 von 10 Frühjahren tritt eine Trockenheit auf, welche die Aussaat beeinflusst und zu ungleichmäßigem Feldaufgang, Lücken im Bestand, und schlechtem Jungpflanzenwachstum führt. Eine Trockenheit zur Sojablüte und Fruchtentwicklung tritt in 3 von 10 Sommer- und Herbstperioden auf. Diese führt zum gehäuften Abwerfen der Hülsen, schlechter Hülsenfüllung und Samenqualität. Trockenheit während der Hülsenentwicklung (R4; BBCH 75) beeinflusst den Ertrag mehr als in anderen Wachstumsstadien, weshalb eine Bewässerung zu Ertragssteigerungen von bis zu 30 % führen kann. Auch eine angemessene tiefe Bodenbearbeitung im Herbst kann zur Verbesserung des Wurzelwachstums und Wasserhaushaltes beitragen. Im Frühjahr wird deshalb auf eine Bodenbearbeitung verzichtet um möglichst wenig Bodenfeuchte zu verlieren (Liu et al., 2008, S.167).

Ein weiterer ertragslimitierender Faktor des Sojaanbaues in Nordostchina ist die Temperatur, da die jungen Bestände immer wieder durch Spätfröste geschädigt werden können. Weiterhin hat die Temperatur einen großen Einfluss auf Verteilung und Wachstum der Pflanzen, sowie auf die Qualität der Bohnen. Die Wahl der richtigen Reifegruppe und Vegetationszeit des Saatgutes ist wichtig, da bei einer zu kurzen Reifegruppe wertvolle Vegetationszeit verschwendet wird, was den Ertrag negativ beeinflussen kann. Bei einer zu langen Vegetationsdauer besteht die Gefahr, dass die Reife beim Eintreten des ersten Frostes noch nicht abgeschlossen ist, was zu Qualitäts- und Ertragsverlusten führen kann. Die größten Verluste entstehen durch Kälteschäden vor Beginn der

Blüte durch verzögerte Entwicklung und reduzierter Pflanzenhöhe (Liu et al., 2008, S. 167). In einem von sieben Jahren treten Kälteschäden auf, wobei in Jahren mit niedrigen Temperaturen auch die größten Ertragsverluste (28 - 35 %) auftreten (Liu und Herbert, 2002). Im Allgemeinen sollte die Aussaat so früh wie möglich erfolgen, um die Bodenfeuchte für einen optimalen Feldaufgang zu nutzen. Der Aussaatzeitpunkt sollte sich nach der Bodentemperatur, Bodenfeuchte und Anbauverfahren richten. Für eine optimale Keimung und Feldaufgang wird eine Bodentemperatur von mindestens 5 °C benötigt (im Damm 7 - 8 °C). Damit liegt der optimale Aussaatzeitpunkt in Heilongjiang zwischen dem 25. April bis 15. Mai.

#### **a) Produktionsverfahren Sojabohnen der Kleinbauernhaushalte**

Der Dammanbau in verschiedenen Kulturen (Soja, Mais) war zum Anfang des 20. Jahrhundert und wahrscheinlich noch länger in Nordostchina weit verbreitet (King, 2004, S. 345ff.). Dieser hat Vorteile bei der Arbeit mit kleinen Maschinen sowie in Regionen mit kaltem Klima und weniger fruchtbaren Böden (Zhang, 2009). In den 1960ern wurden die biologischen Vorgänge in der Sojapflanze untersucht und dabei ein Zusammenhang von Ertrag und optimaler Blattfläche festgestellt. Bei zu dichten Beständen wird die Lichtaufnahme der Blätter behindert und ist mit einem übermäßigen Wachstum der Pflanze verbunden und führt zu Lager. Die Bestände der bisherigen Anbauverfahren waren zu dünn, sodass das Ertragspotential nicht ausgenutzt wurde.

In den 1980er Jahren wurde von der Universität BaYi der Dammanbau mit 65 cm Dammbreite weiterentwickelt (Liu et al., 2008, S. 165). Das Dammanbauverfahren für Sojabohnen passt sehr gut in Regionen mit geringer Luftfeuchte, einem hohen Mechanisierungsgrad der Betriebe, sowie schweren fruchtbaren Böden, welche zur Aussaat kalt und feucht sind. Dagegen sind Regionen mit Sandböden und geringen Niederschlägen schlecht geeignet (JTDSeed, 2009). Das Verfahren beruht auf drei Grundtechnologien: tiefe Bodenbearbeitung, Unterfußdüngung und Präzisionssaat in Damm (HSAGRI, 2009). Das Ziel der tiefen Bodenbearbeitung ist es das Volumen der Oberbodenschicht zu vergrößern und die Pflugsohle aufzubrechen um damit die Bodenstruktur, Luft- und Wasserhaushalt zu verbessern.

Die Dammformung erfolgt im Herbst oder Frühjahr, nachdem der Acker tief gelockert wurde. Im Frühjahr wird das Saatgut 3 – 4 cm tief in 2 - 3 Saatreihen in den Damm gedrillt. Die Saatreihen haben, je nach Anzahl, einen Abstand von 12 - 22 cm auf dem Damm, wobei der Dünger mit einer zusätzlichen Düngeschicht 8 – 15 cm tief jeweils neben den Drillreihen abgelegt wird (MoA, 2009b). Die Unterfußdüngung erhöht die Düngerausnutzung und bewirkt damit eine Verlängerung der Blüh- und Kornfüllungsphase, was sich positiv auf den Ertrag auswirkt. Die Präzisionssaat sorgt für eine gleichmäßige Verteilung der Pflanzen und guten Feldaufgang (Liu et al., 2008, S. 166).

Der Dammanbau wirkt sich auch positiv auf die Bodentemperatur und -feuchte im Frühjahr aus. Oft entsteht aufgrund der schlechten Bodenstruktur und hohen Niederschlagsmengen Staunässe und dadurch anaerobe Bedingungen im Boden. Durch ein Anhäufeln, vor und nach der Blüte, werden die Dämme wiederhergestellt, Unkraut bekämpft, die verschlammten Böden gelockert und

damit die Sauerstoffversorgung der Wurzeln verbessert. Nach Zhang (2009) liegen die durchschnittlichen Erträge bei 165 kg/mu (24,75 dt/ha) was im Vergleich zur Flachsaaat einen Ertragszuwachs von 14,3 % bedeutet. Ursächlich für diesen Ertragszuwachs ist die Anpassung der Saatlänge um das Pflanzenwachstum, Biomasse und Bestandsschluss zu optimieren. Durch eine höhere Saatlänge wird die Bodenbedeckung erhöht und die Lichtausnutzung verbessert. Größere und dichtere Bestände sind ein wichtiger Ansatz zur Ertragssteigerung in den kalten feuchten Böden bei geringen Niederschlagsmengen in Nordostchina. Die Saatlänge wird abhängig von Sorte, Saatlängeabstand und Anbauverfahren gewählt (Zhang, 2009) und muss immer an die jeweiligen Standort- und Saatlängebedingungen angepasst werden. Im Süden werden Bestandsdichten mit 200.000 - 300.000 Pfl./ha, im Norden 280.000 - 350.000 Pfl./ha und teilweise unter schlechten Bedingungen bis zu 650.000 Pfl./ha angestrebt (SDNYJ, 2009). Im On-Farm Experiment der Variante Haushalt wurde das Dammanbauverfahren mit 65 cm Dammlänge, drei Saatlänge mit Unterfußdüngung bei einer Saatlänge von 55 Körner/m<sup>2</sup> angewendet.



Abbildung 12: Maschinen im Produktionsverfahren Sojabohnen (Demo-, Staatsfarm – Haushalt)

### b) Produktionsverfahren Sojabohnen in der Staatsfarm Ganhe

Die Staatsfarm nutzte bis zum Jahr 2010 ebenfalls eine Dammlänge von 65 cm mit 3 Saatlänge, erweiterte diese jedoch ab dem 2. Versuchsjahr (2011) auf 110 cm und 4 Saatlänge. Ansonsten ist das Anbauverfahren, bis auf die eingesetzten Maschinen (Abbildung 12) mit dem der Haushalte identisch. Die Unterschiede der einzelnen Varianten sind in Abbildung 13 dargestellt.

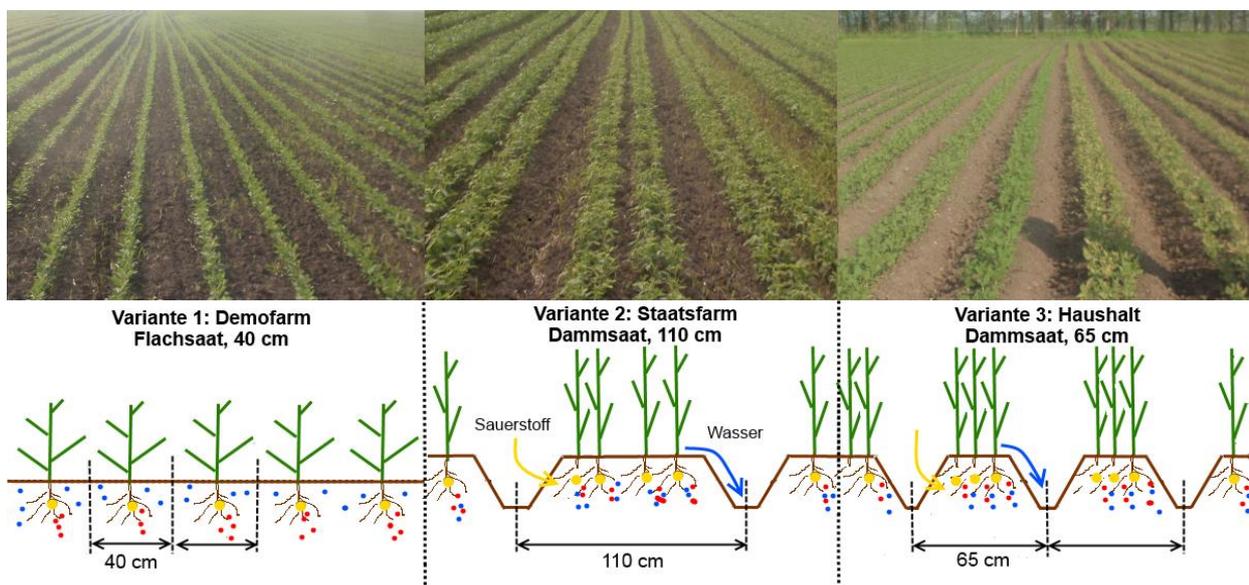


Abbildung 13: Schematische Skizze zu den Produktionsverfahren Sojabohnen

Die Erweiterung des Dammanbauverfahrens mit breiten Dämmen (110 - 140 cm Breite), 4 - 6 engen Saatreihen in 20 - 30 cm Abstand und eine um ca. 30 % erhöhte Bestandsdichte (450.000 - 650.000 Pfl./ha) wurde in den letzten Jahren von den Staatsfarmen bevorzugt (HLJAGRI, 2009). Um die daraus entstehenden großen Bestände mit hoher Lagerneigung zu stabilisieren werden Semi-dwarf-Sorten und Wachstumsregler eingesetzt. Das Anbauverfahren wirkt über eine gleichmäßigere Verteilung der Sojapflanzen auf die Ertragsbildung, bessere Verteilung der Wurzeln und damit bessere Nährstoffaufnahme und eine größere Blattfläche positiv auf den Ertrag. Aufgrund der größeren Blattfläche kommt es zu einer besseren Lichtausnutzung und die Blätter sind in der Abreifephase photosynthetisch aktiv. Auch der Ertragsaufbau verändert sich, so dass die Schoten zwar kleiner sind, aber die Anzahl an Schoten je Pflanze und Fläche sich erhöht, was zu Ertragssteigerungen von ca. 20 % (30 dt/ha) führt (Zhang, 2009).

### c) Produktionsverfahren Sojabohnen im Demonstrationsbetrieb Ganhe

Im Jahr 1988 wurden durch Cooper Versuche mit dem Flachsbootverfahren (angelehnt an Saatverfahren in den USA) durchgeführt. Die Aussaat ohne Damm bei hoher Bestandsdichte ist von Vorteil in Regionen mit fruchtbarem Boden und gutem Bodenzustand. Die Betriebe sollten dazu einen hohen Mechanisierungsgrad aufweisen und ausschließlich eine chemische Unkrautbekämpfung durchführen (Zhang, 2009). Die Aussaat erfolgt in den ebenen gut bearbeiteten Acker, bei einem Reihenabstand von 30 - 35 cm oder 15,0 - 17,5 cm und einer Saattiefe von 3 - 5 cm. Dieses Saatverfahren hat sich jedoch nicht durchgesetzt, da es damals keine Semi-Dwarf Sorten gab und man Probleme mit der Unkrautbekämpfung hatte (Liu et al., 2008).

Das Produktionsverfahren des Demonstrationsbetriebes nutzt ebenfalls eine flache Einzelkornsaat mit 40 cm Reihenabstand und 35 - 45 Körner/m<sup>2</sup> Saattiefe genutzt. Diese Einzelkorndrillmaschine des Demonstrationsbetriebes hat, durch eine präzise Saatablage und gutem Feldaufgang, Vorteile bei trockenen Bedingungen. Trotzdem verlief der Einsatz der Einzelkorndrillmaschine bei Sojabohnen nicht optimal. Auf vielen Flächen der Region ist der Boden strukturlos und stellenweise sogar vergleichbar mit losem feinem Sand, wodurch es zu Problemen beim Einsatz der Maschinen kam. Die Drillorgane der Einzelkornmaschine sanken stellenweise zu tief in den Boden ein und warfen zwischen den Drillreihen einen ca. 10 cm hohen und 20 cm breiten Damm auf. Bei darauffolgenden Starkregenereignissen sammelte sich das überschüssige Wasser in der Saatreihe, von wo es abfloss und stellenweise viel Oberboden mitriss und die Saat freilegte. In den Senken blieb längere Zeit Wasser stehen und der Boden verschlammte. Stellenweise wurde der zwischen den Reihen liegende Damm abgeschwemmt und verteilte sich auf die Drillreihen, wodurch die Saat zu tief im Boden lag, so dass der Feldaufgang verspätet erfolgte. Der Vorteil der Flachsbootverfahren sind die bessere Verteilung der Pflanzen durch die Einzelkornsaat und die Einsparung der mechanischen Pflegearbeiten (Dammhäufeln und Hacken). Jedoch entfällt damit auch die mechanische Unkrautbekämpfung, weshalb die Herbizidanwendung gut wirken muss. Oft stellt gerade das, aufgrund mangelhafter Herbizide, ein großes Problem dar. Wichtig war eine Stoppelbearbeitung der Vorfrucht, um Ausfallgetreide und Unkrautsamen zum Keimen anzuregen. Die Bodenbearbeitung

erfolgte mit dem Pflug und der Kurzscheibenegge und sollte im Herbst zusammen mit der Grunddüngung abgeschlossen sein, damit im Frühjahr keine Bodenfeuchtigkeit durch eine Bearbeitung verloren geht und in den saarfertigen Boden gedrillt werden kann.

Trotzdem wurde im Frühjahr als Unterfußdüngung zur Saat NPK durchgeführt. Eine Stickstoffgabe sollte normalerweise nicht erfolgen. Falls vor der Blüte ein N-Mangel (schlecht entwickelte Rhizobien) festgestellt wird, empfiehlt sich eine zusätzliche Stickstoffgabe (15 - 30 kg N/ha). In der Region Dayangshu wurde jedoch grundsätzlich Stickstoff direkt zur Saat (bis 30 kg N/ha) ausgebracht. Begründet ist dies durch eine in der Regel schlechte Entwicklung der Rhizobien durch die Probleme mit Bodenstruktur, Sauerstoffhaushalt, pH-Wert und Herbizidrückständen. Die Höhe der Düngergabe wurde aus dem Entzug der Früchte und der Nährstoffversorgung des Bodens, abgeleitet aus Bodenuntersuchungen und LUFA-Düngeempfehlungen, bemessen.

Der Pflanzenschutz richtete sich nach den Grundsätzen der „guten fachlichen Praxis“ und wurde möglichst nach dem Schadschwellenprinzip durchgeführt, womit Fungizid- oder Insektizidapplikationen nur bei Bedarf eingesetzt wurden. Eine mechanische Pflegemaßnahme hat auch in der Flachsart Vorteile durch eine bessere Durchlüftung des Bodens, Anregung des Längenwachstums durch Anhäufeln und einer weiteren Unkrautbekämpfungsmaßnahme. Jedoch wurde das Hacken und Häufeln nur im Versuchsjahr 2010 umgesetzt.

Tabelle 6: Boniturdaten des Arbeitsverfahrens Sojabohnen 2010 - 2012

<b>Boniturdaten des Arbeitsverfahrens – Sojabohnen 2010-2012</b>				
<b>Varianten</b>		<b>Demofarm – 40 cm Flachsart</b>	<b>Staatsfarm</b>	<b>Haushalt</b>
			<b>110 cm Dämme</b>	<b>65 cm Dämme</b>
Anzahl bonitierte Parzellen	n	14,0	14,0	10,0
Saatstärke Aussaat	K./m <sup>2</sup>	45,0	50,0	50,0
Feldaufgang	%	87,3	94,3	85,1
Pflanzen je m <sup>2</sup> - vor Ernte	Pfl./m <sup>2</sup>	36,0	51,2	41,7
TKM - Erntegut	g	179,8	178,3	184,0
Schoten/Pfl. - Erntegut	n	18,2	14,0	16,4
Körner/Schote – Erntegut	n	2,5	2,3	2,3

Wie sich in Bestandsbonituren (Tabelle 6) zeigte, ist der Feldaufgang der verschiedenen Saatverfahren recht ausgeglichen. Dabei ist anzumerken das die Ergebnisse der chinesischen Drillmaschinen sehr ungenau einzuschätzen sind. Die ungenaue Einstellung und Ausbringung des Saatgutes der chinesischen Drillmaschinen, führte dazu, dass stellenweise oft weit mehr oder weniger Saatgut ausgebracht wurde. Auch konnten Rückschlüsse auf die Bestandsstruktur gezogen werden. Der weite Reihenabstand der Einzelkorndrillmaschine (40 cm), geringere Saatstärke und Einzelkornsaat führt zu einer gleichmäßigeren Verteilung der Pflanzen und damit zu kleineren aber stärker verzweigten Pflanzen. Ebenfalls ist die Anzahl an Schoten je Pflanze und Körner je Schote höher und führt trotz geringerer Saatstärke zu vergleichbaren Erträgen. Die Bestände der Staatsfarm und Haushalt dagegen sind durch den Dammanbau und hoher Saatstärke recht eng, wodurch die Pflanzen länger wachsen und weniger verzweigen.

### 3.1.2 Produktionsverfahren Sommerweizen

Der Weizen ist nach dem Reis die bedeutendste Fruchtart in China und wird in fast allen Landesteilen, aber hauptsächlich in Nordchina, angebaut. In Nordostchina wird wegen des kalten, langen Winters ausschließlich Sommerweizen angebaut. Dort ist er in vielen Fruchtfolgen vertreten, um die langen Soja- und Maisanbauphasen (5-10 Jahre) aufzulockern und die Fruchtfolgeschäden zu mindern. Der Weizenanbau ist für die Kleinbauernhaushalte relativ riskant, da die Erträge sehr stark schwanken und der hohe Sommerniederschlag hohe Ernte- und Qualitätsverluste verursachen kann. Bei dem vorherrschenden kontinentalen Klima fällt der größte Teil des Niederschlages in den Sommermonaten (Juni – August) bei kurzen warmen Sommer und langen kaltem Winter. Die Bodenfeuchte des Winters muss bei der Weizenaussaat ausgenutzt werden. Die Aussaat erfolgt daher erst ab Anfang April, kurz nachdem der Oberboden aufgetaut ist. Eine spätere Aussaat führt zu Mindererträgen, da der Feldaufgang sich nach hinten verschiebt und wertvolle Vegetationszeit verloren geht (Johnson und Beemer, 1977).

#### a) Produktionsverfahren Sommerweizen der Staatsfarm und der Kleinbauernhaushalte

Die Staatsfarm Ganhe und die Kleinbauernhaushalte nutzten in den On-Farm Versuchen ein nahezu gleiches Produktionsverfahren, jedoch mit in Leistung und Größe unterschiedlichen Maschinen. Die Staatsfarm nutzte Drillmaschinen mit großer Arbeitsbreite (5,6 – 7,7 m) aus chinesischer Produktion. Wohingegen die Kleinbauern einfache Maschinen mit Arbeitsbreite bis 2,4 m nutzten. Die Bodenbearbeitung der Staatsfarm für Weizen erfolgte mit dem Pflug, wobei auf eine vorherige Stoppelbearbeitung verzichtet wurde. Ab 2010 wurde von der Holdingleitung eine tiefe Bodenbearbeitung vorgeschrieben. Die Kleinbauern mussten deshalb ihre Weizenflächen von Lohnunternehmen bearbeiten lassen oder selbst tief bearbeiten. Sommerweizen wird als eine der wenigen Feldfrüchte in Nordostchina im flachen Saatbett ohne Damm, mit Reihenabständen von 10 - 15 cm angebaut. Es wurden jedoch auch Versuche in Dammsaat (130 cm Dammbreite) erfolgreich durchgeführt. Die chinesischen Weizen-Drillmaschinen sind relativ leicht gebaut, arbeiten ohne zusätzliche Bodenbearbeitungswerkzeuge und Walzen zur Rückverdichtung, womit sie auch bei großen Arbeitsbreiten (bis 7,6 m Arbeitsbreite) als Anbaugerät erhältlich sind. Wegen dem schlechten Bodenzustand in Nordostchina werden alle Feldfrüchte mit einer Unterfußdüngung ausgebracht. Nachteilig ist der große Aufwand für Einstellung und Abdrehen der Saatmenge, weshalb in der Praxis die Saatmenge nur selten an Sorten, Saatbedingungen und TKM angepasst wird (Pflanzenbauabteilung Dayangshu, 2011).

Die Vorteile einer tiefen Bodenbearbeitung werden in China durch die Mechanisierung in den 60er und 70er in den Volkskommunen und Staatsfarmen genutzt. Jedoch verzichteten viele Kleinbauern aus Mangel an leistungsfähigen Zugmaschinen darauf und lockern den Boden zweimal flach mit der Scheibenegge. Obwohl auch in Nordostchina zwingend notwendig, wird aus Kostengründen nur in jedem 3. Jahr zertifiziertes Saatgut verwendet oder auf die Beizung verzichtet (Langrock, 2009). Die angestrebte Bestandsdichte sollte bei einem Reihenabstand von 10 cm und einer Saattiefe von 3-4 cm etwa 750 – 900 Pfl./m<sup>2</sup> betragen. Bei zu lockerem Boden wird nach der Saat

gewalzt um den Bodenschluss der Saat herzustellen. Zur Aussaat werden mechanische Drillmaschinen zur Unterfußdüngung von Mehrnährstoffdünger (NPK) verwendet. Später erfolgt zum entsprechenden Wachstumsstadium eine Stickstoffgabe (Harnstoff) in den Bestand. Dazu wird die umgebaute Weizendrillmaschine ohne Säscharre oder die Pflanzenschutzspritze (Flüssigdüngung) verwendet. Der Reihenabstand war früher in Nordostchina mit 15 - 20 cm oft sehr weit, um eine manuelle oder mechanische Unkrautbekämpfung durchzuführen. Später wurden mit steigender Mechanisierung die Reihenabstände auf 10 - 15 cm verringert da die Unkrautbekämpfung nun ausschließlich chemisch erfolgt. Die Herbizidanwendung unter anderem gegen die Problemunkräuter Hirse oder Weißer Gänsefuß (z.B. Wirkstoffe: 2-4D, tribenuron-ethyl, fenoxaprop-P-ethyl) erfolgt oft zusammen mit einer Blattdüngung (Harnstoff) und Biopestizide (Phytohormonen). Der Einsatz von Biopestiziden (Wachstumsförderer) ist in der Projektregion weit verbreitet.

#### **b) Produktionsverfahren Sommerweizen im Demonstrationsbetrieb Ganhe**

Im Produktionsverfahren des Demonstrationsbetriebes erfolgte die Bodenbearbeitung im Herbst mit der Scheibenegge und anschließend mit dem Grubber (Flügel- oder Gänsefußscharre). Der Boden sollte noch im Herbst möglichst saarfertig sein, um Verluste an Bodenfeuchtigkeit im Frühjahr zu vermeiden. Falls vor der Saat ein Bodenbearbeitungsgang notwendig war, wurde dieser mit der Saat kombiniert (Kombination Drillmaschine und Kurzscheibenegge). Nur im ersten Versuchsjahr wurde der Pflug zur Lockerung des Bodens im Sommerweizen eingesetzt.

Zur Aussaat wurde eine pneumatische Drillmaschine mit einem Reihenabstand (RA) von 12,5 cm verwendet. Diese zeichnete sich im Projekt durch einen guten Feldaufgang und präzisen Einstellmöglichkeiten bei der Aussaat von Sommerweizen, Raps und Sojabohnen aus. Jedoch gab es Probleme bei nassen Saatbedingungen, wie sie häufig zur Weizenaussaat in Ganhe herrschen. Durch die großen Laufräder der Drillmaschine und des Traktors entstehen bei einem nassen Boden zwei stark verdichtete Fahrspuren, in denen die Scheibenscharre nicht in die Erde eindringen konnten oder verstopften. Als Folge lag das Saatgut auf der Oberfläche, wo es ohne Anschluss an die Bodenfeuchte nicht keimen konnte und dadurch Fehlstellen entstanden. Der im Projektverlauf erfasste Feldaufgang des Sommerweizens (Tabelle 7) im Produktionsverfahren der Demo- und Staatsfarm lag etwa gleichauf bei 83 % und 79 %. Der Feldaufgang des Kleinbauern dagegen weicht mit ca. 60 % hiervon stark ab.

In den Produktionsverfahren des Demonstrationsbetriebes werden, im Gegensatz zu den chinesischen Produktionsverfahren, grundsätzlich ein Vorgewende und Fahrspuren angelegt, was arbeitswirtschaftliche und pflanzenbauliche Vorteile beim Pflanzenschutz und Düngung hat und später in der Kalkulation des Arbeitszeitbedarfs berücksichtigt werden muss. Oft wird auf den Flächen der chinesischen Produktionsverfahren an Stelle eines Vorgewendes, ein unbestellter Randstreifen an den Weg- und Straßenrändern zum Wenden genutzt, womit je nach Schlagform und Maschinengröße wertvolle Anbaufläche verloren geht. Vor allem wenn in Zukunft größere Maschinen genutzt werden sollen ist es möglich diese Fläche produktiv zu nutzen. Die Anlage von Fahrspuren

ist ebenfalls unüblich, da die Drillmaschinen keine Fahrspurschaltung besitzen und die Landwirte einen Verlust von Anbaufläche befürchten (Langrock, 2009).

Tabelle 7: Feldaufgang der Arbeitsverfahren Aussaat Sommerweizen

<b>Felddaufgang der Arbeitsverfahren Aussaat Sommerweizen – Zusammenfassung</b>				
<b>Arbeitsverfahren</b>	<b>Anzahl Stichproben</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>Minimum</b>	<b>Maximum</b>
<b>Einheit</b>	<b>n</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>
Demofarm - pneum. Drillmaschine 12,5 cm RA	12,00	83,30	70,92	100,00
Staatsfarm - Chin. Drillmaschine - 5,4 m, 15 cm RA	7,00	79,23	67,81	100,00
Haushalt - Chin. Drillmaschine - 2,4 m, 15 cm RA	3,00	60,86	60,86	60,86

Die Düngung und der Pflanzenschutz erfolgten nach den in Deutschland üblichen Standards (gute fachliche Praxis). Dazu wurden die pflanzenbaulichen Maßnahmen von einem erfahrenen Projektmanager angeleitet und die chinesischen Mitarbeiter in Seminaren geschult. Obwohl der Sommerweizen häufig auf Grund des Sommermonsuns an Qualität durch Fusariumbefall einbüßt, ist eine Fungizidanwendung unüblich. Nur im ersten Versuchsjahr wurde in der Variante des Demonstrationbetriebes eine Fungizidanwendung durchgeführt, welche aber durch die hohen Kosten für das Fungizid recht teuer war. Die Grunddüngung sollte schon im Herbst vor der letzten Bodenbearbeitung erfolgen um im Frühjahr auf eine Bodenbearbeitung zu verzichten und die Frostgare zu nutzen. Zur Düngung (Grunddüngung und Stickstoffgaben) wurde ein Anbauschleuderstreuer verwendet, während die chinesischen Anbauverfahren eine Unterfußdüngung zur Saat nutzten.



Abbildung 14: Maschinen im Produktionserfahren für Sommerweizen (Demo – Staat - Haushalt)

### 3.2 On-Farm Experimente auf dem Demonstrationbetrieb Ganhe

Auf dem Demonstrationbetrieb wurden zwei On-Farm Versuche zum Vergleich der neuen Anbauverfahren angelegt (siehe Tabelle 8 und im Anhang Tabelle 77). Bei den zu untersuchenden Prüfgliedern handelt es sich um die in der Region Ganhe im Rahmen des Projektes neu eingeführten Produktionsverfahren für Sommerweizen und Sojabohnen, im Vergleich zu den bereits vorhandenen Produktionsverfahren der Staatsfarm und Kleinbauernhaushalte.

Tabelle 8: Übersicht der On-Farm Experimente im Projekt

<b>Übersicht der On-Farm Experimente im Projekt</b>								
<b>Schlag</b>	<b>Frucht</b>				<b>Fläche ha</b>	<b>Parzellen</b>		
	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>		<b>Anzahl</b>	<b>Breite [m]</b>	<b>Länge [m]</b>
Brigade 5	Soja	SW	Soja	SW	ca. 25,00	9	60,00	ca. 550,00
Brigade 10	Soja	Soja	SW	Soja	ca. 21,00	9	45,00	ca. 500,00

Das Prüfmerkmal ist der Kornertrag (KF 14 %) und die aus den Versuchsdaten berechneten direkt- und arbeitserledigungskostenfreien Leistungen. Die On-Farm Experimente wurden nach dem in Abbildung 15 dargestellten Schema angelegt, durchgeführt und ausgewertet. Die einzelnen Bearbeitungsschritte werden in den folgenden Abschnitten dargestellt und näher erläutert.

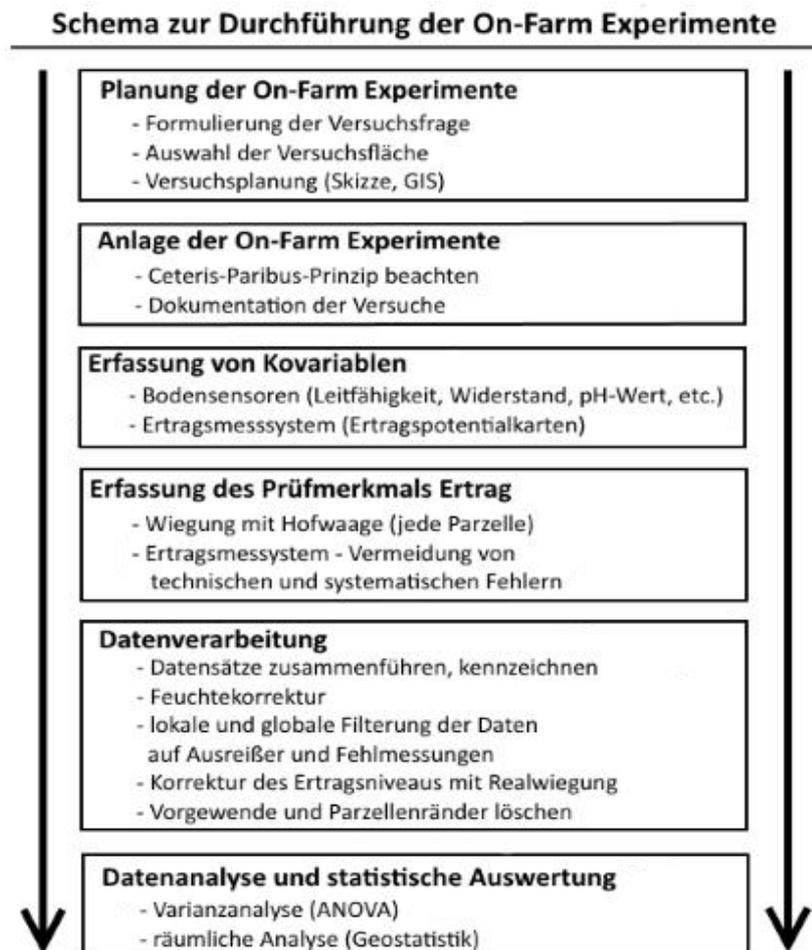


Abbildung 15: Schema zur Durchführung der On-Farm Experimente (eigene Darstellung)

### 3.2.1 Anlage der On-Farm Experimente

Die Anlage der On-Farm Experimente erfolgt mit den im Betrieb vorhandenen Maschinen. Dabei sollten die Versuche trotzdem mit hoher Präzision angelegt werden. Hilfreich dazu können neben der üblichen Markierung mit Stäben, auch Parallelfahrssysteme und teilflächenspezifische Applikationstechnik zur Aussaat und Düngung sein. On-Farm Versuche lassen sich heute mit Hilfe von GPS-Systemen und GIS leicht am PC planen. Falls die Bodenheterogenität mit Hilfe von Sensoren erfasst wurde, Ertragsdaten vorliegen oder Precision-Farming Ansätze getestet werden sollen, ist die Planung im GIS wichtiger Bestandteil der Versuchsanlage.

Bei der Auswahl der Versuchsflächen wurde versucht möglichst homogene Standorte zu wählen. Die Flächen am Projektstandort sind jedoch sehr heterogen und weisen meist ein Gefälle auf. Ebenfalls waren viele Flächen durch Herbizidrückstände belastet oder aufgrund der Fruchtfolge nicht als Versuchsfläche verfügbar, womit nur zwischen wenigen Standorten gewählt werden. Die On-

Farm Experimente im Projekt wurden als vollständige Blockanlagen (Streifenanlage) angelegt. Entgegen den Grundsätzen einer ordnungsgemäßen Versuchsdurchführung, musste aus organisatorischen Gründen auf eine Randomisation verzichtet werden. Die Versuche umfassen drei Varianten und drei Wiederholungen. Da die Bearbeitungsrichtung feststand, konnte die Anlage der Blöcke nicht an die Richtung der Bodenunterschiede angepasst werden. Alternativ dazu wurden an die Standorteigenschaften angepasste Pseudoblocks (PBlock) eingefügt (siehe Abschnitt 3.2.4).

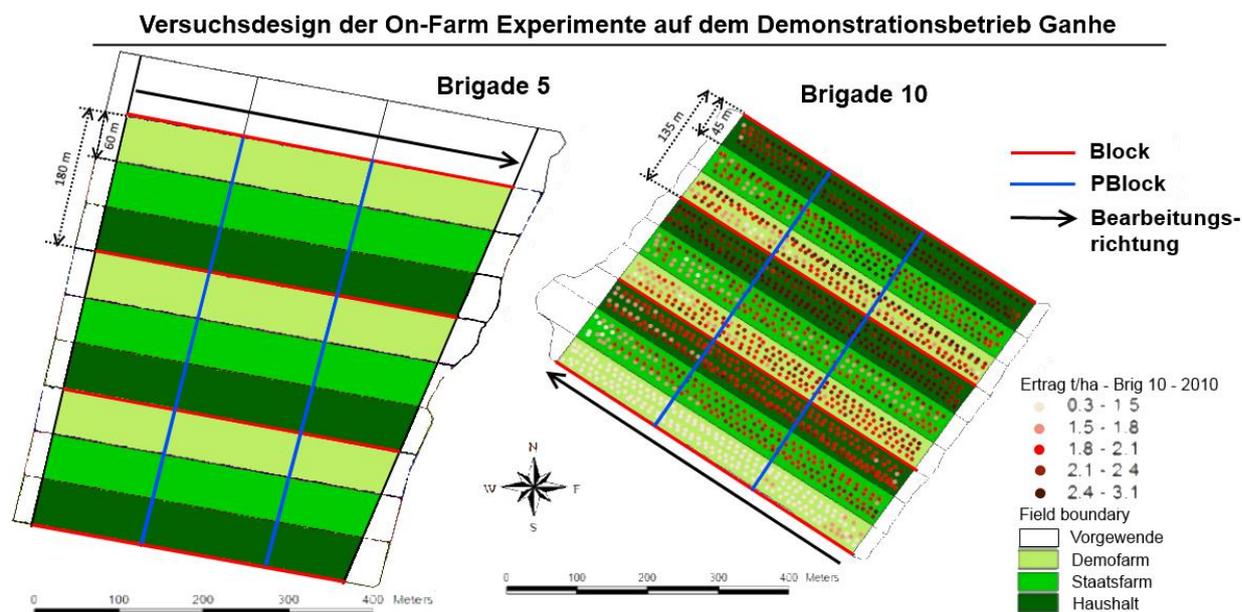


Abbildung 16: Versuchsdesign der On-Farm Experimente

### 3.2.2 Planung der On-Farm-Experimente

Bei der Auswahl der Versuchsflächen sollte auf möglichst homogene Bedingungen für alle Versuchsvarianten geachtet werden, es sei denn die Heterogenität ist für das Prüfglied erwünscht. Dies trifft oft in Precision-Farming Versuchen zu. Ein wichtiges Ziel bei der Entwicklung von Precision-Farming Strategien ist es, sichere Erkenntnisse von Versuchen zu teilflächenspezifischen Managementstrategien zu erhalten. Versuche zu Testfragen im Precision-Farming müssen zwangsläufig auf Schlägen durchgeführt werden, welche eine hohe Ertragsheterogenität besitzen. Der Einsatz von Precision-Farming Technik, kann nur dann zu einem positiven ökonomischen Ergebnis kommen, wenn die Heterogenität erfasst wird und Betriebsmittel teilflächenspezifisch entsprechend optimal ausgebracht werden. Damit können Betriebsmittelkosten gesenkt und der Ertrag gesteigert werden. Bei homogenen Feldern würde ein teilflächenspezifischer Ansatz meist nur Mehrkosten verursachen und wäre nicht rentabel. Aus diesem Grund ist in OF-Experimenten zum Vergleich von Precision-Farming Ansätzen eine räumliche Heterogenität erwünscht und wesentlicher Bestandteil des Verfahrens. Dies ist ein wesentlicher Unterschied zum normalen Parzellenversuch, in dem jede Heterogenität ausgeschlossen oder kontrolliert werden sollte. Die Störgröße Heterogenität wird in PF-Experimenten zum erwünschten Merkmal des Verfahrens. Möglicher-

weise ist der Einfluss der Störgröße jedoch so groß, dass die Störgröße die Wirkung des Prüfglie-des auf das Prüfmerkmal überlagert. Weitere Störfaktoren wie Staunässe, Bodenverdichtungen, Unkrautnester, Herbizidbelastungen des Bodens sollten ausgeschlossen werden.

Der Flächenbedarf von OF-Experimenten ist von der Versuchsfrage und den eingesetzten Maschi-nen abhängig. Meist werden praxisübliche Düngerstreuer und Pflanzenschutzspritzen mit mehr als 15 m Arbeitsbreite verwendet. Da bei Schleuderstreuern eine Überlappung nötig ist, muss die Par-zellenbreite mindestens die zweifache Arbeitsbreite des Düngerstreuers betragen. Falls ein praxis-üblicher Mähdrescher mit Ertragsmesssystem zur Ernte verwendet wird, so müssen mindestens zwei (besser vier) Druschspuren zur Auswertung kommen. Die beiden äußeren Druschspuren am Parzellenrand werden meist verworfen, weshalb mindestens 4 (besser 6) Druschspuren je Parzelle benötigt werden. Die Länge der Parzellen sollte ausreichend sein, da Vorgewende und die die Füll- und Entleerungsphase am Beginn und Ende einer Druschspur gelöscht werden und genügend Er-tragspunkte zur Auswertung zur Verfügung stehen (z.B.: minimale Parzellenlänge = 2 x 30 m Vorgewendebreite + 2 x Füll- und Entleerungsphase 20 m + 100 m Länge der Auswertungsfläche = 200 m). Bei der Anlage von OF-Experimenten muss weiter beachtet werden, dass der Versuchs-schlag groß genug ist, um genügend randomisierte Wiederholungen angelegen zu können.

### **3.2.3 Dokumentation der On-Farm Experimente**

Eine Dokumentation der Versuchsdurchführung ist wichtig zur Interpretation der Ergebnisse. Dazu können der Witterungsverlauf, Wachstumsbeobachtungen (Bonituren) und eine allgemeine Versuchsdokumentation gehören.

#### **3.2.3.1 Dokumentation der Versuchsdurchführung und Schlagkartei**

Alle pflanzenbaulichen Maßnahmen wurden zeitgleich durchgeführt, kontrolliert und in der vom Projektleiter geführten Schlagkartei erfasst. Die Versuchsflächen wurden mit einem tragbaren GPS-Gerät eingemessen und mit Schildern und Stangen markiert. Jede Parzelle der Produktions-verfahren wird durch den entsprechenden Bewirtschafter, soweit wie möglich mit der betriebsüb-lichen Technik, selbst angelegt. Zur Aussaat wurde für die Varianten das gleiche Saatgut verwen-det. Beim Dünger und Pflanzenschutzmittel dagegen wurden von jedem Anbauverfahren verschie-dene übliche Düngerarten und Wirkstoffe verwendet. Die Durchführung der Versuche wurde von deutscher Seite angeleitet, kontrolliert und in einer Schlagdatei dokumentiert. Ebenfalls wurde die Anlage, Durchführung und Ernte der On-Farm Experimente überwacht und dokumentiert. Even-tuelle Fehler bei der Ernte, Teilbreiten und Unkrautnester wurden erfasst und dienten als Informa-tionen zur Bearbeitung der Ertragsdaten.

#### **3.2.3.2 Witterungsverlauf in den Versuchsjahren**

Um aussagekräftige Ergebnisse und ein fachgerechtes pflanzenbauliches Management zu gewähr-leisten, wurde deshalb die Versuchsdurchführung mit Witterungsverlauf und daraus folgende Stö-rungen dokumentiert. Das Wetter, Begleitflora/Unkräuter, Auftreten von Schaderregern und

Krankheiten können zu einer Verzerrung der Versuchsergebnisse führen. Entsprechende Parzellen oder Teilflächen im Versuchsfeld sollten in diesem Fall beachtet oder ausgeschlossen werden.

Tabelle 9: mittlere Niederschläge und Temperatur in den Jahren 2009 – 2011

<b>mittlere Niederschläge und Temperatur in den Jahren 2009 – 2011</b>						
Monat	2009		2010		2011	
	NS [mm]	T [°C]	NS [mm]	T [°C]	NS [mm]	T [°C]
Jan.	6,2	-23,3	1,6	-23,8	1,3	-26,1
Feb.	8,7	-20,4	3,7	-23,7	1,3	-19,3
Mrz.	15,8	-12,4	5,1	-13,4	4,6	-10,3
Apr.	7,6	5,0	17,1	1,5	2,3	4,2
Mai.	13,0	14,0	48,3	14,0	92,9	12,3
Jun.	178,9	16,0	54,4	23,1	56,3	19,9
Jul.	72,2	20,4	175,5	21,2	119,4	22,4
Aug.	134,7	19,3	183,2	18,5	42,4	21,0
Sep.	42,9	12,1	16,1	14,0	12,7	11,6
Okt.	0,3	3,4	5,1	2,7	3,4	5,4
Nov.	7,1	-13,6	20	-10,2	3,8	-11,9
Dez.	11,8	-24,9	19,4	-22,8	2,3	-22,2
<b>Summe/Mittel</b>	<b>499,2</b>	<b>-4,4</b>	<b>549,5</b>	<b>1,1</b>	<b>342,7</b>	<b>7,0</b>

Quelle: Dayangshu (2010)

In Tabelle 9 ist der mittlere Niederschlag und Temperatur am Versuchsstandort Ganhe dargestellt. Erkennbar sind die hohen Niederschläge zwischen Juni und August, welche oft in der Weizenernte Probleme verursachten. Ebenso die hohen Niederschläge im Mai 2011 welche die Aussaat von Sojabohnen, Mais und Kartoffeln stark behinderten und bei verzögerter Aussaat zu Ertragsminderungen führten. Der kalte Winter und Frühlingsbeginn (April) in 2010 verzögerten ebenfalls die Weizenaussaat und sorgten für extrem schwierige Saatbedingungen. Die Daten für das Versuchsjahr 2012 standen auf Grund von Problemen mit der Datenerfassung nicht zur Verfügung.

#### a) Versuchsjahr 2010

Der Winter im Versuchsjahr 2010 war überdurchschnittlich kalt und lang, weshalb die Böden erst sehr spät frostfrei waren und die Vegetationsperiode erst spät begann. Das Versuchsfeld für Sommerweizen (Brigade 5) wurde im ersten Versuchsjahr mit geringfügigen Problemen durch eine hohe Bodenfeuchte bei der Aussaat angelegt. Diese konnte jedoch für alle drei Varianten am selben Tag mit einem zufriedenstellenden Ergebnis abgeschlossen werden. Der rechtzeitig einsetzende Regen sorgte für einen guten Feldaufgang bei allen Feldkulturen. Die Unkrautbekämpfung stellte in den On-Farm Experimenten das größte Problem dar. Im Vorgewende kam es zu massiven Beständen an Hirse, weshalb diese Flächen nicht in die Auswertung einbezogen wurden. Der Sommer brachte für die Region nur durchschnittliche Regenfälle, womit die Ernte des Sommerweizens ohne größere Probleme abgeschlossen werden konnte.

Die Anlage des Versuchsfeldes für Sojabohnen (Brigade 10) verlief bei der Aussaat und Ernte problemlos. Lediglich die Herbizidmaßnahmen in Sojabohnen konnten nur mit mäßigem Erfolg durchgeführt werden. Dies könnte vermutlich an der mangelnden Wirksamkeit der dort erhältli-

chen PSM-Wirkstoffe, einer unbeabsichtigten Unterdosierung oder an einer in der Region vorliegenden Herbizidresistenz der Unkräuter zu erklären sein. Schließlich war man wegen dem Unkrautbesatz gezwungen auf den On-Farm Experimenten und anderen Schlägen der Staatsfarm Hilfskräfte einzusetzen um das Unkraut manuell zu beseitigen. Die Ernte der Sojabohnen wurde hingegen durch große Niederschläge beeinträchtigt. Der erste Schnee fiel ab Mitte Oktober, bis dahin konnten alle Ernte- und Bodenbearbeitungsmaßnahmen abgeschlossen werden.

#### **b) Versuchsjahr 2011**

Der Winter vor dem Versuchsjahr 2011 war überdurchschnittlich kalt, mit nach Angaben der dortigen Wetterstation, bis zu 2,5 m tief gefrorenen Böden. Die Erwärmung im Frühjahr setzte dagegen früh ein, sodass die Aussaat termingerecht um den 20. April beginnen konnte. Die Anlage des On-Farm Versuchsfeldes für Sommerweizen (Brigade 10) gelang nicht optimal. Durch einen Drillfehler musste schon nach der Aussaat eine von den drei Wiederholungen verworfen werden. Der Sommer war ebenfalls durch überdurchschnittliche Niederschläge gekennzeichnet. Die Pflanzenschutzmaßnahmen konnten nur mit erheblicher Verzögerung durchgeführt werden, mussten entfallen oder waren in ihrer Wirkung beeinträchtigt. Aus diesem Grund kam es im Sommerweizen zu einem erheblichen Unkrautbesatz mit Hirse, Weißem Gänsefuß und Amarant. Einige Teilflächen waren durch nicht abfließendes Regenwasser über Wochen nicht befahrbar. Andererseits konnte durch die hohen Regenmengen, ein überdurchschnittlicher Ertrag bei Sommerweizen erzielt werden. Durch schlechte Befahrbarkeit musste an mehreren Tagen gedroschen werden, wodurch nur eine Wiederholung des On-Farm Experiments fehlerfrei geerntet werden konnte.

Die Anlage des Versuchsfeldes für Sojabohnen (Brigade 5) konnte ab Anfang Mai recht früh beginnen, jedoch setzte ab dem 5. Mai die jährliche Regenperiode sehr früh ein. Da die Fläche des Haushalts mit ca. 8 ha für eine Drillmaschine mit 1,3 m Arbeitsbreite recht groß war, konnte die Aussaat nicht am selben Tag beendet und musste aufgrund eines Starkregen unterbrochen werden. Nach den starken Niederschlägen konnten die Flächen der Projektregion nur mit Verzögerungen und Problemen bestellt werden. Die Parzellen der Demofarm hatten nach dem Starkregen Probleme mit Verschlammung, was zu einem etwas schlechteren Feldaufgang führte. Der Kleinbauer hatte die geringsten Probleme mit dem Feldaufgang, da er nach der Saat gewalzt und die Verschlammungen damit aufgebrochen hatte. Die Fläche des Kleinbauern trocknete am schnellsten ab und es wurde weniger Saatgut vom Wasser frei gespült. Die Dämme der Variante Staatsfarm wurden durch abfließendes Wasser stärker beschädigt und trockneten nur sehr langsam ab. Die Pflanzenschutz- und Pflegemaßnahmen wurden von allen Varianten mit gutem Erfolg durchgeführt. Dies führte zusammen mit den hohen Niederschlagsmengen zu einer guten Bestandsentwicklung und überdurchschnittlichen Erträgen. Bei den Sojabohnen gab es dagegen keine Probleme zur Ernte. Die Abreife der Sojabohnen setzte frühzeitig ab Mitte September ein und die Böden waren mittlerweile gut abgetrocknet, womit auch sehr gute Erträge erzielt werden konnten. Die Herbstbodenbearbeitung konnte ebenfalls planmäßig bis zum ersten Schneefall am 15. Oktober durchgeführt werden

### c) Versuchsjahr 2012

Die Aussaat in diesem Versuchsjahr konnte rechtzeitig und ohne größere Probleme bei allen Feldfrüchten erfolgen. Auch der Feldaufgang war aufgrund ausreichender Niederschläge ab Mitte Mai zufriedenstellend. Die Pflanzenschutzmaßnahmen konnten aufgrund der regelmäßigen Niederschläge wiederum nur mit Verzögerungen durchgeführt werden. Besonders im Mais kam es zu großen Problemen mit starker Verunkrautung. Trotz allem entwickelten sich die meisten Bestände gut. Auch die Ernte bei Sommerweizen (Brigade 5) und Sojabohnen (Brigade 10) konnte ohne Probleme durchgeführt werden. Die Erträge können als durchschnittlich angesehen werden. Die Anlage der Versuchsfelder im Jahr 2012 verlief relativ problemlos. Die Fahrer aller Varianten waren gut eingearbeitet und nur wenige Unterbrechungen waren nötig. Die Pflanzenschutzmaßnahmen verliefen in allen Varianten gut, wenn auch nicht optimal da es oft regnete.

### 3.2.4 Aufnahme von Standorteigenschaften zur Nutzung als Kovariable

Da die Eigenschaften des Versuchsstandortes zu Beginn des Projektes nicht bekannt waren, wurden die Standorteigenschaften durch eine Messung der scheinbaren elektrischen Leitfähigkeit und durch Ermittlung des Ertragspotentials aus historischen Ertragskarten ermittelt. Das Ziel ist es diese als Entscheidungsgrundlage bei der Anlage der Versuchsflächen und als Kovariable in einer geostatistischen Auswertung zu nutzen.

#### 3.2.4.1 Bodenheterogenität - Messung der elektrischen Leitfähigkeit

Im Projekt erfolgte die Messung der scheinbaren elektrischen Leitfähigkeit im Oktober 2009. Zu diesem Zeitpunkt war der Boden durch die hohen Sommerniederschläge noch sehr feucht und nur oberflächlich (10 cm) abgetrocknet, was bei gleichmäßiger Durchfeuchtung zu guten Ergebnissen führt. Die Heterogenität der Leitfähigkeit spiegelt damit vor allem die Unterschiede in der Wasserspeicherkapazität des Bodens wider. Das EM 38 der Firma Geonics Ltd. (Mississauga, Ontario, Kanada) ist ein bodengestützter Sensor für Leitfähigkeitsmessungen des Bodens mit hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung. Das Messprinzip beruht auf der elektromagnetischen Induktion und benötigt keinen Bodenkontakt. Die Primärspule (Sendespule) erzeugt ein magnetisches Wechselfeld, welches in den Boden induziert wird und von der Sekundärspule (Empfängerspule) gemessen wird. Eine genaue Beschreibung des Messprinzips findet sich bei Hinck (2009). Die Messung erfolgte mit Hilfe eines aus Holz gefertigten Messschlittens, im Fahrspurabstand von 15 m bei einer Fahrgeschwindigkeit von 10 - 15 km/h. Zu beachten ist dabei die richtige Kalibrierung des Gerätes für jede Messung auf dem Schlag und die spätere Korrektur der Rohdaten auf 25°C Bodentemperatur. Die Bodentemperatur ist eine wichtige Umweltvariable bei der Messung der scheinbaren elektrischen Leitfähigkeit. Um den Einfluss der Temperatur auszuschließen ist es wichtig die Ausgangsmesswerte auf eine Bodentemperatur von 25° zu korrigieren.

Für diese Temperaturkorrektur wurden verschiedene Modelle entwickelt, weshalb Ma et al. (2010) die verschiedenen Korrekturmodelle für  $EC_a$ -Werte untereinander verglichen. Die Korrekturformel von Sheets und Hendriks (1995), abgeändert nach Corwin und Lesch (2005), wurde als passend für die meisten Böden ausgewiesen. Die Korrekturformel (1) nach Durlessen (1999, S. 82) wird in Deutschland häufig verwendet, welche aber nur ein empirisches Modell für Versuchsdaten von bestimmten Bodentypen ist.

$$EC_{25} = EC_a \times \left[ 0,4770 + 1,69 \times e^{\left(-\frac{T}{21}\right)} \right] \quad (1)$$

$$EC_{25} = EC_a \times \left[ 0,4470 + 1,4034 \times e^{\left(-\frac{T}{26,815}\right)} \right] \quad (2)$$

In dieser Arbeit wurde die Formel (2) von Sheets und Hendrickx verwendet. Für die Verwendung als Kovariable in einem linearen gemischten Model sind die Unterschiede zwischen den Korrekturformeln unerheblich, da die relativen Unterschiede im EC-Niveau gleichbleiben. In den Formeln ist  $EC_a$  der Rohwert der Leitfähigkeitsmessung und T die Bodentemperatur bei der Messung.  $EC_{25}$  ist die auf 25°C Bodentemperatur korrigierte scheinbare elektrische Leitfähigkeit des Bodens.

In Abbildung 17 und Abbildung 18 sind die Ergebnisse der Leitfähigkeitsmessung grafisch dargestellt. Die Bereiche mit hoher und niedriger elektrischer Leitfähigkeit sind klar abgegrenzt und entsprechen weitgehend dem Bodenprofil und Tongehalt des Bodens. Im roten Bereich (niedrige Leitfähigkeit) wurde aufgrund der Hangneigung ein großer Teil des Oberbodens durch Erosion hangabwärts verlagert, wodurch auch das Ertragspotential verringert wurde. Um diesen deutlich erkennbaren Trend im Versuch zu kontrollieren wurden Blocks quer zur Bearbeitungsrichtung (Pseudoblock-PBlock) eingefügt.

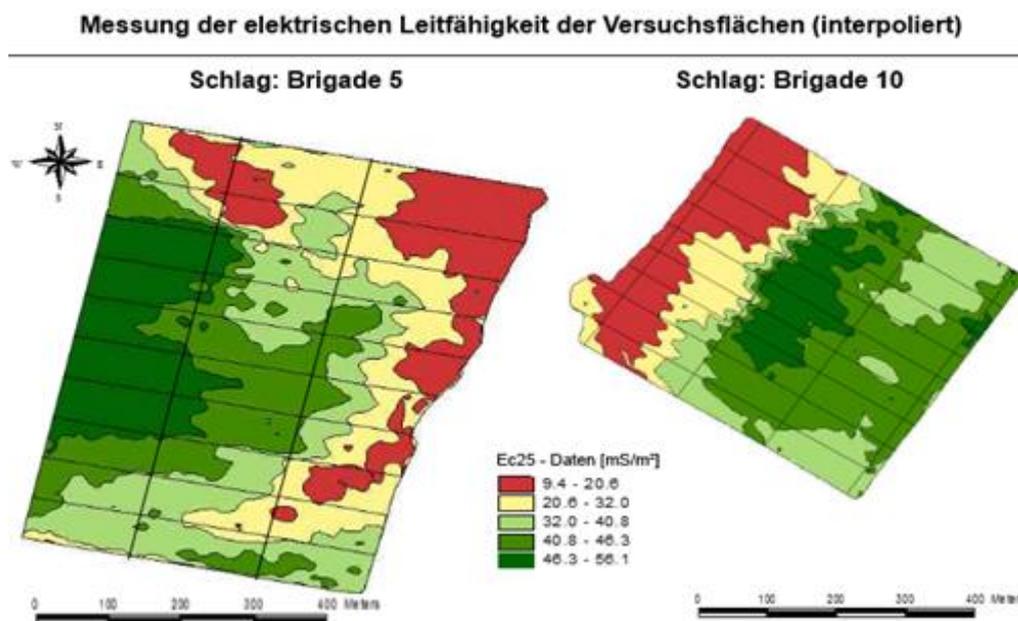


Abbildung 17: Messung der elektrischen Leitfähigkeit des Bodens der OF-Versuchsflächen

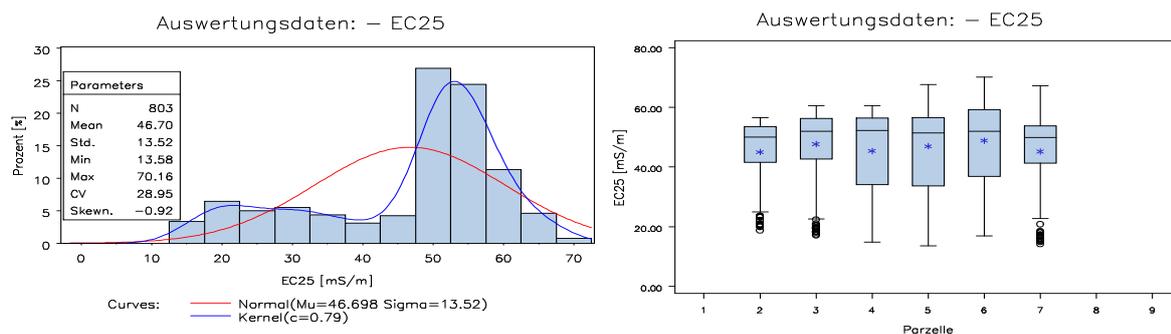


Abbildung 18: Datenstruktur der EC25-Daten (Brig 10) – Histogramm und Box-Whisker-Plot

### 3.2.4.2 Erfassung des Ertragspotentials – historische Ertragskarten

Durch die Nutzung von historischen Ertragskarten mit einheitlicher Bewirtschaftung der Versuchsfläche (Blindversuche) kann das Ertragspotential des Standorts erfasst werden und ebenfalls als Kovariable zur geostatistischen Auswertung genutzt werden. Dazu wurden im Projekt Ertragskarten der Felder im Vorjahr (2009) vor Versuchsbeginn erstellt (Abbildung 19 - Abbildung 20). Die Ertragsdaten sind annähernd normalverteilt, zeigen aber im Box-Whisker-Plot erkennbare Unterschiede im mittleren Ertragsniveau zwischen den Parzellen, welche sich im gemischten linearen Modell auf die Schätzung der LSMeans auswirken dürften.

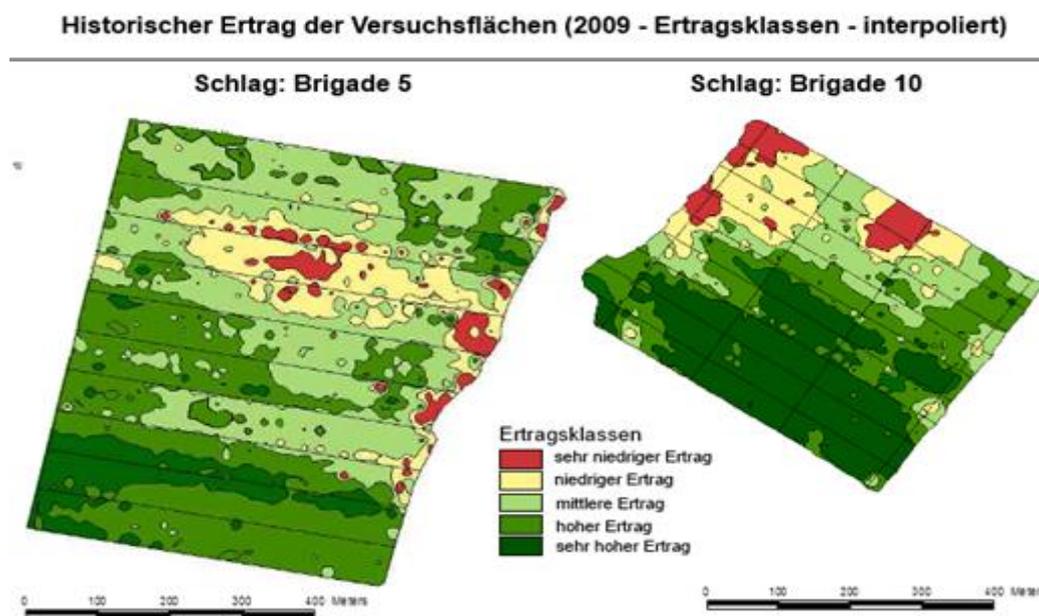


Abbildung 19: Ertragskarten der OF-Versuchsflächen (2009)

Die Korrelation der Kovariablen mit dem Ertrag (Auswertungsdaten) in Tabelle 10 zeigen, entgegen den Ergebnissen vieler anderer Veröffentlichungen, keine stark ausgeprägten oder sogar negativen Zusammenhänge zum Ertrag. Die Werte schwankten dabei zwischen  $-0,389$  und  $0,43$ . Nur in vier von 18 Fällen wurde eine positive Korrelation von mehr als  $0,2$  festgestellt. In den überwiegenden Fällen liegt diese darunter. Weshalb der Schluss nahe liegt, dass die Zusammenhänge der Kovariablen zum Ertrag der OF-Experimente nicht so stark sind wie erwartet. Möglicherweise

haben, neben den damit nur indirekt erfassten Bodeneigenschaften, andere Standortfaktoren einen größeren Einfluss auf den Ertrag. Mit modernen Sensoren, wie in Abschnitt 2.2.3 beschrieben, stehen noch weitere Möglichkeiten zur Beschreibung des Standortes zur Verfügung.

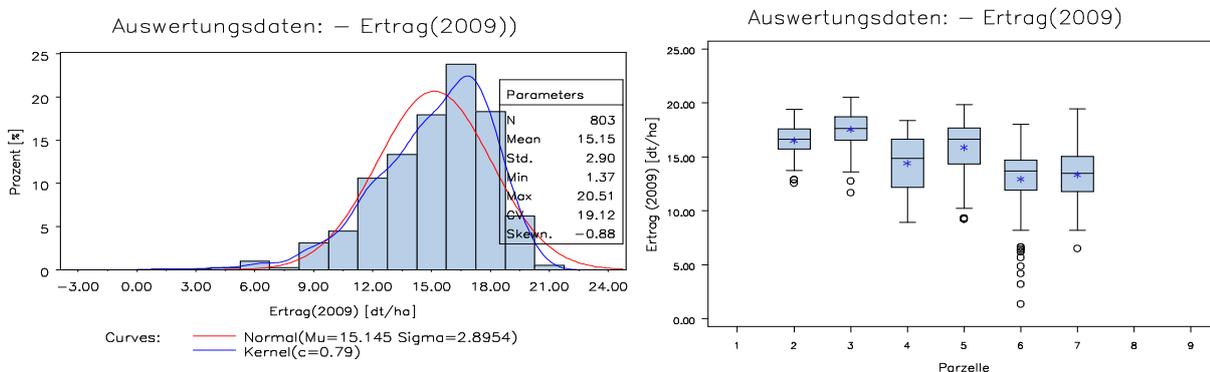


Abbildung 20: Histogramm und Box-Whisker-Plot der Ertragsdaten 2009 - Brigade 10

Tabelle 10: Korrelation des Prüfmerkmals mit den Kovariablen

Pearson - Korrelation des Prüfmerkmals (Ertrag) mit den Kovariablen								
Jahr/Schlag	2010		2011		2012		ZF	
Vergleich zwischen:	Brig 5	Brig 10	Brig 5	Brig 10	Brig 5	Brig 10	Min	Max
Ertrag - EC25	0,002	0,193	0,113	0,124	0,182	<b>0,430</b>	0,002	0,430
Ertrag - Ertrag2009	<b>0,372</b>	-0,389	0,090	0,045	0,072	-0,005	-0,389	0,372
EC25 - Ertrag2009	-0,052	<b>0,255</b>	-0,002	0,121	0,001	<b>0,330</b>	-0,052	0,330

### 3.2.5 Ertrags erfassung durch Wiegung der Erntemenge

Das einfachste und am häufigsten angewandte Verfahren zur Erfassung des Ertrags in On-Farm Experimenten, ist die parzellenweise Ernte der Versuchsfläche mit einem praxisüblichen Mähdrescher. Die Erntemenge jeder Parzelle wird jeweils auf einer Transporteinheit mit der Hofwaage gewogen und der jeweiligen Parzellenfläche zugeordnet. Die Parzellenerträge können anschließend varianzanalytisch ausgewertet werden. Die Ergebnisse dieser Realwiegung (RW) können beeinflusst werden durch unvollständiges Abbunkern (Restmengen im Bunker und Dreschwerk), Transportverluste, einer falschen Kalibrierung der Hofwaage und fehlerhaften Messung der Erntefläche durch unregelmäßig geformte Schläge. Auch ist das Einhalten der Parzellengrenzen bei Betriebsmittelausbringung und Ernte problematisch, was zum Verfälschen der Ergebnisse führen kann. Ein weiterer Nachteil besteht darin, dass heterogene Ertragsstrukturen im Feld nicht erfasst werden können, weshalb eine Ertrags erfassung mit einem Ertragskartierungssystem im Mähdrescher von Vorteil ist. Die Werte der Realwiegung können dann zur Kontrolle der Ertragskartierung und zur Kalibrierung der Ertragsmesssensoren genutzt werden.

### 3.2.6 Ertrags erfassung mit dem Ertragskartierungssystem des Mähdreschers

In den hier dargestellten On-Farm Experimenten erfolgte die Erfassung der Erträge für alle Varianten mit dem im Mähdrescher installierten volumetrischen Ertragskartierungssystem. Wie in Abschnitt 2.2.4 beschrieben, kam es bei der Ertrags erfassung aufgrund verschiedener Fehlerquellen

zu Abweichungen zwischen den Ergebnissen der Ertragskartierung und der Realwiegung. In Tabelle 11 sind die Erntemengen der Parzellen und Mittelwerte der Varianten in der Ertragskartierung (EK) und Wiegung (RW) mit der Hofwaage dargestellt. Die kompletten Ertragsdaten der OF-Experimente befinden sich im Anhang in Tabelle 68 bis Tabelle 73.

Tabelle 11: Ertragserfassung in der Realwiegung und Ertragskartierung

Zusammenfassung der Ertragserfassung in der Realwiegung und Ertragskartierung (Gewicht Erntegut)															
	Parzelle		1	2	3	4	5	6	7	8	9	Var1	Var2	Var3	Ges.
SW - 2010 – Brig 5	RW	dt	60,6	61,2	91,2	63,4	78,2	99,0	91,6	98,4	63,0	215,6	237,8	253,2	706,6
	EK	dt	70,1	71,0	113,9	74,5	90,9	117,7	106,9	111,8	72,5	251,4	273,6	304,1	829,3
	Diff.	%	<b>13,6</b>	<b>13,8</b>	<b>19,9</b>	<b>14,8</b>	<b>13,9</b>	<b>15,9</b>	<b>14,3</b>	<b>12,0</b>	<b>13,1</b>	<b>14,3</b>	<b>13,1</b>	<b>16,7</b>	<b>14,8</b>
SW - 2011 – Brig 10 *	RW	dt	69,7	77,2	73,5							69,7	77,2	73,5	220,4
	EK	dt	67,9	81,6	79,6							67,9	81,6	79,6	229,1
	Diff.	%	<b>-2,5</b>	<b>5,4</b>	<b>7,7</b>							<b>-2,5</b>	<b>5,4</b>	<b>7,7</b>	<b>3,8</b>
SW - 2012 – Brig 5	RW	dt	138,0	139,0	124,4	136,0	119,8	118,0	126,6	114,6	126,0	400,6	373,4	368,4	1142,4
	EK	dt													1319,0
	Diff.	%													<b>23,9</b>
Soja - 2010 – Brig 10	RW	dt	24,0	45,6	46,6	44,8	44,4	57,8	48,2	47,2	52,2	117,0	137,2	156,6	410,8
	EK	dt	30,5	53,3	60,7	51,9	52,3	61,8	53,5	52,3	55,6	135,9	157,9	178,2	471,9
	Diff.	%	<b>21,2</b>	<b>14,4</b>	<b>23,3</b>	<b>13,7</b>	<b>15,2</b>	<b>6,5</b>	<b>10,0</b>	<b>9,8</b>	<b>6,2</b>	<b>13,9</b>	<b>13,1</b>	<b>12,1</b>	<b>12,9</b>
Soja - 2011 – Brig 5	RW	dt	93,6	82,0	87,8	87,6	78,0	82,2	71,2	88,8	85,2	252,4	248,8	255,2	756,4
	EK	dt	92,0	84,2	90,0	76,9	89,6	75,7	65,3	82,8	79,7	234,2	256,5	245,4	736,2
	Diff.	%	<b>-1,7</b>	<b>2,6</b>	<b>2,4</b>	<b>-14,0</b>	<b>12,9</b>	<b>-8,6</b>	<b>-9,0</b>	<b>-7,3</b>	<b>-6,8</b>	<b>-7,8</b>	<b>3,0</b>	<b>-4,0</b>	<b>-2,7</b>
Soja - 2012 – Brig 10	RW	dt	40,8	39,4	32,2	38,6	38,4	34,7	38,6	30,2	35,5	118,0	108,0	102,3	328,4
	EK	dt	88,5	47,9	58,6	41,6	44,6	50,8	42,9	32,1	73,0	173,0	124,7	182,4	480,0
	Diff.	%	<b>53,9</b>	<b>17,8</b>	<b>45,1</b>	<b>7,2</b>	<b>13,9</b>	<b>31,7</b>	<b>10,0</b>	<b>5,9</b>	<b>51,4</b>	<b>8,6</b>	<b>15,9</b>	<b>38,4</b>	<b>31,6</b>

\* 2011 - Fehler in Versuchsdurchführung - 6 Parzellen, 2 Blocks nicht zur Auswertung

\*\* 2012 - Fehler im Druschmanagement - keine parzellenspezifischen Wiegeungen der Ernte

Die Differenzen der Ertragserfassungsansätze zwischen den Parzellen (Diff. in %) variieren von -14 % bis 53,9 %. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die extremen Ausreißer in 2012 (rot markiert), auf Fehler im Druschmanagement zurückzuführen sind und deshalb diese Parzellen aus der Auswertung ausgeschlossen wurden. Die Differenzen zwischen den Varianten dagegen schwanken durch die Mittelwertbildung nur zwischen -7 % und 38,4 %. In diesem Fall sind große Abweichungen und Fehler in der Messung nicht mehr zu erkennen und auszuschließen. Oft wird bei der Realwiegung aus arbeitswirtschaftlichen Gründen nur die Erntemenge des gesamten Schlages erfasst und nicht für jede Parzelle. Hierdurch lassen sich dann auch nur die Ertragsmittelwerte des gesamten Feldes miteinander vergleichen, welche in diesem Fall zwischen -2,7 % und 31 % schwanken. Würde man die Werte des gesamten Schlages für eine Korrektur der Ertragsdaten nutzen, würden einzelne Parzellen zu stark oder zu wenig korrigiert, was auch direkten Einfluss auf das Ergebnis hätte. So schwanken die Differenzen der Parzellen für Sojabohnen in 2010 zwischen 6,2 % und 23,2 %, während die mittlere Differenz des gesamten Schlages bei 12,9 % liegt.

Hinweise auf die Gründe der Messabweichungen liefern die Daten der Flächen- und Kornfeuchtemessung sowie der Kalibrierung des Ertragsmesssystems. Die Flächenerfassung der Ertragskartierung weicht durch Überlappungen, Teilbreiten und den Zeitversatz ebenfalls stark von der gemessenen Parzellengröße ab. So lässt sich anhand der Abweichung der Flächenmessung auch die Abweichung der Ertragshöhe teilweise nachvollziehen (siehe Tabelle 12).

Tabelle 12: Flächenmessung in der Realmessung (RW) und Ertragskartierung (EK)

Zusammenfassung der Flächenmessung in der Realmessung und Ertragskartierungssystem in ha														
	Parzelle		1	2	3	4	5	6	7	8	9	Var1	Var2	Var3
SW - 2010 - Brig 5	RW	ha	3,00	2,98	2,95	2,90	2,87	2,85	2,79	2,79	2,79	8,69	8,64	8,59
	EK	ha	2,92	2,80	3,31	2,27	2,65	2,62	2,63	2,62	1,91	7,82	8,07	7,84
	Diff.	%	<b>-2,74</b>	<b>-6,43</b>	<b>10,88</b>	<b>-27,75</b>	<b>-8,30</b>	<b>-8,78</b>	<b>-6,08</b>	<b>-6,49</b>	<b>-46,07</b>	<b>-11,13</b>	<b>-7,06</b>	<b>-9,57</b>
SW - 2011 - Brig 10	RW	ha	2,03	2,05	2,17									
	EK	ha	1,82	2,14	2,35									
	Diff.	%	<b>-11,54</b>	<b>4,21</b>	<b>7,66</b>									
SW - 2012 - Brig 5	RW	ha	3,35	3,25	3,21	3,08	3,01	2,85	2,79	2,86	2,92	<b>3,08</b>	<b>3,04</b>	<b>2,99</b>
	EK	ha	4,43	25,67										
	Diff.	%												
Soja - 2010 - Brig 10	RW	ha	2,25	2,25	2,34	2,22	2,20	2,39	2,25	2,20	2,33	6,72	6,65	7,06
	EK	ha	2,37	2,64	2,37	2,43	2,50	2,24	2,21	2,50	2,07	7,01	7,64	6,68
	Diff.	%	<b>5,06</b>	<b>14,77</b>	<b>1,27</b>	<b>8,64</b>	<b>12,00</b>	<b>-6,70</b>	<b>-1,81</b>	<b>12,00</b>	<b>-12,56</b>	<b>4,14</b>	<b>12,96</b>	<b>-5,69</b>
Soja - 2011 - Brig 5	RW	ha	3,41	3,22	3,28	3,04	2,81	3,00	2,66	2,95	3,00	9,11	8,98	9,28
	EK	ha	3,68	3,18	2,99	2,56	3,08	2,88	2,45	2,91	2,85	8,69	9,17	8,72
	Diff.	%	<b>7,34</b>	<b>-1,26</b>	<b>-9,70</b>	<b>-18,75</b>	<b>8,77</b>	<b>-4,17</b>	<b>-8,57</b>	<b>-1,37</b>	<b>-5,26</b>	<b>-4,83</b>	<b>2,07</b>	<b>-6,42</b>
Soja - 2012 - Brig 10	RW	ha	2,25	2,28	2,21	2,15	2,25	2,28	2,20	2,20	2,40	6,60	6,73	6,89
	EK	ha	2,32	2,35	2,02	2,03	2,18	2,10	2,28	1,53	2,61	6,63	6,06	6,73
	Diff.	%	<b>3,02</b>	<b>2,98</b>	<b>-9,41</b>	<b>-5,91</b>	<b>-3,21</b>	<b>-8,57</b>	<b>3,51</b>	<b>-43,79</b>	<b>8,05</b>	<b>0,45</b>	<b>-11,06</b>	<b>-2,38</b>

Die Kornfeuchtemessung durch einen Sensor im Kornelevator ist ebenfalls durch verschiedene Störfaktoren fehlerbehaftet. Wie in Tabelle 13 zu erkennen weichen die Messwerte des Feuchtesensors und manuellen Kornfeuchtemessgerätes bis zu 25 % voneinander ab. Dabei ist die Abweichung über das gesamte Feld etwa gleichmäßig verteilt. Daraus kann man auf eine ungenaue Kalibrierung des Kornfeuchtesensors schließen. Dieser sollte nach Angaben des Herstellers regelmäßig überprüft und neu kalibriert werden. Beachten sollte man dabei aber, dass die Werte des Handgerätes nicht uneingeschränkt mit denen des Feuchtesensors vergleichbar sind, da es sich dabei um eine Messung von einer geringen Anzahl an Stichproben handelt. Bei der Ertragskartierung handelt es sich dagegen um Mittelwerte aus vielen räumlich verteilten Messpunkten.

Tabelle 13: Kornfeuchtemessung in Realmessung und Ertragskartierung

Zusammenfassung der Messung der Kornfeuchte in Realmessung und Ertragskartierung														
	Parzelle		1	2	3	4	5	6	7	8	9	Var1	Var2	Var3
SW - 2010 - Brig 5	RW	%	19,60	19,00	18,50	17,90	22,70	18,60	17,10	20,70	19,60	18,20	20,80	18,90
	EK	%	23,00	22,40	19,90	20,30	22,70	19,60	19,00	23,30	20,30	20,77	22,80	19,93
	Diff.	%	<b>14,78</b>	<b>15,18</b>	<b>7,04</b>	<b>11,82</b>	<b>0,00</b>	<b>5,10</b>	<b>10,00</b>	<b>11,16</b>	<b>3,45</b>	<b>12,37</b>	<b>8,77</b>	<b>5,17</b>
SW - 2011 - Brig 10	RW	%	14,50	14,70	15,50									
	EK	%	16,20	18,00	19,20									
	Diff.	%	<b>10,49</b>	<b>18,33</b>	<b>19,27</b>									
SW - 2012 - Brig 5	RW	%	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	<b>15,00</b>	<b>15,00</b>	<b>15,00</b>
	EK	%	18,20	17,80										
	Diff.	%	<b>17,58</b>	<b>15,73</b>										
Soja - 2010 - Brig 10	RW	%	13,10	13,60	13,40	13,10	13,60	13,40	13,10	13,60	13,40	13,10	13,60	13,40
	EK	%	14,00	13,10	14,20	13,60	13,10	13,90	13,50	13,10	14,40	13,70	13,10	14,17
	Diff.	%	<b>6,43</b>	<b>-3,82</b>	<b>5,63</b>	<b>3,68</b>	<b>-3,82</b>	<b>3,60</b>	<b>2,96</b>	<b>-3,82</b>	<b>6,94</b>	<b>4,38</b>	<b>-3,82</b>	<b>5,43</b>
Soja - 2011 - Brig 5	RW	%	12,50	12,60	12,50	12,40	12,50	12,50	12,80	12,50	11,20	12,57	12,53	12,07
	EK	%	14,00	14,10	14,20	14,20	14,10	16,10	14,40	14,10	14,90	14,20	14,10	15,07
	Diff.	%	<b>10,71</b>	<b>10,64</b>	<b>11,97</b>	<b>12,68</b>	<b>11,35</b>	<b>22,36</b>	<b>11,11</b>	<b>11,35</b>	<b>24,83</b>	<b>11,48</b>	<b>11,13</b>	<b>19,91</b>
Soja - 2012 - Brig 10	RW	%	13,30	12,30	12,40	11,60	11,90	13,20	11,60	11,60	12,10	11,60	12,10	12,80
	EK	%	19,30	15,80	15,60	15,20	15,70	15,30	15,40	15,00	16,30	15,30	15,75	15,45
	Diff.	%	<b>31,09</b>	<b>22,15</b>	<b>20,51</b>	<b>23,68</b>	<b>24,20</b>	<b>13,73</b>	<b>24,68</b>	<b>22,67</b>	<b>25,77</b>	<b>24,18</b>	<b>23,17</b>	<b>17,15</b>

Einen weiteren Hinweis auf die Gründe für die Abweichung zwischen den Ertragsmessungen, liefert die Messung des Hektolitergewichtes. Diese ist entscheidend für eine exakte Kalibrierung von volumetrischen Ertragsmesssystemen. Nach Empfehlung des Herstellers muss für jeden Schlag oder bei sich ändernden Eigenschaften des Erntegutes eine Kalibrierung anhand einer repräsentativen Probe aus dem Druschgut durchgeführt werden. Bei Feldversuchen besteht die Möglichkeit, dass aufgrund der Wirkung der zu testenden Prüfglieder (Sortenversuche, Düngungsvariante etc.), das Hektolitergewicht zwischen den Varianten und Parzellen stark variiert. In diesem Fall muss das Hektolitergewicht für jede Parzelle gemessen und der Sensor neukalibriert werden, was sich allerdings in der Praxis nur schwer umsetzen lässt und möglicherweise weitere Fehlerquellen verursacht. Die Parzellen im Feldversuch sind meist relativ klein, womit bis zur Kalibrierung schon ein großer Teil der Parzelle mit dem „falschen“ Hektolitergewicht gedroschen werden wäre.

Wie in den On-Farm Versuchen festgestellt wurde, kann auf heterogenen Standorten das Hektolitergewicht auch innerhalb der Parzelle schwanken. Hierdurch hat sowohl der Zeitpunkt als auch Ort der Probenahme in der Parzelle Einfluss auf die Kalibrierung des Sensors. So konnte vor allem bei Sojabohnen eine Schwankung zwischen den verschiedenen Probenahmen von bis zu 20 % festgestellt werden. Ähnlich wie Bodenunterschiede sind die Wasserversorgung der Pflanzen und der Unkrautbesatz räumlich heterogen über die Versuchsfläche verteilt. Diese Merkmale haben direkten Einfluss auf die Korngröße und -feuchte des Druschgutes und damit auch auf das Hektolitergewicht. Weiterhin ist der hohe Messfehler der Bestimmung des Hektolitergewichtes problematisch, wodurch es auch bei mehrfacher Probenahme mit Mittelwertbildung, schwierig ist repräsentative Proben zu entnehmen. Je nach Anteil an Besatz (Spreu, Hülsen, Stroh und Unkrautteile), kommt es zu unterschiedlichen Ergebnissen.

Eine weitere Fehlerquelle liegt in der Abweichung der realen Arbeitsbreite von der im Ertragskartierungssystem angenommenen optimalen Schnittbreite durch Restflächen und Keile (Teilbreiten) sowie Lenkungenauigkeiten (Seitenbewegungen) des Fahrers. Durch technische Hilfsmittel wie optisch-elektronischen Sensoren (Laserpilot), bei denen das Schneidwerk automatisch an der Schnittkante entlang geführt wird, lassen sich diese Fehler zwar minimieren, jedoch nicht komplett vermeiden. Die manuelle Markierung der Teilbreiten in Stufen (z. B.: 75 %; 50 %; 25 % der Arbeitsbreite) ist keine optimale Lösung, da diese für den Mähdrescherfahrer nur schwer einschätzbar und für eine Berechnung des Ertrags zu ungenau ist. Jedoch sollte diese Markierung trotzdem konsequent genutzt werden, um Abweichungen von der vollen Schneidwerksbreite zu markieren und gegebenenfalls nachträglich komplett zu löschen. Aus diesen Gründen sollte vor der Ernte von Feldversuchen ein einheitliches Schlagmanagement festgelegt werden, um möglichst viele Spuren mit voller Schneidwerksbreite zu ernten. Eventuell ist ein Kerndrusch, bei dem die Parzellenrandstreifen (Grenze) und Vorgewende verworfen und separat geerntet werden, vorzuziehen.

### 3.2.6.1 Bearbeitung und Korrektur der Ertragsdaten

Vor einer statistischen Auswertung der Ertragsdaten müssen diese entsprechend bearbeitet und im Fall von Abweichungen auf das reale Ertragsniveau korrigiert werden. Wie im vorherigen Abschnitt aufgeführt, ist es unter Umständen schwierig das Ertragskartierungssystem im Versuchsfeld exakt für jede Parzelle zu kalibrieren. Möglicherweise ist diese Vorgehensweise auch gar nicht sinnvoll, da es durch Unterbrechungen im Drusch weitere Fehlerquellen entstehen können. Falls das Erntegut innerhalb des Versuchsfeldes mit einer einheitlichen Kalibrierung erfasst wird, kann es zu größeren Differenzen zwischen den Werten der Ertragskartierung und der Realwiegung kommen. Trotzdem werden die relativen Unterschiede zwischen den Teilbereichen im Feld weiterhin gut erfasst. Lediglich das absolute Ertragsniveau der einzelnen Parzellen wurde durch die unterlassene Kalibrierung fehlerhaft erfasst. Mit den Werten der Realwiegung lässt sich dieses falsche Ertragsniveau nachträglich korrigieren. Die Realwiegung der Erntemenge für jede Versuchsparzelle ist im On-Farm Versuch deshalb unverzichtbar, um mit dem Ertragskartierungssystem das Ertragsniveau sicher zu erfassen. Die Korrektur der Ertragsdaten mit der Realwiegung ist ein wichtiger und unerlässlicher Schritt, welcher auch parzellenweise erfolgen muss (Dicke und Büchse, 2012). Dazu wurden die Ertragsrohdaten in ein GIS eingefügt und parzellenweise mit den Werten der Realwiegung auf das reale Ertragsniveau und anschließend auf eine Lagerfeuchte von 14 % korrigiert. Die Korrektur erfolgt mit den parzellenweise ermittelten prozentualen Abweichungen. Dabei ist jedoch weiterhin die Frage offen ob die Korrektur der Ertragsdaten vor einer Filterung der Ertragsdaten oder nach der Filterung erfolgen sollte. Diese Entscheidung kann durchaus auch Einfluss auf das mittlere Ertragsniveau der des Ertragsdatensatzes haben.

### 3.2.6.2 Filterung der Ertragsdaten

Die verschiedenen technisch und systematisch bedingten Fehler der Ertragsmesssysteme können die Versuchsergebnisse stark beeinflussen und führen zu Fehlmessungen. Deshalb sollten die Fehlmessungen vor einer Auswertung entfernt (gefiltert) werden, wozu es verschiedene manuelle und softwaregestützte Ansätze von Ertragsdaten gibt. Bei der Filterung der Ertragsdaten ist es das Ziel, die Aussagekraft der Ertragsdaten durch Löschung von Fehlmessungen zu verbessern. Die Datenpunkte werden dabei anhand bestimmter Kriterien auf die Hypothese untersucht, dass es sich um einen plausiblen Messpunkt handelt (Nullhypothese). Möglicherweise werden dabei jedoch Punkte als falsch angesehen und gelöscht obwohl sie richtig sind (Fehler 1. Art). Bei der Löschung von Ertragspunkten können so auch fälschlich wertvolle Informationen verloren gehen. Andererseits besteht die Gefahr, dass Fehlmessungen als plausible Messpunkte erkannt werden (Fehler 2. Art) und die Ergebnisse des Versuchs verzerren. Deshalb stellt sich bei der Filterung der Ertragsdaten die besondere Herausforderung das richtige Maß zum Entfernen von Messpunkten zu finden.

Bei der Filterung der Ertragsdaten aus On-Farm Experimenten kommen verschiedene Anforderungen an die softwarebasierenden lokalen Filter hinzu:

- a) Nutzung von lokalen Filteransätzen
- b) Filterung der Daten mit einem festen Algorithmus

- c) Filterung der Ertragsdaten nur innerhalb der Versuchspartzen
- d) Filterung von zusammengesetzten Datensätzen

#### a) Nutzung von lokalen Filteransätzen

Die oft verwendeten globalen Schwellenwerte, erstellt aus statistischen Maßzahlen (z.B. Standardabweichung), stellen einen einfachen Filteransatz mit nachvollziehbaren Kriterien dar. In Abbildung 21 wurden globale und lokale Filteransätze verglichen. Bei der Anwendung eines globalen Filters in diesem Beispiel zeigt sich, dass große Zonen mit geringem Ertrag als Fehlmessung erkannt werden, obwohl diese bei optischer (subjektiver) Beurteilung der Ausgangsdaten (oben) plausibel erscheinen. Nutzt man stattdessen einen lokalen Filteransatz (unten) wie die H-Methode nach Noack (2006), werden diese Zonen besser erkannt und nur Punkte gelöscht, welche stark von direkt benachbarten Punkten abweichen. Kleinräumige Heterogenitäten im Feld werden daher besser beachtet. Demnach sind die lokalen Filter die bessere Alternative für die Auswertung von On-Farm Experimenten.

#### b) Filterung der Daten mit einem festen Algorithmus

Bei der Erstellung von wissenschaftlichen Arbeiten wird auf die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse großen Wert gelegt. Damit sind manuelle Filtermethoden mit subjektiven Filterkriterien ungeeignet. Bei der Nutzung von manuellen Filteransätzen entstehen entscheidende Nachteile, da die Ertragspunkte in einer visuellen Sichtung, anhand selbstgewählter und oft nicht genau definierter Kriterien, gelöscht werden. Durch diese Verfahrensweise entsteht die Möglichkeit der gewollten oder ungewollten Beeinflussung der Versuchsergebnisse. In der Folge wären die Ergebnisse daraus nicht reproduzierbar oder von anderen Bearbeitern nachvollziehbar. Vorteilhaft ist daher ein Filter mit einem definierten Filteralgorithmus, welcher anhand geeigneter Parameter Fehlmessungen und seiner lokalen Nachbarschaftsbeziehungen erkennt. Zur Vereinfachung der Anwendung sollte dieser möglichst in einer Softwareanwendung implementiert sein.

#### c) Filterung von zusammengesetzten Datensätzen

Große On-Farm Versuche werden üblicherweise mit mehreren Mähreschern beerntet oder der Druschvorgang wird aufgrund von Arbeitsunterbrechungen in mehreren Dateien abgespeichert. Die verschiedenen Datensätze müssen vor einer Filterung zusammengefügt und korrigiert werden. Nach bisherigen Erfahrungen bei der Auswertung von Ertragsdaten besteht zwischen dem mittleren Ertragsniveau zweier parallel arbeitender Erntemaschinen eine Differenz. Diese ist technisch bedingt und lässt sich trotz gleicher Kalibrierung nicht vermeiden. Durch eine Korrektur auf ein einheitliches Ertragsniveau ist es möglich die Daten anschließend gemeinsam zu filtern. Bei einigen verfügbaren softwarebasierten Filtern (Potential Mapping) ist dies jedoch nicht möglich da zur Identifikation von Teilbreiten ein kompletter Datensatz benötigt wird (Noack, 2006, S. 14).

#### d) Filterung der Ertragsdaten nur innerhalb der Versuchspartellen

Bisherige Filteransätze sind vor allem auf die Anwendung bei Datensätzen von einheitlich bewirtschafteten Flächen ausgelegt. Im Gegensatz dazu kommt es im On-Farm Experiment durch die Wirkung der Prüfglieder (Varianten), zu Differenzen im Ertragsniveau zwischen den benachbarten Parzellen. Nutzt man nun einen lokalen Filter, welcher die Beziehungen zwischen Punkten benachbarter Fahrspuren vergleicht, so können Ertragspunkte am Parzellenrand, also innerhalb verschiedener Prüfglieder, fälschlicherweise als fehlerhaft erkannt werden. Bei einer Filterung der Ertragsdaten ohne Beachtung der Parzellengrenzen könnte damit eine Variante benachteiligt werden. Deshalb wird ein lokaler Filter benötigt, welcher nur Werte innerhalb der Parzellengrenzen vergleicht. Da kein entsprechender Filteransatz zum Zeitpunkt der Auswertung verfügbar war, musste ein lokaler Filteransatz an diese Anforderungen angepasst werden.

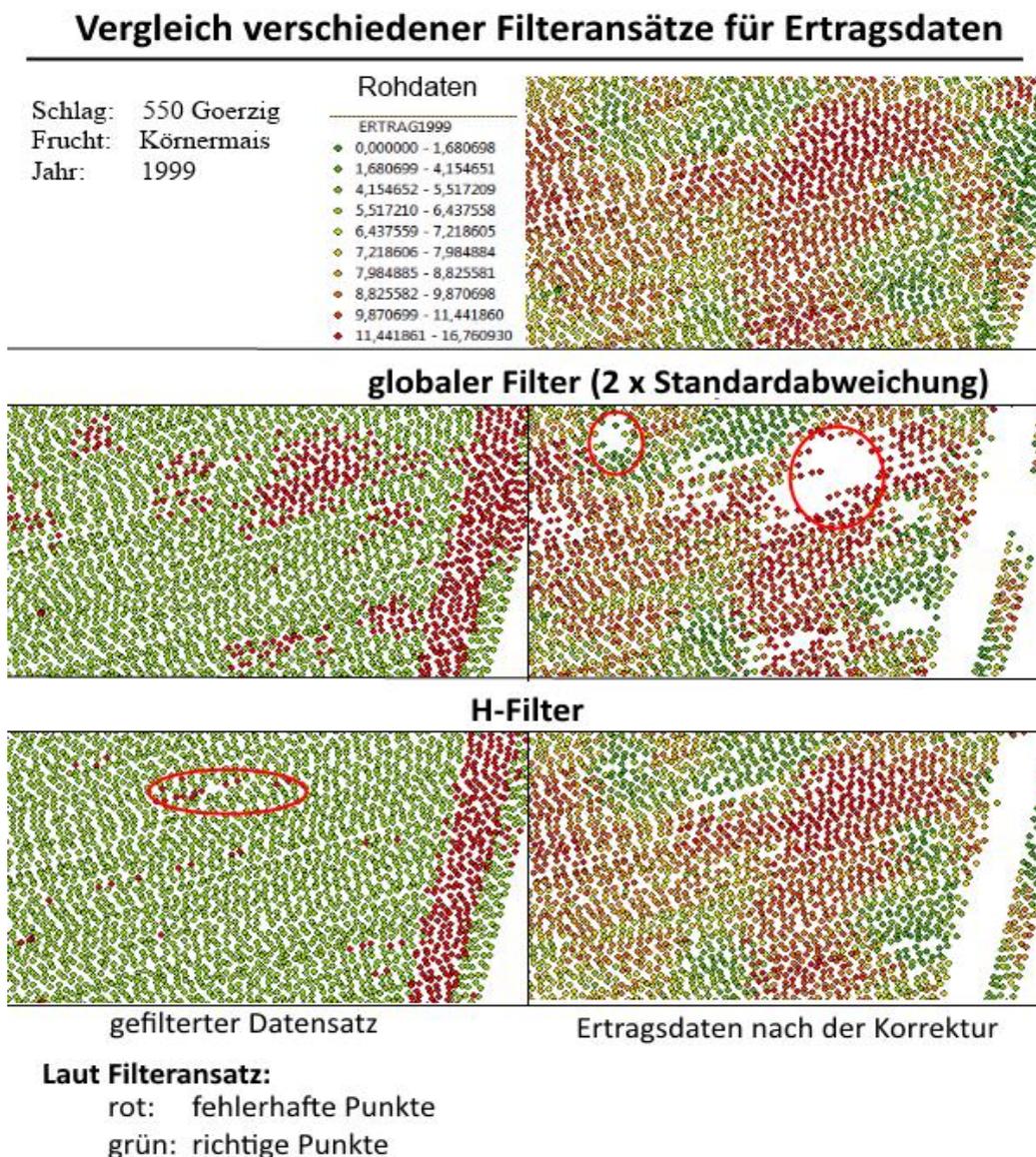


Abbildung 21: Vergleich verschiedener Filteransätze für Ertragsdaten (eigene Darstellung)

### 3.2.6.3 Anpassung einer Anwendung zur Ertragsdatenkorrektur und -filterung

Trotz verschiedener Ansätze zur Filterung von Ertragsdaten ist es schwierig eine universell nutzbare Vorgehensweise zur Bearbeitung und Filterung der Ertragsdaten zu finden. Die große Anzahl an ständig weiterentwickelten herstellerepezifischen Algorithmen zur Kalkulation der Ertragsdaten, welche oft nicht offengelegt werden, macht die Entwicklung von universell einsetzbaren Ertragsdatenfiltern nahezu unmöglich. Vor allem die Validierung der Filteralgorithmen ist nur begrenzt möglich, da die wahre Ertragshöhe unbekannt und Referenzmessungen nicht möglich sind.

Die meisten Ansätze zur Ertragsdatenfilterung sind leicht anwendbar sowie frei oder günstig zu erwerben. Jedoch konnte auf Grund der beschriebenen Besonderheiten im Feldversuch, kein für die Auswertung von On-Farm Versuchen passender Ansatz gefunden werden. In dieser Arbeit wurde ein Filter, angelehnt an die H-Methode nach Noack (2006, S. 34) erstellt, welcher an die vorher erläuterten Anforderungen an die Ertragsdatenfilterung von On-Farm Versuchsfeldern angepasst wurde. Dabei wurden zwar größtenteils dessen Algorithmen verwendet, jedoch auch verschiedene Arbeitsschritte verändert oder eingefügt. So wurden vorhergehende Bearbeitungsschritte (Feuchtekorrektur, Korrektur mit der Rückwiegung) und ein Test mit globalen Schwellenwerten eingefügt, um fehlerhafte Werte vor der Anwendung des lokalen H-Filters auszuschließen. Die H-Methode wurde in einem Tabellenkalkulationsprogramm mit VBA-Programmierung umgesetzt. Die Ertragsdaten für die Eingabe liegen deshalb im .dbf-Format aus dem GIS vor. Vor der Filterung wurden die Daten nach Aufnahmezeit sortiert, aufsteigend nummeriert und mit einer Identifikationsnummer (ID) versehen. Falls notwendig kann der Datensatz aus mehreren Dateien (mehrere Mähdrescher) zusammengefügt und korrigiert werden. Die geografischen Koordinaten der Rohdaten (WGS84) werden vorher in ein planares metrisches Koordinatensystem (UTM-Universal Transvers Mercator oder Gauß-Krüger-Koordinatensystem) umgewandelt. Weiter werden jedem Punkt des Datensatzes Informationen zum Versuchsdesign wie Block (BL), Wiederholung (Wdh), Parzelle (Pz) und Variante (Var) hinzugefügt. Falls vorhanden werden auch die Daten zu Fahrgeschwindigkeit ( $v_{AG}$ ), Teilbreiten (TB) und Markierungen von Störungen genutzt.

#### a) 1. Bearbeitungsschritt: Gewichtskorrektur der Ertragsdaten mit Daten der Realwiegung

Im Vergleich mit den parzellenweise erhobenen Erträgen der Realwiegung (Erntefeuchte) weicht der mittlere Ertrag des Datensatzes der Ertragskartierung ( $Y_{roh}$ ) ab, weshalb dieser auf das Niveau der Realwiegung korrigiert werden muss. Diese Differenzen können, wie in Abschnitt 2.2.4 beschrieben, auch zwischen den Parzellen stark variieren und sind oft nicht zu vermeiden. Deshalb werden die Ertragsdaten mit der Masse der Realwiegung prozentual verrechnet und parzellenspezifisch auf das reale Ertragsniveau der Realwiegung ( $Y_{kor}$ ) korrigiert. Die prozentualen parzellenspezifischen Korrekturfaktoren ( $KfY_{parz}$ ) sind in Tabelle 11 zusammengefasst. Durch die Korrektur auf das Ertragsniveau der Realwiegung bilden die Datenpunkte das reale Ertragsniveau im Mittel am besten ab und können für eine statistische Auswertung verwendet werden.

$$Y_{kor} = Y_{roh} - \frac{(Y_{roh} * KFY_{Parz})}{100} \quad (3)$$

### b) 2. Bearbeitungsschritt: Feuchtekorrektur der Ertragsdaten und Daten der Realwiegung

Im zweiten Bearbeitungsschritt wird der korrigierte Ertrag des feuchten Erntegutes ( $Y_{kor}$ ) mit der Kornfeuchte ( $KF_E$ ) und auf eine einheitliche Lagerfeuchte ( $KF_L = 14\%$ ) nach folgender Formel korrigiert (Thüringer Landesamt für Statistik, 2012, S. 19):

$$Y = \frac{Y_{kor} * (100 - KF_E)}{(100 - KF_L)} \quad (4)$$

### c) 3. Bearbeitungsschritt: Test 1 – globale Filterung von Ausreißern und Fehlmessungen

Anschließend werden die Fahrspuren mit der Berechnung des Kurswinkels erkannt und nummeriert. Die Berechnung des Kurswinkels erfolgt mit dem Seitenkosinussatz aus der sphärischen Trigonometrie (Todhunter, 1886). Zur besseren Verständlichkeit wurden die Bezeichnungen der zur Ertragsdatenfilterung benötigten Elemente der Ertragsdatensätze in Abbildung 22 dargestellt.

$$\varphi = ARCCOS(SIN(xbog_n) * SIN(xbog_{n+1}) + COS(xbog_n) * COS(xbog_{n+1}) * COS(ybog_{n+1} - ybog_n)) \quad (5)$$

$$KW_g = GRAD \left( ARCCOS \left( \frac{SIN((xbog_{n+1}) - COS(\varphi) * SIN(xbog_n))}{SIN(\varphi) * COS(xbog_n)} \right) \right) \quad (6)$$

$$KW = WENN: ybog_{n+1} > ybog_n; DANN: 360 - KW; SONST: KW \quad (7)$$

$$KW_{Diffn-1} = ABS(KW_n - KW_{n-1}) \quad (8)$$

$$KW_{Diffn+1} = ABS(KW_n - KW_{n+1}) \quad (9)$$

$$FS = WENN: KW_{Diff1} > KW_{lim} UND KW_{Diff2} > KW_{lim}; DANN: FS_{n-1} + 1; SONST: FS_{n-1} \quad (10)$$

In Formel (5) wird der sphärische Abstand ( $\varphi$ ) auf der Einheitskugel mit den ins Bogenmaß umgewandelten x- und y-Koordinaten berechnet. Formel (6) und (7) nutzen diesen um den Kurswinkel zu berechnen. Dieser gibt an in welche Richtung das Erntefahrzeug sich bewegt ( $0 - 360^\circ$ ). Die Fahrspuren erhalten eine aufsteigende Nummerierung (n), welche jedem Datenpunkt als ID zugeordnet wird. Als Ausgangspunkt zur Festlegung der Zugehörigkeit eines Datenpunktes (n) zu einer Fahrspur (FS) wird die Nummer der Fahrspur des vorherigen Datenpunktes ( $FS_{n-1}$ ) verwendet. Das Ende einer Fahrspur wird erkannt sobald an zwei aufeinanderfolgenden Punkten eine Wendung mit einer Kurswinkeländerung von mehr als  $45^\circ$  ( $KW_{lim} = 45^\circ$ ) vorliegt. Dazu werden die absoluten Differenzen der Kurswinkel am Punkt (n) und dem vorherigen Punkt n-1

( $KW_{Diffn-1}$ ) sowie zum darauffolgenden Punkt  $n+1$  ( $KW_{Diffn+1}$ ) verwendet (Formel (8) und (9)). Die Fahrspurnummer des vorherigen Punktes erhöht sich um 1 ( $FS_{n-1} + 1$ ), sobald die Differenzen der Kurswinkel ( $KW_{Diffn-1}$  und  $KW_{Diffn+1}$ ) größer als der Grenzwert zur Kurswinkeländerung ( $KW_{lim} = 45^\circ$ ) ist. Falls diese Differenzen kleiner sind wird die Fahrspurnummer des vorhergehenden Punktes ( $FS_{n-1}$ ) verwendet und dem Datenpunkt zugeordnet (Formel (10)).

#### d) 4. Bearbeitungsschritt: Test 1 – globale Filterung von Ausreißern und Fehlmessungen

Im ersten Test zur Filterung (Test1) werden globale Schwellenwerte verwendet um Fehlmessungen, welche aufgrund technischer und biologischer Grenzen mit hoher Wahrscheinlichkeit als falsch angesehen werden können, vor der darauffolgenden Anwendung des lokalen H-Filters ausgeschlossen. Dabei handelt es sich um technisch und biologisch unwahrscheinliche Messungen des Ertrages, Fahrgeschwindigkeit, Kornfeuchte und Beschleunigung (Tabelle 14 und Tabelle 15).

Tabelle 14: fruchtartabhängige Parameter zur Ertragsdatenfilterung im Test 1

fruchtartabhängige Parameter zur globalen Ertragsdatenfilterung im Test 1 (Beispiele)					
Fruchtart	Ertrag		Kornfeuchte		Lagerfeuchte
	Min. ( $Y_u$ )	Max. ( $Y_o$ )	Min. ( $kf_u$ )	Max. ( $kf_o$ )	KF <sub>L</sub>
Einheit	dt/ha	dt/ha	%	%	%
Winterweizen	2,0	180,0	10,0	30,0	14,0
Sommerweizen	2,0	120,0	10,0	30,0	14,0
Körnermais	2,0	250,0	10,0	50,0	14,0
Sojabohnen	2,0	80,0	10,0	25,0	14,0
Winterraps	2,0	100,0	5,0	25,0	9,0
Sommerraps	2,0	80,0	5,0	25,0	9,0
Wintergerste	5,0	180,0	10,0	30,0	14,0
Sommergerste	5,0	120,0	10,0	30,0	14,0

Tabelle 15: allgemeine Parameter zur Ertragsdatenfilterung im Test1

Allgemeine Parameter zur Ertragsdatenfilterung im Test1		
Abk.	Berechnungsgröße	Einheit
$v_u$	unterer Schwellenwert für Fahrgeschwindigkeit	2 km/h
$v_o$	oberer Schwellenwert für Fahrgeschwindigkeit	13 km/h
$a_{lim}$	Grenzwert für die Änderung der Fahrgeschwindigkeit	5 km/h
$lFS_{lim}$	minimale Länge der Fahrspur	25 m
$nPFS_{lim}$	minimale Anzahl der Punkte je Fahrspur	10 n
$n_{PA}$	Anzahl gelöschter Punkte am Anfang der Fahrspur	6 n
$n_{PE}$	Anzahl gelöschter Punkte am Ende der Fahrspur	4 n
$KW_{dmax}$	maximale Abweichung des Kurswinkels zwischen zwei Fahrspuren	45 °
$dPP_{lim}$	minimaler Abstand zwischen zwei benachbarten Punkten	1 m
$KW_{lim}$	Grenzwert der Kurswinkeländerung	45 °

Weiterhin werden Punkte gelöscht bei denen man auf Grund ihrer Lage davon ausgehen kann, dass sie fehlerbehaftet sind. Dazu gehören Punkte in Wendungen, zum Beginn und Ende einer Fahrspur, zu nah beieinanderliegende Punkte ( $dPP_{lim}$ ) sowie Fahrspuren unter einer minimalen Länge ( $lFS_{lim}$ ) und minimalen Anzahl an Datenpunkten ( $nPFS_{lim}$ )

### e) 5. Bearbeitungsschritt: Test2 – lokaler H-Filter

Im Test 2 wird anschließend mit einem lokalen H-Filter nach Ertragsdatenpunkten gesucht, welche im Verhältnis zu dessen Nachbarpunkten auffällig stark nach oben oder unten abweichen und man deshalb anhand statistischer Maßzahlen annehmen kann, dass diese mit hoher Wahrscheinlichkeit Fehlmessungen (Ertragsausreißer) darstellen. Im lokalen Filter werden deshalb Datenpunkte benachbarter Fahrspuren verglichen. Enthält dann eine Fahrspur überwiegend technisch und biologisch unwahrscheinliche Fehlmessungen (siehe Test1), kann das dazu führen, dass die benachbarte Fahrspur mit „richtigen“ Datenpunkten vom Filteralgorithmus fälschlicherweise als fehlerhaft erkannt wird. Nur wenn diese technisch bedingten Fehlmessungen entfernt wurden, ist es möglich durch einen lokalen Filter (H-Filter) die weiteren Fehlmessungen sicher zu erkennen.

#### Schema zur Ertragsdatenfilterung mit dem H-Filter

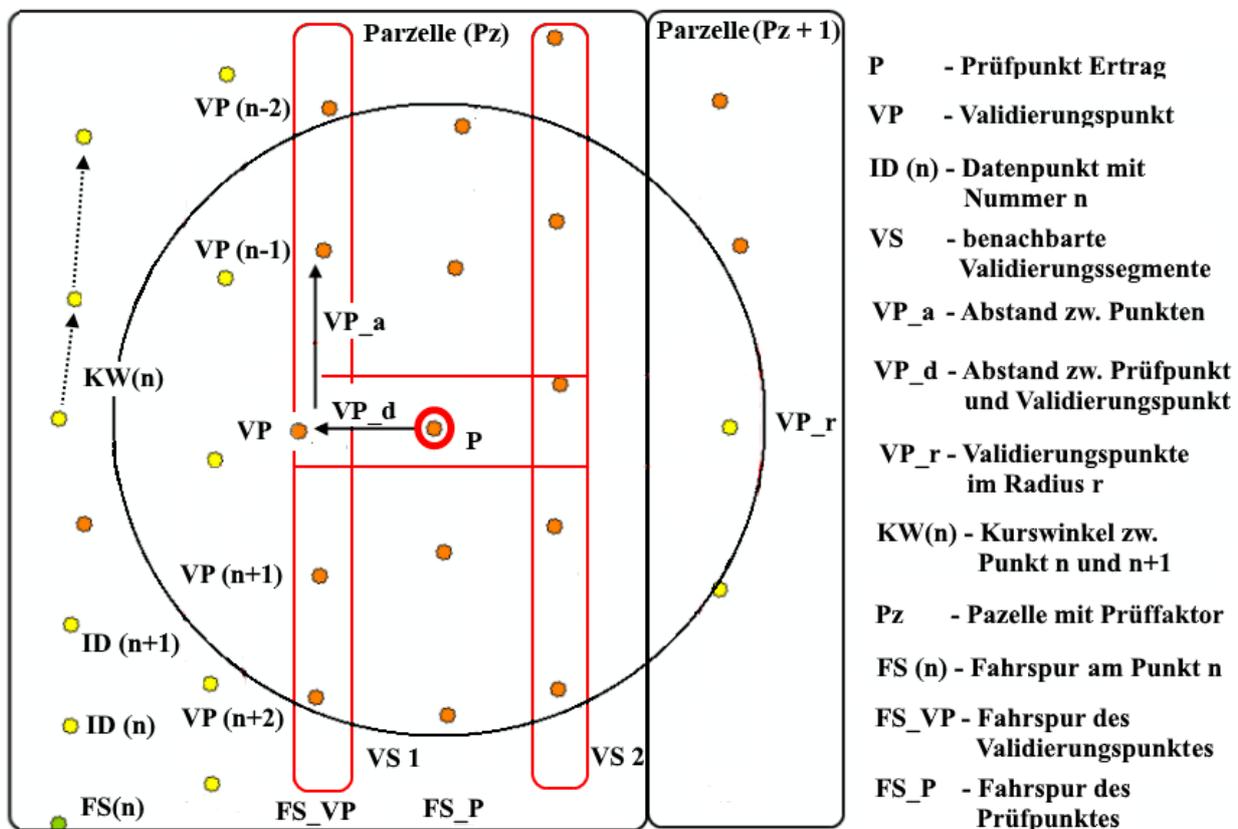


Abbildung 22: Schema zur Ertragsdatenfilterung mit H-Filter - eigene Darstellung

Jeder Ertragsdatenpunkt wird einzeln und nacheinander geprüft und hier als Prüfpunkt ( $P$ ) bezeichnet. Geprüft wird dabei der Ertragswert ( $Y_P$ ) des Datenpunktes. Hierzu wird der zu untersuchende Prüfpunkt mit den nächstgelegenen Datenpunkten in den Validierungssegmenten ( $VS$ ) verglichen (siehe Abbildung 22). Diese bestehen in der Regel aus drei bis fünf Datenpunkten in den Fahrspuren links und rechts des Prüfpunktes. Zur Auswahl des Validierungssegmentes werden für jeden Prüfpunkt die nächstgelegenen Datenpunkte, hier Validierungspunkte ( $VP$ ) genannt, innerhalb eines Radius ( $VP_r = 3 \times \text{Schneidwerksbreite}$ ) und dem geringsten Abstand zum Prüf-

punkt ( $VP_d$ ), berechnet nach Formel (12), gesucht. Die Parzellen eines On-Farm Experiments stellen die räumliche Abgrenzung der Prüffaktoren innerhalb eines Blocks dar. Da nur Ertragspunkte des gleichen Prüffaktors miteinander verglichen werden sollen, müssen die Prüfpunkte und die dazugehörigen Validierungspunkte in der gleichen Parzelle liegen. Die Parzellennummer des Prüfpunktes ( $Pz_P$ ) muss deshalb der des Validierungspunktes ( $Pz_{VP}$ ) entsprechen ( $Pz_P = Pz_{VP}$ ), die beiden Punkte dürfen aber nicht in der gleichen Fahrspur ( $FS_P \neq FS_{VP}$ ) liegen. Die gleiche Vorgehensweise wie in Formel (11) erfolgt für den zweiten Validierungspunkt im gegenüberliegenden Validierungssegment, jedoch wird dazu der Punkt mit dem zweitkleinsten Abstand zum Prüfpunkt gewählt. Falls diese Bedingungen zu treffen, dann wird der Ertragswert des Validierungspunktes ( $Y_{VP}$ ) ausgewählt, ansonsten wird der zur Wahl stehende Validierungspunkt verworfen und der nächstgelegene Punkt geprüft.

$$VP = WENN: MIN(VP_d): UND: FS_P \neq FS_{VP} \text{ UND: } Pz_P = Pz_{VP}; DANN: Y_{VP}; SONST: "" \quad (11)$$

$$VP_d = \sqrt{(x_{VP} - x_P)^2 + (y_{VP} - y_P)^2} \quad (12)$$

Tabelle 16: Parameter und Grenzwerte zur lokalen Ertragsdatenfilterung im Test 2

Parameter und Grenzwerte zur lokalen Ertragsdatenfilterung im Test 2			
Abk.	Berechnungsgröße	Einheit	
$a_{VP}$	maximaler Abstand zwischen Validierungspunkten	1,5*AB	m
$VP_r$	Auswahl der Validierungspunkte im Radius um den Prüfpunkt	3*AB	m
$nVP_{min}$	minimale Anzahl an Punkten für Mittelwert des Validierungssegments	3	n
$F_{Std}$	Faktor für Standardabweichung des Toleranzwertes im Test 2	2	
$FTol_{min}$	Faktor für minimalen Toleranzwert im Test 2	0,2	
$FTol_{max}$	Faktor für maximalen Toleranzwert im Test 2	0,4	
$Pdel_{lim}$	maximaler Anteil gelöschter Punkte je Fahrspur im Test 3	50	%

Dem gewählten Validierungspunkt werden soweit vorhanden jeweils die zwei vor- und nachgelagerten Punkte derselben Fahrspur zugeordnet und bilden damit das Validierungssegment (VS) mit 3 - 5 Datenpunkten. Die Auswahl der infrage kommenden Nachbarpunkte für alle Punkte im Validierungssegment ( $VP_{(n-2)} \dots VP_{(n+2)}$ ) erfolgt, wenn die benachbarten Validierungspunkte auf derselben Fahrspur wie der Validierungspunkt ( $FS_{VP} = FS_{VP(n+i)}$ ) und in derselben Parzelle ( $Pz_{VP} = Pz_{VP}$ ) liegen sowie der Abstand zwischen beiden Punkten ( $VP_a$ ) kleiner als der maximale Abstand zwischen den Validierungspunkten ( $a_{VP} = 1,5 \times \text{Schneidwerksbreite}$ ) ist (siehe Tabelle 16).

$$VP_{(n+i)} = WENN: FS_{VP} = FS_{VP(n+i)} \text{ UND: } VP_a < a_{VP} \text{ UND: } Pz_{VP} = Pz_{VP(n+i)}; DANN: Y_{VP(n+i)}; SONST: "" \quad (13)$$

$$VP_a = \sqrt{(x_{VP(n+i)} - x_{VP})^2 + (y_{VP(n+i)} - y_{VP})^2} \quad (14)$$

Von den in Formel (13) ausgewählten Punkten des Validierungssegmentes, welches mindestens 3 Punkte enthalten muss ( $nVP_{min} = 3$ ), werden ebenfalls die Ertragswerte ( $Y_{VP(n+i)}$ ) zur Aufstellung

eines Toleranzbereiches zur Prüfung genutzt. Für jedes der beiden gewählten Validierungssegmente werden der Mittelwert (MW) und die Standardabweichung (Std) der Ertragswerte aller Datenpunkte des Validierungssegments berechnet. Mithilfe der minimalen und maximalen Mittelwerte ( $MW_{min}; MW_{max}$ ) und minimalen Standardabweichung ( $Std_{min}$ ) der Validierungssegmente wird nach den Formeln (15) bis (19) ein Toleranzbereich ( $Tol_{min}; Tol_{max}$ ) für die Ablehnung oder Annahme des Prüfpunktes aufgestellt:

$$TW_{min} = FTol_{min} * MW_{min} \quad (15)$$

$$TW_{max} = FTol_{max} * MW_{max} \quad (16)$$

$$TW = F_{Std} * Std_{min} \quad (17)$$

$$Tol_{min} = MW_{min} - TW \quad (18)$$

$$Tol_{max} = MW_{max} + TW \quad (19)$$

Der Toleranzwert ( $TW$ ) wird, aus dem gegebenen Faktor ( $F_{Std}$ ) multipliziert mit der minimalen Standardabweichung der beiden Validierungssegmente, berechnet. Der Toleranzwert muss dabei innerhalb der Grenzwerte für den Toleranzwert ( $TW_{min}$  und  $TW_{max}$ ) liegen, ansonsten wird der entsprechende Grenzwert genutzt. Liegt der Ertragswert des Prüfpunktes innerhalb des Toleranzbereichs, so wird er als richtig angesehen. Liegt der Ertrag außerhalb der Toleranz, so wird er als wahrscheinlich fehlerhaft markiert und anschließend gelöscht. Optional lässt sich der H-Filter auf vier Validierungssegmente, jeweils zwei links und rechts, erweitern um mehr Ertragspunkte in die den lokalen Test der Prüfpunkte einzubeziehen. Damit können kleinräumige Ertragsunterschiede und Fehlmessungen präziser erkannt werden. Diese Erweiterung wurde hier nicht genutzt und wird nur im Anhang Tabelle 66 zusammengefasst.

#### f) 6. Bearbeitungsschritt: Test 3 – Löschen von Teilbreiten und Fahrspuren

Falls im Test 2 mehr als 50 % der Datenpunkte einer Fahrspur als fehlerhaft erkannt wurden, so ist davon auszugehen, dass die Daten der gesamten Fahrspur als fehlerhaft angesehen werden können. Im Test 3 werden diese Fahrspuren erkannt und vom Filter als fehlerhaft markiert.

#### g) 7. Bearbeitungsschritt: Löschen von Punkten im Vorgewende und Parzellengrenzen

Der Datensatz enthält nach der Filterung immer noch Datenpunkte der Vorgewende und am Rand der Parzelle. Diese Datenpunkte können im Versuch durch Randeffekte (Bodenverdichtungen, geringere Wasserverfügbarkeit, schlechte Verteilung von Betriebsstoffen) beeinflusst sein, weshalb auch diese vor der statistischen Auswertung entfernt wurden. Dazu wurden die Punkte der ersten

Fahrspuren (eine Schneidwerksbreite) parallel zur Parzellengrenze sowie die Punkte im Vorgehende (30 m) und Randbereich (15 m) gelöscht. Da eine Filterung nicht möglich war, wurden diese Punkte im GIS manuell entfernt. Damit wird jedoch auch das Ertragsniveau wieder geringfügig verändert, da in den Randbereichen vor allem niedrige Ertragswerte gelöscht werden. In Abbildung 23 sind die Rohdaten vor (links) und nach der Filterung (rechts) dargestellt. Die einzelnen Parzellen erscheinen nun homogener, mit deutlicheren Abgrenzungen zwischen den Parzellen. Auch die Unterschiede des Ertragsniveaus treten deutlicher hervor, wobei der Wertebereich der Ertragswerte enger wurde.

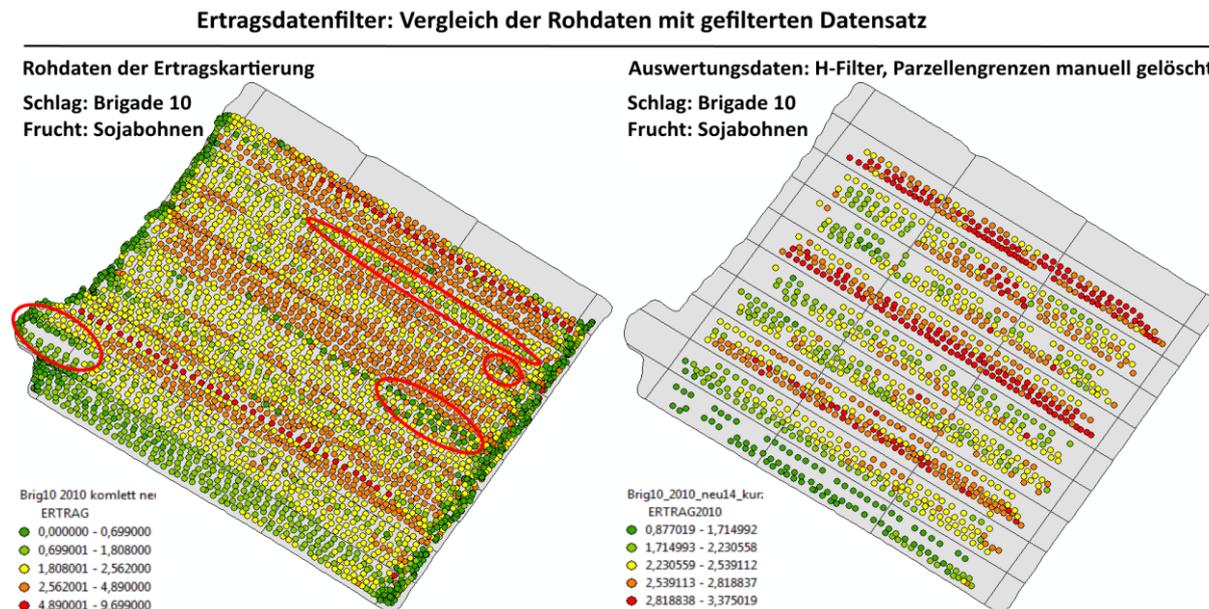


Abbildung 23: Ertragsdatenfilter – Vergleich der Rohdaten mit dem gefilterten Datensatz

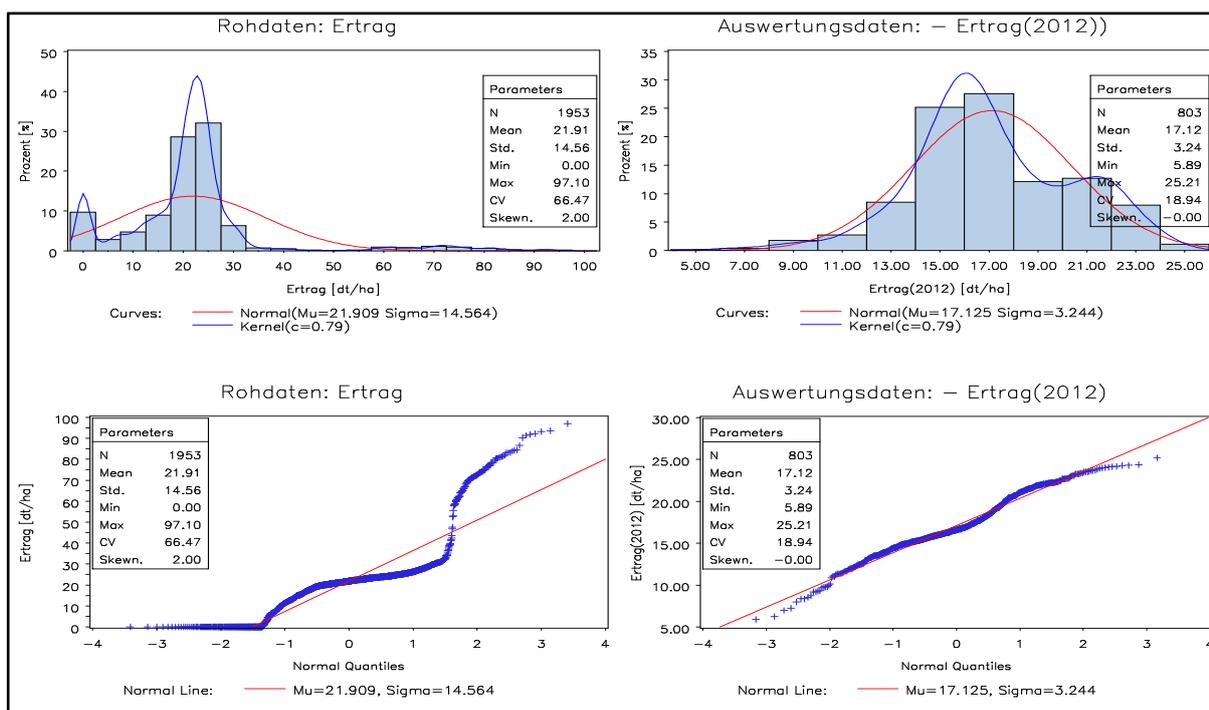


Abbildung 24: Roh- und Auswertungsdaten (Brig 10 - 2012) – Histogramm und Quantile-Plot

Betrachtet man das Histogramm und den Quantile-Plot der Roh- und Auswertungsdaten, zeigt sich wie sich die Verteilung der Beobachtungen verändert. Nach der Filterung nähert sich diese mehr an die Normalverteilung (rote Linie) an, was auf eine Verbesserung der Aussagekraft der Daten hindeutet. Aus den Rohdatensätzen kamen nach der Filterung und manuellen Bearbeitung nur ca. 37 % bis 49 % der Datenpunkte zur Auswertung (Tabelle 17). Durch das zusätzliche Entfernen der Vorgewende und Parzellengrenzen wurde ein recht hoher Anteil des Datensatzes gelöscht.

Tabelle 17: Datenstruktur der Auswertungsdatensätze (gefiltert)

Anzahl der Datenpunkte der Roh- und Auswertungsdatensätze								
Jahr	2010		2011		2012		ZF	
Schlag	Brig 5	Brig 10	Brig 5	Brig 10	Brig 5	Brig 10	Min	Max
Rohdaten [n]	4.119,0	3.603,0	4.225,0	1.844,0	4.760,0	1.953,0	1.844,0	4.760,0
Auswertungsdaten [n]	2.013,0	1.456,0	1.558,0	736,0	2.116,0	803,0	736,0	2.116,0
Anteil Auswertungs- an Rohdaten [%]	48,9	40,4	36,9	39,9	44,5	41,1	36,9	48,9

### 3.3 Statistische Auswertung der Ertragsdaten von On-Farm Experimenten

In diesem Abschnitt werden Ansätze zur statistischen Auswertung der On-Farm Experimente dargestellt. Weiterhin wird aufgezeigt was beachtet werden muss, um nach wissenschaftlichen Maßstäben gesicherte statistische Schlüsse aus georeferenzierten Ertragsdaten ableiten zu können. Im ersten Ansatz werden die Versuchsdaten als Blockanlage mit einem varianzanalytischen Ansatz ausgewertet. Im zweiten Ansatz sollen geostatistischen Methoden verwendet werden, um Bodentrends und räumliche Korrelationen zu berücksichtigen. Der Aussagebereich der Versuche erstreckt sich über drei Versuchsjahre mit jeweils einem Versuchsfeld für die Früchte Sommerweizen und Sojabohnen. Die Versuchsfrage der statistischen Auswertung lautet demnach:

*„Können zwischen den Produktionsverfahren statistisch signifikante Mittelwertdifferenzen im Ertrag von Sommerweizen und Sojabohnen festgestellt werden?“*

Die Null- ( $H_0$ ) und Alternativhypothese ( $H_A$ ) wird demnach wie folgt formuliert. Dabei entspricht  $\mu_n$  dem Erwartungswert des Ertrages der Prüfglieder  $n_1 - n_3$  (Varianten 1 – 3):

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 \quad H_A : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \quad (20)$$

#### 3.3.1 Aufbereitung und Bearbeitung der Ertrags- und Kovariablen Daten

Hier soll am Beispiel eines Feldversuchs im Projekt (Sojabohnen, 2012, Schlag: Brigade 10) die Vorgehensweise zur statistischen Auswertung von On-Farm Experimenten dargestellt werden. In Tabelle 18 ist die Datenstruktur der Roh- und Auswertungsdaten der Ertragskartierung und Kovariablen dargestellt. Aufgrund der Probleme bei der Ertragskartierung wurden die Parzellen 1, 8 und 9 von der Auswertung ausgeschlossen und der Versuch auf die verbleibenden sechs Parzellen reduziert. Auffällig ist die Veränderung des mittleren Ertrags nach der Filterung und Korrektur der Rohdaten auf das gewogene Ertragsniveau der Realwiegung. Der Ertrag des Haushalts reduzierte

sich von 27,54 dt/ha auf 15,52 dt/ha. Durch die Filterung änderten sich die mittleren Erträge nochmal, da die Randstreifen und Vorgewende mit geringeren Erträgen entfernt wurden.

Tabelle 18: Datenstruktur: Sojabohnen - 2012 - Brigade 10

<b>Datenstruktur des Versuchsfeldes: Sojabohnen - 2012 - Brigade 10</b>												
	<b>Parzellen</b>									<b>Variante</b>		
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>Demo</b>	<b>Staat</b>	<b>Haus</b>
<b>Realwiegung</b>												
Ertrag (KF 14%) dt/ha		17,23	15,93	18,45	17,67	15,80	18,04			18,24	17,45	15,87
<b>Daten der Ertragskartierung: Rohdaten (Erntefeucht)</b>												
Anzahl Punkte [n]		342,0	328,0	305,0	304,0	332,0	342,0			647,0	646,0	660,0
Mittelwert [dt/ha]		21,27	29,53	18,62	18,47	25,57	17,67			<b>18,12</b>	<b>19,95</b>	<b>27,54</b>
Standardabw. [dt/ha]		17,29	19,44	8,35	7,89	16,34	8,28			8,32	13,76	18,04
Minimum [dt/ha]		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,00	0,00	0,00
Maximum [dt/ha]		83,10	97,10	39,00	41,40	93,70	42,50			42,50	83,10	97,10
<b>Daten der Ertragskartierung: Ertrag (Filterung der Daten - Auswertungsdaten für SAS)</b>												
Anzahl Punkte [n]		129,0	150,0	117,0	140,0	158,0	109,0			226,0	269,0	308,0
Mittelwert [dt/ha]		15,13	14,87	19,84	18,06	16,13	19,91			<b>19,88</b>	<b>16,65</b>	<b>15,52</b>
Standardabw. [dt/ha]		2,00	1,54	4,34	1,82	1,31	3,59			3,99	2,40	1,56
Minimum [dt/ha]		8,54	11,44	5,89	9,77	11,68	9,29			5,89	8,54	11,44
Maximum [dt/ha]		19,82	20,56	25,21	21,96	23,38	24,38			25,21	21,96	23,38
<b>Kovariablen: elektrische Leitfähigkeit des Bodens (EC25)</b>												
Mittelwert [mS/m]		45,05	47,71	45,40	46,97	48,83	45,22			<b>45,31</b>	<b>46,05</b>	<b>48,28</b>
Standardabw. [mS/m]		12,05	12,05	14,51	12,89	14,36	15,17			14,80	12,51	13,27
Minimum [mS/m]		18,83	17,23	14,88	13,58	16,98	14,28			14,28	13,58	16,98
Maximum [mS/m]		56,54	60,58	60,54	67,68	70,16	67,16			67,16	67,68	70,16
<b>Kovariablen: historische Ertragsdaten (Ertrag2009)</b>												
Mittelwert [dt/ha]		16,50	17,54	14,40	15,86	12,93	13,34			<b>13,89</b>	<b>16,17</b>	<b>15,18</b>
Standardabw. [dt/ha]		1,40	1,67	2,60	2,56	2,95	2,41			2,56	2,10	3,34
Minimum [dt/ha]		12,58	11,69	8,91	9,24	1,37	6,52			6,52	9,24	1,37
Maximum [dt/ha]		19,39	20,51	18,38	19,85	18,01	19,43			19,43	19,85	20,51

Die Kovariablen elektrische Leitfähigkeit und Ertragsdaten im Jahr 2009, weisen ebenfalls Differenzen zwischen den Varianten auf. Geht man von einem hohen Zusammenhang von elektrischer Leitfähigkeit des Bodens mit dem Ertrag aus, so hat die Variante 1 (Demofarm) im Mittel das geringste und die Variante 3 (Haushalt) dagegen bei das höchste Ertragspotential. Ebenso zeigen die Parzellen der Variante Demofarm in den Ertragsdaten 2009 ein geringeres Ertragsniveau im Vergleich zu der Variante Staatsfarm und Haushalt. Damit liegt die Vermutung nahe, dass das Ertragsniveau zwischen den Parzellen und Varianten variiert. Diese Varianz der erfassten Kovariablen weist damit auf eine Verletzung des Ceteris-Paribus-Prinzips hin. Mit Hilfe eines angepassten Versuchsdesigns und entsprechenden Auswertungsansätzen wird versucht dies zu beachten.

Bei der Datenverarbeitung im Mähdrescher werden meist die hochauflösenden Einzelmessungen zu einem Datenpunkt in einem vorher festgelegten Intervall zusammengefasst (Noack, 2006). Falls Ertrags- und Kovariablenpunkte in einer unterschiedlichen Auflösung aufgenommen wurden oder eine sehr hohe Anzahl an Ertragsmesspunkten vorliegt, besteht die Möglichkeit die Daten zu aggregieren. Räumliche Daten liegen als georeferenzierte Datensätze vor. Liegen die Punkte für das Prüfmerkmal (Ertrag) und die Kovariablenpunkte nicht an exakt der gleichen Position, so müssen diese auf die Position des Prüfmerkmals interpoliert werden (Richter und Thöle, 2012).

Eine Aggregation der Datenpunkte auf ein einheitliches Raster bietet sich an wenn die Datensätze für Ertrag und Kovariablen mit unterschiedlicher Datendichte (Messintervall, Fahrspurabstand) gewonnen wurden oder der Datensatz für eine Auswertung zu groß ist. Vor allem in sehr großen Versuchsfeldern mit mehr als 1.000 Datenpunkten wird eine geostatistische Auswertung sehr zeit-aufwendig oder benötigt leistungsfähige und damit teure Rechentechnik. Ein Lösungsansatz ist es, die unregelmäßig verteilten Datenpunkte auf ein einheitliches Raster zu interpolieren oder Mittelwerte der Rasterzellen zu bilden. Die Mittelwertbildung von aufeinanderfolgenden Datenpunkten ist ebenfalls möglich. Jedoch wird dies auch kritisch gesehen (Schneider et al., 2007a), da dabei wertvolle Informationen verlorengehen können und durch die räumliche Interpolation die Kovarianzstruktur der Daten beeinflusst werden könnte. Der Rohdatensatz umfasst 1853 Punkte und wurde durch Filterung und Löschung der Vorgewende und Parzellenrandstreifen auf 803 Punkte reduziert, womit eine nachfolgende Datenaggregation nicht nötig war.

### 3.3.2 Auswertungsansatz 1: Varianzanalyse (ANOVA)

Im ersten Auswertungsansatz für On-Farm Experimente werden die Parzellenmittelwerte, ohne Nutzung der Georeferenzierung, als randomisierte Blockanlage mit der Varianzanalyse (ANOVA) ausgewertet. Die Varianzanalyse ist die klassische statistische Auswertung um mit räumlicher Variabilität in Feldversuchen umzugehen. Hierzu wurden aus den Ertragspunkten innerhalb einer Randomisationseinheit (Parzelle) Mittelwerte gebildet. Dieser Auswertungsansatz hat den Vorteil, dass er einfach umzusetzen ist und als Rückversicherung für die Ergebnisse der geostatistischen Auswertung dient. Räumliche Abhängigkeiten und Bodentrends werden hier jedoch nicht beachtet, womit die Gefahr besteht, dass der Fehler 1. Art verzerrt wird und es zu einem Verlust an Versuchspräzision kommt. Damit ist die Auswertung als Blockanlage mit der ANOVA kein optimales Analyseverfahren beim Vorliegen von räumlicher Kovarianz (Hu und Richter, 2006). Nur zwischen Variante 1 (Demofarm) und 3 (Haushalt) konnten statistisch signifikante Unterschiede (in Tabelle 19 fett markiert) festgestellt werden. Wohingegen zwischen Variante Demofarm und Staatsfarm keine statistisch signifikanten Differenzen festgestellt wurden.

Tabelle 19: Ergebnisse ANOVA - Sojabohnen - 2012 - Brigade 10

Ergebnisse ANOVA - Auswertung als Blockanlage - Sojabohnen - 2012 - Brigade 10							
Kleinste-Quadrate-Mittelwerte (Least Squares Means)							
Effekt	Variante		Estimate – Ertrag	Standardfehler	FG	t Wert	Pr >  t
Variante	1 - Demofarm		19,88	0,72	2,00	27,75	0,0001
Variante	2 - Staatsfarm		16,59	0,72	2,00	23,16	0,0001
Variante	3 - Haushalt		15,50	0,72	2,00	21,64	0,0001
Differenzen der Kleinste-Quadrate-Mittelwerte (Least Squares Means)							
Effekt	Variante		Estimate – Ertrag	Standardfehler	FG	t Wert	Pr >  t
Variante	1	2	3,28	1,01	2,00	3,24	0,0834
Variante	1	3	4,38	1,01	2,00	4,32	<b>0,0496</b>
Variante	2	3	1,10	1,01	2,00	1,08	0,3927

(fett: statistisch signifikant bei  $\alpha=0,05$ )

### 3.3.3 Auswertungsansatz 2: geostatistische Auswertung

Ein weiterer Ansatz zur Auswertung ist die Einbeziehung aller georeferenzierten Ertragspunkte in eine geostatistische Auswertung. Durch den räumlichen Bezug der georeferenzierten Ertragsdaten liegen im Versuchsfeld räumliche Autokorrelationen vor. Weiterhin sind Bodentrends in den On-Farm Experimenten nicht zu vermeiden, so dass diese die Schätzwerte für Erwartungswert und Varianz der Prüfglieder beeinflussen können. Diese Störgrößen sollten in die statistische Auswertung einbezogen werden, da sonst die Möglichkeit besteht, dass falsche Schlussfolgerungen gezogen werden (Stroup, 2002). Eine klassische Varianzanalyse (ANOVA) wäre in diesem Fall nicht passend (Thöle, 2010). Aus diesem Grund werden fixe und zufällige Störgrößen in der Auswertung berücksichtigt, was zur Nutzung eines linearen gemischten Modells führt. In diesem Abschnitt sollen die theoretischen Grundlagen des gemischten linearen Modells kurz dargestellt werden. Um diese theoretischen Grundlagen nochmals zu verdeutlichen wird im Abschnitt E des Anhangs wird anhand eines Berechnungsbeispiels die Vorgehensweise der Modellaufstellung und Berechnung der Ergebnisse (LSMeans, t-Werte) aufgezeigt.

#### 3.3.3.1 Das einfache lineare Modelle

Das lineare gemischte Modell baut auf dem einfachen linearen Modell auf. Mit statistischen Modellen sollen natürliche Prozesse erfasst und als lineare Funktion mit Hilfe einer Zufallsverteilung abgebildet werden. In Feldversuchen wird meist ein linearer Zusammenhang zwischen Beobachtungen und den Einflussgrößen angenommen und wie folgt abgebildet (Littell et al., 2006, S. 734).

$$\underline{y} = X\beta + \underline{e} \quad (21)$$

Mit  $\underline{y}$  dem Vektor der Zufallsvariablen (Beobachtungen),  $X$  der Versuchsplanmatrix (Designmatrix) der festen Modellparameter,  $\beta$  dem Vektor der festen Modellparameter und  $\underline{e}$  dem Vektor der zufälligen Resteffekte (Residuen). Dabei gilt  $\underline{y} \sim N(X\beta; V)$ . Für den Vektor  $e$  gilt die Annahme Erwartungswert = 0 und eine Varianz-Kovarianz-Matrix mit unkorrelierten Residuen (Schabenberger und Gotway, 2005). In linearen gemischten Modellen wird normalerweise die Bedingung zur Normalverteilung der Residuen  $\underline{e} \sim N(0; R)$  hinzugefügt. Dabei sind  $\mu$  und  $\sigma^2$  die Parameter der Dichte- und Verteilungsfunktion der Normalverteilung. Für diese werden Schätzwerte ermittelt und dazugehörige statistische Hypothesen geprüft. Die Resteffekte  $\underline{e}_i$  werden als unabhängig angesehen. Das heißt, dass zwischen den Resteffekten keine Kovarianz vorliegt, womit die symmetrische Varianz-Kovarianz-Matrix des Vektors  $\underline{y} = (y_1; y_2, \dots, y_n)$  eine Diagonalmatrix mit  $\sigma_e^2$  als Diagonalelemente ( $Var(y_1)$  - Varianzen) und Nullen als Nichtdiagonalelemente ( $cov((y_2, y_1)$  - Kovarianzen) besitzt (Schabenberger und Pierce, 2002, S. 72).

$$V = Var[\underline{y}] = \begin{pmatrix} Var(y_1) & cov((y_1, y_2)) & \dots & cov((y_1, y_n)) \\ cov((y_2, y_1)) & Var(y_2) & \dots & cov((y_2, y_n)) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ cov((y_n, y_1)) & cov((y_n, y_2)) & \dots & Var(y_n) \end{pmatrix} \quad (22)$$

Durch die Bedingung  $Var(y) = Var(e)$  gilt die Beziehung  $V = R$ . Die Matrix  $R$  hat im Fall der unterstellten Unabhängigkeit der Resteffekte eine Diagonalstruktur. Im einfachen Modell werden nur der Erwartungswert der Grundgesamtheit und die Resteffekte der Einzelwerte (Zufallsabweichung vom Erwartungswert) berücksichtigt (Schabenberger und Pierce, 2002, S. 79). Das zu Grunde liegende Gleichungssystem und Matrix  $R$  haben dann folgende Form:

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1p} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{np} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_p \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ \vdots \\ e_n \end{bmatrix} \quad \text{mit} \quad R = \begin{bmatrix} \sigma_e^2 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \sigma_e^2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \sigma_e^2 \end{bmatrix} \quad (23)$$

### 3.3.3.2 Das lineare gemischte Modell

Neben den festen Effekten werden im gemischten Modell zufällige Effekte berücksichtigt. Die Effekte werden als zufällig angesehen, wenn die in die Auswertung einbezogenen Variablen zufällig aus einer Grundgesamtheit ausgewählt wurden. Faktoren mit quantitativer Abstufung werden auch als Kovariable oder stetige Variable bezeichnet. Meist wird zur Auswertung von Versuchsdaten die Varianzanalyse für qualitative oder die Regressionsanalyse für quantitative fixe Effekte genutzt. Werden qualitative und quantitative sowie fixe und zufällige Effekte einbezogen so spricht man von einem gemischten linearen Modell der Kovarianzanalyse. Die praktische Umsetzung wird, basierend auf der Theorie des linearen gemischten Modells, durch die Modellerweiterung in der „Prozedur Mixed“ in der Statistiksoftware SAS 9.2 (SAS Institute Inc., 2006) möglich. Die Standardgleichung des zu Grunde liegenden linearen Regressionsmodells lautet:

$$Y = \beta_0 + \beta_{1x_1} + \dots + \beta_{px_p} + e \quad (24)$$

In einer Anwendung existieren demnach beobachtete Werte von  $Y$  und den dazugehörigen Werten  $\beta x_1, \dots, x_p$ . Die Werte von  $Y$  sind dabei unabhängig voneinander mit konstanter Varianz (Littell et al., 2006, S. 42). Das zu Grunde liegende Modell in Matrixdarstellung hat die Form:

$$\underline{y} = X\underline{\beta} + Z\underline{u} + \underline{e} \quad (25)$$

Mit  $\underline{y}$  dem Vektor der Zufallsvariablen (z.B. Prüfmerkmal Ertrag),  $X$  der Versuchsplanmatrix (Designmatrix) der festen Modelleffekte (z.B. Block, Wdh, EC25, Ertrag2009),  $\underline{\beta}$  dem Vektor der festen Effekte,  $Z$  die Versuchsplanmatrix der zufälligen Effekte (z.B. Parzelle),  $\underline{u}$  dem Vektor der zufälligen Effekte und  $\underline{e}$  dem Vektor der Resteffekte (z.B. sonstige Umwelteinflüsse). Im linearen gemischtem Modell gilt:  $\underline{y} \sim N(X\underline{\beta}; V)$ ,  $\underline{u} \sim N(0; G)$ ,  $\underline{e} \sim N(0; R)$ ,  $Cov(\underline{u}, \underline{e}) = 0$  (Henderson, 1975 und 1990). Die unbekannt Resteffekte werden durch den Vektor  $e = (n \times 1)$  dargestellt. Diese Erweiterung des linearen Modells erlaubt eine flexiblere Spezifikation der Kovarianzmatrix der zufälligen Resteffekte.

Zur Lösung des Gleichungssystems werden die Matrizen G (Kovarianzmatrix der zufälligen Effekte) und R (Kovarianzmatrix der Resteffekte) benötigt. Diese sind Voraussetzung zur Aufstellung der Matrix V, da die Rechenregeln für Varianzen und Kovarianzen ergeben:

$$\begin{aligned} V &= \text{Var}(\underline{y}) = \text{Var}(Z\underline{u} + \underline{e}) \\ &= Z\text{Var}(\underline{u})Z' + \text{Var}(\underline{e}) + Z\text{Cov}(\underline{u}, \underline{e}') + \text{Cov}(\underline{e}, \underline{u}')Z' \\ &= ZGZ' + R \end{aligned} \quad (26)$$

Die Beachtung der dargestellten Varianzen und Kovarianzen (Henderson C. , 1975) liefert:

$$\text{Var} \begin{bmatrix} \underline{u} \\ \underline{e} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G & 0 \\ 0 & R \end{bmatrix} \quad \text{bzw.:} \quad \text{Var} \begin{bmatrix} \underline{y} \\ \underline{u} \\ \underline{e} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V & ZG & R \\ GZ' & G & 0 \\ R & 0 & R \end{bmatrix} \quad (27)$$

Zur Bildung der Matrix G wird die Identitätsmatrix  $I_q$ , mit einer Dimension welche der Anzahl an Blocks ( $b \times b$ ) entspricht, genutzt (Hu und Spilke, 2009). Da die zufälligen Effekte der Blöcke als unabhängig voneinander betrachtet werden, sind die Nichtdiagonalelemente 0. Für die Matrix R wird die dazugehörige Identitätsmatrix  $I_n$ , mit einem Rank welche der Anzahl an Beobachtungen ( $n \times n$ ) entspricht, genutzt. Für die Matrix G und R gilt (SAS Institute Inc., 2006, S. 2145):

$$G = I_q \sigma_b^2 \quad G = \begin{bmatrix} \sigma_b^2 & 0 & 0 \\ 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_b^2 \end{bmatrix} \quad I_q = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (28)$$

$$R = I_n \sigma_e^2 \quad R = \begin{bmatrix} \sigma_e^2 & 0 & 0 \\ 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_e^2 \end{bmatrix} \quad I_n = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (29)$$

### 3.3.3.3 Schätzung fester Effekte und Vorhersage zufälliger Effekte

In der Arbeit mit gemischten Modellen ist es notwendig Schätzungen der festen Effekte und Vorhersagen zufälliger Effekte zu erhalten. Im gemischten Modell ist die Nutzung mittlerer Quadratsummen nicht passend, da neben  $\beta$  auch die Parameter  $u$  und  $e$  unbekannt sind. Die Methode der verallgemeinerten kleinsten Quadrate (Generalized least square – GLS) ist hier passender, bei Minimierung von  $(y - X\beta)'V^{-1}(y - X\beta)$ , was zur sogenannten Normalengleichung führt:

$$(X'V^{-1}X) * \hat{\beta} = X'V^{-1}y \quad (30)$$

Für die festen Effekte ergibt sich demnach:

$$\hat{\beta} = (X_f'V^{-1}X_f)^{-1}(X_f'V^{-1}y) \quad (31)$$

Wobei  $X_f'$  die um die letzte Spalte reduzierte Matrix X darstellt. Diese Reparametrisierung erfolgt aufgrund eines Rangdefektes und bezeichnet die Nullsetzung bestimmter Effekte oder von Summen von Effekten. In SAS wird eine Vereinfachung durch Streichung einer Spalte in Matrix X angewendet, um zu einer gültigen Reparametrisierung zukommen. Diese Gleichung wird auch als

BLUE - Best Linear Unbiased Estimation – bezeichnet. Für die Vorhersage von zufälligen Effekten in Vektor  $u$  wird die sogenannte BLUP (Best Linear unbiased Prediction) genutzt:

$$\hat{u} = GZ'V^{-1}(y - X\hat{\beta}) \quad (32)$$

Die Schätzung von festen Effekte und Vorhersage zufälliger Effekte ist mit hohem Rechenaufwand verbunden da die Matrix  $V$  die Dimension des Beobachtungsvektors besitzt. Alternativ lassen sich Schätzungen von  $\beta$  und  $u$  durch Lösung der MME (mixed model equations) von Henderson (1963) erreichen. Vorteilhaft ist, dass die Inverse der Matrix  $V$  ( $V^{-1}$ ) nicht mehr benötigt wird.

$$\begin{bmatrix} X'R^{-1}X & X'R^{-1}Z \\ Z'R^{-1}X & Z'R^{-1}Z + G^{-1} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \hat{\beta} \\ \hat{u} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'R^{-1}y \\ Z'R^{-1}y \end{bmatrix} \quad (33)$$

### 3.3.3.4 -Varianzkomponentenschätzung mit ML- und REML-Methode

Zur Lösung von BLUE und BLUP wird die unbekannte Matrix  $V$  benötigt, wozu wiederum GLS-Schätzungen von  $G$  und  $R$  genutzt werden. Die Bereitstellung von Schätzwerten der Varianzkomponenten, also von Schätzwerten der festen Effekte und deren Standardfehler für die Vorhersage zufälliger Effekte, ist unverzichtbar für die Aufstellung der Matrizen  $G$  und  $R$ . Eine Varianzkomponente beeinflusst die Beobachtungswerte, wobei die unterschiedlichen Komponenten einer Variabilität unabhängig sind. In gemischten Modellen wird mit den Varianzkomponenten der Beitrag jedes zufälligen Effekts an der Varianz der abhängigen Variablen geschätzt. Diese Schätzwerte werden durch eine Varianzkomponentenschätzung (VKS) gewonnen, was in einem gemischten Modell jedoch mit einem hohen numerischen Aufwand verbunden ist. Dazu werden meist die Varianzanalyse, Maximum-Likelihood (ML)-Methode und die Restricted Maximum Likelihood (REML)-Methode verwendet (Littell et al., 2006, S. 7). Deren Schätzungen sind für einen großen Stichprobenumfang erwartungstreu und besitzen eine minimale Varianz und damit einen minimalen Standardfehler (SAS Institute Inc., 2006, S. 3968).

Unter der Annahme von Normalverteilung ist die Nutzung von likelihood-basierten Methoden üblich. Die Grundlagen der Maximum-Likelihood-Methode wurden 1967 von Hartley und Rao beschrieben (Hartley und Rao, 1967). Bei der ML-Methode wird durch ein iteratives Verfahren die Likelihoodfunktion maximiert um die unbekannt Parameter Mittelwert  $\mu$  und Varianz  $\sigma^2$  zu schätzen. Zur Ableitung der Schätzfunktion nach ML müssen Verteilungsannahmen im folgenden Modell getroffen werden (Oehlert, 2014):

$$\underline{y}_i = \mu + \underline{e}_i \quad \text{mit} \quad \underline{y}_i \sim N(\mu, \sigma_e^2) \quad (34)$$

Die Likelihood ( $L$ ) ist die Dichtefunktion des Vektors  $\underline{y}_i = (\underline{y}_i, \dots, \underline{y}_n)'$ , als Funktion der unbekannt Modellparameter. Bei Normalverteilung wird folgende Gleichung unterstellt:

$$L(\mu, \sigma^2 | y) = \left[ \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \right]^n \exp \left[ - \sum_{i=1}^n \frac{(y_i - \mu)^2}{2\sigma^2} \right] \quad (35)$$

Dazu wird in der Regel mit der Log-Likelihood-Funktion gearbeitet:

$$l(\mu, \sigma^2 | y) = -\frac{1}{2} * N * \log(2\pi * \sigma^2) - \frac{1}{2} * \sum_{i=1}^N \frac{(y_i - \mu)^2}{2\sigma^2} \quad (36)$$

Das Prinzip der ML-Methode ist es diese Parameter so zu schätzen, dass die dazugehörigen Daten am wahrscheinlichsten („likely“) sind, was durch das Maximieren der Likelihood erreicht wird. Das Nullsetzen der partiellen Ableitung liefert dann:

$$\hat{\mu}_{ML} = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n y_i = \bar{y} \quad (37)$$

$$\hat{\sigma}_{ML}^2 = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{\mu}_{ML})^2 = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \quad (38)$$

Die Restricted Maximum Likelihood-Methode (REML) ist die üblicherweise verwendete Methode zur Varianzkomponentenschätzung im gemischten Modell. Das Konzept der REML-Methode wurde von Patterson und Thompson (1971) beschrieben. Die ML-Schätzer für Varianz im LGM mit unabhängigen Stichproben stimmen nur für große Stichproben, weshalb die Likelihood der Fehlerkontraste aufgestellt und maximiert wird. Dabei wird in der REML-Methode die Likelihoodfunktion getrennt für den Anteil des Modells mit festen Effekten und den Teil ohne feste Effekte erstellt. Durch Nutzung von Linearkombinationen deren Erwartungswerte null sind werden so „error contrasts“ gewonnen. Das liefert eine von festen Effekten freie Schätzung der Varianzkomponenten. Eine detaillierte Beschreibung der Vorgehensweise findet sich bei Corbeil und Searle (1976) und Dickey (2008). Der REML-Schätzer entspricht in diesem Fall:

$$\hat{\sigma}_{REML}^2 = \frac{1}{(N-1)} \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2 \quad (39)$$

Die Prozedur Mixed in SAS (SAS Institute Inc., 2006, S. 3968) nutzt folgende ML- und REML-Funktionen für die Parameter G und R. Die Minimierung des -2fachen dieser Funktionen erfolgt dabei durch einen Newton-Raphson-Algorithmus.

$$l_{ML}(G, R) = -\frac{1}{2} \log|V| - \frac{1}{2} r' V^{-1} r - \frac{n}{2} (2\pi) \quad (40)$$

$$l_{REML}(G, R) = -\frac{1}{2} \log|V| - \frac{1}{2} \log|X' V^{-1} X| r' V^{-1} r - \frac{n-p}{2} (2\pi) \quad (41)$$

$$\text{mit: } r = y - X(X' V^{-1} X)^{-1} X' V^{-1} y$$

$p = \text{Rank der Matrix } X$

### 3.3.3.5 Freiheitsgradapproximation

Zum Test von Hypothesen und Ermittlung von t-Werten sind Freiheitsgrade (FG) zu schätzen. Die Schätzung der Freiheitsgrade erfolgt in SAS standardmäßig mit der Containment-Methode, welche sich jedoch nicht für lineare gemischte Modelle in Proc Mixed eignet. Für kleine Stichproben empfiehlt sich die Anwendung einer Freiheitsgradapproximation. Dazu wird nach (Spilke et al., 2005) die Methode von Satterthwaite (1941) und deren Erweiterung nach Kenward und Roger (1997) empfohlen. Kenward und Roger erweiterten die Satterthwaite-Methode indem sie Formeln für die Varianz der geschätzten fixen Effekte ableiteten, welche eine bessere Approximation gewährleisten. Die Varianz von  $\hat{\beta}$  gilt bei unbekanntem Varianzen nur näherungsweise, weshalb der Schätzer für die Kovarianzmatrix korrigiert und eine Adjustierung der Teststatistik eingefügt wurde um den Schätzfehler bei kleinen Stichproben zu minimieren. Die Berechnung erfolgt nach:

$$FG = \frac{2(\sum_i h_i * \hat{\sigma}_i^2)^2}{\sum_i \sum_{i'} h_i h_{i'} * Cov(\hat{\sigma}_i^2 \hat{\sigma}_{i'}^2)} \sim t_{FG} \quad (42)$$

Der Ausdruck  $(\sum_i h_i * \hat{\sigma}_i^2)$  entspricht einer Approximation des Erwartungswertes der Varianz der betrachteten Linearkombination von festen Effekten. Der Nenner ist eine Approximation der Varianz des Zählers. Der Ausdruck  $Cov(\hat{\sigma}_i^2 \hat{\sigma}_{i'}^2)$  ist die asymptotische Kovarianzmatrix der geschätzten Varianzkomponenten. Dabei entspricht  $i, i' = 1, \dots, a$  den Varianzkomponenten im Modell, es gilt:

$$h_i = k'(X'_f \hat{V}^{-1} X_f)^{-1} X'_f \hat{V}^{-1} Z_i Z'_i \hat{V}^{-1} X_f (X'_f \hat{V}^{-1} X_f)^{-1} k \quad (43)$$

### 3.3.3.6 Erweiterung des Auswertungsmodells um Räumliche Trends und Prozesse

Wie in Abschnitt 2.3 beschrieben, kann es in On-Farm Experimenten zu einer großen räumlichen Variabilität durch Faktoren wie Bodenfeuchte, pH-Wert und Bodenstruktur kommen, welche durch eine heterogene Verteilung im Versuchsfeld die Versuchsergebnisse beeinflussen können. Durch die Nutzung von Kovariablen im gemischten Modell lässt sich der Einfluss auf die Versuchsergebnisse minimieren.

Räumliche Trends im Versuchsfeld lassen sich als Funktion der geografischen xy-Koordinaten in der Designmatrix X erfassen. Diese sollen den Verlauf des Trends im Versuchsfeld so genau wie möglich abbilden. Bei der Modellwahl können damit lineare, quadratische, polynome, oder spline Ansätze im Modell genutzt werden um Variabilität zu erklären. Legendre (1993) beschrieb auch „Falsche Trends“, welche durch distanzabhängige, räumliche Autokorrelation der Residuen entstehen können, wobei die Lage der Punkte im Raum keine Rolle spielt (Isotropie). Unter Anisotropie versteht man dagegen die Entfernungs- und Richtungsabhängigkeit räumlicher Prozesse.

Die räumliche Variabilität lässt sich auch durch die Nutzung gemischten Modellen mit räumlichen Kovarianzstrukturen, wie sie auch in der Geostatistik genutzt werden, kontrollieren (Zimmermann und Harville, 1991). Die Modellierung von räumlichen Prozessen setzt die Unabhängigkeit der

Messfehler innerhalb einer Parzelle voraus. Diese Bedingung trifft jedoch meist nicht zu, da bei der Erfassung von georeferenzierten Merkmalen räumliche Abhängigkeiten bestehen (Thöle, 2010, S. 30). In räumlichen Prozessen wird weiter eine Stationarität 2. Ordnung angenommen (Schabenberger und Gotway, 2005, S. 46). Die Grundannahme der Stationarität bezeichnet die Invarianz der Zufallsvariable und deren Erwartungswerte (Mittelwert und Varianz) gegenüber Veränderungen innerhalb der Datengrundlage. Das heißt, dass der Erwartungswert aller Zufallsvariablen  $Z$  im Untersuchungsgebiet konstant und damit unabhängig von der Lage ist, womit gilt:

$$E[Z(x) - Z(x + d_{ij})] = \mu \quad (44)$$

$$\hat{\gamma}(d_{ij}) = \frac{1}{2n(d_{ij})} \sum (z(x_i) - z(x_i + d_{ij}))^2 \quad (45)$$

Dabei entspricht  $n$  einer Anzahl der Wertepaare innerhalb einer Distanz  $d_{ij}$ , einer Variablen  $Z$  mit den Realisationen  $z(x_i)$  und  $z(x_i + d_{ij})$  sowie dem Abstand  $d_{ij}$ . Damit wird davon ausgegangen, dass keine Trends vorhanden sind. Diese Annahme trifft jedoch meist nicht zu, sodass eine Annahme (intrinsische Hypothese) zur Abschwächung der Stationarität getroffen wird. Der Erwartungswert einer Zufallsvariablen ist damit eine Funktion des Abstandsvektors und unabhängig vom Ort. Damit lassen sich mit Hilfe des Variogramms (Semivariogramm) regionalisierte Variablen modellieren. Daraus wird die Semivarianz nach Formel (45) aufgestellt. Im empirischen Variogramm werden die Semivarianzen grafisch, also der räumliche Bezug eines Punktes zu Nachbarpunkten, dargestellt. Dazu werden die quadrierten Differenzen der Punktpaare (gebildet nach Entfernungsstufen – „lags“), summiert und durch die Anzahl an Punktpaaren geteilt. Das (Semi)-Variogramm (Abbildung 25) kann durch entsprechende mathematische Funktionen (exponentielle, sphärische, gaußsche Funktionen, etc.) beschrieben werden. (Thöle, 2010, S. 32)

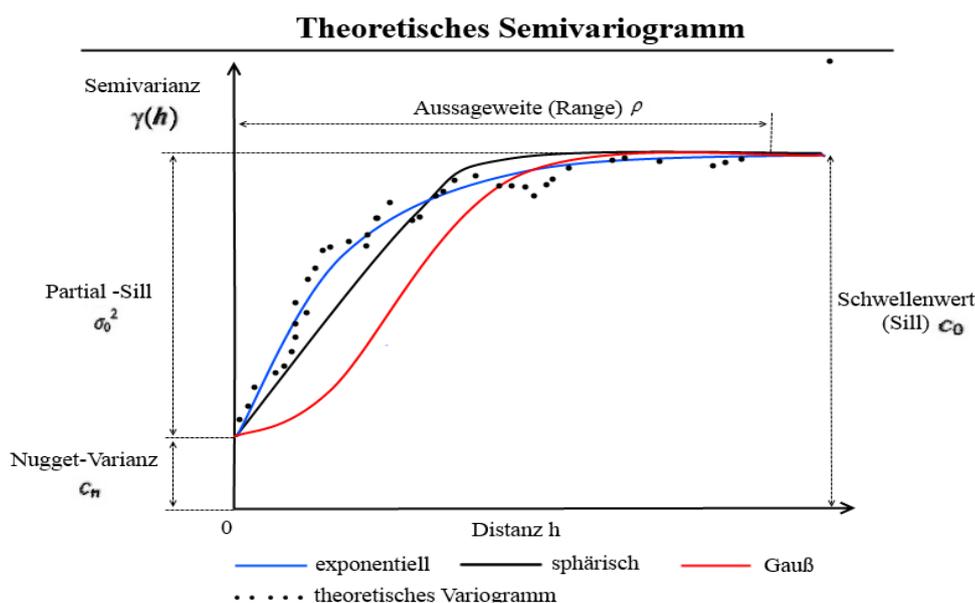


Abbildung 25: Theoretisches Semivariogramm, Quelle: SAS Institute Inc. (2006), abgeändert

Die Sill-Varianz, oder auch Schwellenwert, ist die maximale Varianz eines Variogramm-Modells bis zu der, eine räumliche Autokorrelation vorliegt. Der praktische Range, oder auch die Aussageweite, ist der Abstand zwischen dem ersten Wert und dem Punkt an dem ein Variogramm seinen Sill erreicht. Die Nugget-Varianz oder auch räumlich nicht erklärbare Varianz, definiert dabei den Achsenabschnitt eines Variogramms für Abstände mit  $d_{ij} = 0$  (SAS Institute Inc., 2006). Daran wird das Rauschen (Messfehler oder kleinräumige Variation) des Variogramms gemessen. Die räumliche Interpolation von nicht beprobten Punkten (Kriging) baut auf der Grundlage des Variogramms auf (Thöle, 2010, S. 31).

Diese räumlichen Abhängigkeiten können im linearen gemischten Modell einbezogen werden, indem die R-Matrix erweitert wird und die folgende Form annimmt:

$$R = I_n \sigma^2 + \sigma_s^2 F \quad (46)$$

$$R = \begin{bmatrix} \sigma^2 & \sigma_{s(2;1)}^2 & \cdots & \sigma_{s(i;1)}^2 & \cdots & \sigma_{s(n-1;1)}^2 & \sigma_{s(n;1)}^2 \\ \sigma_{s(1;2)}^2 & \sigma^2 & & \vdots & & & \sigma_{s(n;2)}^2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & & & \vdots \\ \sigma_{s(1;j)}^2 & \vdots & & \sigma^2 & & & \sigma_{s(n;j)}^2 \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \ddots & & \vdots \\ \sigma_{s(1;n-1)}^2 & \vdots & & \vdots & & \sigma^2 & \sigma_{s(n;n-1)}^2 \\ \sigma_{s(1;n)}^2 & \sigma_{s(2;n)}^2 & \cdots & \sigma_{s(i;n)}^2 & \cdots & \sigma_{s(n-1;n)}^2 & \sigma^2 \end{bmatrix} \quad (47)$$

Wie in Formel (47) dargestellt besitzt die Kovarianzmatrix der Resteffekte R damit eine Struktur in der die Nichtdiagonalelemente  $\sigma_{s(i;j)}^2$  die räumlichen Abhängigkeiten berücksichtigen (Schneider et al., 2007a; Spilke und Richter, 2007). Dabei ist  $\sigma_s^2$  der Kovarianzparameter der räumlichen Struktur und F eine quadratische Matrix deren Dimension der Anzahl an Beobachtungen entspricht. Die Elemente sind eine Funktion des euklidischen Abstands  $f(d_{ij})$  zwischen den beobachteten Punkten i und j (Hu und Spilke, 2009, S. 278) und mit den dazugehörigen Koordinaten x und y. Der Abstand wird wie folgt berechnet:

$$d_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \quad (48)$$

Die Funktion  $f(d_{ij})$  ist abhängig vom räumlichen geostatistischen Modell, welches am besten zur Charakteristik der räumlichen Variation im Versuchsfeld passt. In dieser Arbeit wurden die folgenden Formeln (49) - (54) von geostatistischen Modellen für räumliche Daten verwendet (Schabenberger und Pierce, 2002, S. 581). Diese sind abhängig vom euklidischen Abstand  $d_{ij}$  und dem Practical Range  $\rho$ . Für die geometrisch anisotropen Strukturen wird eine Rotation  $\theta$  und eine Maßzahl  $\lambda$  zum Koordinatensystem hinzugefügt um die geometrische Anisotropie zu korrigieren. Damit entspricht  $d_{ij}(\theta, \lambda)$  der euklidischen Distanz zwischen zwei Punkten im transformierten Raum (SAS Institute Inc., 2006, S. 2138).

Exponentielles Modell: 
$$f(d_{ij}) = \exp\left[-\frac{d_{ij}}{\rho}\right] \quad (49)$$

2D exponentiell,  
geometrisch anisotrop: 
$$f(d_{ij}) = \exp\left[-\frac{d_{ij}(\theta, \lambda)}{\rho}\right] \quad (50)$$

Sphärisches Modell: 
$$f(d_{ij}) = \left[1 - \frac{3d_{ij}}{2\rho} + \frac{d_{ij}^3}{2\rho^3}\right] d_{ij} \leq \rho \text{ else } 0 \quad (51)$$

2D sphärisch,  
geometrisch anisotrop: 
$$f(d_{ij}) = \left[1 - \frac{3d_{ij}(\theta, \lambda)}{2\rho} + \frac{d_{ij}(\theta, \lambda)^3}{2\rho^3}\right] d_{ij} \leq \rho, \text{ else } 0 \quad (52)$$

Gaußsches Modell: 
$$f(d_{ij}) = \exp\left[-\frac{d_{ij}^2}{\rho^2}\right] \quad (53)$$

2D Gauß,  
geometrisch anisotrop: 
$$f(d_{ij}) = \exp\left[-\frac{d_{ij}(\theta, \lambda)^2}{\rho^2}\right] \quad (54)$$

### 3.3.3.7 Modellwahl zur Aufstellung des Auswertungsmodells

Bei der Modellwahl wird geprüft und festgelegt welche festen und zufälligen Effekte in das Auswertungsmodell aufgenommen werden sollen. Der Prozess der Modellwahl ist bei der geostatistischen Auswertung von On-Farm Experimenten auf Grund der höheren Zahl an Störfaktoren besonders wichtig um passende Modelle zur Auswertung zu finden (Spilke, 2012). Um einen hohen Aufwand zu vermeiden, sollten keine Merkmale mit unbedeutendem Einfluss aufgenommen, aber gleichzeitig keine bedeutsamen Merkmale ausgelassen werden (Spilke und Milenz, 2006). In der hier dargestellten Auswertung der OF-Experimente wurden die elektrische Leitfähigkeit des Bodens und der historische Ertrag (2009) als Kovariablen erfasst. Weiterhin wurde mit dem GPS des Ertragsmesssystems die Höhe (z-Koordinate) erfasst, welche ebenfalls als Kovariable verwendet werden kann. Daraus lassen sich bei entsprechender Datenqualität das Relief oder der TWI (Total Wetness Index), zur Verwendung als Kovariable ableiten. Die hier vorliegenden z-Koordinaten weisen jedoch keine ausreichende Genauigkeit auf, so dass diese nicht verwendet wurden.

Zur Wahl des passenden Auswertungsmodells wurde in dieser Arbeit ein pragmatischer, schrittweiser Ansatz nach Spilke (2012) und Schneider et al. (2007b) gewählt, welcher mit Hilfe von analytischen Kriterien eine systematische Wahl zwischen Kandidatenmodellen erlaubt. Oft werden statistische Tests wie der LRT (likelihood-ratio-test) genutzt um die Anpassung von hierarchischen Modellen zu testen. Für nicht hierarchische Modelle werden analytische Kriterien, sogenannte Informationskriterien, genutzt.

Im ersten Schritt erfolgt die Auswahl der Erwartungswertstruktur der festen Effekte bei Unterstellung von Resteffekten mit diagonaler Struktur und homogener Varianz bei Nutzung der ML-Me-

thode (Maximum-Likelihood). Im zweiten Schritt erfolgt die Auswahl der Kovarianzstruktur unter Nutzung der REML-Methode (Restricted Maximum Likelihood). Dieser Modellwahlansatz hat den Vorteil, dass durch systematisches Hinzufügen der Effekte das Auswertungsmodell gewählt wird. Damit ist eine Kontrolle der Residuen auf Verzerrungen möglich, um gegebenenfalls die Wahl der einbezogenen festen Effekte zu prüfen und zu korrigieren.

In den beiden Arbeitsschritten wird als Kriterium zur Modellwahl das AICC (corrected Akaike Information Criterion) nach Hurvich und Tsai (1989) eine Erweiterung des AIC von Akaike (1969, 1974), verwendet. Verschiedene Arbeiten (Spilke und Milenz, 2006; Spilke und Richter, 2007) verglichen mehrere analytische Kriterien (AIC, AICC, BIC, CAIC, etc.) zur Modellwahl und empfahlen die Verwendung des AICC. Die Modelle mit einem kleineren AIC sind zu bevorzugen, womit diese als besser an die Daten angepasst anzusehen sind. Hurvich und Tsai (1989) erweiteren das AIC durch die Aufnahme des Stichprobenumfangs in die Betrachtung. Die Korrektur des AIC erfolgte für kleine Stichproben, wobei das AICC sich mit größeren Stichproben asymptotisch an das AIC annähert. Je höher die Zahl der Stichproben umso geringer ist die Differenz zwischen AIC und AICC. Das BIC (Schwarz, 1978) und der CAIC (Bozdogan, 1987) sind weitere analytische Modellwahlkriterien, welche ebenfalls zur Modellwahl geeignet wären, hier aber nicht genutzt werden sollen.

In Modellen wird versucht die Realität mathematisch abzubilden ohne dabei durch zu viele Variablen zu komplex zu werden. Dabei wird man nie das perfekte Modell finden, sondern verschiedene Kandidatenmodell mit unterschiedlicher Anpassungsgüte an die Daten der Beobachtungen und verschiedener Komplexität durch die Anzahl an Variablen. Das AICC ist eine Maßzahl der relativen Qualität eines statistischen Modells für einen Datensatz, wobei zwischen Über- und Unteranpassung der Prüfmodelle abgewogen wird. Der Ansatz beruht auf der Informationstheorie. Die Beobachtungen werden durch einen unbekanntem Prozess erzeugt und können durch verschiedene Modelle abgebildet werden. Je nachdem welches Modell gewählt wird, geht dabei ein Anteil an Information der verloren. Kennt man den zu Grunde liegenden Prozess, so lässt sich mit einem Distanzmaß zur Unterschiedlichkeit von Wahrscheinlichkeitsfunktionen (Kullback-Leibler-Divergenz) der Anteil der verlorenen Informationen eines Modells ermitteln. Damit ließe sich der Informationsverlust minimieren. Jedoch ist der Prozess im Normalfall unbekannt. Mit dem AICC lässt sich bei gegebenen Daten abschätzen wie groß die Differenz des Informationsverlustes zwischen verschiedenen Kandidatenmodellen ist. Dazu wird die negative Log-Likelihood-Funktion als verzerrter Schätzer für die Kullback-Leibler-Differenz genutzt. Eine ausführlichere Beschreibung des AICC findet sich bei (Gernand und Fenske, 2009).

$$AICC_{ML} = -2 \log L(\hat{\theta}) + \left( \frac{2n(p_x + q)}{2n - (p_x + q) - 1} \right) \quad (55)$$

$$AICC_{REML} = -2 \log L(\hat{\theta}) + \left( \frac{2nq}{n - q - 1} \right) \quad (56)$$

In die Berechnung des AICC (siehe Formel (55) und (56)) werden die Stichprobengröße ( $n$ ), die Anzahl der zu schätzenden Varianzparameter ( $q$ ), der Rang der Versuchsplanmatrix  $X$  ( $p_x$ ) sowie der Maximalwert der Loglikelihood des Parametervektors  $\log L(\hat{\theta})$  mit einbezogen. Je niedriger der berechnete AICC, desto besser ist das Modell an die Daten angepasst. Bei einer Überanpassung durch zu viele Variablen wirkt ein Strafterm erhöhend auf das AICC. Die AICC-Werte von verschiedenen Datensätzen sind nicht untereinander vergleichbar.

#### a) Schritt 1: Optimierung der Erwartungswertstruktur

Zur Modellwahl für die Auswertung des On-Farm Experiments wird zunächst ein einfaches Grundmodell mit dem Prüfglied und Versuchsdesign (Block und PBlock) erstellt:

$$\text{Ertrag} = \text{Prüfglied (Variante)} + \text{Block} + \text{PBlock} + e \quad (57)$$

Dieses Grundmodell wird anschließend um die festen Effekte, wie der elektrischen Leitfähigkeit (EC25), dem historischen Ertrag (Ertrag2009) und dem räumlichen Trend (xy-Koordinaten) erweitert. Bei der Aufstellung der Kandidatenmodelle wird eine schrittweise Aufnahme der Kovariablen in einer festen Reihenfolge bevorzugt (Schneider et al., 2007b). Wie sich bei der Auswertung verschiedener Versuchsdaten zeigte, kann die Reihenfolge der Kovariablenaufnahme in das Kandidatenmodell, Wirkungen auf das Auswertungsmodell haben. Der Grund dafür ist, dass mit der positiven Aufnahme einer Kovariablen alternative Modelle ausgeschlossen werden, welche bei der Wahl einer anderen Kovariablen hätten entstehen können.

Fügt man, wie in Tabelle 20 (gekürzt) dargestellt, die Effekte schrittweise, mit der Kovariablen Ertrag2009 beginnend hinzu, so erhält man das Modell 1.6 (fett gedruckt) mit einem AICC von 3340,1. Jedoch werden dabei alle Modelle ohne der Variablen Ertrag2009 vom Test ausgeschlossen. Aus diesem Grund wurde in dieser Arbeit ein systematisches Modellwahlverfahren gewählt. Dabei werden durch die Aufnahme von Kovariablen zum Grundmodell (Model 1.1) alle möglichen Kandidatenmodelle betrachtet (siehe Tabelle 21). Dadurch ist es möglich ein besser angepasstes Modell, mit einem geringeren AICC von 3338,0 zu finden.

Tabelle 20: Schrittweise Modellwahl – Schritt 1: Optimierung Erwartungswertstruktur

Schrittweise Modellwahl – Schritt 1: Optimierung der Erwartungswertstruktur		
Modell_ID	Kandidatenmodelle: Ertrag2012 =	AICC
1.1	= Variante Block P-Block Ertrag2009	3557,4
1.2	= Variante Block P-Block Ertrag2009 EC25	3447,9
1.3	= Variante Block P-Block Ertrag2009 EC25 EC25 <sup>2</sup>	3349,7
1.4	= Variante Block P-Block Ertrag2009 EC25 EC25 <sup>2</sup> Ertrag2009*x	3348,9
1.5	= Variante Block P-Block Ertrag2009 EC25 EC25 <sup>2</sup> Ertrag2009*x Ertrag2009*y	3351,0
<b>1.6</b>	= <b>Variante Block P-Block Ertrag2009 EC25 EC25<sup>2</sup> Ertrag2009*x EC25*x</b>	<b>3340,1</b>
1.7	= Variante Block P-Block Ertrag2009 EC25 EC25 <sup>2</sup> Ertrag2009*x EC25*x EC25*y	3340,6

Zur besseren Übersichtlichkeit wurde der erste Schritt wegen der hohen Anzahl an Variablenkombinationen nochmals in den Schritt\_1.1 und Schritt\_1.2 unterteilt. Im Schritt\_1.1 werden die im

Versuchsfeld ermittelten Kovariablen (elektrische Leitfähigkeit, Ertragspotential usw.) hinzugefügt. Das beste Modell aus dem Schritt 1.1 wird anschließend in Schritt 1.2 mit den xy-Koordinaten und deren Kombinationen ( $x*y$ ;  $x^2$ ;  $x^3$ , usw.) erweitert, um einen räumlichen Trend (z.B. Bodentrend) im Versuchsfeld zu beschreiben (siehe Tabelle 23 und im Anhang Tabelle 75).

Tabelle 21: Modellwahl: Schritt 1.1: Optimierung Erwartungswertstruktur

Modellwahl - Schritt 1.1: Optimierung der Erwartungswertstruktur – Hinzufügen von Kovariablen		
Modell_ID	Kandidatenmodelle: Ertrag2012 =	AICC
1.1	= Variante Block PBlock EC25	3451,3
1.2 (12)	= Variante Block PBlock EC25 EC25 <sup>2</sup>	3347,7
<b>1.3 (123)</b>	<b>= Variante Block PBlock EC25 EC25<sup>2</sup> EC25*x</b>	<b>3338,0</b>
1.4 (1234)	= Variante Block PBlock EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x EC25*y	3340,0
1.5 (12345)	= Variante Block PBlock EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x EC25*y Ertrag2009*x	3341,4
1.6 (123456)	= Variante Block PBlock EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x EC25*y Ertrag2009*x Ertrag2009*y	3341,0
1.7 (1234567)	= Variante Block PBlock EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x EC25*y Ertrag2009*x Ertrag2009*y Ertrag2009	3342,6
1.8 (123457)	= Variante Block PBlock EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x EC25*y Ertrag2009*x Ertrag2009	3340,6
1.9 (12346)	= Variante Block PBlock EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x EC25*y Ertrag2009*y	3341,7
1.10 (123467)	= Variante Block PBlock EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x EC25*y Ertrag2009*y Ertrag2009	3342,8
1.11 (12347)	= Variante Block PBlock EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x EC25*y Ertrag2009	3342,0
1.12 (1235)	= Variante Block PBlock EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x Ertrag2009*x	3339,4

Tabelle 22: Ergebnisse des Kandidatenmodells 1.3 (Schritt 1.1)

Ergebnisse des Kandidatenmodells 1.3 (Schritt 1.1)							
Kleinste-Quadrate-Mittelwerte (Least Squares Means)							
Effekt	Variante		Estimate – Ertrag (dt/ha)	Standardfehler	FG	t-Wert	Pr >  t
Variante	1 – Demofarm		19,7381	0,1483	797	133,10	<,0001
Variante	2 – Staatsfarm		16,5206	0,1358	797	121,65	<,0001
Variante	3 - Haushalt		15,3921	0,1269	797	121,29	<,0001
Differenzen der Kleinste-Quadrate-Mittelwerte (Least Squares Means)							
Effekt	Variante		Estimate – Ertrag (dt/ha)	Standardfehler	FG	t-Wert	Pr >  t
Variante	1	2	3,2175	0,2008	797	16,02	<,0001
Variante	1	3	4,3460	0,1949	797	22,30	<,0001
Variante	2	3	1,1285	0,1856	797	6,08	<,0001

Bei dieser Vorgehensweise entsteht jedoch eine sehr viel größere Anzahl an Kandidatenmodellen im Vergleich zu einer schrittweisen Modellwahl. Bei der schrittweisen Modellwahl entspricht die Anzahl der zu testenden Kovariablen der Anzahl an Kandidatenmodellen. Bei der hier genutzten systematischen Modellwahl müssen, bei 7 zu testenden Kovariablen und mit deren Kombinationen untereinander, jeweils 127 mögliche Kandidatenmodelle im Schritt 1.1 und 1.2 betrachtet werden. Zur Formulierung der Kandidatenmodelle und des dazugehörigen SAS-Programmcodes, wurde zur Vereinfachung der Auswertung eine einfache Tabellenkalkulationsanwendung erstellt. Eine Übersicht zu den Kandidatenmodellen findet sich im Anhang in Tabelle 74 bis Tabelle 75.

Zur besseren Übersicht wurden die Variablen nummeriert und an die Modellnummern (in Klammern) angehängt. Das Modell 1.3 (Schritt 1.1) und Modell 1.11 (Schritt 1.2) erwiesen sich, aufgrund des kleinsten AICC, als das am besten an die Daten angepasste Modell. Die Ergebnisse der "besten Modelle" in den beiden Teilschritten sind in Tabelle 22 und Tabelle 24 dargestellt. Darin besitzen

alle Varianten (bis auf Variante 2 zu 3) statistisch signifikante Differenzen untereinander. Jedoch zeigt sich bei Betrachtung der Freiheitsgrade (FG), das diese unter der Annahme von unabhängigen Beobachtungen berechnet wurden ( $FG = n - p_x = 1558 - 9 = 1549$ ). Diese Annahme erscheint nicht realistisch, da in den Ertragsdatenpunkten durchaus Abhängigkeiten bestehen und folglich das Modell erweitert werden muss.

Tabelle 23: Modellwahl – Schritt 1.2: Optimierung Erwartungswertstruktur

<b>Modellwahl – Schritt 1.2: Optimierung der Erwartungswertstruktur – Kandidatenmodelle + xy</b>		
<b>Modell 1.1:</b>	<b>Ertrag<sub>2012</sub> = Variante Block PBlock ec25 ec25*ec25 ec25*x</b>	<b>AICC</b>
1.1	Modell 1.1 + x	3.340,0
1.2 (12)	Modell 1.1 + x y	3.333,7
1.3 (123)	Modell 1.1 + x y x*y	3.335,0
1.4 (1234)	Modell 1.1 + x y x*y x <sup>2</sup>	3.330,0
1.5 (12345)	Modell 1.1 + x y x*y x <sup>2</sup> y <sup>2</sup>	3.276,1
1.6 (123456)	Modell 1.1 + x y x*y x <sup>2</sup> y <sup>2</sup> x <sup>3</sup>	3.278,1
1.7 (1234567)	Modell 1.1 + x y x*y x <sup>2</sup> y <sup>2</sup> x <sup>3</sup> y <sup>3</sup>	3.271,7
1.8 (123457)	Modell 1.1 + x y x*y x <sup>2</sup> y <sup>2</sup> y <sup>3</sup>	3.269,7
1.9 (12346)	Modell 1.1 + x y x*y x <sup>2</sup> x <sup>3</sup>	3.331,5
1.10 (123467)	Modell 1.1 + x y x*y x <sup>2</sup> x <sup>3</sup> y <sup>3</sup>	3.270,3
<b>1.11 (12347)</b>	<b>Modell 1.1 + x y x*y x<sup>2</sup> y<sup>3</sup></b>	<b>3.268,3</b>
1.12 (1235)	Modell 1.1 + x y x*y y <sup>2</sup>	3.301,3

Tabelle 24: Ergebnisse des Modells 1.11 (Schritt 1.2)

<b>Ergebnisse des Kandidatenmodells 1.11 (Schritt 1.2)</b>							
<b>Kleinste-Quadrate-Mittelwerte (Least Squares Means)</b>							
<b>Effekt</b>	<b>Variante</b>		<b>Estimate – Ertrag (dt/ha)</b>	<b>Standardfehler</b>	<b>Freiheitsgrad</b>	<b>t-Wert</b>	<b>Pr &gt;  t </b>
Variante	1 – Demofarm		21,0606	0,3224	789	65,32	<,0001
Variante	2 – Staatsfarm		15,8055	0,3064	789	51,58	<,0001
Variante	3 - Haushalt		15,4405	0,1083	789	142,59	<,0001
<b>Differenzen der Kleinste-Quadrate-Mittelwerte (Least Squares Means)</b>							
<b>Effekt</b>	<b>Variante</b>		<b>Estimate – Ertrag (dt/ha)</b>	<b>Standardfehler</b>	<b>Freiheitsgrad</b>	<b>t-Wert</b>	<b>Pr &gt;  t </b>
Variante	1	2	5,2551	0,6042	789	8,70	<,0001
Variante	1	3	5,6201	0,3280	789	17,13	<,0001
Variante	2	3	0,3650	0,3374	789	1,08	0,2797

### b) Modellwahl – Schritt 2: Optimierung der Kovarianzstruktur

Im zweiten Schritt wurde das beste Modell aus dem ersten Schritt (Modell 1.11) um die zufälligen Effekte und deren räumliche Korrelationsstruktur erweitert und wieder bei Nutzung des AICC geprüft. Dazu wurden Modelle mit verschiedene räumliche Korrelationsstrukturen (Schabenberger und Pierce, 2002, S. 583ff.) mit und ohne Nugget Effekt (local) sowie als anisotrope Modelle getestet (SAS Institute Inc., 2006). Folgende Kovarianzstrukturen wurden genutzt:

- Type (exp) (x y) - exponentielles Modell
- Type (expga) (x y) - 2D exponentiell, geometrisch Anisotrop
- Type (sph) (x y) - sphärisches Modell
- Type (sphga) (x y) - 2D sphärisch, geometrisch Anisotrop
- Type (gau) (x y) - Gaußsches Modell
- Type (gauga) (x y) - 2D Gauß, geometrisch Anisotrop

Eine weitere Modelloption im linearen gemischten Modell (Proc Mixed) ist es, den Einfluss der Kovarianzen im Versuchsfeld zu begrenzen. Dazu wurden Modelle mit der Annahme getestet, dass die Abhängigkeiten der Ertragspunkte nur innerhalb der Parzelle (subject = Parzelle), des Blocks (subject = block) oder über das gesamte Versuchsfeld (subject = intercept) bestehen (Piepho et al., 2011). Erweitert wurden die Modelle mit den Anweisungen zur Annahme von heterogenen Korrelationen zwischen den Parzellen (Group=Random), der Beachtung eines Parzelleffektes (Random=Parzelle) sowie einer Kombination aus beiden Annahmen (Spilke, 2012). Zur Modellwahl im Schritt 2, werden damit 4 x 36 Kandidatenmodelle getestet.

Tabelle 25: Modellwahl – Schritt 2: Optimierung der Kovarianzstruktur

<b>Systematische Modellwahl – Schritt 2: Optimierung der Kovarianzstruktur - Kandidatenmodelle mit räumlichen Kovarianzstrukturen</b>					
<b>Modell 1.2: Ertrag2012 = Variante Block PBlock ec25 ec25*ec25 ec25*x x y x*y x<sup>2</sup> y<sup>3</sup></b>		<b>Grundmodell</b>	<b>group = Block</b>	<b>Random Parzelle</b>	<b>group = Block; Random Parzelle;</b>
<b>Nr.</b>	<b>Kandidatenmodelle</b>	<b>AICC</b>	<b>AICC</b>	<b>AICC</b>	<b>AICC</b>
2.1	Repeated / Subject=Intercept Type=(exp) (x y)	3045,5	3031,0	3047,5	3033,1
2.2	Repeated / Subject=Block Type=(exp) (x y)	3031,7	3031,0	3033,7	3033,1
2.3	Repeated / Subject=Parzelle Type=(exp) (x y)	3373,2	3363,0	3375,2	3363,0
2.4	Repeated / Subject=Intercept Type=(exp) (x y) local	3036,2	n.c.	3038,2	3008,2
2.5	Repeated / Subject=Block Type=(exp) (x y) local	3008,1	n.c.	3010,1	3008,2
2.6	Repeated / Subject=Parzelle Type=(exp) (x y) local	3374,7	3364,6	3376,7	3366,7
2.7	Repeated / Subject=Intercept Type=(expga) (x y)	2707,5	n.c.	2709,5	2921,4
<b>2.8</b>	<b>Repeated / Subject=Block Type=(expga) (x y)</b>	<b>2706,8</b>	n.c.	2708,9	2921,4
2.9	Repeated / Subject=Parzelle Type=(expga) (x y)	3373,0	n.c.	3375	3386,2
2.10	Repeated / Subject=Intercept Type=(expga) (x y) local	2708,9	n.c.	2708,9	n.c.
2.11	Repeated / Subject=Block Type=(expga) (x y) local	2708,1	n.c.	<b>2708,1</b>	n.c.
2.12	Repeated / Subject=Parzelle Type=(expga) (x y) local	n.c.	n.c.	3386,9	n.c.
2.13	Repeated / Subject=Intercept Type=(sph) (x y)	3075,3	3124,3	3077,4	3126,3
2.14	Repeated / Subject=Block Type=(sph) (x y)	3060,6	3124,8	3062,6	3129,5
2.15	Repeated / Subject=Parzelle Type=(sph) (x y)	3374,4	3365,7	3386,8	3381,8
2.16	Repeated / Subject=Intercept Type=(sph) (x y) local	3045,8	3013,1	3045,8	3013,1
2.17	Repeated / Subject=Block Type=(sph) (x y) local	3009,0	3014,0	3009	3013,1
2.18	Repeated / Subject=Parzelle Type=(sph) (x y) local	3372,7	3362,8	3385,4	3383
2.19	Repeated / Subject=Intercept Type=(sphga) (x y)	n.c.	2720,3	2718,5	n.c.
2.20	Repeated / Subject=Block Type=(sphga) (x y)	n.c.	n.c.	n.c.	2718,1
2.21	Repeated / Subject=Parzelle Type=(sphga) (x y)	3376,5	3365,3	3389,9	3367,7
2.22	Repeated / Subject=Intercept Type=(sphga) (x y) local	2714,6	2716,8	2715,3	<b>2716,8</b>
2.23	Repeated / Subject=Block Type=(sphga) (x y) local	2713,4	<b>2715,6</b>	2713,7	n.c.
2.24	Repeated / Subject=Parzelle Type=(sphga) (x y) local	3375,6	3365,8	3387,4	3369
2.25	Repeated / Subject=Intercept Type=(gau) (x y)	3388,8	3383,8	3390,8	3385,8
2.26	Repeated / Subject=Block Type=(gau) (x y)	3388,8	3383,8	3388,8	3385,8
2.27	Repeated / Subject=Parzelle Type=(gau) (x y)	3388,8	3383,8	3388,8	3385,8
2.28	Repeated / Subject=Intercept Type=(gau) (x y) local	3390,8	3385,8	3392,8	3385,8
2.29	Repeated / Subject=Block Type=(gau) (x y) local	3390,8	3385,8	3392,8	3387,9
2.30	Repeated / Subject=Parzelle Type=(gau) (x y) local	3390,8	3385,8	3390,8	3387,9
2.31	Repeated / Subject=Intercept Type=(gauga) (x y)	n.c.	3387,9	n.c.	3387,9
2.32	Repeated / Subject=Block Type=(gauga) (x y)	n.c.	3387,9	n.c.	3389,9
2.33	Repeated / Subject=Parzelle Type=(gauga) (x y)	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
2.34	Repeated / Subject=Intercept Type=(gauga) (x y) local	3394,9	3392,0	2762,5	2987,5
2.35	Repeated / Subject=Block Type=(gauga) (x y) local	3394,9	3392,0	2760,5	3299,9
2.36	Repeated / Subject=Parzelle Type=(gauga) (x y) local	3394,9	3392,0	3394,9	3396,1

In Tabelle 25 sind die Ergebnisse der getesteten Kandidatenmodelle dargestellt. Das Modell 2.8 ohne Group- und Random-Anweisung (fett gedruckt), erwies sich im Beispiel als das am besten an die Daten angepasste Auswertungsmodell. Eine Modellwahl allein mit analytischen Kriterien kann fehlerbehaftet sein. Um eventuelle Verzerrungen und Brüche in den Ergebnissen zu erkennen und Hinweise auf eine Varianzheterogenität zu erhalten ist es nötig eine Kontrolle der Ergebnisse durchzuführen. Mit Hilfe einer Residuenanalyse der getesteten Modelle lassen sich mögliche Trends erkennen und die Modellierungsergebnisse auf Verzerrungen überprüfen. Um eine falsche Ergebnisse bei der Auswertung zu vermeiden, verbieten sich deshalb standardisierte automatisierte Modellwahlsschritte (Piepho et al., 2011).

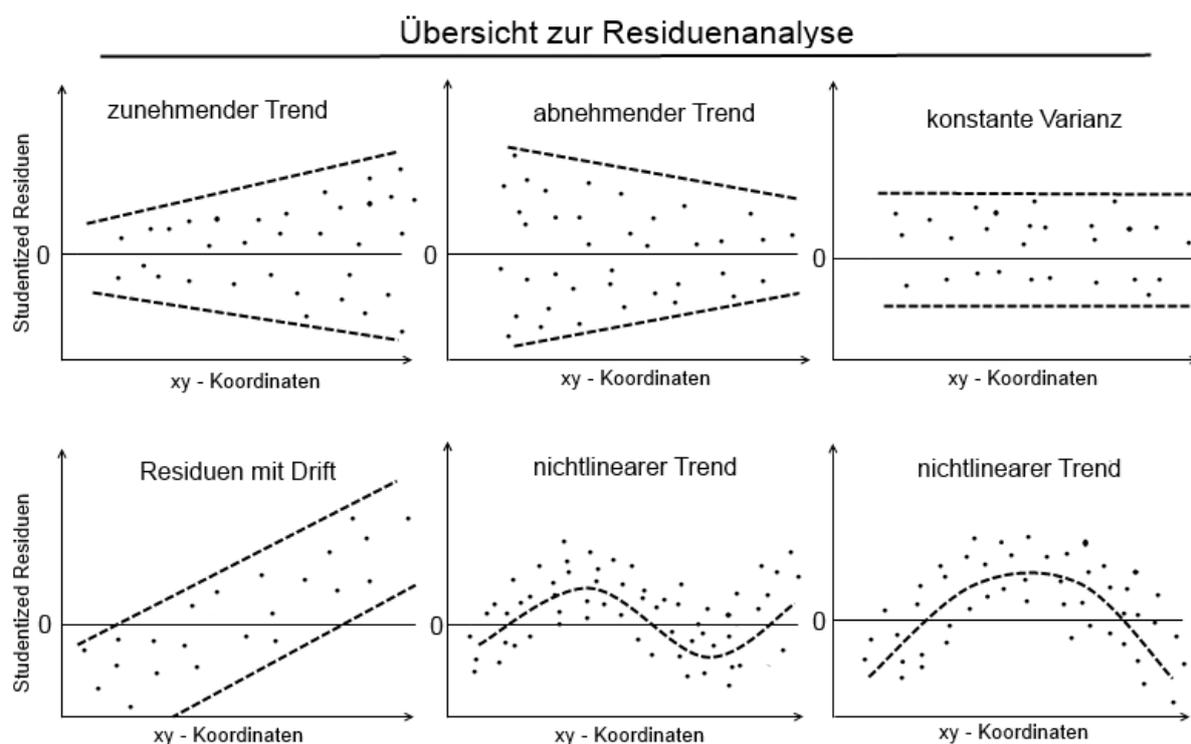


Abbildung 26: Übersicht zur Residuenanalyse, Quelle: SAS Institute Inc.(2006), OriginLAB Corporation (2015), abgeändert

In den gegen die x- oder y-Achsen dargestellten OLS-Residuen lassen sich Veränderungen wie Trends, Brüche und unerkannte Abhängigkeiten zwischen den verschiedenen Modellen erkennen (siehe Abbildung 26). Im Idealfall sollte eine Gerade ohne Steigung durch die Punktwolke gelegt werden können. Oft zeigt sich nach der Modellwahl mit analytischen Kriterien eine Verzerrung oder noch bestehender Trend. Falls Abweichungen festgestellt werden, kann eine Korrektur des Modells durch Hinzufügen einzelner Kovariablen sowie durch Anwendung von quadratischen, polynomen oder splinen Kovariablenansätzen vorgenommen werden.

Im Auswertungsbeispiel (Abbildung 27) zeigte sich im Residuenplot des Grundmodells ein leichter Trend in die x- und y-Richtung. Beim Auswertungsmodell 2.8 dagegen ist dieser Trend nicht mehr zu erkennen. Wie bei Spilke (2012) beschrieben wurde in Prozedur Variogramm die räumlich bedingten Kovarianzen berechnet und in Abbildung 28 dargestellt. So ist nur eine minimale

Veränderung der Kovarianzen zwischen Grundmodell (oben) und Auswertungsmodell (unten) erkennbar. Eine Verbesserung der Kurven mittels Erweiterung des Modells mit der Kovarianzstruktur konnte bei keiner der Versuchsauswertungen im Projekt erreicht werden.

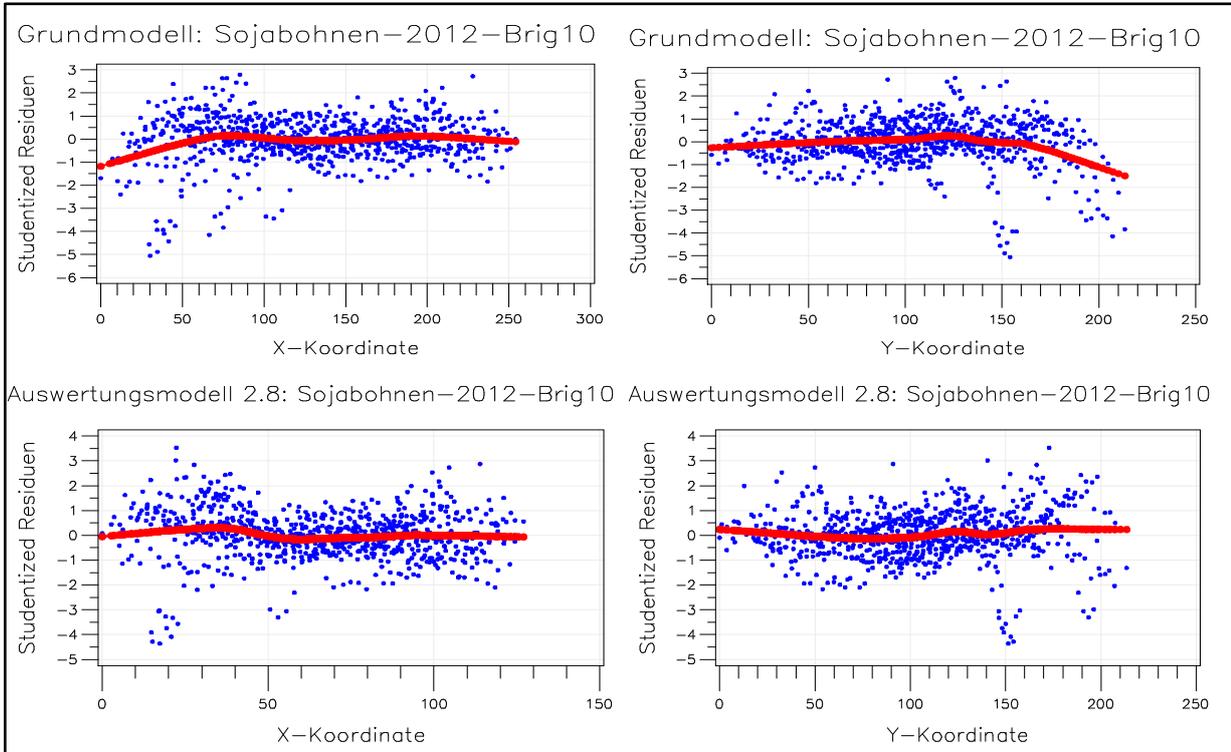


Abbildung 27: Residuenanalyse: Grundmodell (oben) und Auswertungsmodell (unten)

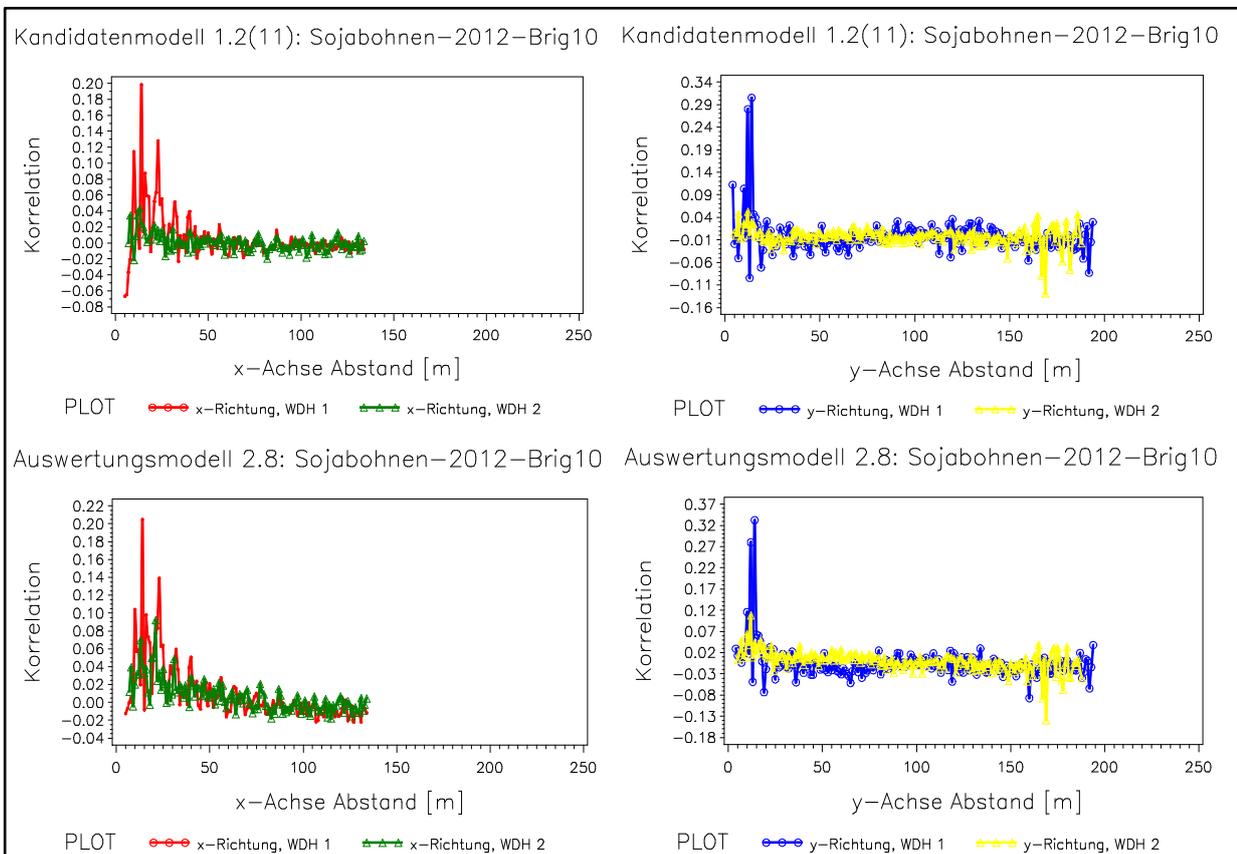


Abbildung 28: Kovarianzstruktur des Kandidaten- (oben) und Auswertungsmodells (unten)

Ebenfalls wurde in Abbildung 29 die Kovarianzstruktur im Variogramm dargestellt und mit den Variogrammkurven überlagert. Die Datenkurve des Auswertungsbeispiels (blau) nähert sich darin optisch der exponentiellen (schwarz) oder sphärischen (rot) Variogrammkurve an. Diese beiden Kovarianzstrukturen passen in den meisten Fällen am besten zu den vorliegenden Ertragsdaten.

Ertrag2012: Ueberlagerung von Variogrammkurven

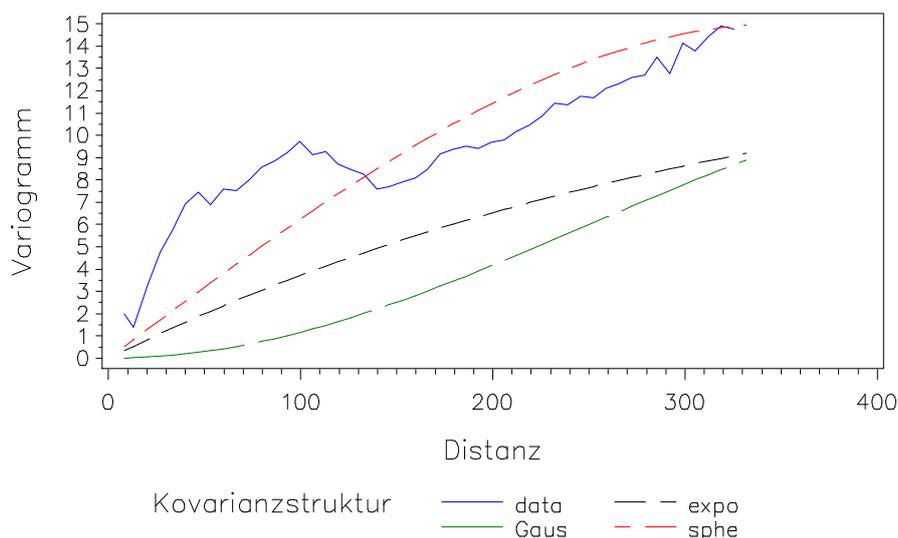


Abbildung 29: Darstellung der Variogrammkurve (blau) und Überlagerung mit Modellkurven

Tabelle 26: Ergebnisse des Auswertungsmodells (2.8) - Sojabohnen - 2012

Ergebnisse des Auswertungsmodells 2.8 – Sojabohnen – 2012 – Brigade 10						
Kleinste-Quadrate-Mittelwerte (Least Squares Means)						
Effekt	Variante	Estimate – Ertrag (dt/ha)	Standardfehler	Freiheitsgrade	t-Wert	Pr >  t
Variante	1 - Demofarm	21,88	1,01	10,40	21,75	<,0001
Variante	2 - Staatsfarm	14,46	0,81	13,10	17,79	<,0001
Variante	3 - Haushalt	16,05	0,73	8,64	21,98	<,0001
Differenzen der Kleinste-Quadrate-Mittelwerte (Least Squares Means)						
Effekt	Variante	Estimate – Ertrag (dt/ha)	Standardfehler	Freiheitsgrade	t-Wert	Pr >  t
Variante	1   2	7,42	1,41	17,30	5,27	<,0001
Variante	1   3	5,83	1,18	9,96	4,94	0,0006
Variante	2   3	-1,59	0,99	24,30	-1,60	0,1228

In Tabelle 26 sind die Ergebnisse des Auswertungsmodells (Modell 2.8) dargestellt. Die Variante Demofarm erzielte mit 21,88 dt/ha den höchsten mittleren Ertrag (LSMeans). Die Staatsfarm (14,46 dt/ha) und der Kleinbauernhaushalt (16,05 dt/ha) erreichen dagegen einen geringeren Ertrag, auf relativ gleichem Niveau. Es konnten für die Differenzen von Variante 1 zu 2 sowie von Variante 1 zu 3, nach dem multiplen t-Test und bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von  $\alpha = 0,05$ , statistisch signifikante Unterschiede festgestellt werden. Im Vergleich zum besten Modell 1.11 im Schritt 1.2) stellt man fest, dass sich die Freiheitsgrade (FG), Standardfehler (SE), t-Werte und damit auch die statistische Signifikanz der Differenzen verändert haben. Die Zahl der Freiheits-

grade ist im Vergleich zum Kandidatenmodell (1.11) geringer. Mit der Optimierung der Kovarianzstruktur ist in diesem Fall auch ein geringer Verlust an statistischer Signifikanz festzustellen, jedoch auch ein Gewinn an Präzision.

### 3.4 Ökonomische Auswertung der Produktionsverfahren

An die geostatistische Auswertung anschließend, wurde eine betriebswirtschaftliche Auswertung der Produktionsverfahren durchgeführt, um das ökonomisch vorteilhafteste Verfahren auf dem Demonstrationsbetrieb zu ermitteln. In diesem Abschnitt soll die ökonomische Wirkung der neuen Anbauverfahren mit moderner Mechanisierung und biologisch-technisch optimalem Management ermittelt werden und mit den am Standort Ganhe etablierten chinesischen Anbauverfahren verglichen werden. Die Fragestellung dazu lautet:

*„Wie wirken die neuen Produktionsverfahren des Demonstrationsbetriebes Ganhe im Vergleich zu den bereits in der Region etablierten Produktionsverfahren auf das ökonomische Ergebnis?“*

Der Vergleich der ökonomischen Vorzüglichkeit der Produktionsverfahren erfolgt auf Grundlage der direkt- und arbeitserledigungskostenfreien Leistungen nach dem Berechnungsschema des KTBL (Schroers und Sauer, 2011). Dazu ist es nötig die im jeweiligen Produktions- und Arbeitsverfahren eingesetzten Zugmaschinen, Betriebsmittel und den Arbeitszeitbedarf zu erfassen.

Als Berechnungsgrundlage wurden hierzu Versuchsdaten aus den OF-Experimenten und der dazugehörigen Schlagdatei sowie Daten der Staatsfarm aus Befragungen und Unterlagen genutzt. Ebenso wurden mit Hilfe von Befragungen der Kleinbauernhaushalte (Fragebögen und Interview) ökonomische und verfahrenstechnische Informationen zu den Anbauverfahren der Kleinbauern gesammelt. Weiterhin wurden im Laufe des Projektes Gespräche mit der Leitung der Staatsfarm Ganhe und der Daxinganling Holding (Leiter des Pflanzenbaues, Versuchsfelder und Buchhaltung) zum Anbauverfahren der Staatsfarm geführt.

In dieser Auswertung wurden die Kosten auf Grundlage des Arbeitsverfahren berechnet und anschließend zum Produktionsverfahren summiert. Das Produktionsverfahren gliedert sich in verschiedene Arbeitsverfahren (z.B. Bodenbearbeitung, Aussaat, etc.) und diese wiederum in Teilarbeiten (TA) wie die Feldarbeit (FA) und den parallel zur Feldarbeit durchgeführten Nebenarbeitsverfahren wie die Teilarbeiten für Transport (TR), Beladen (BLA) und Umschlag (UmS) (KTBL, 2010, S. 9). Im Arbeitsverfahren entstehen neben den Leistungen, Direktkosten (Betriebsmitteleinsatz), und Arbeitserledigungskosten (Kosten für Arbeitskräfte und Arbeitsmittel). Gerade beim Vergleich von Produktionsverfahren mit unterschiedlicher Maschinenausstattung ist es wichtig die Leistungsfähigkeit der Mechanisierungsvarianten möglichst exakt zu erfassen. Auch der Dieselverbrauch hat Einfluss auf die Kosten des Produktionsverfahrens und sollte berücksichtigt werden.

Zur Berechnung des kalkulatorischen Gewinnbeitrags kommen die Gebäudekosten, Flächenkosten und Gemeinkosten dazu (siehe Abbildung 30). Damit tragen die DAEKfL zur Deckung der restli-

chen fixen Kosten bei. Jedoch kann hier im Verfahrensvergleich auf die Berechnung des kalkulatorischen Gewinnbeitrags verzichtet werden, da davon ausgegangen wird, dass die Gebäude-, Flächen- und Gemeinkosten für alle Verfahren ähnlich sind. Weiterhin sind die fixen Kosten im Projekt nicht eindeutig zu ermitteln, da es keine getrennte Buchhaltung zwischen Demonstrationsbetrieb, Staatsfarm und öffentlicher Verwaltung gibt. Zur Vollständigkeit wurde der kalkulatorische Gewinnbeitrag trotzdem mit Hilfe von einheitlichen Kostenansätzen der Staatsfarm berechnet.

<b>Leistung L</b>	<b>Direktkosten</b> Betriebsmittel (Saatgut, Dünger, PSM und Wasser)				<b>Einzelkosten</b>	<b>Vollkosten</b>
	<b>Direktkostenfreie Leistung</b> <b>DKfL</b>	<b>variable Arbeiterledigungskosten</b> Arbeitsmittel (Betriebsstoffe, Reparaturen) Arbeitskräfte (Saison-AK)				
		<b>Deckungsbeitrag</b> <b>DB</b>	<b>fixe Arbeiterledigungskosten</b> Arbeitsmittel (AfA, Zins, Vers.) Arbeitskräfte (Fest-AK)			
			<b>Direkt- und arbeits-erledigungs-kostenfreie Leistung</b> <b>DAEKfL</b>	<b>Flächenkosten</b>		
	<b>Gebäudekosten</b>					
	<b>Einzelkostenfreie Leistung</b>	<b>Gemeinkosten</b>				
	<b>kalkulatorischer Gewinnbeitrag</b>					

Abbildung 30: Leistungen und Kosten im Produktionsverfahren (Schroers und Sauer, 2011)

### 3.4.1 Leistungen

"Die Leistung ist der Wert der erzeugten Güter und Dienste die als Endprodukte verkauft werden (Marktleistungen) oder als Zwischenprodukte innerbetrieblich verwertet werden (Binnenleistung)." (KTBL, 2010, S. 15). Die monetären Leistungen ( $L$ ) eines Produktionsverfahrens im Demonstrationsbetrieb hängen im wesentlichen von der Höhe des zu erzielenden Ertrages ab, da für alle Verfahren die gleichen Marktpreise angesetzt wurden. Dazu wurden die im On-Farm Experiment nach der geostatistischen Auswertung ermittelten Erträge (LSMeans - Erntemenge des Haupternteproduktes  $M_{HP}$ ) mit dem am Standort erhobenen durchschnittlichen Marktpreis ( $p_{HP}$ ) bewertet (Formel (58) und (63)). Die Nebenernteprodukte ( $M_{NP_n}$ ) wurden nicht monetär bewertet, da diese auf dem Acker verbleiben.

$$L = M_{HP} * p_{HP} + M_{NP_1} * p_{NP_1} + \dots + M_{NP_n} * p_{NP_n} \quad (58)$$

Die Höhe des Erzeugerpreises richtet sich nach den lokalen Marktpreisen zum Zeitpunkt der Ernte. Diese können im Verlaufe des Jahres schwanken und hängen von Faktoren wie z. B. der Verkaufsmenge, Qualität, Händler und Verhandlungsgeschick des Verkäufers ab. Deshalb werden zur Berechnung die durchschnittlichen Preise zur Ernte in der Staatsfarm Ganhe verwendet. In Tabelle 27 sind die für Sojabohnen und Sommerweizen erfassten Erträge und Marktpreise zusammengefasst und die Leistung der Produktionsverfahren berechnet.

Tabelle 27: Erträge und Marktpreise für Sojabohnen und Weizen 2010 - 2012

<b>Leistungen - Produktionsverfahren: Sommerweizen (2010 - 2012) [RMB/ha]</b>									
<b>Jahr / Schlag</b>	<b>2010 - Brig 5</b>			<b>2011 - Brig 10</b>			<b>2012 - Brig 5</b>		
<b>Variante [RMB/ha]</b>	<b>Demo-farm</b>	<b>Staats-farm</b>	<b>Haus-halt</b>	<b>Demo-farm</b>	<b>Staats-farm</b>	<b>Haus-halt</b>	<b>Demo-farm</b>	<b>Staats-farm</b>	<b>Haus-halt</b>
<b>Sommerweizen (2010 - 2012) [RMB/ha]</b>									
Ertrag Geostatistik [dt/ha]	27,07	25,27	33,16	47,76	43,64	37,34	40,88	40,78	41,82
Marktpreis [RMB/dt]	180,00	180,00	180,00	180,00	180,00	180,00	200,00	200,00	200,00
<b>Leistung (ohne Subvention) [RMB/ha]</b>	<b>4.873</b>	<b>4.549</b>	<b>5.969</b>	<b>8.597</b>	<b>7.855</b>	<b>6.721</b>	<b>8.176</b>	<b>8.156</b>	<b>8.364</b>
<b>Sojabohnen (2010 - 2012) [RMB/ha]</b>									
Ertrag Geostatistik [dt/ha]	18,48	19,76	23,60	28,38	28,34	26,25	21,88	14,46	16,05
Marktpreis [RMB/dt]	360,00	360,00	360,00	360,00	360,00	360,00	451,00	451,00	451,00
<b>Leistung (ohne Subvention) [RMB/ha]</b>	<b>6.653</b>	<b>7.114</b>	<b>8.496</b>	<b>10.217</b>	<b>10.202</b>	<b>9.450</b>	<b>9.864</b>	<b>6.519</b>	<b>7.235</b>

Tabelle 28: Grunddaten für Betriebsstoffe, Pacht und Subventionen

<b>Grunddaten: Kosten für Betriebsstoffe, Pacht und Subventionen (2009 = Probejahr)</b>					
	<b>Jahr</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>
<b>Kosten Betriebsstoffe</b>					
Diesel	RMB/l	6,00	5,50	7,50	7,80
Superbenzin	RMB/l	5,80	5,30	7,00	7,60
Schmieröl	RMB/l	30,00	35,00	35,00	35,00
Anteil Schmieröl an Dieselverbrauch	%	1,00	1,00	1,00	1,00
Zinssatz	%	4,00	4,00	4,00	4,00
Hagelversicherung	RMB/mu	4,00	4,00	4,00	4,00
Lohnansatz	RMB/h	10,00	12,50	15,00	15,00
<b>Pachtansatz</b>					
Weizen	kg/mu	85,00	85,00	85,00	85,00
Sojabohnen	kg/mu	45,00	45,00	45,00	45,00
<b>Durchschnittliche Subventionszahlungen (Staatsfarm Ganhe)</b>					
Weizen	RMB/mu	37,00	37,00	37,00	37,00
Sojabohnen	RMB/mu	45,00	45,00	45,00	45,00

In der Projektregion werden auch verschiedene Subventionen (fruchtart- oder flächengebunden) von der Provinz- und Zentralregierung an die Staatsfarmen und Kleinbauern gezahlt. Die Höhe und die Art der Subventionen sind abhängig von Jahr, Frucht und Provinz. Die Staatsfarm Ganhe gab im Jahr 2010 - 2012 eine durchschnittliche Subventionszahlung von 675 RMB/ha (45 RMB/mu) an. Dies ist jedoch kein fester Wert, da er sich aus verschiedenen Subventionen zusammensetzt und von jedem Kleinbauern individuell beantragt werden muss. Darin enthalten sind Zahlungen für den Anbau von Sojabohnensorten mit hohem Ölgehalt und Ausgleichszahlungen für Dieselkraftstoff. Weiterhin ist es möglich von der Provinzregierung Investitionsbeihilfen von

bis zu 50 % für den Bau von Wohnungen und Wirtschaftsgebäuden zu erhalten sowie 20 - 50 % für die Neuanschaffung von landwirtschaftlichen Zug- und Arbeitsmaschinen. Zur Vereinfachung wurde mit einem Durchschnittswert kalkuliert (siehe Tabelle 28 und im Anhang Tabelle 76). Um die Vorgehensweise bei der Ermittlung der Leistungen, Direktkosten, Arbeitserledigungskosten zu verdeutlichen, wurde im Anhang D.8.2 (Tabelle 97 - Tabelle 103) ein Berechnungsbeispiel für ein Arbeits- und Produktionsverfahren dargestellt.

### 3.4.2 Direktkosten

"Die Direktkosten enthalten die Kosten die im Zusammenhang mit dem Einsatz von materiellen und immateriellen Betriebsmitteln entstehen." (KTBL, 2010, S. 27). Die Direkt- und Arbeitserledigungskosten ( $K_{DAE}$ ) setzen sich aus den Direktkosten und Arbeitserledigungskosten zusammen.

$$K_{DAE} = K_{D_{PV}} + K_{AE_{PV}} \quad (59)$$

In den hier untersuchten Produktionsverfahren (PV) umfassen die Direktkosten des Produktionsverfahrens ( $K_{D_{PV}}$ ) die Kosten für Betriebsmittel ( $K_{BM_{PV}}$ ), wie Saatgut, mineralische und organische Düngemittel, Pflanzenschutzmittel (PSM) und Wasser sowie die dazugehörigen Zinskosten für die durch die Anschaffung der Betriebsmittel gebundene Kapitalmenge ( $K_{Zins_{BM}}$ ). Die Mengen ( $M_{BM}$ ) der im Feldversuch eingesetzten Betriebsmittel (Tabelle 58 und Tabelle 59) wurden in einer Schlagkartei (Tabelle 104 bis Tabelle 116) erfasst und werden für die Berechnung der Direktkosten verwendet. Die angesetzten Marktpreise ( $p_{BM}$ ) der Betriebsmittel sind die von der Buchhaltung der Staatsfarm Ganhe angegebenen Einkaufspreise (Tabelle 78 bis Tabelle 80). Lediglich für die Betriebsmittel Wasser, Pflanzenschutz und Flüssigdüngung, wurde ein Preis von 2,00 RMB/m<sup>3</sup> angesetzt. Normalerweise ist Wasser zum Mischen der Spritzbrühe kostenlos verfügbar, da es oft aus Oberflächengewässern entnommen wird. Wasser aus Brunnen oder der öffentlichen Wasserversorgung, wie hier angenommen, muss dagegen monetär bewertet werden.

Die Zinskosten des Betriebsmitteleinsatzes ( $K_{Zins_{BM}}$ ) werden nach Formel (63) berechnet. Dabei wird eine durchschnittliche Kapitalbindung ( $d_{KB}$ ) der Kosten für Betriebsmittel im Produktionsverfahren ( $K_{BM}$ ) von drei Monaten bei einem Zinssatz ( $p_z$ ) von 4 % angenommen.

$$K_{D_{PV}} = K_{BM_{PV}} + K_{Zins_{BM}} \quad (60)$$

$$K_{BM_{PV}} = K_{BM_1} + \dots + K_{BM_n} \quad (61)$$

$$K_{BM_n} = p_{BM_n} * M_{BM_n} \quad (62)$$

$$K_{Zins_{BM}} = \frac{K_{BM_{PV}}}{12 * d_{KB}} * \frac{p_z}{100} \quad (63)$$

### 3.4.3 Arbeitserledigungskosten

"Arbeitserledigungskosten umfassen alle Kosten die im Zusammenhang mit der Durchführung von Arbeitsverfahren anfallen" (KTBL, 2010, S. 33). Die Arbeitserledigungskosten ( $K_{AE}$ ) werden hier auf der Ebene des Arbeitsverfahrens (AV) kalkuliert und zu den Arbeitserledigungskosten im Produktionsverfahren (PV) summiert. Die Arbeitserledigungskosten lassen sich in Kosten für Arbeitskräfte ( $K_{AK}$ ), Kosten für Arbeitsmittel ( $K_{AM}$ ) und Kosten für Dienstleistungen untergliedern und umfassen fixe (Abschreibungen, Zinskosten) und variable Kosten (Reparatur-, Diesel- und Betriebsstoffkosten). Die Kosten für Dienstleistungen oder Lohnunternehmern fallen hier in der Versuchsauswertung nicht an.

$$K_{AE_{PV}} = K_{AE_{AV_1}} + \dots + K_{AE_{AV_n}} \quad (64)$$

$$K_{AE_{AV_n}} = K_{AM_{AV_n}} + K_{AK_{AV_n}} + K_{Zins_{AE_{AV_n}}} \quad (65)$$

#### 3.4.3.1 Kosten für Arbeitskräfte

Die Kosten für Arbeitskräfte im Arbeitsverfahren ( $K_{AK}$ ) sind ein wichtiger Bestandteil der hier zu untersuchenden Produktionsverfahren. Gerade die chinesischen Arbeitsverfahren weisen oft eine hohe Arbeitsintensität auf. Dies ist, wie schon in Abschnitt 2.1.4 beschrieben, vor allem durch die wirtschaftliche und soziale Entwicklung der ländlichen Gebiete Chinas bedingt. Erst in den letzten Jahren führten der wirtschaftliche Aufschwung Chinas und die Programme zur Modernisierung und Mechanisierung der Landwirtschaft zu großen Investitionen im landwirtschaftlichen Sektor. Durch moderne Maschinen und Produktionsverfahren des Demonstrationsbetriebes wird vor allem Arbeitskraft durch Kapital substituiert. Bei hohen oder weiter steigenden Lohnkosten führt dies neben einer Leistungssteigerung auch zu einer Kostensenkung. Die Berechnung der Kosten für Arbeitskräfte (Lohnkosten) ist abhängig von deren Einsatzumfang, also dem Gesamtarbeitszeitbedarf des Arbeitsverfahrens ( $GZ_{AK}$ ) und dem Preis für die Arbeit ( $p_{AK}$ ), dem Lohnansatz.

$$K_{AK_{AV}} = GZ_{AK} * p_{AK} \quad (66)$$

Der Lohnansatz richtet sich danach, ob dieser für selbstständige Unternehmer, ständig Beschäftigte oder nichtständig Beschäftigte ermittelt wird. Hier in der Berechnung wird von einem einheitlichen Lohnsatz für alle Verfahren ausgegangen, auch wenn der Kleinbauern als selbständiger Unternehmer (natürliche Person) anzusehen ist. Der Lohnansatz des Selbständigen müsste sich zwar nach dessen Nutzungs- und Opportunitätskosten der Arbeit richten, jedoch macht das für diesen Vergleich der Produktionsverfahren keinen Sinn, da die meisten Kleinbauern keine alternative Beschäftigungsmöglichkeit haben. Damit würde der Lohnansatz des Kleinbauern extrem niedrig anzusetzen sein. Auch die festangestellten Arbeitskräfte der Staats- und Demofarm werden nicht nach geleisteter Arbeitsstunde entlohnt, sondern erhalten ein festes Jahresgehalt (ohne feste Wochenarbeitszeit) zum Ende des Produktionsjahres. Nach Angaben der Staatsfarm liegt der

Lohnsatz eines einfachen Arbeiters bei ca. 17.000 RMB je Jahr (30 – 80 RMB je Tag). Für Hilfsarbeiten in den arbeitsintensiven Perioden wie Aussaat, Düngung und Ernte, werden nichtständige Arbeitskräfte zu einem Lohnsatz von 80 – 150 RMB je Tag (10h Arbeitszeit) eingesetzt. Aus diesen Gründen wird ein einheitlicher Lohnansatz für alle drei Produktionsverfahren angenommen. Diese werden als variable Kosten angesehen, da auch für ständig Beschäftigte Opportunitäts- und Nutzungskosten anfallen und die Arbeitskraft auch für alternative Arbeiten eingesetzt werden könnte (Strohm, 1994, S. 18). Zur Bewertung der eingesetzten Arbeit aller Produktionsverfahren wird hier ein Lohnansatz von 15,00 RMB/AKh angesetzt.

#### 3.4.3.1.1 Ermittlung des Arbeitszeitbedarfs in Arbeits- und Produktionsverfahren

Die Ermittlung des exakten Zeitbedarfs von Menschen, Geräte und Maschinen ist eine wichtige Grundlage für gesicherte und reproduzierbare Kosten – und Planungsrechnungen. Um die Kosten der Arbeits- und Produktionsverfahren zu ermitteln, benötigt man den Zeitbedarf zur Durchführung der Feldarbeiten. Gerade bei der hier gestellten Versuchsfrage, sind genaue und repräsentative Werte für die Arbeits- und Produktionsverfahren notwendig. Nach Schulze-Lammers (1956, S. 146) sind vier Methoden zur Ermittlung des Arbeitszeitbedarfs gebräuchlich:

- Arbeitstagebuchmethode
- Arbeitsbeobachtung
- Arbeitsversuch
- Modellversuch

Bei der Wahl der passenden Methode zur Arbeitszeitermittlung der untersuchten Arbeitsverfahren, wurden die verschiedenen Vor- und Nachteile berücksichtigt. So sollte die Erfassung möglichst genau sein um die Einsparpotentiale der neuen Arbeitsverfahren zu erfassen. Auch sollte kein Einfluss der messenden Person auf die Messung und die ausführende Person bestehen.

Bei der Arbeitstagebuchmethode werden durch die ausführende Arbeitskraft die wichtigsten Arbeitszeitdaten in einem Tagebuch festgehalten. Die Arbeitstagebuchmethode ist nur eine grobe Annäherung an die tatsächlichen Werte bei der die Einfluss- und Störgrößen nicht bestimmt werden, da die Zeiten nur in sehr großen Einheiten erfasst werden. Eine genauere und umfangreichere Erfassung ist der Arbeitskraft nicht zuzumuten. Aufgrund der Langfristigkeit des Verfahrens, wird das Datenmaterial durch den technischen Fortschritt automatisch entwertet. Bei unregelmäßig anfallenden Arbeiten können auch Schätzungen durchgeführt werden, indem der Betriebsleiter über einen Fragebogen befragt wird. Die Arbeitstagebuchmethodik erwies sich im ersten Versuchsjahr als zu ungenau und zu stark von der aufzeichnenden Person abhängig, so dass diese schnell verworfen werden musste. Auch lassen sich keine Einflussgrößen und deren Veränderung zwischen den Varianten erfassen.

Die Arbeitsbeobachtung ist eine Weiterentwicklung der Arbeitstagebuchführung. Dabei registriert ein außenstehender Beobachter die Arbeitsvorgänge und Zeiten in einem Protokoll. Dabei handelt es sich um ein empirisches Verfahren, welches keine Variation von Planungselementen zulässt. Die empirische Arbeitsbeobachtung erwies sich als sehr zeitintensiv. Die Einflussgrößen auf die

Gesamtarbeitszeitlassen sich nicht kontrollieren. Weiter besteht die Gefahr der Beeinflussung der Ergebnisse durch ungewollte Arbeitsunterbrechungen wie z.B. Pannen, Pausen, Wettereinflüsse, Ausbildung und Arbeitskontrollen. So zeigte sich in den Arbeitsverfahren des Demonstrationsbetriebes, dass in den ersten beiden Versuchsjahren die Arbeitsvorgänge auf Grund von Ausbildungsmaßnahmen langsamer durchgeführt wurden oder unterbrochen werden mussten. Weiter lassen sich die Ergebnisse einer Arbeitsbeobachtung nicht variieren.

Der Arbeitsversuch umfasst spezielle Techniken nach den Regeln der industriellen Organisationslehre. In der Kleinstzeitenmethode nach REFA (Reichsausschuss für Arbeitszeitermittlung) werden Arbeitszeitabläufe durch eine Analyse bis in ihre kleinsten definierbaren und messbaren Elemente aufgegliedert. Diese Elementarteilchen werden beliebig zu neuen Arbeitsabläufen zusammengesetzt (Systeme vorbestimmter Zeiten). Diese Methode eignet sich besonders für die Analyse von manuellen Tätigkeiten und ist nicht geeignet für die Erfassung von vollmechanisierten Arbeitsabläufen. In der Ganzzeitmethode wird der gesamte Arbeitsvorgang als nicht unterteilte Einheit mit statistischen Verfahren der Einflussgrößenrechnung (Korrelations- und Regressionsanalysen) behandelt. Die Hauptzeitmethodik (Daelemans, 1977) nutzt eine einfache Formel zur Berechnung des Arbeitszeitbedarfs in der Hauptzeit, womit diese nur eine grobe Annäherungstechnik darstellt. Diese Methode geht auf die Faktoren zurück welche die Hauptzeit bestimmen. Ein zusätzlicher Faktor (Nutzeffektkoeffizient) wird dabei genutzt um alle anderen Nebenzeiten grob zu erfassen. In der finalen Zeitgliederung wird die Arbeitszeit nach dem Arbeitszweck (Hauptzeit, Nebenzeiten) gegliedert. Diese Gliederung wurde beispielsweise durch das KTBL, der REFA und dem Fachbereichsstandard der Deutschen Demokratischen Republik (TGL 22289) durchgeführt.

Bei der häufig in der landwirtschaftlichen Planung verwendeten Teilzeitmethode werden die Arbeitsgänge in ihre Einzelemente zerlegt, so weit wie es die Untersuchungsaufgabe erfordert. Das Arbeitsverfahren besteht aus nacheinander wiederkehrenden messbaren Zyklen, wodurch der Einfluss der wichtigsten Faktoren analysiert werden kann. Der 6. Ciosta-Kongress (Comité International d'Organisation Scientifique du Travail en Agriculture) legte die Teilzeitmethode (CIOSTA-Methode) als Methode zur Bestimmung des Arbeitszeitbedarfs in der Landwirtschaft fest. In der CIOSTA-Methode (Daelemans, 1977) erfolgt die Einteilung der Arbeitsverfahren nach dem Arbeitsinhalt und -zweck. Das Arbeitsverfahren wird dadurch in Hauptzeit, Nebenzeiten, Wendezeit, Versorgungszeit, Inganghaltungszeit, Erholungszeit, Verlustzeiten, Rüst- und Wegezeit aufgeteilt. Die analytische CIOSTA-Methode ist gut geeignet für die Anwendung bei Normalfeldarbeiten mit geringem Anteil an Transporten und Verarbeitungsschritten. Der Arbeitsversuch benötigt geeignete Messgeräte und repräsentative Arbeitsabläufe um die Einzelemente möglichst genau zu erfassen. Die Stichprobengröße sollte ebenfalls nicht zu klein gewählt werden, um den Einfluss von Ausreißern zu verringern. Gegebenenfalls sollten die Messwerte nochmals plausibilisiert und offensichtliche Fehlmessungen entfernt werden.

Der Modellversuch baut auf den Arbeitsversuch auf. Empirisch ermittelte und gesicherte Ergebnisse werden als Elementarzeiten aus den Arbeitsversuchen übernommen. Daraus werden die Teilzeiten mit Arbeitszeitfunktionen berechnet und addiert, um ein wirklichkeitsgetreues Abbild der

Realität zu bekommen. Es muss dabei ein Simulationsalgorithmus entwickelt werden der auf die Veränderung der unabhängigen Variablen annähernd realistisch reagiert. In den 1970er Jahren wurden die Simulationsmodelle ARBZ (Gindele, 1972) und RECAM (Daelemans, 1977) entwickelt, welche nach der CIOSTA-Methode arbeiten. Darin wurden Arbeitszeitfunktionen entwickelt, einzeln berechnet und deren Ergebnisse zum Gesamtarbeitszeitbedarf addiert.

#### 3.4.3.1.2 Arbeitszeitbedarfskalkulation nach dem KTBL

In der Kostenkalkulation und Betriebsplanungsrechnung des KTBL erfolgt die Kalkulation des Arbeitszeitbedarfs nach der von Gindele (1972, S. 45) entwickelten Kalkulationsmethode auf Grundlage von Teilaufgaben, strukturierten Zeitelementen und verfahrensspezifischen Parametern. Für mechanische Feldarbeiten wurde diese Methode von Hammer (1976, S. 30) und Jäger (1991a) durch die Gliederung in Teilzeiten zur Teilzeitmethode weiterentwickelt. Der Arbeitszeitfunktionen zur Berechnung des Arbeitszeitbedarfs nach KTBL sind in Tabelle 83 bis Tanelle 87 im Anhang zusammengefasst. Eine ausführliche Erläuterung der Formeln und verwendeten Einflussgrößen findet sich bei Jäger (1991a) und KTBL (2010). In der Teilzeitmethode des KTBL sind die Arbeitsverfahren und deren Teilarbeiten in mehrere Teilzeiten unterteilt: Hauptzeit, Grundzeit, Ausführungszeit, Ausführungs- und Wartezeit sowie die Gesamtzeit. Dabei fallen Nebenzeiten für Wenden und Versorgung sowie Rüst-, Wege-, Verlust- und Wartezeiten an (Abbildung 31). Der Zeitbedarf der Teilarbeiten wird einzeln berechnet und anschließend zum Gesamtarbeitszeitbedarf zusammengefasst. Dazu werden folgende Annahmen getroffen:

- Durchschnittliche Leistungsfähigkeit des Bedienpersonals
- Ebenes Feld ohne Hangneigung
- Rechteckige Schlagform mit einem Breiten-Längen-Verhältnis von 1:2
- Mittlere Hof-Feld Entfernung von 1 km
- Mittlere Ertragslage

Gesamtzeit					
Ausführungs- und Wartezeit				Rüstzeit	Wegezeit
Ausführungszeit			Wartezeit		
Grundzeit		Verlustzeit			
Hauptzeit	Nebenzeit				
	Wenden	Versorgen			

Abbildung 31: Teilzeiten im Arbeitsverfahren (KTBL, 2008, S. 28)

#### 3.4.3.1.3 Ermittlung des Arbeitszeitbedarfs in den On-Farm Experimenten

Die Kalkulation des Arbeitszeitbedarfs der Arbeitsverfahren im Projekt erfolgt mit Hilfe eines an die vorliegenden Bedingungen angepassten Modellversuchs. Die On-Farm Experimente dienten als Arbeitsversuche, welche durch die Messung von Elementar- und Teilzeiten zum Modellversuch erweitert wurden. Aufbauend auf der Teilzeitmethode mit einer angepassten Arbeitszeitfunktion wurde für jedes der untersuchten Arbeitsverfahren der Arbeitszeitbedarf ermittelt.

Die Kalkulation des Arbeitszeitbedarfs nach dem Verfahren des KTBL (Jäger, 1991a; 1991b; 1991c) hätte zwar für den größten Teil der Versuchsdaten durchgeführt werden können, jedoch

zeigte sich, dass nicht alle Einflussgrößen auf den Arbeitszeitbedarf der chinesischen Produktionsverfahren ausreichend erfasst wurden und deren Besonderheiten nicht genügend zur Geltung kamen. Die chinesischen Produktionsverfahren sind nicht vollständig mechanisiert und dadurch auf einen hohen Arbeitskräfteeinsatz angewiesen. Vor allem die Ladearbeiten, Aussaat und Unkrautbekämpfung weisen noch immer einen hohen Anteil an nicht mechanisierten Arbeiten auf, so dass die Arbeitszeitfunktionen hier in dieser Arbeit angepasst werden mussten. Die Berechnung des Arbeitszeitbedarfs der Arbeitsverfahren soll hier kurz dargestellt werden. Eine Zusammenfassung der Formeln und ein Berechnungsbeispiel findet sich im Anhang in Tabelle 88 bis Tabelle 91.

In dem hier erarbeiteten Kalkulationsverfahren zum Arbeitszeitbedarf wird versucht auch die Wirkung bei der Anlage von Vorgewende und Fahrgassen zu beachten, da diese in den chinesischen Produktionsverfahren nicht angelegt werden. So wird in der Hauptzeit bei der Anlage eines Vorgewendes (Variante Demofarm) eine geringere Arbeitsgeschwindigkeit im Vorgewende angenommen, womit mehr Arbeitszeit benötigt wird. Andererseits wird durch kürzere Wendezeiten auf dem Vorgewende wiederum Arbeitszeit eingespart. Auch das Anlegen von Fahrgassen (Variante Demofarm) führt zu einer höheren Arbeitsgeschwindigkeit und kürzeren Wendezeiten.

Ebenso wird in der Nebenzeit Versorgen die Anfahrtszeit zum Laden von Betriebsmitteln beachtet. Falls die Behälter für Betriebsmittel zu klein sind und deren Inhalt nicht für eine Auf- und Abfahrt auf dem Feld ausreicht, muss mit hohem Zeitaufwand zum Ladefahrzeug zurück gefahren werden. Dieses für europäische Verhältnisse eher seltene Problem ist in Nordostchina durchaus relevant. Die Maschinen der Kleinbauern und der Staatsfarmen besitzen im Verhältnis zu ihrer Arbeitsbreite oft sehr kleine Behälter für Saatgut und Dünger. Gerade bei den in Nordostchina sehr langen Schlägen (bis 2.000 m), ist bei den Maschinen der Kleinbauern zu beobachten, dass für eine Fahrspur der Saatgut- oder Düngerbehälter nachgefüllt werden muss. Die dabei entstehenden Wege- und Rüstzeiten für Ladearbeiten müssen ebenfalls beachtet werden.

Im Kalkulationsverfahren des KTBL werden in die Arbeitszeitfunktion Standardwerte für Arbeitsgeschwindigkeit, Wendezeit, Versorgungszeiten aus Untersuchungen und Erfahrungswerten eingesetzt. Damit lassen sich die Arbeitsverfahren für verschiedene Bedingungen (Fruchtarten, Bodenbearbeitungswiderstand, Schlaggrößen und Mechanisierungsvarianten) repräsentativ abbilden. Ersetzt man diese Standardwerte mit maschinen- und verfahrensspezifischen Elementarzeiten des im Feldversuch durchgeführten Arbeitsversuchs, so erhält man wirklichkeitsnahe einzelbetriebliche Ergebnisse zum Arbeitszeitbedarf der hier untersuchten Arbeits- und Produktionsverfahren. Diese verfahrensspezifischen Einflussgrößen und Elementarzeiten wurden im Arbeitsablauf der Versuchsanlage erfasst und gegebenenfalls durch Referenzmessungen auf anderen Feldern des Projektbetriebes plausibilisiert. Die Messungen konnten jedoch erst im dritten Versuchsjahr durchgeführt und abgeschlossen werden, da die Fahrer der Maschinen in den ersten beiden Versuchsjahren noch nicht geübt im Umgang mit den neuen Maschinen des Demonstrationsbetriebes waren und dadurch die Arbeitsabläufe relativ langsam und unzusammenhängend durchgeführt wurden. Oft wurden die Arbeiten durch Unterweisungen, technische Probleme und Witterungsereignisse

unterbrochen. Erst im dritten Versuchsjahr konnte die Anlage und Bewirtschaftung der Versuchsfelder reibungslos und zeitgleich durchgeführt werden um Teil- und Elementarzeiten für die Arbeitszeitfunktion zu erfassen. Die Ergebnisse der Teil- und Elementarzeitmessungen und entsprechende Vergleichswerte des KTBL sind in Tabelle 29 (im Anhang Tabelle 82) dargestellt.

Tabelle 29: Arbeitszeitbedarf: Messdaten für Teilzeiten ( $\emptyset$ ) und KTBL-Werte

Messdaten Teilzeiten und KTBL-Werte zur Kalkulation des Arbeitszeitbedarfs (gekürzt)				
Maschinen - Arbeitsgeräte	Arbeitsgeschwindigkeit ( $v_{AG}$ ) [km/h]		Wendezeit ( $wz$ ) (ohne Vorgewende) [s]	
	$\emptyset$ -Messung	KTBL	$\emptyset$ -Messung	KTBL
Schneidwerk: Claas S 750 Autocontur - 7,5 m	9,00	8,00	25,22	40,00
Maispflücker: Claas Conspeed 8-7 FC - 6 m	9,00	8,00	32,67	40,00
Pflug + Packer: Lemken Europal 8 + Variopack - 1,4 m	8,00	8,00	29,80	40,00
Grubber: Lemken Karat 9 / 5 KA - 5 m	9,00	8,00	31,00	25,00
Kurzscheibenegge: Lemken Rubin 9/5 KÜA - 5 m	11,80	10,00	16,86	20,00
Walze: KTBL, Cambridgewalze - 12,25 m	6,00	6,00	25,00	25,00
Lemken Solitär 9/5 KA - DS + Rubin 9/5 KÜA - 5 m	11,80	12,00	53,30	60,00
Einzelkorndrillmaschine: Monosem NG Plus 4 - 8 R - 3,2 m	6,00	6,00	60,50	60,00
Feldspritze: Lemken Primus 45/3 - 30 m	7,50	6,00	54,40	60,00
Düngerstreuer: Rauch Axis 3.1 3 m	8,00	10,00	22,33	60,00
Schneidwerk: John Deere (C) 218 F - 4,66 m	5,80	6,00	34,40	40,00
Pflug: 1 LQS 535 - 1,75 m	7,00	8,00	40,00	40,00
Scheibenegge: 1 BZP - 3. 3 m	10,00	10,00	30,67	40,00
Walze: Baihua - 12,25 m	6,00	6,00	21,86	40,00
Dammformer: 12Q 39 6 x 1,1m - 6,6 m	7,00	8,00	40,00	40,00
Drillmaschine: 2 BSW - 5,4 m	7,50	10,00	70,33	60,00
Drillmaschine: Baihua 6 x 1,1m - 6,6 m	7,40	8,00	67,83	60,00
Einzelkorndrillmaschine: Mais, 9R - 6,3 m	8,00	8,00	60,00	60,00
Anbauspritze: 3 WX 1000 - 18 m	6,00	6,00	60,00	60,00
Wasserfass: EB5000 - 5000 l	40,00	40,00	60,00	60,00
Dammformer: EB 2R - 1,3 m	5,67	6,00	40,00	40,00
Walze: EB3x1,3 - 3,9 m	5,90	8,00	18,83	40,00
Häufelpflug: EB - 1,3 m	6,00	6,00	37,50	40,00
Drillmaschine (Weizen): 2BS 240 - 2,4 m	8,00	10,00	23,30	60,00
Drillmaschine (Soja): 2 BJ - 2B - 1,3 m	6,25	6,00	37,50	60,00
Anbauspritze: EB - 5,2 m	5,33	6,00	37,60	60,00

Quelle: eigene Datenerhebung und KTBL (2011), gekürzt

Tabelle 30: Kennzahlen zur Arbeitszeitbedarfsberechnung

Kennzahlen zur Arbeitszeitbedarfsberechnung nach Maschinenklassen					
Maschinengruppe	Rüstzeiten Hof/Feld [h]	Rüstzeiten zum Überladen [h]	$v_{AG}$ Straße [km/h]	KF doppeltes Überfahren [%]	KF $v_{AG}$ Vorgewende [%]
Traktor > 40 PS	0,50		40,00		
Traktor < 40 PS	0,25		25,00		
LKW	0,30	0,10	80,00		
Mähdrescher	0,50	0,10	25,00		
Schneidwerke	0,25		25,00	5,00	5,00
Bodenbearbeitungsgeräte	0,25		25,00	5,00	5,00
Pflanzenschutzgeräte	0,15		40,00	0,00	5,00
Drillmaschinen	0,25	0,05	25,00	0,00	5,00
Düngerstreuer	0,25	0,05	40,00	0,00	5,00
Walzen	0,20		25,00	5,00	5,00
Transportfahrzeuge	0,05	0,05	25,00		

Quelle: eigene Datenerhebung und KTBL (2011)

Die Messungen der Einflussgrößen bezogen sich für die Feldarbeit auf die Arbeitsgeschwindigkeit ( $v_{AG}$ ), Wendezeiten ( $wz$ ), Ladezeiten, Anfahrtsgeschwindigkeit zum Laden, Fahrgeschwindigkeit auf der Straße sowie die Rüstzeiten am Hof ( $RaH$ ) und am Feld ( $RaF$ ). Im Nebenarbeitsverfahren Transport wurden die Einflussgrößen Fahrgeschwindigkeit auf der Straße, Fahrgeschwindigkeit auf dem Feld, Ladezeiten sowie die Rüstzeiten am Hof und am Feld erfasst. Im Nebenarbeitsverfahren Laden/Überladen wurden die Ladezeiten gemessen. Die in Tabelle 30 aufgeführten Kennzahlen für Rüstzeiten und Fahrgeschwindigkeiten sind Durchschnittswerte, welche aus den Datenerhebungen vor Ort und den Standardwerten des KTBL ermittelt wurden.

**a) Teilarbeit – Feldarbeit (FA)**

Die Hauptzeit ( $HZ$ ) der Teilarbeit Feldarbeit umfasst die Zeit für die Bearbeitung des Feldes. Zur Berechnung der Hauptzeit des Arbeitsverfahrens wird von einer rechteckigen Schlagform bei einem Schlagmanagement in Auf- und Abfahrt ausgegangen. Die Hauptzeit in der Feldarbeit ist abhängig von der Schlagbreite ( $b_F$ ) und der Schlaglänge ( $l_F$ ) sowie der Arbeitsbreite des Arbeitsgerätes ( $b_{AG}$ ) und dessen Fahrgeschwindigkeit im Feld ( $v_{AG}$ ). Diese Parameter wurden zur besseren Übersicht in Abbildung 32 grafisch dargestellt.

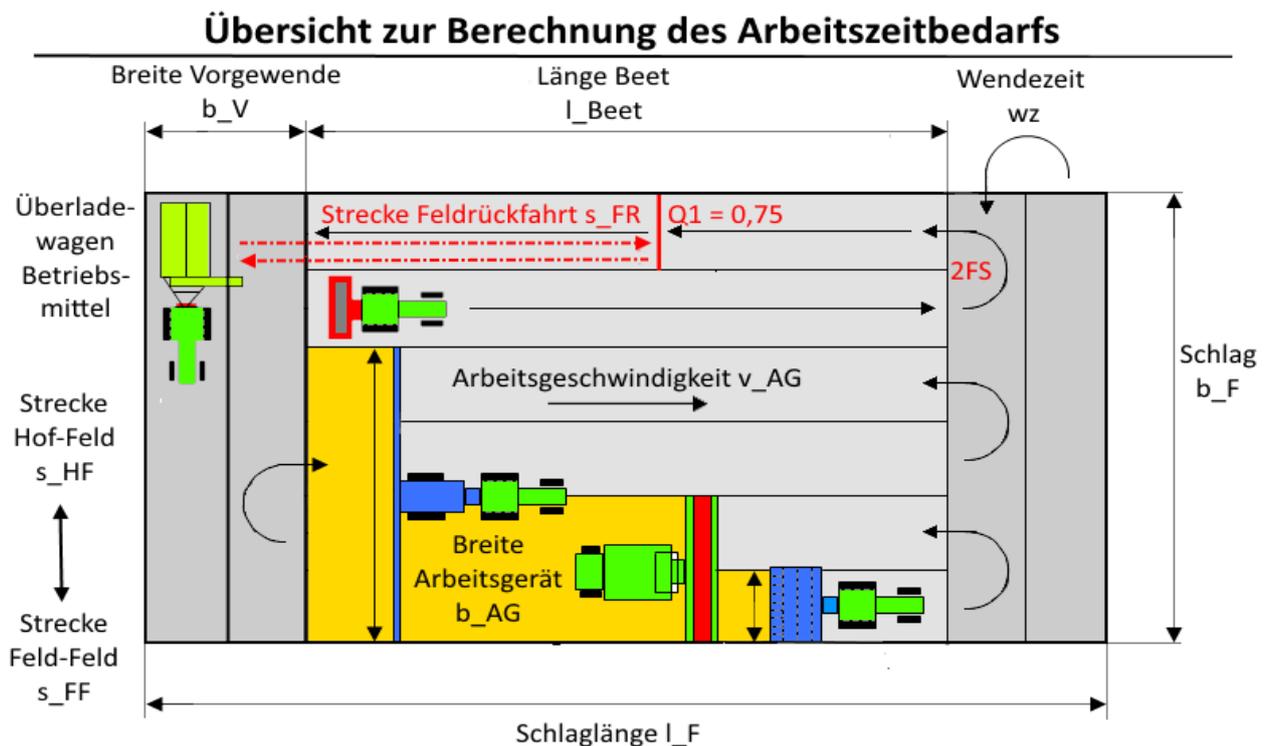


Abbildung 32: Schema zur Berechnung des Arbeitszeitbedarfs, eigene Darstellung

Um die Präzision des Modells zu erhöhen wird in Formel (67) eine maschinenspezifische Überlappung ( $b_{ü_{AG}} - 5\%$  der Arbeitsbreite des Arbeitsgerätes  $b_{AG}$ ) sowie in Fahrspuren auf dem Vorgehende eine geringere Arbeitsgeschwindigkeit (Korrekturfaktor Arbeitsgeschwindigkeit Vorgehende -  $KF_{vV} - 80\%$  der Arbeitsgeschwindigkeit des Arbeitsgerätes  $v_{AG}$ ) angenommen. Die Hauptzeit ( $HZ_{Beet}$ ) ergibt sich aus der auf dem Feld zurückgelegten Fahrstrecke im Beet

( $s_{Beet}$ ) und auf dem Vorgewende ( $HZ_V$ ) dividiert durch die Arbeitsgeschwindigkeit des Arbeitsgerätes ( $v_{AG}$ ). Aus der Anzahl an Fahrspuren ( $nFS_{Beet}$ ), der Länge des Beetes und einer Korrektur für doppeltes Überfahren ( $KF_{dü}$ ), ergibt sich nach Formel (70) die Fahrstrecke im Beet ( $s_{Beet}$ ). Die Hauptzeit im Beet berechnet sich nach:

$$b_{AGr} = b_{AG} * (1 - b_{üAG}/100) \quad (67)$$

$$nFS_{Beet} = AUFRUNDEN \left( \frac{b_F}{b_{AGr}} \right) \quad (68)$$

$$l_{Beet} = l_F - (2 * b_V) \quad (69)$$

$$s_{Beet} = nFS_{Beet} * l_{Beet} * (1 + KF_{dü}/100) \quad (70)$$

$$HZ_{Beet} = \frac{s_{Beet}}{v_{AG}} \quad (71)$$

Zusätzlich, bei Anlage eines Vorgewendes, berechnet sich die Hauptzeit im Vorgewende ( $HZ_V$ ), ähnlich wie im Beet, nach:

$$nFS_V = WENN \left( b_V = 0; DANN: 0; SONST: AUFRUNDEN \left( \frac{b_V}{b_{AGr}} \right); 0 \right) \quad (72)$$

$$l_V = b_F \quad (73)$$

$$s_V = nFS_V * l_V * (1 + KF_{dü}/100) \quad (74)$$

$$HZ_V = \frac{\left( \frac{s_V}{1000} \right)}{(v_{AG} * (1 - KF_{vV}))} \quad (75)$$

$$HZ = HZ_{Beet} + HZ_V \quad (76)$$

Die Grundzeit ( $GrZ$ ) beinhaltet die Hauptzeit ( $HZ$ ) zuzüglich den Nebenzeiten für Wenden ( $NW$ ) und Versorgen ( $NV$ ). Die Anzahl der Wendungen ( $nAS$ ) im Beet und dem Vorgewende wird mit der in der Arbeitsbeobachtung ermittelten maschinenspezifischen Wendezeit ( $wz$ ) multipliziert und ergibt die Nebenzeit für Wenden (Formel (78)).

$$GrZ = HZ + NW + NV \quad (77)$$

$$NW = \frac{(nFS_{Beet} + 1) * wz}{3600} + \frac{(nFS_V + 1) * 2wz}{3600} \quad (78)$$

Für Feldarbeiten mit Ausbringung von Betriebsmitteln wird die Nebenzeit für Versorgen ( $NV$ ) berechnet. Die Versorgungszeit im Berechnungsverfahren des KTBL werden fixe Ansätze für die

Bunkerladezeit ( $blz$ ) angenommen. Dies ist nur ein Näherungsansatz, da verfahrensspezifische Effekte wie die Lademasse der Betriebsmittel, Behältervolumen und die Anzahl der Arbeitskräfte nicht berücksichtigt werden. In den Arbeitsverfahren im Projekt, sind die Ladearbeiten durch den hohen Zeitbedarf für das manuelle Laden, für einen nicht unerheblichen Teil am Arbeitszeitbedarf verantwortlich, weshalb hier versucht wurde diese möglichst genau zu erfassen.

Bei Arbeitsverfahren, welche die Ausbringung von Betriebsmitteln (Aussaat, Düngung und Pflanzenschutz) oder das Laden von Ernteprodukten enthalten, fallen Ladearbeiten an. Dessen Arbeitszeitbedarf gliedert sich in die Fahrtzeit zum Ladeort ( $AzL$ ), Rüstzeiten am Feld für Ladevorgänge ( $RaF_{LV}$ ) und die Gesamtzeit zum Laden ( $GZ_{LV}$ ). Die Gesamtzeit für Ladevorgänge ( $GZ_{LV}$ ) wird entnommen aus der Berechnung des Arbeitszeitbedarfs der Hilfsarbeit Laden.

Die Rüstzeit am Feld für Ladevorgänge beinhaltet die Vorbereitung zum Laden, also das Anrangieren, das ffnen des Bunkers und alle Tätigkeiten bis zum Beginn des eigentlichen Ladevorganges. Diese wurde im Zeitanatz Rüstzeit zum Laden ( $r_{LV}$ ) erfasst (siehe dazu Tabelle 30) und mit der Anzahl an Ladevorgängen ( $n_{LV}$ ) multipliziert (Formel (82)). Die Anzahl an notwendigen Ladevorgängen wird bestimmt durch die Masse an Betriebsmitteln/Erntegut ( $m_{BM} * A_F$ ) und der Masse je Ladung des Arbeitsgerätes ( $m_{Ladung}$ ). Die Masse je Ladung wird nach Formel (80) in Abhängigkeit von der Dichte des Ladegutes ( $\rho_{LG}$ ), entweder nach maximalen Lademasse ( $m_{max}$ ) oder der Kapazität des Behälters/Bunkers ( $Kap_{AG}$ ) bestimmt.

$$NV = RaF_{LV} + GZ_{LV} + AzL \quad (79)$$

$$m_{Ladung} = WENN(m_{max} * \rho_{LG}) > m_{max}; DANN: m_{max}; SONST: (Kap_{AG} * \rho_{LG}) \quad (80)$$

$$n_{LV} = AUFRUNDEN\left(\frac{m_{BM} * A_F}{m_{Ladung}}\right) \quad (81)$$

$$RaF_{LV} = n_{LV} * r_{LV} \quad (82)$$

Auf großen Schlägen kann es, aufgrund der in China üblichen kleinen Saatgut- und Düngerbehälter, zu einem zusätzlichen Zeitbedarf für die Anfahrt zum Ladeort und Feldrückfahrten ( $AzL$ ) kommen. Zur Bestimmung der Anzahl der Feldrückfahrten wird zunächst die benötigte Betriebsmittelmenge je Arbeitsspur, also einer Doppelfahrspur mit je einer Auf- und Abfahrt ( $m_{2FS}$ ) ermittelt. Dies erfolgt über die Berechnung der je Doppelfahrspur benötigten Ausbringflche anhand der Schlaglänge ( $l_F$ ), doppelten Vorgewendebreite ( $2 * b_V$ ) und der zweifachen Arbeitsbreite des Arbeitsgerätes ( $b_{AG}$ ), multipliziert mit der geplanten Ausbringmenge je Fläche ( $m_{BM}$ ).

$$m_{2AS} = \frac{2 * (l_F - (2 * b_V)) * b_{AG}}{10000} * m_{BM} \quad (83)$$

$$Q = \frac{m_{Ladung}}{m_{2FS}} \quad (84)$$

Mit Formel (84) wird der Anteil der im Behälter vorhandenen Betriebsmittel, an der für die gesamte Fahrspur benötigten Betriebsmittelmenge ermittelt. Ist dieser Quotient ( $Q$ ) größer als 1, dann ist keine Feldrückfahrt zum Ladeort nötig. Ist dieser kleiner als 0,5 dann ist der Behälter leer bevor das obere Vorgewende erreicht wurde, sodass mehrere Befüllungen und Feldrückfahrten notwendig sind. Falls mehrere Behälterfüllungen notwendig sind um die Fahrspur abzuschließen, wird dies in den Quotienten  $Q_2$  und  $Q_3$  erfasst. Diese werden addiert zum Quotienten für die Feldrückfahrten ( $QFR$ ). Falls nach Formel (89) Feldrückfahrten notwendig sind, so entspricht dieser dem Korrekturfaktor für Feldrückfahrten ( $KFR$ ), welcher den im Arbeitsverfahren notwendigen Anteil an der Anfahrstrecke zum Laden widerspiegelt.

$$Q_1 = \text{Wenn} (Q > 1; \text{DANN: } 0; \text{SONST: WENN}(Q < 0,5; \text{DANN: } Q; \text{SONST: } 1 - Q)) \quad (85)$$

$$Q_2 = \text{Wenn} ((Q + Q) > 1; \text{DANN: } 0; \text{SONST: WENN}(Q + Q < 0,5; \text{DANN: } (Q + Q); \text{SONST: } 1 - (Q - Q)) \quad (86)$$

$$Q_3 = \text{Wenn} ((Q + Q + Q) > 1; \text{Dann: } 0; \text{Sonst: Wenn}(Q + Q + Q < 0,5; \text{Dann: } (Q + Q + Q); \text{Sonst: } 1 - Q + Q + Q)) \quad (87)$$

$$QFR = (Q_1 + Q_2 + Q_3) * 2 \quad (88)$$

$$KFR = \text{WENN} (m_{2AS} < m_{Ladung}; \text{DANN: } 0; \text{SONST: } QFR) \quad (89)$$

Die Berechnung der Feldrückfahrstrecke je Arbeitsspur ( $s_{FR}$ ) erfolgt über die Länge der Fahrspur (Feldlänge ( $l_F$ ) abzüglich der Breite der Vorgewende ( $2 * b_V$ ). Diese wird mit dem Korrekturfaktor für Feldrückfahrten ( $KFR$ ) multipliziert.

$$s_{FR} = (l_F - (b_V * 2)) * KFR \quad (90)$$

Die Anzahl der Feldrückfahrten ( $n_{FR}$ ) entspricht der Anzahl an Doppelfahrspuren, welche nach Formel (91) aus der Breite des Feldes ( $b_F$ ) und der doppelten Arbeitsbreite des Arbeitsgerätes ( $b_{AG}$ ) berechnet werden.

$$n_{FR} = \text{AUFRUNDEN} \left( \frac{b_F}{2 * b_{AG}} - 1 \right) \quad (91)$$

Die Gesamtzeit für die Anfahrt zum Laden ( $AzL$ ) wird berechnet aus der Feldrückfahrstrecke ( $s_{FR}$ ) und der Arbeitsgeschwindigkeit des Arbeitsgerätes ( $v_{AG}$ ) multipliziert mit der Anzahl an Feldrückfahrten ( $n_{FR}$ ).

$$AzL = \left( \frac{s_{FR}}{v_{AG}} \right) * n_{FR} \quad (92)$$

Die Ausführungszeit ( $AZ$ ) setzt sich aus Grundzeit und Verlustzeit ( $VZ$ ) zusammen. Die Verlustzeit beinhaltet die in der Arbeitszeit vorgeschriebenen Pausen und unplanmäßig anfallenden Störungen. Diese wird nach Formel (93) anteilig von der Grundzeit berechnet, wobei eine Pausendauer ( $t_p$ ) von 30 Minuten bei einem Pausenintervall ( $i_p$ ) von fünf Stunden angenommen wurde.

$$VZ = \frac{GrZ}{i_p * t_p} \quad (93)$$

$$AZ = GrZ + VZ \quad (94)$$

Im Arbeitsverfahren fallen unvermeidbare Wartezeiten ( $WaZ$ ) an und bilden zusammen mit der Ausführungszeit die Ausführungs- und Wartezeit ( $AWZ$ ). Diese Wartezeiten werden mit einem pauschalen Zeitansatz für Wartezeit ( $waz$ ) von 1 % an der Grundzeit angesetzt.

$$WaZ = GrZ * \left(\frac{waz}{100}\right) \quad (95)$$

$$AWZ = AZ + WaZ \quad (96)$$

Die Gesamtzeit ( $GZ$ ) setzt sich aus der Ausführungs- und Wartezeit ( $AWZ$ ), der Rüstzeit ( $RZ$ ) und Wegezeit ( $WZ$ ) zusammen. Rüstzeiten ( $RZ$ ) fallen täglich für Wartung und Pflege der Zugmaschinen und Arbeitsgeräte am Hof und am Feld an. Der Arbeitszeitbedarf wird nach Gindele (1972) immer auf die Erledigung innerhalb der Arbeitseinheit eines Halbtages (z.B. 6 h) bezogen. Liegt die Grundzeit ( $GrZ$ ) eines Arbeitsverfahrens unter der Halbtagsdauer ( $HAT$ ) so können mehrere Schläge am Tag bearbeitet werden. Die Rüst- und Wegezeiten werden dann anteilig von der Grundzeit berechnet und den Schlägen zugeordnet. Der normale Arbeitstag wird durch Witterungsverhältnisse und geplanten und ungeplanten Pausen unterbrochen. Die Halbtagsdauer entspricht der Zeit in der im Durchschnitt je Arbeitstag ununterbrochen gearbeitet werden kann (Jäger, 1977). Es wird davon ausgegangen das am Tagesende täglich zum Hof zurückgekehrt wird. Ein Verbleiben des Schleppers am Schlag oder Schichtarbeit würde Wegezeiten einsparen, was hier aber nicht vorgesehen ist. Rüstzeiten ( $RZ$ ) fallen für die tägliche Maschinenpflege und Wartung vor Arbeitsbeginn am Hof und am Feld an. Die Rüstzeiten werden nach den in den im Projekt ermittelten Daten und falls nicht vorhanden nach KTBL-Daten (Tabelle 30) angesetzt.

$$GZ(FA) = AWZ + RZ + WZ \quad (97)$$

$$RZ = (r_{aH} + r_{aF}) * n_{RZ} \quad (98)$$

$$n_{RZ} = \text{AUFRUNDEN} \left( \frac{GrZ}{HAT} \right) \quad (99)$$

Wegezeiten ( $WZ$ ) fallen zwischen Hof und Feld ( $WzHF$ ) und zwischen den Feldern ( $WzFF$ ) an. Diese ist abhängig von der Entfernung zwischen den Arbeitsorten und der Anzahl der zurückgelegten Wege. Die Anzahl der Wege zwischen Hof und Feld ( $n_{HF}$ ) wird nach Formel (100) berechnet. Sind für die komplette Bearbeitung des Schlages mehrere Arbeitstage notwendig, so werden auch eine entsprechende Anzahl an Wegezeiten zum Feld und zurück angerechnet.

$$n_{HF} = \text{AUFRUNDEN} \left( \frac{GrZ}{HAT} \right) \quad (100)$$

$$WzHF = \frac{s_{HF}}{v_{AGs}} * n_{HF} \quad (101)$$

Falls die benötigte Grundzeit kleiner als 75 % der Halbtagsdauer ist, erfolgt anstelle der Rückfahrt zum Hof eine Fahrt zum nächsten Schlag, wobei mit der Entfernung zwischen den Feldern ( $s_{FF}$ ) kalkuliert wird.

$$n_{FF} = \text{WENN}(GrZ \leq HAT * 0,75; \text{DANN}: 1; \text{SONST}: 0) \quad (102)$$

$$WzFF = \frac{s_{FF}}{v_{AGs} * n_{FF}} \quad (103)$$

Wenn kein Wechsel zum nächsten Schlag durchgeführt wird, so entspricht die Anzahl an Rückfahrten zum Hof ( $WzFH$ ) der Anzahl an Hinfahrten zum Feld ( $WzHF$ ). Die Wegezeiten der Abschnitte werden anschließend zur Wegezeit ( $WZ$ ) summiert.

$$n_{FH} = \text{WENN}(n_{FF} = 0; \text{DANN}: n_{HF}; \text{SONST}: 0) \quad (104)$$

$$WzFH = s_{HF} * v_{AGs} * n_{FH} \quad (105)$$

$$WZ = WzHF + WzFF + WzFH \quad (106)$$

Falls gleichzeitig mehrere Arbeitskräfte in einer Teilarbeit beschäftigt sind, wird zur Berechnung des Gesamtarbeitszeitbedarfs ( $GZ_{AK}$ ) die Gesamtzeit der Teilarbeit ( $GZ(TA)$ ) mit der Anzahl an Arbeitskräften in der betrachteten Teilarbeit ( $AK(TA)$ ) multipliziert. Die Gesamtzeit der Zugmaschine ( $GZ_{Zug}$ ) entspricht der Summe aus Grundzeit ( $GrZ$ ), Rüstzeit ( $RZ$ ) und Wegezeit ( $WZ$ ). Damit wird die tatsächliche Arbeitszeit der Zugmaschine ohne Verlust und Wartezeit ermittelt. Die Flächenleistung der Teilarbeit Feldarbeit ( $LF(TA)$ ) wird aus der Fläche des Schlages ( $A_F$ ), der Hauptzeit ( $HZ$ ) und Nebenzeit für Wenden ( $NW$ ) berechnet. Diese Kennzahlen sind zur Berechnung der Arbeitserledigungskosten und des Dieserverbrauchs der Arbeitsverfahren notwendig.

$$GZ_{Zug} = GrZ + RZ + WZ \quad (107)$$

$$GZ_{AK} = GZ(TA FA) * n_{Ak}(TA FA) \quad (108)$$

$$LF(FA) = \frac{A_F}{HZ + NW} \quad (109)$$

### b) Teilarbeit – Transport (TR)

Alle Arbeitsverfahren welche mit der Ausbringung oder dem Transport von Betriebsmitteln (Aus-saat, Düngung, Pflanzenschutz) oder der Ernte von Ernteprodukten verbunden sind, setzen sich aus dem Hauptarbeitsverfahren Feldarbeit und den Teilarbeiten Transport und Beladen zusammen. Bei der Kalkulation der Gesamtzeitbedarf der Teilarbeit Transport wird die Wegezeit zwischen Hof und Feld zur Hauptzeit. Die Hauptzeit berechnet sich daher aus der Anzahl an Transporten ( $n_{TR}$ ), der Entfernung zwischen Hof und Feld ( $s_{HF}$ ) und der Fahrgeschwindigkeit auf den Straßen und Wegen ( $v_{TR}$ ) zum Feld (siehe Tabelle 30). Auf der Hinfahrt wird von einer verminderten Fahrgeschwindigkeit (75 %) ausgegangen, im Gegensatz zur Rückfahrt, wenn das Transportfahrzeug unbeladen ist. Die Anzahl der Transporte ( $n_{TR}$ ) ergibt sich aus der Gesamtmasse des Betriebsmittels ( $m_{BM} * A_F$ ) und der maximalen Lademasse des Transportfahrzeugs ( $m_{max}$ ). Die Nebenzeit für Wendungen wird zur Rüstzeit am Feld, da vor jedem Lade- und Entladevorgang das Transportfahrzeug rangiert und vorbereitet werden muss. Die erforderliche Rangierzeit wurde als Wendezeit ( $wz$ ) in Formel (112) erfasst. Die Nebenzeit für Versorgen ( $NV$ ) setzt sich aus der Gesamtzeit der Teilarbeiten für Laden ( $GZ_{Bla} + GZ_{Ela}$ ) zusammen. Die weiteren Teilzeiten berechnen sich analog zu den Teilzeiten der Feldarbeit.

$$n_{TR} = \text{AUFRUNDEN} \left( \frac{m_{BM} * A_F}{m_{max}} \right) \quad (110)$$

$$HZ = \left( \frac{n_{TR} * s_{HF}}{v_{TR} * 0,75} \right) + \left( \frac{n_{TR} * s_{HF}}{v_{TR}} \right) \quad (111)$$

$$NW = n_{TR} * 2 * \left( \frac{wz}{3600} \right) \quad (112)$$

$$NV = GZ_{Bla} + GZ_{Ela} \quad (113)$$

### c) Teilarbeit – Beladen, Umschlag und Entladen

Das Ermitteln von Gesamtzeiten für die Nebenarbeitsverfahren Beladen (Bla), Umschlag (UmS) und Entladen (Ela) in der Arbeitsbeobachtung erwies sich als zu ungenau, da die Arbeitszeit aufgrund unterschiedlicher Bedingungen (Anzahl an Arbeitskräften, eingesetzter Arbeitsverfahren, Maschinen, Arbeitern und Ladeeinheiten) eine recht große Streuung aufwiesen. Mit der Kalkulation der Hauptzeit auf Grundlage der Gesamtmasse der Betriebsmittel ( $m_{BM} * A_F$ ) und der Masse der Ladeeinheiten ( $m_{LE}$ ) wird näherungsweise ein genaueres Abbilden der verfahrensspezifischen Besonderheiten der manuellen Ladeverfahren bei sonst gleichen Bedingungen erreicht.

Es wird davon ausgegangen das sämtliche Ladearbeiten in wiederholende Schritte (Ladeeinheiten) aufzuteilen sind. Eine Ladeeinheit (Sack, Big Pack oder die Ladeschaufel eines Teleskop- oder Hofladers) benötigt eine spezifische Zeit um eine bestimmte Masse an Ladegut ( $m_{LE}$ ) auf das Transportfahrzeug zu laden. Da die Abläufe und Einflussgrößen der Arbeitsverfahren nicht immer vergleichbar sind, wurden die Ladezeiten auf die Lademasse und Anzahl an Ladeeinheiten (50 kg Säcke) bezogen. So wird bei den manuellen Ladearbeiten von einem Weg je Ladeeinheit von 10 m und einer Entleerungszeit von  $2 \times 15$  s je Ladeweg angenommen. Diese Daten wurden als Durchschnittswerte aus den Arbeitsbeobachtungen ermittelt. Die spezifische Zeit je Ladeeinheit ( $t_{LE}$ ) wurde in der Arbeitsbeobachtung gemessen und beinhaltet das Heben der Ladeeinheit, Zurücklegen des Weges zum Transport- oder Arbeitsgerät, Ausschütten des Ladegutes und den Weg zurück zum Stapel je eingesetzter Arbeitskraft oder Maschine ( $AkL$ ).

$$n_{LE} = \text{AUFRUNDEN} \left( \frac{m_{BM} * A_F}{m_{LE}} \right) \quad (114)$$

$$HZ_{La} = \frac{n_{LE} * t_{LE}}{AkL} \quad (115)$$

Falls das Ladegut kontinuierlich ( $HZ_{kF}$  – kontinuierliches Ladeverfahren) durch eine Förderschnecke, Förderband oder ähnliches geladen wird, so wurde der Durchsatz je Zeiteinheit ( $V_{St}$ ) als Berechnungsgrundlage genutzt, um über das Volumen der gesamten Betriebsmittelmenge ( $m_{BMges}$ ) auf die benötigte Hauptzeit zu schließen (siehe Formeln (116) und (117)).

$$V_{BM} = \frac{m_{BMges}}{\rho_{LG}} \quad (116)$$

$$HZ_{kF} = \frac{V_{BM}}{V_{St}} \quad (117)$$

Die Nebenzeiten für Versorgen ( $NW$ ) und Wenden ( $NV$ ) fallen in der Teilarbeit Be- und Entladen nicht an. Falls das Arbeitsgerät manuell am Feltrand beladen wird und die Arbeitskräfte während der Feldarbeit am Transportfahrzeug bleiben ohne einer anderen Tätigkeit nachzugehen, wird die Gesamtzeit der Teilarbeit Feldarbeit ( $GZ_{FA}$ ) zur Gesamtzeit der Ladearbeiten ( $GZ_{ELA}$ ) hinzugezählt. Die weiteren Teilzeiten (Verlust-, Warte-, Wege- und Rüstzeiten) berechnen sich analog zu denen der Teilarbeit Feldarbeit ( $FA$ ). Die einzelnen Teilarbeiten werden die Arbeiterledigungskosten berechnet und zum Hauptarbeitsverfahren addiert.

### 3.4.3.2 Kosten für Arbeitsmittel

"Als Arbeitsmittel werden alle Gebrauchsgüter wie Maschinen, technische Anlagen und Geräte bezeichnet, die zur Durchführung von Arbeitsverfahren eingesetzt werden." (KTBL, 2010, S. 33). Im landwirtschaftlichen Arbeitsverfahren werden verschiedene Arbeitsmittel (AM, z.B. Zugma-

schine, Arbeitsgerät) und Arbeitskräfte (AK) genutzt, welche mit unterschiedlichen Nutzungseinheiten (NE), Maschinenstunden (Mh) und Arbeitskraftstunden (AKh) erfasst werden. Die Kosten des Arbeitsverfahrens in Geldeinheiten je ha [GE/ha] werden nach folgendem Schema berechnet:

**Arbeiterledigungskosten des Arbeitsverfahrens (GE/ha) =**

$$\begin{aligned} & \text{Kosten Zugmaschine [GE/ha]} = \text{Zugmaschine [GE/Mh]} * \text{Zeitbedarf Zugmaschine [Mh/ha]} \\ & + \text{Kosten Arbeitsgerät [GE/ha]} = \text{Arbeitsgerät [GE/NE]} * \text{Leistung des Arbeitsmittels [NE/ha]} \\ & + \text{Kosten Arbeitskraft [GE/ha]} = \text{Arbeiter [GE/AKh]} * \text{Arbeitszeitbedarf [AKh/ha]} \end{aligned}$$

Die Kosten für Arbeitsmittels ( $K_{AM\_Zug/AG}$ ) für Zugmaschinen (Zug) und Arbeitsgeräte (AG) setzen sich aus den fixen ( $Kf_{AM\_Zug/AG}$ ) und variablen Kosten des Arbeitsmittels ( $Kv_{AM\_Zug/AG}$ ) zusammen. Die fixen Kosten der Arbeitsmittels ( $KF_{AM}$ ) setzen sich aus den Kosten für Abschreibungen ( $K_{AfA\_N}$ ), Zinskosten für das in den Arbeitsmitteln gebundene Kapital ( $K_{Zins\_AM}$ ) und den sonstigen fixen Kosten der Arbeitsmittel ( $KF_{AM\_sonst}$ ).

$$K_{AM\_Zug/AG} = Kf_{AM\_Zug/AG} + Kv_{AM\_Zug/AG} \quad (118)$$

$$Kf_{AM} = (K_{AfA\_N} + K_{Zins\_AM} + KF_{AM\_sonst}) \quad (119)$$

#### 3.4.3.2.1 Abschreibungen

Bei der Kostenkalkulation von Arbeitsverfahren muss der Anschaffungswert ( $AW_{AM}$ ) von Gebrauchsgütern über die Methode der Abschreibung ( $AfA$ ) auf ihr technisches und wirtschaftliches Nutzungspotential verteilt werden, um das in den Arbeitsmitteln gebundene Kapital zu bewerten. Die Einsatzdauer eines Arbeitsmittels wird durch den nutzungsbedingten Verschleiß, also dem technischen Nutzungspotential in Nutzungseinheiten ( $N_{AM\_Leistung}$ ) oder der nutzungsunabhängigen Überalterung, also dem wirtschaftlichen Nutzungspotential in Jahren ( $N_{AM\_Zeit}$ ) begrenzt. Die Entscheidung für ein Abschreibungsverfahren hängt von der ermittelten Auslastungsschwelle ( $AS_{AM}$ ) ab. Liegt der jährliche Einsatzumfang des Arbeitsmittels ( $N_{AM\_real}$ ) über der Auslastungsschwelle, so wird üblicherweise die leistungsabhängige Abschreibung ( $K_{AfA\_n}$ ) gewählt. Liegt der Einsatzumfang darunter, so wird das zeitabhängige Abschreibungsverfahren verwendet ( $K_{AfA\_N}$ ).

Der in den Arbeitsverfahren des Projektes erfasste Einsatzumfang ist sehr stark von der individuellen Betriebsplanung abhängig. Infolge des Einsatzes auf Versuchsflächen, Schulungen und Vorführungen lag die jährliche Auslastung der Maschinen des Demonstrationsbetriebes niedriger im Vergleich zu ähnlichen Maschinen der Staatsfarm. Würde man den realen Nutzungsumfang der Maschinen verwenden könnte es zu einer Bevorzugung einer Mechanisierungsvariante kommen. Um möglichst die Chancengleichheit in der Auswertung zu wahren, wird in diesem Beispiel davon ausgegangen, dass der jährliche Einsatzumfang aller Arbeitsmittel der drei Produktionsverfahren an der Auslastungsschwelle liegt und diese nach der zeitabhängigen Abschreibungsformel (122)

abgeschrieben werden. Mit dem jährlichen Einsatzumfang lassen sich die Kosten je Nutzungseinheit (NE – z.B.: Mh, ha, t,) berechnen.

$$AS_{AM} = \frac{N_{AM\_Leistung}}{N_{AM\_Zeit}} \quad (120)$$

$$K_{AfA_n} = \frac{AW_{AM} - RW_{AM}}{N_{AM\_Leistung}} \quad (121)$$

$$K_{AfA_N} = \frac{AW_{AM} - RW_{AM}}{N_{AM\_Zeit}} \quad (122)$$

Das technische ( $N_{AM\_Leistung}$ ) und wirtschaftliche ( $N_{AM\_Zeit}$ ) Nutzungspotential der Maschinen des Demonstrationsbetriebes wird nach den Betriebsdaten des KTBL (2010) angesetzt. Die Maschinen der Staatsfarm und des Kleinbauernhaushaltes haben bauart- und einsatzbedingt andere technische und wirtschaftliche Nutzungspotentiale. So ist deren Verschleiß erfahrungsgemäß aufgrund schlechterer Verarbeitungsqualität höher, womit wiederum das technische Nutzungspotential geringer ist. Problematisch dabei ist der Mangel an verlässlichen Daten und unabhängigen Untersuchungen um diese Effekte mit in eine ökonomische Betrachtung einzubeziehen. Auch im Projekt konnte zwar ähnliches beobachtet werden, jedoch ist die Grundgesamtheit der erhaltenen Stichprobe zu klein, um sichere Erkenntnisse daraus abzuleiten. Deshalb wurden die chinesischen Standardwerte der Buchhaltung als wirtschaftliches Nutzungspotential angesetzt (Staatsfarm Ganhe, 2010-2012). Dieses ist im Vergleich zum Nutzungspotential des KTBL kürzer (siehe dazu Tabelle 81 im Anhang), was in etwa dem Effekt der geringeren Verarbeitungsqualität entsprechen sollte.

Der Anschaffungswert ( $AW_{AM}$ ) und Restwert ( $RW_{AM}$ ) richten sich für die deutschen Maschinen nach den Angaben der Herstellerfirmen (Claas, Lemken, Grimme, Rauch, Monosem), welche die Zug- und Arbeitsgeräte für den Demonstrationsbetrieb lieferten. Der Anschaffungswert der chinesischen Maschinen (Staatsfarm und Haushalt) richtet sich nach den in der Buchhaltung erfassten Anschaffungswerten (Langrock, 2009) und falls keine Angaben vorhanden sind, nach den Angaben im offiziellen Maschinenkatalog der Provinzregierung (MoA, 2009a). Jedoch zahlt die Provinzregierung für Maschinen aus chinesischer Produktion eine Subvention von 20 – 50 % des Anschaffungswertes. Diese wird jährlich von der Provinzregierung neu festgelegt und hängt von Hersteller und Typ der Maschinen ab. Für die Kostenrechnung wurde der im Betrieb tatsächlich angefallene Anschaffungswert (ohne Subventionen) verwendet, da nicht alle Maschinen subventioniert wurden. Weiter wird ein Restwert ( $RW_{AM}$ ) von 20 % des Anschaffungswertes für die abgeschriebenen Maschinen aller drei Varianten angesetzt.

#### 3.4.3.2.2 Zinskosten für das in Arbeitsmitteln gebundene Kapital

Bei der Anschaffung einer Anlage (Maschinen, Gebäude) wird Kapital ( $AW_{AM}$ ) gebunden. Damit kann das Kapital nicht für eine andere Investition verwendet werden und muss mit einem Zinssatz ( $p_z$ ), der bei einer alternativen Investition erzielt worden wäre oder für das benötigt Fremdkapital

anfallen würde, nach Formel (123) verzinst werden. Als Zinssatz ( $p_z$ ) werden 4 % angenommen und damit das in den Arbeitsmitteln gebundene Kapital berechnet:

$$K_{AM\_Zins} = \left( \frac{AW_{AM} - RW_{AM}}{2} + RW_{AM} \right) * \left( \frac{p_z}{100} \right) \quad (123)$$

#### 3.4.3.2.3 Kosten für Versicherung, Steuern und technische Überwachung

Die Kosten für die Versicherung und Steuern ( $K_{Vus}$ ) sowie die technische Überwachung ( $K_{TÜ}$ ) von selbstfahrenden Arbeitsmaschinen ergeben die sonstigen fixen Kosten ( $Kf_{AM\_sonst}$ ). Diese fielen im Projekt nur für die deutschen Maschinen an. In China sind Versicherungen für landwirtschaftliche Fahrzeuge der Staatsfarmen nicht vorgeschrieben und unüblich, weshalb für alle drei Varianten keine Kosten für Versicherung und technische Überwachung angesetzt wurden.

$$Kf_{AM\_sonst} = K_{TÜ} + K_{Vus} \quad (124)$$

#### 3.4.3.2.4 Reparaturkosten

Die variablen Kosten des Arbeitsmittels ( $Kv_{AM\_Zug}$ ) setzen sich aus den Reparaturkosten ( $K_{Rep}$ ), den Dieseldkosten ( $K_{DK}$ ) und den Schmiermittelkosten ( $K_S$ ) zusammen.

$$Kv_{AM\_Zug} = K_{Rep} + K_{DK} + K_S \quad (125)$$

Im Arbeitsverfahren fallen Kosten für den Ersatz von Verschleißmaterial und die Reparatur von Funktionsstörungen an. Die Reparaturkosten ( $K_{Rep}$ ) werden in Abhängigkeit von der Gesamtzeit des Arbeitsverfahrens ( $GZ_{Zug}$ ) oder der Leistung des Arbeitsmittels ( $L_{AM}$ ) im Arbeitsverfahren mit dem Reparaturkostenansatz ( $rk$ ) bewertet.

$$K_{Rep} = rk * GZ_{Zug} \quad (126)$$

Dieser ist abhängig von der Beanspruchung der Maschinen, Bedienung und entsprechender Wartung und Pflege, aber auch von der Verarbeitungsqualität. Diese Faktoren lassen sich nur als Erfahrungswerte oder als Mittelwerte aus großen Stichproben erfassen. Die Reparaturkosten werden nach den KTBL-Betriebsplanungsdaten (KTBL, 2008) angesetzt. Für die deutschen Maschinen ist dieser Ansatz angemessen, da diese Reparaturkostenansätze auf Erhebungen aus Deutschland von vergleichbaren Maschinenklassen basieren. Für die chinesischen Maschinen waren ähnliche Werte nicht verfügbar. Die Erfassung der im Projekt angefallenen Reparaturkosten anhand der Daten der Buchhaltung der Staatsfarm führte ebenfalls nicht zu zufriedenstellenden Ergebnissen, da der Stichprobenumfang zu klein war und außerplanmäßige Schäden (z.B. Getriebeschaden) zu großen Verzerrungen führten. Aus diesem Grund werden auch für die chinesischen Maschinen die KTBL-Ansätze verwendet. Diese enthalten jedoch auch die Kostenansätze für Arbeitszeit und Verschleiß- und Ersatzteilkosten auf deutschem Niveau, welche in China jedoch weit geringer einzuschätzen

sind. Aus diesem Grund wurde für alle Maschinen der drei Varianten nur die Hälfte des Reparaturkostenansatzes nach KTBL angesetzt.

#### 3.4.3.2.5 Betriebsstoffkosten – Diesel- und Schmiermittelverbrauch

Zum Betrieb von Arbeitsmitteln werden Betriebsstoffe wie Energieträger (Treibstoffe, Diesel), Schmierstoffe und Kühlmittel benötigt. Die Diesel- und Schmierstoffkosten stellen bei steigenden Treibstoffkosten, eine wichtige Kostengruppe im landwirtschaftlichen Produktionsverfahren dar. Gerade beim Dieselbedarf landwirtschaftlicher Zugmaschinen besteht durch moderne Getriebe ein hohes Einsparpotential. Auch bei den Maschinen des Demonstrationsbetriebes ist eine relative Einsparung an Betriebsstoffen zu erwarten. Deshalb wäre auch bei der ökonomischen Auswertung der Produktionsverfahren dieses Einsparungspotential zu bestimmen und zu beachten.

Die Dieseldkosten ( $K_{DK}$ ) berechnen sich aus dem flächenbezogenen Dieseldkraftstoffverbrauch ( $B_{ges}$ ) und dem Preis für Dieseldkraftstoff ( $p_D$ ). Für den Dieseldpreis wurden in der Projektregion erhobene durchschnittliche Preise für die Jahre 2010 - 2012 angesetzt (siehe Tabelle 28). Für den Verbrauch an Schmiermitteln ( $S_{ges}$ ) wird ein Ansatz ( $s$ ) von 1 % des Dieseldverbrauchs ( $B_{ges}$ ) angenommen und dieser mit dem im Projekt ermittelten Preis für Schmiermittel ( $p_S$ ) bewertet.

$$K_{DK} = B_{ges} * p_{DK} \quad (127)$$

$$S_{ges} = B_{ges} * \frac{s}{100} \quad (128)$$

$$K_S = S_{ges} * p_S \quad (129)$$

#### 3.4.3.2.6 Dieseldkraftstoffbedarf der Zugmaschinen im Arbeitsverfahren

Die Dieseldkosten sind abhängig vom maschinen- und verfahrensspezifischen Dieseldkraftstoffbedarf ( $B_{ges}$ ) der in den Produktionsverfahren eingesetzten Zugmaschinen. Aufgrund des zu erwartenden großen Einsparpotentials soll versucht werden diese ebenfalls zu erfassen.

##### a) Messung des Dieseldkraftstoffbedarfs im Feldversuch

Der Bedarf an Betriebsstoffen wie Dieseldkraftstoff und Schmiermittel ist nach KTBL (2010, S. 39) und Schreiber (2006, S. 1ff.) abhängig von verschiedenen technischen Eigenschaften des Arbeitsmittels, Schlages und des Arbeitsverfahrens:

- Verfahrensspezifische Merkmale
  - der erledigten Arbeit (Bodenbearbeitung - Transportfahrt)
  - Motorauslastung in der Hauptzeit und Teilzeiten (Arbeitsgeschwindigkeit, Drehzahl)
  - Ertrag, Ausbringmenge an Betriebsmitteln
- Schlagspezifischen Merkmale
  - Schlaggröße, -länge, -form, Feld-Hof / Feld-Feld Entfernung
  - Hangneigung

- Rollwiderstand und Schlupf
- Bodenart, Bodenwiderstand
- Maschinenspezifische Merkmale
  - Zugleistungsbedarf des Arbeitsgerätes, Gesamtgewicht
  - Getriebe
- Weitere Faktoren
  - Fähigkeiten des Fahrers (hohtouriges Fahren, Drehzahl)
  - Maschineneinstellung und –Bedienung (Reifendruck, Arbeitstiefe)

Die beste Möglichkeit den Dieselkraftstoffbedarf der eingesetzten Zugmaschinen zu berücksichtigen, ist es diesen mit wissenschaftlichen Methoden im Versuch zu erheben. Im Projekt zeigte sich jedoch schon recht früh, dass dies nicht möglich ist. Da die Maschinen oft am Feld, ohne geeichte Zapfsäulen, aus Dieselfässern betankt wurden, waren keine geeigneten Messverfahren vorhanden. Auch hätte man damit nur absolute Verbrauchswerte zu den Arbeitsverfahren ohne Bezug auf die Fläche erhalten. Weiterhin lagen durch die abweichenden Eigenschaften des Schlasses (Bodenart), der Maschinen (Gewicht, Zugleistungsbedarf), Maschineneinstellungen (Arbeitstiefe, Arbeitsgeschwindigkeit) keine homogenen Versuchsbedingungen (Ceteris-Paribus Prinzip) vor. Diese Faktoren sind kaum kontrollierbar, womit die Messergebnisse nur schwer oder gar nicht untereinander vergleichbar sind. Die im Arbeitsversuch gewonnen Dieselbedarfswerte weisen damit recht große Differenzen im auf, womit eine Übertragung von im Versuch gewonnen Ergebnissen zu einer Bewertung der Zugmaschinen nicht möglich wäre. Aus diesen Gründen wurde, für die Versuchsauswertung, der Dieselbedarf mit Hilfe eines Kalkulationsansatzes berechnet.

#### **b) Kalkulation des Dieselkraftstoffbedarfs nach Standardverbrauchsangaben nach KTBL**

Das Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL, 2008) verwendet einen kalkulatorischen Ansatz zur Berechnung des Dieselbedarfs je Stunde (l/h) der Arbeitsverfahren bei einer durchschnittlichen Motorauslastung von 40 %. Je nach Arbeitsverfahren ist es durch unterschiedliche Motorauslastung (Bodenbearbeitung - hoch; Transport - niedrig) nötig die Verbrauchswerte durch Zu- und Abschläge anzupassen. Obwohl dieser Ansatz in der Praxis sehr gebräuchlich ist stellen diese Werte nur eine grobe Näherung dar (Fröba und Funk, 2004).

#### **c) Kalkulation des Dieselkraftstoffbedarfs nach Schreiber**

Einen weiteren Kalkulationsansatz stellte Schreiber (2006) vor. Der Berechnungsalgorithmus, bei dem alle externen Einflussfaktoren (Bodenbearbeitungswiderstand, Rollwiderstand) konstant sind, und nur die arbeitsverfahrensspezifischen Einflussfaktoren (Gesamtgewicht, Zugkraftbedarf) variiert werden, hat den Vorteil, dass dadurch keine Variante durch heterogene Umweltvariablen bevorteilt wird. Zur Auswertung der Anbauverfahren wird das vereinfachte Kalkulationsverfahren zum Dieselkraftstoffbedarf nach Schreiber verwendet, welcher hier kurz erläutert werden soll. Die Grundlagen der Kalkulation wurden hier übernommen, in einem Tabellenkalkulationsprogramm

umgesetzt und mit den Versuchsdaten der untersuchten Arbeitsverfahren verknüpft. Eine Zusammenfassung der Berechnung wird anhand eines Beispiels für die Feldarbeit Aussaat und den dazugehörigen Teilarbeiten in Tabelle 92 bis Tabelle 96 im Anhang dargestellt.

In Formel (130) wird der Einfluss der Gesamtmasse durch die Gewichtskraft des Gesamtzuges ( $F_G$ ) einbezogen. Dazu wird die reale Masse der verwendeten Maschinen ( $m_{Zug}$ ;  $m_{AG}$ ) eingesetzt. Die Masse der Ladung ( $m_{Ladung}$ ) wird halbiert, da sich der Behälter in der Bearbeitung entleert.

$$F_G = \left( m_{Zug} + m_{AG} + \frac{m_{Ladung}}{2} \right) * 9,81 \frac{m}{s^2} \quad (130)$$

Der Einfluss des Laufwerks und des Zugkraftbedarfs wird durch die Zugkraft ( $F_{Zug}$ ) nach Formel (131) mit Hilfe der arbeitsbreitenbezogenen Zugkraft ( $F_{Zug_b}$ ) und der arbeitsbreiten- und tiefenbezogenen Zugkraft ( $F_{Zug_bt}$ ) ermittelt. Die Werte dazu wurden von Schreiber in entsprechenden Versuchsanstellungen ermittelt und hier den im Projekt verwendeten Maschinen zugeordnet (siehe Tabelle 92 im Anhang). Für den Rollwiderstandsbeiwert ( $\rho$ ) werden Parameter für verschiedene Böden verwendet (Tabelle 31), um in Formel (132) den Schlupf ( $\sigma$ ) zu berechnen. Die Gewichtskraft auf der Triebachse ( $F_{G\_Trieb}$ ) wird benötigt um den Triebkraftsbeiwert ( $k$ ) in Formel (133) zu berechnen. Dazu wird die Hinterachslast der Zugmaschine ( $m_{Zug\_h}$ ), die Stützlast des Arbeitsgeräts ( $m_{AG\_St}$ ) oder die Gesamtmasse des Arbeitsgeräts ( $m_{AG}$ ) addiert. Anschließend wird in Formel (135) mit dem Bodenzustandsfaktor ( $\rho$ ) die Nabenleistung ( $P_{Nabe}$ ) berechnet.

Tabelle 31: Parameter zur Dieserverbrauchsberechnung nach Schreiber (2006)

Parameter zur Dieserverbrauchsberechnung nach Schreiber, 2006								
Rollwiderstandsbeiwerte für landwirtschaftliche Reifen auf verschiedenen Böden		Parameter für das Triebkraftverhalten bei unterschiedlichen Bedingungen (Schlupf)			Parameter für Getriebeverluste bei unterschiedlichen Wirkungsgradeinstufungen			
Bodenzustand	$\rho$	Stufen	Faktoren			Stufen	Faktoren	
Asphalt	0,115		a	b	c		g1	g2
Feldweg; festgefahrene Fahrspur	0,050	Sehr gut	0,68	-0,70	-10,5	Gut	0,96	0,06
Trockener Stoppelacker	0,080	Gut	0,61	-0,67	-10,0	Mittel	0,92	0,08
Gegrubberter Acker, feucht; Saatbett	0,120	Mittel	0,54	-0,64	-9,5	Schlecht	0,88	0,10
Gepflügter Acker, sehr locker	0,160	Schlecht	0,46	-0,60	-9,0	Hydrostatisch	0,85	0,05

$$F_{Zug} = F_{Zug_b} * b_{AG} + F_{Zug_bt} * b_{AG} * t_{AG} \quad (131)$$

$$\sigma = \frac{\ln\left(\frac{k-a}{b}\right)}{c} \quad (132)$$

$$k = \frac{F_{Zug} + (F_G - F_{G\_Trieb}) * \rho}{F_{G\_Trieb}} \quad (133)$$

$$F_{G\_Trieb} = m_{Zug\_h} + m_{AG\_St} + m_{AG} \quad (134)$$

$$P_{Nabe} = (F_{Zug} + F_G * \rho) * \frac{v_{AG}}{1 - \sigma} \quad (135)$$

Durch einen vereinfachten Ansatz wird der Einfluss des Antriebsstranges durch unterschiedliche Wirkungsgrade der Getriebe erfasst. Dazu werden Parameter für Getriebeverluste bei verschiedenen Wirkungsgradeinstufungen (Tabelle 31) verwendet, um mit der Nabenleistung ( $P_{Nabe}$ ) und der Nennleistung der Zugmaschine ( $P_{Nenn}$ ) die Fahrleistung ( $P_{Fahr}$ ) zu erhalten.

$$P_{Fahr} = \frac{P_{Nabe}}{g1} + P_{Nenn} * g2 \quad (136)$$

Bei vielen Feldarbeiten wird zusätzlich zur Fahrleistung Motorleistung ( $P_{Motor}$ ) für Nebenantriebe (Zapfwelle) benötigt. Dazu wird die Leistung für mengenabhängige Arbeit ( $W_{Neben_m}$  - z.B.: Aus- und Einbringung von Betriebsmitteln), die Leistung für breiten- und tiefenabhängigen Arbeiten ( $P_{Neben_bt}$  - z.B.: angetriebene Bodenbearbeitungsgeräte) und rein breitenabhängigen Arbeiten ( $P_{Neben_b}$  - z.B.: pneumatische Sämaschine) mit den verfahrensspezifischen Werten für Arbeitsbreite ( $b_{AG}$ ), Arbeitstiefe ( $t_{AG}$ ) und Arbeitsgeschwindigkeit ( $v_{AG}$ ) des Arbeitsgerätes multipliziert.

$$P_{Motor} = P_{Fahr} + W_{Neben_m} * \frac{m_{BMges}}{A_F} * b_{AG} * v_{AG} + P_{Neben_bt} * t_{AG} * b_{AG} * P_{Neben_b} * b_{AG} \quad (137)$$

Zur Ermittlung des spezifischen Kraftstoffverbrauches wird in einem Motorkennfeld die optimale Arbeitskurve dargestellt, womit sich der spezifische Kraftstoffverbrauch in Abhängigkeit von der Motorauslastung ( $\frac{P_{Motor}}{P_{Nenn}}$ ) ermitteln lässt. Dabei wird zwischen dem spezifischen Kraftstoffverbrauch in Arbeitsverfahren mit unabhängiger (u) Motordrehzahl ( $b_{eM_u}$  - z.B. Bodenbearbeitung) und konstanter (k) Motordrehzahl ( $b_{eM_k}$  - z. B. Zapfwellenarbeiten, Pflegemaßnahmen, Transportarbeiten, Erntemaschinen) unterschieden.

$$b_{eM_u} = 457 - 980 * \frac{P_{Motor}}{P_{Nenn}} + 1260 * \left(\frac{P_{Motor}}{P_{Nenn}}\right)^2 - 523 * \left(\frac{P_{Motor}}{P_{Nenn}}\right)^3 \quad (138)$$

$$b_{eM_k} = 500 - 420 * \frac{P_{Motor}}{P_{Nenn}} + 160 * \left(\frac{P_{Motor}}{P_{Nenn}}\right)^2 \quad (139)$$

$$B_{Ht_u} = b_{eM_u} * P_{Motor} \quad (140)$$

$$B_{Ht_k} = b_{eM_k} * P_{Motor} \quad (141)$$

$$B_{HAu} = \frac{\frac{B_{Htu}}{\rho_D}}{LF(FA)} \quad (142)$$

$$B_{HAk} = \frac{\frac{B_{Htk}}{\rho_D}}{LF(FA)} \quad (143)$$

$$B_{ges} = (B_{HAk/u} * A_F) + B_S + B_{VZ} + B_{TR} \quad (144)$$

Um den flächenbezogenen Kraftstoffverbrauch ( $B_{HAu}$  und  $B_{HAk}$ ) der Teilarbeit Feldarbeit (FA) zu ermitteln wird der zeitbezogene Kraftstoffverbrauch ( $B_{Ht_u}$  und  $B_{Ht_k}$ ) in Abhängigkeit von der

Motorleistung ( $P_{Motor}$ ) berechnet. Schreiber nutzte zur Berechnung des flächenabhängigen Kraftstoffverbrauchs eine Näherungsformel um die Hauptzeit inklusive Wendezeiten zu schätzen. Dies ist hier nicht nötig, da Hauptzeit und Flächenleistung in der Kalkulation des Arbeitszeitbedarfs bereits berechnet wurde. Dazu wird die Flächenleistung in der Haupt- und Wendezeit (LF(FA)) dem Berechnungsverfahren der Teilarbeit Feldarbeit (FA) entnommen. Da in allen hier betrachteten Arbeitsverfahren Dieselkraftstoff verwendet wird, kann mit der Dichte des Diesels ( $\rho_{DK}$ ) der Dieserverbrauch in Litern ermittelt werden. Der flächenbezogene Gesamtbedarf an Dieselkraftstoff ( $B_{ges}$ ) wird anhand der Schlaggröße ( $A_F$ ) und dem Dieselbedarf der dazugehörigen Streckenfahrten ( $B_S$ ), Versorgungszeiten ( $B_{VZ}$ ) und Transportarbeiten ( $B_{TR}$ ) ermittelt. In Tabelle 93 im Anhang ist das komplette Berechnungsverfahren für Streckenfahrten, Versorgungszeiten und Transportarbeiten anhand eines Berechnungsbeispiels dargestellt.

### 3.4.3.3 Zinskosten der Arbeitserledigung

Die im Produktionsverfahren gebundenen Reparatur-, Wartungs- und Betriebsstoffkosten werden nach der verfahrensspezifischen Kapitalbindungsdauer ( $d_{KB}$ ) mit einem Zinssatz ( $p_z$ ) verzinst.

$$K_{Zins\_AE} = \left( \frac{(K_{Rep} + K_{DK} + K_S)}{2} \right) * d_{KB} * \frac{p_z}{100} \quad (145)$$

## 3.4.4 Vollkosten und kalkulatorischer Gewinnbeitrag

Zu den Direkt- und Arbeitserledigungskosten werden die Einzelkosten wie die Flächen- ( $K_{Fl}$ ), Gebäude- ( $K_{Geb}$ ), Rechte- ( $K_R$ ) und allgemeine Kosten ( $K_{allg}$ ) hinzu addiert um die Vollkosten des Produktionsverfahrens ( $K_{PV}$ ) zu erhalten. Zur Berechnung des kalkulatorischen Gewinnbeitrages ( $kGB$ ) werden nach Formel (147) die Vollkosten von den Leistungen abgezogen.

$$K_{PV} = K_{DK\_PV} + K_{AE\_PV} + K_{Fl} + K_{Geb} + K_R + K_{allg} \quad (146)$$

$$kGB = L - K_{PV} \quad (147)$$

### 3.4.4.1 Gebäude und Rechtekosten

Für landwirtschaftlich genutzte Gebäude entstehen Kosten ( $K_{Geb}$ ) für Abschreibung, Zinskosten für gebundenes Kapital, Unterhaltungskosten und Versicherungskosten (KTBL, 2010, S. 42). Für die Kalkulation der Produktionsverfahren im Projekt werden jedoch keine Gebäudekosten angesetzt, da es sich zu einem großen Teil um öffentliche und teilweise schon abgeschriebene Gebäude handelt. Ebenso werden hier keine Rechtekosten ( $K_R$ ) angesetzt.

### 3.4.4.2 Flächenkosten

„Über eine landwirtschaftlich Nutzfläche zu verfügen heißt, die Nutzungsrechte an der Fläche zu besitzen. Die Nutzungsrechte können unbefristet (z.B. durch Erbschaft oder Kauf) oder zeitlich

befristet (Pacht) sein.“ (KTBL, 2010, S. 41). Da für die Haushalte eine Pachtzahlung an die Staatsfarm anfällt werden diese Kosten für alle drei Varianten als Opportunitätskosten angesetzt. Da die Höhe der Natural-Pachtzahlung von der Bodenqualität abhängig ist (siehe Abschnitt 2.1.2.1), wurde hier bei einer mittleren Bodengüte für Sojabohnen 720 kg/ha (48 kg/mu) und für Sommerweizen 1.275 kg/ha (85 kg/mu) als Pachtansatz ( $p_{Fl}$ ) angenommen. Zur Berechnung der Flächenkosten ( $K_{Fl}$ ) wird der die Abgabemenge jeweils mit dem aktuellen Marktpreis des Haupternteproduktes ( $p_{HP}$ ) bewertet und mit der Schlagfläche ( $A_F$ ) multipliziert.

$$K_{Fl} = p_{Fl} * p_{HP} * A_F \quad (148)$$

#### 3.4.4.3 Allgemeine Kosten

Im landwirtschaftlichen Betrieb fallen Kosten an, welche nach dem Beanspruchungsprinzip dem Produkt oder Produktionsverfahren nicht eindeutig zuzuordnen sind und als allgemeine Kosten ( $K_{allg}$ ) zusammengefasst werden. Dazu zählen unter anderem die Betriebsführung ( $K_{Bf}$ ), Kosten für Hagelversicherung ( $K_{HV}$ ), Kosten für die Vorbereitung der Betriebsmittel ( $K_{VBM}$ ), Kosten für die Aufbereitung des Erntegutes ( $K_{Aufb}$ ) sowie sonstige Gemeinkosten ( $K_{sonst}$ ). Diese umfassen allgemeine Betriebsmittelkosten für Büromaterial, Versicherung, Steuern sowie allgemeine Arbeiten wie die Hof- und Gebäudepflege und allgemeine Transportarbeiten (KTBL, 2010, S. 44).

$$K_{allg} = K_{Bf} + K_{HV} + K_{VBM} + K_{Aufb} + K_{sonst} \quad (149)$$

##### a) Kosten für Hagelversicherung

Die Kleinbauern haben auch in China die Möglichkeit eine Versicherung gegen witterungsbedingte Ernteausfälle abzuschließen. Die jährlich anfallenden Beitragszahlungen betragen 60 - 120 RMB/ha (4 - 8 RMB/mu). Im Schadensfall wird der Verlust durch einen Sachverständigen der Versicherung geschätzt und ein Schadensausgleich ausgezahlt. In Nordostchina wird ein Teil der Zahlungen für Maßnahmen der Wetterbeeinflussung verwendet (siehe dazu Abschnitt 2.1)

##### b) Kosten für Betriebsführung

Für die Betriebsführung z. B. Leitung und Verwaltung (Aufzeichnungen, Kontrollen, Antrags- und Finanzwesen) fallen im Projektbetrieb und der Staatsfarm ebenfalls Kosten ( $K_{Bf}$ ) an. Dadurch dass die Arbeit der Staatsfarm- und Kommunalverwaltung nicht getrennt zu erfassen sind, wird mit einem prozentualen Ansatz ( $k_{bf}$ ) von 50 % der Gesamtkosten für Arbeitskräfte ( $K_{AK}$ ) kalkuliert.

$$K_{Bf} = K_{AK} * \frac{k_{bf}}{100} \quad (150)$$

### c) Kosten für die Aufbereitung des Erntegutes

Im Produktionsverfahren fallen Kosten für die Aufbereitung des Saat- und Erntegutes an. Dazu gehören Trocknungs-, Reinigungs- und Lagerkosten. Die Ernteprodukte am Projektstandort Ganhe werden nach der Ernte auf dem Gelände des Getreidelagers gewogen, die Kornfeuchte bestimmt, bei Bedarf getrocknet, vom Besatz gereinigt, eingelagert oder zum Verkauf abgesackt und verladen. Die dabei anfallenden Kosten für Arbeitskräfte und Maschinen lassen sich am Projektstandort nur schwer erfassen und nicht direkt zuordnen, weshalb diese unter die allgemeinen Kosten fallen. Als Kostenansatz werden die langjährigen Durchschnittskosten der Buchhaltung Ganhe genutzt.

$$K_{Aufb} = (k_{Rei} + k_{Tro} + k_{Lager}) * A_F \quad (151)$$



Abbildung 33: Maschinen im Arbeitsverfahren Trocknung – Reinigung – Lagerung

Trocknungskosten ( $k_{Tro}$ ) fallen in der Regel nur für Sommerweizen und Mais an. Die Sojabohnen dagegen, werden meist mit einer Kornfeuchte von 14% gedroschen und müssen nur bei extremer Witterung getrocknet werden. Sommerweizen wird in der Projektregion üblicherweise flachausgebretet auf Betonflächen durch die Sonne getrocknet, da bisher keine Trocknungsanlagen vorhanden waren und dieses Trocknungsverfahren als die kostengünstigere Variante angesehen wird. Dazu wird das Getreide auf einer ebenen Fläche, etwa 20 - 30 cm dick ausgebreitet und regelmäßig durch Arbeiter oder Traktoren gewendet. Je nach Kornfeuchte und Sonnenintensität dauert die Trocknung 5 - 10 Tage. Jedoch entstehen dabei auch große Verluste durch das mechanische Wenden und Überfahren der Körner mit den Maschinen.

Reinigungskosten ( $k_{Rei}$ ) fallen nach der Ernte an, da die Produkte für den Verkauf oder die Lagerung von Fremdbesatz und Bruchkorn gereinigt werden müssen. In Ganhe werden dazu Siebmachines mit hohem Arbeitszeitbedarf genutzt (Abbildung 33). Lagerkosten ( $k_{Lager}$ ) fallen in den Produktionsverfahren nur an, wenn ein Teil der Ernte im Betrieb für einen späteren Verkauf eingelagert wird. Dazu werden für Sojabohnen traditionell runde Schilfstrohsilos verwendet. Weizen wird dagegen lose oder abgesackt in mit Folie bedeckten Stapeln gelagert. Erst in den letzten Jahren kamen moderne Lagerformen wie Lagerhallen oder Stahl- und Betonsilos auf.

#### d) Kosten für die Vorbereitung der Betriebsmittel

Zur Vorbereitung der Betriebsmittel fallen allgemeine Kosten für das Mischen des Düngers und Beizung des Saatgutes an. Um eine optimale Nährstoffzufuhr zu erreichen, werden in der Regel verschiedene Düngemittel gemischt. Ebenso muss das zugekaufte und selbstproduzierte Saatgut im Betrieb gebeizt werden, wofür ebenfalls Kosten anfallen.

#### e) sonstige Gemeinkosten

Alle weiteren im Betrieb anfallenden sonstigen Kosten, die keinem Produktionsverfahren oder Betriebszweig direkt zugeordnet werden können, werden unter den sonstigen Gemeinkosten zusammengefasst. Für die Auswertung der Projektdaten wurde dazu ein flächenabhängiger Ansatz ( $k_{sonst}$ ) aus der Buchhaltung der Staatsfarm Ganhe genutzt.

$$K_{sonst} = k_{sonst} * A_F \quad (152)$$

Die pauschalen Ansätze für die allgemeinen Kosten (Tabelle 32) wurden größtenteils den Daten der Buchhaltung der Staatsfarm Ganhe entnommen. Die Kosten für Betriebsführung konnten anteilig aus dem kalkuliertem Arbeitskraftbedarf der Produktionsverfahren berechnet werden. Trotzdem liegen die Allgemeinen Kosten der drei Varianten auf einem recht ähnlichen Niveau.

Tabelle 32: Allgemeine Kosten der Produktionsverfahren 2010 - 2012 [RMB/ha]

Allgemeine Kosten der Produktionsverfahren 2010 - 2012 [RMB/ha]									
Jahr / Schlag	2010 - Brig 5			2011 - Brig 10			2012 - Brig 5		
Variante [RMB/ha]	Demo-farm	Staats-farm	Haus-halt	Demo-farm	Staats-farm	Haus-halt	Demo-farm	Staats-farm	Haus-halt
<b>Sommerweizen und Sojabohnen</b>									
Vorbereitung Betriebsmittel	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Lagerung	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Hagelversicherung	60	60	60	60	60	60	60	60	60
<b>Sommerweizen</b>									
Flächenkosten (Pacht)	2295	2295	2295	2295	2295	2295	2550	2550	2550
Reinigung	135	135	135	135	135	135	135	135	135
Trocknung	45	45	45	45	45	45	45	45	45
Betriebsführung	36	45	57	52	64	77	48	49	66
Sonstige Gemeinkosten	30	30	30	30	30	30	30	30	30
<b>Einzel- und Gemeinkosten</b>	<b>2760</b>	<b>2816</b>	<b>2882</b>	<b>2769</b>	<b>2787</b>	<b>2852</b>	<b>3395</b>	<b>3398</b>	<b>3460</b>
<b>Sojabohnen</b>									
Flächenkosten (Pacht)	2430	2430	2430	2430	2430	2430	3043	3043	3043
Reinigung	90	90	90	90	90	90	90	90	90
Trocknung	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Betriebsführung	37	93	159	46	64	130	60	63	124
Sonstige Gemeinkosten	120	120	120	120	120	120	120	120	120
<b>Einzel- und Gemeinkosten</b>	<b>2760</b>	<b>2816</b>	<b>2882</b>	<b>2769</b>	<b>2787</b>	<b>2852</b>	<b>3395</b>	<b>3398</b>	<b>3460</b>

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Erträge der On-Farm Experimente

In den On-Farm Experimenten wurde das Prüfmerkmal Ertrag der drei Produktionsverfahren getestet. Die Erfassung des Prüfmerkmals mit Hilfe des Ertragskartierungssystems konnte erfolgreich in allen drei Versuchsjahren durchgeführt werden. Die gesamten Ergebnisse der Ertrags erfassungsansätze und Ergebnisse nach Bearbeitung und Filterung befinden sich im Anhang (Tabelle 60 bis Tabelle 65).

#### 4.1.1 Sommerweizen

In Tabelle 33 sind die für Sommerweizen erfassten Erträge der Realwiegung (RW), den unbearbeiteten Rohdaten der Ertragskartierung (EK-Rohdaten) sowie den mit der Realwiegung korrigierten und gefilterten Ertragsdaten (EK-Auswert.) dargestellt. Vergleicht man diese Bearbeitungsschritte der Ertragsdaten miteinander, erkennt man wie sich das mittlere Ertragsniveau verändert.

Tabelle 33: Erträge der On-Farm Experimente für Sommerweizen

Zusammenfassung der Erträge der On-Farm Experimente für Sommerweizen [dt/ha]												
Parzelle	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Mittelwerte		
Variante	Demo-farm	Staats-farm	Haus-halt	Demo-farm	Staats-farm	Haus-halt	Demo-farm	Staats-farm	Haus-halt	Demo-farm	Staats-farm	Haus-halt
<b>Sommerweizen 2010 - Brigade 5</b>												
Realwiegung	18,88	19,33	29,28	20,84	24,46	32,88	31,65	32,52	21,11	23,79	25,44	27,76
EK-Rohdaten	21,50	22,87	32,04	30,39	30,82	41,99	38,27	38,05	35,18	29,72	30,41	36,13
EK-Auswert.	19,85	21,13	27,62	25,64	30,20	36,62	33,33	40,98	34,90	26,27	30,77	33,05
<b>Sommerweizen 2011 - Brigade 10 *</b>												
Realwiegung	40,24	37,69	34,41	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EK-Rohdaten	36,37	36,34	31,83	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EK-Auswert.	46,85	43,19	39,70	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Sommerweizen 2012 - Brigade 5 **</b>												
Realwiegung	41,14	42,74	38,75	44,10	39,85	41,40	45,38	40,04	43,21	43,54	40,88	41,12
EK-Rohdaten	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EK-Auswert.	39,81	41,70	42,31	42,14	41,27	41,23	44,44	40,90	40,94	42,13	41,29	41,49

\* 2011 - Fehler in Versuchsdurchführung – nur 3 Parzellen, 1 Block zur Auswertung

\*\* 2012 - Fehler im Druschmanagement - keine parzellenspezifischen Wiegeungen der Ernte

Die Rohdaten der Ertragskartierung weichen wie in Abschnitt 2.2.4 beschrieben meist von der Realwiegung ab. Im ersten Bearbeitungsschritt werden diese Fehlmessungen, so weit möglich, gefiltert und gelöscht. Dadurch steigt der mittlere Ertrag der Parzellen an, da meistens mehr Punkte mit geringem Ertrag gelöscht werden als solche mit hohem Ertrag. Zwar kann dadurch die Aussagekraft der Daten verbessert werden, jedoch bleiben relative Abweichungen im Ertragsniveau zwi-

schen Realwiegung und Ertragskartierung (EK-Rohdaten) bestehen. Durch die prozentuale parzellenspezifische Korrektur der Ertragsdaten mit Hilfe der Realwiegung (siehe Abschnitt 3.2.6.1), wurde ein wirklichkeitsgetreues Ertragsniveau der Parzellen wiederhergestellt. Jedoch kann dadurch die absolute Höhe der Korrektur zwischen den Parzellen voneinander abweichen. Vor der anschließenden statistischen Auswertung wurden die Vorgewende und Randstreifen entfernt, so dass die Mittelwerte der Auswertungsdaten (EK-Auswert.) wiederum von denen der Realwiegung abweichen können.

#### 4.1.2 Sojabohnen

Wie sich an den Ertragsdaten der Sojabohnen (Tabelle 34) zeigte, sind die Ergebnisse der Ertragskartierung jederzeit zu hinterfragen. So kam es im Versuchsjahr 2012 zu technisch bedingten Fehlmessungen und Fehlern im Druschmanagement durch das Überfahren von Parzellengrenzen. Dadurch kam es zu großen Abweichungen der Ertragsdaten im Vergleich zu den Erträgen der Realwiegung, weshalb in 2012 die drei betroffenen Parzellen (1, 8 und 9) für die Auswertung verworfen werden mussten.

Tabelle 34: Erträge (KF 14 %) der On-Farm Experimente für Sojabohnen

Zusammenfassung der Erträge der On-Farm Experimente für Sojabohnen [dt/ha]												
Parzelle	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Mittelwerte		
Variante	Demo-farm	Staats-farm	Haus-halt	Demo-farm	Staats-farm	Haus-halt	Demo-farm	Staats-farm	Haus-halt	Demo-farm	Staats-farm	Haus-halt
<b>Sojabohnen 2010 - Brigade 10</b>												
Realwiegung	10,78	20,36	20,07	20,44	20,28	24,35	21,65	21,55	22,56	<b>17,62</b>	<b>20,73</b>	<b>22,33</b>
EK - Rohdaten	12,86	20,38	25,56	21,47	21,20	27,63	24,36	21,20	26,75	<b>19,56</b>	<b>20,92</b>	<b>26,65</b>
EK - Auswert.	11,11	20,79	19,92	20,92	19,48	25,95	22,37	22,79	25,79	<b>18,13</b>	<b>21,02</b>	<b>23,89</b>
<b>Sojabohnen 2011 - Brigade 5</b>												
Realwiegung	27,93	25,92	27,27	29,37	28,21	27,88	27,12	30,60	29,37	<b>28,14</b>	<b>28,24</b>	<b>28,17</b>
EK - Rohdaten	25,01	26,45	30,03	29,95	29,05	25,65	26,53	28,41	27,69	<b>26,89</b>	<b>27,94</b>	<b>27,80</b>
EK - Auswert.	27,04	29,05	27,83	29,99	29,44	25,63	29,20	29,28	28,35	<b>28,74</b>	<b>29,26</b>	<b>27,27</b>
<b>Sojabohnen 2012 - Brigade 10 *</b>												
Realwiegung	<i>17,21</i>	17,23	15,93	18,45	17,67	15,80	18,04	<i>15,60</i>	20,22	<b>18,24</b>	<b>17,45</b>	<b>15,87</b>
EK - Rohdaten	<i>36,78</i>	20,37	27,32	20,21	19,87	23,36	18,50	<i>18,66</i>	22,74	<b>19,35</b>	<b>20,12</b>	<b>25,34</b>
EK - Auswert.	<i>16,42</i>	15,13	14,87	19,84	18,06	16,13	19,92	22,48	17,23	<b>19,88</b>	<b>16,60</b>	<b>15,50</b>

\* Fehler im Druschmanagement – 3 Parzellen (kursiv) nicht zur Auswertung verwendet

Interessant sind die Ergebnisse auch zur Beurteilung der Dammsaat. Bisher war in der Projektregion der Anbau von Reinkulturen wie Sojabohnen und Mais in Dämmen obligatorisch zur Erzielung hoher Erträge (siehe Abschnitt 3.1.1). Wie sich in den Ergebnissen für Sojabohnen des Demonstrationbetriebes zeigte, ist es durchaus auch in Flachs Saat ohne Damm möglich vergleichbare (2011) oder höhere Erträge (2012) zu erzielen. Bei den Bedingungen von Klima und Boden in der Projektregion hat die Dammsaat mit Unterfußdüngung durchaus Vorteile. Die chinesischen Anbauverfahren sind gut an die suboptimalen Bedingungen mit schlechter Bodenstruktur und Bodenverdichtungen und den daraus folgenden Beeinträchtigungen des Wasser- und Sauerstoffhaushaltes angepasst. Höchstwahrscheinlich führten diese Bedingungen im ersten Versuchsjahr (2010)

auch zu dem Minderertrag des Demonstrationsbetriebes gegenüber den chinesischen Varianten. Erst durch die Maßnahmen zur Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit (tiefe Bodenbearbeitung, PK-Düngung, etc.) wurden die Erträge gesteigert.

Zu den im On-Farm Experiment ermittelten Erträgen stellt sich abschließend die Frage, in wieweit die ermittelten Erträge der Produktionsverfahren, dem Ertragspotential des Standortes entsprechen. Bei den Feldversuchen liegt der Verdacht nahe, dass die Ergebnisse der Produktionsverfahren im Vergleich zu den Feldern im normalen Produktionszyklus auf den umliegenden Standorten, durch „bevorzugtes“ Management höher ausfallen. Besonders die Erträge der Variante Sojabohnen des Haushalts im Versuchsjahr 2010 erzielten einen großen Mehrertrag gegenüber der Variante Demofarm und Haushalt und sorgte damit für Diskussionen.

Neben den Versuchsflächen wurden alle untersuchten Produktionsverfahren nahezu parallel, mit einheitlicher Bewirtschaftung auf den Schlägen der Staatsfarm, Haushalte und des Demonstrationsbetriebes durchgeführt. Im Projektverlauf wurde ein Teil der Flächen ebenfalls mit dem Ertragsmesssystem erfasst, womit sich näherungsweise das durchschnittliche Ertragsniveau der Produktionsverfahren in der Region abschätzen lässt (Tabelle 35). Damit lassen sich die Erträge der On-Farm Experimente mit Geostatistik (OFE-Geostatistik) mit dem durchschnittlichen Ertrag von Referenzschlägen in der Projektregion (Ertrag Referenzschläge) vergleichen. Jedoch konnte der Einfluss von Sorten, Düngung und anderen Faktoren nicht erfasst werden, womit das Ceteris-Paribus Prinzip nicht beachtet wird und damit die Aussagekraft dieses Vergleichs auf die Wirkung des gesamten Produktionsverfahrens begrenzt ist. Auch wenn nicht für jede Frucht und Jahr genügend Referenzschläge vorhanden waren, zeigt sich, dass das Ertragsniveau der Versuchspartellen auch auf den Referenzschlägen erreicht wird. Dies weist darauf hin dass die Erträge der verschiedenen Varianten im Versuch nicht von denen in den anderen Praxisschlägen abweichen und damit auch plausibel und repräsentativ für die Region sein können. Einzig die Erträge des Sommerweizens im Jahr 2011 erscheinen hoch im Vergleich zu den Erträgen der Referenzschläge.

Tabelle 35: Vergleich der Erträge der OF- Experimente mit Referenzschlägen

<b>Vergleich der Erträge der On-Farm Experimente mit Ertragsdaten von Referenzschlägen [dt/ha]</b>									
<b>Jahr</b>	<b>2010</b>			<b>2011</b>			<b>2012</b>		
<b>Variante</b>	<b>Demo-farm</b>	<b>Staats-farm</b>	<b>Haus-halt</b>	<b>Demo-farm</b>	<b>Staats-farm</b>	<b>Haus-halt</b>	<b>Demo-farm</b>	<b>Staats-farm</b>	<b>Haus-halt</b>
<b>Sommerweizen</b>									
Ertrag OFE Geostatistik	26,96	25,19	33,02	46,98	43,59	37,87	40,88	40,78	41,82
Ertrag Referenzschläge	n.v.	34,79	35,05	34,56	33,06	32,34	39,62	n.v.	n.v.
Anzahl Referenzschläge	n.v.	1	3	1	1	1	1	n.v.	n.v.
<b>Sojabohnen</b>									
Ertrag OFE Geostatistik	18,48	19,76	23,6	28,35	29,00	27,72	21,88	14,46	16,05
Ertrag Referenzschläge	n.v.	19,69	24,6	n.v.	19,44	18,37	n.v.	17,92	n.v.
Anzahl Referenzschläge	n.v.	13	13	n.v.	2	3	n.v.	2	n.v.

Quelle: Staatsfarm Ganhe (2010-2012) und Ertragskartierungssystem, siehe Tabelle 67 im Anhang

## 4.2 Statistische Auswertung der On-Farm Experimente

Die statistische Auswertung erfolgt mit zwei verschiedenen Auswertungsansätzen, der Auswertung als Blockanlage mit der Varianzanalyse (ANOVA) und der Geostatistik. Die Ergebnisse der statistischen Auswertung der Ertragsdaten sind in Tabelle 36 für Sommerweizen und in Tabelle 37 für Sojabohnen dargestellt.

### 4.2.1 Sommerweizen

Tabelle 36: Ergebnisse ANOVA und Geostatistik (LGM): Sommerweizen

Auswertungsergebnisse ANOVA und Geostatistik (LGM): Sommerweizen 2010 - 2012									
	2010			2011 *			2012		
	Demo-farm	Staats-farm	Haus-halt	Demo-farm	Staats-farm	Haus-halt	Demo-farm	Staats-farm	Haus-halt
EC25 - Mittelwert [mS]	46,66	51,37	52,69	46,47	47,70	49,15	47,91	50,13	51,61
Ertrag2009 –Mittelw. [dt/ha]	13,20	12,40	11,84	17,26	16,87	17,44	13,02	13,14	12,50
Ertrag – Mittelwerte [dt/ha]	25,54	30,54	31,48	46,85	43,19	39,70	42,27	41,23	41,57
<b>Auswertung als Blockanlage (ANOVA)</b>									
LSMeans [dt/ha]	26,28	30,77	33,05	46,85	43,19	39,70	42,13	41,29	41,55
Vergleich Varianten	1 - 2	1 - 3	2 - 3	1 - 2	1 - 3	2 - 3	1 - 2	1 - 3	2 - 3
Diff. – Varianten [dt/ha]	-4,50	-6,77	-2,28	3,66	7,15	3,49	0,84	0,58	-0,26
Freiheitsgrade	4,00	4,00	4,00	<i>n.v.</i>	<i>n.v.</i>	<i>n.v.</i>	4,00	4,00	4,00
Pr >  t	0,2178	0,0925	0,5003	<i>n.v.</i>	<i>n.v.</i>	<i>n.v.</i>	0,5621	0,6869	0,8529
<b>Geostatistik – lineares gemischtes Modell (LGM)</b>									
LSMeans [dt/ha]	<b>26,96</b>	<b>25,19</b>	<b>33,02</b>	46,98	43,59	37,87	40,88	40,78	41,82
Vergleich Varianten	1 - 2	1 - 3	2 - 3	1 - 2	1 - 3	2 - 3	1 - 2	1 - 3	2 - 3
Diff. – Varianten [dt/ha]	1,76	-6,06	-7,83	3,39	9,11	5,72	0,10	-0,94	-1,04
Freiheitsgrade	790,00	853,00	796,00	<i>n.v.</i>	<i>n.v.</i>	<i>n.v.</i>	36,60	43,00	32,10
Pr >  t	<b>0,0254</b>	<b>0,0001</b>	<b>0,0001</b>	<i>n.v.</i>	<i>n.v.</i>	<i>n.v.</i>	0,9376	0,6836	0,4670

fett gedruckte Differenzen sind statistisch signifikant (t-Test, Signifikanzniveau  $\alpha = 0,05$ )

\* 2011 - Fehler in Versuchsdurchführung – nur 3 Parzellen, 1 Blocks zur Auswertung

Wie in Tabelle 36 dargestellt wurden in der varianzanalytischen Auswertung als Blockanlage für Sommerweizen in 2010 und 2012 keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten nachgewiesen. Das Versuchsjahr 2011 war statistisch nicht auswertbar, da nur eine Wiederholung geerntet und mit dem Ertragskartierungssystem erfasst werden konnte. Zur Vollständigkeit wurden die Ergebnisse trotzdem dargestellt (kursiv gedruckt). In der geostatistischen Auswertung mit dem linearen gemischten Modell (LGM) konnten in 2010 statistisch signifikante Unterschiede zwischen allen drei Varianten festgestellt werden. Die Variante Haushalt hatte dabei mit 33,02 dt/ha den höchsten Ertrag, während in der Variante des Demonstrationbetriebes nur 26,96 dt/ha geerntet werden konnten. Im Versuchsjahr 2012 wurden keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Produktionsverfahren festgestellt.

Auffällig ist dabei die Differenz zwischen den LSMeans der ANOVA und den LSMeans des LGM. Diese lassen sich durch die Einbeziehungen von Kovariablen (EC25 und Ertrag in 2009) und räumlichen Kovarianzstrukturen (geostatistisches Modell) erklären. Ebenso hat die Aufstellung und Wahl des Auswertungsmodells einen Einfluss auf die Ergebnisse. So zeigen die Parzellen der Staatsfarm, im Vergleich zu denen der Demofarm, im Mittel höhere EC25-Werte und im Vergleich

zum Haushalt höhere historische Erträge in 2009, womit auf ein im Mittel höheres Ertragspotential der Parzellen der Staatsfarm geschlossen werden kann. Jedoch kann hier der Einfluss einzelner Kovariablen auf die LSMeans nicht quantifiziert werden.

#### 4.2.2 Sojabohnen

Die Auswertungsergebnisse für Sojabohnen zeigen ein ähnliches Bild. In der Auswertung als Blockanlage wurden in 2010 und 2011 keine statistisch signifikanten Unterschiede gefunden. Nur zwischen Variante 1 und 3 im Versuchsjahr 2012 besteht eine statistisch signifikante Differenz. In der geostatistischen Auswertung wurden zusätzlich dazu, im Jahr 2010 zwischen allen Varianten statistisch signifikante Unterschiede festgestellt. Im ersten Versuchsjahr erreichte die Variante Haushalt den höchsten Ertrag vor der Staatsfarm und dem Demonstrationsbetrieb. Im zweiten Versuchsjahr konnten dagegen keine statistischen Unterschiede zwischen den Produktionsverfahren erreicht werden, so dass davon ausgegangen werden muss das kein Mehrertrag durch die neuen Produktionsverfahren erzielt wurde. Erst im dritten Versuchsjahr, nachdem die Produktionsverfahren des Demonstrationsbetriebes an die Bedingungen angepasst wurden und die Maßnahmen zur Steigerung der Bodenfruchtbarkeit griffen, konnte ein statistisch signifikanter Mehrertrag gegenüber den chinesischen Varianten erzielt werden. Damit ist bei günstigen Bedingungen ein Dammanbau auch in der Region Nordostchina nicht zwingend notwendig. Jedoch zeigte sich auch, dass unter suboptimalen Bedingungen wie im ersten Versuchsjahr, der Dammanbau mit Unterfußdüngung Vorteile besitzt und höhere Erträge erzielen kann.

Tabelle 37: Ergebnisse ANOVA und Geostatistik (LGM): Sojabohnen

Auswertungsergebnisse ANOVA und Geostatistik (LGM): Sojabohnen 2010 - 2012									
	2010			2011			2012		
	Demo-farm	Staats-farm	Haus-halt	Demo-farm	Staats-farm	Haus-halt	Demo-farm	Staats-farm	Haus-halt
EC25 - Mittelwert [mS]	44,26	45,08	45,81	37,26	40,61	41,17	45,31	46,05	48,28
Ertrag2009 –Mittelwert [dt/ha]	14,45	14,71	13,84	12,99	12,91	12,45	13,89	16,17	15,18
Ertrag – Mittelwerte [dt/ha]	18,22	21,04	23,74	28,28	29,25	27,37	19,88	16,65	15,52
Auswertung nach Blockanlage (ANOVA)									
LSMeans [dt/ha]	18,14	21,02	23,95	28,74	29,26	27,27	19,88	16,59	15,50
Vergleich Varianten	1 - 2	1 - 3	2 - 3	1 - 2	1 - 3	2 - 3	1 - 2	1 - 3	2 - 3
Diff. – Varianten [dt/ha]	-2,89	-5,81	-2,92	-0,52	1,47	1,99	3,28	4,38	1,10
Freiheitsgrade	4	4	4	4	4	4	2	2	2
Pr >  t	0,3122	0,0807	0,3071	0,6688	0,2577	0,1498	0,0834	<b>0,0496</b>	0,3927
Geostatistik – lineares gemischtes Modell (LGM)									
LSMeans [dt/ha]	18,48	19,76	23,60	28,35	29,00	27,72	21,88	14,46	16,05
Vergleich Varianten	1 - 2	1 - 3	2 - 3	1 - 2	1 - 3	2 - 3	1 - 2	1 - 3	2 - 3
Diff. – Varianten [dt/ha]	-1,29	-5,13	-3,84	-0,65	0,63	1,28	7,42	5,83	-1,59
Freiheitsgrade	618	1092	576	38,3	45,4	37,9	17,3	9,96	24,3
Pr >  t	<b>0,0263</b>	<b>0,0001</b>	<b>0,0001</b>	0,3457	0,5600	0,0541	<b>&lt;,0001</b>	<b>0,0006</b>	0,1228

(fett gedruckte Differenzen sind statistisch signifikant (t-Test, Signifikanzniveau  $\alpha = 0,05$ )

### 4.3 Ökonomische Auswertung der Produktionsverfahren

In diesem Abschnitt sollen die Ergebnisse der ökonomischen Auswertung dargestellt werden. Neben der Auswertung der tatsächlichen Versuchsdaten (Versuchsauswertung) wurden zwei weitere Betrachtungsansätze (Szenarien) entwickelt, in denen von den tatsächlichen Versuchsbedingungen abgewichen wird um eine mögliche Entwicklung der Kostenstrukturen bei optimalen Versuchsbedingungen (Szenario 1) und bei zukünftigen Entwicklungen (Szenario 2) aufzuzeigen. Die Unterschiede der Betrachtungsansätze (fettgedrucktes wird variiert) sind in Tabelle 38 und in der Schlagkartei für Szenario 1 und 2 im Anhang (Tabelle 110 bis Tabelle 116) dargestellt.

Tabelle 38: Betrachtungsansätze (Szenarien) der Produktionsverfahren

<b>Betrachtungsansätze (Szenarien) der Produktionsverfahren</b>			
<b>Betrachtungsansatz/ Bezeichnung</b>	<b>Versuchsauswertung</b>	<b>Szenario 1 Maschineninvestition + "gute fachliche Praxis"</b>	<b>Szenario 2 Zukunftsszenario („Ganhe 2020“)</b>
<b>Arbeiterledigungskosten</b>			
Maschineneinsatz und Arbeitsverfahren	Versuchsdaten	<b>Demo: Maschineninvestition</b>	<b>Demo: Maschineninvestition</b>
		<b>Staat: nur eigene Maschinen</b>	<b>Staat: nur eigene Maschinen</b>
		<b>Haus: nur eigene Maschinen</b>	<b>Haus: nur eigene Maschinen</b>
<b>Direktkosten: Betriebsmittelmengen</b>			
Saatgut	Versuchsdaten	<b>einheitliche Saatmengen</b>	<b>einheitliche Saatmengen</b>
Düngung	Versuchsdaten	<b>Düngung nach Entzug</b>	<b>Düngung nach Entzug</b>
Pflanzenschutz	Versuchsdaten	<b>"gute fachliche Praxis"</b>	<b>"gute fachliche Praxis"</b>
<b>Direktkosten: Betriebsmittelpreise</b>			
Saatgutkosten	Versuchsdaten	Versuchsdaten	<b>+ 20 %</b>
Düngerkosten	Versuchsdaten	Versuchsdaten	<b>+ 20 %</b>
Pflanzenschutzpreise	Versuchsdaten	Versuchsdaten	<b>+ 20 %</b>
<b>Arbeiterledigungskosten: Betriebsstoffe, Lohnansatz, Schlagfläche, Wechselkurs</b>			
Dieselskosten	Versuchsdaten	Versuchsdaten	<b>+ 20 %</b>
Lohnansatz	Versuchsdaten	Versuchsdaten	<b>200 %</b>
Mittlere Schlagfläche	Versuchsdaten	Versuchsdaten	<b>40 ha</b>
Wechselkurs (€:RMB)	1 : 8,25	1 : 8,25	<b>1 : 6</b>
<b>Leistungen</b>			
Ertrag	LSMeans - Geostatistik	LSMeans - Geostatistik	<b>Durchschnittsertrag</b>

#### 4.3.1 Versuchsauswertung der On-Farm Experimente

In der ersten Betrachtung (Versuchsauswertung) werden die im OF-Experiment tatsächlich angefallenen Kosten für Betriebsmittel und Arbeiterledigung dargestellt. Dazu wurde der Betriebsmitteleinsatz sowie der Arbeits- und Maschineneinsatz nach den in der Versuchsdokumentation erfassten Mengen und Kosten zur Berechnung genutzt (siehe Anhang Tabelle 104 bis Tabelle 109).

Die Leistungen entsprechen den in der geostatistischen Auswertung der On-Farm Experimente ermittelten Erträgen und deren Bewertung mit entsprechenden Marktpreisen. Die entstandenen Mehrkosten der Demofarm für die Maßnahmen zur Bodenverbesserung und moderne Maschinen wirkten sich nicht wie erwartet positiv auf die Erträge aus, womit der Demonstrationsbetrieb in Sommerweizen die geringsten Leistungen besitzt. Nur im zweiten Versuchsjahr (2011) wurden

eine Ertragssteigerung und ein mit den chinesischen Verfahren vergleichbares ökonomisches Ergebnis erreicht. Diese Ertragsteigerung ist jedoch durch fehlende Wiederholungen nicht statistisch abgesichert und damit zu hinterfragen.

In der Versuchsauswertung für Sommerweizen (Tabelle 39 sowie im Anhang Tabelle 117) weist der Haushalt in allen Versuchsjahren (außer 2011) die niedrigsten und der Demonstrationsbetrieb dagegen die höchsten Direkt – und Arbeiterledigungskosten auf. Die Kosten der Staatsfarm sind im Vergleich zum Haushalt etwas höher, womit auch etwas geringere DAEKfL erzielt wurden.

Tabelle 39: Ergebnisse Versuchsauswertung – Sommerweizen (2010 – 2012)

<b>Versuchsauswertung OFE - Ergebnisse des Produktionsverfahrens Sommerweizen (2010 - 2012) [RMB/ha]</b>									
<b>Jahr / Schlag</b>	<b>2010 - Brig 5</b>			<b>2011 - Brig 10*</b>			<b>2012 - Brig 5</b>		
<b>Variante [RMB/ha]</b>	<b>Demo-farm</b>	<b>Staats-farm</b>	<b>Haus-halt</b>	<b>Demo-farm</b>	<b>Staats-farm</b>	<b>Haus-halt</b>	<b>Demo-farm</b>	<b>Staats-farm</b>	<b>Haus-halt</b>
Ertrag [kg/ha]	2.707	2.527	3.316	4.776	4.364	3.734	4.088	4.078	4.182
Marktpreis [RMB/kg]	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	2	2	2
Subventionen	555	555	555	555	555	555	555	555	555
<b>Leistung (ohne Subvention)</b>	<b>4.873</b>	<b>4.549</b>	<b>5.969</b>	<b>8.597</b>	<b>7.855</b>	<b>6.721</b>	<b>8.176</b>	<b>8.156</b>	<b>8.364</b>
Saatgut	918	1.053	911	884	1.020	918	625	938	938
Dünger	1.892	1.046	858	2.392	1.311	1.298	3.696	1.193	1.193
PSM	188	89	46	162	199	183	121	147	147
Wasser/sonstige	8	4	2	6	7	8	8	7	6
Zinsansatz	30	22	18	34	25	24	45	23	23
Direktkosten	3.036	2.214	1.835	3.478	2.562	2.432	4.496	2.308	2.307
<b>Direktkostenfreie Leistung</b>	<b>1.837</b>	<b>2.335</b>	<b>4.133</b>	<b>5.119</b>	<b>5.294</b>	<b>4.289</b>	<b>3.680</b>	<b>5.849</b>	<b>6.057</b>
Reparaturkostenansatz	274	260	210	286	287	237	281	240	208
Dieselmkosten	312	311	282	451	463	419	457	403	398
variable Maschinenkosten	586	571	492	737	750	655	738	643	606
Lohnkosten	71	90	114	105	128	155	95	99	133
Zinskosten für AEK	6	6	5	7	8	7	7	6	6
fixe Maschinenkosten	1.133	778	706	1.046	632	580	1.110	609	572
Arbeiterledigungskosten	1.796	1.445	1.317	1.895	1.517	1.397	1.951	1.356	1.316
DAEK	4.831	3.659	3.152	5.373	4.079	3.829	6.446	3.664	3.623
<b>DAEKfL</b>	<b>42</b>	<b>890</b>	<b>2.817</b>	<b>3.224</b>	<b>3.777</b>	<b>2.893</b>	<b>1.730</b>	<b>4.492</b>	<b>4.741</b>
Pacht	2.295	2.295	2.295	2.295	2.295	2.295	2.550	2.550	2.550
Reinigung	135	135	135	135	135	135	135	135	135
Trocknung	45	45	45	45	45	45	45	45	45
Lagerung	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Düngermischen	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Hagelversicherung	60	60	60	60	60	60	60	60	60
<b>Einzelkostenfreie Leistung</b>	<b>-2.516</b>	<b>-1.668</b>	<b>259</b>	<b>666</b>	<b>1.219</b>	<b>335</b>	<b>-1.083</b>	<b>1.680</b>	<b>1.928</b>
Leitung und Verwaltung	36	45	57	52	64	77	48	49	66
sonst allg. Betriebsaufwand	30	30	30	30	30	30	30	30	30
<b>Kalk. Gewinnbeitrag (Pacht; mit Subvention)</b>	<b>-2.027</b>	<b>-1.188</b>	<b>727</b>	<b>1.139</b>	<b>1.680</b>	<b>783</b>	<b>-605</b>	<b>2.155</b>	<b>2.387</b>

\* 2011 Erträge und Leistungen nicht statistisch abgesichert

Betrachtet man die Arbeiterledigungskosten stellt man fest, dass die Variante der Demofarm in jedem Versuchsjahr die höchsten Kosten aufweist, während der Haushalt die niedrigsten Kosten verursachte. Der Haushalt hat mit hohen Leistungen und geringen Kosten für Betriebsmittel und Arbeiterledigung die höchsten DAEKfL und ist damit das ökonomisch vorzüglichste Produktionsverfahren in der Betrachtung der On-Farm Experimente.

Der kalkulatorische Gewinnbeitrag nach Entlohnung der Flächenkosten (Pachtansatz) wurde hier näherungsweise ebenfalls dargestellt. Durch die hohen Pachtzahlungen und Direktkosten erreichte die Variante des Demonstrationsbetriebes einen negativen Gewinnbeitrag. Nur der Haushalt konnte über alle drei Versuchsjahre einen positiven Gewinnbeitrag vorweisen.

Tabelle 40: Ergebnisse Versuchsauswertung – Sojabohnen (2010 – 2012)

<b>Versuchsauswertung OFE - Ergebnisse des Produktionsverfahrens Sojabohnen (2010 - 2012)</b>									
<b>Jahr / Schlag</b>	<b>2010 - Brig 10</b>			<b>2011 - Brig 5</b>			<b>2012 - Brig 10</b>		
<b>Variante [RMB/ha]</b>	<b>Demo-farm</b>	<b>Staats-farm</b>	<b>Haus-halt</b>	<b>Demo-farm</b>	<b>Staats-farm</b>	<b>Haus-halt</b>	<b>Demo-farm</b>	<b>Staats-farm</b>	<b>Haus-halt</b>
Ertrag [kg/ha]	1.848	1.976	2.360	2.835	2.900	2.772	1.974	1.638	1.616
Marktpreis [RMB/kg]	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	4,51	4,51	4,51
Subventionen	675	675	675	675	675	675	675	675	675
<b>Leistung (ohne Subvention)</b>	<b>6.653</b>	<b>7.114</b>	<b>8.496</b>	<b>10.206</b>	<b>10.440</b>	<b>9.979</b>	<b>8.903</b>	<b>7.387</b>	<b>7.288</b>
Saatgut	345	414	449	483	483	449	545	545	488
Dünger	1.261	576	600	2.340	822	738	2.565	932	894
PSM	474	96	155	392	124	221	318	318	254
Wasser/sonstige	8	4	2	6	4	4	8	7	4
Zinsansatz	21	11	12	32	14	14	34	18	16
Direktkosten	2.109	1.100	1.217	3.252	1.447	1.425	3.469	1.820	1.656
<b>Direktkostenfreie Leistung</b>	<b>4.544</b>	<b>6.013</b>	<b>7.279</b>	<b>6.954</b>	<b>8.993</b>	<b>8.554</b>	<b>5.433</b>	<b>5.568</b>	<b>5.632</b>
Reparaturkostenansatz	280	299	318	334	362	234	389	315	352
Dieselmkosten	299	328	396	463	549	423	562	500	622
variable Maschinenkosten	578	627	715	796	911	657	951	816	974
Lohnkosten	74	186	318	93	129	259	119	126	249
Zinskosten Arbeitserledigung	6	6	7	8	9	7	10	8	10
fixe Maschinenkosten	1.067	1.011	735	1.151	1.167	592	1.254	975	749
Arbeitserledigungskosten	1.726	1.831	1.775	2.048	2.216	1.515	2.334	1.925	1.981
DAEK	3.835	2.931	2.992	5.300	3.663	2.940	5.803	3.744	3.637
<b>DAEKfL</b>	<b>2.818</b>	<b>4.183</b>	<b>5.504</b>	<b>4.906</b>	<b>6.777</b>	<b>7.039</b>	<b>3.100</b>	<b>3.643</b>	<b>3.651</b>
Pacht	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430	2.430	3.043	3.043	3.043
Reinigung	90	90	90	90	90	90	90	90	90
Trocknung	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lagerung	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Düngermischen	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Hagelversicherung	60	60	60	60	60	60	60	60	60
<b>Einzelkostenfreie Leistung</b>	<b>215</b>	<b>1.580</b>	<b>2.901</b>	<b>2.304</b>	<b>4.174</b>	<b>4.437</b>	<b>-116</b>	<b>428</b>	<b>436</b>
Leitung und Verwaltung	37	93	159	46	64	130	60	63	124
sonst allg. Betriebsaufwand	120	120	120	120	120	120	120	120	120
<b>Kalkulat. Gewinnbeitrag (Pacht; mit Subventionen)</b>	<b>733</b>	<b>2.042</b>	<b>3.297</b>	<b>2.812</b>	<b>4.665</b>	<b>4.862</b>	<b>380</b>	<b>919</b>	<b>866</b>

Die ökonomischen Ergebnisse des Produktionsverfahrens Sojabohnen (Tabelle 40 und Tabelle 118 im Anhang) stellen sich ebenfalls recht einheitlich dar. Die Variante Haushalt erzielte in allen Versuchsjahren die höchsten Direkt- und arbeitserledigungskostenfreien Leistungen, gefolgt von der Staatsfarm und der Demofarm. Im ersten Versuchsjahr zeigten sich große Differenzen zwischen den Versuchsvarianten des Demonstrationsbetriebs und denen der Staatsfarm (-1.365 RMB/ha) und des Kleinbauernhaushaltes (-2.686 RMB/ha). Erst im letzten Versuchsjahr verringerte sich der Abstand zwischen den Varianten auf ca. 550 RMB/ha. Allerdings konnten bei den Sojabohnen alle Produktionsverfahren einen positiven kalkulatorischen Gewinnbeitrag erreichen. Die Direktkosten des Demonstrationsbetriebes waren 822,00 – 2.189,00 RMB/ha höher gegenüber

den Varianten der Staatsfarm und des Haushalts. Diese sind damit die wichtigste Ursache für die weit geringeren DAEKfL des Demonstrationsbetriebes in der Versuchsauswertung.

Auch die Arbeiterledigungskosten der Demofarm sind zum großen Teil höher gegenüber denen der chinesischen Varianten. Die Arbeiterledigungskosten der Demofarm sind für Sommerweizen bis zu 635 RMB/ha höher als die des Kleinbauernhaushalts. Bei der Fruchtart Sojabohnen sind die Differenzen zwischen Demofarm und Staatsfarm kleiner, aber betragen immer noch bis zu 409 RMB/ha im Jahr 2012. Besonders zu beachten sind die Lohnkosten und fixen Maschinenkosten der drei Varianten. Während der Demonstrationsbetrieb hohe fixe Maschinenkosten bei geringen Lohnkosten aufweist, ist dies beim Haushalt genau anders herum. Die Arbeits- und Produktionsverfahren des Kleinbauernhaushalts besitzen sehr geringe fixe Arbeiterledigungskosten, zeigen jedoch auch einen weit höheren Arbeitszeitbedarf. Da den Kleinbauernhaushalten, aus Mangel an alternativer außerlandwirtschaftlicher Beschäftigung, genug Arbeitskraft zur Verfügung steht, können sie diese auch zu einer geringen Entlohnung einsetzen (siehe Abschnitt 2.1.3).

Tabelle 41: Anschaffungswert der Zugmaschinen und Arbeitsgeräte

<b>Zugmaschinen und Arbeitsgeräte – Übersicht zum Anschaffungswert der eingesetzten Maschinen</b>				
<b>Gruppe/Variante</b>		<b>Leistung</b>	<b>Anschaffungswert</b>	<b>Kosten/Leistung</b>
<b>Zugmaschinen</b>		<b>KW</b>	<b>RMB</b>	<b>RMB/KW</b>
Demofarm	Traktor: Claas Axion 810 - 125 KW	125,00	505.858,65	4.047,00
Staatsfarm	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	93,00	175.560,00	1.888,00
Haushalt	Kleintraktor: DF 404 - 29,41 KW	29,00	44.000,00	1.517,00
Demofarm	Drescher: Class Lexion 570 - 265 KW	265,00	1.897.500,00	7.160,00
Staatsfarm	Drescher: John Deere (C) 1076 - 117 KW	117,00	451.148,50	3.856,00
Haushalt	Drescher: John Deere (C) 1048 - 85 KW	85,00	183.200,00	2.155,00
<b>Arbeitsgeräte</b>		<b>m</b>	<b>RMB</b>	<b>RMB/m</b>
Demofarm	Lemken Solitär 9/5 KA - DS + Rubin 9/5 KÜA - 5 m	5,00	421.352,25	84.270,00
Staatsfarm	Drillmaschine: (Weizen) 2 BSW - 5,4 m	5,40	48.250,00	8.935,00
Haushalt	Drillmaschine (Weizen): 2BS 240 - 2,4 m	2,40	15.000,00	6.250,00
Demofarm	Einzelkorndrillmaschine: Monosem NG Plus 4 - 3,2 m	3,20	266.565,75	83.302,00
Staatsfarm	Drillmaschine: (Soja) Baihua 6 x 1,1m - 6,6 m	6,60	150.000,00	22.727,00
Haushalt	Drillmaschine (Soja): 2 BJ - 2B - 1,3 m	1,30	5.700,00	4.385,00
Demofarm	Kurzscheibenegge: Lemken Rubin 9/5 KÜA - 5 m	5,00	389.672,25	77.934,00
Staat/Haus	Scheibenegge: 1 BZP - 3,3 m	3,00	18.000,00	6.000,00
Demofarm	Feldspritze: Lemken Primus 45/3 - 30 m	30,00	402.946,50	13.432,00
Staatsfarm	Anbauspritze: 3 WX 1000 - 18 m	18,00	37.600,00	2.089,00
Haushalt	Anbauspritze: EB - 5,2 m	5,20	3.480,00	669,00
Demofarm	Schneidwerk: Claas S 750 Autocontur - 7,5 m	7,50	247.500,00	33.000,00
Staat/Haus	Schneidwerk: John Deere (C) 218 F - 4,66 m	5,00	70.000,00	14.000,00

Die fixen Maschinenkosten werden vor allem durch die Anschaffungswerte der in den Arbeits- und Produktionsverfahren eingesetzten Zugmaschinen und Arbeitsgeräte beeinflusst. Die deutschen importierten Maschinen haben gegenüber den Maschinen aus chinesischer Produktion weit höhere Anschaffungswerte (Tabelle 41 und Anhang Tabelle 81). Setzt man den Anschaffungswert ins Verhältnis zur Leistung oder der Arbeitsbreite, zeigt sich wie weit, bis zum Faktor 10, der Anschaffungswert der modernen deutschen Maschinen von dem der chinesischen Maschinen abweicht. Dabei muss aber angemerkt werden, dass die Ausstattung, Verarbeitungsqualität und Arbeitspräzision der Maschinen nicht ganz vergleichbar sind. Der Arbeitszeitbedarf der Arbeits- und

Produktionsverfahren wurde nach den in den Abschnitten 3.4.3.1 und 3.4.3.2.6 dargestellten Kalkulationsansätzen ermittelt. Wie in Tabelle 42 dargestellt weist der Demonstrationsbetrieb den geringsten Arbeitszeitbedarf auf. Der Dieselbedarf ist aufgrund des Einsatzes von tieflockernden Arbeitsverfahren gleich oder teilweise höher gegenüber den chinesischen Produktionsverfahren.

Tabelle 42: Versuchsauswertung: Arbeitszeit- und Dieselbedarf der Produktionsverfahren

<b>Versuchsauswertung: Arbeitszeit- und Dieselbedarf der Produktionsverfahren (2010 - 2012)</b>									
<b>Jahr / Schlag</b>	<b>2010 - Brig 10</b>			<b>2011 - Brig 5</b>			<b>2012 - Brig 10</b>		
<b>Varianten</b>	<b>Demo-farm</b>	<b>Staats-farm</b>	<b>Haus-halt</b>	<b>Demo-farm</b>	<b>Staats-farm</b>	<b>Haus-halt</b>	<b>Demo-farm</b>	<b>Staats-farm</b>	<b>Haus-halt</b>
<b>Sommerweizen</b>									
Arbeitszeitbedarf [AKh/ha]	4,73	6,00	7,60	7,00	8,53	10,33	6,33	6,60	8,87
Kosten Arbeitskraft [RMB/ha]	71,00	90,00	114,00	105,00	128,00	155,00	95,00	99,00	133,00
Dieselmotorkraftstoffbedarf [l/ha]	44,57	44,43	40,29	62,64	64,31	58,19	60,93	53,73	53,07
Dieselmotorkraftstoffkosten [RMB/ha]	312,00	311,00	282,00	451,00	463,00	419,00	457,00	403,00	398,00
<b>Sojabohnen</b>									
Arbeitszeitbedarf [AKh/ha]	4,93	12,40	21,20	6,20	8,60	17,27	7,93	8,40	16,60
Kosten Arbeitskraft [RMB/ha]	74,00	186,00	318,00	93,00	129,00	259,00	119,00	126,00	249,00
Dieselmotorkraftstoffbedarf [l/ha]	42,71	46,86	56,57	64,31	76,25	58,75	74,93	66,67	82,93
Dieselmotorkraftstoffkosten [RMB/ha]	299,00	328,00	396,00	463,00	549,00	423,00	562,00	500,00	622,00

### 4.3.2 Szenario 1

Die hohen Produktionskosten der Variante des Demonstrationsbetriebes in der Versuchsauswertung sollten noch einmal differenziert nach deren Gründen betrachtet werden um die Vorzüglichkeit der Produktionsverfahren zu bestimmen und die Ergebnisse richtig einzuordnen. Bei näherer Betrachtung musste festgestellt werden, dass die Produktionsverfahren ihr Ertragspotential aufgrund suboptimaler Bedingungen (Bodenverdichtungen, Herbizidbelastungen, Bodenversauerung und schlechte Nährstoffverfügbarkeit) in der Projektregion nicht voll ausschöpfen konnten. Trotz einer nachhaltigeren Bewirtschaftung und Aufwendungen zur Bodenverbesserung durch den Demonstrationsbetrieb, lassen sich die negativen Auswirkungen der jahrzehntelangen Bewirtschaftung nur sehr langfristig beheben. Dazu wurden folgende Maßnahmen nötig:

#### a) Maschinenaustausch zwischen Produktionsverfahren

Weiterhin problematisch ist der durch äußere Einflüsse nicht zu vermeidende Maschinenaustausch zwischen den Produktionsverfahren. Besonders das Fehlen von Maschinen für Transport- und Ladarbeiten führte dazu, dass man auch im Produktionsverfahren des Demonstrationsbetriebes auf die Arbeiter und Maschinen der Staatsfarm zurückgreifen musste, was den Arbeitszeitbedarf der Produktionsverfahren stark erhöhte. Weiterhin wurde im Versuchsjahr 2010 die komplette Bodenbearbeitung der Versuchsflächen mit den Maschinen des Demonstrationsbetriebes durchgeführt, da es im Herbst 2009 nicht möglich war mit der vorhandenen chinesischen Technik die Versuchsparzellen termingerecht zu bearbeiten. Auch war es nicht möglich die Erntemaschinen der Staatsfarm und des Kleinbauern in den On-Farm Versuch mit einzubeziehen, da der Ertrag in allen Parzellen mit dem Ertragsmesssystem des Demonstrationsbetriebes erfasst werden musste. Bei den Pflanzenschutzmaßnahmen war es teilweise notwendig die Anhängespritze der Demofarm auch in

den chinesischen Varianten zu verwenden, da die Anbauspritzen der Staatsfarm und des Haushaltes wegen Defekten zu den entscheidenden Terminen im Pflanzenschutz nicht nutzbar waren. Ebenso musste der Demonstrationsbetrieb bei der Weizenaussaat regelmäßig auf die Ackerwalze der Staatsfarm zurückgreifen, weil keine eigene Walze vorhanden und bei schwierigen Saatbedingungen ein Anwalzen nach der Saat unerlässlich war. Dieser Maschinenaustausch widerspricht zwar dem Grundgedanken der hier angelegten Versuche, werden jedoch nicht als problematisch angesehen. Diese getauschten Maschinen haben selbst keinen oder nur einen sehr geringen Einfluss auf die Ertragshöhe der getesteten Produktionsverfahren, jedoch aber auf die ökonomische Bewertung der Produktionsverfahren.

### b) Zusätzliche Düngergaben

Da die Standortbedingungen und die Versuchsdurchführung nicht optimal waren (Bodenfruchtbarkeit, pH-Wert, Bodenverdichtungen und Nährstoffversorgung, siehe auch Abschnitt 1.1.2), entstand für die Variante des Demonstrationsbetriebs ein zusätzlicher Aufwand für Düngung und Maschineneinsatz zur nachhaltigen Lösung dieser Probleme. Durch eine Aufkalkung (Gesamtbedarf: 12,6 t CaO/ha) sollte ein optimaler pH-Wert des Bodens (6,5 pH-Einheiten) eingestellt werden. In 2011 und 2012 wurden deshalb auf den Parzellen der Demofarm jeweils 1000 kg CaO/ha ausgebracht. Außerdem wurde die Grunddüngung aufgrund der schlechten Phosphor- und Kaliumversorgung des Bodens (Gehaltsklasse A und B) nach den Empfehlungen „nach guter fachlicher Praxis“ der VDLUFA (Verband deutscher landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten) erhöht. Die Höhe der Nährstoffgaben in den Produktionsverfahren sind in Tabelle 43 (komplett im Anhang Tabelle 58 und Tabelle 59) dargestellt.

Tabelle 43: Nährstoffgaben in der Versuchsauswertung sowie im Szenario 1 und 2

Nährstoffgaben in der Versuchsauswertung und im Szenario 1 und 2 [kg Reinnährstoff je ha]											
Sommerweizen						Sojabohnen					
Jahr	Variante	N	P	K	CaO	Jahr	Variante	N	P	K	CaO
<b>Versuchsauswertung</b>											
2010	Demofarm	165	90	95	0	2010	Demofarm	50	54	120	0
	Staatsfarm	79	68	34	0		Staatsfarm	37	51	19	0
	Haushalt	71	57	29	0		Haushalt	59	62	8	0
2011	Demofarm	88	60	120	1.000	2011	Demofarm	41	68	135	1.000
	Staatsfarm	98	86	38	0		Staatsfarm	43	61	23	0
	Haushalt	105	104	19	0		Haushalt	64	69	0	0
2012	Demofarm	121	79	130	1.000	2012	Demofarm	45	92	100	1.000
	Staatsfarm	57	54	39	0		Staatsfarm	43	68	23	0
	Haushalt	57	54	39	0		Haushalt	71	69	8	0
<b>Szenario 1 + 2</b>											
2010-12	Alle Varianten	110	42	69	0	2010-12	Alle Varianten	25	50	88	0

### c) kostenintensive Arbeitsverfahren

Um die Bodenverdichtungen aufzubrechen und die Bodenstruktur zu verbessern wurde in der Variante des Demonstrationsbetriebes Arbeitsverfahren zur tiefen Bodenbearbeitung durchgeführt, was die Arbeitserledigungskosten gegenüber denen der chinesischen Varianten stark erhöhte. So wurden im Demonstrationsbetrieb meist kostenintensive Arbeitsverfahren mit Pflug oder Grubber

gewählt, während in den chinesischen Produktionsverfahren oft nur die günstigere Scheibenegge zur Bodenbearbeitung eingesetzt wurde. Die Arbeitserledigungskosten werden auch durch Arbeitsverfahren für zusätzliche Düngergaben erhöht.

Zusammengefasst entstehen die höheren Direktkosten des Demonstrationsbetriebes durch die hohen Gaben an Grunddünger zum Ausgleich des Defizits an Nährstoffen im Boden, durch eine Kalkdüngung zur Gesundung des Bodens (pH-Wert) und der Ausbringung von teilweise hochwertigerem Dünge- und Pflanzenschutzmitteln. Die Arbeitserledigungskosten werden beeinflusst durch eine tiefe Bodenbearbeitung zum Aufbrechen der Bodenverdichtungen und zusätzliche Arbeitsverfahren zur Ausbringung der Betriebsmittel. In welchem Zeitraum die optimalen Boden- und Produktionsbedingungen wiederhergestellt sind, ist zum jetzigen Zeitpunkt nicht abzuschätzen. In dem kurzen Zeitraum des Projektes konnten durch diese „Investitionen“ zur Bodenverbesserung keine Verbesserungen der angesprochenen Probleme festgestellt werden. Dazu sind langfristige Betrachtungen notwendig und was hier jedoch nicht Ziel der Arbeit war.

Die beschriebenen Maßnahmen des Demonstrationsbetriebes verursachen zusätzliche Kosten, welche in den chinesischen Verfahren nicht anfallen und damit die deutschen Varianten benachteiligen. Der Demonstrationsbetrieb versuchte langfristig die Nährstoffversorgung der Böden und die Bodenfruchtbarkeit zu steigern um die Ackerflächen nachhaltig zu bewirtschaften. Im Gegensatz dazu basieren die chinesischen Produktionsverfahren auf kurzfristigen Managemententscheidungen, wobei schon seit Jahrzehnten nur wenig in eine nachhaltige Bewirtschaftung der Flächen investiert wurde. Die chinesischen Betriebe bewirtschaften aufgrund ungünstiger Rahmenbedingungen (fehlende oder unsichere Besitz- und Nutzungsrechte, schlechter Zugang zu Kapital und Produktionsmitteln, fehlende Produktionsanreize und geringe Ausbildung (siehe auch Abschnitt 2.1) die Flächen meist nicht nachhaltig. So wurden der pH-Wert des Bodens, die Bodenstruktur sowie die Versorgung der Böden mit Nährstoffen und organischer Substanz jahrzehntelang vernachlässigt. Die abweichenden Zielstellungen der drei Betriebe im Projekt verletzen indirekt das Ceteris-Paribus-Prinzip, womit die Aussagekraft der ökonomischen Auswertung geringer ist.

Ein Ansatz diesen Einfluss zu beachten, könnte die Verteilung der zusätzlichen Kosten für Grund- und Kalkdüngung durch Abschreibung über einen längeren Zeitraum (z.B. 5 Jahre) sein. Da die Maßnahmen zur Bodenverbesserung über einen längeren Zeitraum notwendig waren, womit sich die Abschreibungen in jedem Jahr summieren würden, wäre der Demonstrationsbetrieb immer noch jährlich mit einem Teil der Kosten belastet. Eine Abschreibung der zusätzlichen Kosten erscheint deshalb nicht zielführend. Die Entscheidung des Demonstrationsbetriebes zu bodenverbessernden Maßnahmen ist auf eine langfristige und nachhaltige landwirtschaftliche Produktion ausgerichtet. Dem gegenüber haben die Produktionsentscheidungen der chinesischen Anbauverfahren eher kurzfristigen Charakter. Wie die Vergangenheit zeigte, wurde auf Grund von sozialen, politischen und ökonomischen Bedingungen (siehe auch Abschnitt 2.1.2) nicht nachhaltig produziert, was auch in Zukunft nur schwer umzusetzen sein wird. So wird schon seit Jahrzehnten nicht in die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit investiert. Die Düngemengen liegen oft unter dem Entzug der Haupternteerzeugnisse, es wird dem Boden keine organische Substanz oder Kalk zugeführt und

die Fruchtfolge wird nur nach monetären oder politischen Gesichtspunkten geplant. Mit diesen unterschiedlichen Zielsetzungen bezüglich der Fristigkeit ihrer Managemententscheidungen, sind die Produktionsverfahren nur schwer miteinander zu vergleichen. Demzufolge ist es für einen ökonomischen Vergleich der Produktionsverfahren sinnvoll die Einflüsse durch verschiedene Annahmen (Szenarien) zu reduzieren um aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten.

Im zweiten Betrachtungsansatz zur Auswertung der On-Farm Experimente (Szenario 1) wird von einer optimalen Versuchsdurchführung ausgegangen, womit die Mehraufwendungen zur Bodenverbesserung, kostenintensive Bodenbearbeitung und einem Maschinentausch entfallen. In diesem Szenario wird angenommen, dass keine erhöhten Dünger,- Kalk,- und Pflanzenschutzmittelaufwendungen notwendig sind, womit für alle Produktionsverfahren einheitlichen Einsatz von Betriebsmitteln ausgegangen wird (siehe Tabelle 43). Weiterhin wurden im Szenario 1 die fehlenden Maschinen für Transport und Ladearbeiten des Demonstrationsbetriebes durch Maschinen des KTBL ersetzt und der Maschinentausch zwischen den Varianten rückgängig gemacht. Für das Produktionsverfahren des Demonstrationsbetriebes wurden folgende in Tabelle 44 dargestellten Maschinen und Daten in die Arbeitsverfahren eingefügt. Die Schlagkartei zum Szenario 1 befindet sich im Anhang (Tabelle 110 bis Tabelle 116).

Tabelle 44: Zugmaschinen und Arbeitsgeräte: ersetzte Maschinen im Szenario 1 und 2

<b>Zugmaschinen und Arbeitsgeräte: ersetzte Maschinen im Szenario 1 und 2 nach (KTBL, 2010)</b>								
<b>Zugmaschinen</b>	<b>L [KW]</b>	<b>M_ges [kg]</b>	<b>M_Ach -se [kg]</b>	<b>K_Anko [RMB]</b>	<b>N [a]</b>	<b>n [h]</b>	<b>K_Rep [RMB/h]</b>	<b>RaH [h]</b>
Teleskoplader: KTBL 3t - 6m - 80 KW	80,00	5.600	3.920	552.750	12	10.000	14,44	0,10
<b>Arbeitsgeräte</b>	<b>L [m; t]</b>	<b>M_ges [kg]</b>	<b>Stützl. [kg]</b>	<b>K_Anko [RMB]</b>	<b>N [a]</b>	<b>n [NE]</b>	<b>K_Rep [RMB/h]</b>	<b>RaF [h]</b>
Walze: KTBL, Cambridgewalze - 12,25 m	12,25	6.700	335	247.500	14	7.200	6,19	0,20
Hänger: KTBL zweiachsig - 13,5 t	13,50	4.000	200	107.250	15	39.000	0,83	0,05
Hängergespann: KTBL Dreiseitenkipper, zweiachsig - 13,5 t	13,50	4.500		330.000	15	100.000	1,65	0,05
Hänger mit Überladeschnecke: KTBL – 20,0 t	20,00	4.500	225	174.487	15	50.000	1,19	0,05
Wasserwagen: KTBL Vakuum-tankwagen	30,00	5.000		280.500	10	160.000	1,65	0,25

Quelle: (KTBL, 2010)

Die Ergebnisse im Szenario 1 sind in Tabelle 45 und Tabelle 46 (Anhang Tabelle 119 und Tabelle 120) dargestellt. Dabei sanken durch Angleichung der Betriebsmittelmengen vor allem die Direktkosten des Demonstrationsbetriebes auf ein einheitliches Niveau. Ebenso reduzierten sich die Differenzen der Arbeitserledigungskosten zwischen den drei Varianten und damit auch die Unterschiede zwischen den DAEKfL der Produktionsverfahren. Der Demonstrationsbetrieb ist der größte Gewinner in diesem Szenario. Trotzdem ändert sich die Rangfolge beim Vergleich der Produktionsverfahren im Szenario 1 nicht. Der Haushalt stellt im Produktionsverfahren Sommerweizen weiterhin die ökonomisch beste Variante dar. Der entscheidende Vorteil des Produktionsver-

fahrens des Haushalts sind die geringen Arbeiterledigungskosten (2010/11 und 12) bei vergleichbarem oder sogar höherem Ertrag (2010/12). Das Produktionsverfahren Sojabohnen der Variante Demofarm konnte im Versuchsjahr 2012 aufgrund der höheren Leistungen durch den Ertragszuwachs das beste Ergebnis erzielen. Damit zeigt sich, dass durch den Einsatz von modernen Maschinen und Management bei optimalen (angenommenen) Bedingungen, eine Steigerung des Ertrags und des ökonomischen Ergebnisses möglich ist.

Tabelle 45: Ergebnisse Szenario 1 – Sommerweizen (2010 - 2012)

<b>Ergebnisse Szenario 1 - Produktionsverfahren: Sommerweizen (2010 - 2012) [RMB/ha]</b>									
<b>Jahr / Schlag</b>	<b>2010 - Brig 5</b>			<b>2011 - Brig 10 *</b>			<b>2012 - Brig 5</b>		
<b>Variante [RMB/ha]</b>	<b>Demo-farm</b>	<b>Staats-farm</b>	<b>Haus-halt</b>	<b>Demo-farm</b>	<b>Demo-farm</b>	<b>Haus-halt</b>	<b>Demo-farm</b>	<b>Demo-farm</b>	<b>Haus-halt</b>
Leistung (ohne Subvention)	4.873	4.549	5.969	8.597	7.855	6.721	8.176	8.156	8.364
Subventionen	555	555	555	555	555	555	555	555	555
Direktkosten	1.865	1.865	1.865	2.009	2.009	2.009	1.780	1.780	1.780
Direktkostenfreie Leistung	3.008	2.684	4.104	6.588	5.846	4.712	6.396	6.376	6.584
Arbeiterledigungskosten	1.725	1.244	1.127	1.862	1.450	1.286	1.887	1.297	1.267
variable Kosten	2.480	2.586	2.669	2.788	2.952	2.971	2.553	2.592	2.753
Deckungsbeitrag	2.393	1.963	3.300	5.809	4.903	3.750	5.623	5.564	5.611
<b>DAEKfL</b>	<b>1.282</b>	<b>1.440</b>	<b>2.977</b>	<b>4.726</b>	<b>4.396</b>	<b>3.426</b>	<b>4.508</b>	<b>5.079</b>	<b>5.317</b>
Gesamtkosten (mit Pacht)	6.201	5.749	5.688	6.493	6.111	6.006	6.540	5.979	6.018
<b>kalkulat. Gewinnbeitrag (Pacht; Subventionen)</b>	<b>-773</b>	<b>-645</b>	<b>835</b>	<b>2.659</b>	<b>2.299</b>	<b>1.270</b>	<b>2.191</b>	<b>2.732</b>	<b>2.901</b>

\* 2011 Erträge und Leistungen nicht statistisch abgesichert

Tabelle 46: Ergebnisse Szenario 1 – Sojabohnen (2010 - 2012)

<b>Ergebnisse Szenario 1 - Produktionsverfahren: Sojabohnen (2010 - 2012) [RMB/ha]</b>									
<b>Jahr / Schlag</b>	<b>2010 - Brig 10</b>			<b>2011 - Brig 5</b>			<b>2012 - Brig 10</b>		
<b>Variante [RMB/ha]</b>	<b>Demo-farm</b>	<b>Staats-farm</b>	<b>Haus-halt</b>	<b>Demo-farm</b>	<b>Staats-farm</b>	<b>Haus-halt</b>	<b>Demo-farm</b>	<b>Staats-farm</b>	<b>Haus-halt</b>
Leistung (ohne Subvent.)	6.653	7.114	8.496	10.206	10.440	9.979	8.903	7.387	7.288
Subventionen	675	675	675	675	675	675	675	675	675
Direktkosten	833	833	833	1.353	1.353	1.353	1.696	1.696	1.696
Direktkostenfreie Leistung	5.820	6.281	7.663	8.853	9.087	8.626	7.207	5.692	5.592
Arbeiterledigungskosten	1.669	1.562	1.526	1.963	1.842	1.487	2.284	1.731	1.546
variable Kosten [RMB/ha]	1.445	1.693	2.038	2.179	2.357	2.531	2.713	2.724	2.907
Deckungsbeitrag [RMB/ha]	5.208	5.421	6.458	8.027	8.083	7.448	6.190	4.663	4.381
<b>DAEKfL</b>	<b>4.151</b>	<b>4.719</b>	<b>6.137</b>	<b>6.890</b>	<b>7.245</b>	<b>7.139</b>	<b>4.923</b>	<b>3.961</b>	<b>4.046</b>
Gesamtkosten (mit Pacht)	5.250	5.216	5.279	6.069	5.983	5.730	7.358	6.833	6.740
<b>kalkulat. Gewinnbeitrag (Pacht; Subventionen)</b>	<b>2.077</b>	<b>2.572</b>	<b>3.892</b>	<b>4.811</b>	<b>5.131</b>	<b>4.924</b>	<b>2.220</b>	<b>1.229</b>	<b>1.223</b>

#### 4.3.2.1 Arbeiterledigungskosten der Arbeitsverfahren im Szenario 1

In der Versuchsauswertung erfolgte die Betrachtung auf der Ebene der Produktionsverfahren. Zur Bewertung der Vorteilhaftigkeit der Mechanisierungsvarianten ist auch die Betrachtung der einzelnen Arbeitsverfahren bei Variation der Faktoren Schlaggröße und Lohnsatz interessant um zukünftige Entwicklungen der Landwirtschaft in China beurteilen zu können. Mit der Bodenreform in Ostdeutschland und mit der wirtschaftlichen Entwicklung in Westdeutschland, kam es zu einer ähnlichen strukturellen Entwicklung. Im Laufe dieses Strukturwandels wurden kleine Parzellen

zusammengelegt um die Produktionskosten zu senken. Die daraus resultierenden Skaleneffekte wurden in Deutschland schon ausführlich beschrieben. So wurde bei der gemeinsamen Bewirtschaftung von Schlägen (Gewannebewirtschaftung) und dem Einsatz von Maschinenkooperationen, eine bedeutende Senkung der Arbeitserledigungskosten festgestellt (vgl. Lactacz-Lohmann, 2014; Wagner, 2001). Wie Engelhardt (2005) darstellte hat die Schlagform und -größe ebenfalls einen Einfluss auf die Wendezeiten und damit auf den Arbeitszeitbedarf und Kosten der Arbeitserledigung. Dieser kostenmindernde Effekt lässt sich auch auf die Bedingungen in China übertragen und sollte im ökonomischen Vergleich der Produktionsverfahren beachtet werden.

Die vielen Kleinbauern Chinas bewirtschaften meist kleine schmale Schläge (< 1ha) innerhalb größerer fragmentierter Feldblöcke. Obwohl die landwirtschaftliche Nutzfläche Chinas bis heute stark fragmentiert ist, besteht zukünftig die Möglichkeit zur großflächigen Bewirtschaftung mit leistungsfähigen Maschinen. Wie bereits in Kapitel 1 dargestellt, unterliegt China durch das schnelle wirtschaftliche Wachstum, großen strukturellen und sozialen Veränderungen. Geht man von einer sich fortsetzenden wirtschaftlichen Entwicklung aus, führt dies auch zu veränderten Rahmenbedingungen in der Landwirtschaft. So zeichneten sich schon vor einigen Jahren ein Anstieg der Lohnkosten und ein langsamer Strukturwandel der Landwirtschaft in einigen Regionen Chinas ab. Sollte es, durch das größere Angebot an außerlandwirtschaftlichen Arbeitsplätzen und dem demografischen Wandel durch die Ein-Kind-Politik, zu einem Ausscheiden an landwirtschaftlichen Arbeitskräften kommen, so werden möglicherweise Flächen frei und die Lohnkosten steigen, womit die Betriebe wachsen können. Mit der Zusammenlegung von Betrieben werden auch die durchschnittliche Schlaggröße und der Bedarf an leistungsfähigen Maschinen wachsen.

Aus verschiedenen politischen, wirtschaftlichen und sozialen Gründen entstanden in Nordostchina parallel zu den Kleinbauernwirtschaften größere Betriebsstrukturen wie Staats- und Militärfarmen (siehe Abschnitt 2.1.2), welche es möglich machten Schläge zusammenzulegen und eine großflächige Bewirtschaftung durchzuführen. In einigen Staatsfarmen wird das Ackerland der Kleinbauern zusammengelegt und vom staatsfarmeigenen Maschinenservice oder durch Investoren bewirtschaftet. Mit dieser Entwicklung wird den Haushalten quasi das Nutzungsrecht am Ackerland entzogen. Um den Kleinbauern weiterhin ein Einkommen zu ermöglichen, erhalten diese dann eine flächengebundene jährliche Entschädigung als Betriebs- und Gewinnanteile oder Teile der Ernte. Neben den Staats- und Militärfarmen, entstanden landwirtschaftliche Kooperationen und größere Einzelbetriebe mit Bedarf an modernen Maschinen. Ebenfalls nutzen viele Kleinbauern schon längere Zeit Maschinenkooperationen und Lohnunternehmen um ihre Flächen zusammenzulegen und effektiver zu bewirtschaften. Durch diese verschiedenen Entwicklungen kann es zu wachsenden Schlag- und Betriebsgrößen kommen und damit zu Effekten welche die Kostenstrukturen der Produktionsverfahren positiv beeinflussen.

Die in Abschnitt 3.4.3 dargestellten Berechnungsverfahren lassen sich nutzen um die Arbeitserledigungskosten der eingesetzten Arbeitsverfahren in den Schlaggrößen von 1 bis 120 ha (siehe Tabelle 77) zu berechnen und grafisch darzustellen (Abbildung 34). Zur Verdeutlichung der Berech-

nung wurde im Anhang (Tabelle 131 - Tabelle 153) ein Berechnungsbeispiel der drei Mechanisierungsvarianten bei einer Schlaggröße von 20 ha im Szenario 1 dargestellt. Ausgewählt wurden dazu Arbeitsverfahren der drei Produktionsverfahren mit in ihren Eigenschaften und Wirkungen vergleichbaren Arbeitsgeräten. Hier wurden nur die Arbeitsverfahren Aussaat Sommerweizen, Aussaat Sojabohnen, Bodenbearbeitung mit Scheibenegge, Düngung zur Stickstoffgabe, Pflanzenschutz mit Anhänger oder Anbauspritze und Ernte mit Mähdrescher dargestellt. Bei Arbeitsverfahren mit Teilarbeiten Transport und Laden (Aussaat, Düngung, Pflanzenschutz und Ernte) wurde das gesamte Arbeitsverfahren betrachtet. Die Arbeitsverfahren Bodenbearbeitung mit Grubber, Pflug und Ackerwalze werden hier nicht weiter diskutiert, da nicht für jede Mechanisierungsvariante eine vergleichbare Maschine im Projekt vorhanden war. Zur Vollständigkeit wurde für diese Arbeitsverfahren der Vergleich mit verschiedenen im Projekt eingesetzten oder nach KTBL beschriebenen Zugmaschinen und Arbeitsgeräten durchgeführt.

Die Arbeitserledigungskosten der untersuchten Arbeitsverfahren, grafisch dargestellt in Abbildung 34, zeigen ein sehr differenziertes Bild. Nicht jedes der Arbeitsverfahren des Demonstrationsbetriebes hat Kostenvorteile gegenüber den chinesischen Arbeitsverfahren. Die Aussaat von Sommerweizen ist relativ teuer gegenüber den chinesischen Mechanisierungsvarianten. Das ist bei den chinesischen Drillmaschinen durch die geringen Anschaffungskosten, bei großer Arbeitsbreite und der Möglichkeit zur Unterfußdüngung begründet. Erst beim Einsatz der Drillkombination von Scheibenegge und pneumatischer Drillmaschine zur Einsparung eines Arbeitsverfahrens zur Bodenbearbeitung ist die deutsche Variante konkurrenzfähig. Ebenso sind die Arbeitsverfahren der Bodenbearbeitung im Demonstrationsbetrieb, wie zum Beispiel der Einsatz einer Scheibenegge, aufgrund der Anschaffungskosten im Vergleich zu den chinesischen Arbeitsverfahren recht teuer.

Wie sich im Projekt zeigte sind gerade Arbeitsgeräte zur Ausbringung von Betriebsmitteln vorteilhaft gegenüber den chinesischen Maschinen. Durch die großen Arbeitsbreiten der Düngestreuer und Pflanzenschutzspritzen lassen sich mit einer hohen Flächenleistung und Arbeitsqualität Kostenvorteile in den Produktionsverfahren erzielen. Das Arbeitsverfahren Düngung der Demofarm (Anbauschleuderstreuer), zeigt durch eine höhere Flächenleistung deutliche Kostenvorteile gegenüber den chinesischen Arbeitsverfahren (umgebaute Drillmaschinen). Genauso können die Arbeitsverfahren Pflanzenschutz und Ernte (Mähdrescher), die teilweise weit höheren Anschaffungswerte der deutschen Maschinen, durch eine höhere Flächenleistung und einem geringeren Arbeitszeit- und Dieselbedarf ausgleichen. Dadurch ist es ökonomisch sinnvoller in diesen Arbeitsverfahren die modernen Mechanisierungs- und Managementvarianten vorzuziehen.

In der Auswertung wurden die Arbeits- und Verarbeitungsqualität nicht berücksichtigt da hier keine geeignete Datengrundlage erfasst werden konnte. In der Praxis dürften die modernen europäischen Maschinen einige Qualitätsvorteile aufweisen, was sich langfristig auch monetär durch geringere Reparaturkosten und Ausfallzeiten auswirkt. Andererseits besitzen auch die chinesischen Maschinen Vorteile durch die leichte Bauweise mit geringem Zugkraftbedarf. Ebenso sind sie einfach zu bedienen und mit wenig Aufwand zu reparieren. Andererseits ist die Verarbeitungs-

qualität oft schlecht weshalb die Maschinen sehr reparaturanfällig sind. Auch sind die Einstellmöglichkeiten der Maschinen sehr begrenzt und ungenau, weshalb diese von den Fahrern nur sehr selten vorgenommen werden. Weiterhin ist die Ausbildung geeigneter Fachkräfte wichtig um moderne Maschinen zu bedienen und eine gutes pflanzenbauliches Management zu gewährleisten.

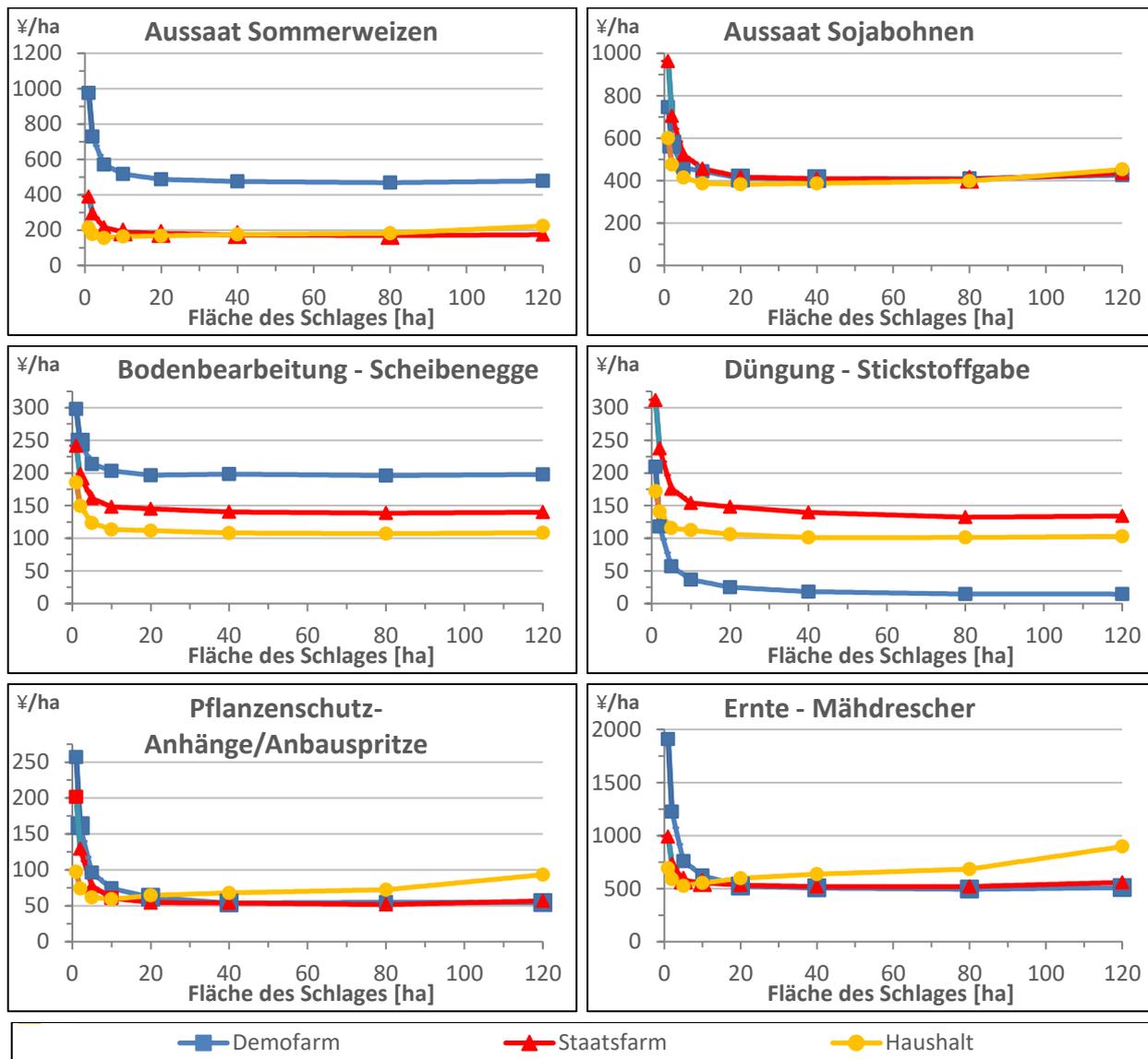


Abbildung 34: Arbeiterledigungskosten bei Steigerung der Schlaggröße (AV - 2012 - SZ 1)

#### 4.3.2.2 Arbeitszeitbedarf der Arbeits- und Produktionsverfahren im Szenario 1

Alle Kurven der Arbeiterledigungskosten der Arbeitsverfahren zeigen einen markanten Verlauf. So entstehen bei kleinen Schlaggrößen (1 ha) relativ hohe Arbeiterledigungskosten, welche mit Steigerung der Flächengröße recht schnell abfallen und bei 5 – 20 ha ihr Minimum erreichen, aber teilweise bei Schlaggrößen über 40 ha wieder leicht ansteigen. Der Grund für diesen abnehmenden Kurvenverlauf sind die Veränderungen des Arbeitszeit- und Dieselbedarfs durch Skaleneffekte in Abhängigkeit von der Schlaggröße. Der Verlauf der Kurve des Arbeitszeitbedarfs (Abbildung 35) stellt sich in allen betrachteten Arbeitsverfahren ähnlich dar. So benötigt die Variante der Demofarm die geringste Arbeitszeit, gefolgt von der Staatsfarm und der arbeitsintensiven Variante des

Haushaltes. Bei größeren Schlägen kann die an einem Arbeitstag zur Verfügung stehende Arbeitszeit in der produktiven Hauptzeit besser genutzt werden und der Anteil an unproduktiven Neben-, Verlust-, Rüst- und Wegezeiten reduziert werden. Große Schläge besitzen lange Geraden, womit die Anzahl an zeitintensiven Wendevorgängen (Nebenzeit) reduziert wird. In der Folge reduziert sich auch der Anteil an Verlust-, Rüst- und Wegezeiten an der Gesamtarbeitszeit. Das heißt je größer der Schlag, desto geringer ist der Arbeitszeitbedarf. Dieser Effekt ist jedoch auch abhängig von der Arbeitsbreite und Bauart der eingesetzten Maschinen. Solange die Maschinen entsprechend ihrer Arbeitsbreite effektiv eingesetzt werden können, verringert sich der Arbeitszeitbedarf bei zunehmender Schlaggröße.

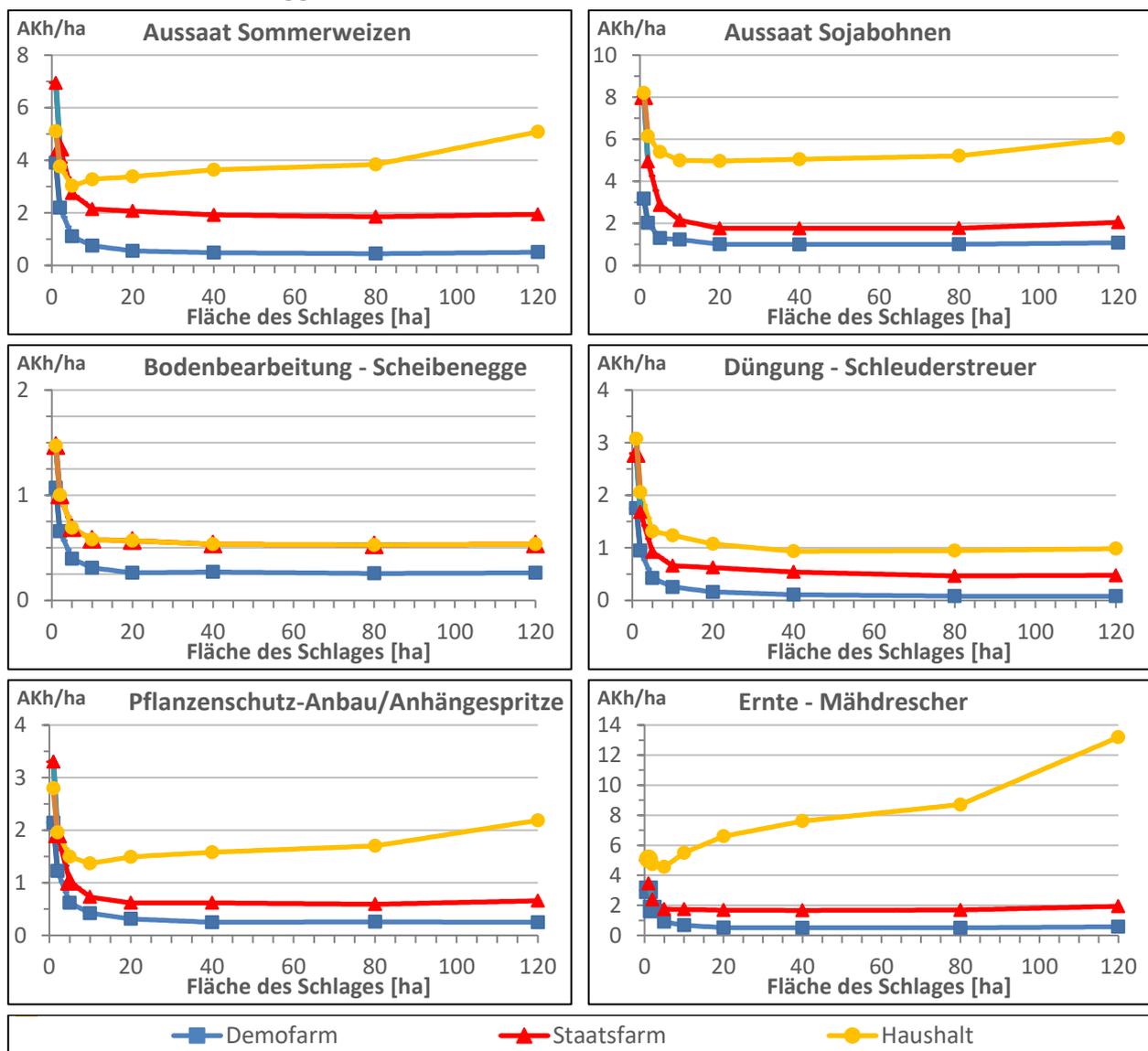


Abbildung 35: Arbeitszeitbedarf bei Steigerung der Schlaggröße (AV - 2012 - SZ 1)

Im Gegensatz dazu zeigte sich beim Einsatz von kleinen Maschinen des Haushalts auf großen Schlägen (> 40 ha) ein wieder ansteigender Arbeitszeitbedarf. Falls durch die geringe Arbeitsbreite ein Schlag nicht innerhalb eines Arbeitstages bearbeitet werden kann, fallen an jedem zusätzlichen Arbeitstag Rüst- und Wegezeiten an. Transport- und Ladeverfahren werden bei großen Schlägen

ineffektiv, falls diese in Kombination mit Arbeitsgeräten mit geringen Bunker- und Transportkapazitäten eingesetzt werden, womit der Anteil von Versorgungszeiten (Nebenzeit) an der Gesamtzeit ansteigt. In der Folge steigt der Arbeitszeitbedarf durch die zunehmende Zahl an Ladevorgängen, Anfahrten zum Ladeort und Rüstzeiten für Ladevorgänge. Sobald die Schläge größer werden verlängern sich auch die Hof-Feld-Entfernung und damit die Transportwege vom und zum Feld, was die Wegezeiten erhöht. Aus diesen Gründen steigt im Fall des Haushaltes die Kurve bei wachsenden Schlaggrößen an, während die Varianten mit leistungsfähigen Maschinen den flächenbezogenen Arbeitszeitbedarf auf großen Schlägen senken können. Die Produktionsverfahren bestehen aus verschiedenen Arbeitsverfahren, welche in der Kalkulation des Arbeitszeitbedarfs separat betrachtet und zum Gesamtarbeitszeitbedarf des Produktionsverfahrens kumuliert werden. Der Gesamtarbeitszeitbedarf für Schlaggrößen von 1 - 120 ha (Abbildung 36), zeigt ebenfalls einen regressiven Verlauf. Besonders wenn man die Haupt- und Nebenzeiten betrachtet, wird deutlich wie sich der Anteil der Nebenzeiten verringert und damit der Gesamtarbeitszeitbedarf je ha sinkt.

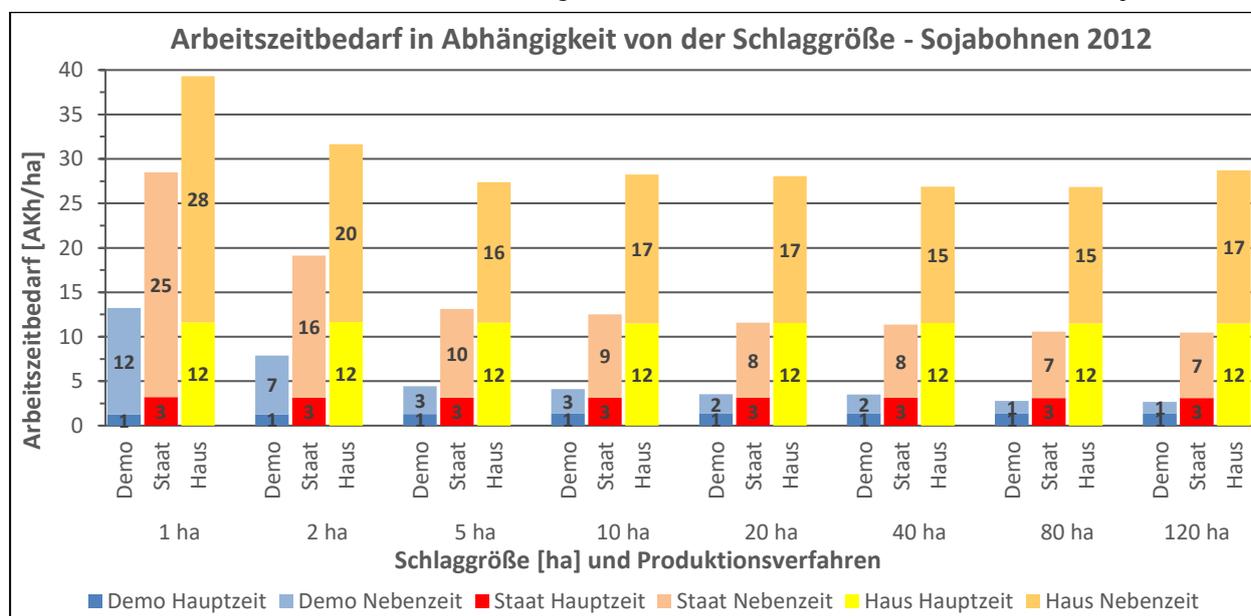


Abbildung 36: Haupt- und Nebenzeiten in Abhängigkeit von der Schlaggröße (PV - 2012 - SZ 1)

Bei der Betrachtung des Gesamtarbeitszeitbedarfs der drei Produktionsverfahren für Sommerweizen und Sojabohnen (Abbildung 37) wird ebenfalls der leicht ansteigende Arbeitszeitbedarf des Haushaltes bei großen Schlägen deutlich. Das Produktionsverfahren der Staatsfarm nutzt einfache aber dennoch leistungsfähige Zugmaschinen und Arbeitsgeräte und zeigt wie die Demofarm bei wachsenden Schlaggrößen einen sinkenden Arbeitszeitbedarf. Die Staatsfarm benötigt jedoch mehr Arbeitskraftstunden als die Demofarm. Bei steigenden Löhnen würden deshalb die Arbeits erledigungskosten der Staatsfarm auch überproportional zu denen der Demofarm ansteigen.

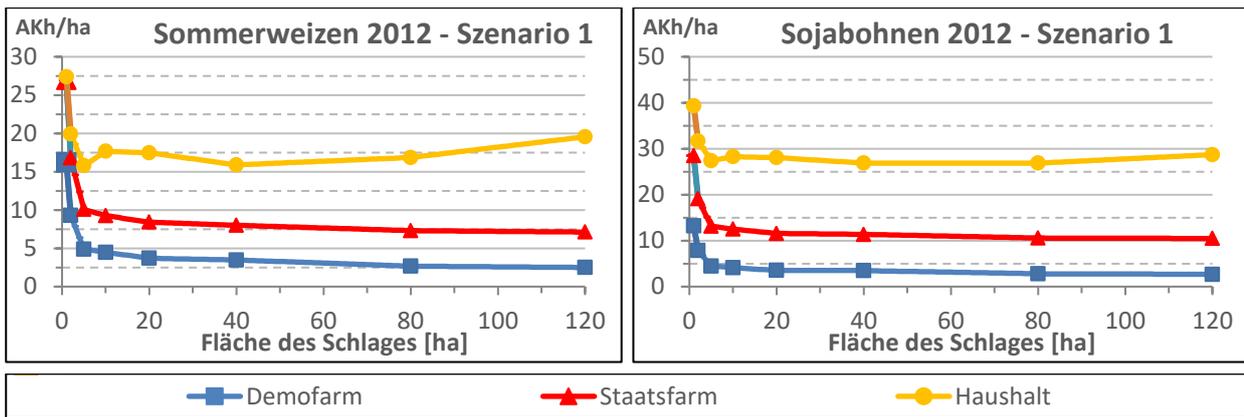


Abbildung 37: Arbeitszeitbedarf bei Steigerung der Schlaggröße (PV - 2012 - SZ 1)

4.3.2.3 Dieselkraftstoffbedarf der Arbeits- und Produktionsverfahren im Szenario 1

Der flächenabhängige Dieselkraftstoffbedarf der Arbeitsverfahren (Abbildung 38), verhält sich ähnlich wie der Arbeitszeitbedarf, da der Dieselbedarf zu einem großen Teil von diesem abhängt.

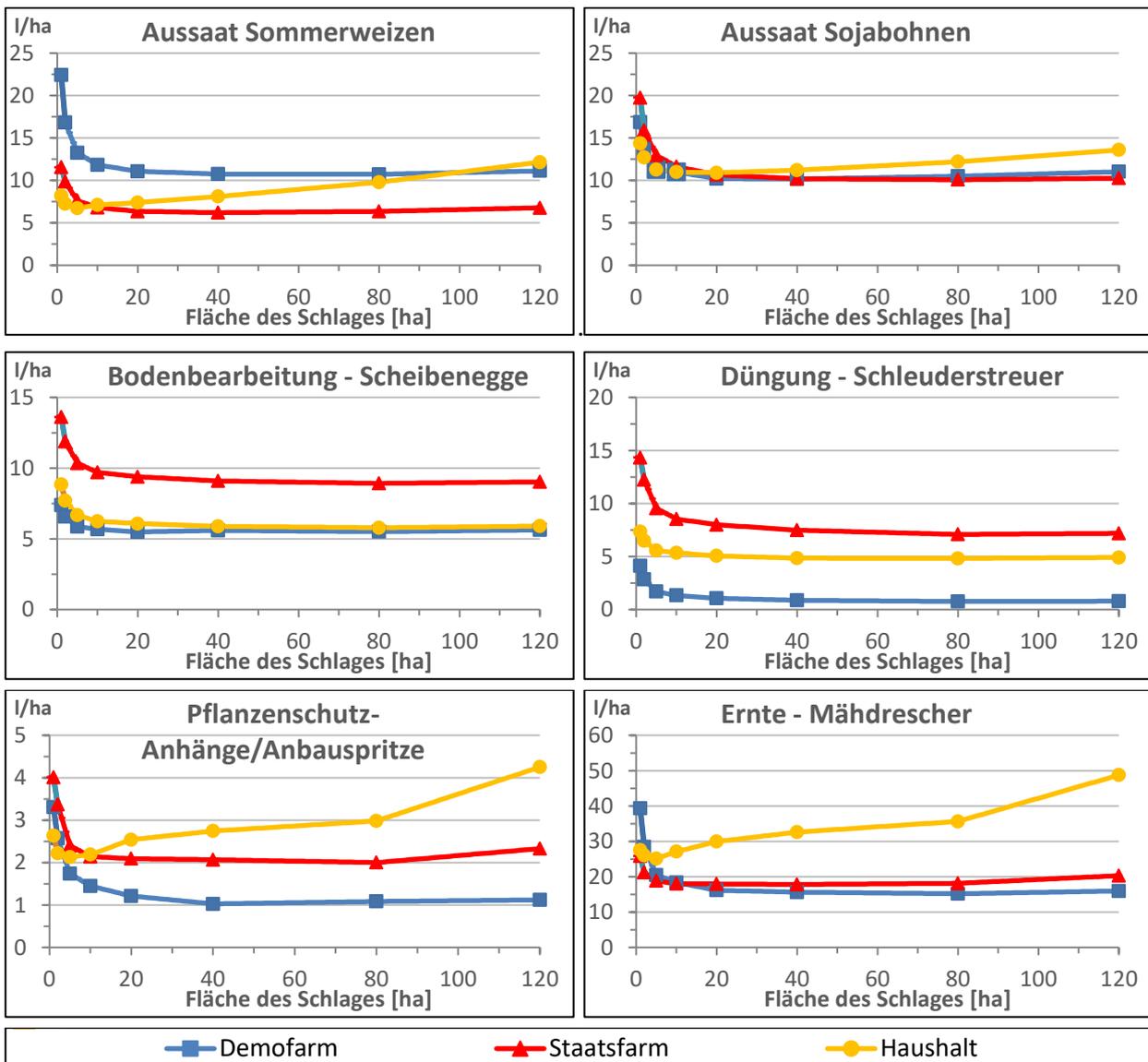


Abbildung 38: Dieselkraftstoffbedarf bei Steigerung der Schlaggröße (AV - 2012 - SZ 1)

In allen Arbeitsverfahren liegt auch der Dieselbedarf des Demonstrationsbetriebes unter dem der chinesischen Varianten. Während die Arbeitsverfahren der Demo- und Staatsfarm bei einem Anstieg der Schlaggröße einen regressiven Verlauf zeigen, ist bei den Arbeitsverfahren des Haushaltes welche mit dem Laden und Überladen von Betriebsmitteln verbunden sind (Pflanzenschutz, Ernte), bei größeren Schlägen ein Anstieg der Kurve zu erkennen. Diese hier ermittelten Kennzahlen des Dieselbedarfs weisen zwar auf eine höhere Effizienz der deutschen Zugmaschinen hin, jedoch basieren die Werte nur auf einer maschinenspezifischen Kalkulation anhand der Versuchs- und Maschinendaten. Für valide Aussagen zum Dieselbedarf sind weitere wissenschaftliche Untersuchungen mit geeigneten Methoden oder exakte Messungen notwendig.

#### 4.3.2.4 Arbeitserledigungskosten der Produktionsverfahren im Szenario 1

Da in 5 von 6 durchgeführten On-Farm Versuchen keine statistisch signifikanten Ertragssteigerungen durch die neuen Produktionsverfahren, jedoch aber in einem Großteil der Versuche von einem gleichen Ertrag ausgegangen werden kann, ist davon auszugehen, dass kurzfristig zwar keine Ertragssteigerungen, jedoch aber ein gleichwertiges Ertragsniveau zu erreichen ist. Aus diesem Grund stellt sich die Frage ab wann die höheren Arbeitserledigungskosten der neuen Produktionsverfahren sich auch bei gleichbleibenden Erträgen rentieren. Dies ist vor allem dann der Fall, sobald die Rahmenbedingungen wie Betriebsgrößen und Lohnkosten steigen und damit arbeitsintensive Produktionsverfahren unrentabel werden. Damit rückt die Veränderung der Arbeitserledigungskosten, bei einer Veränderung der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen in den Blickpunkt des Vergleichs. Betrachtet man die Arbeitserledigungskosten in Abhängigkeit von einer Steigerung des Lohnsatzes (Abbildung 39), zeigt sich, wie die Anfangs geringen Kosten der Variante Haushalt, schnell ansteigen und damit, ab einem Lohnsatz von ca. 20 - 30 RMB/AKh die Kosten der Variante Staatsfarm und ab 60 – 70 RMB/AKh die Kosten der Demofarm dauerhaft übersteigen. Bleiben alle Variablen gleich, wird die Variante des Demonstrationsbetriebes erst ab einen Lohnsatz von etwa 150 - 160 RMB/AKh von der Variante Staatsfarm übertroffen.

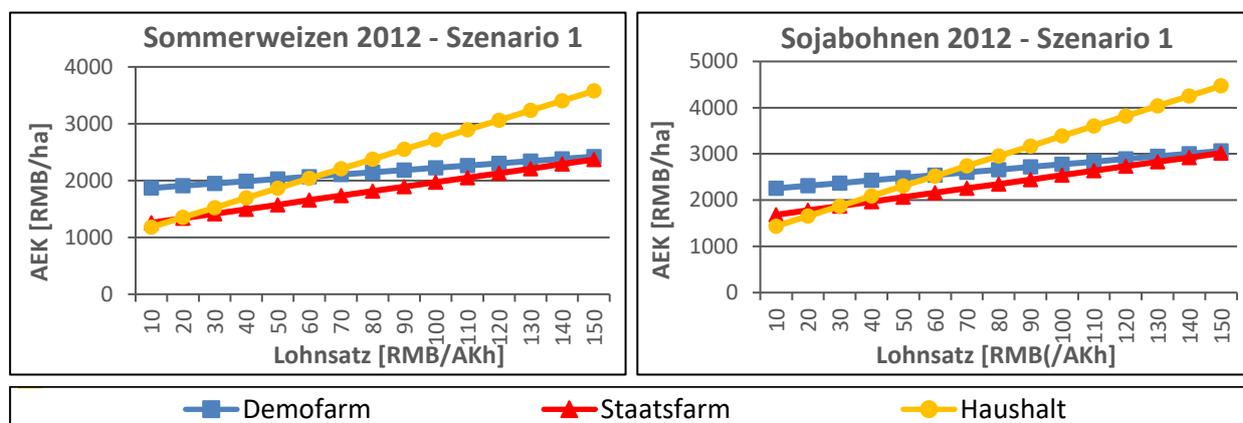


Abbildung 39: Arbeitserledigungskosten bei Steigerung des Lohnsatzes (PV - 2012 - SZ 1)

Ein ähnliches Bild entsteht bei einer Steigerung der durchschnittlichen Schlaggröße bei gleichbleibendem Lohnsatz (15 RMB/AKh). So übersteigen die Arbeitserledigungskosten des Haushaltes im Produktionsverfahren erst ab einer Schlaggröße von etwa 20 ha die Kosten der Staatsfarm. Die

Kosten des Demonstrationsbetriebes verlaufen dagegen nahezu parallel zu denen der Staatsfarm, werden jedoch von diesen nicht übertroffen (Abbildung 40).

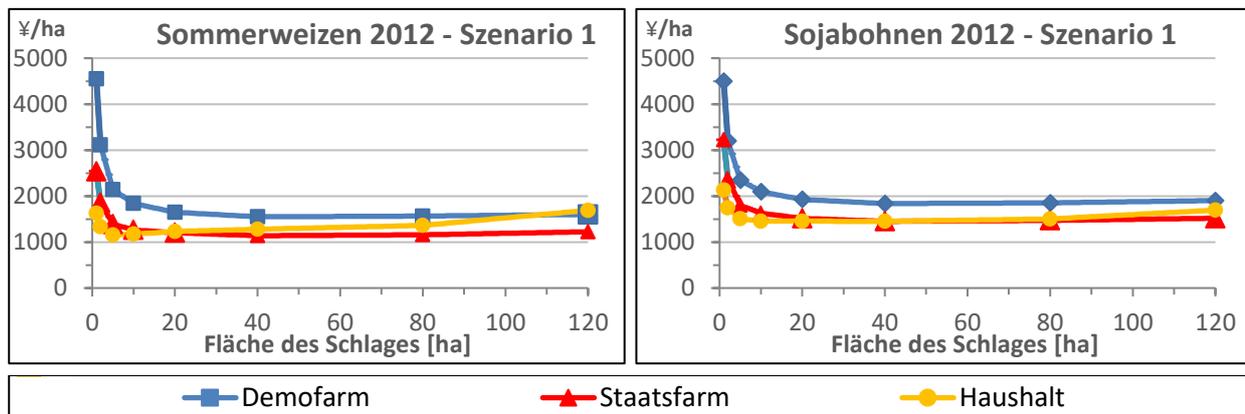


Abbildung 40: Arbeiterledigungskosten bei Steigerung der Schlaggröße (PV - 2012 - SZ 1)

### 4.3.3 Szenario 2

Treten diese beiden Veränderungen nicht oder nur getrennt voneinander auf, können die höheren fixen Kosten des Demonstrationsbetriebes nicht ausgeglichen werden. Bei kleinen Schlägen ist das Produktionsverfahren des Haushalts und bei größeren Schlägen das Verfahren der Staatsfarm am kostengünstigsten. Zur Weiterentwicklung dieser Betrachtung wurden deshalb die Lohn- und Schlaggrößensteigerung miteinander kombiniert, da man davon ausgehen kann, dass diese in der Realität nicht isoliert voneinander auftreten werden. Dazu wurden wie in Tabelle 47 dargestellt, die Annahme (1.) einer parallelen Steigerung der Lohnkosten und Schlaggröße getroffen.

Tabelle 47: Annahmen zur Berechnung der Arbeiterledigungskosten im Szenario 2

Annahmen zur Berechnung der Arbeiterledigungskosten (AEK) im Szenario 2					
1. Schlaggröße/Lohn		2. Variation weiterer Variablen			
Schlaggröße [ha]	Lohnkosten [RMB/AKh]	Wechselkurs [1 € : x RMB]	Steigerung der Betriebsmittelpreise [+ %]	Steigerung des Dieselpreises [+ %]	Länge des Arbeitstages [h]
1	10,00	8,25	0,0	0,0	12,0
2	12,50	8,00	0,0	10,0	12,0
5	15,00	7,50	5,0	20,0	10,0
10	20,00	7,00	10,0	30,0	10,0
20	25,00	6,50	15,0	40,0	10,0
<b>40*</b>	<b>30,00</b>	<b>6,00</b>	<b>20,0</b>	<b>50,0</b>	<b>8,0</b>
80	35,00	5,50	25,0	60,0	8,0
120	40,00	5,00	30,0	70,0	8,0

\* fett gedruckt: Annahmen zur ökonomischen Auswertung im Szenario 2

Dabei zeigt sich wie die Kosten des Haushalts schnell ansteigen und die Kosten des Demonstrationsbetriebes übersteigen. Währenddessen die Kurve der Staatsfarm nur leicht ansteigt und sich nur wenig an die Kurve der Demofarm annähert, ohne diese zu übersteigen (Abbildung 41). Damit ist das Produktionsverfahren der Staatsfarm auch bei einem gleichzeitigen Anstieg der Löhne und Schlaggrößen die Variante mit den geringsten Arbeiterledigungskosten.

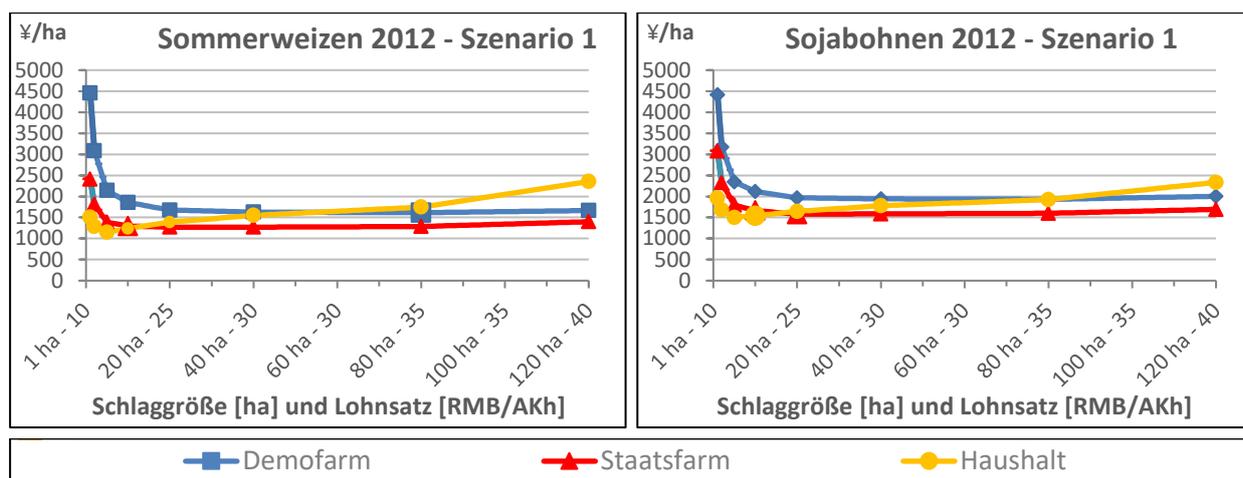


Abbildung 41: Arbeiterledigungskosten bei Steigerung von Lohnsatz und Schlaggröße

Im dritten Betrachtungsansatz (Szenario 2), wird das Szenario 1 (optimaler Betriebsmittel- und Maschineneinsatz), zu einem Zukunftsszenario weiterentwickelt. Wichtigste Annahme dabei ist eine sich fortsetzende wirtschaftliche Entwicklung Nordostchinas. Diese führt möglicherweise nicht nur zu einer Steigerung der Löhne für landwirtschaftliche Arbeitskräfte und größeren Betriebsstrukturen, sondern auch zu einer Veränderung weiterer wirtschaftlicher Rahmenbedingungen, wie eine Steigerung der Betriebsmittel- und Dieselpreis sowie eine Änderung des Wechselkurses und der Länge des Arbeitstages. Zur Berechnung der Leistungen wurden für alle Varianten einheitliche Durchschnittserträge angenommen, da davon ausgegangen wird, dass bei zukünftig optimalen Bedingungen alle Produktionsverfahren im Durchschnitt die gleiche Ertragshöhe erreichen können. Da wie im Szenario 1, ein einheitlicher Betriebsmitteleinsatz angenommen wird, variieren beim Vergleich der Produktionsverfahren nur die Arbeiterledigungskosten. Damit eignet sich dieses Szenario am besten zur Entscheidung, welches Produktionsverfahren zukünftig, bei Eintreten der Annahmen, die größten ökonomischen Vorteile besitzen. Damit stellt sich die Frage, ob es sich auch in China lohnen wird Arbeit durch Kapital zu ersetzen und in moderne Maschinen zu investieren. Die jährliche Auslastung der Maschinen bleibt unverändert an der Auslastungsschwelle, da auch zukünftig davon ausgegangen wird, dass die Betriebe ihre Maschinen optimal nutzen werden. Weiterhin wird von einer Senkung der Anschaffungswerte der importierten modernen Maschinen ausgegangen. Dies kann möglicherweise durch eine Verlagerung der Produktion nach China (Senkung der Produktionskosten), Maschinensubventionen oder einer Senkung des Renminbi-Wechselkurses geschehen. Der Wechselkurs ist Grundlage zur Umrechnung der Anschaffungswerte der deutschen Maschinen von Euro in Renminbi und hat direkten Einfluss auf die Höhe der Anschaffungswerte von importierten Waren in China. Wie vor allem westliche Volkswirtschaftler argumentieren, wird der chinesische Renminbi als wirtschaftliches Steuerungsinstrument (u.a. Inflationsbekämpfung) verwendet. Dabei wird von verschiedenen Autoren von einer Unterbewertung der chinesischen Währung von ca. 15 - 60 % (2000 – 2006) ausgegangen (Coudert et al., 2007). Eine Unterbewertung bringt China auf dem Weltmarkt Kostenvorteile, sodass die chinesischen Exporte unterstützt werden (Devadoss et al., 2014). Jedoch werden damit

auch die Importe Chinas aus den USA und anderen Staaten teurer und dadurch auf dem chinesischen Markt weniger wettbewerbsfähig (USITC, 2011, S. 5-16). Internationaler Druck zwang die chinesische Regierung schon mehrmals in den letzten Jahren den Renminbi aufzuwerten. Deshalb wird hier davon ausgegangen, dass bei einem in den nächsten Jahren weiterhin zu erwartenden Wirtschaftswachstum, China auch den Wechselkurs weiter anpassen muss. Hier wird ein für europäische Importprodukte günstigerer Wechselkurs von 1:6 (Euro: RMB) angenommen.

Erst bei der Erweiterung dieses Betrachtungsansatzes durch die Annahme von steigenden Betriebsmittel- und Dieselpreisen, kürzeren Arbeitstagen sowie geringeren Anschaffungswerten der deutschen Landtechnik, steigen auch die Arbeiterledigungskosten der Variante Staatsfarm stärker als die der Demofarm. Ab dem Schnittpunkt bei einer Schlaggröße von ca. 40 ha und Lohnkosten von 30 RMB/AKh wird das Produktionsverfahren des Demonstrationsbetriebes im Szenario 2 zur günstigsten Alternative (Abbildung 42). Durch die verschiedenen im Szenario 2 getroffenen Annahmen, wie einem einheitlichen Ertragsniveau und Betriebsmitteleinsatz, bei gleichzeitigem Anstieg der Lohn- und Betriebsmittelkosten, konnte das Produktionsverfahren des Demonstrationsbetriebes durchaus vergleichbare oder bessere Ergebnisse erreichen. Die Arbeiterledigungskosten der Variante Haushalt stiegen dagegen durch den höheren Arbeitskraft- und Betriebsstoffbedarf, stärker als die des Demonstrationsbetriebes an, womit die Verfahren der Demo- und Staatsfarm zur besseren Alternative wurden.

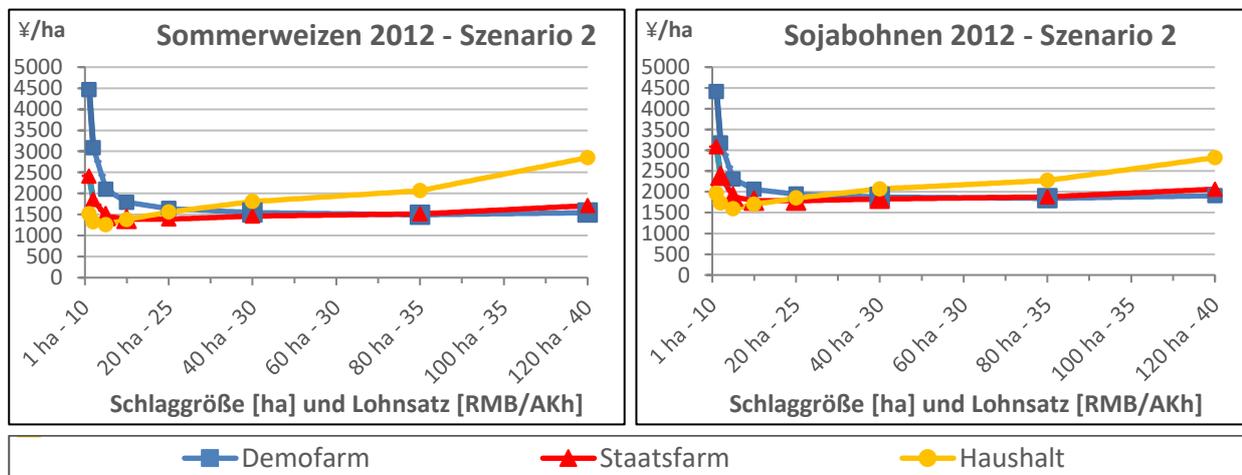


Abbildung 42: Arbeiterledigungskosten bei Steigerung von Lohnkosten und Schlaggröße sowie Variation von Dieselpreis, Anschaffungswert und Wechselkurs (PV-2012-SZ2)

Zur Darstellung der ökonomischen Ergebnisse des Szenario 2 in Tabelle 48 und Tabelle 49 wurde hier von einer Schlaggröße von 40 ha und 30 RMB/AKh Lohnkosten und einer Veränderung weiterer Variablen ausgegangen (siehe Tabelle 47, fett gedruckt). Die vollständigen Ergebnisse befinden sich im Anhang (Tabelle 121 und Tabelle 122). Im Szenario 2 erreicht die Variante der Demofarm durch die verringerten Arbeiterledigungskosten die höchsten DAEKfL und stellt unter den Annahmen das ökonomisch beste Verfahren dar. Verdeutlicht wird dies durch den überproportionalen Anstieg der Arbeiterledigungskosten in Abhängigkeit von der Schlaggröße. Während

in der Versuchsauswertung die Arbeiterledigungskosten nahezu parallel verlaufen, steigen im Szenario 2 die Kosten der Variante Haushalt auf größeren Schlägen schneller an.

Tabelle 48: Ergebnisse Szenario 2 - Sommerweizen (2010 - 2012)

<b>Ergebnisse Szenario 2 - Produktionsverfahren: Sommerweizen (2010 - 2012) [RMB/ha]</b>									
<b>Jahr / Schlag</b>	<b>2010 – 40 ha</b>			<b>2011 – 40 ha</b>			<b>2012 – 40 ha</b>		
<b>Variante [RMB/ha]</b>	<b>Demo-farm</b>	<b>Staats-farm</b>	<b>Haus-halt</b>	<b>Demo-farm</b>	<b>Staats-farm</b>	<b>Haus-halt</b>	<b>Demo-farm</b>	<b>Staats-farm</b>	<b>Haus-halt</b>
Leistung (ohne Subvent.)	8.640	8.640	8.640	8.640	8.640	8.640	9.600	9.600	9.600
Subventionen	555	555	555	555	555	555	555	555	555
Direktkosten	2.238	2.238	2.238	2.411	2.411	2.411	2.137	2.137	2.137
Direktkostenfreie Leistung	6.402	6.402	6.402	6.229	6.229	6.229	7.463	7.463	7.463
Arbeiterledigungskosten	1.340	1.305	1.563	1.383	1.580	1.829	1.525	1.450	1.891
<b>DAEKfL</b>	<b>5.062</b>	<b>5.097</b>	<b>4.840</b>	<b>4.846</b>	<b>4.649</b>	<b>4.400</b>	<b>5.938</b>	<b>6.014</b>	<b>5.573</b>
Gesamtkosten (mit Pacht)	6.197	6.220	6.632	6.420	6.684	7.106	6.543	6.533	7.168
<b>kalkulat. Gewinnbeitrag (Pacht; Subventionen)</b>	<b>2.998</b>	<b>2.975</b>	<b>2.563</b>	<b>2.775</b>	<b>2.511</b>	<b>2.089</b>	<b>3.612</b>	<b>3.622</b>	<b>2.987</b>

\* 2011 Erträge und Leistungen nicht statistisch abgesichert

Tabelle 49: Ergebnisse Szenario 2 - Sojabohnen (2010-2012)

<b>Ergebnisse Szenario 2 – Produktionsverfahren: Sojabohnen (2010 – 2012) [RMB/ha]</b>									
<b>Jahr / Schlag</b>	<b>2010 – 40 ha</b>			<b>2011 – 40 ha</b>			<b>2012 – 40 ha</b>		
<b>Variante [RMB/ha]</b>	<b>Demo-farm</b>	<b>Staats-farm</b>	<b>Haus-halt</b>	<b>Demo-farm</b>	<b>Staats-farm</b>	<b>Haus-halt</b>	<b>Demo-farm</b>	<b>Staats-farm</b>	<b>Haus-halt</b>
Leistung (ohne Subvent.)	9.720	9.720	9.720	9.720	9.720	9.720	12.172	12.172	12.172
Subventionen	675	675	675	675	675	675	675	675	675
Direktkosten	999	999	999	1.623	1.623	1.623	2.035	2.035	2.035
Direktkostenfreie Leistung	8.721	8.721	8.721	8.097	8.097	8.097	10.137	10.137	10.137
Arbeiterledigungskosten	1.232	1.516	1.912	1.684	1.999	2.046	1.839	1.797	2.082
<b>DAEKfL</b>	<b>7.489</b>	<b>7.205</b>	<b>6.808</b>	<b>6.413</b>	<b>6.097</b>	<b>6.050</b>	<b>8.298</b>	<b>8.340</b>	<b>8.055</b>
Gesamtkosten (mit Pacht)	4.987	5.334	5.958	6.082	6.458	6.722	7.269	7.273	7.783
<b>kalkulat. Gewinnbeitrag (Pacht; Subventionen)</b>	<b>5.408</b>	<b>5.061</b>	<b>4.437</b>	<b>4.313</b>	<b>3.937</b>	<b>3.673</b>	<b>5.578</b>	<b>5.574</b>	<b>5.064</b>

#### 4.3.4 Zusammenfassung der Betrachtungsansätze

Zusammengefasst stellen sich die Ergebnisse in den drei Betrachtungsansätzen sehr differenziert dar. Um diese zu veranschaulichen und Schlussfolgerungen zur ökonomischen Vorzüglichkeit zu ziehen, wurden die vorher ermittelten Ergebnisse in Tabelle 50 zusammengefasst und nach ihrer Rangfolge farblich markiert (grün = 1, gelb = 2, rot = 3, grau = 0 einheitlich), wobei Differenzen unter 100 RMB/ha nicht berücksichtigt und damit als gleichrangig betrachtet wurden.

Es wurde durch die Probleme mit dem Bodenzustand deutlich, dass eine Versuchsauswertung ohne Beachtung dieser Effekte, die realen ökonomischen Wirkungen der neuen Produktionsverfahren nicht korrekt erfassen kann und eine Interpretation der Ergebnisse damit schwierig wird. Aus dieser Überlegung heraus wurde ein Szenario (1) geschaffen in dem versucht wurde die suboptimalen Bedingungen der Versuchsdurchführung und des Standortes ansatzweise zu korrigieren und vergleichbare Bedingungen zu schaffen. Durch die Angleichung der Direktkosten im Szenario 1 auf

ein einheitliches Niveau sind die Arbeiterledigungskosten für den Vergleich der Produktionsverfahren entscheidend. Auch im Szenario 1 hat der Demonstrationsbetrieb weiterhin die höchsten Arbeiterledigungskosten und der Kleinbauernhaushalt die geringsten. Die Variante des Demonstrationsbetriebes weist zwar einen weit geringeren Arbeitszeit- und Dieselbedarf im Vergleich zu den chinesischen Produktionsverfahren auf, jedoch wirkt dieser Effekt auf Grund der sehr niedrigen Löhne und Dieselposten nur begrenzt auf die Höhe der Arbeiterledigungskosten, womit der Haushalt bei Schlaggrößen der On-Farm Experimente das ökonomisch beste Verfahren darstellt.

Tabelle 50: Matrix zur Rangfolge der Produktionsverfahren in den Auswertungsansätzen

Matrix zur Rangfolge der Produktionsverfahren in den Auswertungsansätzen [RMB/ha]										
Auswertung	Versuchsauswertung			Szenario 1			Szenario 2			
Variante	Demo-farm	Staats-farm	Haus-halt	Demo-farm	Staats-farm	Haus-halt	Demo-farm	Staats-farm	Haus-halt	
<b>Leistungen (L)</b>										
Sommerweizen	2010	4.873	4.549	5.969	4.873	4.549	5.969	8.640	8.640	8.640
	2011*	8.597	7.855	6.721	8.597	7.855	6.721	8.640	8.640	8.640
	2012	8.176	8.156	8.364	8.176	8.156	8.364	9.600	9.600	9.600
Sojabohnen	2010	6.653	7.114	8.496	6.653	7.114	8.496	9.720	9.720	9.720
	2011	10.206	10.440	9.979	10.206	10.440	9.979	9.720	9.720	9.720
	2012	8.903	7.387	7.288	8.903	7.387	7.288	12.172	12.172	12.172
<b>Direktkosten (K_D)</b>										
Sommerweizen	2010	3.036	2.214	1.835	1.865	1.865	1.865	2.238	2.238	2.238
	2011	3.478	2.562	2.432	2.009	2.009	2.009	2.411	2.411	2.411
	2012	4.496	2.308	2.307	1.780	1.780	1.780	2.137	2.137	2.137
Sojabohnen	2010	2.109	1.100	1.217	833	833	833	999	999	999
	2011	3.252	1.447	1.425	1.353	1.353	1.353	1.623	1.623	1.623
	2012	3.469	1.820	1.656	1.696	1.696	1.696	2.035	2.035	2.035
<b>Arbeiterledigungskosten (K_AE)</b>										
Sommerweizen	2010	1.796	1.445	1.317	1.725	1.244	1.127	1.340	1.305	1.563
	2011	1.895	1.517	1.397	1.862	1.450	1.286	1.383	1.580	1.829
	2012	1.951	1.356	1.316	1.887	1.297	1.267	1.525	1.450	1.891
Sojabohnen	2010	1.726	1.831	1.775	1.669	1.562	1.526	1.232	1.516	1.912
	2011	2.048	2.216	1.515	1.963	1.842	1.487	1.684	1.999	2.046
	2012	2.334	1.925	1.981	2.284	1.731	1.546	1.839	1.797	2.082
<b>Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistungen (DAEKfL)</b>										
Sommerweizen	2010	42	890	2.817	1.282	1.440	2.977	5.062	5.097	4.840
	2011*	3.224	3.777	2.893	4.726	4.396	3.426	4.846	4.649	4.400
	2012	1.730	4.492	4.741	4.508	5.079	5.317	5.938	6.014	5.573
Sojabohnen	2010	2.818	4.183	5.504	4.151	4.719	6.137	7.489	7.205	6.808
	2011	4.906	6.777	7.039	6.890	7.245	7.139	6.413	6.097	6.050
	2012	3.100	3.643	3.651	4.923	3.961	4.046	8.298	8.340	8.055
<b>Vollkosten / Gesamtkosten (ohne Pacht)</b>										
Sommerweizen	2010	5.159	3.996	3.501	3.906	3.454	3.393	3.902	3.925	4.337
	2011*	5.718	4.435	4.199	4.198	3.816	3.711	4.125	4.389	4.811
	2012	6.786	4.006	3.990	3.429	3.468	3.990	3.993	3.983	4.618
Sojabohnen	2010	4.165	3.317	3.444	2.820	2.787	2.849	2.557	2.904	3.528
	2011	5.639	4.020	3.362	3.640	3.554	3.300	3.652	4.028	4.292
	2012	6.155	4.100	4.054	4.315	3.790	3.697	4.226	4.230	4.740

\* Leistungen und DAEKfL in Sommerweizen 2011 statistisch nicht abgesichert (Abschnitt 4.2)

Die wichtigsten Einflussfaktoren auf die Arbeitserledigungskosten sind die Anschaffungswerte der Zugmaschinen und Arbeitsgeräte (fixe Kosten der Arbeitsmittel), der Dieselkraftstoffbedarf (variable Kosten der Arbeitsmittel) sowie der Arbeitszeitbedarf (Kosten für Arbeitskräfte und variable Kosten für Arbeitsmittel). Die höheren fixen Kosten der modernen europäischen Maschinen können nur durch höhere Leistungen aufgrund einer entsprechenden Ertragssteigerung oder einer Verringerung der variablen Kosten für Arbeitsmittel und Arbeitskräfte ausgeglichen werden. Eine Senkung der variablen Arbeitserledigungskosten ist durch die Substitution von Arbeit durch Kapital möglich. Aufgrund von Skaleneffekten ist eine Bewirtschaftung großer Schläge mit leistungsfähiger Landtechnik wirtschaftlicher, da sich der Anteil von Nebenzeiten (Wende-, Versorgungs-, Rüst- und Wegezeiten) an der Gesamtzeit verringert und damit Arbeitszeit und Dieselkraftstoff eingespart werden kann.

Dagegen lassen sich die Kleinstflächen der Kleinbauern mit den kleinen Maschinen der Haushalte am effektivsten bewirtschaften. Beim Einsatz von großer Technik auf den kleinen Schlägen entstehen unproduktive Nebenzeiten und arbeitsorganisatorische Effekte welche sich auf Arbeitszeitbedarf und Arbeitserledigungskosten negativ auswirken. Aus diesem Grund steigen die Arbeitserledigungskosten des Haushaltes bei Schlägen über 5 ha wieder an und übersteigen die Kosten der Staatsfarm. Damit ist die Staatsfarm bei großen Schlägen das vorteilhafteste Produktionsverfahren. Das Szenario 1 gibt die ökonomischen Wirkungen zum Zeitpunkt der Projektdurchführung unter Annahme optimaler Bedingungen am besten wieder.

Legt man jedoch den Fokus auf eine Abschätzung der ökonomischen Wirkung bei einer zukünftigen wirtschaftlichen Entwicklung um langfristige Entscheidung zu treffen, dann ist das Szenario 2 die bessere Grundlage. Erst wenn sich die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen wie Lohnsatz, Schlag- und Betriebsgröße ändern, ist es sinnvoll Arbeitskräfte durch Kapital (Mechanisierung) zu ersetzen. Mit diesen Annahmen ändert sich auch das vorher, in der Versuchsauswertung und dem Szenario 1, gewonnene Bild der ökonomischen Vorzüglichkeit der chinesischen Produktionsverfahren. Sollten bei einer langfristigen Betrachtung die darin getroffenen Annahmen eintreffen, wäre es durchaus ökonomisch sinnvoll moderne leistungsfähige Maschinen einzusetzen. Bei steigenden Löhnen und Betriebsmittelpreisen wird die Bewirtschaftung größerer Schläge mit den Produktionsverfahren der Haushalte unwirtschaftlich. Andersherum betrachtet, lassen sich durch große Schläge und einer entsprechenden Mechanisierung mit leistungsfähigeren Maschinen die Arbeitserledigungskosten durch eine Reduzierung des Anteils an unproduktiven Neben-, Versorgungs-, Verlust- sowie Rüst- und Wegezeiten senken (siehe Abschnitt 4.3.2.2).

Betrachtet man die ermittelten Gesamtkosten (ohne Pacht) der Produktionsverfahren im Szenario 1 mit den im Abschnitt 2.3 dargestellten Gesamtkosten der Staatsfarm Ganhe (Tabelle 5), so besitzen diese in etwa das gleiche Kostenniveau. Die geringen Abweichungen lassen sich mit den unterschiedlichen Produktionsstandorten und -bedingungen erklären. Die Buchhaltung der Staatsfarm Ganhe ermittelte für Sommerweizen im Jahr 2010 Gesamtkosten von 3.204 RMB/ha, wohingegen im Szenario1 der Staatsfarm 3.454 RMB/ha ermittelt wurden.

## 5 Diskussion und Schlussfolgerungen

Die vorliegende Arbeit zeigt die verschiedenen Anforderungen, Probleme und Ergebnisse, welche in der wissenschaftlichen Bearbeitung des Projektes „Deutsch-Chinesischer landwirtschaftlicher Demonstrationsbetrieb auf der Staatsfarm Ganhe“ und der daraus folgenden statistischen und ökonomischen Auswertung der Produktionsverfahren auftraten. In der Bearbeitung des Projektes zeigten sich verschiedene Problemstellungen und Lösungsansätze in der Anlage und Durchführung der Versuche vor Ort sowie in der Bearbeitung und Auswertung der daraus gewonnen Datensätze. Vor allem die durch Fehler in der bisherigen landwirtschaftlichen Bewirtschaftung entstandene Minderung der Bodenfruchtbarkeit und des Ertragspotential am Projektstandort führten zu einigen Problemen bei der Anpassung der neuen Produktionsverfahren.

### 5.1 On-Farm Experimente

Die On-Farm Experimente wurden unter Produktionsbedingungen mit wissenschaftlicher Zielsetzung und Arbeitsweise durchgeführt, womit die realitätsnah gewonnenen Erkenntnisse leichter in die Praxis zu übertragen sind. Zum Testen der Wirkung der neuen Produktionsverfahren mit Praxismaschinen auf den Ertrag sind Feldversuche unter Praxisbedingungen unvermeidbar, womit On-Farm Experimente mit wissenschaftlichem Anspruch das Mittel der Wahl sind. Die Anlage der On-Farm Experimente wurde im Projekt gut umgesetzt. Jedoch musste aufgrund von organisatorischen Schwierigkeiten ein systematisches Versuchsdesign gewählt werden. An dieser Stelle muss angemerkt werden, dass die Versuchsprinzipien Wiederholung, Randomisation und Blockbildung auch im On-Farm Research einzuhalten sind. Unter der Verletzung des Prinzips der Randomisation leidet die Präzision und Aussagekraft des Feldversuchs (Piepho et al., 2012, S. 36ff.).

Neben den Prüffaktoren (Produktionsverfahren) wirken noch weitere Variablen (Kovariablen) auf das Prüfmerkmal (Ertrag). Mit der teilflächenspezifischen Erfassung des Ertrags und verschiedener Standorteigenschaften (historische Ertragsdaten, elektrische Leitfähigkeit des Bodens) ist es möglich einen Teil dieser ertragsbeeinflussende Faktor zu charakterisieren, was wertvolle Daten für die statistische Auswertung liefert. Dazu wurde mit dem Bodensensor EM 38 die scheinbare elektrische Leitfähigkeit des Bodens (EC25) gemessen (Hinck, 2009). Weiterhin wurden im Vorjahr auf der einheitlich bewirtschafteten Versuchsfläche georeferenzierte (historische) Ertragsdaten (Ertrag2009) erfasst. Diese Eigenschaften lassen Schlüsse zum teilflächenspezifischen Ertragspotential von Teilflächen innerhalb der Versuchspartellen zu (Schneider, 2011, S. 7) und können dadurch im linearen gemischten Modell einbezogen werden. Mit der Weiterentwicklung von Sensoren und der Datenverarbeitung lassen sich zukünftig weitere Kovariablen in eine statistische Auswertung einbeziehen. In der Arbeit in Nordostchina war es aufgrund des großen organisatorischen Aufwands nicht möglich weitere Parameter zu erfassen. Die im Projekt erfassten Kovariablen zeigten auch nur einen geringen Zusammenhang zum Ertrag. Nur in 4 von 18 Fällen wurde

eine positive Korrelation von mehr als 0,2 festgestellt. Trotzdem wurden die Daten in die statistische Auswertung einbezogen, da die Anpassung des Auswertungsmodells an die Datensätze verbessert werden konnte.

Zur Erfassung des Prüfmerkmals Ertrag wurde die Ertragskartierung des im Betrieb vorhandenen Praxismähdreschers genutzt. Wie sich im Projekt zeigte, sind Verzerrungen des Ertragsniveaus in den Datensätzen nicht zu vermeiden waren, weshalb eine Bearbeitung der Datensätze durch eine relative Gewichtskorrektur mit den Daten der Realwiegung notwendig wurde. Beim Vergleich der Gesamtmasse der Ertragsdaten mit der Wiegung der Erntemenge wurden in einigen Parzellen große Abweichungen (14,0 – 53,9 %) durch fehlerhafte Kalibrierung und Druschfehler festgestellt. Durch die sehr heterogenen Bestände der Druschfrüchte in der Projektregion kam es zu großen Problemen mit der Ertragskartierung, wodurch die Ertragsdaten negativ beeinflusst wurden. Ein verzerrtes Ertragsniveau der Datensätze kann ebenfalls zu falschen Schlussfolgerungen führen. Wie sich zeigte können Fehler bei der Kalibrierung der Sensoren die Daten und damit die Auswertungsergebnisse stark beeinflussen. Vor allem wurden Schwankungen des Hektolitergewichts innerhalb des Bestandes festgestellt was Einfluss auf die exakte Kalibrierung des Ertragsmessensors hatte. Nur mit einer sorgfältigen Kalibrierung der Ertragsmess- und Kornfeuchtesensoren sowie durch einen kritischen Umgang mit den gewonnen Datensätzen, kann die Qualität der Erfassung des Prüfmerkmals Ertrag sichergestellt werden. In der vorliegenden wissenschaftlichen Arbeit wurden die Ertragsdaten anhand der Wiegung der Erntemenge in ihrem relativen Ertragsniveau korrigiert und spiegeln damit das reale Ertragsniveau der Produktionsverfahren und deren räumliche Verteilung im Schlag wider.

Weiterhin stellte die Erfassung von qualitativ hochwertigen Ertragsdaten, aufgrund technischer (Verschmutzung oder falsche Kalibrierung der Ertrags- und Kornfeuchtesensoren) und systematischer (Zeitversatz, Beschleunigungsvorgänge) Fehlerquellen (Steinmayer, 2002), ebenfalls eine große Herausforderung dar. Damit ist eine Bearbeitung und Filterung der Datensätze unumgänglich. Die in dieser Arbeit dargestellten Filtermethoden für Ertragsdaten wurden auf Grundlage des H-Filters nach Noack (2006) erstellt. Dieser wurde an die Anforderungen von Versuchsdaten aus On-Farm Experimenten angepasst und mit Hilfe von VBA-Programmierung in einem Tabellenkalkulationsprogramm umgesetzt. Es zeigte sich, dass die verfügbaren Filter für Ertragsdaten aufgrund des unterschiedlichen Ertragsniveaus der Parzellen nicht ohne weiteres für die Ertragsdaten angewendet werden können. Die Vielzahl an Ertragsmesssystemen, Datenformaten und Anforderungen macht es nach Erfahrung des Verfassers schwierig einen universell einsetzbaren Filter zu erstellen. Der hier eingesetzte H-Filter vergleicht jeden Ertragsdatenpunkt mit jeweils 3 - 5 Datenpunkten aus den Nachbarfahrspuren innerhalb einer Parzelle. Es konnten jedoch keine allgemein gültigen Schwellenwerte (z.B.: max. Ertrag) und Parameter wie die Anzahl der zu betrachtenden Fahrspuren und Punkte für den Filteralgorithmus festgelegt werden, da diese nach bisherigen Erfahrungen oft an die zu bearbeitenden Datensätze angepasst werden müssen. Die Gefahr besteht, dass bei einer automatisierten Anwendung zu viele Messpunkte fälschlicherweise gelöscht werden

und damit wertvolle Informationen verloren gehen könnten. Andererseits konnten durch die Anwendung des Filters und die Entfernung von wahrscheinlichen Fehlmessungen (hier ca. 40 % der Datenpunkte) die Aussagekraft der Ertragsdaten verbessert und damit plausible Datensätze für eine darauffolgende statistische und ökonomische Auswertung gewonnen werden. Auf eine Filtrierung und Bearbeitung zu verzichten wäre nicht zielführend.

Nachteilig bei OF-Experimenten in Praxisbetrieben ist oft die Durchführung mit wissenschaftlich ungeschultem Personal, inexakten Maschineneinstellungen und daraus folgenden Problemen mit der Datenqualität, wodurch den Versuchen die wissenschaftliche Präzision fehlen kann. In Praxisversuchen sollte auf die entsprechende Ausbildung der Versuchsdurchführer großen Wert gelegt werden. Trotzdem liefern die Datensätze auch mit einer teilweise fehlerhaften Datenerfassung und unvermeidbaren Fehlerquellen wertvolle teilflächenspezifische Informationen zum erfassten Prüfmerkmal (Ertrag) und dem heterogenen Ertragspotential des Versuchsstandortes. Aber auch die Bearbeitung und Korrektur der Ertragsdaten stellt den Versuchsauswerter vor Probleme. Nicht immer ist es eindeutig welche Arbeitsschritte notwendig sind oder in welcher Reihenfolge diese erfolgen sollten, was einen subjektiven Einfluss auf das Ergebnis haben kann. Mit diesen verschiedenen Problemen sind weitergehende Untersuchungen zur Nutzung von Ertragssensoren für die Merkmalerfassung und die Datenbearbeitung im On-Farm Experiment notwendig. Wann immer es möglich ist, sollten aus diesem Grund wissenschaftliche Fragestellungen auch weiterhin auf Versuchsstationen durchgeführt werden. Trotzdem sind On-Farm Versuche ein wichtiges Instrument des landwirtschaftlichen Versuchswesens für Wissenschaft und Praxis.

## 5.2 Statistische Auswertung der On-Farm Experimente

Im nächsten Schritt mussten geeignete statistische Methoden zur Auswertung der Ertragsdatensätze der On-Farm Experimente gefunden werden. Mit der Anwendung von linearen gemischten Modellen ist es möglich Trends und räumlichen Kovarianzen zu beachten.

Zur Aufstellung des Auswertungsmodells wurde in dieser Arbeit ein pragmatischer Ansatz in zwei Schritten nach Spilke (2012) gewählt, welcher mit Hilfe von analytischen Kriterien eine systematische Wahl zwischen Kandidatenmodellen erlaubt. Im ersten Schritt wird die Erwartungswertstruktur der festen Effekte (Resteffekte mit diagonaler Struktur, homogene Varianz) bei Nutzung der Maximum-Likelihood-Methode (ML) optimiert. Im zweiten Schritt erfolgt die Auswahl der Kovarianzstruktur unter Nutzung der REML- Restricted Maximum Likelihood-Methode (REML). In beiden Schritten erfolgt die Modellwahl mit Hilfe eines Informationskriteriums (AICC) und der Kontrolle des Residuenplots auf Verzerrungen, um das an die Daten am besten angepasste Auswertungsmodell zu finden. Die Modellwahl wurde in mehrere Schritte unterteilt, um den Modellwahlprozess zu vereinfachen und die große Zahl an möglichen Modellen zu verringern. Wie sich zeigte ist eine systematische Modellwahl notwendig um die Arbeitsschritte nachvollziehbar zu gestalten.

Der geostatistische Auswertungsansatz zeigte nach dem Informationskriterium AICC eine bessere Anpassung an die im On-Farm Experiment erfassten Datensätze im Vergleich zur varianzanalytischen Auswertung, weshalb die Ergebnisse der Geostatistik zur Auswertung vorgezogen werden. Die Produktionsverfahren des Demonstrationsbetriebes erzielten im ersten Versuchsjahr, nicht wie erhofft einen Mehrertrag, sondern stattdessen einen statistisch signifikanten Minderertrag (t-Test,  $\alpha = 0,05$ ). Erst im zweiten und dritten Versuchsjahr konnten gleiche (Sojabohnen und Sommerweizen, 2011) oder höhere Erträge (Sojabohnen, 2012) erreicht werden.

Die vom linearen gemischten Modell ermittelten Mittelwerte (LSMeans), weichen von denen der klassischen varianzanalytischen Auswertung (Blockanlage) ab. Diese Abweichungen sind meist nur gering und lassen sich durch die verwendeten Kovariablen und der Wahl der Auswertungsmodelle erklären. Trotz dieser Variabilität änderte sich nur selten die Rangfolge (nach höchstem Ertrag) beim Vergleich der Ergebnisse der ANOVA mit denen des gemischten linearen Auswertungsmodells. Trotzdem sollte zur Absicherung der geostatistischen Auswertung immer eine varianzanalytische Auswertung erfolgen, um verzerrte Ergebnisse erkennen und vermeiden zu können. Fehler können dabei in der Anlage von On-Farm Experimenten (fehlende Randomisation, Wiederholung, Blockbildung), Datenerfassung- und bearbeitung (falsche Kalibrierung, Filterung und Korrektur der Ertragsdaten), sowie in der statistischen Auswertung (Wahl des Auswertungsansatzes, Modellwahl, Auswertungsoptionen) entstehen. Wichtig ist es deshalb die Ergebnisse bei der Wahl des Auswertungsmodells immer durch eine Analyse der Kovarianz- und Residuenplots auf mögliche Trends und Verzerrungen zu prüfen. Bei Hinweisen auf Fehler bei der Modellaufstellung wie einem verzerrten Residuenplot, ungewöhnlich hohen Schwankungen der Ergebnisse oder sonstigen Auffälligkeiten, muss die Modellwahl hinterfragt werden. Möglicherweise wurden Trends nicht erkannt und dadurch nicht beachtet, was zu falschen statistischen Schlüssen führen kann. Im Fall von Verzerrungen ist ein Abweichen von der Modellwahlstrategie nach minimalem AICC, durch Hinzufügen oder Entfernen von Kovariablen, welche den im Feld vorliegenden Trend abbilden, erforderlich. Eventuell ist sogar ein Modell mit schlechteren Modellwahlkriterien (AICC), aber dafür besserer Abbildung des räumlichen Trends zu wählen. Diese Entscheidung unterliegt dabei dem subjektiven Urteil und der Erfahrung des Bearbeiters, womit die Ergebnisse nicht vollständig reproduzierbar sind. Bei unterschiedlichen Ansätzen zur Modellwahl, gewählten Kovariablen und deren Kombinationen, kann es auch zu abweichenden Ergebnissen kommen. Mit diesem Handlungsspielraum bei der Modellwahl, der Gefahr von Verzerrungen und daraus folgenden statistischen Fehlurteilungen, erscheint es bisher nicht möglich für diesen geostatistischen Ansatz als standardisierte oder automatisierte Anwendung in einer Software umzusetzen.

Ebenso stellt die Umsetzung der statistischen Auswertung mit linearen gemischten Modellen den Bearbeiter vor große Herausforderungen. Wie gezeigt sind die Datensätze sehr groß, was leistungsfähige und teure Rechentechnik und Statistiksoftware erfordert. Bei Versuchsfeldern mit sehr großen Datensätzen (>2000 Datenpunkten) bei dem viele verschiedene Modelle und Optionen getestet werden sollen kann die Bearbeitungs- und Rechenzeit in der Prozedur Mixed (SAS 9.2) für

die Auswertungsmodelle sehr lang werden ( $>24$  h). Der Zeitaufwand zur Berechnung der geostatistischen Modelle steht in direkten Zusammenhang mit den zur Verfügung stehenden Rechenkapazitäten. Je leistungsfähiger der Rechner ist, desto schneller werden die Modelle berechnet. Jedoch ist die Bereitstellung von leistungsfähigen Prozessoren, großem Arbeitsspeicher und schnellen Speichermedien mit hohen Kosten verbunden. Nicht für jeden Versuchsansteller macht es Sinn diese Investition zu tätigen. Oft ist es deshalb sinnvoller die Versuche im Voraus entsprechend zu planen oder die Auswertung auf ein sinnvolles Maß an Daten zu begrenzen. Eventuell ist eine Aggregation von Daten sinnvoll und damit ein gewisser Verlust an Informationen hinnehmbar um die Auswertung der Datensätze zu vereinfachen.

Die Auswertung mit linearen gemischten Modellen ist nicht standardisiert und erfordert viel Fachwissen und Erfahrung bei der Wahl der Auswertungsmodelle. Die geostatistische Auswertung von On-Farm Versuchen ist, vor allem bei großen Datensätzen und mehreren Kovariablen, recht aufwendig und erfordert eine genaue Planung der Auswertungsschritte, um diese systematisch und nachvollziehbar durchzuführen. Dazu benötigt der Bearbeiter der statistischen Auswertung, ein gutes statistisches Grundwissen, Erfahrung in der Anlage und Durchführung von On-Farm Versuchen sowie im Umgang mit der Statistiksoftware SAS. Die komplexe Modellwahl und die hohe Zahl an möglichen Fehlerquellen führen dazu, dass es bei unzureichender Wahl der Kovariablen und des Auswertungsmodells zu falschen statistischen Schlüssen und damit irrtümlich zu einer Bevorzugung einer Variante (Sorte, Düngung, etc.) kommen kann. Unter Umständen besteht sogar die Möglichkeit durch tendenziöse Modellwahl diese absichtlich zu beeinflussen, um eine bestimmte Variante als vorteilhaft darzustellen. Aus diesen Gründen werden nur wenige landwirtschaftliche Betriebe On-Farm Experimente und die dazugehörige geostatistische Auswertung in Eigenregie durchführen können. Es ist eher denkbar das Dienstleister oder wissenschaftliche Einrichtungen die Anlage und Auswertung anleiten und teilweise oder komplett übernehmen. Eine weiterführende wissenschaftliche Bearbeitung ist erforderlich um die geostatistischen Auswertungsansätze in On-Farm Experimenten mit Auswertungsbeispielen zu vereinheitlichen und damit die Auswertung in praxisnahen Anwendungen zu erleichtern.

### **5.3 Ökonomische Auswertung der On-Farm Experimente**

Das Ziel dieser ökonomischen Auswertung war es, anhand der direkt- und arbeitserledigungskostenfreien Leistungen (DAEKfL), das ökonomisch vorzüglichste Produktionsverfahren festzustellen um daraus Schlussfolgerungen für zukünftige Entscheidungen zur Entwicklung des landwirtschaftlichen Sektors abzuleiten. Die Ergebnisse der wissenschaftlichen Arbeit im Projekt sind nur auf den untersuchten Standort und Produktionsverfahren für Sommerweizen und Sojabohnen bezogen und damit nicht auf andere Regionen und Produktionsverfahren übertragbar. Oft sind die Anschaffungswerte von Maschinen und Betriebsmitteln zeitlich und regional sehr variabel, da der landwirtschaftliche Sektor Chinas stark von regionalen und zeitlich begrenzten Regulierungen und Subventionen abhängig ist. Dadurch wird die Modernisierung der Landwirtschaft von politischen

Entscheidungen beeinflusst. Die im Projekt von den deutschen Firmen gelieferten Maschinen mussten sich am Standort des Deutsch-Chinesischen Demonstrationsbetriebes nicht nur bewähren indem Erträge und betriebswirtschaftliche Ergebnisse gesteigert werden, sondern auch zeigen in wie weit sie zum Standort in Nordostchina passen und sich in den Produktionsablauf der Staatsfarm einfügen. Gerade das Klima und die schlechten Bodenverhältnisse machten eine Anpassung an die Standortbedingungen zu einer Herausforderung. Im Projekt wurden keine grundsätzlichen Vorteile des Dammanbaus der chinesischen Produktionsverfahren festgestellt. Im Fall von suboptimalen Bedingungen, wie eine schlechte Bodenstruktur mit Einfluss auf den Luft- und Wasserhaushalt des Bodens oder starkem Unkrautbesatz durch mangelhaften chemischen Pflanzenschutz, kann der Dammanbau Vorteile haben, ist aber nicht entscheidend für hohe Erträge. Auch mit den Saatverfahren ohne Damm sind hohe Erträge möglich wie das Versuchsjahr 2012 in Sojabohnen zeigte.

Erreicht werden sollte eine Steigerung des Ertrags und des ökonomischen Ergebnisses durch eine exakte und bedarfsgerechte Ausbringung von Betriebsmitteln (Saatgut, Dünger, PSM) und einem fachgerechten und effizienten Einsatz der modernen Maschinen in einer nachhaltigen landwirtschaftlichen Produktion. Wie sich schon früh im Projekt zeigte hat der Boden in der Projektregion eine schlechte Bodenstruktur, Bodenverdichtungen, einen geringen pH-Wert und eine schlechte Nährstoffversorgung mit Phosphor und Kalium. Diese Probleme hatten starken Einfluss auf die Erträge und damit auf auch das ökonomische Ergebnis der Produktionsverfahren. Wie sich zeigte begrenzen diese Faktoren die Erträge in der Projektregion, womit kurzfristig auch keine Ertragssteigerungen möglich sind. Die letzten Jahrzehnte landwirtschaftlicher Produktion in Nordostchina zeigten viele Umweltprobleme aufgrund fehlender Fruchtfolge, schlechter fachlicher Ausbildung der Kleinbauern und dem Mangel an leistungsfähigen Maschinen entstanden.

Die Versuchsauswertung der On-Farm Experimente und das Szenario 1 zeigten, dass die Haushalte zwar klein sind, aber sehr intensiv wirtschaften können. Unter den bisherigen Strukturen in der Projektregion haben die Arbeits- und Produktionsverfahren des Kleinbauernhaushaltes durchaus ökonomische Vorteile. Gerade auf den fragmentierten Schlägen der Kleinbauern lassen sich, trotz intensivem Arbeitseinsatz, die kleinen Maschinen der Haushalte kostengünstig einsetzen und gleichzeitig hohe Erträge erzielen. Möglich ist dies hauptsächlich durch das Überangebot an Arbeitskräften bei geringem Lohnniveau und extrem kostengünstigen Maschinen. Erst im Fall von steigenden Betriebs- und Schlaggrößen (> 5 ha), wie es in Staatsfarmen, Maschinenkooperationen oder wachsenden Kleinbauernbetrieben möglich ist, ist der Einsatz von großen leistungsfähigen Maschinen auch ökonomisch sinnvoll und unverzichtbar. Auf großen Schlägen steigt der Arbeitszeitbedarf im Produktionsverfahren des Haushalts, so dass die Arbeitserledigungskosten des Haushalts schnell die Kosten der Staatsfarm übersteigen.

Das wirtschaftliche Wachstum Chinas, wie im Szenario 2 betrachtet, mit einer Verknappung von landwirtschaftlichen Arbeitskräften durch eine fortschreitende Urbanisierung, wird auch in der Landwirtschaft zu einem Anstieg des Lohnniveaus und der Haushaltseinkommen führen. Damit wird es notwendig den Arbeitskraftbedarf und die variablen Arbeitserledigungskosten durch den

Einsatz moderner Maschinen weiter zu senken. Bei Schlaggrößen von 20 - 40 ha und einem Lohnsatz von über 30 RMB/AKh kann sich die Investition in moderne leistungsfähige Landtechnik auch ökonomisch rentieren.

Der Arbeitszeitbedarf der Arbeits- und Produktionsverfahren beeinflusst ebenfalls die variablen Arbeiterledigungskosten womit dieser, trotz des geringen Lohnsatzes von 15 RMB/AKh, eine wichtige Variable zum Vergleich der Produktionsverfahren darstellt. Da keine Standardwerte zum Arbeitszeitbedarf der Arbeitsverfahren vorliegen, musste der Arbeitszeitbedarf mit Hilfe einer angepassten Arbeitszeitfunktion (Gindele, 1972), angelehnt an das Kalkulationsverfahren des KTBL (Jäger, 1977) ermittelt werden. Die On-Farm Experimente wurden als Arbeitsversuch (Schulze-Lammers, 1956, S. 146) genutzt um Teil- und Elementarzeiten zu erfassen und diese in die maschinen- und verfahrensspezifische Arbeitszeitbedarfsberechnung einfließen zulassen, womit ein möglichst realitätsnaher und objektiver Arbeitszeitbedarf aller Varianten ermittelt wurde.

Die in den Produktionsverfahren eingesetzten Maschinen weisen aufgrund von Leistung, Getriebequalität, Gesamtmasse, Zugkraftbedarf und Bearbeitungstiefe einen variierenden Dieselmotorkraftstoffbedarf auf. Da auf Grund der fehlenden technischen Ausstattung keine geeignete Datengrundlage zum verfahrensspezifischen Dieselmotorkraftstoffbedarf der eingesetzten Maschinen in den On-Farm Versuchen erfasst werden konnte, wurde dieser nach dem Kalkulationsansatz von Schreiber (2006) anhand von maschinenspezifischen (Gesamtmasse, Leistung, etc.), standortspezifischen (Bodenwiderstand, Rollwiderstand) und verfahrensspezifischen (Bearbeitungstiefe, Ausbringungsmenge) Einflussgrößen kalkuliert. Dieser Ansatz kann zwar den Dieselmotorkraftstoffbedarf der Arbeitsverfahren für eine ökonomische Auswertung ausreichend darstellen, lässt jedoch keine Schlüsse zum Vergleich des Dieselmotorkraftstoffverbrauchs einzelner Zugmaschinen zu. Dazu wären Untersuchungen unter genormten Versuchsbedingungen auf entsprechenden Versuchsständen nötig. Grundsätzlich hätte der Arbeitszeit- und Dieselmotorkraftstoffbedarf sowie die daraus folgenden Kosten auch vor Ort erfasst werden können, jedoch wäre dies nur mit einem sehr großen Aufwand möglich, was den Rahmen dieser Arbeit gesprengt hätte. Auch wäre es schwierig, vergleichbare Versuchsbedingungen und eine hohe Anzahl an Wiederholungen zu erfassen um aussagekräftige Daten zu erheben. Mit den Kalkulationsansätzen ist es jedoch möglich die Produktionsverfahren objektiv zu beurteilen, da für alle Produktionsverfahren die gleiche Berechnungsgrundlage und verfahrensspezifische Daten aus den On-Farm Experimenten verwendet wurden.

Bei der ökonomischen Auswertung wurde versucht, möglichst viele Parameter direkt in den On-Farm Versuchen und im Projekt zu ermitteln, um ein realitätsnahes Bild der ökonomischen Wirkungen zu erhalten. Trotzdem konnten einige positive und negative Effekte nicht quantitativ und qualitativ erfasst werden. Besonders problematisch ist die Bewertung der Verarbeitungsqualität der Maschinen und deren damit einhergehenden längeren Nutzungsdauer und höhere jährliche Auslastung. Erfahrungsgemäß bestehen große Unterschiede, welche hier aber aufgrund des geringen Stichprobenumfangs nicht erfasst werden konnten. Dies gelingt nur ansatzweise aus langjährigen Erfahrungen und großem Stichprobenumfang, ähnlich zu den vom KTBL erfassten Betriebsdaten, welche jedoch nicht in vergleichbarer Form zu den chinesischen Maschinen vorliegen. Aus

diesem Grund wurden KTBL-Daten, chinesische Buchhaltungsdaten und einheitliche Kostenansätze berücksichtigt.

Ein weiterer Vorteil der modernen Maschinen mit großen Arbeitsbreiten, ist die höhere Schlagkraft in Zeiträumen mit großen Arbeitsspitzen oder kurzen Zeitfenstern wie dem Pflanzenschutz. Die Terminkosten welche bei eventuellen Maschinenausfällen oder zu geringen Maschinenkapazitäten entstehen, wurden hier ebenfalls nicht berücksichtigt, da diese kaum sicher zu bestimmen sind. Auch wenn man im Allgemeinen den modernen deutschen Maschinen positive Effekte zuschreibt, so lassen sich diese nicht anhand der dreijährigen Versuchsergebnisse quantifizieren. Ebenso verhält es sich mit positiven Wirkungen wie der besseren Zerkleinerung und Einarbeitung von Ernterückständen, Verbesserung der Bodenstruktur durch pfluglose Bodenbearbeitung oder die Vermeidung von Herbizidakkumulationen und Resistenzbildungen. Der Einsatz von modernen Maschinen trägt ebenfalls zur Verbesserung der Arbeitsbedingungen und Arbeitsschutz bei, was die landwirtschaftlichen Arbeitsplätze attraktiver für Fachkräfte macht. Diese nicht monetären Leistungen wirken sich nicht oder nur langfristig auf das durchschnittliche Ertragsniveau aus.

Das Ziel einer nachhaltigen Ertragsteigerung kann nur erreicht werden, wenn verschiedene Faktoren wie die Mechanisierung und Modernisierung des landwirtschaftlichen Sektors mit Maßnahmen zur fachgerechten nachhaltigen Bewirtschaftung kombiniert werden. Neben den ökonomischen Kriterien haben die modernen Produktionsverfahren des Demonstrationsbetriebes Vorteile für die Umwelt und Nachhaltigkeit der landwirtschaftlichen Produktion. Diese wirken jedoch langfristig und lassen sich kaum monetär zu bewerten, sollten jedoch bei der Entwicklung der landwirtschaftlichen Produktion berücksichtigt werden. Moderne Landtechnik zeichnet sich vor allem durch eine bedarfsgerechte Ausbringung von Betriebsmitteln wie Dünger und Pflanzenschutzmitteln aus. Kombiniert mit zeitgemäßen pflanzenbaulichen Strategien nach guter fachlicher Praxis lassen sich damit die negativen Auswirkungen auf die Umwelt reduzieren. Dazu ist eine gute fachliche Ausbildung der Arbeitskräfte und Entscheidungsträger, moderne leistungsfähige Maschinen und entsprechende administrative Rahmenbedingungen notwendig.

Eine moderne und nachhaltige Landwirtschaft bringt auch neue Herausforderungen für den landwirtschaftlichen Sektor sowie dem vor- und nachgelagerten Bereich mit sich. Die Strukturen im Projekt zeigten, dass bessere Absatz- und Vermarktungswege geschaffen werden müssen um hochwertige Betriebsmittel zu liefern und deren Produkte verlustfrei zu lagern und vermarkten. Die Bedienung der modernen Maschinen, der fachgerechte Einsatz von Betriebsmitteln und eine nachhaltige Bewirtschaftung erfordern eine gute praktische und theoretische Ausbildung der Kleinbauern, Fahrer und Entscheidungsträger. Gerade in den Staatsfarmen ist die Ausbildung der Fahrer oft zu gering um eine optimale Bedienung der Maschinen zu gewährleisten. Langfristig wird eine Modernisierung der chinesischen Landwirtschaft verbunden mit einem Strukturwandel im ländlichen Raum, unumgänglich für die soziale und wirtschaftliche Entwicklung der ländlichen Regionen Chinas sein. Die kleinen Haushaltsbetriebe können bei einem weiteren Wirtschaftswachstum nicht ausreichend Einkommen für die Familien generieren, so dass die Einkommensunterschiede zwischen Stadt und Land weiterwachsen würden.

## 6 Zusammenfassung

Mit Blick auf das Bevölkerungswachstum und die gesellschaftliche Entwicklung Chinas werden Lösungsansätze zur Sicherung der Ernährung der Bevölkerung benötigt. Ein wichtiges Instrument der chinesischen Regierung ist eine Mechanisierung des landwirtschaftlichen Sektors mit moderner Landtechnik und fachgerechten nachhaltigem Management. Aus diesen Gründen wurde mit modernen europäischen Maschinen ein landwirtschaftlicher Demonstrationsbetrieb auf der Staatsfarm Ganhe eingerichtet. Die Produktionsverfahren des Demonstrationsbetriebes unterscheiden sich, von den etablierten Verfahren der Staatsfarm und der Kleinbauernhaushalte, durch die eingesetzten Maschinen, Arbeitsverfahren sowie Saat-, Pflanzenschutz- und Düngestrategien. Dies führte zu neuen Produktionsverfahren für die Kulturen Sommerweizen und Sojabohnen mit Wirkungen auf Ertrag und Kostenstrukturen und damit auf den ökonomischen Erfolg der Betriebe.

Die Wirkungen der neuen Produktionsverfahren auf den Kornertrag wurden in zwei On-Farm Experimenten über drei Versuchsjahre getestet. Dazu wurden, im Gegensatz zum klassischen Feldversuch, betriebsübliche Maschinen und Schläge zur Anlage der Feldversuche verwendet. Durch die Nutzung des Ertragsmesssystems des Mähdeschers, konnte die im Versuchsfeld vorhandene Variation des Prüfmerkmals Ertrag erfasst werden. Wie die Differenzen zwischen dem Ertragsniveau der Ertragsdaten und der Wiegung mit der Hofwaage zeigten, können die Versuchsdaten auf Grund von Witterungseinflüssen, Fehlern in der Versuchsdurchführung sowie technischen und systematischen Fehlern der Ertragsmesssysteme verfälscht werden und müssen kritisch betrachtet werden. Aus diesem Grund wurden die Ertragsdaten mit den Daten der Realwiegung korrigiert und Fehlmessungen in den Ertragsdaten, mit einem an die Anforderungen von On-Farm Versuchen angepassten lokalen Ertragsdatenfilters (H-Filter) nach Noack (2006), gelöscht.

On-Farm Versuche besitzen aufgrund ihrer Größe eine hohe Heterogenität des Bodens (Bodenart, Gefälle, etc.) und damit des Ertragspotentials, wodurch die Versuchsflächen einen räumlichen Bodentrend aufweisen. Oft ist die Heterogenität am Versuchsstandort zu stark und unregelmäßig ausgeprägt, wodurch diese nicht mit einer Anpassung des Versuchsdesigns (Blockbildung, Wiederholungen) und einer klassischen statistischen Auswertung (ANOVA) zu handhaben sind. Die Variation des Ertragspotentials innerhalb des Versuchsfeldes korreliert mit den vor Versuchsbeginn erfassten Standortparametern, wie der elektrischen Leitfähigkeit des Bodens (EC25, Bodensensor EM38) und den Ertragsdaten (Ertrag2009) der einheitlich bewirtschafteten Versuchsflächen, weshalb diese Daten in eine statistische Auswertung einbezogen werden sollten. Weiterhin können zwischen den georeferenziert erfassten Ertragsdatenpunkten räumliche Korrelationen (Kovarianzen) bestehen, welche den Erwartungswert und Varianz der untersuchten Merkmale und damit die Versuchsergebnisse beeinflussen können. Durch die ungewollte Bevorzugung eines Prüffaktors in Parzellen mit höherem Ertragspotential und den räumlichen Abhängigkeiten der Merkmalspunkte, kann die Versuchsanlage gegen das Ceteris-Paribus-Prinzip verstoßen. Um falsche Schlussfolgerungen zu vermeiden ist die Wahl geeigneter statistischer Methoden von besonderer Bedeutung.

Mittels Modellierung dieser räumlichen Trends und Abhängigkeiten mit linearen gemischten Modellen in der Statistik-Software SAS 9.2 (Proc Mixed), wurde ein geostatistischer Ansatz genutzt um diese Einflüsse in der Auswertung von landwirtschaftlichen On-Farm Experimenten zu beachten. Diese Arbeit zeigt wie mit Bodentrends und räumlichen Korrelationen im On-Farm Versuch umgegangen werden kann und wie die Auswertungsergebnisse dabei variieren können. Besonders wichtig bei dem gewählten Auswertungsansatz ist die korrekte und systematische Modellwahl zur Aufstellung des linearen gemischten Modells mit festen und zufälligen Effekten. Dabei ist es wichtig durch Kontrolle des Residuenplots auf eventuelle Verzerrungen der Ergebnisse zu achten.

Zum Vergleich der ökonomischen Wirkung der drei Produktionsverfahren wurden die in den Feldversuchen gewonnenen Ergebnisse genutzt, um mit einer Leistungs-Kostenrechnung auf der Vergleichsgrundlage der direkt- und arbeitserledigungskostenfreien Leistungen, das ökonomisch vorzüglichste Produktionsverfahren zu bestimmen. Die modernen Maschinen beeinflussen durch die hohen Anschaffungswerte vor allem die fixen Arbeitserledigungskosten sowie durch den geringeren Arbeitszeit- und Dieselbedarf die variablen Arbeitserledigungskosten. Demzufolge wurde mit Hilfe von Arbeitsversuchen in den On-Farm Experimenten und der Teilzeitmethode der verfahrensspezifische Arbeitszeitbedarf sowie mit Hilfe des Kalkulationsansatzes nach Schreiber (2006) der Dieselkraftstoffbedarf der Arbeits- und Produktionsverfahren bestimmt.

Es konnten im Projekt in fünf von sechs On-Farm Experimenten keine statistisch signifikanten Ertragssteigerungen (t-Test,  $\alpha = 0,05$ ) durch die neuen Produktionsverfahren erzielt werden. In 2010 wurden für Sommerweizen und Sojabohnen sogar statistisch signifikante Mindererträge des Demonstrationsbetriebes gegenüber dem Ertrag des Kleinbauernhaushaltes festgestellt. Erst in 2012 (Sojabohnen) wurden erste Mehrerträge des Demonstrationsbetriebes gegenüber den Chinesischen Varianten erzielt, womit ein Trend zu einer langfristigen Steigerung der Erträge des Demonstrationsbetriebs festgestellt werden kann. Eine Ertragsteigerung wird in der Projektregion durch die Probleme mit dem Bodenzustand (Bodenverdichtungen, pH-Wert, etc.) verhindert. Die hohen fixen Kosten der importierten Maschinen des Demonstrationsbetriebs konnten dadurch nicht durch höhere Leistungen kompensiert werden. Die Kleinbauernhaushalte sind mit hohen Erträgen und geringen Arbeitserledigungskosten auf den stark fragmentierten kleinen Schlägen sehr produktiv. Erreicht werden die geringen Kosten durch geringe Anschaffungswerte der Maschinen und einem geringen Lohnniveau bei hohem Arbeitskraftbedarf. Dagegen sinken auf großen Schlägen die Arbeitserledigungskosten weshalb leistungsfähige Maschinen eingesetzt werden sollten. Zur besseren Abschätzung der ökonomischen Wirkungen wurden verschiedene Vergleichsszenarien bei veränderten Bedingungen (Szenario 1 - bedarfsgerechte Düngung, gute Bodenfruchtbarkeit und Versuchsbedingungen) und zukünftigen Entwicklungen (Szenario 2 - Strukturwandel, Lohnsteigerungen) entwickelt. Erst im Szenario 2, mit zukünftig steigenden Lohn- und Schlaggrößen, wird ist moderne, importierte Landtechnik unter den Bedingungen der Projektregion rentabel.

**Schlagwörter:** China, On-Farm Experimente, EM38, lineare gemischte Modelle, Geostatistik, SAS, Proc Mixed, landwirtschaftliche Produktionsverfahren, Ökonomie

## 7 Abstract

With regard to the population growth and the social development of China, solutions are needed to ensure the food security of the population. An important instrument of the Chinese government is a mechanization of the agricultural sector with modern agricultural technology and professional sustainable management. For these reasons, an agricultural demonstration farm was set up on the state farm Ganhe using modern European machines. The production methods of the demonstration farm are differentiated by the established procedures of state farms and small farmer households through the machines, working methods, and seed, plant protection and fertilization strategies. This led to new production methods for the crops of summer wheat and soybeans with effects on yield and cost structures and thus on the economic success of the farms.

The effects of the new production methods on the grain yield were tested in two on-farm experiments over three trial years. In contrast to conventional field trials, normal working practice machines and fields were used to create field trials. By using the yield mapping system of the combine harvester, the variation of the yield in the test field could be recorded. As the differences between the yield level of the yield data and the weighing with a scale showed, the test data can be influenced due to weather influences, errors in the test execution as well as technical and systematic errors of the yield mapping system and must be considered critically. For this reason, the yield data were corrected with the data of the weighing and errors in the yield data were deleted, according to Noack (2006), with a local yield data filter (H filter) adapted to the requirements of on-farm experiments.

On-farm trials have a high heterogeneity of the soil (soil type, slope, etc.) and therefore the yield potential, which means that the test areas have a spatial soil trend. Often the heterogeneity at the experimental area is too strong and irregular, which means that they are not to be adapted to the experimental design (blocks, repetitions) and a classical statistical evaluation (ANOVA). The variation of the yield potential within the experimental field correlates with the parameters measured prior to the start of the experiment, such as the electrical conductivity of the soil (EC25, soil sensor EM38) and the yield data (yield2009) of the uniformly managed experimental areas. Furthermore, there may be spatial correlations (covariances) between the georeferenced yield data points, which can influence the expected value and variance of the attributes and thus the test results. Due to the unwanted preference of a test factor in plots with a higher yield potential and the spatial dependencies of the yield points, the trial design can violate the *ceteris-paribus* principle. In order to avoid false conclusions, the choice of suitable statistical methods is of particular importance.

By modeling these spatial trends and dependencies with linear mixed models in the statistical software SAS 9.2 (Proc Mixed), a geostatistical approach was used to take account of these influences in the evaluation of agricultural on-farm experiments. This work shows how soil trends and spatial correlations can be handled in on-farm trials and how the evaluation results can vary. Particularly important for the selected evaluation approach is the correct and systematic model selection for

establishing the linear mixed model with fixed and random effects. It is important to check the residual plots for possible distortions of the results.

In order to compare the economic impact of the three production methods, the results obtained in the field trials were used to determine the economically best production process using a cost-benefit calculation on the basis of the comparison of direct- and labor-free costs. Due to the high purchase values, the modern machines have a particularly high impact on the fixed labor costs, as well as on the lower working time and diesel requirements. Consequently, the diesel fuel requirements of the working and production processes were determined by means of work experiments in the on-farm experiments and the part-time method of the process-specific working time requirement, as well as the calculation approach of Schreiber (2006).

In the project, no statistically significant increases in yield (t-test,  $\alpha = 0.05$ ) could be achieved by the new production methods in five out of six on-farm experiments. In 2010, even statistically significant reductions in yield in the demonstration farm were observed for summer wheat and soybeans compared to the yield of the household. Only in 2012 (soybeans) were the first surpluses of the demonstration farm compared with the Chinese variants, which can be seen as a trend towards a long-term yield increase of the demonstration farm. An increase in yield is prevented in the project region by the problems with soil conditions (soil compaction, soil pH, etc.). The high fixed costs of the imported machines of demonstration farm could not be compensated by higher benefits. Small farms are very productive with high yields and low labor costs on the highly fragmented small plots. The low costs are achieved by low purchase values of the machines and a low wage level with high labor force requirements. On the other hand, high productive equipment reduces the costs of work, which is why modern machines should be used. For a better estimation of the economic effects, different comparative scenarios were developed under modified conditions (scenario 1 - appropriate fertilization, good soil fertility and experimental conditions) and future developments (scenario 2 - structural change, wage increases). Only in scenario 2, with future rising wage and plot size, modern, imported farming technology will become profitable under the conditions of the project region.

**Keywords:** China, On-Farm Experiments, EM38, linear mixed models, geostatistics, SAS, Proc Mixed, cultivation systems, economics

## Literaturverzeichnis

- Adamchuk, V., Hummel, J.; Morgan, M.; Upadhyaya, S. (2004). On-the-go soil sensors for precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, Vol. 44, 71-91.
- Adamchuk, V.; Lund, E.; Reed, T.; Ferguson, R. (2007). Evaluation of an on-the-go technology for soil pH mapping. *Precision Agriculture*, Vol. 8, 139-149.
- Adams, M.; Cook, S. (1997). Methods of on-farm experimentation using precision agriculture technology. *ASAE Annual International Meeting, 10.-14. August 1997*. Minneapolis, Minnesota USA: ASAE.
- Akaike, H. (1969). Fitting autoregressive models for prediction. *Annals of the institute of Statistical Mathematics*, Vol. 21(1), 243-247.
- Akaike, H. (1974). A new look at the statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control* Vol. 19(6), 716-723.
- Anderson, D. M. (1993). *On-farm research guidebook*. Urbana-Champaign: Dept. of Agricultural Economics. University of Illinois.
- Ash, R. F.; Edmonds, R. L. (1998). China's Land Resources, Environment and Agricultural Production. *The China Quarterly*, Vol. 156, 836-879.
- Asienstiftung, (Asienstiftung Essen) (2010). *Landwirtschaft in China: Zwischen Selbstversorgung und Weltmarktintegration*. Essen: MK-Druck GmbH, Eschelborn.
- Bachmaier, M. (2010a). Yield Mapping Based on Moving Butterfly Neighborhoods and the Optimization of their length and width by Comparing with Yield Data from a Combine Harvester. *Recent Advances In Energy & Environment. Proceedings of the 5th IASME / WSEAS International Conference on Energy & Environment (EE '10), University of Cambridge, UK*, 76-82. Cambridge, UK: WSEAS Press.
- Bachmaier, M. (2010b). A Yield Mapping Procedure Based on Robust Fitting Paraboloid Cones on Moving Elliptical Neighborhoods and the Determination of Their Size Using a Robust Variogram. *Positioning*, 27-41.
- Bartlett, M. (1978). Nearest Neighbour Models in the Analysis of Field Experiments. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, Vol. 40(2), 147-174.
- Beck, A.; Roades, J.; Searcy, S. (1999). Post- Process Filtering Techniques to Improve Yield Map Accuracy. *Proc. ASAE/CSAE - SCGR Annual Intern. Meeting, Paper No. 991048, 1999, Toronto, Ontario/Canada*. Toronto, Canada.
- Besag, J.; Higdon, D. (1999). Bayesian analysis of agricultural field experiments. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Statistical Methodology)*, Vol. 61(4), 691-746.
- Besag, J.; Kempton, R. (1986). Statistical Analysis of Field Experiments Using Neighbouring Plots. *Biometrics*, Vol. 42, 231-251.

- Bischoff, J. (2011). Tätigkeitsbericht: Kurzzeitfachkraft für Ackerbau und Bodenkultur auf dem Demonstrationsbetrieb Ganhe. Bernburg: LLFG Sachsen-Anhalt.
- Blackmore, B.; Moore, M. (1999). Remedial correction of yield map data. *Precision Agriculture, Vol. 1*, 53-66.
- Blackmore, S.; Marshall, C. (1996). Yield Mapping; Errors and Algorithms. In: P.C. Robert, R.H. Rust and W.E. Larson (eds.): *Precision Agriculture. Proceedings of the 3rd International Conference on Precision Agriculture, 1996*, 403-415. Minneapolis/USA.
- Bozdogan, H. (1987). Model selection and Akaike's information criterion (AIC): the general theory and its analytical extensions. *Psychometrika, Vol. 52(3)*, 234-370.
- Brownie, C.; Gumpertz, M. L. (1997). Validity of spatial analyses for large field trials. *Journal of Agricultural, Biological and Environmental Statistics*, 1-23.
- Bunge, H. (01. 09 2010). persönliche Mitteilung. (M. Langrock, Interviewer)
- Carter, C. A.; Zhong, F.; Cai, F. (1996). *Chinas ongoing agricultural reform*. San Francisco: 1990 Institute.
- Chen, G.; Wu, C. (2006). *Zur Lage der chinesischen Bauern: eine Reportage*. Frankfurt am Main: Zweitausendeins.
- Chen, G.; Jiang, M.; Chen, B.; Yang, Z.; Lin, C. (2006). Emergy analysis of Chinese agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment, Vol. 115*, 161-173.
- Chen, R.; Huang, J.; Qiao, F. (2013). Farmer's knowledge on pest management and pesticide use in Bt cotton production in china. *China Economic Review, Vol. 27*, 15-24.
- Chinese Academy of Agricultural Sciences (2009). *China Agricultural Yearbook 2009 (English Edition)*. Beijing: China Agricultural Press.
- Congress of the People's Republic of China (2013). *Ministry of Agriculture of the PR of China*. Verfügbar unter:<http://english.agri.gov.cn/governmentaffairs/lr/>. Abrufdatum: 10.05.2013
- Corbeil, R. R.; Searle, S. R. (1976). Restricted maximum likelihood (REML) estimation of variance components in the mixed model. *Technometrics, Vol. 18.1*, S. 31-38.
- Corwin, D. L.; Lesch, S. M. (2005). Apparent soil electrical conductivity measurements in agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture 46 (2005)*, 11-43.
- Coudert, V.; Cécile Couharde, C. (2007). Real equilibrium exchange rate in China is the renminbi undervalued? *Journal of Asian Economics Vol. 18(4)*, 568-594.
- Cullis, B.; Gleeson, A. (1991). Spatial analysis of field experiments an extension to two dimensions. *Biometrics, Vol. 47*, 1449-1460.
- Daelemans, J. (1977). Arbeitsorganisation und Arbeitszeitbedarf mechanisierter Feld- und Transportarbeiten, Dissertation. Gießen: Justus-Liebig-Universität Gießen.

- Dayangshu, Holding Dayangshu (2010). Dokumente und Befragungen des Managements der Holding Dayangshu. Interviewer: M. Langrock, B. Gao; W. Jin, H. T. Ming
- Devadoss, S.; Hilland, A.; Mittelhammer, R.; Foltz, J. (2014). The effects of the Yuan-dollar exchange rate on agricultural commodity trade between the United States, China, and their competitors. *Agricultural Economics* 45, 1-15.
- Dicke, D.; Büchse, A. (2012). Analyse von On-Farm-Experimenten am Beispiel der Wirkung von Fungizidbehandlungen im Stadium der Rapsblüte (BBCH 65). In IBS-DR, Deutsche Region der Internationalen Biometrischen Gesellschaft (Hrsg.), *On-Farm-Experimente Leitfadens, These und Vorträge Workshop 23.-24. November 2011, Kassel*, 103-113. Halle: Druck-Zuck GmbH.
- Dickey, D. A. (2008). PROC MIXED: underlying ideas with examples. *SAS Global Forum 2008* (S. 374: 1-18). SAS Institute Cary, N.C.
- Ding, X.; Zhang, B.; Zhang, X.; Yang, X.; Zhang, X. (2011). Effects of tillage and crop rotation on microbial residues in a rain fed agroecosystem of northeast China. *Soil and Tillage Research, Vol. 114*, 43-49.
- Domsch, H. (2004). Entwicklung einer low-input Lösung für die teilflächenspezifische Bewirtschaftung im Betriebsmaßstab. ATB, Institut für Agrartechnik Bornim e. V.
- Dong, B.; Torgeler, B. (2013). Causes of corruption: Evidence from China. *China Economic Review, Vol. 26*, 152-169.
- Drummond, S. (2006). *Yield editor Manual*. Columbia: USDA\_AARS, Cropping Systems and water quality Unit. Columbia. MO 65211.
- Durless, H. (1999). Bestimmung der Variation bodenphysikalischer Parameter in Raum und Zeit mit elektromagnetischen Induktionsverfahren. Technische Universität München, Fakultät für Landwirtschaft und Gartenbau. Shaker Verlag Stuttgart.
- Engelhardt, H. (2005). Auswirkungen von Flächengröße und Flächenform auf Wendezeiten, Arbeitserledigung und verfahrenstechnische Maßnahmen im Ackerbau, Dissertation. Gießen: Justus-Liebig-Universität, Gießen Fachbereich Agrarwissenschaften, Ökotrophologie und Umweltmanagement.
- Fan, S. (1997). Production and productivity growth in Chinese agriculture: new measurement and evidence. *Food Policy, Vol.22(3)*, 213-228.
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations (2011). *Agricultural Insurance in Asia and the Pacific region*. Bangkok, Regional Office for Asia and the Pacific.
- Federer, W. T.; Newton, E. A.; Altman, N. S. (1997). Combining standard block analyses with spatial analyses under a random effects model. In: G. Timothy, D. R. Brillinger, P. J. Diggle, E. Russek-Cohen, W. G. Warren, R. Wolfinger. *Modelling Longitudinal and*

- Spatially Correlated Data, Lectures Notes in Statistics, Vol. 122* (S. 373-386). New York: Springer.
- Fisher, R. (1925). *Statistical methods for research workers*. Edingburgh: Oliver and Boyd.  
Verfügbar unter: <http://psychclassics.yorku.ca/Fisher/Methods/index.htm>. Abrufdatum: 04.12.2013
- Fisher, R. (1926). The Arrangement of Field Experiments. *Journal of the Ministry of Agriculture of Great Britain, Vol. 33*, 503-513.
- Fröba, N.; Funk, M. (2004). Teilzeitspezifische Dieselbedarfskalkulation bei landwirtschaftlichen Arbeiten. *Landtechnik (1)*, 38-39.
- Fuentes, M.; Smith, R. L. (2001). *A new class of nonstationary spatial models*. Raleigh, NC, USA: Technical report, North Carolina State University.
- Gao, H. (2010). *Agricultural Mechanization Development in China*. UN-CASM, United Nations Centre for Sustainable Agricultural Mechanization. Verfügbar unter: <http://www.unapcaem.org/PPT/cn-index.htm>. Abrufdatum: 12.09.2013
- Gao, Q.; Yang, S.; Li, S. (2012). Labor contracts and social insurance participation among migrant workers in China. *China Economic Review, Vol. 23*, 1195-1205.
- Gebbers, R.; Domsch, H. (2007). YieldSweeper - Ein Programm zur Nachbearbeitung von Ertragsdaten im Precision Farming. *Agrarinformatik im Spannungsfeld zwischen Regionalisierung und globalen Wertschöpfungsketten, Referate der 27. GIL Jahrestagung*, 87-90.
- Gernand, L.; Fenske, N. (2009). Understanding AIC and BIC in Model Selection. *Seminar: Modellwahl und Modelldiagnostik, SS 2009*. (LMU München, Hrsg.) Verfügbar unter: [http://www.statistik.lmu.de/institut/lehrstuhl/semwiso/seminare/Modellwahl\\_modelldiagnose\\_SoSe09/downloads/GERNAND-Handout.pdf](http://www.statistik.lmu.de/institut/lehrstuhl/semwiso/seminare/Modellwahl_modelldiagnose_SoSe09/downloads/GERNAND-Handout.pdf). Abrufdatum: 12.09.2013
- GFA, GFA Consulting Group (2009). Standortbeschreibung zur Projektplanung Deutsch-Chinesischer Landwirtschaftlicher Demonstrationsbetrieb auf dem Staatsgat Ganhe. Berlin: GFA.
- Gindele, E. H. (1972). Die Bedeutung Agrarstruktureller Elemente für eine rationelle Arbeitserledigung in der Feldwirtschaft. *KTBL Schrift 156*, Münster-Hiltrup.
- Gleeson, A. C.; Cullis, B. R. (1987). Residual maximum likelihood (REML) estimation of a neighbour model for field experiments. *Biometrics*, 277-287.
- Gomez, K. A.; Gomez, A. A. (1984). *Statistical procedures for agricultural research*. New York: Wiley.
- Gotway, C.; Cressie, N. (1990). A spatial analysis of variance applied to soil-water infiltration. *Water Resources Research, Vol.26(11)*, 2695-2703.

- Grabo, A. (2006). On Farm Research. Land- und Ernährungswirtschaft im Wandel - Aufgaben und Herausforderungen für die Agrar- und Umweltinformatik, Referate der 26. GIL Jahrestagung, 06.-08. März 2006, Potsdam, 85-88.
- Guo, J.; Liu, X.; Zhang, Y.; Shen, J.; Han, W.; Zhang, W.; Zhang, F. (2010). *Signifikant Acidifikation in Major Chinese Croplands*. Science Express.
- Guo, P.; Jia, X. (2009). The structure and reform of rural finance in China. *China Agricultural Review, Vol. 1*, 212-226.
- Hammer, W. (1976). Arbeitszeit- und Beanspruchungsfunktion. Grundlage für landwirtschaftliche Planungsdaten, Habilitationsschrift, KTBL-Schrift 202. Münster-Hiltrup (Westf.): KTBL-Schriften-Verlag Landwirtschaft GmbH.
- Han, S., Schneider, S. M., Rawlings, S. L.; Evans, R. G. (1996). A Bitmap Method for Determining effective Combine Cut Width in Yield Mapping. *Transactions of ASAE 40* (2), 485-490.
- Hartley, H. O.; Rao, J. (1967). Maximum-likelihood estimation for the mixed analysis of variance model. *Biometrika, Vol. 54.1-2*, 93-108.
- He, N. (2013). *People's Daily Online - Problems in China's corn seed industry*. Verfügbar unter: <http://english.peopledaily.com.cn/102774/7765311.html>. Abrufdatum: 13.12.2013
- Heap, I. M. (2013). *The International Survey of Herbicide Resistant Weeds*. Verfügbar unter: Herbicide Resistant Weeds in China: <http://www.weedscience.com/Summary/Country.aspx?CountryID=9>. Abrufdatum: 16.12.2013
- Henderson, C. (1975). Best linear estimation and prediction under a selection model. *Biometrics*, S. 423.477.
- Henderson, C. R. (1963). Selection index and expected genetic advance. *Statistical genetics and plant breeding, Vol. 982*, 141-163.
- Henderson, C. R. (1990). Statistical methods in animal improvement: Historical Overview. Vol. 18. In D. Gianola; K. Hammond, *Advances in Statistical Methods for Genetic Improvement of Livestock* (S. 2-14). Berlin Heidelberg: Springer.
- Hinck, S. (2009). Ermittlung pflanzenbaulich relevanter Bodenkenndaten mit Hilfe von ausgewählter Bodensensorik. Halle (Saale): Dissertation.
- HLJAGRI, Heilongjiang Staatsfarmbüro (2009). *Narrow row close planting technology of soybeans*. Verfügbar unter: [http://jx.hljagri.gov.cn/Article\\_Print.asp?ArticleID=44224](http://jx.hljagri.gov.cn/Article_Print.asp?ArticleID=44224) Abrufdatum: 30.09.2009

- HSAGRI, Pflanzenbaubüro der Staatsfarm Heshan (2009). *Wide ridge, narrow row and thick planting of soybean - key cultivation techniques*. Verfügbar unter: <http://hsagri.heshan.gov.cn/nkyd/27.htm>. Abrufdatum: 30.09.2009
- Hu, X. (2008). China: many small farmers but very productive. In: *Agri benchmark: Cash Crop Report 2008 - Benchmarking Farming Systems Worldwide*, S. 48. Agri benchmark.
- Hu, X. S.; Richter, C. (2006). The Influence of spatial covariances on type I error and the power for different evaluation models. *Biometrical letters*, Vol. 43(1), 19-37.
- Hu, X.; Spilke, J. (2009). Comparison of various spatial models for the analysis of cultivar trials. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, Vol. 52, 277-287.
- Huang, J.; Wang, X.; Rozelle, S. (2013). The subsidization of farming households in China's agriculture. *Food Policy* Vol. 41, 124-132.
- Huang, J.; Yang, J.; Rozelle, S. (2010). China's Agriculture: drivers of change and implications for China and the rest of world. *Agricultural Economics*, Vol. 41, 47-55.
- Huang, P. C. (2011). China's New-Age Small Farms and Their Vertical Integration: Agribusiness or Co-ops? *Modern China*, Vl. 37, 107-134.
- Huang, Q., Rozelle, S., Lohmar, B., Huang, J.; Wang, J. (2006). Irrigation, agricultural performance and poverty reduction in China. *Food Policy* (31), S. 30-52.
- Hurlbert, S. H. (1984). Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. *Ecological Monographs*, Vol. 54(2), 187-211.
- Hurvich, C. M.; Tsai, C. L. (1989). Regression and Time Series Model Selection in Small Samples. *Biometrika*, Vol. 76(2), 297-307.
- IBS-DR, Deutsche Region der Internationalen Biometrischen Gesellschaft (2012). Leitfaden zur Einordnung, Planung, Durchführung und Auswertung von Versuchen unter Produktionbedingungen (On-Farm-Experimente). *On-Farm-Experimente Leitfaden, Thesen und Vorträge. Workshop 23.-24.November 2011, Kassel*, S. 7-25. Kassel: Druck-Zuck GmbH Halle (Saale).
- Jäger, P. (1977). Kalkulationsdaten für den Arbeitszeitbedarf von Feldarbeiten - betriebsindividuell anwendbar. *Landtechnik* (7/8), 311-313.
- Jäger, P. (1991a). Zeitbedarf von Feldarbeiten - Teil 1: Daten zur Berechnung des Zeitbedarfs. *Landtechnik* (46) Heft 1/2, 69-71.
- Jäger, P. (1991b). Zeitbedarf von Feldarbeiten - Teil 2 Berechnung der Teilzeiten für die Arbeiten am Feld. *Landtechnik* (46) Heft 3, 123-128.
- Jäger, P. (1991c). Zeitbedarf von Feldarbeiten - Teil 3: Berechnung des Gesamtarbeitszeitbedarfs nach dem Phasenmodell. *Landtechnik* (46) Heft 4, 188-190.

- Jin, F., Wang, J., Shao, H.; Jin, M. (2010). Pesticide use and residue control in China. *Journal of Pesticide Science*, Vol. 35(2), 138-142.
- Johnson, C. K.; Doran, J. W.; Duke, H. R.; Wienhold, B. J.; Eskridge, K. M.; Shanahan, J. F. (2001). Fieldscale Electrical Conductivity Mapping for Delineating Soil Condition. *Soil Science Society of America Journal* (65), 1829-1837.
- Johnson, C. K.; Eskridge, K. M.; Wienhold, B. J.; Doran, J. W.; Peterson, G. A.; Buchleiter, G. W. (2003). Using Electrical Conductivity Classification and Within-Field Variability to Design Field-Scale Research. *Agronomy Journal*, Vol. 95, 602-613.
- Johnson, V. A.; Beemer, H. L. (1977). Wheat in the Peoples Republic of China - A Trip Report of the American Wheat Studies Delegation. Washington, D.C.: National Academy of Sciences.
- JTDSeed (2009). *Wide spaced planting of Soybeans*. Verfügbar unter: [www.jtdseed.com/jishu/dadounews/20090422/140829.html](http://www.jtdseed.com/jishu/dadounews/20090422/140829.html). Abrufdatum: 30.09.2009
- Jung, W. K.; Kitchen, N. R.; Sudduth, K. A.; Kremer, R. J.; Motavelli, P. (2005). Relationship of Apparent Soil Electrical Conductivity to Claypan Soil Properties. *Soil Science Society of America* (69), 883-892.
- Kempton, R.; Howes, C. (1981). The Use of Neighbouring Plot Values in the Analysis of Variety Trial. *Applied Statistics*, Vol. 30(1), 59-70.
- Kenward, M.; Roger, H. R. (2009). An improved approximation to the precision of fixed effects from restricted maximum likelihood. *Computational Statistics and Data Analysis*, Vol. 53, 2583-2595.
- Kenward, M.; Roger, J. (1997). Small Sample Inference for Fixed Effects from Restricted Maximum Likelihood. *Biometrics*, Vol. 53(3), 983-997.
- Khan, S.; Hanjra, M. A.; Mu, J. (2009). Water management and crop production for food security in China: A review. *Agricultural Water Management*, Vol. 96, 349-360.
- King, F. H. (2004). *Farmers of forty centuries: organic farming in China, Korea and Japan (1911)*. Mineola, New York: Dover Publications.
- Kolmogorov, A. (1941). The Local Structure of Turbulence in Incompressible Viscous Fluid for Very Large Reynolds. *Mathematical and Physical Sciences*, Vol. 434, No. 1890, Turbulence and Stochastic Process: Kolmogorov's Ideas 50 Years On (Jul. 8, 1991), 9-13.
- Krige, D. (1951). A statistical approach to some basic mine valuation problems on the Witwatersrand. *Journal of the Chemistry, Metallurgical and Mining Society of South Africa*, Vol. 52, 119-139.

- KTBL, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (2011). *KTBL-Feldarbeitsrechner*. Verfügbar unter: <http://daten.ktbl.de/feldarbeit/entry.html#info>  
Abrufdatum: 29.06.2011
- KTBL, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (2008). *Betriebsplanung Landwirtschaft 2008/2009, Daten für die Betriebsplanung in der Landwirtschaft*. Darmstadt: Druckerei Lokay, Rheinheim.
- KTBL, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (2010). *Betriebsplanung Landwirtschaft 2010/2011, Daten für die Betriebsplanung in der Landwirtschaft*. Darmstadt: Druckerei Lokay, Rheinheim.
- Lactacz-Lohmann, U. (2014). *Produktionskostensenkung durch Maschinenkooperation*. Verfügbar unter: [http://www.uni-kiel.de/Agrarökonomie/Abteilungen/betriebslehre/pdf-daten/latacz-lohmann\\_beitrag\\_hstagung\\_2005.pdf](http://www.uni-kiel.de/Agrarökonomie/Abteilungen/betriebslehre/pdf-daten/latacz-lohmann_beitrag_hstagung_2005.pdf) Abrufdatum: 23.01.2014
- Langrock, M. (2009). Befragung der Kleinbauern, Auswertung Fragebogen: Ökonomische und verfahrenstechnische Daten zu den Produktionsverfahren der Kleinbauernhaushalte (unveröffentlicht).
- Legendre, P. (1993). Spatial autocorrelation: trouble or new paradigm? *Ecology*, Vol 74(6), 1659-1673.
- Leung, G. C. (2010). China's oil use, 1980 - 2008. *Energy Policy* Vol. 38 , 932-944.
- Li, J.; Jiggins, J.; Lammerts, Van Bueren, E. E.; Leeuwis, C. (2012b). Towards a regime change in the organization of the seed supply system in China. *Experimental Agriculture*, Vol. 49 (1), 114-133.
- Li, M. M.; Liu, A. T.; Zou, C. J.; Du, X. W.; Shimizu, H.; Wang, K. Y. (2012a). An overview of the "Three-North" Shelter project in China. *Forrest Studies China*, Vol. 14(1), 70-79.
- Li, R.; Li, Q.; Huang, S.; Zhu, X. (2013). The credit rationing of Chinese rural households and its welfare loss: An investigation based on panel data. *China Economic Review*, Vol. 26, 17-27.
- Li, S. (2007). *Dryland agriculture in China*. Science Press, Beijing, China.
- Li, W.; Liu, M.; Min, Q. (2011). China's Ecological Agriculture: Progress and Perspectives. *Journal of Resources and Ecology*, Vol. 2(1), 1-7.
- Li, X.; Gan, C.; Hu, B. (2011a). The welfare impact of microcredit on rural households in china. *The Journal of Socio-Economics*, Vol. 40, 404-411.
- Lin, Z.; Zoebisch, M. A.; Chen, G.; Feng, Z. (2006). Sustainability of farmer's soil fertility management practices: A case study in North China Plain. *Journal of Environmental Management*, Vol. 79, 409-419.

- Littell, R.; Milliken, G.; Stroup, W.; Wolfinger, R.; Schabenberger, O. (2006). *SAS for mixed models. 2nd Edition*. Cary, NC, USA: SAS Institute Inc.
- Liu, X.; Herbert, S. J. (2002). Fifteen years of research examining cultivation of continuous soybean in northeast China: A review. *Field Crops Research* (79), 1-7.
- Liu, X.; Jin, J.; Wang, G.; Herbert, S. J. (2008). Soybean yield physiology development of high-yielding practices in Northeast China. *Field Crops Research, Vol.: 105*, 157-171.
- Liu, X.; Zhang, X.; Wang, Y.; Sui, Y.; Zhang, S.; Herbert, S.; Ding, G. (2010). Soil Degradation: a problem threatening the sustainable development of agriculture in Northeast China. *Plant Soil Environment, Vol 56*, 87-97.
- Löw, D. (2003a). *Crop Farming in China, Dissertation - Technology, Markets, Institutions and Use of Pesticides*. Eidgenössische Technische Hochschule, Technische Wissenschaften. Aachen: Shaker Verlag.
- Löw, D. (2003b). Trends in der Landwirtschaft Chinas - Script zum Seminar Transition der Landwirtschaft in Osteuropa, Russland und Zentralasien. SHL Zollikofen.
- Lu, W. (2002). Agrarmarktpolitik in China nach dem WTO-Beitritt: Reformen und Perspektiven. In Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL). *Aus dem Institut für Marktanalyse und Agrarhandelspolitik*, 249-254. Braunschweig:
- Lück, E.; Gebbers, R. (2007). *Evaluierung der Messmethoden zur Leitfähigkeitskartierung im Feldmaßstab*. Potsdam: Universität Potsdam, Institut für Geowissenschaften.
- Lück, E.; Rühlmann, J. (2010). Geophilus electricus - a new soil mapping system. *International Conference on Agricultural Engineering - AgEng 2010: towards environmental technologies, 6-8 September 2010* (S. 319). Clermont-Ferrand, France: Cemagref.
- Lund, E.; Christy, C.; Drummond, P. (1999). Practical applications of soil electrical conductivity mapping. *Precision Agriculture, Vol. 99*, 771-779.
- Ma, R.; McBratney, A.; Whelan, B. M.; Short, M. (2010). Comparing temperature correction models for soil electrical conductivity measurement. *Precision Agriculture (2011) 12*, 55-66.
- Matheron, G. (1963). Principles of Geostatistics. *Economic Geology*, 1246-1266.
- McCann, B. L. (1996). The development of management units for site-specific farming. *Precision Agriculture, Vol. 3*, 295-302.
- Mercer, W.; Hall, A. (1911). The Experimental Error of Field Trials. *The Journal of Agricultural Science, Vol 4(2)*, 107-132.
- MoA, Ministry of Agriculture Inner Mongolia (2009a). *Maschinenkatalog 2009, Landtechnikproduzenten - Anschaffungskosten und Subventionen*. Hohhot, China: Ministry of Agriculture Innere Mongolei.

- MoA, Ministry of Agriculture Inner Mongolia. (2009b). *The main soybean growing technology*. Verfügbar unter: [www.dhny.gov.cn/xgzt/ShowArticle.asp?ArticleID=665](http://www.dhny.gov.cn/xgzt/ShowArticle.asp?ArticleID=665) Abrufdatum: 30.09.2009
- Moore, I. D.; Gessler, P. E.; Nielsen, G. A.; Peterson, G. A. (1993). Soil attribute prediction using terrain analysis. *Soil Science Society of America Journal*, Vol. 57(2), 443-452.
- Mulla, D. J.; Hammond, M. W. (1988). Mapping soil test results from large irrigation circles. In J. Jacobsen, *Proceedings of the 39th Annual Far West Regional Fertilizer Conference* (S. 169-171). Pasco, WA, USA: Agricultural Experimental Station Technical Paper No. 8597.
- Ngo, L.; Brand, R. (1997). Model selection in Linear Mixed Effects Models Using SAS PROC MIXED. *Technical proceedings*, 1335-1340.
- Nie, Y. (2012). Sustainable Developet of the New Rural Finance in China. *Asian Agricultural Research*, Vol. 4(9), 81-86.
- NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration (2012). *National Oceanic and Atmospheric Administration, National Climatic Data Center*. Verfügbar unter: [www.ncdc.noaa.gov](http://www.ncdc.noaa.gov) Abrufdatum: 29.04.2012
- Noack, P. O. (2006). *Entwicklung fahrspurbasierter Algorithmen zur Korrektur von Ertragsdaten im Precision Farming*. Dissertation, Technische Universität München, Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt, München.
- Nolan, S.; Unkovich, M.; Shen, Y.; Li, L.; Belotti, W. (2008). Farming systems of the Loess Plateau, Gansu Province, China. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Vol. 124, 13-23.
- Oehlert, G. W. (2014). *A few words about REML*. Verfügbar unter: <http://users.stat.umn.edu/~gary/classes/5303/handouts/REML.pdf>. Abrufdatum: 29.10.2014
- Oliver, M. A. (2010). An Overview of Geostatistics and Precision Agriculture. In M. A. Oliver, *Geostatistical Applications for Precision Agriculture* (S. 1-32). Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer Science and Business Media.
- OriginLAB Corporation. (2015). *Origin Help: Regression and Curve Fitting: Interpreting Regression Results: Grafische Residuen Analyse*. Verfügbar unter: <http://www.originlab.de/doc/Origin-Help/Residual-Plot-Analysis>. Abrufdatum: 13.12.2015
- Papadakis, J. (1937). Méthode statistique pour de expériences sur champ. *Bulletin de l'Institut d'Amélioration des Plantes á Salonique*, Vol. 23.

- Parkhomenko, S. (2004). International competitiveness of soybean, rapeseed and palm oil production in major producing regions. Braunschweig: Bundesforschungsanst. für Landwirtschaft (FAL).
- Patterson, H. D.; Thompson, R. (1971). Recovery of inter-block information when block sizes are unequal. *Biometrika*, Vol. 58.3, S. 545-554.
- Pflanzenbauabteilung Dayangshu, Holding Dayangshu Pflanzenbauabteilung (2011). Anbauanleitung Weizen 2011. *Pflanzenproduktion Daxinganling Holding*. Dayangshu.
- Piepho, H.; Möhring, J.; Williams, E. R. (2012). Zu den Grundsätzen der Versuchsplanung. In IBS-DR, Deutsche Region der Internationalen Biometrischen Gesellschaft (Hrsg.), *On-Farm-Experimente Leitfaden, These und Vorträge Workshop 23.-24. November 2011, Kassel*, 36-51. Halle (Saale): Druck-Zuck GmbH.
- Piepho, H.-P.; Richter, C.; Spilke, J.; Hartung, K.; Kunick, A. T. (2011). Statistical aspects of on-farm experimentation. *Crop and Pasture Sciences*, Vol. 62, 721-735.
- Piikki, K.; Söderström, M.; Stenberg, M.; Forkman, J.; Roland, J. (2013). Spatial variation in Swedish field experiments. *3rd Global Workshop on Proximal Soil Sensing, 26.-29. Mai 2013* (S. 47-51). Potsdam, Germany: ATB, Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V.
- Prince, J. (2009). China - Opportunities for Beet Sugar Produktion. American Society of Sugar Beet Technologists, Biennial Meeting - February 25 - 28, 2009 Orlando Florida. Orlando, Florida, USA.
- Rhoades, J. D.; Corwin, D. L. (1981). Determining soil electrical conductivity-depth relations using an inductive electromagnetic soil conductivity meter. *Soil Science Society of America Journal*, Vol. 45(2), 255-260.
- Richter, C. (2012). Anlagemethoden für On-Farm-Experimente. In; IBS-DR, Deutsche Region der Internationalen Biometrischen Gesellschaft (Hrsg.), *On-Farm-Experimente Leitfaden, These und Vorträge Workshop 23.-24. November 2011, Kassel* (S. 52-68). Halle (Saale): Druck-Zuck GmbH.
- Richter, C.; Kroschewski, B. (2009). Räumliche Modelle in landwirtschaftlichen Feldversuchen - Abhängigkeit der Ergebnisse von Versuchsplan, Randomisationsplan und Position auf der Versuchsfläche. *13. Konferenz der SAS-Anwender in Forschung und Entwicklung (KSFE) 2009, Halle* (S. 253-270). Aachen: Shaker Verlag.
- Richter, C.; Thöle, H. (2012). On-Farm-Experiment mit georeferenzierten Daten und teilflächenspezifischer Applikation In: IBS-DR, Deutsche Region der Internationalen Biometrischen Gesellschaft (Hrsg.), *On-Farm-Experimente Leitfaden, These und Vorträge Workshop 23.-24. November 2011, Kassel* (S. 84-102). Halle (Saale): Druck-Zuck GmbH.

- Richter, C.; Kroschewski, B.; Michel, V.; Zenk, A. (2007). Analysis of standard designs using spatial models. In: H. Bleiholder; H. Piepho, "*Agricultural Field Trials – Today and Tomorrow*", *Proceedings of the International Symposium, 8.-10.10.2007, Stuttgart-Hohenheim* (S. 176-181). Stuttgart: Grauer, Beuren.
- Rodrigues, M. S.; Corá, J. E.; Fernandes, C. (2012). Spatial relationships between soil attributes and corn yield in no-tillage system. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Vol. 36(2), 599-609.
- Rötscher, T.; Christen, O. (2012). Zusammenhänge zwischen Bodenzahlen und Ertrag auf Ackerschlägen am Südostrand des Thüringer Beckens und Einflussfaktoren. *Berichte der DBG, Vortrags- und Exkursionstagung der Arbeitsgruppe Bodenschätzung und Bodenbewertung, 19.-21.09 2012*. St. Wendel.
- Rozelle, S.; Huang, J.; Zhang, L. (2002). Emerging markets, evolving institutions, and the new opportunities for growth in China's rural economy. *China Economic Review*, Vo 13, 345-353.
- Ruiz, S.; Zhou, J.; Rodriguez-Navarro, D. N.; Vinardell, J. M.; Thomas-Oates, J. E. (2005). Soybean cultivation and BNF in China. In: D. Werner; W. E. Newton, *Nitrogen Fixation in Agriculture, Forestry, Ecology and the Environment* (S. 67-85). Dordrecht, the Netherlands: Springer.
- SAS Institute Inc. (2006). *SAS 9.3 Users guide - The mixed Procedure*. Cary, NC, USA: The SAS Institute Inc.
- Satterthwaite, F. (1941). Synthesis of Variance. *Psychoetrika*, Vol.6(5), 309-316.
- Schabenberger, O.; Gotway, C. (2005). *Statistical methods for spatial data analysis*. Boca Raton, Florida, USA: Chapman and Hall/CRC Press.
- Schabenberger, O.; Pierce, F. (2002). *Contemporary statistical models for the plant and soil sciences*. Boca raton, Florida/USA: CRC Press.
- Schilling, G. (2000). *Pflanzenernährung und Düngung*. Stuttgart: UTB für Winnschaft. Verlag Eugen Ulmer.
- Schneider, M. (2011). *Ökonoische Potenziale von Precision Farming unter Risikoaspekten*. Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. Halle (Saale): Shaker Verlag.
- Schneider, M.; Spilke, J.; Wagner, P. (2007a). Evaluation of on-farm trials - the example of site specific nitrogen fertilization trials. *Agricultural Field Trials - Today and Tomorrow Proceedings of the International Symposium 8.-10. Oktober 2007 Stuttgart-Hohenheim, Germany*, 209-214. Stuttgart: Verlag Grauer Beuren.
- Schneider, M.; Spilke, J.; Wagner, P. (2007b). Vortrag: Evaluation of on-farm trials - the example of site specific nitrogen fertilization trials. *Agricultural Field Trials - Today and*

- Tomorrow*", Internationales Symposium, 08.-10. Oktober, 2007, Stuttgart-Hohenheim, Germany. Verfügbar unter: <https://www.uni-hohenheim.de/bioinformatik/symposium/symposium%20englisch/vortraege/Schneider.pdf>. Abrufdatum: 08.10.2010
- Schön, H. (2012). Fehlerquellen bei der Erfassung von teilflächenspezifischen Ertragsdaten und Korrekturmöglichkeiten In IBS-DR, Deutsche Region der Internationalen Biometrischen Gesellschaft (Hrsg.), *On-Farm-Experimente Leitfaden, These und Vorträge Workshop 23.-24. November 2011, Kassel* (S. 29 - 35). Halle (Saale): Druck-Zuck GmbH.
- Schreiber, M. (2006). *Kraftstoffverbrauch beim Einsatz von Ackerschleppern im besonderen Hinblick auf CO<sub>2</sub>-Emissionen*. Dissertation, Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik, Grundlagen der Agrartechnik, Hohenheim.
- Schrenk, L. (2012). *Cis-Rostock.de*. Verfügbar unter: Cis-Rostock.de: <http://www.cis-rostock.de/cisrostock/software/gila/expert.htm>. Abrufdatum: 13.07.2012
- Schroers, J. O.; Sauer, N. (2011). Die Leistungs-Kostenrechnung in der Landwirtschaftlichen Betriebsplanung: KTBL-Schrift 486, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), Darmstadt. Rheinheim: Druckerei Lokay.
- Schulze-Lammers, H. (1956). Zur Methodik des Zeit- und Kostenvergleiches von Arbeitsverfahren. In: *Landarbeit und Technik* (21). Bad Kreuznach: Max-Planck-Institut für Landarbeit und Landtechnik.
- Schwarz, G. (1978). Estimating the dimension of a model. *The Annals of Statistics*, Vol. 6(2), 461-464.
- SDNYJ, Shandong Staatsfarmbüro (2009). *Technical specification of high-oil soybean produktion*. Verfügbar unter: [www.sdnyj.gov.cn/art/2004/3/11/art\\_468\\_147408.html](http://www.sdnyj.gov.cn/art/2004/3/11/art_468_147408.html). Abrufdatum: 30.09.2009
- Shao, Q.; Ahrens, H. (1997). Weed management in Northeast China. *Weed Management* (11), 817-823.
- Sheets, K. R.; Hendrickx, J. M. (1995). Noninvasive soil water content measurement using electromagnetic induction. *Water Resources Research*, Vol. 31 No.10, 2401 - 2409.
- Shen, J.; Cui, Z.; Miao, Y.; Mi, G.; Zhang, H.; Fan, M.; Zhang, F. (2013). Transforming agriculture in China: From solely high yield to both high yield and high resource use efficiency. *Global Food Security* Vol. 2, 1-8.
- Simbahan, G. C.; Dobermann, A.; Ping, J. L. (2004). Screening Yield Monitor Data Improves Grain Yield Maps. *Agronomy Journal*. Vol. 96, 1091–1102
- Snedecor, G. (1946). *Statistical Methods*. 4th edition. Ames, Iowa USA: Iowa State Press.

- Soni, P.; Ou, Y. (2011). Agricultural Mechanization at a Glance. Selected Country Studies in Asia on Agricultural Machinery Development. Report of United Nations Asian and Pacific Centre for Agricultural Engineering and Machinery, Pathum Thani, Thailand, 1-142
- Spilke, J. (2012). Entwicklung des Auswertungsmodells In IBS-DR, Deutsche Region der Internationalen Biometrischen Gesellschaft (Hrsg.), *On-Farm-Experimente Leitfaden, These und Vorträge Workshop 23.-24. November 2011, Kassel* (S. 69-83). Halle (Saale): Druck-Zuck-GmbH.
- Spilke, J.; Mielenz, N. (09 2009). Skript zum Modul "Biometrie III Generalized Linear Models". Halle (Saale), Germany: Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.
- Spilke, J.; Milenz, N. (2006). Vergleich von Kriterien und Verfahren zur Modellwahl bei der multiplen linearen Regression. In: *Statistik und Datenanalyse mit SAS. Proceedings der 10. Konferenz der SAS Anwender in Forschung und Entwicklung*, (S. 215-223). Aachen: Shaker-Verlag.
- Spilke, J.; Richter, C. (2007). Comparison of the effectiveness of model selection methods in the presence of spatial covariance. *Agricultural Field Trials - Today and Tomorrow Proceedings of the International Symposium 8.-10. Oktober 2007 Stuttgart-Hohenheim, Germany*, 221-226. Stuttgart: Verlag Grauer Beuren.
- Spilke, J.; Piepho, H. P.; Hu, X. (2005). Analysis of unbalanced Data by Mixed Linear Models Using the Mixed Procedure of the SAS System. *Agronomy and Crop Science, Vol. 191*, 47-54.
- Spilke, J.; Piepho, H.; Hu, X. (2005). A Simulation study on tests of hypotheses and confidence intervals for fixed effects in mixed models for blocked experiments with missing data. *Journal of Agricultural, Biological and Environmental Statistics, Vol. 10.3*, 374-389.
- Srinivasan, A. (2006). Handbook of Precision Agriculture - Principles and Applications. New York, USA: The Harworth Press Inc.
- Staatsfarm Ganhe, Buchhaltung (2010-2012). Aufzeichnungen zu ökonomischen Daten der Staatsfarm Ganhe, Mengen und Preise der Betriebsmittel, Erzeugnisse.
- Stein-Bachinger, K.; Bachinger, J.; Vogel, R.; Werner, A. (2000). Feldversuche auf landwirtschaftlichen Betrieben: Leitfaden für Landwirte zur Durchführung produktionsbezogener Experimente, Rationalisierungs-Kuratorium für Landwirtschaft (RKL), Hrsg." *Sonderdruck aus der Kartei für Rationalisierung, Vol. 4.0*
- Steinmayer, T. (2002). Fehleranalyse und Fehlerkorrektur bei der lokalen Ertragsermittlung im Mähdescher zur Ableitung eines standardisierten Algorithmus für die Ertragskartierung. Technische Universität München, Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt. München.

- Strohm, R. (1994). Möglichkeiten der Kostensenkung im Zuckerrübenanbau durch Verbesserung der Schlaggrößenstruktur, Diplomarbeit. Gießen: Justus-Liebig-Universität Gießen.
- Stroup, W. W. (2002). Power analysis based on spatial effects mixed models: a tool for comparing design and analysis strategies in the presence of spatial variability. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics*, Vol. 7, S. 491-511.
- Stroup, W. W.; Baenziger, P.; Mutilze, D. (1994). Removing spatial variation from wheat yield trials: a comparison of methods. *Crop Science*, Vol. 34.1, S. 62-66.
- Sudduth, K. A.; Drummond, S. T. (2007). Yield Editor: Software for Removing Errors from Crop Yield Maps. *Agronomy Journal* (99), 1471-1482.
- Tan, S.; Heerink, N.; Qu, F. (2006). Land fragmentation and its driving forces in China. *Land Use Policy*, Vol. 23, 272-285.
- The World Bank Group (2007). *China: Innovations in Agriculture Insurance, Promoting Access to Agricultural Insurance for Small Farmers*. The World Bank Sustainable Development, East Asia and Pacific Region - Finance and Private Sector Development.
- Thöle, H. (2010). *Ansätze zur statistischen Auswertung von On-Farm-Experimenten*. Dissertation, Humboldt-Universität zu Berlin, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät.
- Thomas, E. (2006). *Feldversuchswesen*. Stuttgart: Ulmer.
- Thüringer Landesamt für Statistik. (2012). *Ernte- und Betriebsberichterstattung der landwirtschaftlichen Feldfrüchte und des Grünlandes*. Gera: Thüringer Landesamt für Statistik, Referat Land- und Forstwirtschaft.
- Todhunter, I. (1886). *Spherical Trigonometry - For the Use of Colleges and Schools*. London: Macmillan and Co.
- Turvey, C. G.; Kong, R. (2010). Inforal lending amongst friends and relatives: Can microcredit compete in rural China? *China Economic Review*, Vol. 21, 544-556.
- USDA, United States Department of Agriculture (2011). *Economic Research Service - China Agricultural and Economic Data*. Verfügbar unter: China National Data: [http://www.ers.usda.gov/data-products/china-agricultural-and-economic-data/download-the-data.aspx#.UqLmC\\_TuKHt](http://www.ers.usda.gov/data-products/china-agricultural-and-economic-data/download-the-data.aspx#.UqLmC_TuKHt). Abrufdatum: 12.09.2011
- USDA, United States Department of Agriculture (2012). *USDA Foreign Agricultural Service*. Verfügbar unter: Peoples Republik of China - Agricultural Biotechnology Annual 2012: <http://gain.fas.usda.gov>. Abrufdatum: 15.07.2012
- USDA, United States Department of Agriculture (2013). *Peoples Republic of China - National plan for Development of the Crop Seed Industry (2012-2020)*. Verfügbar unter: Foreign Agricultural Service Global Agricultural Information Network - Gain Report: <http://gain.fas.usda.gov>. Abrufdatum: 25.02.2013

- USITC, United States International Trade Commission (2011).: China`s Agricultural Trade: Competitive Conditions and Effects on U.S. Exports. USITC Publication, No. 4219, 332-518, Washington DC, USA.
- Van den Berg, M. M.; Hengsdijk, H.; Wolf, J.; Van Ittersum, M. K.; Wang, G.; Roetter, R. P. (2007). The impact of increasing farm size and mechanization on rural income and rice production in Zhejiang province, China. *Agricultural Systems, Vol 94*, 841-850.
- Wagner, P. (2001). Gewannebewirtschaftung - Kosten und Nutzen. *KTBL-Sonderveröffentlichung Nr. 34*, 36.
- Walker, J.; Houser, P. (2002). Evaluation of the OhmMapper. Instrument for Soil Moisture Measurement. *Soil Science Society of America Journal, Vol. 66(3)*, 728-734.
- Wang, H.; Qui, L.; Huang, L.; Zhang, L. (2007). Ecological Agriculture in China: Principles and Applications. *Advances in Agronomy, Vol. 94*, 181-208.
- Wang, H.; Tong, J.; Su, F.; Wei, G.; Tao, R. (2011a). To reallocate or not: Reconsidering the dilemma in China's agricultural land tenure policy. *Land Use Policy, Vol. 28*, 805-814.
- Wang, M.; Shi, P.; Ye, T.; Liu, M.; Zhou, M. (2011b). Agricultural Insurance in China: History, Experience, and Lessons Learned. *International Journal of Disaster Risk Science, Vol. 2 (2)*, 10-22.
- Wang, S.; Wang, Z.; Zhang, Y.; Wang, J.; Guo, R. (2013a). Pesticide residues in market foods in Shaanxi Province of China in 2010. *Food Chemistry, Vol. 138*, 2016-2025.
- Wang, X.; Guan, C.; Xin, M. (2003). Long Residual Herbicides in China - Current Status, Problems and Solutions. *Pesticides, Vol. 11*, 5-10
- Wang, X.; Weaver, N.; You, J. (2013a). The Social Security Funktion of Agriculture in China. *Journal of International Development, Vol. 25*, 1-10.
- Wang, Y.; You, J. (2012). Corruption and firm growth: Evidence from China. *China Economic Review, Vol. 23*, 415-433.
- Watermeier, N. (2001). *Yield monitor Calibration Tips – Making the most of your data*. Ohio State University, Agricultural Resources. Verfügbar unter: <http://ohioline.osu.edu>.  
Abrufdatum: 25.01.2010
- Weltkarte.com (2010). Verfügbar unter: <http://www.weltkarte.com/typo3temp/images/karte-landwirtschaft-china.jpg>. Abrufdatum: 25.01.2010
- Wen, D.; Pimentel, D. (1992). Ecological resource management to achieve a productive, sustainable agricultural system in northeast China. *Agriculture, Ecosystem and Environment, Vol. 41*, 215-230.
- Wiebe, G. (1935). Variation and correlation in grain yield among 1,500 wheat nursery plots. *Journal of Agricultural Research, Vol. 50.4*, 331-357.

- Wieringa, J.; Holleman, I. (2006). If cannons cannot fight hail, what else? *Meteorologische Zeitschrift*, Vol. 15/3, 1-17.
- Wilkinson, G. N.; Eckert, S. R.; Hancock, T. W.; Mayo, O. (1983). Nearest Neighbour (NN) Analysis of Field Experiments. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, Vol. 45(2), 151-211.
- Wolfinger, R. D. (1993). Covariance structure selection in general mixed models. *Communications in statistics-Simulation and computation*, Vol. 22(4), 1079-1106.
- Xing, W.-y. (2010). The Impact of China's Fiscal Expenditure in Agriculture on Farmer's Income. *Asian Agricultural Research*, Vol. 2(5), 1-4.
- Yates, F. (1936). Incomplete randomized blocks. *Annals of Eugenics*, Vol. 7(2), 121-140.
- Zhang, F.; Chen, X.; Vitousek, P. (2013). Chinese agriculture: An experiment to the world. *Nature*, Vol. 497, 33-35.
- Zhang, H. M.; Wang, B. R.; Xu, M. G.; Fan, T. L. (2009a). Crop Yield and Soil Responses to Long-term Fertilization on a red Soil in Southern China. *Soil Sciences Society of China*, Vol. 19(2), 199-207.
- Zhang, L.; Huang, J.; Rozelle, S. (2002). Employment, emerging labor markets, and the role of education in rural China. *China Economic Review*, Vol. 13.2, 313-328.
- Zhang, Q. F. (2010). Reforming China's State-Owned Farms: State Farms in Agrarian Transition. *4th Asian Rural Sociology Association (ARSA) International Conference*, 365-378. Legazpi City, Philippines.
- Zhang, Q. F. (2012). The Political Economy of Contract Farming in China's Agrarian Transition. *Journal of Agrarian Change*, Vol. 12(4), 460-483.
- Zhang, Q. F.; Donaldson, J. (2012). China's Agrarian Reform and the Privatization of Land: A Contrarian View. *Journal of Contemporary China*, Vol. 22(80), 255-272.
- Zhang, Q. F.; Donaldson, J. A. (2008). The Rise of Agrarian Capitalism with Chinese Characteristics: Agricultural Modernization, Agribusiness and Collective Land Rights. *The China Journal*, Vol. 60, 25-47.
- Zhang, Q. F.; Donaldson, J. A. (2010). From Peasants to Farmers: Peasants Differentiation, Labour Regimes, and Land-Rights Institutions in China's Agrarian Transition. *Politics and Society*, Vol. 38, 458-489.
- Zhang, S.; Grip, H.; Lövdahl, L. (2006a). Effect of soil compaction on hydraulic properties of two loess soils in China. *Soil and Tillage Research*, Vol. 90, 117-125.
- Zhang, W. J.; Jiang, F. B.; Ou, J. F. (2011). Global pesticide consumption and pollution: with China as a focus. *Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences*, Vol.1(2), 125-144.

- Zhang, X. (2009). The configuration of soybean planting technology - Vorlesungsskript  
Universität BaYi Daqing, Department of Agronomy. Daqing.
- Zhang, X.; Cruse, R.; Sui, Y.; Jaho, Z. (2006b). Soil compaction induced by small tractor traffic  
in northeast china. *Soil Science of America Journal - Soil and Water Management and  
Conservation*, Vol. 70, 613-619.
- Zhao, C.; He, F. (2007). Effects of long residue herbicides on agricultural development of  
Heilongjiang. *Journal of Northeast Agricultural University*, Vol.1.
- Zhao, Y.; Duan, L.; Xing, J.; Larssen, T.; Nielsen, C. P.; Hao, J. (2008). Soil Acidification in  
China: Is Controlling SO<sub>2</sub> Emissions Enough? *Environmental Science and Technology*,  
Vol 43 No. 21 2008, 8021-8026.
- Zhou, Q.; Wang, J.; Meng, B.; Cheg, J.; Lin, G.; Chen, J.; Yu, Y. (2013). Distribution and  
sources of organochlorine pesticides in agricultural soils from central China.  
*Ecotoxicology and Environmental Safety*, Vol. 93, 163-170.
- Zhu, J. (2013). *Chinadaily - China to boost seed industry*. Verfügbar unter: [http://www.chinadaily.com.cn/business/2013-01/29/content\\_16184372.htm](http://www.chinadaily.com.cn/business/2013-01/29/content_16184372.htm). Abrufdatum: 29.01.2013
- Zimmermann, D.; Harville, D. (1991). A Random Field Approach to the Analysis of Field-Plot  
Experiments and Other Spatial Experiments. *Biometrics*, Vol. 47(1), 223-239.

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Nutz- und Anbaufläche - Feldfrüchte nach Regionen in 2008	16
Tabelle 2: Nahrungsverzehr der ländlichen Haushalte pro Kopf in China.	18
Tabelle 3: Produktionskosten für Weizen und Sojabohnen in Heilongjiang 2003-2008	65
Tabelle 4: Produktionskosten für Sojabohnen verschiedener Provinzen in 2000	66
Tabelle 5: Kostenübersicht zu den Produktionsverfahren der Staatsfarm Ganhe	67
Tabelle 6: Boniturdaten des Arbeitsverfahrens Sojabohnen 2010 - 2012	78
Tabelle 7: Feldaufgang der Arbeitsverfahren Aussaat Sommerweizen	81
Tabelle 8: Übersicht zu den On-Farm Experimenten im Projekt	81
Tabelle 9: mittlere Niederschläge und Temperatur in den Jahren 2009 – 2011	85
Tabelle 10: Korrelation des Prüfmerkmals mit den Kovariablen	90
Tabelle 11: Ertragserfassung in der Realwiegung und Ertragskartierung	91
Tabelle 12: Flächenmessung in der Realmessung (RW) und Ertragskartierung (EK)	92
Tabelle 13: Kornfeuchtemessung in Realmessung und Ertragskartierung	92
Tabelle 14: fruchtartabhängige Parameter zur Ertragsdatenfilterung im Test 1	99
Tabelle 15: allgemeine Parameter zur Ertragsdatenfilterung im Test1	99
Tabelle 16: Parameter und Grenzwerte zur lokalen Ertragsdatenfilterung im Test 2	101
Tabelle 17: Datenstruktur der Auswertungsdatensätze (gefiltert)	104
Tabelle 18: Datenstruktur: Sojabohnen - 2012 - Brigade 10	105
Tabelle 19: Ergebnisse ANOVA - Sojabohnen - 2012 - Brigade 10	106
Tabelle 20: Schrittweise Modellwahl – Schritt 1: Optimierung Erwartungswertstruktur	117
Tabelle 21: Modellwahl: Schritt 1.1: Optimierung Erwartungswertstruktur	118
Tabelle 22: Ergebnisse des Kandidatenmodells 1.3 (Schritt 1.1)	118
Tabelle 23: Modellwahl – Schritt 1.2: Optimierung Erwartungswertstruktur	119
Tabelle 24: Ergebnisse des Modells 1.11 (Schritt 1.2)	119
Tabelle 25: Modellwahl – Schritt 2: Optimierung der Kovarianzstruktur	120
Tabelle 26: Ergebnisse des Auswertungsmodells (2.8) - Sojabohnen - 2012	123
Tabelle 27: Erträge und Marktpreise für Sojabohnen und Weizen 2010 - 2012	126
Tabelle 28: Grunddaten für Betriebsstoffe, Pacht und Subventionen	126
Tabelle 29: Arbeitszeitbedarf: Messdaten für Teilzeiten ( $\emptyset$ ) und KTBL-Werte	133
Tabelle 30: Kennzahlen zur Arbeitszeitbedarfsberechnung	133
Tabelle 31: Parameter zur Dieserverbrauchsberechnung nach Schreiber (2006)	147
Tabelle 32: Allgemeine Kosten der Produktionsverfahren 2010 - 2012 [RMB/ha]	152
Tabelle 33: Erträge der On-Farm Experimente für Sommerweizen	153
Tabelle 34: Erträge (KF 14 %) der On-Farm Experimente für Sojabohnen	154
Tabelle 35: Vergleich der Erträge der OF- Experimente mit Referenzschlägen	155
Tabelle 36: Ergebnisse ANOVA und Geostatistik (LGM): Sommerweizen	156
Tabelle 37: Ergebnisse ANOVA und Geostatistik (LGM): Sojabohnen	157
Tabelle 38: Betrachtungsansätze (Szenarien) der Produktionsverfahren	158
Tabelle 39: Ergebnisse Versuchsauswertung – Sommerweizen (2010 – 2012)	159
Tabelle 40: Ergebnisse Versuchsauswertung – Sojabohnen (2010 – 2012)	160
Tabelle 41: Anschaffungswert der Zugmaschinen und Arbeitsgeräte	161

Tabelle 42: Versuchsauswertung: Arbeitszeit- und Dieselbedarf der Produktionsverfahren	162
Tabelle 43: Nährstoffgaben in der Versuchsauswertung sowie im Szenario 1 und 2	163
Tabelle 44: Zugmaschinen und Arbeitsgeräte: ersetzte Maschinen im Szenario 1 und 2	165
Tabelle 45: Ergebnisse Szenario 1 – Sommerweizen (2010 - 2012)	166
Tabelle 46: Ergebnisse Szenario 1 – Sojabohnen (2010 - 2012)	166
Tabelle 47: Annahmen zur Berechnung der Arbeitserledigungskosten im Szenario 2	174
Tabelle 48: Ergebnisse Szenario 2 - Sommerweizen (2010 - 2012)	177
Tabelle 49: Ergebnisse Szenario 2 - Sojabohnen (2010-2012)	177
Tabelle 50: Matrix zur Rangfolge der Produktionsverfahren in den Auswertungsansätzen	178
Tabelle 51: Klimadaten und frostfreie Tage des Standorts Nenjiang (1951 – 2011)	226
Tabelle 52: frostfreie Tage - Wetterdaten Nenjiang 1951-1997	226
Tabelle 53: Niederschlag und Temperatur - monatlicher Durchschnitt	226
Tabelle 54: Klimadaten Dayangshu/Ganhe 1994 – 2004	227
Tabelle 55: Niederschlag und Anbau der wichtigsten Feldfrüchte am Standort Ganhe	227
Tabelle 56: Gesamtwert der landwirtschaftlichen Produktion im Jahr 2009	228
Tabelle 57: Anbaufläche, Produktionsmenge und Ertrag der Feldfrüchte nach Regionen	228
Tabelle 58: Dünger- und Nährstoffeinsatz der Produktionsverfahren Sommerweizen	229
Tabelle 59: Dünger- und Nährstoffeinsatz der Produktionsverfahren Sojabohnen	230
Tabelle 60: Daten der Versuchsauswertung: Sommerweizen - 2010 - Brigade 5	231
Tabelle 61: Daten der Versuchsauswertung: Sommerweizen - 2011 - Brigade 10	232
Tabelle 62: Daten der Versuchsauswertung: Sommerweizen - 2012 - Brigade 5	233
Tabelle 63: Daten der Versuchsauswertung: Sojabohnen - 2010 - Brigade 10	234
Tabelle 64: Daten der Versuchsauswertung: Sojabohnen - 2011 - Brigade 5	235
Tabelle 65: Daten der Versuchsauswertung: Sojabohnen - 2012 - Brigade 10	236
Tabelle 66: Ertragsdatenfilter: Anpassung der H-Methode nach Noack (2006)	237
Tabelle 67: Erträge der Staatsfarm Ganhe, Haushalten und Demofarm, Quelle: Ertragskartierungssystem	240
Tabelle 68: Datenstruktur des Auswertungsdaten: Sommerweizen - 2010 - Brigade 5	242
Tabelle 69: Datenstruktur der Auswertungsdaten: Sommerweizen - 2011 - Brigade 10	243
Tabelle 70: Datenstruktur der Auswertungsdaten: Sommerweizen - 2012 - Brigade 5	244
Tabelle 71: Datenstruktur der Auswertungsdaten: Sojabohnen - 2010 - Brigade 10	245
Tabelle 72: Datenstruktur der Auswertungsdaten: Sojabohnen - 2011 - Brigade 5	246
Tabelle 73: Datenstruktur der Auswertungsdaten: Sojabohnen - 2012 - Brigade 10	247
Tabelle 74: systematische Modellwahl - Schritt 1.1: Optimierung der Erwartungswertstruktur - Kandidatenmodelle mit Kovariablen	248
Tabelle 75: systematische Modellwahl – Schritt 1.2: Optimierung der Erwartungswertstruktur – Kandidatenmodelle mit X,Y-Koordinaten	252
Tabelle 76: Grunddaten und Annahmen zur ökonomischen Auswertung der Produktionsverfahren im On-Farm Experiment	256
Tabelle 77: Schlagübersicht Ganhe und Beispielschläge zur ökonomischen Auswertung	257
Tabelle 78: Saatgut – Übersicht zu Sorten, Preisen und Eigenschaften	257
Tabelle 79: Düngemittel – Übersicht zu Sorten, Preisen und Eigenschaften	258
Tabelle 80: Pflanzenschutzmittel - Übersicht zu Wirkstoffen, Preisen und Eigenschaften	259

Tabelle 81: Übersicht zu den Grunddaten der im Projekt eingesetzten Maschinen	260
Tabelle 82: Teil- und Elementarzeiten: Daten der Arbeitsbeobachtung und KTBL-Werte	262
Tabelle 83: Berechnung des Arbeitszeitbedarfs nach KTBL – Einteilung Arbeitsverfahren	263
Tabelle 84: Berechnung des Arbeitszeitbedarfs nach KTBL – Teilzeitmethode	263
Tabelle 85: Berechnung des Arbeitszeitbedarfs nach KTBL - Bestimmung Phasenablaufes	265
Tabelle 86: Berechnung des Arbeitszeitbedarfs nach KTBL – 2 Phasenrechnung	265
Tabelle 87: Berechnung des Arbeitszeitbedarfs nach KTBL - drei Phasenrechnung	266
Tabelle 88: Berechnungsbeispiel Arbeitszeitbedarf: Feldarbeit (FA)	266
Tabelle 89: Berechnungsbeispiel Arbeitszeitbedarf: Teilarbeit Transport	269
Tabelle 90: Berechnungsbeispiel Arbeitszeitbedarf: Teilarbeit Beladen	270
Tabelle 91: Berechnungsbeispiel Arbeitszeitbedarf: Teilarbeit Umschlag	272
Tabelle 92: Zugmaschinen und Arbeitsgeräte - Grunddaten zur Dieselverbrauchsrechnung	274
Tabelle 93: Berechnungsbeispiel spezifischer Dieselverbrauch: Feldarbeit (FA)	275
Tabelle 94: Berechnungsbeispiel zur Dieselverbrauchsrechnung: Teilarbeit Beladen	278
Tabelle 95: Berechnungsbeispiel zur Dieselverbrauchsrechnung: Teilarbeit Transport	280
Tabelle 96: Berechnungsbeispiel zur Dieselverbrauchsrechnung: Teilarbeit Umschlag	281
Tabelle 97: Berechnungsbeispiel Kosten und Leistungen im Produktionsverfahren	283
Tabelle 98: Berechnungsbeispiel Direktkosten im Produktionsverfahren (PV)	284
Tabelle 99: Berechnungsbeispiel Arbeitserledigungskosten im Produktionsverfahren	285
Tabelle 100: Berechnungsbeispiel Arbeitserledigungskosten: Feldarbeit	286
Tabelle 101: Berechnungsbeispiel Arbeitserledigungskosten: Teilarbeit Transport	288
Tabelle 102: Berechnungsbeispiel Arbeitserledigungskosten: Teilarbeit Beladen	290
Tabelle 103: Berechnungsbeispiel Arbeitserledigungskosten: Teilarbeit Umschlag	292
Tabelle 104: Schlagkartei Versuchsauswertung: Sommerweizen – 2010 – Brigade 5	294
Tabelle 105: Schlagkartei Versuchsauswertung: Sommerweizen – 2011 – Brigade 10	296
Tabelle 106: Schlagkartei Versuchsauswertung: Sommerweizen – 2012 – Brigade 5	298
Tabelle 107: Schlagkartei Versuchsauswertung: Sojabohnen – 2010 – Brigade 10	300
Tabelle 108: Schlagkartei Versuchsauswertung: Sojabohnen – 2011 – Brigade 5	302
Tabelle 109: Schlagkartei Versuchsauswertung: Sojabohnen – 2012 – Brigade 10	304
Tabelle 110: Schlagkartei Szenario 1+2: Sommerweizen – 2010 – Brigade 5	306
Tabelle 111: Schlagkartei Szenario 1+2: Sommerweizen – 2011 – Brigade 10	308
Tabelle 112: Zusammenfassung Szenario 1+2: Sommerweizen – 2012 – Brigade 5	310
Tabelle 113: Schlagkartei Szenario 1 + 2: Sojabohnen – 2010 – Brigade 10	312
Tabelle 114: Schlagkartei Szenario 1+2: Sojabohnen – 2011 – Brigade 5	314
Tabelle 115: Schlagkartei Szenario 1+2: Sojabohnen – 2012 – Brigade 10	316
Tabelle 116: Schlagkartei: Lade- und Transportarbeiten – Teilarbeiten	318
Tabelle 117: Versuchsauswertung OFE - Produktionsverfahrens Sommerweizen	319
Tabelle 118: Versuchsauswertung OFE - Produktionsverfahrens Sojabohnen	320
Tabelle 119: Szenario 1 - Ergebnisse der Produktionsverfahren Sommerweizen	321
Tabelle 120: Szenario 1 - Ergebnisse der Produktionsverfahren Sojabohnen	322
Tabelle 121: Szenario 2 - Ergebnisse des Produktionsverfahrens Sommerweizen	323
Tabelle 122: Szenario 2 - Ergebnisse des Produktionsverfahrens Sojabohnen	324

Tabelle 123: flächenabhängiger Arbeitszeitbedarf - Sommerweizen - SZ 1	325
Tabelle 124: flächenabhängiger Arbeitszeitbedarf - Sojabohnen - SZ 1	325
Tabelle 125: flächenabhängiger Dieselmotorkraftstoffbedarf - Sommerweizen - SZ 1	326
Tabelle 126: flächenabhängiger Dieselmotorkraftstoffbedarf - Sojabohnen - SZ 1	326
Tabelle 127: Arbeitserledigungskosten Produktionsverfahren Sommerweizen – 2012	327
Tabelle 128: Arbeitserledigungskosten Produktionsverfahren Sojabohnen - 2012	327
Tabelle 129: Arbeitserledigungskosten: Produktionsverfahren Sommerweizen – SZ1	328
Tabelle 130: Arbeitserledigungskosten Produktionsverfahren Sojabohnen - SZ1	328
Tabelle 131: Arbeitserledigungskosten: Aussaat - Soja/SW – 2012 – Beladen	329
Tabelle 132: Arbeitserledigungskosten: Aussaat - Soja/SW – Transport	330
Tabelle 133: Arbeitserledigungskosten: Aussaat - Soja/SW - Umschlag/Laden	331
Tabelle 134: Arbeitserledigungskosten: Aussaat1 – Sommerweizen	332
Tabelle 135: Kennzahlen des Arbeitsverfahrens: Aussaat – Sommerweizen	333
Tabelle 136: Arbeitserledigungskosten: Aussaat – Sojabohnen	334
Tabelle 137: Kennzahlen des Arbeitsverfahrens: Aussaat – Sojabohnen	335
Tabelle 138: Arbeitserledigungskosten: Bodenbearbeitung – Scheibenegge	336
Tabelle 139: Kennzahlen des Arbeitsverfahrens: Bodenbearbeitung – Scheibenegge	337
Tabelle 140: Arbeitserledigungskosten: Bodenbearbeitung – Grubber	338
Tabelle 141: Kennzahlen des Arbeitsverfahrens: Bodenbearbeitung – Grubber	339
Tabelle 142: Arbeitserledigungskosten: Bodenbearbeitung – Pflügen	340
Tabelle 143: Kennzahlen des Arbeitsverfahrens: Bodenbearbeitung – Pflügen	341
Tabelle 144: Arbeitserledigungskosten: Bodenbearbeitung – Walzen	342
Tabelle 145: Kennzahlen des Arbeitsverfahrens: Bodenbearbeitung – Walzen	343
Tabelle 146: Arbeitserledigungskosten: Pflanzenschutz	344
Tabelle 147: Arbeitserledigungskosten: Pflanzenschutz – Wassertransport	345
Tabelle 148: Kennzahlen des Arbeitsverfahrens: Pflanzenschutz	346
Tabelle 149: Arbeitserledigungskosten: Düngung - N-Gabe in Bestand (25 kg/ha)	347
Tabelle 150: Kennzahlen des Arbeitsverfahrens: Düngung - N-gabe in den Bestand	348
Tabelle 151: Arbeitserledigungskosten: Ernte - Sommerweizen (40 dt/ha)	349
Tabelle 152: Arbeitserledigungskosten: Ernte1.2 Sommerweizen – Transport	350
Tabelle 153: Kennzahlen des Arbeitsverfahrens: Ernte -Sommerweizen (40 dt/ha)	351
Tabelle 154: Daten des Berechnungsbeispiels lineares gemischte Modell	352
Tabelle 155: Übersicht zur Struktur der Matrizen im Berechnungsbeispiel LGM	353
Tabelle 156: Ergebnisse im Berechnungsbeispiel LGM – einfaches Modell	357
Tabelle 157: Ergebnisse Berechnungsbeispiel LGM - fixe Kovariable	358
Tabelle 158: Ergebnisse Berechnungsbeispiel LGM – zufällige Kovariable	359
Tabelle 159: Ergebnisse im Berechnungsbeispiel LGM - Kovarianzstruktur	362

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Klimadiagramm Nenjiang: Niederschlag und Temperatur (NOAA, 2012)	4
Abbildung 2: Bodenverdichtungen in Erosionsfurche am Feldrand, Ganhe Brigade 2	5
Abbildung 3: typische Furchenerosion am Feldrand in Ganhe Schlag: Brigade 7	5
Abbildung 4: Landwirtschaftliche Regionen Chinas und der Projektstandort Ganhe in Nordostchina – roter Punkt = Ganhe, Quelle: Weltkarte.com (2010)	14
Abbildung 5: Entwicklung des Getreideertrages und landwirtschaftlicher Input. Quelle: eigene Darstellung, Daten: USDA (2011), Fan (1997, S. 219ff.)	19
Abbildung 6: Fehlerquellen der Ertragskartierung (eigene Darstellung)	53
Abbildung 7: Arbeitsgeräte im Arbeitsverfahren Bodenbearbeitung – Scheibeneggen	69
Abbildung 8: Arbeitsgeräte im Arbeitsverfahren Düngung	70
Abbildung 9: Arbeitsgeräte im Arbeitsverfahren Pflanzenschutz	71
Abbildung 10: Maschinen im Arbeitsverfahren Ernte – Mähdrescher	72
Abbildung 11: Zugmaschinen und Anhänger im Arbeitsverfahren Transport	73
Abbildung 12: Maschinen im Produktionsverfahren Sojabohnen (Demo-, Staatsfarm – Haushalt)	76
Abbildung 13: Schematische Skizze zu den Produktionsverfahren Sojabohnen	76
Abbildung 14: Maschinen im Produktionserfahren für Sommerweizen (Demo – Staat - Haushalt)	81
Abbildung 15: Schema zur Durchführung der On-Farm Experimente (eigene Darstellung)	82
Abbildung 16: Versuchsdesign der On-Farm Experimente	83
Abbildung 17: Messung der elektrischen Leitfähigkeit des Bodens der OF-Versuchsflächen	88
Abbildung 18: Datenstruktur der EC25-Daten (Brig 10) – Histogramm und Box-Whisker-Plot	89
Abbildung 19: Ertragskarten der OF-Versuchsflächen (2009)	89
Abbildung 20: Histogramm und Box-Whisker-Plot der Ertragsdaten 2009 - Brigade 10	90
Abbildung 21: Vergleich verschiedener Filteransätze für Ertragsdaten (eigene Darstellung)	96
Abbildung 22: Schema zur Ertragsdatenfilterung mit H-Filter - eigene Darstellung	100
Abbildung 23: Ertragsdatenfilter – Vergleich der Rohdaten mit dem gefilterten Datensatz	103
Abbildung 24: Roh- und Auswertungsdaten (Brig 10 - 2012) – Histogramm und Quantile-Plot	103
Abbildung 25: Theoretisches Semivariogramm, Quelle: SAS Institute Inc. (2006), abgeändert	113
Abbildung 26: Übersicht zur Residuenanalyse, Quelle: SAS Institute Inc.(2006), OriginLAB Corporation (2015), abgeändert	121
Abbildung 27: Residuenanalyse: Grundmodell (oben) und Auswertungsmodell (unten)	122
Abbildung 28: Kovarianzstruktur des Kandidaten- (oben) und Auswertungsmodells (unten)	122
Abbildung 29: Darstellung der Variogrammkurve (blau) und Überlagerung mit Modellkurven	123
Abbildung 30: Leistungen und Kosten im Produktionsverfahren (Schroers und Sauer, 2011)	125
Abbildung 31: Teilzeiten im Arbeitsverfahren (KTBL, 2008, S. 28)	131
Abbildung 32: Schema zur Berechnung des Arbeitszeitbedarfs, eigene Darstellung	134

Abbildung 33: Maschinen im Arbeitsverfahren Trocknung – Reinigung – Lagerung	151
Abbildung 34: Arbeitserledigungskosten bei Steigerung der Schlaggröße (AV-2012-SZ 1)	169
Abbildung 35: Arbeitszeitbedarf bei Steigerung der Schlaggröße (AV - 2012 - SZ 1)	170
Abbildung 36: Haupt- und Nebenzeiten in Abhängigkeit von der Schlaggröße (PV - 2012 - SZ 1)	171
Abbildung 37: Arbeitszeitbedarf bei Steigerung der Schlaggröße (PV - 2012 - SZ 1)	172
Abbildung 38: Dieseldraftstoffbedarf bei Steigerung der Schlaggröße (AV-2012 -SZ 1)	172
Abbildung 39: Arbeitserledigungskosten bei Steigerung des Lohnsatzes (PV-2012-SZ 1)	173
Abbildung 40: Arbeitserledigungskosten bei Steigerung der Schlaggröße (PV-2012-SZ 1)	174
Abbildung 41: Arbeitserledigungskosten bei Steigerung von Lohnsatz und Schlaggröße	175
Abbildung 42: Arbeitserledigungskosten bei Steigerung von Lohnkosten und Schlaggröße sowie Variation von Dieselpreis, Anschaffungswert und Wechselkurs	176
Abbildung 43: grafische Darstellung der flächenabhängigen Kennzahlen des Arbeitsverfahrens: Aussaat - Sommerweizen	333
Abbildung 44: grafische Darstellung der flächenabhängigen Kennzahlen des Arbeitsverfahrens: Aussaat - Sojabohnen	335
Abbildung 45: grafische Darstellung der flächenabhängigen Kennzahlen des Arbeitsverfahrens: Bodenbearbeitung - Scheibenegge	337
Abbildung 46: grafische Darstellung der flächenabhängigen Kennzahlen des Arbeitsverfahrens: Bodenbearbeitung - Grubber	339
Abbildung 47: grafische Darstellung der flächenabhängigen Kennzahlen des Arbeitsverfahrens: Bodenbearbeitung - Pflügen	341
Abbildung 48: grafische Darstellung der flächenabhängigen Kennzahlen des Arbeitsverfahrens: Bodenbearbeitung - Walzen	343
Abbildung 49: grafische Darstellung der flächenabhängigen Kennzahlen des Arbeitsverfahrens: Pflanzenschutz	346
Abbildung 50: grafische Darstellung der flächenabhängigen Kennzahlen des Arbeitsverfahrens: Düngung - N-Gabe in den Bestand	348
Abbildung 51: grafische Darstellung der flächenabhängigen Kennzahlen des Arbeitsverfahrens: Ernte - Sommerweizen (40 dt/ha)	351

## Abkürzungsverzeichnis

<b>Abk.</b>	<b>Bezeichnung</b>	<b>Einheit</b>
2FS	Doppelfahrspur	-
$a$	1. Parameter Triebkraftverhalten	-
AA	Art der Arbeitsform am Feld: Auf- und Abfahrt	Stufe
$AW_{AM}$	Anschaffungswert des Arbeitsmittels zum Beginn der Nutzung	RMB
$AA_V$	Art der Arbeitsform am Feld: Auf- und Abfahrt mit Vorgewende	Stufe
$AE_{FS}$	Bedingung zur Markierung der Anfangs- und Endpunkte der FS	$x_A / x_E$
$A_F$	Fläche des Schleges	Ha
AF	Feldarbeitszeit	h
AIC	Akaike Information Criterium	-
AICC	Corrected Akaike Information Criterium	-
AK	Arbeitskraft	-
$AK_F$	Arbeitskräfte der Feldarbeitseinheit	n
$AK_L$	Arbeitskräfte für Ladearbeit (3-Phasensystem)	n
$AK_T$	Arbeitskräfte für Transport (2-3 Phasensystem)	n
AL	Arbeitszeitbedarf Laden	h
$a_{lim}$	Grenzwert für Geschwindigkeitsänderung	km/h
AM	Arbeitsmittel	-
ANOVA	Analysis of Variance - Varianzanalyse	-
$a_p$	Geschwindigkeitsänderung am Punkt P	km/h
$Arb_{org}$	Art des Arbeitsablaufes (Arbeitssystem)	Kennziffer
$AS_{AM}$	Auslastungsschwelle des Arbeitsmittels	NE/a
$AS_{FS}$	Bedingung zur Markierung der Anschnitte der Fahrspur	A/E
$as_p$	Anschnitte der Fahrspur	A/E
AT	Transportarbeitszeit	h
ATL	Länge des Arbeitstags	h
AV	Arbeitsverfahren	-
$a_{vp}$	maximaler Abstand zwischen Validierungspunkten	m
$AW_{AM}$	Anschaffungswert Arbeitsmittel	h
AWZ	Ausführungs- und Wartezeit	h
AZ	Ausführungszeit	h
AzL	Gesamtzeit für die Anfahrt zum Laden	h
$b$	2. Parameter Triebkraftverhalten	-
$b_{AG}$	Arbeitsbreite des Arbeitsgeräts	m
$b_{A\_ges}$	Dieselmotorkraftstoffverbrauch gesamt je ha	l/ha
$b_{AG}$	Arbeitsbreite Arbeitsgerät	m
$b_{AGr}$	reale Arbeitsbreite Arbeitsgerät	m
$b_{Ak\_ges}$	gesamt Dieselmotorkraftstoffverbrauch je Fläche (konst. Motordrehzahl)	l/ha
$b_{Au\_ges}$	gesamt Dieselmotorkraftstoffverbrauch je Fläche (unabh. Motordrehzahl)	l/ha
$B_{AV}$	Dieselmotorkraftstoffverbrauch im gesamten Arbeitsverfahren	l
$b_B$	Breite des Beetes	m
BB	Arbeitsform am Feld: Beetbearbeitung	Stufe
$BB_V$	Arbeitsform am Feld: Beetbearbeitung mit Vorgewende	Stufe
$b_e$	spezifischer Kraftstoffverbrauch für Zapfwellenarbeit	g/kWh
$B_{W\_Befüll}$	Dieselmotorkraftstoffverbrauch bei Befüllarbeit (Zapfwellenarbeit)	l/ha
$Bed_{KW}$	Bedingung für Kurswinkelberechnung	-
$Bed_{IFS}$	Bedingung zur Berechnung der Länge der Fahrspur	M
$b_{eM_k}$	spezifischer Kraftstoffverbrauch - bei konstanter Motordrehzahl	g/kWh
$b_{eM_u}$	spezifischer Kraftstoffverbrauch - bei unabhängiger Motordrehzahl	g/kWh

<b>Abk.</b>	<b>Bezeichnung</b>	<b>Einheit</b>
$b_F$	Breite des Schlages	m
$B_{ges}$	Dieselmotorkraftstoffverbrauch gesamt	l
$B_H$	Hauptarbeitszeitverbrauch	l/ha
$B_{HA\ k}$	Hauptarbeitszeitverbrauch je Strecke (Konstante Motordrehzahl)	l/ha
$B_{Ht\ k}$	Hauptarbeitszeitverbrauch je Stunde (konstante Motordrehzahl)	kg/h
$B_{Ht\ u}$	Hauptarbeitszeitverbrauch je Stunde (unabhängige Motordrehzahl)	kg/h
$B_{HZ}$	Dieserverbrauch in Hauptzeit	-
$B_{HA\ u}$	Hauptarbeitszeitverbrauch je Strecke (unabhängige Motordrehzahl)	l/ha
$b_{KTBL}$	Maschinenspezifischer Dieserverbrauch (KTBL, 40 % Motorausl.)	l/h
$B_{la}$	Hilfsarbeit Beladen	
$B_{LF}$	Dieserverbrauch gesamt mit Flächenleistung	l/ha
$BL$	Block	-
$BLUE$	Best linear unbiased Estimation	-
$BLUP$	Best linear unbiased Prediction	-
$BLZ$	Bunkerladezeit	h
$blz$	Bunker Lade-/Entladezeit	min/n
$BM$	Betriebsmittel	-
$bn_{AG}$	nutzbare Arbeitsbreite	m
$B_{NV}$	Dieserverbrauch in Versorgungszeit	l/h
$B_{NW}$	Dieserverbrauch in Wendezeit	l/h
$B_{RZ}$	Dieserverbrauch in Rüstzeit	l/h
$B_s$	Dieserverbrauch in Streckenfahrten	l/km
$b_s$	Dieserverbrauch je km für Transporte (fixer Wert)	l/km
$B_{S\ AL}$	Dieserverbrauch je ha auf der Anfahsstrecke zum Laden	l/ha
$B_{S\ HF}$	Dieserverbrauch je ha auf der Strecke Hof-Feld	l/km
$B_{TR}$	Dieserverbrauch in Transport- und Ladearbeiten	l
$bü_{AG}$	Überlappung Arbeitsbreite	%
$b_V$	Breite des Vorgewendes	m
$B_{VZ}$	Dieserverbrauch in Verlustzeit	l/h
$B_{WqZ}$	Dieserverbrauch in Wartezeit	l/h
$B_{WZ}$	Dieserverbrauch in Wegezeit	l/h
$c$	3. Parameter Triebkraftverhalten	-
$c_n$	Nugget-Varianz	-
$c_o$	Schwellenwert (Sill)	-
$DAEKfL$	Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung	RMB
$DB$	Deckungsbeitrag	RMB
$DF$	Dauer der Feldarbeit je ha	h/ha
$d_{ij}$	Euklidischer Abstand zweier Punkte i und j	a
$DKfL$	Direktkostenfreie Leistungen	RMB
$d_{KB}$	Kapitalbindungsdauer	a
$DL$	Dauer Ladephase	h
$dPP_{lim}$	minimaler Abstand zwischen zwei benachbarten Punkten	m
$DS$	Dauer des Arbeitsganges	h
$DT$	Dauer Transport	h
$e$	Vektor der Resteffekte (LGM)	-
$ECa$	Electrical conductivity – elektrische Leitfähigkeit des Bodens	mS
$EC25$	elektrische Leitfähigkeit des Bodens, normiert auf 25°C Bodentemperatur	mS
$E_{la}$	Hilfsarbeit Entladen	h
$ELZ$	Ladezeit/Einlagerungszeit	h/Ladung

<b>Abk.</b>	<b>Bezeichnung</b>	<b>Einheit</b>
<i>FA</i>	Feldarbeit	-
<i>FAB</i>	Feldarbeitszeit je Bunker	h
<i>FAW</i>	Feldarbeitszeit je Wagen	h
<i>FG</i>	Freiheitsgrade	-
<i>F<sub>G</sub></i>	Gewichtskraft des Gesamtfahrzeugs	N
<i>F<sub>G, Trieb</sub></i>	Gewichtskraft der Zugmaschine auf der Triebachse	N
<i>F<sub>Std</sub></i>	Faktor für Standardabweichung	-
<i>F<sub>Tol, max</sub></i>	Faktor für maximalen Toleranzwert	-
<i>FS<sub>VP</sub></i>	Fahrspur des Validierungspunktes	-
<i>FS<sub>P</sub></i>	Fahrspur des Prüfpunktes	-
<i>F<sub>Tol, min</sub></i>	Faktor für minimalen Toleranzwert	-
<i>F<sub>Zug</sub></i>	Zugkraftbedarf eines Gerätes	N
<i>F<sub>Zug, b</sub></i>	Zugkraft, arbeitsbreitenbezogen	N/m
<i>F<sub>Zug, bt</sub></i>	Zugkraft, arbeitsbreiten- und tiefenbezogen	N/(m*cm)
<i>G</i>	Kovarianzmatrix der zufälligen Effekte	-
<i>g</i>	Fallbeschleunigung	m/s <sup>2</sup>
<i>g1</i>	Parameter für Getriebeverluste	-
<i>g2</i>	Parameter für Getriebeverluste	-
<i>GAZ</i>	Gesamtarbeitszeit	h
<i>GE</i>	Geldeinheiten	-
<i>GIS</i>	geographic information system	-
<i>g<sub>PDel</sub></i>	Grenzwert für gelöschte Punkte je Fahrspur	n
<i>g<sub>Pdel</sub></i>	Grenzwert für Anzahl gelöschte Punkte je Fahrspur	n
<i>GPS</i>	global positioning system	-
<i>GrZ</i>	Grundzeit	h
<i>GZ</i>	Gesamtzeit	h
<i>GZ<sub>AK</sub></i>	Gesamtarbeitszeitbedarf (Arbeitskräfte) im Arbeitsverfahren	AKh
<i>GZ<sub>Bla</sub></i>	Gesamtzeit des zugehörigen Arbeitsverfahren FA-Bla	h
<i>GZ<sub>UMS</sub></i>	Gesamtzeit des Arbeitsverfahren FA-Umschlag	h
<i>GZ<sub>TR</sub></i>	Gesamtzeit des Arbeitsverfahren FA-Transport	h
<i>GZ<sub>Zug</sub></i>	Gesamtzeitbedarf der Zugmaschine	Sh
<i>H<sub>0</sub></i>	Nullhypothese	-
<i>H<sub>A</sub></i>	Alternativhypothese	-
<i>HAT</i>	Halbtagsdauer	H
<i>HTL</i>	Halbtagsleistung	ha
<i>HZ</i>	Hauptzeit	h
<i>HZ<sub>Beet</sub></i>	Hauptzeit Beet	h
<i>HZ<sub>kF</sub></i>	Hauptzeit kontinuierliches Laden	h
<i>HZ<sub>L</sub></i>	Hauptzeit Laden	h
<i>HZ<sub>LW</sub></i>	Hauptzeit Ladewege	h
<i>HZ<sub>V</sub></i>	Hauptzeit Vorgewende	h
<i>i</i>	Zinsansatz	%
<i>I<sub>n</sub></i>	Identitätsmatrix der Matrix R	-
<i>I<sub>q</sub></i>	Identitätsmatrix der Matrix G	-
<i>I<sub>p</sub></i>	Pausenintervall - eine Pause aller x Stunden	n
<i>k</i>	Triebkraftbeiwert	-
<i>K<sub>AM, AG</sub></i>	Kosten des Arbeitsmittels (Arbeitsgerät)	RMB
<i>K<sub>AE</sub></i>	Arbeiterledigungskosten	RMB
<i>K<sub>AE, PV</sub></i>	Arbeiterledigungskosten im Produktionsverfahren	RMB
<i>K<sub>AfA, N</sub></i>	Zeitabhängige lineare Abschreibung	RMB

<b>Abk.</b>	<b>Bezeichnung</b>	<b>Einheit</b>
$K_{AfA_n}$	Leistungsabhängige lineare Abschreibung	RMB/LE
$K_{allg}$	Allgemeine Kosten	RMB
$k_{allg}$	Ansatz für Allgemeine Kosten	RMB/ha
$K_{AM}$	Kosten für Arbeitsmittel	RMB
$K_{AM\_Zug}$	Kosten des Arbeitsmittels (Zugmaschine)	RMB
$Kap_{AG}$	Kapazität (Bunker)- Volumen des Arbeitsgeräts	l
$Kap_W$	Kapazität, mittlere je Wagenvolumen	L
$K_{Aufb}$	Aufbereitungskosten	RMB
$K_{BM}$	Betriebsmittelkosten	RMB
$K_D$	Direktkosten	RMB
$K_{Bf}$	Kosten für Betriebsführung	RMB
$K_{sonst}$	Sonstige Gemeinkosten	RMB
$K_{DAE}$	Direkt- und Arbeiterledigungskosten	RMB
$K_{DK}$	Kosten für Dieselkraftstoff (Betriebsstoffe)	RMB
$K_{D\_PV}$	Direktkosten im Produktionsverfahren	RMB
$KF_{AM\_AG}$	Fixe Kosten des Arbeitsmittels (Arbeitsgerät) je Jahr	RMB
$Kf_{AM\_AG}$	Fixe Kosten des Arbeitsmittels (Arbeitsgerät)	RMB
$Kf_{AM\_sonst}$	Sonstige fixe Kosten des Arbeitsmittels	RMB
$KF_{AM\_Zug}$	Fixe Kosen des Arbeitsmittels (Zugmaschine) je Jahr	RMB
$Kf_{AM\_Zug}$	Fixe Kosen des Arbeitsmittels (Zugmaschine)	RMB
$KF_{BBAW}$	Korrekturfaktor schlagspezifischer Bodenbearbeitungswiderstand	%
$KF_E$	Kornfeuchte Erntegut	%
$KF_{dü}$	Korrekturfaktor für doppeltes Überfahren	%
$KF_{FR}$	Korrekturfaktor Feldrückfahrten zum Laden	%
$KF_L$	Kornfeuchte im Lager	%
$K_{Fl}$	Flächenkosten	RMB
$KF_o$	obere Grenze für Kornfeuchte	%
$KF_P$	Kornfeuchte am Punkt P	%
$KF_u$	untere Grenze für Kornfeuchte	%
$KF_{vFR}$	Korrekturfaktor für Geschwindigkeit zur Feldrückfahrt	%
$KF_{vV}$	Korrekturfaktor für Arbeitsgeschwindigkeit auf dem Vorgewende	%
$KF_{Y\_parz}$	Korrekturfaktor für die Gewichtskorrektur in der Parzelle	%
$k_{GB}$	kalkulatorischer Gewinnbeitrag	RMB
$K_{Geb}$	Gebäudekosten	RMB
$K_{HV}$	Kosten für Hagelversicherung	RMB/ha
$k_{Lager}$	Kostenansatz für Lagerkosten	RMB
$K_{mDung}$	Kosten für mineralische Düngung	RMB
$Kn_{FS}$	Bedingung zur Nummerierung der Fahrspuren	n
$K_{orgDung}$	Kosten für organische Düngung	RMB
KPCh	Kommunistische Partei Chinas	-
$K_{PSM}$	Kosten für Pflanzenschutzmittel	RMB
$K_{PV}$	Vollkosten im Produktionsverfahren	RMB
$K_R$	Rechtekosten	RMB
$k_{Rei}$	Kostenansatz für Reinigungskosten	RMB
$K_{Rep}$	Reparaturkosten des Arbeitsmittels	RMB
$K_S$	Schmierstoffkosten	RMB
$K_{Saat}$	Kosten für Saatgut	RMB
KTBL	Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft	-
$k_{Tro}$	Kostenansatz für Trocknungskosten	RMB

<b>Abk.</b>	<b>Bezeichnung</b>	<b>Einheit</b>
$K_{TÜ}$	Kosten für technische Überwachung	RMB
$Kv_{AM\_AG}$	Variable Kosten des Arbeitsmittels (Arbeitsgerät)	RMB
$Kv_{AM\_Zug}$	Variable Kosten des Arbeitsmittels (Zugmaschine)	RMB
$K_{VBM}$	Kosten für die Vorbereitung der Betriebsmittel	RMB
$K_{Vus}$	Kosten für Versicherung und Steuern	RMB
$K_{Wasser}$	Kosten für Wasser (PSM, Düngung, Bewässerung)	RMB
$KW$	Kurswinkel der Fahrtrichtung	Grad
$KW_{Diff1}$	Differenz der Kurswinkel $P_{(n)}$ und $P_{(n+1)}$	Grad
$KW_{Diff2}$	Differenz der Kurswinkel der Punkte $P_{(n-1)}$ und $P_{(n+1)}$	Grad
$KW_{dmax}$	maximale Änderung des Kurswinkels	°
$KW_{lim}$	Grenzwert der Kurswinkeländerung	°
$K_{Zins\_AE}$	Zinskosten für Betriebsstoffe, Reparaturen und Dienstleistungen	RMB
$K_{Zins\_AM}$	Zinskosten für das in Arbeitsmitteln gebundene Kapital	RMB
$K_{Zins\_BM}$	Zinskosten für das in Betriebsmitteln gebundene Kapital	RMB
$L$	Likelihood	RMB
$L$	Monetäre Leistungen	RMB
$L_{AM}$	Leistung des Arbeitsmittels	NE
$l_{Beet}$	Länge des Beetes	m
$LE$	Leistungseinheiten	-
$l_F$	Schlaglänge	m
$LF$	Flächenleistung (Hauptzeit und Wendezeit)	ha/h
$l_{FS}$	Länge der Fahrspur	M
$l_{FSlim}$	Grenzwert für die Länge der Fahrspur	m
$LGM$	Lineares gemischtes Modell	-
$l_V$	Länge des Vorgewendes	m
$m_{2FS}$	Ausbring- oder Erntemenge je Doppelfahrspur	kg
$m_{AG}$	Masse Arbeitsgerät	kg
$m_{AG\_St}$	Stützlast Arbeitsgerät	kg
$M_{BM}$	Gesamtausbringung/Ertrag Betriebsmittel/Ernteprodukt	kg
$m_{BM}$	Ausbringung/Ertrag je Fläche Betriebsmittel/Ernteprodukt	kg/ha
$Mh$	Maschinenstunden	Mh
$M_{HP}$	Erntemenge des Hauptproduktes	kg
Mio.	Millionen	-
$m_{Ladung}$	Masse der Ladung (Betriebsmittel/Ernteprodukt)	kg
$m_{LE}$	Ladeeinheiten	kg
$m_{max}$	max. Lademasse des Arbeitsgerätes (Betriebsmittel/Ernteprodukt)	kg
$M_{NP}$	Erntemenge Nebenprodukt	kg
Mrd.	Milliarden	-
$MW_{max}$	maximaler Ertragsmittelwert der Validierungssegmente 1 und 2	dt/ha
$MW_{max2}$	maximaler Ertragsmittelwert2 der Validierungssegmente 3 und 4	dt/ha
$MW_{min}$	minimaler Ertragsmittelwert der Validierungssegmente 1 und 2	dt/ha
$MW_{min2}$	minimaler Ertragsmittelwert2 der Validierungssegmente 3 und 4	dt/ha
$MW_{VS}$	Mittelwert der Validierungspunkte im zugehörigen Segment	dt/ha
$m_{Zug}$	Masse Zugmaschine	kg
$m_{zug\_h}$	Hinterachslast Zugmaschine	kg
$N$	Nebenzeit	H
$N_{AM\_Leistung}$	technisches Nutzungspotential in Nutzungseinheiten	NE
$N_{AM\_Zeit}$	wirtschaftliches Nutzungspotential in Jahren	a
$N_{AM\_real}$	jährlicher Einsatzumfang des Arbeitsmittels im Betrieb	NE/a
$nBL$	Anzahl Bunkerladungen	N

<b>Abk.</b>	<b>Bezeichnung</b>	<b>Einheit</b>
<i>NE</i>	Nutzungseinheiten (Leistung im Arbeitsverfahren)	-
<i>NettoHT</i>	Netto-Halbtagsdauer	H
<i>n<sub>FF</sub></i>	Anzahl Wege Feld-Feld	n
<i>n<sub>FH</sub></i>	Anzahl Wege Feld-Hof	n
<i>n<sub>FR</sub></i>	Anzahl Felldrückfahrten	N
<i>n<sub>FS</sub></i>	Anzahl der Arbeitsstreifen (AA) nAS [n]	N
<i>n<sub>FS<sub>Beet</sub></sub></i>	Zahl der Arbeitsstreifen im Beet[n]	n
<i>n<sub>FS<sub>V</sub></sub></i>	Zahl der Arbeitsstreifen im Vorgewende[n]	n
<i>N<sub>H</sub></i>	Hangneigung	%
<i>n<sub>HF</sub></i>	Anzahl Wege Hof-Feld	n
<i>n<sub>HS</sub></i>	Anzahl der benötigten Halbtage/Schlag	N
<i>n<sub>LE</sub></i>	Anzahl Ladeeinheiten	n
<i>n<sub>LV</sub></i>	Anzahl der Ladevorgänge	n
<i>n<sub>LV<sub>Bla</sub></sub></i>	Anzahl Rüstzeiten Beladen	n
<i>n<sub>LV<sub>Ela</sub></sub></i>	Anzahl Rüstzeiten Entladen	n
<i>n<sub>LV<sub>Umschl</sub></sub></i>	Anzahl Rüstzeiten Umschlag	n
<i>n<sub>PA</sub></i>	Anzahl gelöschter Punkte am Anfang der Fahrspur	n
<i>n<sub>PE</sub></i>	Anzahl gelöschter Punkte am Ende der Fahrspur	n
<i>n<sub>PFS</sub></i>	Anzahl der Punkte je Fahrspur	n
<i>n<sub>PFS<sub>lim</sub></sub></i>	Grenzwert für die Anzahl der Punkte je Fahrspur	n
<i>n<sub>RZ</sub></i>	Anzahl Rüstvorgänge am Hof und Feld	n
<i>n<sub>TR</sub></i>	Anzahl Transporte	n
<i>n<sub>Umschl/Ela</sub></i>	Anzahl Vorgänge Umschlag/Entladen	n
<i>NV'</i>	Nebenzeit Versorgen je Lade- /Entladevorgang	H
<i>NV</i>	Nebenzeit Versorgungszeit	H
<i>n<sub>VP<sub>min</sub></sub></i>	Minimale Anzahl an Validierungspunkten	n
<i>NW</i>	Nebenzeit Wenden	H
<i>NW<sub>AA</sub></i>	Nebenzeit Wenden Auf- und Abfahrt	s
<i>NW<sub>AA<sub>V</sub></sub></i>	Nebenzeit Wenden Auf- und Abfahrt mit Vorgewende	s
<i>NW<sub>BB</sub></i>	Nebenzeit Wenden Beetbearbeitung	s
<i>NW<sub>BB<sub>V</sub></sub></i>	Nebenzeit Wenden Beetbearbeitung mit Vorgewende	s
<i>NW<sub>Beet</sub></i>	Nebenzeit Wenden Beet	h
<i>nW<sub>Beet</sub></i>	Anzahl Wendungen im Beet	n
<i>NW<sub>GF</sub></i>	Nebenzeit Wenden Grundformel	
<i>NW<sub>Grund</sub></i>	NW_Grundformel Bearbeitungsverfahren	S
<i>nWH</i>	Anzahl der Wendungen auf der Hauptparzelle (AA)	N
<i>nW<sub>L</sub></i>	Anzahl Wendungen Laden	n
<i>nWL</i>	Anzahl Wagenladungen	N
<i>NW<sub>RB</sub></i>	Nebenzeit Wenden Rundumbearbeitung	s
<i>nWT</i>	Wagen für Transporte	N
<i>NW<sub>V</sub></i>	Nebenzeit Wenden Vorgewende	h
<i>nW<sub>V</sub></i>	Anzahl Wendungen im Vorgewende	n
<i>nWV</i>	Anzahl der Wendungen je Vorgewende (AA-Vorgew.)	N
<i>nZ</i>	Anzahl Zyklen je ha	n
<i>NZf</i>	fixe Nebenzeit	min/ha
<i>nZT</i>	Anzahl Zugmaschinen Transporte	N
<i>OFE</i>	On-Farm Experimente	-
<i>P</i>	Prüfpunkt Ertrag	-
<i>p</i>	Aussageweite (Practical Range)	-
<i>p<sub>z</sub></i>	Zinssatz	%

<b>Abk.</b>	<b>Bezeichnung</b>	<b>Einheit</b>
$p_{AK}$	Lohnansatz	RMB/h
$p_{BM}$	Preis Betriebsmittel	RMB/kg
$P_{del}$	Anzahl der im Test 1 und 2 gelöschten Punkte je Fahrspur	n
$P_{del_{lim}}$	Grenzwert für Anteil an gelöschten Punkten je Fahrspur	%
$p_{DK}$	Preis Dieselkraftstoff	RMB/l
$PF$	Precision Farming	-
$p_{Fahr}$	Fahrleistung (Zugmaschine)	kW
$p_{Fl}$	Pachtansatz	RMB/ha
$p_{HP}$	Preis Hauptprodukt	RMB
$\pi$	Kreiszahl $\pi$ , Konstante: 3,14159	-
$p_{Motor}$	benötigte Motorleistung (Zugmaschine)	KW
$P_{Nabe}$	Nabenleistung (Zugmaschine)	KW
$P_{Neben_b}$	breitenabhängiger Leistungsbedarf	KW/m
$P_{Neben_bt}$	breiten- und tiefenabhängiger Leistungsbedarf für angetriebene Bodenbearbeitungsgeräte	KW/m*cm
$P_{Nenn}$	Nennleistung Schlepper	KW
$p_{NP}$	Preis Nebenprodukt	RMB
$p_s$	Preis Schmierstoffe	RMB/l
$PV$	Produktionsverfahren	-
$PZ$	Parzelle	-
$Q$	Quotient für Berechnung der Anzahl an Feldrückfahrten	-
$QFR$	Quotient für Feldrückfahrten	-
$QFS$	mittlere Querfahrtstrecke (BB) QFS	m
$r_{aF}$	Rüstzeit am Feld je Rüstvorgang	s
$R$	Kovarianzmatrix der Resteffekte	-
$RaF$	Rüstzeit gesamt am Feld	min/Halbtage
$RaF_{LV}$	Rüstzeit am Feld für Ladevorgänge	min/Halbtage
$r_{aH}$	Rüstzeit Hof je Rüstvorgang	s
$RaH$	Rüstzeit gesamt am Hof	min/Halbtage
$RB$	Art der Arbeitsform am Feld: Rundumbearbeitung	Stufe
$rk$	Reparaturkostenansatz	RMB/NE RMB/Mh
$r_{LV}$	Rüstzeit je Ladevorgang	s
$B_{TZ}$	Dieserverbrauch in Teilzeiten	l
$RuW$	Rüst- und Wegezeit	h
$RW_{AM}$	Restwert des Arbeitsmittels am Ende der Nutzung	RMB
$r_{VP}$	Prüfradius um Prüfpunkt	m
$RZ$	Rüstzeiten gesamt	h
$s$	Schmierstoffansatz	%
$S_{AL}$	Anfahrtsstrecke zum Laden	km
$S_{Beet}$	Fahrtstrecke Beet	m
$S_{FF}$	Feld-Feld-Entfernung	km
$S_{FR}$	Feldrückfahrtstrecke zum Laden	m
$S_{ges}$	Schmierstoffverbrauch	l/ha
$S_{HF}$	Strecke Hof-Feld	km
$S_{St}$	Entfernung Stapel-Arbeitsgerät	m
$Std$	Standardabweichung	-
$Std_{max}$	maximale Standardabweichung der Validierungssegmente 1 und 2	-
$Std_{max2}$	maximale Standardabweichung2 der Validierungssegmente 3 und 4	-
$Std_{min}$	minimale Standardabweichung der Validierungssegmente 1 und 2	-
$Std_{min2}$	minimale Standardabweichung2 der Validierungssegmente 3 und 4	-

<b>Abk.</b>	<b>Bezeichnung</b>	<b>Einheit</b>
$Std_{VS}$	Standardabweichung der Validierungspkt. im zugehörigen Segment	-
$Stufe_{BBAW}$	Bodenbearbeitungswiderstand	Stufe
$Stufe_{Boden}$	Abstufung der Bodenbearbeitungswiderstände	Stufe
$Stufe_{Fahrt}$	Auswahl: Feldarbeit oder Straßenfahrt	Stufe
$Stufe_{Getriebe}$	Abstufung der Parameter für Getriebeverluste	Stufe
$Stufe_{RBM}$	Auswahl - Drehzahl konstant oder variabel	Stufe
$Stufe_{Trieb}$	Stufe Triebkraftbeiwert	Stufe
$s_V$	Fahrstrecke Vorgewende	m
SZ	Szenario	-
T	Temperatur	°C
TA	Teilarbeit zugeordnet zur Feldarbeit	-
TA (TR)	Teilarbeit Transport	-
TA(BLA)	Teilarbeit Beladen	-
TA(UmS)	Teilarbeit Umschlag	-
TA(ELA)	Teilarbeit Entladen	-
$t_{AG}$	Arbeitstiefe Arbeitsgerät	cm
$TB_P$	manuelle Markierung von Teilbreiten	0,25 - 1
TD	Zeitdauer je Transportfahrt	s
Test1	Test1 Zusammenfassung	0/1/2
Test2 <sub>1</sub>	Test 2 mit benachbarten Fahrspuren	-
Test2 <sub>2</sub>	Test 2 mit benachbarten Fahrspuren	-
Test2	Test 2	-
Test3	Test3 - Löschen von fehlerhaften Fahrspuren	-
Test <sub>a</sub>	Test Beschleunigung	km/h
Test <sub>AS</sub>	Test Anschnitte der Fahrspur	0/1/2
Test <sub>KF</sub>	Test Kornfeuchte	%
Test <sub>IFS</sub>	Test Länge der Fahrspur	m
Test <sub>TB</sub>	Test Teilbreite	-
Test <sub>v</sub>	Test Fahrgeschwindigkeit	km/h
Test <sub>w</sub>	Test Wendevorgänge	-
Test <sub>y</sub>	Test Ertragsausreißer	dt/ha
$t_{LE}$	Zeit je Ladeinheit	s
$Tol_{max}$	maximale Toleranz	dt/ha
$Tol_{max2}$	maximale Toleranz im Test2.2	dt/ha
$Tol_{min}$	minimale Toleranz	dt/ha
$Tol_{min2}$	minimale Toleranz im Test2.2	dt/ha
$t_p$	Dauer der Pausen	h
$t_{QFS}$	Zeitbedarf Querfahrtstrecke (BB)	s
TR	Hilfsarbeit Transport	-
TW	Toleranzwert	dt/ha
TW2	Toleranzwert2 im Test2.2	dt/ha
$TW_{min2}$	minimaler Toleranzwert im Test2.2	dt/ha
$TW_{max}$	maximale Toleranzwert	dt/ha
$TW_{max2}$	maximale Toleranzwert im Test2.2	dt/ha
$TW_{min}$	minimaler Toleranzwert	dt/ha
$t_n$	Mittlere Temperatur am Tag 1-n	n
u	Vektor der zufälligen Effekte (LGM)	-
U	Gesamtumfang Schlag	m
USD	US-Dollar	
$v_{AG}$	Arbeitsgeschwindigkeit Arbeitsgerät	km/h
$v_{AG_s}$	Fahrgeschw. Feldarbeitsgerät auf Wegen Hof-Feld und Feld-Feld	km/h

<b>Abk.</b>	<b>Bezeichnung</b>	<b>Einheit</b>
$V_{ar}$	Variante	-
$V_{BM}$	Volumen gesamt Betriebsmittel/Erntegut	l
$v_o$	obere Grenze für Fahrgeschwindigkeit	km/h
$v_p$	Fahrgeschwindigkeit am Punkt P	km/h
$VP1 - 4$	Validierungspunkt1 - 4	m
$VP_a$	Abstand zwischen Prüfpunkt und Validierungspunkt	m
$VP_d$	Abstand zwischen Validierungspunkt und Prüfpunkt	m
$VP_r$	Validierungspunkte innerhalb des Prüfradius $r_{VP}$ [m]	-
$VP_{r\_sort}$	Validierungspunkte im Radius nach Größe sortiert	-
$VP_n$	Bedingung für Punkt (n) im zugehörigen Validierungssegment	dt/ha
$VP_{n+1}$	Bedingung für Punkt (n-3) im zugehörigen Validierungssegment	dt/ha
$VP_{n-1}$	Bedingung für Punkt (n-1) im zugehörigen Validierungssegment	dt/ha
$VP_{n+2}$	Bedingung für Punkt (n-4) im zugehörigen Validierungssegment	dt/ha
$VP_{n-2}$	Bedingung für Punkt (n-2) im zugehörigen Validierungssegment	dt/ha
$VS$	Validierungssegment	-
$V_{St}$	Durchsatz/Volumenstrom	l/h
$v_{TR}$	mittlere Transportgeschwindigkeit	km/h
$v_u$	untere Grenze für Fahrgeschwindigkeit	km/h
$VZ$	Verlustzeit	h
$VZ_{zu}$	Verlustzeitzuschlag zur Grundzeit	%
$WaZ$	Wartezeit des Arbeitsverfahren	h
$waz$	Anteil der Wartezeit an Grundzeit	%
$W_{Befüll}$	Befüllarbeit	kJ/kg
$Wdh$	Wiederholung	-
$w_{FS}$	Bedingung zur Markierung von Punkten im Wendevorgang	-
$nWH_{RB}$	Zahl der Wendungen auf der Hauptparzelle (RB) $nWH_{rb}$	n
$wLZ$	Wagenlade/ Entleerungszeit	min/Ladung
$W_{Neben\_m}$	mengenabhängige Arbeit für Aus- und Einbringen der Ladung	kJ/m
$w_P$	Markierung der Punkte in Wendeausschnitten	w/0
$wZ$	Wendezeit je Wendevorgang des Arbeitsgerätes	s/n
$WzFF$	Wegezeit Parzellenwechsel	h
$WzFH$	Wegezeit Fahrt Feld-Hof	h
$WzHF$	Wegezeit Fahrt Hof-Feld	h
$X$	Versuchsplanmatrix der festen Modellparameter (LGM)	-
$x$	x-Koordinate	m
$x_A$	x_Koordinate am Anfang der Fahrspur ( $n_{FS}(n)_A$ )	m
$xbog$	X-Koordinate in Bogenmaß	rad
$x_E$	x_Koordinate am Ende der Fahrspur ( $n_{FS}(n)_E$ )	m
$x_P$	x-Koordinate am Prüfpunkt	m
$x_{VP}$	x-Koordinate am Validierungspunkt	m
$Y$	Ertrag, gewichts- und feuchtekorrigiert	dt/ha
$\underline{y}$	Vektor der Zufallsvariablen (LGM)	-
$y$	y-Koordinate	m
$y_A$	y_Koordinate am Anfang der Fahrspur ( $n_{FS}(n)_A$ )	m
$ybog$	Y-Koordinate in Bogenmaß	Rad
$Y_E$	Ertrag Erntegut, feucht	dt/ha
$y_E$	y_Koordinate am Ende der Fahrspur ( $n_{FS}(n)_E$ )	m
$Y_{kor}$	Ertrag, gewichtskorrigiert	dt/ha
$y_o$	obere Grenze für Fahrgeschwindigkeit	km/h
$y_P$	y-Koordinate am Prüfpunkt	m

<b>Abk.</b>	<b>Bezeichnung</b>	<b>Einheit</b>
$Y_p$	Ertrag des Prüfpunktes	m
$Y_{roh}$	Rohdaten der Ertragskartierung	dt/ha
$Y_{kor}$	Gewichtskorrigierter Ertrag der Ertragskartierung	dt/ha
$y_{VP}$	y-Koordinate am Validierungspunkt	m
$Z$	Versuchsplanmatrix der zufälligen Effekte	-
<i>Zapfwelle</i>	Drehzahl konstant bei Zapfwellenarbeit	Stufe
z.B.	Zum Beispiel	-
$ZF$	Zyklusdauer Feldarbeit	h
$ZL$	Zykluszeit Laden am Hof	h
$ZT$	Zykluszeit Transport	h
$Zu_{Arbo}$	Zuschlag für Arbeitsorganisation	h
$Zug_{TR}$	Zugmaschine für Transporte	n
$\gamma(h)$	Semivarianz	-
$\beta$	Vektor der festen Modellparameter	-
$\mu_n$	Erwartungswert des Prüfglied n	-
$\rho$	Rollwiderstandsbeiwert	-
$\rho_{LG}$	Dichte des Ladegutes	-
$\lambda$	Maßzahl - Koordinatensystem mit anisotropen Strukturen	-
$\theta$	Rotation - Koordinatensystem mit anisotropen Strukturen	-
$\rho_D$	Dichte von Diesel	kg/l
$\rho_{LG}$	Dichte des Ladeguts (Betriebsmittel/Ernteprodukt)	kg/l
$\sigma$	Triebkraftbeiwert (Schlupf)	-
$\sigma_0^2$	Partial Sill	-
$\sigma^2$	Varianz	-

## Anhang A: Standortbeschreibung der Projektregion Dayangshu

### A.1 Standortbeschreibung Klima Nenjiang/Dayangshu

Tabelle 51: Klimadaten und frostfreie Tage des Standorts Nenjiang (1951 – 2011)

<b>Klimadaten und frostfreie Tage des Standorts Nenjiang (1951 – 2011)</b>		
<b>Niederschlag</b>	<b>mm</b>	<b>Zeitraum</b>
mittlerer Jahresniederschlag	493,33	1951 - 1997
maximaler Jahresniederschlag	743,80	1951
minimaler Jahresniederschlag	318,50	2007
maximaler Monatsniederschlag	389,10	Juli 1981
maximaler Tagesniederschlag	105,50	31.07.1981
<b>Temperatur</b>	<b>°C</b>	<b>Zeitraum</b>
mittlere Jahrestemperatur	0,26	1951 - 1997
maximale Tagestemperatur	40,00	26.06.2001
minimale Tagestemperatur	-47,30	04.01.1951
<b>Wärmesumme (Tagesmitteltemperatur &gt;6 °C)</b>	<b>°C</b>	<b>Anzahl Tage</b>
mittlere Wärmesumme (1951 - 1997)	2.600,81	164 Tage
maximale Wärmesumme	2.832,55	180 Tage
minimale Wärmesumme	2.385,65	152 Tage

Quelle: NOAA (2012)

Tabelle 52: frostfreie Tage - Wetterdaten Nenjiang 1951-1997

<b>frostfreie Tage - Wetterdaten Nenjiang 1951-1997 (langjähriger Durchschnitt)</b>				
	<b>Einheit</b>	<b>Mittel</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>
Anzahl der frostfreien Tage im Jahr	Tage	155	137	169
Anzahl der frostfreien Tage im Jahr - Periode >14 Tage	Tage	125	99	140
Beginn der frostfreien Periode (14 Tage frostfrei)	Datum	14.05.	28.4.	31.05.
Ende der frostfreien Periode (14 Tage frostfrei)	Datum	20.09.	05.09.	06.10.
1. Frostfreier Tag im Jahr	Datum	12.04.	27.03.	03.05.
letzter Frostfreier Tag im Jahr	Datum	18.10.	06.10.	03.11.
1. Frosttag im 2. Halbjahr	Datum	21.09.	06.09.	08.10.
letzter Frosttag im 1. Halbjahr	Datum	17.05.	03.05.	01.06.

Quelle: NOAA (2012)

Tabelle 53: Niederschlag und Temperatur - monatlicher Durchschnitt

<b>monatliche Durchschnittswerte für Niederschlag und Temperatur</b>		
Monat	Niederschlag [mm]	Temperatur [°C]
Jan.	4,2	-24,2
Feb.	3,7	-19,5
Mrz.	7,0	-8,8
Apr.	23,0	3,4
Mai.	41,1	11,8
Jun.	84,2	18,3
Jul.	141,3	20,9
Aug.	119,0	18,8
Sep.	68,4	11,9
Okt.	22,6	2,5
Nov.	7,0	-10,9
Dez.	6,3	-21,4

Quelle: NOAA (2012)

Tabelle 54: Klimadaten Dayangshu/Ganhe 1994 – 2004

Klimadaten des Standortes Dayangshu/Ganhe 1994 – 2004														
Jahr	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	Mittel	Min	Max
Jahresniederschlag [mm/a]	494,9	272,1	500,2	454,4	525,0	292,2	312,6	412,0	454,0	646,2	399,2	432,9	272,1	646,2
Niederschlag 7-9. Mon. [mm]	322,5	193,5	257,2	323,4	280,5	374,0	274,3	240,7	282,3	381,6	299,3	293,6	193,5	381,6
Mittl. Jahrestemperatur [°C]	0,8	1,6	0,8	0,3	0,5	1,1	0,3	0,1	0,7	0,2	0,6	0,6	0,1	1,6
Höchsttemperatur [°C]	34,8	32,7	32,8	33,4	34,9	33,6	35,4	37,4	38,0	34,3	34,8	34,7	32,7	38,0
Minimumtemperatur [°C]	-41,1	-33,5	-41,6	-37,2	-41,5	-36,1	-40,2	-43,0	-37,0	-36,8	-38,3	-38,7	-43,0	-33,5
Temperatursumme [K]	2173	1853	2209	1980	1934	2016	2191	1923	2317	1747	2053	2036	1747	2317
Frostfreie Tage je Jahr [d]	107,0	103,0	99,0	110,0	107,0	101,0	98,0	91,0	107,0	93,0	104,0	101,8	91,0	110,0
Tage mit starken Wind [n]	10,0	8,0	4,0	7,0	9,0	14,0	12,0	18,0	10,0	17,0	15,0	11,3	4,0	18,0
Mittl. Windgeschw. [m/s]	2,8	2,8	2,5	2,6	2,6	2,7	2,3	2,7	2,7	2,7	2,4	2,6	2,3	2,8
Sonnenscheindauer [h/a]	2.464	2.360	2.499	2.517	2.263	2.728	2.948	2.944	2.954	2.628	2.725	2.639	2.263	2.954
maximal Frosttiefe [m]	2,8											2,8	2,8	2,8

Quelle: Dayangshu (2010)

Tabelle 55: Niederschlag und Anbau der wichtigsten Feldfrüchte am Standort Ganhe

Niederschlag im Zusammenhang mit dem Anbau der wichtigsten Feldfrüchte am Standort Ganhe - durchschnittliche Niederschläge (1951 - 1997) der Wetterstation Nenjiang								
Frucht	Mais		Sommerweizen		Sojabohnen		Kartoffeln	
Periode	Aussaat - Ernte	Hauptwachstumsphase						
Datum	01.05. - 15.10.	10.07. - 01.10.	20.04. - 05.08	01.06 - 20.07.	15.05. - 01.10.	15.07. - 10.09.	15.05. - 20.09.	10.07. - 01.09.
Tage [n]	168,0	84,0	108,0	50,0	140,0	58,0	129,0	54,0
<b>Niederschlag</b>								
Regentage [n]	67,0	37,0	43,0	23,0	60,0	27,0	56,0	25,0
Anteil Regentage [%]	39,9	44,1	39,8	46,0	42,9	46,6	43,4	46,3
NS [mm]	442,0	279,0	283,0	162,0	418,0	221,0	402,0	215,0
NS/d [mm]	6,6	7,5	6,6	7,0	7,0	8,2	7,2	8,6
<b>Wärmesumme</b>								
Tage >6°	154,0	82,0	99,0	50,0	137,0	58,0	128,0	54,0
Anteil Tage >6°C [%]	91,7	97,6	91,7	100,0	97,9	100,0	99,2	100,0
WS [°C]	2.516,0	1.389,0	1.684,0	955,0	2.344,0	1.076,0	2.251,0	1.054,0
WS/d [°C]	16,3	16,9	17,0	19,1	17,1	18,6	17,6	19,5

Quelle: NOAA (2012)

## A.2 Standortbeschreibung landwirtschaftliche Produktion

Tabelle 56: Gesamtwert der landwirtschaftlichen Produktion im Jahr 2009

Gesamtwert der landwirtschaftlichen Produktion im Jahr 2009 (in 100 Mio. RMB)						
Nr.	Provinz	Gesamtwert	Ackerbau	Tierhaltung	Forst	Fischerei
1	China gesamt	58.002,2	28.044,2	20.583,6	2.153,2	5.203,4
2	Innere Mongolei	1.525,7	716,6	699,6	72,7	11,8
3	Heilongjiang	2.123,4	1.142,3	813,1	89,6	25,1
4	Jilin	1.614,8	749,2	770,2	55	18,8
5	Liaoning	2.476,9	896,9	1.052,4	69,4	326,1
6	<b>Nordostchina</b>	<b>7.740,8</b>	<b>3.505,0</b>	<b>3.335,3</b>	<b>286,7</b>	<b>381,8</b>
7	Anteil 6 an 1 [%]	13,4	12,5	16,2	13,3	7,3

Quelle: Chinese Academy of Agricultural Sciences (2009)

Tabelle 57: Anbaufläche, Produktionsmenge und Ertrag der Feldfrüchte nach Regionen

Anbaufläche [1000 ha], Produktionsmenge [10.000 t] und Ertrag [dt/ha] der wichtigsten Feldfrüchte nach Regionen im Jahr 2008									
	Anbau- fläche	Produk- tions- menge	Ertrag	Anbau- fläche	Produk- tions- menge	Ertrag	Anbau- fläche	Produk- tions- menge	Ertrag
	<b>Getreide</b>			<b>Reis</b>			<b>Weizen</b>		
China gesamt	106792,6	52.870,9	49,5	29.241,1	19.189,6	65,6	23.617,2	11.246,4	47,6
Innere Mongolei	5.254,5	2.131,3	40,6	97,9	70,5	72,0	452,2	154	34,1
Heilongjiang	10.988,9	4.225,0	38,4	2.390,7	1.518,0	63,5	238,8	89,5	37,5
Jilin	4.391,2	2.840,0	64,7	658,7	579,0	87,9	5,7	1,8	31,4
Liaoning	3.035,9	1.860,3	61,3	658,7	505,6	76,8	10,3	4,9	47,9
<b>Nordostchina</b>	<b>23.670,5</b>	<b>11.056,6</b>		<b>3.806,0</b>	<b>2.673,1</b>		<b>707,0</b>	<b>250,2</b>	
Anteil [%]	<b>22,2</b>	<b>20,9</b>		<b>13,0</b>	<b>13,9</b>		<b>3,0</b>	<b>2,2</b>	
	<b>Mais</b>			<b>Sorghum</b>			<b>Sojabohnen</b>		
China gesamt	29.863,7	16.591,4	55,6	489,8	183,7	37,5	9.127,1	1.554,2	17,0
Innere Mongolei	2.340,0	1.410,7	60,3	112,6	49,7	44,1	668,0	106,1	15,9
Heilongjiang	3.593,9	1.822,0	50,7	48,9	17,0	34,7	4.036,5	620,5	15,4
Jilin	2.922,0	2.083,0	71,3	69,9	35,9	51,3	457,1	90,6	19,8
Liaoning	1.884,9	1.189,0	63,1	72,7	31,9	43,9	181,0	48,8	26,9
<b>Nordostchina</b>	<b>10.740,8</b>	<b>6.504,7</b>		<b>304,1</b>	<b>134,5</b>		<b>5.342,6</b>	<b>866,0</b>	
Anteil [%]	<b>36,0</b>	<b>39,2</b>		<b>62,1</b>	<b>73,2</b>		<b>58,5</b>	<b>55,7</b>	
	<b>Kartoffeln</b>			<b>Raps</b>			<b>Zuckerrüben</b>		
China gesamt	4.663,4	1.415,6	30,4	6.593,7	1.210,2	18,4	246,4	1.004,4	407,5
Innere Mongolei	679,5	188,3	27,7	220,7	20,2	9,2	48,7	170,0	349,2
Heilongjiang	244,9	56,5	23,1	0,4	0,1	26,1	90,4	260,0	287,6
Jilin	88,2	23,7	26,8	0,0	0,0	0,0	7,1	24,3	341,9
Liaoning	64,6	38,3	59,3	0,6	0,1	19,8	2,0	7,5	376,6
<b>Nordostchina</b>	<b>1.077,2</b>	<b>306,8</b>		<b>221,7</b>	<b>20,4</b>		<b>148,2</b>	<b>461,8</b>	
Anteil [%]	<b>23,1</b>	<b>21,7</b>		<b>3,4</b>	<b>1,7</b>		<b>60,1</b>	<b>46,0</b>	

Quelle: Chinese Academy of Agricultural Sciences (2009)

## Anhang B: On-Farm Experimente - Grunddaten

### B.1 Dünger- und Nährstoffeinsatz in den On-Farm Experimenten

Tabelle 58: Dünger- und Nährstoffeinsatz der Produktionsverfahren Sommerweizen

Sommerweizen - Nährstoffeinsatz (Versuchspartellen) je dt Ertrag im Vergleich zum Nährstoffentzug je dt Ertrag										
Sommerweizen		Brig 5 - 2010			Brig 10 - 2011			Brig 5 - 2012		
		Demofarm	Staatsfarm	Haushalt	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt
Ertrag (LSMeans - Geostatistik)	dt/ha	26,96	25,19	33,02	46,98	43,59	37,87	40,88	40,78	41,82
<b>Düngung (Reinnährstoffe)</b>										
N - 1	kg/ha	67,50	50,62	42,75	30,00	33,75	40,50	20,34	48,00	48,00
N - 2	kg/ha	69,60	27,84	27,84	46,40	52,20	52,20	90,02	9,28	9,28
N - 3	kg/ha	27,84			11,60	11,60	11,60	19,72		
<b>Stickstoff (N)</b>	kg/ha	<b>164,94</b>	<b>78,46</b>	<b>70,59</b>	<b>88,00</b>	<b>97,55</b>	<b>104,30</b>	<b>130,08</b>	<b>57,28</b>	<b>57,28</b>
P - 1	kg/ha	90,00	67,50	57,00	60,00	86,25	103,50	51,98	54,00	54,00
P - 2	kg/ha							26,68		
<b>Phosphor (P2O5)</b>	kg/ha	<b>90,00</b>	<b>67,50</b>	<b>57,00</b>	<b>60,00</b>	<b>86,25</b>	<b>103,50</b>	<b>78,66</b>	<b>54,00</b>	<b>54,00</b>
K - 1	kg/ha	45,00	33,75	28,50	20,00	37,50	18,75	130,00	39,00	39,00
K - 2	kg/ha	50,00			100,00			62,00		
<b>Kalium (K2O)</b>	kg/ha	<b>95,00</b>	<b>33,75</b>	<b>28,50</b>	<b>120,00</b>	<b>37,50</b>	<b>18,75</b>	<b>192,00</b>	<b>39,00</b>	<b>39,00</b>
<b>Entzug (gesamte Pflanze)</b>										
Stickstoff	2,51	67,67	63,23	82,88	117,92	109,41	95,05	102,61	102,36	104,97
Phosphor	1,04	28,04	26,20	34,34	48,86	45,33	39,38	42,52	42,41	43,49
Kalium	1,72	46,37	43,33	56,79	80,81	74,97	65,14	70,31	70,14	71,93
<b>Nährstoffsaldo - (Düngung - Nährstoffentzug)</b>										
Stickstoff	kg/ha	97,27	15,23	-12,29	-29,92	-11,86	9,25	27,47	-45,08	-47,69
Phosphor	kg/ha	61,96	41,30	22,66	11,14	40,92	64,12	36,14	11,59	10,51
Kalium	kg/ha	48,63	-9,58	-28,29	39,19	-37,47	-46,39	121,69	-31,14	-32,93
<b>Nährstoffeffizienz (kg eingesetzter Nährstoffe je dt Erntegut)</b>										
Stickstoff	kg/dt	6,12	3,11	2,14	1,87	2,24	2,75	3,18	1,40	1,37
Phosphor	kg/dt	3,34	2,68	1,73	1,28	1,98	2,73	1,92	1,32	1,29
Kalium	kg/dt	3,52	1,34	0,86	2,55	0,86	0,50	4,70	0,96	0,93

Tabelle 59: Dünger- und Nährstoffeinsatz der Produktionsverfahren Sojabohnen

Sojabohnen - Nährstoffeinsatz (Versuchspartellen) je dt Ertrag im Vergleich zum Nährstoffentzug je dt Ertrag										
Sojabohnen		10 2010			5 2011			10 2012		
		Demofarm	Staatsfarm	Haushalt	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt
<b>Ertrag (LSMeans - Geostatistik)</b>	<b>dt/ha</b>	<b>18,48</b>	<b>19,76</b>	<b>23,60</b>	<b>28,97</b>	<b>28,85</b>	<b>26,61</b>	<b>21,88</b>	<b>14,46</b>	<b>16,05</b>
<b>Düngung (Reinnährstoffe)</b>										
N - 1	kg/ha	36,00	33,75	24,30	33,75	40,50	27,00	36,00	33,75	27,00
N - 2	kg/ha	13,92	2,78	34,80	6,96	2,32	34,80	9,28	9,28	34,80
N - 3	kg/ha						2,32			9,28
<b>Stickstoff (N)</b>	<b>kg/ha</b>	<b>49,92</b>	<b>36,53</b>	<b>59,10</b>	<b>40,71</b>	<b>42,82</b>	<b>64,12</b>	<b>45,28</b>	<b>43,03</b>	<b>71,08</b>
P - 1	kg/ha	54,00	50,63	62,10	67,50	60,75	69,00	92,00	67,50	69,00
P - 2	kg/ha				0,50					
<b>Phosphor (P2O5)</b>	<b>kg/ha</b>	<b>54,00</b>	<b>50,63</b>	<b>62,10</b>	<b>68,00</b>	<b>60,75</b>	<b>69,00</b>	<b>92,00</b>	<b>67,50</b>	<b>69,00</b>
K - 1	kg/ha	20,00	18,75	7,50	22,50	22,50		100,00	22,50	7,50
K - 2	kg/ha	100,00			112,50					
<b>Kalium (K2O)</b>	<b>kg/ha</b>	<b>120,00</b>	<b>18,75</b>	<b>7,50</b>	<b>135,00</b>	<b>22,50</b>	<b>0,00</b>	<b>100,00</b>	<b>22,50</b>	<b>7,50</b>
<b>Entzug (gesamte Pflanze)</b>										
Stickstoff	5,9	109,03	116,58	139,24	170,92	170,22	157,00	129,09	85,31	94,70
Phosphor	2,8	51,74	55,33	66,08	81,12	80,78	74,51	61,26	40,49	44,94
Kalium	5,7	105,34	112,63	134,52	165,13	164,45	151,68	124,72	82,42	91,49
<b>Nährstoffsaldo</b>										
Stickstoff (ohne N-Fixierung)	kg/ha	-59,11	-80,05	-80,14	-130,21	-127,40	-92,88	-83,81	-42,28	-23,62
Phosphor	kg/ha	2,26	-4,70	-3,98	-13,12	-20,03	-5,51	30,74	27,01	24,06
Kalium	kg/ha	14,66	-93,88	-127,02	-30,13	-141,95	-151,68	-24,72	-59,92	-83,99
<b>Nährstoffeffizienz ( kg eingesetzter Nährstoffe je dt Erntegut)</b>										
Stickstoff	kg/dt	2,70	1,85	2,50	1,41	1,48	2,41	2,07	2,98	4,43
Phosphor	kg/dt	2,92	2,56	2,63	2,35	2,11	2,59	4,20	4,67	4,30
Kalium	kg/dt	6,49	0,95	0,32	4,66	0,78	0,00	4,57	1,56	0,47

## B.2 Ertragserfassung der OF-Experimente

Tabelle 60: Daten der Versuchsauswertung: Sommerweizen - 2010 - Brigade 5

Daten der Versuchsauswertung: Sommerweizen - 2010 - Brigade 5													
Parzelle	Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Mittelwerte		
Variante	Einh.	Demo	Staat	Haus	Demo	Staat	Haus	Demo	Staat	Haus	Demo	Staat	Haus
<b>Ertragsschätzung - Quadratmeterprobe vor der Ernte</b>													
TKM	g	35,50	38,50	36,50	36,00	45,00	38,50	36,00	37,50	36,00	<b>35,83</b>	<b>40,33</b>	<b>37,00</b>
Saatstärke	K./m <sup>2</sup>	750,00	1.050,00	930,00	750,00	1.050,00	930,00	750,00	1.050,00	930,00	<b>750,00</b>	<b>1.050,00</b>	<b>930,00</b>
Pflanzen je m <sup>2</sup>	Pfl/m <sup>2</sup>	648,00	712,00	566,00	648,00	712,00	566,00	648,00	712,00	566,00	<b>648,00</b>	<b>712,00</b>	<b>566,00</b>
Feldaufgang	%	86,40	67,81	60,86	86,40	67,81	60,86	86,40	67,81	60,86	<b>86,40</b>	<b>67,81</b>	<b>60,86</b>
Ähren/m <sup>2</sup> - Schoten/Pfl.	n	483,00	408,00	503,00	475,00	408,00	581,00	468,00	439,00	463,00	<b>475,33</b>	<b>418,33</b>	<b>515,67</b>
Gewicht der Probe (1 m <sup>2</sup> )	g	n.v	n.v	n.v	n.v	n.v	n.v	n.v	n.v	n.v	<b>n.v</b>	<b>n.v</b>	<b>n.v</b>
Körner/m <sup>2</sup>	K./m <sup>2</sup>	n.v	n.v	n.v	n.v	n.v	n.v	n.v	n.v	n.v	<b>n.v</b>	<b>n.v</b>	<b>n.v</b>
Ertrag Ertragsschätzung (KF14%)	dt/ha	n.v	n.v	n.v	n.v	n.v	n.v	n.v	n.v	n.v	<b>n.v</b>	<b>n.v</b>	<b>n.v</b>
<b>Realwiegung mit Hofwaage</b>													
Fläche (Realmessung)	ha	3,00	2,98	2,95	2,90	2,87	2,85	2,79	2,79	2,79	<b>0,00</b>	<b>233,39</b>	<b>2,90</b>
Kornfeuchte	%	19,60	19,00	18,50	17,90	22,70	18,60	17,10	20,70	19,60	<b>18,20</b>	<b>20,80</b>	<b>18,90</b>
hl-Gewicht	g	675,00	725,00	740,00	675,00	725,00	750,00	675,00	725,00	740,00	<b>675,00</b>	<b>725,00</b>	<b>743,33</b>
Gewicht	dt	60,60	61,20	91,20	63,40	78,20	99,00	91,60	98,40	63,00	<b>71,87</b>	<b>79,27</b>	<b>84,40</b>
Gewicht (KF 14%)	dt	56,65	57,64	86,43	60,52	70,29	93,70	88,30	90,73	58,90	<b>68,49</b>	<b>72,89</b>	<b>79,68</b>
Ertrag Realwiegung (KF14%)	dt/ha	18,88	19,33	29,28	20,84	24,46	32,88	31,65	32,52	21,11	<b>23,79</b>	<b>25,44</b>	<b>27,76</b>
<b>Ertragskartierung (Rohdaten)</b>													
Fläche (Ertragskartierung)	ha	2,92	2,80	3,31	2,27	2,65	2,62	2,63	2,62	1,91	<b>2,61</b>	<b>2,69</b>	<b>2,61</b>
Kornfeuchte	%	23,00	22,40	19,90	20,30	22,70	19,60	19,00	23,30	20,30	<b>20,77</b>	<b>22,80</b>	<b>19,93</b>
hl-Gewicht	g	675,00	725,00	740,00	675,00	725,00	750,00	675,00	725,00	740,00	<b>675,00</b>	<b>725,00</b>	<b>743,33</b>
Gewicht	dt	70,11	70,97	113,85	74,45	90,87	117,69	106,87	111,77	72,51	<b>83,81</b>	<b>91,20</b>	<b>101,35</b>
Gewicht (KF 14%)	dt	62,77	64,04	106,04	69,00	81,68	110,03	100,66	99,68	67,20	<b>77,48</b>	<b>81,80</b>	<b>94,42</b>
Ertrag Realwiegung (KF14%)	dt/ha	21,50	22,87	32,04	30,39	30,82	41,99	38,27	38,05	35,18	<b>29,72</b>	<b>30,41</b>	<b>36,13</b>
<b>relative Differenzen der Realwiegung und Ertragskartierung</b>													
Fläche RW-EK	%	-2,74	-6,43	10,88	-27,75	-8,30	-8,78	-6,08	-6,49	-46,07	<b>-11,13</b>	<b>-7,06</b>	<b>-9,57</b>
Kornfeuchtemessung RW-EK	%	14,78	15,18	7,04	11,82	0,00	5,10	10,00	11,16	3,45	<b>12,37</b>	<b>8,77</b>	<b>5,17</b>
Hektolitergewicht RW-EK	%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
Ertragserfassung Gewicht RW-EK	%	13,56	13,77	19,89	14,84	13,94	15,88	14,29	11,96	13,12	<b>14,25</b>	<b>13,09</b>	<b>16,72</b>

Tabelle 61: Daten der Versuchsauswertung: Sommerweizen - 2011 - Brigade 10

<b>Daten der Versuchsauswertung: Sommerweizen - 2011 - Brigade 10</b>				
<b>Parzelle</b>	<b>Nr.</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Variante</b>	<b>Einheit</b>	<b>Demofarm</b>	<b>Staatsfarm</b>	<b>Haushalt</b>
<b>Ertragsschätzung - Quadratmeterprobe vor der Ernte</b>				
TKM	g	36,00	39,00	38,00
Saatstärke	K./m <sup>2</sup>	650,00	1.050,00	900,00
Ähren/m <sup>2</sup> - Schoten/Pfl.	n	222,80	180,33	114,50
Anzahl Ähren - Anzahl Schoten	n	22,00	20,50	23,00
Körner/ Ähre - Körner/Schote	K./Ä.	28,85	26,55	30,80
Gewicht der Probe (1 m <sup>2</sup> )	g	854,00	684,00	234,50
Körner/m <sup>2</sup>	K./m <sup>2</sup>	6.428,00	4.788,00	3.527,00
Ertrag Ertragsschätzung (KF14%)	dt/ha	85,40	68,40	23,45
<b>Realwiegung mit Hofwaage</b>				
Fläche (Realmessung))	ha	2,03	2,05	2,17
Kornfeuchte	%	14,50	14,70	15,50
hl-Gewicht	g	790,00	730,00	730,00
Gewicht	dt	69,66	77,17	73,50
Gewicht (KF 14%)	dt	81,50	77,17	74,81
Ertrag (KF 14%)	dt/ha	40,24	37,69	34,41
<b>Ertragskartierung (Rohdaten)</b>				
Fläche - Ertragskartierung	ha	1,82	2,14	2,35
Kornfeuchte	%	16,20	18,00	19,20
hl-Gewicht	g	730,00	730,00	630,00
Gewicht	dt	67,94	81,55	79,62
Gewicht (KF 14%)	dt	66,20	77,76	74,81
Ertrag (KF 14%)	dt/ha	36,37	36,34	31,83
<b>rel. Differenzen der Realmessung und Ertragskartierung</b>				
Fläche RW-EK	%	-11,54	4,21	7,66
Kornfeuchtemessung RW-EK	%	10,49	18,33	19,27
Hektolitergewicht RW-EK	%	-8,22	0,00	-15,87
Ertragserfassung Gewicht RW-EK	%	-2,53	5,37	7,69

Tabelle 62: Daten der Versuchsauswertung: Sommerweizen - 2012 - Brigade 5

Daten der Versuchsauswertung: Sommerweizen - 2012 - Brigade 5													
Parzelle		1	2	3	4	5	6	7	8	9	Mittelwerte		
Variante	Einheit	Demo-farm	Staats-farm	Haus-halt	Demo-farm	Staats-farm	Haus-halt	Demo-farm	Staats-farm	Haus-halt	Demo-farm	Staats-farm	Haus-halt
<b>Ertragsschätzung - Quadratmeterprobe vor der Ernte</b>													
TKM	g	36,42	32,86	33,76	36,42	32,86	33,76	36,42	32,86	33,76	<b>36,42</b>	<b>32,86</b>	<b>33,76</b>
Saatstärke	K./m <sup>2</sup>	650	1.050	1.050	650	1.050	1.050	650	1.050	1.050	<b>650</b>	<b>1.050</b>	<b>1.050</b>
Pflanzen je m <sup>2</sup>	Pfl./m <sup>2</sup>												
Feldaufgang	%												
Ähren/m <sup>2</sup> - Schoten/Pfl.	n												
Körner/m <sup>2</sup>	K./m <sup>2</sup>												
Ertrag Ertragssch. (KF14%)	dt/ha												
<b>Realwiegung mit Hofwaage</b>													
Fläche (Realmessung))	ha	3,35	3,25	3,21	3,08	3,01	2,85	2,79	2,86	2,92	<b>3,08</b>	<b>3,04</b>	<b>2,99</b>
Kornfeuchte	%	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	<b>15,00</b>	<b>15,00</b>	<b>15,00</b>
hl-Gewicht	g	850,00	850,00	850,00	850,00	850,00	850,00	850,00	850,00	850,00	<b>850,00</b>	<b>850,00</b>	<b>850,00</b>
Gewicht	dt	138,00	139,00	124,40	136,00	119,80	118,00	126,60	114,60	126,00	<b>133,53</b>	<b>124,47</b>	<b>122,80</b>
Gewicht (KF 14%)	dt	136,40	137,38	122,95	134,42	118,41	116,63	125,13	113,27	124,53	<b>131,98</b>	<b>123,02</b>	<b>121,37</b>
Ertrag (KF 14%)	dt/ha	41,14	42,74	38,75	44,10	39,85	41,40	45,38	40,04	43,21	<b>43,54</b>	<b>40,88</b>	<b>41,12</b>
<b>Ertragskartierung (Rohdaten)</b>													
Fläche - Ertragskartierung	ha	4,43	25,67										
Kornfeuchte	%	18,20	17,80										
hl-Gewicht	g	850,00	825,00										
Gewicht	dt	230,17	1.319,87										
Gewicht (KF 14%)	dt	218,93	1.261,55										
Ertrag (KF 14%)	dt/ha	49,42	49,14										
<b>rel. Differenzen der Realmessung und Ertragskartierung</b>													
Fläche RW-EK	%												
Kornfeuchte RW-EK	%	17,58	15,73										
Hektolitergewicht RW-EK	%	0,00	-3,03										
Ertragserfassung RW-EK	%	49,42	23,90										

Tabelle 63: Daten der Versuchsauswertung: Sojabohnen - 2010 - Brigade 10

<b>Daten der Versuchsauswertung: Sojabohnen - 2010 - Brigade 10</b>													
<b>Parzelle</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>Mittelwerte</b>		
<b>Variante</b>	<b>Einheit</b>	<b>Demo</b>	<b>Staat</b>	<b>Haus</b>	<b>Demo</b>	<b>Staat</b>	<b>Haus</b>	<b>Demo</b>	<b>Staat</b>	<b>Haus</b>	<b>Demo</b>	<b>Staat</b>	<b>Haus</b>
<b>Ertragsschätzung - Quadratmeterprobe vor der Ernte</b>													
TKM	g	150,00	180,00	184,25	175,50	178,00	197,25	180,00	192,00	189,25	<b>168,50</b>	<b>183,33</b>	<b>190,25</b>
Saatstärke	K./m <sup>2</sup>	45,00	50,00	52,00	45,00	50,00	52,00	45,00	50,00	52,00	<b>45,00</b>	<b>50,00</b>	<b>52,00</b>
Pflanzen je m <sup>2</sup>	Pfl./m <sup>2</sup>	33,67	51,28	40,00	36,33	60,51	48,72	34,67	48,72	46,15	<b>34,89</b>	<b>53,50</b>	<b>44,96</b>
Feldaufgang	%	74,81	100,00	76,92	80,74	100,00	93,69	77,04	97,44	88,76	<b>77,53</b>	<b>99,15</b>	<b>86,46</b>
Schoten/Pfl.	n	16,39	11,59	15,18	13,16	10,19	14,39	17,64	12,85	13,30	<b>15,73</b>	<b>11,55</b>	<b>14,29</b>
Anzahl Schoten	n	177,67	144,67	135,00	159,50	94,00	166,67	161,33	158,67	139,00	<b>166,17</b>	<b>132,44</b>	<b>146,89</b>
Körner/Schote	K./Ähre	2,48	2,34	2,23	2,50	2,24	2,18	2,58	2,35	2,33	<b>2,52</b>	<b>2,31</b>	<b>2,25</b>
Körner/m <sup>2</sup>	K./m <sup>2</sup>	1.364	1.344	13.734	1.413	1.404	1.514	1.553	1.443	1.425	<b>1.443</b>	<b>13.967</b>	<b>1.438</b>
Ertrag Ertragsschät. (KF14%)	dt/ha	20,45	24,19	25,31	24,80	24,99	29,87	27,96	27,71	26,97	<b>24,41</b>	<b>25,63</b>	<b>27,38</b>
<b>Realwiegung mit Hofwaage</b>													
Fläche (Realmessung))	ha	2,25	2,25	2,34	2,22	2,20	2,39	2,25	2,20	2,33	<b>2,24</b>	<b>2,22</b>	<b>2,35</b>
Kornfeuchte	%	13,10	13,60	13,40	13,10	13,60	13,40	13,10	13,60	13,40	<b>13,10</b>	<b>13,60</b>	<b>13,40</b>
hl-Gewicht	g	700	700	700	700	700	700	700	700	700	<b>700</b>	<b>700</b>	<b>700</b>
Gewicht	dt	24,00	45,60	46,60	44,80	44,40	57,80	48,20	47,20	52,20	<b>39,00</b>	<b>45,73</b>	<b>52,20</b>
Gewicht (KF 14%)	dt	24,25	45,81	46,93	45,27	44,61	58,20	48,70	47,42	52,56	<b>39,41</b>	<b>45,95</b>	<b>52,56</b>
Ertrag (KF 14%)	dt/ha	10,78	20,36	20,07	20,44	20,28	24,35	21,65	21,55	22,56	<b>17,62</b>	<b>20,73</b>	<b>22,33</b>
<b>Ertragskartierung (Rohdaten)</b>													
Fläche - Ertragskartierung	ha	2,37	2,64	2,37	2,43	2,50	2,24	2,21	2,50	2,07	<b>2,34</b>	<b>2,54</b>	<b>2,23</b>
Kornfeuchte	%	14,00	13,10	14,20	13,60	13,10	13,90	13,50	13,10	14,40	<b>13,70</b>	<b>13,10</b>	<b>14,17</b>
hl-Gewicht	g	700	700	700	700	700	700	700	700	700	<b>700</b>	<b>700</b>	<b>700</b>
Gewicht (KF 14%)	dt	30,47	53,81	60,59	52,18	52,88	61,89	53,84	52,88	55,38	<b>45,50</b>	<b>53,19</b>	<b>59,29</b>
Ertrag (KF 14%)	dt/ha	12,86	20,38	25,56	21,47	21,20	27,63	24,36	21,20	26,75	<b>19,56</b>	<b>20,92</b>	<b>26,65</b>
<b>rel. Differenzen der Realmessung und Ertragskartierung</b>													
Fläche RW-EK	%	5,06	14,77	1,27	8,64	12,00	-6,70	-1,81	12,00	-12,56	<b>4,14</b>	<b>12,96</b>	<b>-5,69</b>
Kornfeuchtemessung RW-EK	%	6,43	-3,82	5,63	3,68	-3,82	3,60	2,96	-3,82	6,94	<b>4,38</b>	<b>-3,82</b>	<b>5,43</b>
Hektolitergewicht RW-EK	%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
Ertragserfassung RW-EK	%	21,23	14,37	23,27	13,75	15,17	6,50	9,96	9,82	6,18	<b>13,93</b>	<b>13,13</b>	<b>12,12</b>

Tabelle 64: Daten der Versuchsauswertung: Sojabohnen - 2011 - Brigade 5

<b>Daten der Versuchsauswertung: Sojabohnen - 2011 - Brigade 5</b>													
<b>Parzelle</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>Mittelwerte</b>		
<b>Variante</b>	<b>Einheit</b>	<b>Demo</b>	<b>Saat</b>	<b>Haus</b>	<b>Demo</b>	<b>Saat</b>	<b>Haus</b>	<b>Demo</b>	<b>Saat</b>	<b>Haus</b>	<b>Demo</b>	<b>Saat</b>	<b>Haus</b>
<b>Ertragsschätzung - Quadratmeterprobe vor der Ernte</b>													
TKM	g	177,53	164,95	176,36	180,84	179,86	182,49	187,64	172,80	179,08	<b>182,00</b>	<b>172,54</b>	<b>179,31</b>
Saatstärke	K./m <sup>2</sup>	45,00	50,00	50,00	45,00	50,00	50,00	45,00	50,00	50,00	<b>45,00</b>	<b>50,00</b>	<b>50,00</b>
Pflanzen je m <sup>2</sup>	Pfl./m <sup>2</sup>	32,00	48,00	40,50	39,50	48,00	37,00	39,00	50,00	40,00	<b>36,83</b>	<b>48,67</b>	<b>39,17</b>
Feldaufgang	%	71,11	96,00	81,00	87,78	96,00	74,00	86,67	100,00	80,00	<b>81,85</b>	<b>97,33</b>	<b>78,33</b>
Schoten/Pfl.	n	21,55	15,45	15,65	20,80	18,05	20,30	21,95	14,70	19,20	<b>21,43</b>	<b>16,07</b>	<b>18,38</b>
Anzahl Schoten	n	215,50	154,50	156,50	208,00	180,50	203,00	219,50	147,00	192,00	<b>214,33</b>	<b>160,67</b>	<b>183,83</b>
Körner/Schote	K./Ähre	2,37	2,45	2,40	2,40	2,40	2,19	2,28	2,43	2,28	<b>2,35</b>	<b>2,43</b>	<b>2,29</b>
Körner/m <sup>2</sup>	K./m <sup>2</sup>	1.630	1.790	1.519	1.973	2.081	1.724	1.940	1.796	1.703	<b>1.847</b>	<b>1.889</b>	<b>1.649</b>
Ertrag Ertragsschätzung (KF14%)	dt/ha	28,92	29,49	26,58	35,67	37,50	31,44	36,41	30,96	30,61	<b>33,66</b>	<b>32,65</b>	<b>29,54</b>
<b>Realwiegung mit Hofwaage</b>													
Fläche (Realmessung)	ha	3,41	3,22	3,28	3,04	2,81	3,00	2,66	2,95	3,00	<b>3,03</b>	<b>2,99</b>	<b>3,09</b>
Kornfeuchte	%	12,50	12,60	12,50	12,40	12,50	12,50	12,80	12,50	11,20	<b>12,57</b>	<b>12,53</b>	<b>12,07</b>
hl-Gewicht	g	670,00	650,00	650,00	700,00	670,00	650,00	670,00	650,00	650,00	<b>680,00</b>	<b>657,00</b>	<b>650,00</b>
Gewicht	dt	93,60	82,00	87,80	87,60	78,00	82,20	71,20	88,80	85,20	<b>84,13</b>	<b>82,93</b>	<b>85,07</b>
Gewicht (KF 14%)	dt	95,23	83,33	89,33	89,23	79,36	83,63	72,19	90,35	87,97	<b>85,55</b>	<b>84,35</b>	<b>86,98</b>
Ertrag (KF 14%)	dt/ha	27,93	25,92	27,27	29,37	28,21	27,88	27,12	30,60	29,37	<b>28,14</b>	<b>28,24</b>	<b>28,17</b>
<b>Ertragskartierung (Rohdaten)</b>													
Fläche - Ertragskartierung	ha	3,68	3,18	2,99	2,56	3,08	2,88	2,45	2,91	2,85	<b>2,90</b>	<b>3,06</b>	<b>2,91</b>
Kornfeuchte	%	14,00	14,10	14,20	14,20	14,10	16,10	14,40	14,10	14,90	<b>14,20</b>	<b>14,10</b>	<b>15,07</b>
hl-Gewicht	g	670,00	670,00	680,00	700,00	700,00	650,00	620,00	650,00	680,00	<b>663,00</b>	<b>673,00</b>	<b>670,00</b>
Gewicht	dt	92,03	84,20	89,99	76,86	89,57	75,71	65,31	82,77	79,74	<b>78,07</b>	<b>85,51</b>	<b>81,81</b>
Gewicht (KF 14%)	dt	92,03	84,10	89,78	76,68	89,47	73,86	65,01	82,67	78,91	<b>77,89</b>	<b>85,41</b>	<b>80,80</b>
Ertrag (KF 14%)	dt/ha	25,01	26,45	30,03	29,95	29,05	25,65	26,53	28,41	27,69	<b>26,89</b>	<b>27,94</b>	<b>27,80</b>
<b>rel. Differenzen der Realmessung und Ertragskartierung</b>													
Fläche RW-EK	%	7,34	1,24	8,84	15,79	-9,61	4,00	7,89	1,36	5,00	<b>4,61</b>	<b>-2,12</b>	<b>6,03</b>
Kornfeuchtemessung RW-EK	%	10,71	10,64	11,97	12,68	11,35	22,36	11,11	11,35	24,83	<b>11,48</b>	<b>11,13</b>	<b>19,91</b>
Hektolitergewicht RW-EK	%	0,00	2,99	4,41	0,00	4,29	0,00	-8,06	0,00	4,41	<b>-2,56</b>	<b>2,38</b>	<b>2,99</b>
Ertrags erfassung Gewicht RW-EK	%	-1,71	2,61	2,43	-13,97	12,92	-8,57	-9,02	-7,29	-6,85	<b>-7,77</b>	<b>3,02</b>	<b>-3,98</b>

Tabelle 65: Daten der Versuchsauswertung: Sojabohnen - 2012 - Brigade 10

<b>Daten der Versuchsauswertung: Sojabohnen - 2012 - Brigade 10 -</b>													
Parzelle		1	2	3	4	5	6	7	8	9	Mittelwerte (Parzelle 2-7)		
Variante	Einheit	Demo-farm	Staats-farm	Haus-halt	Demo-farm	Staats-farm	Haus-halt	Demo-farm	Staats-farm	Haus-halt	Demo-farm	Staats-farm	Haus-halt
<b>Ertragsschätzung - Quadratmeterprobe vor der Ernte</b>													
TKM	g	150,00	180,00	184,25	175,50	178,00	197,25	180,25	192,00	189,25	<b>177,88</b>	<b>179,00</b>	<b>190,75</b>
Saatstärke	K./m <sup>2</sup>	55	55	55	55	55	55	55	55	55	<b>55</b>	<b>55</b>	<b>55</b>
Pflanzen je m <sup>2</sup>	Pfl/m <sup>2</sup>	54,00	51,00	48,00	52,00	50,00	55,00	53,00	51,00	54,00	<b>52,50</b>	<b>50,50</b>	<b>51,50</b>
Feldaufgang	%	98,18	92,73	87,27	94,55	90,91	100,00	96,36	92,73	98,18	<b>95,45</b>	<b>91,82</b>	<b>93,64</b>
Schoten/Pfl.	n												
Körner/Schote	K./Ä.												
Ertrag Ertragsschätzung (KF14%)	dt/ha												
<b>Realwiegung mit Hofwaage</b>													
Fläche (Realmessung)	ha	2,25	2,28	2,21	2,15	2,25	2,28	2,20	2,20	2,40	<b>2,18</b>	<b>2,26</b>	<b>2,24</b>
Kornfeuchte	%	13,30	12,30	12,40	11,60	11,90	13,20	11,60	11,60	12,10	<b>11,60</b>	<b>12,10</b>	<b>12,80</b>
hl-Gewicht	g	670	700	700	700	720	700	700	700	670	<b>700</b>	<b>710</b>	<b>700</b>
Gewicht	dt	40,80	39,40	32,17	38,60	38,40	34,65	38,60	30,20	35,47	<b>38,60</b>	<b>38,90</b>	<b>33,41</b>
Gewicht (KF 14%)	dt	41,13	40,18	32,77	39,68	39,34	34,97	39,68	31,04	36,25	<b>39,68</b>	<b>39,76</b>	<b>33,87</b>
Ertrag (KF 14%)	dt/ha	17,21	17,23	15,93	18,45	17,67	15,80	18,04	15,60	20,22	<b>18,24</b>	<b>17,45</b>	<b>15,87</b>
<b>Ertragskartierung (Rohdaten)</b>													
Fläche - Ertragskartierung	ha	2,32	2,35	2,02	2,03	2,18	2,10	2,28	1,53	2,61	<b>2,16</b>	<b>2,27</b>	<b>2,06</b>
Kornfeuchte	%	19,30	15,80	15,60	15,20	15,70	15,30	15,40	15,00	16,30	<b>15,30</b>	<b>15,75</b>	<b>15,45</b>
hl-Gewicht	g	670	700	700	700	720	700	700	700	670	<b>700</b>	<b>710</b>	<b>700</b>
Gewicht	dt	88,54	47,94	58,63	41,60	44,62	50,76	42,88	32,09	72,97	<b>42,24</b>	<b>46,28</b>	<b>54,70</b>
Gewicht (KF 14%)	dt	85,34	47,88	55,18	41,02	43,33	49,05	42,18	28,55	59,34	<b>41,60</b>	<b>45,60</b>	<b>52,12</b>
Ertrag (KF 14%)	dt/ha	36,78	20,37	27,32	20,21	19,87	23,36	18,50	18,66	22,74	<b>19,35</b>	<b>20,12</b>	<b>25,34</b>
<b>rel. Differenzen der Realmessung und Ertragskartierung</b>													
Fläche RW-EK	%	3,02	2,98	-9,41	-5,91	-3,21	-8,57	3,51	-43,79	8,05	<b>0,45</b>	<b>-11,06</b>	<b>-2,38</b>
Kornfeuchte RW-EK	%	31,09	22,15	20,51	23,68	24,20	13,73	24,68	22,67	25,77	<b>24,18</b>	<b>23,17</b>	<b>17,15</b>
Hektolitergewicht RW-EK	%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
Ertragserfassung Gewicht RW-EK	%	53,92	17,81	45,13	7,21	13,94	31,74	9,98	5,88	51,39	<b>8,60</b>	<b>15,88</b>	<b>38,43</b>

### B.3 Ertragsdatenfilter: Anpassung der H-Methode, nach Noack (2006)

Tabelle 66: Ertragsdatenfilter: Anpassung der H-Methode nach Noack (2006)

Ertragskartenkorrektur, Anpassung der H-Methode, nach Noack 2006			
Abk.	Bezeichnung	Einheit	Formel
<b>1. Gewichtskorrektur der Ertragsdaten</b>			
Y_kor	Ertrag, gewichtskorrigiert	dt/ha	= Y_roh [dt/ha] - (Y_roh [dt/ha] * KfY_parz [%] / 100)
<b>2. Feuchtekorrektur der Ertragsdaten</b>			
Y	Ertrag, gewichts- und feuchtekorrigiert	dt/ha	= (Y_kor*(100-KF_E))/(100-KF_L)
<b>3. Festlegen der Fahrspuren mit Hilfe des Kurswinkels</b>			
x_bog	X-Koordinate in Bogenmaß	rad	= x [°] * pi / 180
y_bog	Y-Koordinate in Bogenmaß	rad	= y [°] * pi / 180
KW_g	Berechnung des Kurswinkel der Fahrtrichtung	Grad	= GRAD (ARCCOS((SIN(x_bog(n+1)) - COS(ARCCOS(SIN(x_bog(n)) * SIN(x_bog(n+1)) + COS(x_bog(n)) * COS(x_bog(n+1))) * COS(y_bog(n+1) - y_bog(n)))) * SIN(x_bog(n)) / (SIN(ARCCOS(SIN(x_bog(n)) * SIN(x_bog(n+1)) + COS(x_bog(n)) * COS(x_bog(n+1))) * COS(y_bog(n+1) - y_bog(n)))) * COS(x_bog(n))))))
KW	Kurswinkel der Fahrtrichtung	-	= WENN: y_bog(n+1) > y_bog(n); DANN: 360 - KW; SONST: KW
KW_diff1	Differenz der Kurswinkel P_(n) und P_(n+1)	Grad	= ABS (KW_(n) - KW_(n-1))
KW_diff2	Differenz der Kurswinkel der Punkte P_(n-1) und P_(n+1)	Grad	= ABS (KW_(n) - KW_(n+1))
KW_lim	Grenzwert der Kurswinkeländerung	°	= 45°
FS	Bedingung zur Nummerierung der Fahrsp.	n	= WENN: KW_diff1 > KW_lim UND KW_diff2 > KW_lim; DANN: FS_(n-1) + 1; SONST: FS(n-1)
<b>4. Test 1 – globale Filterung von Ausreißern und Fehlmessungen</b>			
Test_v	Test Fahrgeschwindigkeit	km/h	= WENN: v_P > v_o ODER v_P < v_u; DANN: 2; SONST: 1
a_P	Geschwindigkeitsänderung am Punkt P	km/h	= ABS (v_P_(n) - v_P_(n-1))
Test_a	Test Beschleunigung	km/h	= WENN: a_P > a_lim; DANN: 2; SONST: 1
Test_TB	Test Teilbreite	-	= WENN: tb_P < 1; DANN: 2; SONST: 1
Test_KF	Test Kornfeuchte	%	= WENN: kf_P > kf_o ODER kf_P < kf_u; DANN: 2; SONST: 1
n_PFS	Anzahl der Punkte je Fahrspur	n	= ZÄHLENWENNS(col: FS; FS_(n))
Test_nPFS	Test der Anzahl der Punkte je Fahrspur	n	= WENN: n_PFS < nPFS_lim; DANN: 2; SONST: 1
d_pp	Abstand zwischen zwei benachbarten Pkt.	m	= WURZEL((x_n - x_n-1)^2 + (y_n - y_n-1)^2)
Test_dPP	Abstands zw. zwei benachbarten Punkten	m	= WENN: d_PP < dPP_lim DANN: 2;SONST:1
w_FS	Markierung von Punkten im Wendevorgang	-	= WENN(n_PFS < PFS_lim; "W"; "G")
Test_w	Test Wendevorgänge	-	= WENN: w_FS = "w"; DANN: 2; SONST: 1
AE_FS	Bedingung zur Markierung der Anfangs- und Endpunkte der Fahrspur	xA / xE	= WENN (UND (w_FS_(n-1) = "W"; w_FS_(n) = "G"); dann: "(n_FS_(n))A"; sonst: WENN (UND (w_FS_(n+1) = "W"; w_FS_(n) = "G" ); dann: "(n_FS_(n))E"; sonst: ""
IFS	Länge der Fahrspur	m	= WURZEL((x_A - x_E)^2 + (y_A - y_E)^2)
Test_IFS	Test Länge der Fahrspur	m	= WENN: IFS < IFS_lim; DANN: 2; SONST: 1
Test_AS	Test Anschnitte der Fahrspur	0/1/2	= WENN: AS_FS = A oder AS_FS = E; DANN: 2; SONST: 1

Fortsetzung auf der nächsten Seite

**Fortsetzung von vorheriger Seite - Tabelle 66: Ertragsdatenfilter: Anpassung der H-Methode nach Noack (2006)**

Abk.	Bezeichnung	Einheit	Formel
AS_FS	Bedingung zur Markierung der Anschnitte der Fahrspur	A/E	= WENN (UND (AE_FS_(n) = " "; AE_FS_(n-1) = " "; AE_FS_(n-2) = " "; AE_FS_(n-3) = " "; AE_FS_(n-4) = " "; AE_FS_(n-5) = " "); DANN: " "; SONST: "A") und WENN (UND (AE_FS_(n) = " "; AE_FS_(n+1) = " "; AE_FS_(n+2) = " "; AE_FS_(n+3) = " "; DANN: " "; SONST: "E")
Test_Y	Test Ertragsausreißer	dt/ha	= WENN: $Y_{(n)} > Y_o$ ODER $Y_{(n)} < Y_u$ ; DANN: 2; SONST: 1
Test1	Test1 Zusammenfassung	0/1/2	= WENN: ODER(Test_v; Test_a; Test_KF; Test_IFS; Test_pFS; Test_AS; Test_Y) = 2; DANN: 2; SONST: 1
<b>5. Test2 auf Ausreißer mit lokalem H-Filter</b>			
Auswahl der infrage kommenden Nachbarpunkte für alle Punkte im Validierungssegment (VP_n-2 ... n+2); Kriterien: Test1 = 1; liegen in der gleichen Fahrspur - Zusammenfassung zu Validierungssegmenten; der mittlere Validierungspunkt wird Mittelwert und Standardabweichung zugeordnet.			
VP_n	Validierungspunkt im Validierungssegment	dt/ha	= WENN: Test1 = 2; DANN: " "; SONST: $Y_{(n)}$
VP_n-1	Bedingung für Punkt (n-1) im zugehörigen Validierungssegment	dt/ha	= WENN: $FS_n = FS_{n-1}$ UND WURZEL( $(x_{n-1} - x_n)^2 + (y_{n-1} - y_n)^2$ ) < $a_{VP}$ ; DANN: $Y_{n-1}$ ; SONST: ""
VP_n-2	Bedingung für Punkt (n-2) im zugehörigen Validierungssegment	dt/ha	= WENN: $FS_n = FS_{n-2}$ UND WURZEL( $(x_n - x_{n-2})^2 + (y_n - y_{n-2})^2$ ) < $a_{VP}$ ; DANN: $Y_{n-2}$ ; SONST: ""
VP_n+1	Bedingung für Punkt (n-3) im zugehörigen Validierungssegment	dt/ha	= WENN: $FS_n = FS_{n+1}$ UND WURZEL( $(x_n - x_{n+1})^2 + (y_n - y_{n+1})^2$ ) < $a_{VP}$ ; DANN: $Y_{n+1}$ ; SONST: ""
VP_n+2	Bedingung für Punkt (n-4) im zugehörigen Validierungssegment	dt/ha	= WENN: $FS_n = FS_{n+2}$ UND WURZEL( $(x_n - x_{n+2})^2 + (y_n - y_{n+2})^2$ ) < $a_{VP}$ ; DANN: $Y_{n+2}$ ; SONST: ""
MW_VS	Mittelwert der Validierungspunkte im zugehörigen Segment	dt/ha	= WENN(ANZAHL (VP_n-2; ... ; VP_n+2) > = nVP_min; DANN: MITTELWERT(VP_n-2; ... ; VP_n+2); SONST: " ")
Std_VS	Standardabweichung der Validierungspunkte im zugehörigen Segment	dt/ha	= WENN(ANZAHL (VP_n-2; ... ; VP_n+2) > = nVP_min; DANN: STANDARDABWEICHUNG (VP_n-2; ... ; VP_n+2); SONST: " ")
Auswahl der benachbarten Validierungspunkte zum Prüfpunkt innerhalb des Prüfradius $r_{VP}$ und Überprüfung des Kurswinkels auf Übereinstimmung			
VP_d	Abstand zw. Valididpkt. - Prüfpunkt	m	= WURZEL( $(x_{VP} - x_P)^2 + (y_{VP} - y_P)^2$ )
VP_r	Validierungspunkte innerhalb des Prüfradius $r_{VP}$ [m]	-	= WENN(MW_P = " "; DANN: " "; SONST: WENN(UND(KW_VP > KW_P + KW_dmax; KW_VP < KW_P - KW_dmax; KW_VP > KW_P - 180 + KW_dmax; KW_VP < KW_P + KW_dmax); DANN: " "; SONST: WENN(d_VP-P > $r_{VP}$ ; DANN: " "; SONST: d_VP-P)); SONST: " ")
VP_a	Abstand zwischen Validierungspunkt und Punkten im Validierungssegment	m	= WURZEL( $(x_{VP} - x_{VP(n+i)})^2 + (y_{VP} - y_{VP(n+i)})^2$ )
Auswahl der zum Prüfpunkt am nächsten gelegenen Validierungspunkte. Auswahlkriterien: Fahrspur ungleich und Parzelle gleich			
VP_r_sort	VP im Radius r nach Größe sortiert	-	= KLEINSTE(VP_r;(1-n))
VP1	Validierungspunkt1	m	= KLEINSTE(VP_r;(1)) - = WENN(UND(FS_VP ≠ FS_P; Parz_VP = Parz_P)); DANN: $Y_{VP}$ ; SONST: " ")
VP2	Validierungspunkt2	m	= KLEINSTE(VP_r;(2)) - = WENN(UND(FS_VP ≠ FS_P; Parz_VP = Parz_P)); DANN: $Y_{VP}$ ; SONST: " ")
VP(n+1)	Validierungspunkt im Validierungssegment	m	= KLEINSTE(VP_r;(i)) - = WENN(UND(FS_VP ≠ FS_P; Parz_VP = Parz_P)); DANN: $Y_{VP}$ ; SONST: " ")
Berechnung der Toleranzgrenzen und Test des Prüfpunkt (P(n))			
MW_min	minimaler Ertragsmittelwert der Validierungssegmente 1 und 2	dt/ha	= MIN(MW_VS(VP1); MW_VS(VP2))
MW_max	maximaler Ertragsmittelwert der Validierungssegmente 1 und 2	dt/ha	= MAX(MW_VS(VP1); MW_VS(VP2))

**Fortsetzung auf der nächsten Seite**

**Fortsetzung von vorheriger Seite - Tabelle 66: Ertragsdatenfilter: Anpassung der H-Methode nach Noack (2006)**

Abk.	Bezeichnung	Einh.	Formel
Std_min	minimale Standardabweichung der Validierungssegmente 1 und 2	dt/ha	= MIN(Std_VS(VP1); Std_VS(VP2))
Std_max	maximale Standardabweichung VS 1-2	dt/ha	= MAX(Std_VS(VP1); Std_VS(VP2))
TW_min	minimaler Toleranzwert	dt/ha	= F_tol_min * MW_max
TW_max	maximale Toleranzwert	dt/ha	= F_Tol_max * MW_max
TW	Toleranzwert	dt/ha	= F_Std * Std_min
Tol_min	minimale Toleranz	dt/ha	= MW_min - TW
Tol_max	maximale Toleranz	dt/ha	= MW_Max + TW
Test2_1	Test 2 mit benachbarten Fahrspuren	-	= WENN(ODER(Y_P < Tol_min; Y_P > Tol_max); DANN: 2; SONST: 1)
<b>5.A optionale Erweiterung der H-Methode auf 4 Validierungssegmente</b>			
Auswahl der Validierungspunkte aus den Fahrspuren 2. Kategorie im Abstand 2 * a_FS_min und 2* a_FS_max			
VP3	Validierungspunkt3	m	= KLEINSTE( VP_r ; (3)) - WENN (UND( d_VP3_P > a2_FS_min; d_VP3_P < a2_FS_max; FS_VP3≠FS_VP1; FS_VP3≠FS_VP2); KLEINSTE( VP_r ; (3));"" )
VP4	Validierungspunkt4	m	= KLEINSTE(VP_r ; (4)) - WENN(FS_VP3 ≠FS_VP4; KLEINSTE( VP_r ; (4));"" )
MW_min2	minimaler Ertragsmittelwert2 der Validierungssegmente 3 und 4	dt/ha	= Min(MW_VS(VP3); MW_VS(VP4))
MW_max2	maximaler Ertragsmittelwert2 der Validierungssegmente 3 und 4	dt/ha	= Max(MW_VS(VP3); MW_VS(VP4))
Std_min2	minimale Standardabweichung2 der Validierungssegmente 3 und 4	dt/ha	= Min(Std_VS(VP3); Std_VS(VP4))
Std_max2	maximale Standardabweichung2 der Validierungssegmente 3 und 4	dt/ha	= Max(Std_VS(VP3); Std_VS(VP4))
TW_min2	minimaler Toleranzwert im Test2.2	dt/ha	= FTol_min2 * MW_max2
TW_max2	maximaler Toleranzwert im Test2.2	dt/ha	= FTol_max2 * MW_max2
TW2	Toleranzwert2 im Test2.2	dt/ha	= F_Std2 * Std_min2
Tol_min2	minimale Toleranz im Test2.2	dt/ha	= MW_min2 - TW2
Tol_max2	maximale Toleranz im Test2.2	dt/ha	= MW_Max2 + TW2
Test2_2	Test 2 mit benachbarten Fahrspuren	-	= WENN(ODER(Y_P < Tol_min2; Y_P > Tol_max2); DANN: 2; sonst: 1)
<b>5. B Zusammenführung der beiden Toleranztests. Nur wenn beide Tests negativ sind wird der Ertragspunkt abgelehnt. Einzige Ausnahme ist es wenn im ersten Test kein Ergebnis gefunden wurde (Test2.1 = 0), wird nach Test2.2 entschieden.</b>			
Test2	Test 2	-	= WENN(UND(Test2.1 = 2; Test2.2 = 2);DANN: 2; SONST: WENN(Test2.1 = 0;DANN: 0; SONST: 1));Test2.2);0)
<b>6 Test 3 Löschen von Teilbreiten und Fahrspuren - Abschließende Löschung von ganzen Fahrspuren mit zu hohen Anteil (&gt; P_del [%]) an fehlerhaften Werten</b>			
P_del	Anzahl der im Test 1 und 2 gelöschten Punkte je Fahrspur	n	= ZÄHLENWENN(col: FS; FS_(n); Test2)
g_Pdel	Grenzwert für gelöschte Punkte je Fahrspur	n	= Pdel_lim * n_PFS
Test3	Test3 - Löschen von fehlerhaften Fahrspuren	-	WENN: n_Pdel > Pdel_lim DANN: 2; SONST: 1

Tabelle 67: Erträge der Staatsfarm Ganhe, Haushalten und Demofarm, Quelle: Ertragskartierungssystem

<b>Zusammenfassung der auf der Staatsfarm Ganhe erfassten Erträge [dt/ha] (Quelle: Buchhaltung, Ertragskartierungssystem) - nicht vollständig</b>								
<b>Schläge Staatsfarm /Auftragsnummer</b>	<b>Bewirtschafter</b>	<b>Frucht</b>	<b>Jahr</b>	<b>Ertrag - Real- wiegung</b>	<b>Ertrag GIS- Parz.mittelwert</b>	<b>Std.Dev.</b>	<b>Diff Ertrag: RW – GIS [%]</b>	<b>Ertrag GIS-Parz. MW-kor.</b>
<b>Weizen</b>								
Brig 5 über Versuchsfeld (10081201)	Staatsfarm	Weizen	2010		17,55	0,45		15,55
Brig 9 100812306	Staatsfarm	Weizen	2010		39,26	0,77		34,79
Brig 7 10080700	Haushalt	Weizen	2010		38,30	0,53		33,93
Brig 7 10080702	Haushalt	Weizen	2010		39,26	0,49		34,79
Brig 5 10073000	Haushalt	Weizen	2010		41,12	0,32		36,43
Brig 11	Demofarm	Weizen	2011	34,56	38,10	0,50	9,29	34,56
Brig 14	Staatsfarm	Weizen	2011	33,06				33,06
Brig2 Großbauer	Großbauer	Weizen	2011		37,91	0,53		33,59
Brig5 Mao	Haushalt	Weizen	2011		36,50	0,44		32,34
Brig 1 links 400 k-m2	Demofarm	Weizen	2012	39,62	49,92	0,95	20,63	39,62
Brig 1 links 650 k-m3	Demofarm	Weizen	2012	39,62	55,58	0,71	28,72	39,62
<b>Sojabohnen</b>								
Brig 11 (09100800)	Staatsfarm	Soja	2009		17,22	0,24		15,26
Brig 1 (09100902a)	Staatsfarm	Soja	2009		15,42	0,35		13,66
Brig 10 (09101001)	Staatsfarm	Soja	2009		14,27	0,37		12,64
Brig 6 (09101200)	Staatsfarm	Soja	2009		20,97	0,32		18,58
Brig 6 (09101200) links	Staatsfarm	Soja	2009		22,52	0,23		19,95
Brig 6 (09101200) rechts	Staatsfarm	Soja	2009		19,69	0,33		17,45
Brig 5 (09101201)	Staatsfarm	Soja	2009		15,72	0,22		13,93
Brig 3 (09101300)	Staatsfarm	Soja	2009		20,56	0,26		18,22
Brig 4 (09101302)	Staatsfarm	Soja	2009		18,58	0,28		16,46
Brig 4 (09101303)	Staatsfarm	Soja	2009		18,58	0,28		16,46
Brig 18 (09101500)	Staatsfarm	Soja	2009		9,16	0,36		8,12
Brig 18 (09101501)	Staatsfarm	Soja	2009		17,29	0,32		15,32
Brig 2 rechts (09101602)	Staatsfarm	Soja	2009		4,31	0,32		3,82
Brig 2 links (09101603)	Staatsfarm	Soja	2009		7,60	0,38		6,73
Brig 16 (09101800)	Staatsfarm	Soja	2009		10,41	0,36		9,22
Brig 2 ((09100602)	Haushalt	Soja	2009		17,45	0,32		15,46
Brig 2 ((09100601)	Haushalt	Soja	2009		18,34	0,33		16,25
Brig 7 ((09100600)	Haushalt	Soja	2009		21,22	0,19		18,80
Brig 7 (09100400)	Haushalt	Soja	2009		17,13	0,31		15,18
Brig 2 (09100604)	Haushalt	Soja	2009		18,63	0,23		16,51

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Fortsetzung von vorheriger Seite - Tabelle 67: Erträge der Staatsfarm Ganhe, Haushalten und Demofarm, Quelle: Ertragskartierungssystem

Schläge Staatsfarm /Auftragsnummer	Bewirtschafter	Frucht	Jahr	Ertrag - Real- wiegung	Ertrag GIS- Parz.mittelwert	Std.Dev.	Diff Ertrag: RW – GIS [%]	Ertrag GIS-Parz. MW-kor.
Brig 2 (09100700)	Haushalt	Soja	2009		14,22	0,14		12,60
Brig 2 (09100702)	Haushalt	Soja	2009		13,13	0,15		11,63
Brig 5 (09100703)	Haushalt	Soja	2009		15,95	0,17		14,13
Brig 18 (09101503)	Haushalt	Soja	2009		19,52	0,21		17,30
Brig 7 oben Staatsfarm	Staatsfarm	Soja	2010	22,15	22,10	0,39	-0,23	22,15
Brig 14	Staatsfarm	Soja	2010	19,17	19,30	0,50	0,67	19,17
Brig 2 rechts	Staatsfarm	Soja	2010	22,28	27,50	0,56	18,98	22,28
Brig 2 links	Staatsfarm	Soja	2010	22,28	23,80	0,51	6,39	22,28
Brig 6 rechts	Staatsfarm	Soja	2010	24,56	28,10	0,37	12,60	24,56
Brig11	Staatsfarm	Soja	2010	19,92	23,28	0,43	14,43	19,92
Brig 5 neben Demof. (10091900)	Staatsfarm	Soja	2010		26,38	0,41		23,37
Brig 10 neben Versuchsfeld (10100800)	Staatsfarm	Soja	2010		22,26	0,44		19,72
Brig 3	Staatsfarm	Soja	2010	18,58				18,58
Brig 17	Staatsfarm	Soja	2010	17,29				17,29
Brig 18	Staatsfarm	Soja	2010	13,58				13,58
Brig 21	Staatsfarm	Soja	2010	18,39				18,39
Brig 2 (10091700)	Haushalt	Soja	2010		25,10	0,34		22,24
Brig 2 (10092101)	Haushalt	Soja	2010		26,97	0,37		23,90
Brig 2ost (10091701)	Haushalt	Soja	2010		28,88	0,33		25,59
Brig 2ost2 (10092103)	Haushalt	Soja	2010		27,32	0,39		24,21
Brig 5 (10091703)	Haushalt	Soja	2010		29,82	0,33		26,42
Brig 4nord1 (10091901)	Haushalt	Soja	2010		30,94	0,24		27,41
Brig 4nord2 (10091902)	Haushalt	Soja	2010		26,91	0,34		23,84
Brig7 (10092100)	Haushalt	Soja	2010		29,94	0,43		26,53
Brig 2 Staatsfarm	Staatsfarm	Soja	2011	18,19	20,40	0,34	10,83	18,19
Brig 9	Staatsfarm	Soja	2011	20,68	24,40	0,24	15,25	20,68
Brig 1	Staatsfarm	Soja	2011	22,51				22,51
Brig 3	Staatsfarm	Soja	2011	13,43				13,43
Brig 4.1	Staatsfarm	Soja	2011	21,36				21,36
Brig 5	Staatsfarm	Soja	2011	22,18				22,18
Brig 7	Staatsfarm	Soja	2011	20,98				20,98
Brig 2 Haushalt	Haushalt	Soja	2011		19,20	0,22		17,01
Brig 9 Haushalt 1	Haushalt	Soja	2011		18,50	0,29		16,39
Brig 9 Haushalt	Haushalt	Soja	2011		24,50	0,39		21,71
Brig 4	Staatsfarm	Soja	2012	15,23				15,23
Brig 11	Staatsfarm	Soja	2012	20,60				20,60

## Anhang C: Statistische Auswertung der On-Farm Experimente

Tabelle 68: Datenstruktur des Auswertungsdaten: Sommerweizen - 2010 - Brigade 5

<b>Deskriptive Statistik - Datenstruktur des Versuchsfeldes: Sommerweizen - 2010 - Brigade 5</b>												
<b>Parzellen/Variante</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>Var 1</b>	<b>Var 2</b>	<b>Var 3</b>
<b>Daten der Ertragskartierung: Rohdaten (Erntefeuchte)</b>												
Anzahl Punkte [n]	523,00	450,00	627,00	353,00	493,00	433,00	424,00	518,00	298,00	1.300,00	1461,00	1.358,00
Mittelwert [dt/ha]	21.79	23.68	33.15	30.88	32.75	42.98	37.72	39.50	36.11	29.45	32.35	36.93
Standardabweichung [dt/ha]	11.62	9.73	11.15	10.92	11.76	17.52	16.09	14.49	14.62	14.74	13.84	14.84
Minimum [dt/ha]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Maximum [dt/ha]	136.80	71.90	51.90	106.20	64.10	169.70	96.80	61.30	71.50	136.80	71.90	169.70
<b>Daten der Ertragskartierung: Ertrag (Gewichtskorrektur)</b>												
Mittelwert [dt/ha]	18.83	20.42	26.55	26.30	28.18	35.94	32.33	34.78	31.37	25.26	28.13	30.60
Standardabweichung [dt/ha]	10.04	8.39	8.93	9.30	10.12	14.41	13.79	12.75	12.70	12.62	12.16	12.45
Minimum [dt/ha]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Maximum [dt/ha]	118.20	62.00	41.58	90.44	55.16	142.70	82.97	53.97	62.12	118.20	62.00	142.70
<b>Daten der Ertragskartierung: Ertrag (Gewichtskorrektur + Feuchtekorrektur)</b>												
Mittelwert [dt/ha]	17.76	19.18	24.75	24.46	26.87	33.61	30.43	33.61	29.27	23.71	26.89	28.57
Standardabweichung [dt/ha]	9.45	7.97	8.34	8.61	9.64	13.46	12.92	12.34	11.89	11.81	11.80	11.65
Minimum [dt/ha]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Maximum [dt/ha]	110.50	61.37	39.07	83.81	54.60	132.10	77.47	53.35	57.57	110.50	61.37	132.10
<b>Daten der Ertragskartierung: Ertrag (Filterung der Daten - Inputdaten für SAS)</b>												
Anzahl Punkte [n]	262,00	243,00	359,00	146,00	276,00	190,00	189,00	228,00	120,00	597,00	747,00	669,00
Mittelwert [dt/ha]	19.86	21.13	27.62	25.65	30.20	36.62	33.33	40.98	34.91	25.54	30.54	31.48
Standardabweichung [dt/ha]	4.53	4.21	2.95	2.15	4.59	2.96	4.64	3.60	3.22	7.09	8.93	5.16
Minimum [dt/ha]	10.23	11.93	20.06	20.60	11.94	31.73	22.60	30.79	24.61	10.23	11.93	20.06
Maximum [dt/ha]	31.83	33.05	35.49	34.40	44.17	47.45	56.59	51.16	44.32	56.59	51.16	47.45
<b>Kovariablen: elektrische Leitfähigkeit des Bodens (EC25)</b>												
Mittelwert [mS/m]	42.01	52.90	53.07	52.78	54.94	54.08	48.37	45.41	49.36	46.66	51.37	52.69
Standardabweichung [mS/m]	7.17	9.16	6.32	6.50	6.20	7.76	7.21	4.20	2.00	8.29	7.95	6.47
Minimum [mS/m]	26.62	38.07	37.46	35.16	37.95	35.51	35.79	36.36	44.29	26.62	36.36	35.51
Maximum [mS/m]	55.70	67.39	65.13	63.97	67.17	69.33	60.16	52.59	53.74	63.97	67.39	69.33
<b>Kovariablen: historische Ertragsdaten (Ertrag2009)</b>												
Mittelwert [dt/ha]	12.64	10.39	11.04	12.94	12.30	12.31	14.16	14.66	13.49	13.20	12.40	11.84
Standardabweichung [dt/ha]	1.92	2.17	2.11	1.38	1.54	1.41	2.16	1.81	1.05	2.00	2.50	2.01
Minimum [dt/ha]	7.28	4.84	3.45	9.72	7.95	8.98	8.29	11.40	11.16	7.28	4.84	3.45
Maximum [dt/ha]	17.28	18.19	17.97	16.66	16.46	16.45	18.85	20.34	16.00	18.85	20.34	17.97

Tabelle 69: Datenstruktur der Auswertungsdaten: Sommerweizen - 2011 - Brigade 10

<b>Deskriptive Statistik - Datenstruktur des Versuchsfeldes: Sommerweizen - 2011 - Brigade 10</b>												
<b>Parzellen/Variante</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>Var 1</b>	<b>Var 2</b>	<b>Var 3</b>
<b>Daten der Ertragskartierung: Rohdaten (Erntefeuchte)</b>												
Anzahl Punkte [n]	556,00	665,00	623,00							556,00	665,00	623,00
Mittelwert [dt/ha]	32,56	28,84	30,14							32,56	28,84	30,14
Standardabweichung [dt/ha]	18,48	19,45	17,23							18,48	19,45	17,23
Minimum [dt/ha]	0,00	0,00	0,00							0,00	0,00	0,00
Maximum [dt/ha]	106,90	106,50	57,60							106,90	106,50	57,60
<b>Daten der Ertragskartierung: Ertrag (Gewichtskorrektur)</b>												
Mittelwert [dt/ha]	32,56	28,84	30,14							32,56	28,84	30,14
Standardabweichung [dt/ha]	18,48	19,45	17,23							18,48	19,45	17,23
Minimum [dt/ha]	0,00	0,00	0,00							0,00	0,00	0,00
Maximum [dt/ha]	106,90	106,50	57,60							106,90	106,50	57,60
<b>Daten der Ertragskartierung: Ertrag (Gewichtskorrektur + Feuchtekorrektur)</b>												
Mittelwert [dt/ha]	31,62	27,76	28,16							31,62	27,76	28,16
Standardabweichung [dt/ha]	17,95	18,74	16,07							17,95	18,74	16,07
Minimum [dt/ha]	0,00	0,00	0,00							0,00	0,00	0,00
Maximum [dt/ha]	103,42	103,78	54,59							103,42	103,78	54,59
<b>Daten der Ertragskartierung: Ertrag (Filterung der Daten - Inputdaten für SAS)</b>												
Anzahl Punkte [n]	184,00	244,00	308,00							184,00	244,00	308,00
Mittelwert [dt/ha]	46,85	43,19	39,70							46,85	43,19	39,70
Standardabweichung [dt/ha]	6,89	4,55	4,14							6,89	4,55	4,14
Minimum [dt/ha]	32,20	27,50	25,20							32,20	27,50	25,20
Maximum [dt/ha]	62,50	64,00	54,60							62,50	64,00	54,60
<b>Kovariable: elektrische Leitfähigkeit des Bodens (EC25)</b>												
Mittelwert [mS/m]	46,47	47,70	49,15							46,47	47,70	49,15
Standardabweichung [mS/m]	5,40	9,01	10,23							5,40	9,01	10,23
Minimum [mS/m]	24,04	18,92	18,24							24,04	18,92	18,24
Maximum [mS/m]	53,31	56,22	60,58							53,31	56,22	60,58
<b>Kovariable: historische Ertragsdaten (Ertrag2009)</b>												
Mittelwert [dt/ha]	17,26	16,87	17,44							17,26	16,87	17,44
Standardabweichung [dt/ha]	1,61	1,28	1,53							1,61	1,28	1,53
Minimum [dt/ha]	12,70	12,40	12,70							12,70	12,40	12,70
Maximum [dt/ha]	21,00	20,00	21,60							21,00	20,00	21,60

Tabelle 70: Datenstruktur der Auswertungsdaten: Sommerweizen - 2012 - Brigade 5

<b>Deskriptive Statistik - Datenstruktur des Versuchsfeldes: Sommerweizen - 2012 - Brigade 5</b>												
<b>Parzellen/Variante</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>Var 1</b>	<b>Var 2</b>	<b>Var 3</b>
<b>Daten der Ertragskartierung: Rohdaten (Erntefeuchte)</b>												
Anzahl Punkte [n]	522,00	434,00	436,00	566,00	494,00	485,00	583,00	766,00	474,00	1.671,00	1.694,00	1.395,00
Mittelwert [dt/ha]	49,54	50,51	51,44	46,01	49,67	48,32	52,20	50,26	47,43	49,27	50,15	48,99
Standardabweichung [dt/ha]	17,21	16,56	16,66	24,42	19,32	17,69	18,49	16,07	18,50	20,49	17,20	17,73
Minimum [dt/ha]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Maximum [dt/ha]	147,80	133,10	97,29	239,89	272,67	95,42	96,47	85,96	124,46	239,89	272,67	124,46
<b>Daten der Ertragskartierung: Ertrag (Gewichtskorrektur)</b>												
Mittelwert [dt/ha]	37,70	38,44	39,15	35,01	37,80	36,77	39,73	38,24	36,09	37,50	38,16	37,28
Standardabweichung [dt/ha]	13,10	12,60	12,68	18,58	14,70	13,46	14,07	12,23	14,08	15,59	13,09	13,49
Minimum [dt/ha]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Maximum [dt/ha]	112,48	101,29	74,04	182,56	207,50	72,61	73,41	65,42	94,71	182,56	207,50	94,71
<b>Daten der Ertragskartierung: Ertrag (Gewichtskorrektur + Feuchtekorrektur)</b>												
Mittelwert [dt/ha]	36,48	37,82	38,12	32,74	36,55	34,94	36,52	36,03	34,53	35,23	36,64	35,79
Standardabweichung [dt/ha]	12,73	12,40	12,34	17,27	14,08	12,80	12,95	11,51	13,42	14,60	12,55	12,96
Minimum [dt/ha]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Maximum [dt/ha]	109,08	99,76	70,11	167,70	194,47	69,24	69,15	62,07	90,97	167,70	194,47	90,97
<b>Daten der Ertragskartierung: Ertrag (Filterung der Daten - Inputdaten für SAS)</b>												
Anzahl Punkte [n]	231,00	198,00	242,00	183,00	222,00	220	273,00	315,00	232,00	687,00	735,00	694,00
Mittelwert [dt/ha]	39,81	41,70	42,31	42,14	41,27	41,23	44,44	40,90	41,12	42,27	41,23	41,57
Standardabweichung [dt/ha]	1,99	2,82	2,12	2,42	2,11	2,59	3,46	2,61	2,34	3,40	2,55	2,41
Minimum [dt/ha]	35,37	35,72	36,96	35,24	32,73	33,02	33,14	33,35	33,33	33,14	32,73	33,02
Maximum [dt/ha]	46,05	49,98	48,11	59,23	46,34	55,11	59,06	56,28	51,40	59,23	56,28	55,11
<b>Kovariablen: elektrische Leitfähigkeit des Bodens (EC25)</b>												
Mittelwert [mS/m]	43,60	52,22	52,52	52,45	54,59	54,22	48,52	45,68	48,20	47,91	50,13	51,61
Standardabweichung [mS/m]	7,87	9,37	6,89	6,93	7,02	8,00	7,12	4,39	3,41	8,09	7,90	6,85
Minimum [mS/m]	26,62	36,59	37,16	35,82	36,65	35,84	35,84	36,36	36,36	26,62	36,36	35,84
Maximum [mS/m]	61,51	66,65	65,13	63,91	67,38	69,33	60,27	53,61	54,00	63,91	67,38	69,33
<b>Kovariablen: historische Ertragsdaten (Ertrag2009)</b>												
Mittelwert [dt/ha]	11,61	10,61	11,19	12,96	12,77	12,60	14,26	15,00	13,77	13,02	13,14	12,50
Standardabweichung [dt/ha]	2,09	2,09	2,27	1,57	1,61	1,63	2,13	2,06	1,28	2,28	2,65	2,08
Minimum [dt/ha]	7,28	4,84	3,45	9,72	6,78	8,02	8,29	11,87	11,16	7,28	4,84	3,45
Maximum [dt/ha]	19,26	18,19	17,97	17,56	18,31	16,78	19,05	20,34	18,10	19,26	20,34	18,10

Tabelle 71: Datenstruktur der Auswertungsdaten: Sojabohnen - 2010 - Brigade10

<b>Deskriptive Statistik - Datenstruktur des Versuchsfeldes: Sojabohnen - 2010 - Brigade 10</b>												
<b>Parzellen/Variante</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>Var 1</b>	<b>Var 2</b>	<b>Var 3</b>
<b>Daten der Ertragskartierung: Rohdaten (Erntefeuchte)</b>												
Anzahl Punkte [n]	421,00	376,00	429,00	407,00	388,00	403,00	387,00	358,00	434,00	1.215,00	1.122,00	1.266,00
Mittelwert [dt/ha]	11,47	19,22	26,21	19,48	18,54	25,28	21,99	21,16	26,40	17,51	19,61	25,98
Standardabweichung [dt/ha]	7,83	7,42	13,92	8,85	9,55	8,87	9,00	8,44	18,15	9,67	8,59	14,27
Minimum [dt/ha]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Maximum [dt/ha]	81,10	42,55	71,65	43,21	40,61	37,97	53,23	76,25	96,99	81,10	76,25	96,99
<b>Daten der Ertragskartierung: Ertrag (Gewichtskorrektur)</b>												
Mittelwert [dt/ha]	9,04	16,46	20,11	16,80	15,73	23,63	19,80	19,08	24,77	15,07	17,05	22,83
Standardabweichung [dt/ha]	6,17	6,35	10,68	7,63	8,11	8,29	8,10	7,61	17,03	8,62	7,53	12,79
Minimum [dt/ha]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Maximum [dt/ha]	63,88	36,44	54,98	37,27	34,45	35,50	47,93	68,77	91,00	63,88	68,77	91,00
<b>Daten der Ertragskartierung: Ertrag (Gewichtskorrektur + Feuchtekorrektur)</b>												
Mittelwert [dt/ha]	9,04	16,62	20,05	16,86	15,90	23,64	19,91	19,24	24,61	15,12	17,21	22,75
Standardabweichung [dt/ha]	6,16	6,41	10,64	7,66	8,19	8,29	8,14	7,68	17,00	8,66	7,60	12,77
Minimum [dt/ha]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Maximum [dt/ha]	63,59	36,73	54,92	37,40	34,89	35,71	48,03	69,17	90,68	63,59	69,17	90,68
<b>Daten der Ertragskartierung: Ertrag (Filterung der Daten - Inputdaten für SAS)</b>												
Anzahl Punkte [n]	162,00	159,00	180,00	167,00	152,00	170,00	168,00	158,00	140,00	497,00	469,00	490,00
Mittelwert [dt/ha]	11,12	20,79	19,92	20,92	19,48	25,95	22,37	22,79	25,97	18,22	21,04	23,74
Standardabweichung [dt/ha]	2,48	2,21	1,35	2,48	2,23	2,09	3,39	2,59	2,21	5,72	2,71	3,47
Minimum [dt/ha]	7,01	11,47	16,46	13,85	12,61	20,28	14,61	16,64	20,12	7,01	11,47	16,46
Maximum [dt/ha]	17,90	24,56	24,40	31,32	25,30	31,22	30,57	29,55	30,85	31,32	29,55	31,22
<b>Kovariablen: elektrische Leitfähigkeit des Bodens (EC25)</b>												
Mittelwert [mS/m]	43,28	44,92	47,47	45,80	46,36	49,19	43,68	44,02	39,57	44,26	45,08	45,81
Standardabweichung [mS/m]	9,36	11,97	11,75	14,12	13,18	13,85	16,26	16,24	15,11	13,62	13,92	14,07
Minimum [mS/m]	21,08	18,92	17,54	14,87	14,25	17,75	15,03	14,45	13,04	14,87	14,25	13,04
Maximum [mS/m]	53,71	56,09	60,49	61,21	67,68	69,81	67,16	68,55	61,43	67,16	68,55	69,81
<b>Kovariablen: historische Ertragsdaten (Ertrag2009)</b>												
Mittelwert [dt/ha]	16,67	16,54	17,68	14,33	16,25	13,23	12,44	11,38	9,64	14,45	14,71	13,84
Standardabweichung [dt/ha]	1,90	1,32	1,71	2,46	2,20	2,88	2,64	3,37	4,10	2,92	3,41	4,40
Minimum [dt/ha]	11,07	12,90	11,69	7,82	9,24	3,22	6,23	1,08	1,06	6,23	1,08	1,06
Maximum [dt/ha]	20,65	20,04	21,35	18,38	20,32	18,27	19,43	17,67	15,80	20,65	20,32	21,35

Tabelle 72: Datenstruktur der Auswertungsdaten: Sojabohnen - 2011 - Brigade 5

<b>Deskriptive Statistik - Datenstruktur des Versuchsfeldes: Sojabohnen - 2011 - Brigade 5</b>												
<b>Parzellen/Variante</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>Var 1</b>	<b>Var 2</b>	<b>Var 3</b>
<b>Daten der Ertragskartierung: Rohdaten (Erntefeuchte)</b>												
Anzahl Punkte [n]	552,00	467,00	639,00	357,00	508,00	440,00	437,00	526,00	299,00	1.346,00	1501,00	1.378,00
Mittelwert [dt/ha]	21,50	23,15	32,94	30,82	32,15	42,82	37,99	39,29	36,05	29,33	31,85	36,77
Standardabweichung [dt/ha]	12,18	10,29	11,45	11,04	12,42	18,04	18,17	14,71	14,64	15,82	14,27	15,15
Minimum [dt/ha]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Maximum [dt/ha]	136,80	71,90	57,30	106,20	64,10	169,70	189,60	61,30	71,50	189,60	71,90	169,70
<b>Daten der Ertragskartierung: Ertrag (Gewichtskorrektur)</b>												
Mittelwert [dt/ha]	21,50	23,15	32,94	30,82	32,15	42,82	37,99	39,29	36,05	29,33	31,85	36,77
Standardabweichung [dt/ha]	12,18	10,29	11,45	11,04	12,42	18,04	18,17	14,71	14,64	15,82	14,27	15,15
Minimum [dt/ha]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Maximum [dt/ha]	136,80	71,90	57,30	106,20	64,10	169,70	189,60	61,30	71,50	189,60	71,90	169,70
<b>Daten der Ertragskartierung: Ertrag (Gewichtskorrektur + Feuchtekorrektur)</b>												
Mittelwert [dt/ha]	19,19	20,84	30,65	28,54	28,86	38,83	35,08	35,00	33,38	26,83	28,52	33,85
Standardabweichung [dt/ha]	10,10	9,26	10,66	10,22	11,19	14,91	15,46	13,25	13,54	13,92	12,79	13,26
Minimum [dt/ha]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Maximum [dt/ha]	80,09	64,54	53,37	98,42	57,54	82,13	90,38	54,24	66,26	98,42	64,54	82,13
<b>Daten der Ertragskartierung: Ertrag (Filterung der Daten - Inputdaten für SAS)</b>												
Anzahl Punkte [n]	241,00	182,00	170,00	115,00	164,00	165,00	110,00	200,00	211,00	466,00	546,00	546,00
Mittelwert [dt/ha]	27,04	29,05	27,83	29,99	29,44	25,63	29,20	29,28	28,35	28,28	29,25	27,37
Standardabweichung [dt/ha]	1,75	2,34	1,26	2,25	1,89	1,52	1,45	1,69	1,20	2,25	1,99	1,76
Minimum [dt/ha]	21,15	22,43	24,41	25,63	22,92	21,28	24,94	23,89	24,94	21,15	22,43	21,28
Maximum [dt/ha]	32,56	34,02	31,10	34,98	33,38	30,68	32,08	33,70	31,83	34,98	34,02	31,83
<b>Kovariablen: elektrische Leitfähigkeit des Bodens (EC25)</b>												
Mittelwert [mS/m]	34,45	41,71	41,96	41,90	44,28	43,26	38,58	36,61	38,91	37,26	40,61	41,17
Standardabweichung [mS/m]	6,57	7,57	5,99	5,68	5,81	6,48	5,99	3,65	2,20	6,96	6,66	5,39
Minimum [mS/m]	21,06	30,09	29,19	28,36	28,71	27,30	28,69	29,15	31,15	21,06	28,71	27,30
Maximum [mS/m]	50,29	53,95	52,51	51,19	53,94	54,34	48,08	43,36	43,02	51,19	53,95	54,34
<b>Kovariablen: historische Ertragsdaten (Ertrag2009)</b>												
Mittelwert [dt/ha]	12,32	10,72	11,19	13,32	12,83	12,10	14,13	14,95	13,75	12,99	12,91	12,45
Standardabweichung [dt/ha]	2,36	2,03	2,67	1,65	1,98	1,75	1,88	2,02	1,25	2,22	2,67	2,22
Minimum [dt/ha]	3,22	4,84	3,35	9,72	4,97	7,83	8,00	12,06	11,62	3,22	4,84	3,35
Maximum [dt/ha]	19,27	18,19	18,43	17,31	18,36	16,78	19,05	20,34	17,27	19,27	20,34	18,43

Tabelle 73: Datenstruktur der Auswertungsdaten: Sojabohnen - 2012 - Brigade 10

<b>Deskriptive Statistik - Datenstruktur des Versuchsfeldes: Sojabohnen - 2012 - Brigade 10</b>												
<b>Parzellen/Variante</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>Var 1</b>	<b>Var 2</b>	<b>Var 3</b>
<b>Daten der Ertragskartierung: Rohdaten (Erntefeuchte)</b>												
Anzahl Punkte [n]		342,00	328,00	305,00	304,00	332,00	342,00			647,00	646,00	660,00
Mittelwert [dt/ha]		21,27	29,53	18,62	18,47	25,57	17,67			18,12	19,95	27,54
Standardabweichung [dt/ha]		17,29	19,44	8,35	7,89	16,34	8,28			8,32	13,76	18,04
Minimum [dt/ha]		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,00	0,00	0,00
Maximum [dt/ha]		83,10	97,10	39,00	41,40	93,70	42,50			42,50	83,10	97,10
<b>Daten der Ertragskartierung: Ertrag (Gewichtskorrektur)</b>												
Mittelwert [dt/ha]		16,72	18,16	17,28	16,22	18,29	15,90			16,55	16,49	18,22
Standardabweichung [dt/ha]		13,59	11,95	7,75	6,93	11,68	7,46			7,62	10,97	11,81
Minimum [dt/ha]		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,00	0,00	0,00
Maximum [dt/ha]		65,32	59,70	36,19	36,36	67,00	38,26			38,26	65,32	67,00
<b>Daten der Ertragskartierung: Ertrag (Gewichtskorrektur + Feuchtekorrektur)</b>												
Mittelwert [dt/ha]		16,38	17,80	17,03	15,89	17,98	15,63			16,29	16,15	17,89
Standardabweichung [dt/ha]		13,41	11,72	7,64	6,77	11,45	7,36			7,52	10,80	11,58
Minimum [dt/ha]		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,00	0,00	0,00
Maximum [dt/ha]		64,64	58,52	34,67	35,73	65,84	37,95			37,95	64,64	65,84
<b>Daten der Ertragskartierung: Ertrag (Filterung der Daten - Inputdaten für SAS)</b>												
Anzahl Punkte [n]		129,00	150,00	117,00	140,00	158,00	109,00			226,00	269,00	308,00
Mittelwert [dt/ha]		15,13	14,87	19,84	18,06	16,13	19,91			19,88	16,65	15,52
Standardabweichung [dt/ha]		2,00	1,54	4,34	1,82	1,31	3,59			3,99	2,40	1,56
Minimum [dt/ha]		8,54	11,44	5,89	9,77	11,68	9,29			5,89	8,54	11,44
Maximum [dt/ha]		19,82	20,56	25,21	21,96	23,38	24,38			25,21	21,96	23,38
<b>Kovariablen: elektrische Leitfähigkeit des Bodens (EC25)</b>												
Mittelwert [mS/m]		45,05	47,71	45,40	46,97	48,83	45,22			45,31	46,05	48,28
Standardabweichung [mS/m]		12,05	12,05	14,51	12,89	14,36	15,17			14,80	12,51	13,27
Minimum [mS/m]		18,83	17,23	14,88	13,58	16,98	14,28			14,28	13,58	16,98
Maximum [mS/m]		56,54	60,58	60,54	67,68	70,16	67,16			67,16	67,68	70,16
<b>Kovariablen: historische Ertragsdaten (Ertrag2009)</b>												
Mittelwert [dt/ha]		16,50	17,54	14,40	15,86	12,93	13,34			13,89	16,17	15,18
Standardabweichung [dt/ha]		1,40	1,67	2,60	2,56	2,95	2,41			2,56	2,10	3,34
Minimum [dt/ha]		12,58	11,69	8,91	9,24	1,37	6,52			6,52	9,24	1,37
Maximum [dt/ha]		19,39	20,51	18,38	19,85	18,01	19,43			19,43	19,85	20,51

### C.1.1 Geostatistik: systematische Modellwahl – Schritt 1.1

Tabelle 74: systematische Modellwahl - Schritt 1.1: Optimierung der Erwartungswertstruktur - Kandidatenmodelle mit Kovariablen

Modellwahl - Schritt 1.1: Optimierung der Erwartungswertstruktur – Kandidatenmodelle mit Kovariablen					
ID_Model	MODEL	AICC	LSMeans 1	LSMeans 2	LSMeans 3
1.1	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25	3451,30	20,11	16,74	15,29
2.12	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup>	3347,70	20,19	16,54	15,38
<b>3.123</b>	<b>Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25<sup>2</sup> EC25*x</b>	<b>3338,00</b>	<b>20,07</b>	<b>16,73</b>	<b>15,42</b>
4.1234	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x EC25*y	3340,00	20,08	16,72	15,42
5.12345	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x EC25*y Ertrag2009*x	3341,40	20,10	16,70	15,42
6.123456	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x EC25*y Ertrag2009*x Ertrag2009*y	3341,00	20,14	16,65	15,43
7.1234567	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x EC25*y Ertrag2009*x Ertrag2009*y Ertrag2009	3342,60	20,26	16,56	15,42
8.123457	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x EC25*y Ertrag2009*x Ertrag2009	3340,60	20,29	16,53	15,42
9.12346	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x EC25*y Ertrag2009*y	3341,70	20,08	16,72	15,42
10.123467	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x EC25*y Ertrag2009*y Ertrag2009	3342,80	19,99	16,78	15,43
11.12347	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x EC25*y Ertrag2009	3342,00	20,08	16,72	15,42
12.1235	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x Ertrag2009*x	3339,40	20,05	16,74	15,42
13.12356	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x Ertrag2009*x Ertrag2009*y	3340,80	19,99	16,79	15,41
14.123567	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x Ertrag2009*x Ertrag2009*y Ertrag2009	3341,90	20,19	16,62	15,41
15.12357	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x Ertrag2009*x Ertrag2009	3340,10	20,08	16,71	15,41
16.1236	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x Ertrag2009*y	3339,80	20,04	16,75	15,42
17.12367	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x Ertrag2009*y Ertrag2009	3341,60	19,97	16,81	15,42
18.1237	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x Ertrag2009	3340,00	20,07	16,73	15,42
19.124	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*y	3346,50	20,35	16,43	15,40
20.1245	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*y Ertrag2009*x	3348,30	20,32	16,47	15,41
21.12456	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*y Ertrag2009*x Ertrag2009*y	3350,30	20,32	16,46	15,41
22.124567	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*y Ertrag2009*x Ertrag2009*y Ertrag2009	3351,90	20,18	16,59	15,42
23.12457	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*y Ertrag2009*x Ertrag2009	3350,30	20,28	16,50	15,41
24.1246	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*y Ertrag2009*y	3348,40	20,35	16,43	15,41
25.12467	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*y Ertrag2009*y Ertrag2009	3350,50	20,35	16,43	15,41
26.1247	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*y Ertrag2009	3348,50	20,36	16,42	15,40
27.125	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> Ertrag2009*x	3347,70	20,19	16,57	15,40
28.1256	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> Ertrag2009*x Ertrag2009*y	3349,10	20,22	16,56	15,40

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Fortsetzung von vorheriger Seite - Tabelle 74: systematische Modellwahl - Schritt1.1: Optimierung der Erwartungwertstruktur

ID_Model	MODEL	AICC	LSMeans 1	LSMeans 2	LSMeans 3
29.12567	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> Ertrag2009*x Ertrag2009*y Ertrag2009	3351,00	20,12	16,64	15,40
30.1257	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> Ertrag2009*x Ertrag2009	3348,90	20,14	16,62	15,40
31.126	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> Ertrag2009*y	3349,30	20,21	16,53	15,39
32.1267	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> Ertrag2009*y Ertrag2009	3350,00	20,33	16,45	15,39
33.127	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> Ertrag2009	3349,70	20,20	16,54	15,38
34.13	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25*x	3447,80	20,02	16,88	15,32
35.134	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25*x EC25*y	3446,70	20,26	16,68	15,34
36.1345	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25*x EC25*y Ertrag2009*x	3443,40	20,20	16,74	15,34
37.13456	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25*x EC25*y Ertrag2009*x Ertrag2009*y	3445,10	20,21	16,72	15,34
38.134567	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25*x EC25*y Ertrag2009*x Ertrag2009*y Ertrag2009	3447,10	20,21	16,72	15,35
39.13457	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25*x EC25*y Ertrag2009*x Ertrag2009	3445,20	20,27	16,67	15,34
40.1346	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25*x EC25*y Ertrag2009*y	3444,50	20,26	16,66	15,35
41.13467	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25*x EC25*y Ertrag2009*y Ertrag2009	3445,60	20,35	16,60	15,34
42.1347	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25*x EC25*y Ertrag2009	3443,60	20,35	16,60	15,34
43.135	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25*x Ertrag2009*x	3441,90	20,10	16,82	15,34
44.1356	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25*x Ertrag2009*x Ertrag2009*y	3444,00	20,10	16,82	15,34
45.13567	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25*x Ertrag2009*x Ertrag2009*y Ertrag2009	3446,00	20,15	16,77	15,33
46.1357	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25*x Ertrag2009*x Ertrag2009	3444,00	20,10	16,82	15,34
47.136	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25*x Ertrag2009*y	3448,80	19,96	16,92	15,32
48.1367	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25*x Ertrag2009*y Ertrag2009	3444,80	20,32	16,63	15,32
49.137	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25*x Ertrag2009	3444,70	20,11	16,80	15,32
50.14	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25*y	3446,00	20,38	16,55	15,33
51.145	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25*y Ertrag2009*x	3441,40	20,21	16,72	15,34
52.1456	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25*y Ertrag2009*x Ertrag2009*y	3443,20	20,24	16,69	15,34
53.14567	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25*y Ertrag2009*x Ertrag2009*y Ertrag2009	3445,20	20,20	16,72	15,35
54.1457	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25*y Ertrag2009*x Ertrag2009	3443,30	20,26	16,67	15,34
55.146	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25*y Ertrag2009*y	3444,40	20,40	16,52	15,34
56.1467	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25*y Ertrag2009*y Ertrag2009	3444,80	20,48	16,47	15,33
57.147	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25*y Ertrag2009	3442,80	20,46	16,48	15,33
58.15	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 Ertrag2009*x	3440,00	20,11	16,80	15,33
59.156	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 Ertrag2009*x Ertrag2009*y	3442,00	20,12	16,79	15,34
60.1567	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 Ertrag2009*x Ertrag2009*y Ertrag2009	3444,10	20,14	16,77	15,33

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Fortsetzung von vorheriger Seite - Tabelle 74: systematische Modellwahl - Schritt1.1: Optimierung der Erwartungwertstruktur

ID_Model	MODEL	AICC	LSMeans 1	LSMeans 2	LSMeans 3
61.157	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 Ertrag2009*x Ertrag2009	3442,10	20,10	16,81	15,34
62.16	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 Ertrag2009*y	3453,30	20,10	16,74	15,29
63.167	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 Ertrag2009*y Ertrag2009	3444,20	20,46	16,49	15,31
64.17	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 Ertrag2009	3447,90	20,20	16,66	15,30
65.2	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 <sup>2</sup>	3515,80	19,97	16,71	15,31
66.23	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 <sup>2</sup> EC25*x	3491,20	19,79	17,01	15,37
67.234	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 <sup>2</sup> EC25*x EC25*y	3476,80	19,30	17,41	15,34
68.2345	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 <sup>2</sup> EC25*x EC25*y Ertrag2009*x	3467,80	19,30	17,42	15,35
69.23456	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 <sup>2</sup> EC25*x EC25*y Ertrag2009*x Ertrag2009*y	3466,00	19,29	17,44	15,35
70.234567	Ertrag2012=Variante Block P-Block EC25 <sup>2</sup> EC25*x EC25*y Ertrag2009*x Ertrag2009*y Ertrag2009	3462,90	19,79	17,03	15,32
71.23457	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 <sup>2</sup> EC25*x EC25*y Ertrag2009*x Ertrag2009	3469,50	19,24	17,47	15,35
72.2346	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 <sup>2</sup> EC25*x EC25*y Ertrag2009*y	3478,50	19,30	17,40	15,34
73.23467	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 <sup>2</sup> EC25*x EC25*y Ertrag2009*y Ertrag2009	3460,90	19,81	17,01	15,32
74.2347	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 <sup>2</sup> EC25*x EC25*y Ertrag2009	3472,20	19,45	17,28	15,34
75.235	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 <sup>2</sup> EC25*x Ertrag2009*x	3488,60	19,86	16,96	15,38
76.2356	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 <sup>2</sup> EC25*x Ertrag2009*x Ertrag2009*y	3487,70	19,73	17,05	15,37
77.23567	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 <sup>2</sup> EC25*x Ertrag2009*x Ertrag2009*y Ertrag2009	3488,40	20,00	16,82	15,36
78.2357	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 <sup>2</sup> EC25*x Ertrag2009*x Ertrag2009	3486,50	19,92	16,89	15,37
79.236	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 <sup>2</sup> EC25*x Ertrag2009*y	3487,30	19,66	17,11	15,37
80.2367	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 <sup>2</sup> EC25*x Ertrag2009*y Ertrag2009	3486,60	19,92	16,90	15,37
81.237	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 <sup>2</sup> EC25*x Ertrag2009	3484,60	19,92	16,89	15,37
82.24	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 <sup>2</sup> EC25*y	3516,10	19,85	16,80	15,29
83.245	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 <sup>2</sup> EC25*y Ertrag2009*x	3480,90	19,59	17,11	15,33
84.2456	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 <sup>2</sup> EC25*y Ertrag2009*x Ertrag2009*y	3470,70	19,46	17,27	15,33
85.24567	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 <sup>2</sup> EC25*y Ertrag2009*x Ertrag2009*y Ertrag2009	3471,60	19,70	17,06	15,32
86.2457	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 <sup>2</sup> EC25*y Ertrag2009*x Ertrag2009	3475,90	19,23	17,45	15,35
87.246	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 <sup>2</sup> EC25*y Ertrag2009*y	3518,20	19,85	16,79	15,29
88.2467	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 <sup>2</sup> EC25*y Ertrag2009*y Ertrag2009	3478,20	20,35	16,48	15,28
89.247	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 <sup>2</sup> EC25*y Ertrag2009	3507,50	20,01	16,67	15,30
90.25	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 <sup>2</sup> Ertrag2009*x	3494,30	19,99	16,80	15,36
91.256	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 <sup>2</sup> Ertrag2009*x Ertrag2009*y	3496,30	19,98	16,80	15,36
92.2567	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 <sup>2</sup> Ertrag2009*x Ertrag2009*y Ertrag2009	3498,30	19,92	16,85	15,36

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Fortsetzung von vorheriger Seite - Tabelle 74: systematische Modellwahl - Schritt1.1: Optimierung der Erwartungwertstruktur

ID_Model	MODEL	AICC	LSMeans 1	LSMeans 2	LSMeans 3
93.257	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 <sup>2</sup> Ertrag2009*x Ertrag2009	3496,40	19,99	16,79	15,36
94.26	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 <sup>2</sup> Ertrag2009*y	3517,20	19,94	16,73	15,30
95.267	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 <sup>2</sup> Ertrag2009*y Ertrag2009	3501,50	20,42	16,40	15,33
96.27	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 <sup>2</sup> Ertrag2009	3506,70	20,11	16,60	15,31
97.3	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25*x	3496,50	19,66	17,06	15,41
98.34	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25*x EC25*y	3477,00	19,48	17,28	15,33
99.345	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25*x EC25*y Ertrag2009*x	3467,80	19,48	17,29	15,34
100.3456	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25*x EC25*y Ertrag2009*x Ertrag2009*y	3467,70	19,52	17,27	15,34
101.34567	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25*x EC25*y Ertrag2009*x Ertrag2009*y Ertrag2009	3467,20	19,91	16,96	15,32
102.3457	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25*x EC25*y Ertrag2009*x Ertrag2009	3469,70	19,43	17,33	15,35
103.346	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25*x EC25*y Ertrag2009*y	3478,10	19,46	17,29	15,34
104.3467	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25*x EC25*y Ertrag2009*y Ertrag2009	3465,50	20,02	16,86	15,31
105.347	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25*x EC25*y Ertrag2009	3471,90	19,61	17,16	15,34
106.35	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25*x Ertrag2009*x	3497,20	19,68	17,04	15,42
107.356	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25*x Ertrag2009*x Ertrag2009*y	3491,30	19,55	17,15	15,40
108.3567	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25*x Ertrag2009*x Ertrag2009*y Ertrag2009	3490,70	19,95	16,82	15,38
109.357	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25*x Ertrag2009*x Ertrag2009	3488,80	19,85	16,90	15,39
110.36	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25*x Ertrag2009*y	3489,30	19,54	17,16	15,40
111.367	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25*x Ertrag2009*y Ertrag2009	3490,50	19,67	17,05	15,40
112.37	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25*x Ertrag2009	3489,50	19,80	16,94	15,41
113.4	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25*y	3531,90	19,47	16,93	15,29
114.45	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25*y Ertrag2009*x	3480,30	19,47	17,16	15,33
115.456	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25*y Ertrag2009*x Ertrag2009*y	3469,70	19,56	17,20	15,33
116.4567	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25*y Ertrag2009*x Ertrag2009*y Ertrag2009	3470,90	19,78	17,02	15,32
117.457	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25*y Ertrag2009*x Ertrag2009	3473,90	19,26	17,43	15,35
118.46	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25*y Ertrag2009*y	3531,60	19,50	16,93	15,28
119.467	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25*y Ertrag2009*y Ertrag2009	3476,50	20,36	16,48	15,28
120.47	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25*y Ertrag2009	3522,70	19,64	16,79	15,30
121.5	Ertrag2012 = Variante Block P-Block Ertrag2009*x	3539,50	19,79	16,64	15,45
122.56	Ertrag2012 = Variante Block P-Block Ertrag2009*x Ertrag2009*y	3541,40	19,77	16,65	15,44
123.567	Ertrag2012 = Variante Block P-Block Ertrag2009*x Ertrag2009*y Ertrag2009	3541,90	19,47	16,92	15,46
124.57	Ertrag2012 = Variante Block P-Block Ertrag2009*x Ertrag2009	3541,60	19,78	16,65	15,45
125.6	Ertrag2012 = Variante Block P-Block Ertrag2009*y	3571,30	19,69	16,55	15,39
126.67	Ertrag2012 = Variante Block P-Block Ertrag2009*y Ertrag2009	3552,40	20,24	16,19	15,41
127.7	Ertrag2012 = Variante Block P-Block Ertrag2009	3557,40	19,92	16,39	15,39

## C.1.2 Geostatistik: systematische Modellwahl – Schritt 1.2

Tabelle 75: systematische Modellwahl – Schritt 1.2: Optimierung der Erwartungswertstruktur – Kandidatenmodelle mit X,Y-Koordinaten

Modellwahl – Schritt 1.2: Optimierung der Erwartungswertstruktur – Kandidatenmodelle mit X,Y-Koordinaten					
ID_Model	MODEL	AICC	LSMeans 1	LSMeans 2	LSMeans 3
1.1	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x	3340,00	20,06	16,74	15,42
2.12	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x y	3333,70	20,94	15,91	15,47
3.123	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x y x*y	3335,00	20,96	15,90	15,46
4.1234	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x y x*y x*x	3330,00	20,97	15,89	15,47
5.12345	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x y x*y x*x y*y	3276,10	21,08	15,81	15,44
6.123456	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x y x*y x*x y*y x*x*x	3278,10	21,08	15,81	15,44
7.1234567	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x y x*y x*x y*y x*x*x y*y*y	3271,70	21,05	15,81	15,44
8.123457	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x y x*y x*x y*y y*y*y	3269,70	21,05	15,81	15,44
9.12346	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x y x*y x*x x*x*x	3331,50	20,96	15,88	15,47
10.123467	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x y x*y x*x x*x*x y*y*y	3270,30	21,06	15,80	15,44
<b>11.12347</b>	<b>Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25<sup>2</sup> EC25*x x y x*y x*x y*y*y</b>	<b>3268,30</b>	21,06	15,81	15,44
12.1235	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x y x*y y*y	3301,30	21,04	15,85	15,42
13.12356	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x y x*y y*y x*x*x	3276,60	21,08	15,81	15,44
14.123567	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x y x*y y*y x*x*x y*y*y	3270,90	21,05	15,82	15,44
15.12357	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x y x*y y*y y*y*y	3291,50	21,00	15,85	15,43
16.1236	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x y x*y x*x*x	3330,90	20,97	15,89	15,47
17.12367	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x y x*y x*x*x y*y*y	3269,30	21,06	15,81	15,44
18.1237	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x y x*y y*y*y	3292,80	21,03	15,85	15,42
19.124	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x y x*x	3328,00	20,96	15,89	15,48
20.1245	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x y x*x y*y	3291,80	20,97	15,86	15,50
21.12456	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x y x*x y*y x*x*x	3293,00	20,98	15,85	15,50
22.124567	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x y x*x y*y x*x*x y*y*y	3286,20	20,94	15,85	15,50
23.12457	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x y x*x y*y y*y*y	3286,00	20,94	15,86	15,51
24.1246	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x y x*x x*x*x	3329,50	20,96	15,88	15,47
25.12467	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x y x*x x*x*x y*y*y	3286,40	20,96	15,85	15,50
26.1247	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x y x*x y*y*y	3285,70	20,96	15,86	15,51
27.125	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x y y*y	3315,80	20,93	15,90	15,48
28.1256	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x y y*y x*x*x	3294,30	20,97	15,87	15,50
29.12567	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x y y*y x*x*x y*y*y	3289,00	20,93	15,87	15,51

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Fortsetzung von vorheriger Seite - Tabelle 75: systematische Modellwahl – Schritt 1.2: Optimierung der Erwartungswertstruktur

ID_Model	MODEL	AICC	LSMeans 1	LSMeans 2	LSMeans 3
30.1257	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x y y*y y*y*y	3306,90	20,90	15,90	15,49
31.126	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x y x*x*x	3329,00	20,96	15,89	15,48
32.1267	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x y x*x*x y*y*y	3288,60	20,95	15,87	15,51
33.127	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x y y*y*y	3310,10	20,92	15,90	15,49
34.13	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x x*y	3337,30	20,43	16,41	15,41
35.134	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x x*y x*x	3333,80	20,36	16,47	15,42
36.1345	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x x*y x*x y*y	3285,00	21,64	15,26	15,50
37.13456	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x x*y x*x y*y x*x*x	3286,90	21,62	15,27	15,50
38.134567	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x x*y x*x y*y x*x*x y*y*y	3270,20	21,14	15,71	15,46
39.13457	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x x*y x*x y*y y*y*y	3268,40	21,16	15,69	15,46
40.1346	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x x*y x*x x*x*x	3335,70	20,35	16,48	15,41
41.13467	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x x*y x*x x*x*x y*y*y	3272,70	21,47	15,40	15,48
42.1347	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x x*y x*x y*y*y	3270,80	21,49	15,39	15,49
43.135	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x x*y y*y	3305,50	21,47	15,42	15,47
44.1356	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x x*y y*y x*x*x	3286,50	21,66	15,24	15,50
45.13567	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x x*y y*y x*x*x y*y*y	3269,90	21,18	15,68	15,46
46.1357	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x x*y y*y y*y*y	3289,50	21,00	15,86	15,43
47.136	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x x*y x*x*x	3334,20	20,38	16,46	15,42
48.1367	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x x*y x*x*x y*y*y	3272,40	21,51	15,37	15,49
49.137	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x x*y y*y*y	3293,90	21,39	15,50	15,46
50.14	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x x*x	3334,70	20,06	16,73	15,42
51.145	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x x*x y*y	3290,20	21,14	15,70	15,51
52.1456	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x x*x y*y x*x*x	3291,40	21,14	15,70	15,50
53.14567	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x x*x y*y x*x*x y*y*y	3287,10	20,66	16,13	15,48
54.1457	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x x*x y*y y*y*y	3286,40	20,68	16,12	15,49
55.146	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x x*x x*x*x	3336,30	20,06	16,74	15,42
56.1467	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x x*x x*x*x y*y*y	3285,10	20,71	16,08	15,49
57.147	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x x*x y*y*y	3284,30	20,72	16,08	15,49
58.15	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x y*y	3313,90	20,84	15,99	15,48
59.156	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x y*y x*x*x	3292,60	21,12	15,72	15,51
60.1567	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x y*y x*x*x y*y*y	3289,40	20,68	16,12	15,50
61.157	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x y*y y*y*y	3311,70	20,44	16,35	15,46

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Fortsetzung von vorheriger Seite - Tabelle 75: systematische Modellwahl – Schritt 1.2: Optimierung der Erwartungswertstruktur

ID_Model	MODEL	AICC	LSMeans 1	LSMeans 2	LSMeans 3
63.167	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x x*x*x y*y*y	3287,30	20,71	16,10	15,50
62.16	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x x*x*x	3335,50	20,07	16,73	15,43
64.17	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x y*y*y	3309,90	20,54	16,26	15,47
65.2	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x y	3333,50	20,69	16,16	15,47
66.23	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x y x*y	3334,20	20,76	16,10	15,45
67.234	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x y x*y x*x	3329,40	20,75	16,10	15,46
68.2345	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x y x*y x*x y*y	3287,60	21,54	15,34	15,47
69.23456	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x y x*y x*x y*y x*x*x	3284,10	21,37	15,53	15,46
70.234567	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x y x*y x*x y*y x*x*x y*y*y	3282,20	21,40	15,48	15,47
71.23457	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x y x*y x*x y*y y*y*y	3286,00	21,58	15,28	15,48
72.2346	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x y x*y x*x x*x*x	3329,50	20,93	15,91	15,47
73.23467	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x y x*y x*x x*x*x y*y*y	3280,20	21,40	15,48	15,47
74.2347	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x y x*y x*x y*y*y	3284,20	21,58	15,28	15,47
75.235	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x y x*y y*y	3306,20	21,39	15,50	15,44
76.2356	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x y x*y y*y x*x*x	3283,70	21,47	15,42	15,46
77.23567	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x y x*y y*y x*x*x y*y*y	3282,20	21,51	15,35	15,47
78.2357	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x y x*y y*y y*y*y	3301,60	21,45	15,41	15,46
79.236	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x y x*y x*x*x	3331,40	20,69	16,17	15,46
80.2367	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x y x*y x*x*x y*y*y	3280,20	21,51	15,36	15,47
81.237	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x y x*y y*y*y	3301,50	21,45	15,42	15,45
82.24	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x y x*x	3327,70	20,72	16,12	15,47
83.245	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x y x*x y*y	3293,50	21,27	15,57	15,50
84.2456	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x y x*x y*y x*x*x	3295,10	21,20	15,64	15,51
85.24567	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x y x*x y*y x*x*x y*y*y	3292,10	21,24	15,57	15,51
86.2457	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x y x*x y*y y*y*y	3290,70	21,34	15,48	15,51
87.246	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x y x*x x*x*x	3327,50	20,93	15,91	15,47
88.2467	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x y x*x x*x*x y*y*y	3290,90	21,23	15,59	15,51
89.247	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x y x*x y*y*y	3289,50	21,33	15,50	15,51
90.25	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x y y*y	3314,40	21,07	15,77	15,48
91.256	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x y y*y x*x*x	3293,30	21,13	15,71	15,51
92.2567	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x y y*y x*x*x y*y*y	3290,10	21,21	15,61	15,51
93.257	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x y y*y y*y*y	3307,80	21,17	15,64	15,50

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Fortsetzung von vorheriger Seite - Tabelle 75: systematische Modellwahl – Schritt 1.2: Optimierung der Erwartungswertstruktur

ID_Model	MODEL	AICC	LSMeans 1	LSMeans 2	LSMeans 3
94.26	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x y x*x*x	3330,00	20,63	16,21	15,47
95.267	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x y x*x*x y*y*y	3288,90	21,19	15,63	15,51
96.27	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x y y*y*y	3309,80	21,13	15,70	15,49
97.3	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x*y	3335,20	20,43	16,41	15,41
98.34	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x*y x*x	3331,70	20,37	16,46	15,42
99.345	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x*y x*x y*y	3286,30	21,64	15,24	15,49
100.3456	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x*y x*x y*y x*x*x	3287,00	21,66	15,23	15,50
101.34567	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x*y x*x y*y x*x*x y*y*y	3280,20	21,42	15,45	15,47
102.3457	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x*y x*x y*y y*y*y	3285,00	21,49	15,37	15,46
103.346	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x*y x*x x*x*x	3333,80	20,37	16,46	15,42
104.3467	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x*y x*x x*x*x y*y*y	3278,50	21,51	15,37	15,48
105.347	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x*y x*x y*y*y	3283,40	21,40	15,45	15,45
106.35	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x*y y*y	3304,90	21,48	15,41	15,46
107.356	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x*y y*y x*x*x	3285,00	21,67	15,23	15,50
108.3567	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x*y y*y x*x*x y*y*y	3280,30	21,48	15,39	15,47
109.357	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x*y y*y y*y*y	3302,00	21,31	15,55	15,43
110.36	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x*y x*x*x	3332,30	20,36	16,47	15,42
111.367	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x*y x*x*x y*y*y	3278,20	21,46	15,40	15,47
112.37	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x*y y*y*y	3300,00	21,33	15,53	15,43
113.4	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x*x	3332,80	20,07	16,72	15,42
114.45	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x*x y*y	3292,00	21,12	15,70	15,49
115.456	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x*x y*y x*x*x	3293,10	21,13	15,71	15,50
116.4567	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x*x y*y x*x*x y*y*y	3293,80	20,94	15,88	15,49
117.457	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x*x y*y y*y*y	3293,70	21,04	15,78	15,49
118.46	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x*x x*x*x	3334,80	20,08	16,72	15,42
119.467	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x*x x*x*x y*y*y	3293,20	20,69	16,10	15,48
120.47	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x*x y*y*y	3295,30	20,67	16,11	15,46
121.5	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x y*y	3313,60	20,84	15,98	15,47
122.56	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x y*y x*x*x	3291,20	21,13	15,71	15,51
123.567	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x y*y x*x*x y*y*y	3291,80	20,95	15,87	15,49
124.57	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x y*y y*y*y	3315,10	20,74	16,07	15,46
125.6	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x*x*x	3333,60	20,06	16,74	15,43
126.67	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x x*x*x y*y*y	3291,60	20,69	16,10	15,47
127.7	Ertrag2012 = Variante Block P-Block EC25 EC25 <sup>2</sup> EC25*x y*y*y	3314,30	20,52	16,27	15,44

## Anhang D: Ökonomische Auswertung der Arbeits- und Produktionsverfahren

### D.1 Grunddaten zur ökonomischen Auswertung der Produktionsverfahren

Tabelle 76: Grunddaten und Annahmen zur ökonomischen Auswertung der Produktionsverfahren im On-Farm Experiment

<b>Grunddaten und Annahmen zur ökonomischen Auswertung der Produktionsverfahren im On-Farm Experiment</b>			
<b>Variablen und Annahmen zur ökonomischen Auswertung</b>		<b>Berechnung des Arbeitszeitbedarfs, KTBL (Jäger, 1991a)</b>	
Zinssatz (p_z) [%]	4,00	Länge Arbeitstag (Halbtag oder Ganztage)	Halbtag
Reparaturkosten –pauschaler Abzug von KTBL-Werten [%]	50,00	Halbtagsdauer (HAT) [h]	6,00
Wartung und Unterhaltung (% vom Anschaffungswert)	1,00	Verlustzeitzuschlag [%]	1,00
Berechnung von Versicherungskosten	Nein	fixe Nebenzeit [min/ha]	1,00
Berechnung sonst. fixe Kosten (Vers. TÜV, Sicherheit.)	Nein	Schichtsystem	1 Schicht - 12 h
Anschaffungswert der Maschinen (Quellen)	Demofarm: dt. Firmen Staat: Buchhaltung Ganhe Haushalt: Maschinenkatalog	mittlere Transportgeschwindigkeit [km/h]	10,00
		Anzahl Zugmaschinen für Transporte [n]	1,00
Anschaffungswert dt. Maschinen – Anteil Subvention [%]	0,00	Anzahl Wagen für Transporte [n]	1,00
Restwert Maschinen [%]	10,00	maximale bearbeitbare Hangneigung [%]	10,00
Wechselkurs Euro: Renminbi 1:	8,25	<b>Korrekturfaktor - Veränderung der:</b>	
Nebenernteprodukt abgefahren:	Nein	Arbeitsgeschwindigkeit bei Hangneigung [%]	2,00
Anteil der Schmiermittelkosten an Dieselverbrauch [%]	1,00	Arbeitsbreite bei Hangneigung [%]	2,00
Wartezeit (Anteil an Grundzeit) [%]	1,00	Wendezeit bei Hangneigung [%]	5,00
<b>Parameter für die Berechnung des Dieselbedarfs nach Schreiber, 2006</b>		fixe Nebenzeit bei Hangneigung [%]	20,00
Triebkraftverhalten (Schlupf)	Gut	<b>Arbeitsorganisation:</b>	
Bodenzustand Rollwiderstandsbeiwert	Trockener Stoppelacker	Korrekturfaktor Anlage Fahrgassen [%]	-20,00
Parameter für Getriebeverluste - Wirkungsgradeinstufungen	Gut	Demofarm	Ja
Festsetzung der Qualitätsstufen für Getriebe der Zugmaschinen – Differenzierung zwischen Zugmaschinen	Demofarm: gut, Staatsfarm: schlecht Haushalt: schlecht	Staatsfarm	Nein
		Haushalt	Nein
Verbrauch auf Streckenfahrten [l/km]	0,60	Geschwindigkeitskorrektur Vorgewende [%]	5,00
Annahme Bodenbearbeitungswiderstand	mittel	<b>Anlage von Vorgewende:</b>	
		Vorgewendebreite: Demofarm [m]	30,00
		Vorgewendebreite: Staatsfarm [m]	0,00
		Vorgewendebreite: Kleinbauer [m]	0,00

## D.2 Schlagübersicht Ganhe und Beispielschläge zur ökonomischen Auswertung

Tabelle 77: Schlagübersicht Ganhe und Beispielschläge zur ökonomischen Auswertung

Schlagübersicht Ganhe und Beispielschläge zur ökonomischen Auswertung (gekürzt)						
Nr.	Feldname	Bewirtschafter	Fläche		Schlaglänge	Schlagbreite
			ha	mu	m	m
1	Test/1 ha	Beispielschlag	1,00	15,00	142,86	70,00
2	Test/2 ha	Beispielschlag	2,00	30,00	202,03	98,99
3	Test/5 ha	Beispielschlag	5,00	75,00	319,44	156,52
4	Test/10 ha	Beispielschlag	10,00	150,00	451,75	221,36
5	Test/20 ha	Beispielschlag	20,00	300,00	638,88	313,05
6	Test/40 ha	Beispielschlag	40,00	600,00	903,51	442,72
7	Test/80 ha	Beispielschlag	80,00	1.200,00	1.277,75	626,10
8	Test/120 ha	Beispielschlag	120,00	1.800,00	1.564,92	766,81
9	Brig 10/Haus	Kleinbauer Haushalt	6,75	101,25	500,00	135,00
10	Brig 10/Staat	Staatsfarm Ganhe	6,75	101,25	500,00	135,00
11	Brig 10/Demo	Demofarm Ganhe	6,75	101,25	500,00	135,00
12	Brig 5/Haus	Kleinbauer Haushalt	9,36	140,40	520,00	180,00
13	Brig 5/Staat	Staatsfarm Ganhe	9,36	140,40	520,00	180,00
14	Brig 5/Demo	Demofarm Ganhe	9,36	140,40	520,00	180,00

## D.3 Betriebsmittel – Übersicht zu Sorten, Preisen und Eigenschaften

Tabelle 78: Saatgut – Übersicht zu Sorten, Preisen und Eigenschaften

Sommerweizen - Saatgut und Sorten					Sojabohnen - Saatgut und Sorten				
Frucht	Sorten ID	Preis	TKM	KF	Frucht	Sorten ID	Preis	TKM	KF
Nr.	Fruchtart - Sorte - Jahr	RMB/kg	g	%	Nr.	Fruchtart - Sorte - Jahr	RMB/kg	g	%
1	SW 41080, 2010	2,70	36,7	74,0	1	Soja 711, 2010	4,6	150	85
2	SW 1791, 2010	2,70	36,3	82,0	2	Soja 641, 2010	4,6	150	85
3	SW 41080, 2011	2,72	36,7	74,0	3	Soja 2011, 2010	4,5	150	85
4	SW 41080, 2012	2,50	35,0	75,0	4	Soja 2011, 2012	5,0	160	85
5					5	Soja 1152, 2011	4,6	180	85
6					6	Soja 1152, 2012	5,0	160	85



Tabelle 80: Pflanzenschutzmittel - Übersicht zu Wirkstoffen, Preisen und Eigenschaften

Pflanzenschutzmittel - Übersicht zu Wirkstoffen, Preisen und Eigenschaften der im Projekt eingesetzten PSM													
Nr	ID-PSM	Wirkstoff	Packung		Preis		Nr	ID-PSM	Wirkstoff	Packung		Preis	
	Wirkstoff - Versuchsjahr	g/l - %		E.	RMB	RMB/kg		Wirkstoff - Versuchsjahr	g/l - %		E.	RMB	RMB/kg
<b>Herbizide</b>							<b>Fungizide</b>						
1	Clomazone, 2010	48 g/l	0,50	kg	27,00	54,00	1	Mancozeb, 2010/11					50,00
2	Fomesafen, 2010	25 g/l	0,50	kg		31,20		Mancozeb, 2012					61,60
	Fomesafen, 2011	25 g/l	0,50	kg		62,50	2	Mancoz./ Dimethom., 2011/12	500 g/kg				550,00
	Fomesafen, 2012	25 g/l	0,50	kg		31,20	3	Mancoz./Cymoxanil, 2010/11	720 g/l				99,00
3	Bentazon, 2011	49 %	1,00	l		40,00		Mancozeb/ Cymoxanil, 2012	720 g/l				121,00
	Bentazon, 2012	50 %	1,00	l		50,00	4	Propamoc./Fluopicol., 2011/12					340,00
4	Thifensulfuron-methyl, 2011	75 g/l	0,01	kg	3,00	310,00	5	Cyazofamid, 2010-2012					300,00
5	Tribenuron-methyl, 2010	10 %				600,00	6	Fluazinam, 2011					500,00
	Tribenuron-methyl, 2011	10 %				600,00		Fluazinam, 2012					594,00
	Tribenuron-methyl, 2012	10 %				600,00	7	Tebuconazol (Nativo), 2010	25 %				180,00
6	Fenoxaprop (Puma), 2011-12	69 g/l		l		53,00	8	Azoxystrobin (Amistar), 2010	250 g/l				1.050,00
7	Rimsulfuron, 2010	25 %				1800,00		Azoxystrobin (Amistar), 2012	250 g/l				1.540,00
	Rimsulfuron, 2011	25 %				1800,00	9	Mancoz/Metal (Ridomil), 2010					74,50
	Rimsulfuron, 2012	25 %				2420,00	10	Pyraclostrobin (Cabrio), 2012					480,00
8	Metribuzin, 2009	70 %		l		72,00	11	Baitai, 2011					930,00
	Metribuzin, 2010	70 %				176,00	<b>Beizen</b>						
	Metribuzin, 2011	70 %				260,00	1	Carbofu. Carben, Thiram 2009	35 %	1,00	l	20,00	20,00
	Metribuzin, 2012	70 %				176,00	2	Carbofuran, 2009		0,02	kg	2,00	100,00
9	Nicosulfuron + Metrib., 2010	3 % /4 %				87,50	3	Carbendazim, 2009	75 %	0,40	kg	5,00	12,50
10	2,4-D, 2010/11	72 %	0,50	l		30,70	4	Mancozeb, 2010					50,00
	2,4-D, 2012	72 %	0,50	l		23,40	6	Difenoconazol, 2009-12					20,00
11	Clethodim, 2010-12	12 %				122,50	<b>Pflanzenstärkungstoffe/</b>						
12	Fluazifop, 2012	15 %		l		105,60	1	Brassinolide (Gibber.-acid), 09	0,0004 g/l				66,00
13	Metolachlor (Dual), 2011	96 %				60,00	2	YeBai Yin, 2010		5000,00	ml		60,00
	Metolachlor (Dual), 2012	96 %				105,00		YeBai Yin, 2011		800,00	ml	20,00	90,00
14	Topramezone, 2012	n.v.				240,00	3	Yun Da-120, 2011					64,00
15	Atrazin, 2012	n.v.				120,00	4	Mai Ye Feng, 2011					55,00
16	Mesotrione, 2011	n.v.				40,00		Mai Ye Feng, 2010		5000,00	ml		10,00
17	Themetsulfuron, 2011	n.v.				70,00	5	Quan'an, 2011					50,00

## D.4 Zugmaschinen und Arbeitsgeräte – Grunddaten der eingesetzten Maschinen

Tabelle 81: Übersicht zu den Grunddaten der im Projekt eingesetzten Maschinen

Zugmaschinen und Arbeitsgeräte – Übersicht zu den Grunddaten der im Projekt eingesetzten Maschinen								
	Tech. Daten (Leistung, Arbeitsbreite, Masse)			Anschaff. wert	Nutzungspotential		Reparat.	Rüstz.
Zugmaschinen	Leistung [KW]	m_Zug [kg] Leergewicht	M_Achse kg	AW_AM [RMB]	N_AM_Leistung [a]	N_AM_Zeit [h]	K_Rep RMB/h	RaH [h]
Traktor: Claas Axion 850 – 171,0 KW	171,00	8.098	5.669	701.250,00	12	10.000,00	37,13	0,50
Traktor: Claas Axion 810 – 125,0 KW	125,00	7.148	5.004	505.858,65	12	10.000,00	32,18	0,50
Traktor: Claas Arion 630 C – 110,0 KW	110,00	5.870	4.109	453.750,00	12	10.000,00	30,53	0,50
Drescher: Class Lexion 570 – 265,0 KW	265,00	17.375	12.163	1.897.500,00	10	3.000,00	66,00	0,50
Traktor: John Deere (A) 7830 – 170,0 KW	170,00	7.800	5.460	900.000,00	12	10.000,00	35,48	0,50
Traktor: KAT 1304 – 93,0 KW	93,00	5.960	4.172	175.560,00	10	8.300,00	30,53	0,50
Traktor JD 9330 – 285,0 KW	285,00	16.835	11.785	1.300.000,00	12	10.000,00	45,38	0,50
LKW Foton Forland – 200,0 KW	200,00	9.620	6.734	340.000,00	6	12.000,00	41,25	0,30
Drescher John Deere (C) 1048 – 85,0 KW	85,00	4.770	3.339	183.200,00	6	1.800,00	28,88	0,50
Drescher: John Deere (C) 1076 – 117,0 KW	117,00	7.190	5.033	451.148,50	6	1.800,00	41,25	0,50
Traktor (Kette): YTO DFH - 820 KT - 58,8 KW	59,00	6.200	4.340	132.500,00	10	8.300,00	24,75	0,50
Traktor: Lovol 1854 – 136,0 KW	136,00	7.150	5.005	370.000,00	10	8.300,00	33,83	0,50
Kleintraktor: DF 182 - 14,7 KW	15,00	1.285	900	25.000,00	6	5.000,00	8,25	0,25
Kleintraktor: DF 404 - 29,4 KW	29,00	1.485	1.040	44.000,00	6	5.000,00	8,25	0,25
Kleintraktor: DF 202 - 14,7 KW	15,00	1.385	970	25.000,00	6	5.000,00	8,25	0,25
Arbeitsgeräte	b_Ag [m]	m_AG [kg]	Stützlast[kg]	RMB	[a]	[NE]	RMB/NE	RaF [h]
Schneidwerk: Claas S 750 Autocontour - 7,5 m	7,50	2.150		247.500,00	10	4.300,00	20,63	0,25
Pflug + Packer: Lemken Europal 8 + Variopak - 1,4 m	1,40	2.055		221.378,85	14	2.000,00	57,75	0,25
Grubber: Lemken Karat 9 / 5 KA - 5 m	5,00	4.157	208	331.831,50	14	5.400,00	24,75	0,25
Kurzscheibenegge: Lemken Rubin 9/5 KÜA - 5 m	5,00	5.131	257	389.672,25	14	4.500,00	20,63	0,25
Lemken Solitär 9/5 KA - DS + Rubin 9/5 KÜA - 5 m	5,00	6.635	332	811.024,50	12	3.400,00	33,00	0,25
Einzelkorndrillmaschine: Monosem NG Plus 4 - 3,2 m	3,20	1.476		266.565,75	8	1.500,00	33,00	0,25
Düngerstreuer: Rauch Axis 3.1 - 30 m	30,00	320		37.537,50	10	4.000,00	6,19	0,25
Feldspritze: Lemken Primus 45/3 - 30 m	30,00	2.990	150	402.946,50	10	20.000,00	4,33	0,25

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Fortsetzung von vorheriger Seite - Tabelle 81: Zugmaschinen und Arbeitsgeräte

Arbeitsgeräte	Tech. Daten (Leistung und Masse)			Anschaff. wert	Nutzungspotential		Reparat.	Rüstz.
	b_Ag [m]	m_AG [kg]	Stützlast[kg]	[RMB]	[a]	[NE]	RMB/NE	RaF [h]
Schneidwerk: John Deere (C) 218 F - 4,57 m	4,57	1.450		70.000,00	6	1.680,00	15,00	0,25
Schneidwerk: John Deere (C) - 3,66 m	3,66	1.050		50.000,00	6	1.680,00	15,00	0,25
Pflug: 1 LQS 535 - 1,75 m	1,75	500		7.870,00	10	1.000,00	37,13	0,25
Scheibenegge: 1 BZP – 3,3 m	3,00	1.550	78	18.000,00	10	2.600,00	22,69	0,25
Walze: Baihua - 12,25 m	12,25	7.700	385	100.000,00	10	5.100,00	6,19	0,25
Dammformer: 12Q 39 6 x 1,1m - 6,6 m	6,60	1.500		12.400,00	6	600,00	12,38	0,25
Drillmaschine: 2 BSW - 5,4 m	5,40	1.500		48.250,00	10	2.100,00	20,63	0,25
Drillmaschine: Baihua 6 x 1,1m - 6,6 m	6,60	1.700		150.000,00	10	2.100,00	20,63	0,25
Anbauspritze: 3 WX 1000 - 18 m	18,00	800		37.600,00	10	6.000,00	1,86	0,25
Dammformer: EB 2R - 1,3 m	1,30	180		700,00	6	900,00	8,25	0,25
Walze: EB 3 x 1,3 - 3,9 m	3,90	450	23	9.000,00	10	1.100,00	0,83	0,25
Häufelpflug: EB - 1,3 m	1,30	180		3.000,00	6	300,00	12,38	0,25
Drillmaschine (Weizen): 2BS 240 - 2,4 m	2,40	408		15.000,00	6	640,00	10,31	0,25
Drillmaschine (Soja): 2 BJ - 2B - 1,3 m	1,30	360		5.700,00	6	640,00	10,31	0,25
Anbauspritze: EB - 5,2 m	5,20	300		3.480,00	6	720,00	2,89	0,25
<b>Arbeitsgeräte (Ausbringung und Transport)</b>	<b>Kap_AG [l]</b>	<b>m_AGges kg mit Ladung</b>	<b>Stützlast[kg]</b>	<b>[RMB]</b>	<b>[a]</b>	<b>[NE]</b>	<b>RMB/NE</b>	<b>RaF [h]</b>
Lemken Solitär 9/5 KA - DS + Rubin 9/5 KÜA - 5 m	2300,00	6.635	332	811.024,50	12	3.400,00	33,00	0,25
Einzelkorndrillmaschine: Monosem NG Plus 4 - 3,2 m	300,00/300,00	1.476		266.565,75	8	1.500,00	33,00	0,25
Drillmaschine (Weizen): 2 BSW - 5,4 m	400,00/450,00	2.350,00		48.250,00	10	2.100,00	20,63	0,25
Drillmaschine (Soja): Baihua 6 x 1,1 m - 6,6 m	400,00/450,00	2.550,00		150.000,00	10	2.100,00	20,63	0,25
Drillmaschine (Weizen): 2BS 240 - 2,4 m	100,00/150,00	658,00		15.000,00	6	640,00	10,31	0,25
Drillmaschine (Soja): 2 BJ - 2B - 1,3 m	87,50/70,00	517,50		5.700,00	6	640,00	10,31	0,25
Feldspritze: Lemken Primus 45/3 - 30 m	4.400	7.390,00	150	402.946,50	10	20.000,00	4,33	0,25
Anbauspritze: 3 WX 1000 - 18 m	1.000,00	1.800,00		37.600,00	10	6.000,00	1,86	0,25
Wasserfass: EB5000 - 5000 l	5.000,00	5.600,00	30	10.000,00	8	6.400,00	0,41	0,25
Hänger: Baihua – 8 t	8.000,00	11.200,00	160	15.000,00	8	16.500,00	0,83	0,05
Pritsche: Foton LKW - 12 t	12.000,00			125.000,00	11	30.000,00	0,41	0,05
Hänger: EB1500, einachsrig - 1,5 t	1500,00	1.850,00	18	3.000,00	8	4.800,00	0,83	0,05

Tabelle 82: Teil- und Elementarzeiten: Daten der Arbeitsbeobachtung und KTBL-Werte

<b>Zugmaschinen und Arbeitsgeräte: Teil- und Elementarzeiten Mittelwert (Ø) - Daten der Arbeitsbeobachtung und KTBL-Werte im Vergleich</b>																				
<b>Maschinen - Arbeitsgeräte</b>	<b>Arbeitsgeschwindigkeit [km/h]</b>							<b>Wendezeit (ohne Vorgewende) [s]</b>												
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Ø</b>	<b>KTBL</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>Ø</b>	<b>KTBL</b>	
Schneidwerk: Claas S 750 Autocontour - 7,5 m	7	8	10	9	11	9,00	8,00	19	25	54	21	19	32	17	24	16	25	25,22	40,00	
Maispflücker: Claas Conspeed 8-7 FC - 6 m	8	7	10	10	9	9,00	8,00	15	42	19	57	24	39	36	32	38	25	32,67	40,00	
Pflug + Packer: Lemken Europal 8 + Variopak - 1,4 m	7	8	9	8	8	8,00	8,00	23	25	27	37	37	30	28	36	25	30	29,80	40,00	
Grubber: Lemken Karat 9 / 5 KA - 5 m	8	10	10	9	8	9,00	8,00	25	27	31	51	21	39	23	38	24	31	31,00	25,00	
Kurzscheibenegge: Lemken Rubin 9/5 KÜA - 5 m	12	11	10	14	12	11,80	10,00	15	19	12	15	25	18	14	20	13	18	16,86	20,00	
Walze: KTBL, Cambridgewalze - 12,25 m						6,00	6,00											25,00	25,00	
Lemken Solitär 9/5 KA - DS + Rubin 9/5 KÜA - 5 m	9	12	15	11	12	11,80	12,00	71	57	45	62	48	45	69	39	63	34	53,30	60,00	
Einzelkorndrillmaschine: Monosem NG Plus 4 - 8 R - 3,2 m	6	7	5	5	7	6,00	6,00	45	73	74	50	60	61	74	55	57	56	60,50	60,00	
Feldspritze: Lemken Primus 45/3 - 30 m	8	8	7	7		7,50	6,00	52	56	62	50	52	63	43	65	37	64	54,40	60,00	
Düngerstreuer: Rauch Axis 3.1 3 m	8	8	8	8	8	8,00	10,00	35	15	20	18	17	29	33	26	15	15	22,33	60,00	
Schneidwerk: John Deere (C) 218 F - 4,66 m	7	6	3	6	7	5,80	6,00	54	32	39	24	23	45	34	34	29	30	34,40	40,00	
Pflug: 1 LQS 535 - 1,75 m	7	6	8	7	7	7,00	8,00	29	38	44	35	37	38	52	46	40	41	40,00	40,00	
Scheibenegge: 1 BZP - 3. 3 m	11	7	12	9	11	10,00	10,00	13	43	36	36	32	36	26	35	25	25	30,67	40,00	
Walze: Baihua - 12,25 m	7	6	5	6	6	6,00	6,00	15	21	25	23	21	32	16	25	18	22	21,86	40,00	
Dammformer: 12Q 39 6 x 1,1m - 6,6 m	8	6	7	8	6	7,00	8,00											40,00	40,00	
Drillmaschine: 2 BSW - 5,4 m	8	9	7	6		7,50	10,00	92	68	78	81	85	36	44	70	79	70	70,33	60,00	
Drillmaschine: Baihua 6 x 1,1m - 6,6 m	8	8	6	7	8	7,40	8,00	90	75	59	8	49	76	78	53	59	81	67,83	60,00	
Einzelkorndrillmaschine: Mais, 9R - 6,3 m	6	8	10	8		8,00	8,00											60,00	60,00	
Anbauspritze: 3 WX 1000 - 18 m	6	6	6	6	6	6,00	6,00	45	54	68	40	78	60	48	72	79	56	60,00	60,00	
Wasserfass: EB5000 - 5000 l						40,00	40,00											60,00	60,00	
Dammformer: EB 2R - 1,3 m	6	6	5			5,67	6,00	34	54	34	29	42	30	53	60	32	32	40,00	40,00	
Walze: EB3x1,3 - 3,9 m	4	6	8	5	7	5,90	8,00	15	20	17	23	14	24	24	18	16	17	18,83	40,00	
Häufelpflug: EB - 1,3 m	6	7	5	7	5	6,00	6,00	25	37	28	33	44	37	47	38	37	49	37,50	40,00	
Drillmaschine (Weizen): 2BS 240 - 2,4 m	8	7	9	8	8	8,00	10,00	17	18	16	15	19	20	20	40	33	35	23,30	60,00	
Drillmaschine (Soja): 2 BJ - 2B - 1,3 m	6	7	6	6		6,25	6,00	60	35	40	30	20	40	41	34	43	32	37,50	60,00	
Anbauspritze: EB - 5,2 m	6	5	5			5,33	6,00	34	23	51	24	56	45	51	31	32	29	37,60	60,00	

## D.5 Berechnung des Arbeitszeitbedarfs - Kalkulationsverfahren nach KTBL

Tabelle 83: Berechnung des Arbeitszeitbedarfs nach KTBL – Einteilung Arbeitsverfahren

Übersicht zur Berechnung des Arbeitszeitbedarfs – Einteilung der Arbeitsverfahren							
Nr.	1	2	3	4	5	6	7
Bezeichnung und Beschreibung des Arbeitsverfahrens	normale Flächen- oder Streifenförmige Feldarbeit ohne Ausbringung oder Ernten	wie 1 jedoch mit Bunkerentleerung oder füllung am Feldrand (Arbeitsgerät transportiert selbst)	wie 2 jedoch mit Bunkerentladung oder Füllung am Hof (Arbeitsgerät transportiert selbst)	wie 2 jedoch mit simultanem Abtransport (zeitgl. Transportphase) und event. Ladephase (2- oder 3-Phasen)	wie 4 jedoch erfolgt das Bunkern ohne Arbeitsunterbrechung auf dem Feld (Bunkern in Fahrt)	Ernte auf an das Feldarbeitsgerät angehängte n Wagen (2-3 Phasensystem)	Ernte auf ein parallel zum Feldarbeitsgerät fahrendes Transportfahrzeug (2 - 3 Phasensystem)
Transporte	Feldarbeit ohne Transporte		Feldarbeit mit Transporten				
Bunkerfüllung	ohne Ernte/Ausbr. von Betriebsm.	Feldarbeiten mit Bunker				Feldarbeiten ohne Bunker	
		bunkern am Feldrand	Arbeitsgerät führt Transport aus	bunkern am Feldrand auf Wagen	bunkern während der Ernte (in Fahrt)	Ernte auf angehängten Wagen	Ernte auf parallel fahrende Transport

Tabelle 84: Berechnung des Arbeitszeitbedarfs nach KTBL – Teilzeitmethode

Berechnung des Arbeitszeitbedarfs nach KTBL (Jäger, 1991b) – Teilzeitmethode										
Nr	ABK.	Berechnungsgröße	E.	1	2	3	4	5	6	7
<b>1</b>	<b>HZ</b>	<b>Hauptzeit</b>	<b>h</b>							
1.1	HZ	Hauptzeit	h	$= A\_F [ha] * 10 / b\_AG [m] * v\_AG [km/h]$						
<b>2</b>	<b>NW</b>	<b>Nebenzeit Wenden</b>	<b>h</b>							
2.1	nAS	Zahl der Arbeitsstreifen (AA)	n	$= \text{Aufrunden} (b\_F [m] / b\_AG [m])$						
2.2	nWH	Zahl der Wendung auf Hauptparzelle	n	$= (\text{Summe} (nAS [n] * 0,5) - 1$						
2.3	nWV	Zahl der Wendungen je Vorgewende	n	$= \text{Aufrunden} (b\_V [m] / b\_AG [m])$						
2.4	b_B	Breite des Beetes	m	$= \text{GANZZAHL} (40 / (2 * b\_AG [m])) * 2 * b\_AG [m]$						
2.5	QFS	mittlere Querfahrtsstrecke (BB)	m	$= b\_V [m] / 2$						
2.6	t_QFS	Zeitbedarf Querfahrt (BB)	s	$= nWH [n] * QFS [m] / (v\_AG [km/h] / 3,6) * 0,95$						
2.7	nWH_RB	Zahl der Wend.auf der Hauptparzelle	n	$= \text{Aufrunden} (b\_F [m] - b\_AG [m] / b\_AG [m]) * 2$						
2.8	NW_GF	Nebenzeit Wenden	h	$= ((nWH [n] + nWV [n]) * wz [s] + t\_QFS [s]) / 3600$						
2.9	NW_AA	Nebenzeit Wenden Auf- und Abfahrt	h	$= (nWH [n] * wz [s]) / 3600$						
2.10	NW_AA_V	Nebenzeit Wenden A. u A. Vorgew.	h	$= ((nWH [n] + nWV [n]) * wz [s]) / 3600$						
2.11	NW_BB	Nebenzeit Wenden Beetbearbeitung	h	$= (nWH [n] * wz [s] + t\_QFS [s]) / 3600$						
2.12	NW_BB_V	Nebenzeit Wenden Beetb.Vorgew.	h	$= ((nWH [n] + nWV [n]) * wz [s] + t\_QFS [s]) / 3600$						

Fortsetzung auf der nächsten Seite

**Fortsetzung von vorheriger Seite - Tabelle 84: Berechnung des Arbeitszeitbedarfs nach KTBL – Teilzeitmethode**

Nr	ABK.	Berechnungsgröße	E.	1	2	3	4	5	6	7
2.13	NW_RB	Nebenzeit Wenden Rundumearbeitung	h	= (nWH_Rb [n] * wz [s]) / 3600						
3.	NV	Versorgungszeit	h							
3.1	nBL	Anzahl Bunkerladungen	n	= m_BM [kg] * A_F [ha] / Kap_AG [kg]						
3.2	nWL	Anzahl Wagenladungen	n	= m_BM [kg] * A_F [ha] / KapW [kg]						
	NV^	Nebenzeit Versorgen je Lade/Entladevorgang	h	= 0	= (3 [min] + blz [min]) / 60	=(3[min]+blz[mi n]) / 60 + WzHF[h]	=(3[min]+bl z [min]) / 60	= 0 / 60	= 2 / 60	= 0,5 / 60
3.3	NV	Nebenzeit Versorgen	h	= 0	= NV^ [h] * nBL [n]				= NV^ [h] * nWL [n]	
4	N	Nebenzeit	h							
5	GrZ	Grundzeit	h	= HZ [h] + NZ [h]						
6	VZ	Verlustzeit	h	= GrZ [h] * VZ_zu [%]						
7	AZ	Ausführungszeit	h	= GrZ [h] + VZ [h]						
8	WzHF	Wegezeit Fahrt Hof-Feld	h	= s_HF [km] / v_Tr [km/h]						
8.1	WzPz	Wegezeit Parzellenwechsel	h	= s_FF [km] / v_Tr [km/h]						
9	NettoHT	Netto-Halbtagsdauer	h	= HAT - (r_aH/60) - 2 * WzHF	=HAT-(r_aH/60)	= HAT [h] - (r_aH [min] / 60) - 2 * WzHF [h]				
10	nHS	Zahl der benötigten Halbtage/Schlag	n	= AZ [h] / NettoHT [h]						
10.1	HTL	Halbtagsleistung	ha	= wenn: nHS [n] < 1; dann: HTL[ha] = NettoHT[h] * A_F[ha] / AZ [h] + 2 * (r_aF[min]/60) + WzFF[h]						
10.2	HTL	Halbtagsleistung	ha	= wenn: nHS[n] > 1, dann: HTL[ha] = NettoHT[h] * A_F[ha] / AZ[h] + 2 * r_aF[min] * Aufr(nHS [n];0)						
11	DF	Dauer der Feldarbeit je ha	h/ha	= HAT [h] / HTL [ha]						
12	RuW	Rüst und Wegezeit je ha	h/ha	= DF [h/ha] - AZ [h] / A_F [ha]						
13	FAB	Feldarbeitszeit je Bunker	h	= AZ [h] / nBL [n]						
15	BLZ	Bunkerladezeit	h	= (blz [min] + 3 [min]) / 60 = 1[min]/60						
16	FAW	Feldarbeitszeit je Wagen	h	= AZ [h] / nWL [n]						
17	TD	Zeitdauer je Transportfahrt	h	= 2 * s_HF [km] / v_Tr [km/h]						
<b>Berechnung des Arbeitszeitbedarfes</b>										
18	DS	Dauer des Areitsganges	h/ha	= DF [h/ha]						
19	DT	Dauer Transport	h	<b>Dauer Transport</b>						
				= 0	= 0	= TD * nBL/A_F				
20				<b>Dauer Ladephase</b>						
	DL	Dauer Ladephase	h	= 0	= BLZ [h] * nBL [n] / A_F [ha]					
21	DF	Dauer der Feldarbeit je ha	h/ha	=DF [h/ha]	= DS - DL [h]	= DS - DT - DL				
22	AF	Feldarbeitszeit	h	= DF [h/ha] * AkF [n]						
23	AT	Transportarbeitszeit	h	= DT [h] * AkF [n]						
24	AL	Ladearbeitszeit	h	= DL [h] * AkF [n]						
25	GAZ	Gesamtarbeitszeit	h	GAZ [h] = AF [h] + AT [h] + AL [h]						
				<b>Arbeitszeitberechnung beendet</b>						
				<b>Bestimmung des Phasenablaufes</b>						

Tabelle 85: Berechnung des Arbeitszeitbedarfs nach KTBL - Bestimmung Phasenablaufes

Berechnung des Arbeitszeitbedarfs nach KTBL (Jäger, 1991b) - Berechnung zur Bestimmung des Phasenablaufes							
Nr.	Abk.	Berechnungsgröße	E.	4	5	6	7
26	ZF	Zyklusdauer Feldarb.	h	= FAW [h] * nWT [n]			
27	ZT	Zykluszeit Transport	h	= wenn: nWT [n] = 1 dann: ZT [h] = FAW [h] - FAB [h] + BLZ [h] + TD [h] + ELZ [min] / 60			
28				weiter mit zwei Phasen			
29				wenn: nWT [n] - 1 = AkT [n]; dann:	= wenn: nWT [n] = AkT [n]	= wenn: nWT[n] - 1 = AkT [n]	= wenn: nWT [n] = AkT [n]
30				dann: ZT [h] = (1 [min] + TD [h] + ELZ [min]/60) * nWT [n] / AkT [n]			dann: ZT [h] = FAW [h] + TD [h] + ELZ [min]/60
31				weiter mit zwei Phasen			
32				wenn: nWT [n] - 2 = AkT [n] und AL [h] > 0	wenn: nWT [n]-1 >= AkT[n]	wenn: nWT [n] - 2 >= Akt [n]	wenn: nWT [n] - 1 >= AkT [n] und AkL [h] > 0
33				ZT [h] = (2 [min] + TD [h]) + nWT [n] / AkT [n]			ZT [h] = FAW [h] + TD [h] + 2 [min]
34	ZL	Zykluszeit Laden a.H.	h	ZL [h] = ELZ [min]/60 * nWT [n]			
35				weiter mit drei Phasen			
36	nZ	Anzahl Zyklen je ha	h	nZ [n] = nWL [n] / nWT [n] * A_F [ha]			

Tabelle 86: Berechnung des Arbeitszeitbedarfs nach KTBL – 2 Phasenrechnung

Berechnung des Arbeitszeitbedarfs nach KTBL (Jäger, 1991b) - zwei Phasenrechnung						
Nr.	Abk.	Berechnungsgröße	E.	Phase 1	Phase 2	
37				= wenn: ZF [h] ≥ ZT [h]	= wenn: ZF [h] < ZT [h]	
38				dann: keine Wartezeit am Feld	dann: Wartezeit am Feld	
39	DS	Dauer des Areitsganges	h	DS [h] = DF [h]	DS [h] = ZT [h] * nZ [n] + RuW [h]	
40	DL	Dauer der Ladephase	h	DL [h] = ELZ [min]/60 * nZ [n]	DL [h] = ELZ [min]/60 * nZ [n]	
41	DT	Dauer Transport	h	DT [h] = ZT [h] * nZ [n] + RuW [h] - DL [h]	DT [h] = DS [h] - DL [h]	
42	AF	Feldarbeitszeit	h	AF [h] = DF [h] * AkF [n]	AF [h] = DS [h] * AkF [n]	
43	AT	Transportarbeitszeit	h	AT [h] = (DS [h] - DL [h]) * AkT [n]	AT [h] = DT [h] * AkT [n]	
44	AL	Ladearbeitszeit	h	AL [h] = DL [h] * AkT [n]	AL [h] = DL [h] * AkT [n]	
45	GAZ	Gesamtarbeitszeit	h	GAZ [h] = AF [h] + AT [h] + AL [h]		

Tabelle 87: Berechnung des Arbeitszeitbedarfs nach KTBL - drei Phasenrechnung

Berechnung des Arbeitszeitbedarfs nach KTBL (Jäger, 1991c) - drei Phasenrechnung						
Nr.	Abk.	Berechnungsgröße	E.	Phase 1	Phase 2	Phase 3
46				= wenn: ZF [h] $\geq$ ZT [h] und ZF [h] $>$ ZL [h]	wenn: ZT [h] $\geq$ ZF [h] und: ZT [h] $\geq$ ZL [h]	= wenn: ZL [h] $>$ ZF [h] und: ZL [h] $>$ ZT [h]
47				dann: keine Wartezeit am Feld	keine Wartezeit für Transport	dann: keine Wartezeit Laden am Hof
48	DS	Dauer des Arbeitsganges	h	DS [h] = DF [h]	DT [h] = ZT [h] * nZ [n] + RuW [h]	DL [h] = ZL [h] * nZ [n] + RuW [h]
49	DL	Dauer Ladephase	h	DL [h] = ZL [h] * nZ [n]	DS [h] = DT [h]	DS [h] = DL [h]
50	DT	Dauer Transport	h	DT [h] = ZT [h] * nZ [n] + RuW [h]	DL [h] = ZL [h] * nZ [n]	DT [h] = ZT [h] * nZ [n] + RuW [h]
51	AF	Feldarbeitszeit	h		AF [h] = DS [h] + AkF [n]	
52	AT	Transportarbeitszeit	h		AT [h] = DS [h] * AkT [n]	
53	AL	Ladearbeitszeit	h		AL [h] = DS [h] * AkT [n]	
54	GAZ	Gesamtarbeitszeit	h		GAZ [h] = AF [h] + AT [h] + AL [h]	

### D.6.1 Berechnung des Arbeitszeitbedarfs: Feldarbeit

Tabelle 88: Berechnungsbeispiel Arbeitszeitbedarf: Feldarbeit (FA)

Berechnungsbeispiel Arbeitszeitbedarf im Hauptarbeitsverfahren – Feldarbeit - SZ1 - 2012 - Aussaat, Demofarm, 20 ha						
Nr.	Abk.	Berechnungsgröße	E.	Formel		
Einfluß der Schlaglänge [m], Schlagbreite [m] sowie Breite b_AG [m] und Geschwindigkeit v_AG [km/h] des Arbeitsgerätes						
1.	b_AGr	reale Arbeitsbreite [m]	m	= b_AG [m] * (1 - bü_AG [%] / 100)		
	4,95		m	= 5,00 [m] * (1 - 1 [%] / 100)		
2.	nFS_Beet	Anzahl Fahrspuren Beet	n	= AUFRUNDEN (b_F [m] / b_AGr [m])		
	64,00		n	= AUFRUNDEN(313,05 [m] / 4,95 [m];0)		
3.	l_Beet	Länge des Beetes	m	= l_F [m] - (2 * b_V [m])		
	578,88		m	= 638,88 [m] - (2 * 30 [m])		
4.	s_Beet	Fahrstrecke Beet	m	= nFS_Beet [n] * l_Beet [m] * (1 + KF_dü [%] / 100)		
	38.900,74		m	= 64 [n] * 578,88 [m] * (1 + 5 [%] / 100)		
5.	HZ_Beet	Hauptzeit Beet	h	= s_Beet [m] / 1000 / v_AG [km/h]		
	3,60		h	= 38.900,74 [m] / 1000 / 10,80 [km/h]		
6.	nFS_V	Anzahl Fahrspuren Vorgewende	n	= WENN (b_V [m] = 0; dann: 0; sonst: AUFRUNDEN (b_V [m] / b_AGr [m]; 0))		
	7,00		n	= Wenn: 30 [m] = 0; dann: 0; sonst: AUFRUNDEN (30 [m] / 4,95 [m];0)		
7.	l_V	Länge des Vorgewendes	m	= b_F [m]		
	313,05		m	= 313,05 [m]		
8.	s_V	Fahrstrecke Vorgewende	m	= nFS_V [n] * l_V [m] * (1 + KF_dü [%] / 100)		
	2.300,92		m	= 7 [n] * 313,05 [m] * (1 + 5 [%] / 100)		

Fortsetzung auf der nächsten Seite

## Fortsetzung von vorheriger Seite - Tabelle 88: Berechnungsbeispiel Arbeitszeitbedarf: Feldarbeit (FA)

Nr.	Abk.	Berechnungsgröße	E.	Formel
9	HZ_V	Hauptzeit Vorgewende	h	$= s\_V [m] / 1000 / v\_AG [km/h] * (1 - KF\_vV [\%]) / 100$
	0,22		h	$= 2.300,92 [m] / 1000 / 10,80 [km/h] * (1 - 5 [\%]) / 100$
10	HZ	Hauptzeit	h	$= HZ\_Beet [h] + HZ\_V [h]$
	3,83		h	$= 3,6 [h] + 0,22 [h]$
Wendezeiten - Einfluß der Zeit für Wendungen - Messung der Teilzeiten im On-Farm Experiment				
11	NW	Wendezeit gesamt	h	$= (nFS\_Beet [n] + 1) * wz [s] / 3600 + (nFS\_V [n] + 1 [n]) * wz [s] * 2 / 3600$
	0,60		h	$= (64 [n] + 1) * 26,65 [s] / 3600 + (7 [n] + 1) * 26,65 [s] * 2 / 3600$
Nebenzeit für Versorgen - Rüstzeiten für Ladevorgänge				
12	m_Ladung	Masse der Ladung (Betreibsm./Ernte)	kg	$= WENN((m\_max [kg] > Kap\_AG [l] * \rho\_LG [kg/l]); m\_max [kg]; (Kap\_AG [l] * \rho\_LG [kg/l]))$
	1.610,00		kg	$= WENN(2.300,00 [kg] > 2.300,00 [l] * 0,7 [kg/l]; dann: 2.300,00 [kg]; sonst: 2.300,00 [l] * 0,7 [kg/l])$
13	n_LV	Anzahl der Ladevorgänge	n	$= AUFRUNDEN((m\_BM [kg/ha] * A\_F [ha]) / m\_Ladung [kg]; 0)$
	5,00		n	$= AUFRUNDEN((400,00 [kg/ha] * 20,00 [ha]) / 13.500,00 [kg]; 0)$
14	RaF_LV	Rüstzeit Ladevorgänge	h	$= n\_LV [n] * r\_LV [h]$
	0,25		h	$= 5 [n] * 0,05 [h]$
Nebenzeit für Versorgen - Gesamtzeit der Ladevorgänge				
15	GZ_LV	Gesamtzeit für alle Ladevorgänge	h	$= GrZ\_TA\_UmS$ (Verweis zu Berechnung Arbeitszeit Teilarbeit UmS)
	0,16		h	$= 0,16$
Nebenzeit für Versorgen - Anfahrtzeit zum Laden				
16	m_2AS	Ausbringmenge je Doppelfahrspur	kg	$= 2 * (l\_F [m] - (2 * b\_V [m])) * b\_AG [m] / 10.000 * m\_BM [kg/ha]$
	231,55		kg	$= (638,88 [m] - (2 * 30 [m])) * 5,00 [m] / 10.000 * 400,00 [kg/ha]$
17	KF_FR	Korrekturfaktor Feldrückfahrten zum Laden	-	$= WENN(m\_2AS [kg] < m\_Ladung [kg]; dann: 0 ; sonst: Q\_KFR)$
	0,00			$= WENN(231,55 [kg] < 1.610,00 [kg]; dann: 0; sonst: QFR-Verknüpfung)$
18	Q	Quotient Feldrückfahrten zum Laden	-	$= m\_Ladung [kg] / m\_2AS [kg]$
	6,95			$= 1.610,00 [kg] / 231,55 [kg]$
19	Q1	Q1	-	$= WENN(Q > 1; dann: 0; sonst: WENN(Q < 0,5; dann: Q; sonst: 1 - Q))$
	0,00			$= WENN(9,27 > 1; dann: 0; sonst: WENN(9,27 < 0,5; dann: 0; sonst: 1 - 0))$
20	Q2	Q2	-	$= WENN((Q + Q) > 1; dann: 0; sonst: WENN((Q + Q) < 0,5; dann: (Q + Q); sonst: 1 - (Q + Q))$
	0,00			$= WENN(9,27 + 9,27 > 1; dann: 0; sonst: WENN(9,27 + 9,27 < 0,5; dann: 0; sonst: 1 - 9,27))$
21	Q3	Q3	-	$= WENN((Q + Q + Q) > 1; dann: 0; sonst: WENN((Q + Q + Q) < 0,5; dann: (Q + Q + Q); sonst: 1 - (Q + Q + Q))$
	0,00			$= WENN(9,27 > 1; dann: 0; sonst: WENN(9,27 < 0,5; dann: 0; sonst: 1 - 0))$
22	Q_KFR	Quotient für Korr.fakt. Feldrückfahrten		$= (Q1 + Q2 + Q3) * 2$
	0,00			$= (0 + 0 + 0) * 2$

Fortsetzung auf der nächsten Seite

## Fortsetzung von vorheriger Seite - Tabelle 88: Berechnungsbeispiel Arbeitszeitbedarf: Feldarbeit (FA)

Nr.	Abk.	Berechnungsgröße	E.	Formel
23	s_FR	Feldrückfahrtsstrecke Laden	m	$= (l_F \text{ [m]} - (b_V \text{ [m]} * 2)) * KF_{FR}$
	0,00		m	$= (638,88 \text{ [m]} - (2 * 30 \text{ [m]})) * 0$
24	n_FR	Anzahl Feldrückfahrten	n	$= \text{WENN}(Q \geq 1; 0; \text{AUFRUNDEN}((b_F \text{ [m]} / (2 * b_{AG} \text{ [m]}); 0) - 1)$
	0,00		n	$= \text{WENN}(6,95 \geq 1; \text{dann: } 0; \text{sonst: } \text{AUFRUNDEN}(313,05 \text{ [m]} / 2 * 5,00 \text{ [m]} - 1)$
25	AzL	Gesamtzeit Anfahrt zum Laden	h	$= ((s_{FR} \text{ [m]} / 1000) / v_{AG} \text{ [km/h]}) * (1 + KF_{vFR} \text{ [%]}) * n_{FR} \text{ [n]}$
	0,00		h	$= ((0 \text{ [m]} / 1000) / 10,80 \text{ [km/h]}) * (1 + 25 \text{ [%]} / 100) * 0$
26	NV	Nebenzzeit Versorgen	h	$= RaF_{LV} \text{ [h]} + GZ_{LV} \text{ [h]} + AzL \text{ [h]}$
	0,41		h	$= 0,20 \text{ [h]} + 0,16 \text{ [h]} + 0,00 \text{ [h]}$
27	NZ	Nebenzzeit	h	$= NW \text{ [h]} + NV \text{ [h]}$
	1,01		h	$= 0,60 \text{ [h]} + 0,41 \text{ [h]}$
28	<b>GrZ</b>	<b>Grundzeit</b>	<b>h</b>	<b>= HZ [h] + NZ [h]</b>
	<b>4,83</b>		<b>h</b>	<b>= 3,83 [h] + 1,01 [h]</b>
29	VZ	Verlustzeit	h	$= GrZ \text{ [h]} / i_P \text{ [h]} * t_P \text{ [h]}$
	0,48		h	$= 4,83 \text{ [h]} / 5,00 \text{ [h]} * 0,50 \text{ [h]}$
30	<b>AZ</b>	<b>Ausführungszeit</b>	<b>h</b>	<b>= GrZ [h] + VZ [h]</b>
	<b>5,32</b>		<b>h</b>	<b>= 4,83 [h] + 0,48 [h]</b>
31	WaZ	Wartezeit des Arbeitsverfahren	h	$= GrZ \text{ [h]} * (waz \text{ [%]} / 100)$
	0,05		h	$= 4,83 \text{ [h]} * 1 \text{ [%]} / 100$
32	<b>AWZ</b>	<b>Ausführungs- und Wartezeit</b>	<b>h</b>	<b>= AZ [h] + WaZ [h]</b>
	<b>5,37</b>		<b>h</b>	<b>= 5,32 [h] + 0,05 [h]</b>
33	n_RZ	Anzahl Rüstvorgänge	n	$= \text{AUFRUNDEN}(GrZ \text{ [h]} / HAT \text{ [h]}; 0)$
	1,00		n	$= \text{Aufrunden}(4,83 \text{ [h]} / 6 \text{ [h]}; 0)$
34	<b>RZ</b>	<b>Rüstzeit gesamt</b>	<b>h</b>	<b>= (r_aH [h] + r_aF [h]) * n_RZ [n]</b>
	<b>0,75</b>		<b>h</b>	<b>= (0,5 [h] + 0,25 [h]) * 1 [n]</b>
35	n_HF	Anzahl Wege	n	$= \text{AUFRUNDEN}(GrZ \text{ [h]} / HAT \text{ [h]})$
	1,00		n	$= \text{AUFRUNDEN}(4,83 \text{ [h]} / 6 \text{ [h]}; 0)$
36	WzHF	Wegezeit Hof Feld	h	$= s_{HF} \text{ [km]} / v_{AG_s} \text{ [km/h]} * n_{HF} \text{ [n]}$
	0,16		h	$= 4,00 \text{ [km]} / 25,00 \text{ [km/h]} * 1 \text{ [n]}$
37	n_FF	Anzahl Wege	n	$= \text{WENN}(GrZ \text{ [h]} \leq HAT \text{ [h]} * 0,75; \text{dann: } 1; \text{sonst: } 0)$
	0,00		n	$= \text{WENN}(4,56 \text{ [h]} \leq 6 \text{ [h]} * 0,75; \text{dann: } 1; \text{sonst: } 0)$
38	WzFF	Wegezeit Feld-Feld	h	$= s_{FF} \text{ [km]} / v_{AG_s} \text{ [km/h]} * n_{FF} \text{ [n]}$
	0,00		h	$= 2,00 \text{ [km]} / 25,00 \text{ [km/h]} * 0 \text{ [n]}$
39	n_FH	Anzahl Wege	n	$= \text{WENN}(n_{FF} \text{ [n]} > 0; 0; n_{HF} \text{ [n]})$
	1,00		n	$= \text{WENN}(0 > 0; \text{dann: } 0; \text{sonst: } 1)$
40	WzFH	Wegezeit Feld-Hof	h	$= s_{HF} \text{ [km]} / v_{AG_s} \text{ [km/h]} * n_{FH} \text{ [n]}$

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Fortsetzung von vorheriger Seite - Tabelle 88: Berechnungsbeispiel Arbeitszeitbedarf: Feldarbeit (FA)

Nr.	Abk.	Berechnungsgröße	E.	Formel
			h	= 4,00 [km] / 25,00 [km/h] * 1 [n]
41	WZ	Gesamt Wegezeit	h	= WzHF [h] + WzFF [h] + WzFH [h]
			h	= 0,16 [h] + 0,00 [h] + 0,16 [h]
42	GZ	Gesamtzeit FA	h	= AWZ [h] + RZ [h] + WZ [h]
			h	= 5,37 [h] + 0,75 [h] + 0,32 [h]
43	GZ_Zug	Gesamtzeit Zugmaschine in Mh	Mh	= GrZ [h] + RZ [h] + WZ [h]
			Mh	= 4,83 [h] + 0,75 [h] + 0,32 [h]
44	GZ_AK	Gesamtzeit Arbeitskräfte	AKh	= GZ [h] * nAK [n]
			AKh	= 6,44 [h] * 1 [n]
45	LF(FA)	Flächenleistung Feldarbeit	ha/h	= A_F [ha] / (HZ [h] + NW [h])
			ha/h	= 20,00 [ha] / (3,83 [h] + 0,60 [h])

## D.6.2 Berechnung des Arbeitszeitbedarfs: Teilarbeit – Transport

Tabelle 89: Berechnungsbeispiel Arbeitszeitbedarf: Teilarbeit Transport

Berechnungsbeispiel des Arbeitszeitbedarfs: Teilarbeit Transport (TR)				
Nr.	Abk.	Berechnungsgröße	E.	Formel
1.	n_TR	Anzahl Transporte [n]	n	= AUFRUNDEN (m_BM [kg/ha] * A_F [ha] / m_max; 0)
			n	= AUFRUNDEN(400,00 [kg/ha] * 20,00 [ha] / 13.500,00 [kg])
2.	HZ	Hauptzeit	h	= (n_TR [n] * s_HF [km] / (v_TR [km/h] * 0,75)) + (n_TR [n] * s_HF [km] / v_TR [km/h])
			h	= (1 [n] * 4,00 [km] / (20,00 [km/h] * 0,75)) + (1 [n] * 4,00 [km] / 20,00 [km/h])
3.	NW	Nebenzeit Wenden	h	= n_TR [n] * 2 * wz [s] / 3600
			h	= 1 [n] * 2 * 40,00 [s] / 3600
4.	NV	Nebenzeit Versorgen	h	= GZ_Bla [h] + GZ_Ela [h] + GZ_Umschl [h] (Verknüpfung TA_Beladen, TA_Entladen, TA_Umschlag)
			h	= 0,27 [h] + 0,187 [h]
5.	N	Nebenzeit gesamt	h	= NW [h] + NV [h]
			h	= 0,02 [h] + 0,46 [h]
6.	GrZ	Grundzeit	h	= HZ [h] + N [h]
			h	= 0,47 [h] + 0,49 [h]
7.	VZ	Verlustzeit	h	= GrZ [h] / i_P [h] * t_P [h]
			h	= 0,95 [h] / 5,00 [h] * 0,5 [h]
8.	AZ	Ausführungszeit	h	GrZ [h] + VZ [h]
			h	= 0,95 [h] + 0,10 [h]

Fortsetzung auf der nächsten Seite

**Fortsetzung von vorheriger Seite - Tabelle 89: Berechnungsbeispiel Arbeitszeitbedarf: Teilarbeit Transport**

9.	WaZ	Wartezeit des Arbeitsverfahren	h	= GrZ [h] * (waz [%] / 100)
	0,01		h	= 0,95 [h] * 1 [%] / 100)
10.	AWZ	Ausführungs- und Wartezeit	h	= AZ [h] + WaZ [h]
	1,06		h	= 0,1,05 [h] + 0,01 [h]
11.	n_RZ	Anzahl Rüstvorgänge	n	= AUFRUNDEN (GrZ [h] / HAT [h]); 0)
	1,00		n	= AUFRUNDEN(0,95 [h] / 6,00 [h]); 0)
12.	RZ	Rüstzeit gesamt	h	= (r_aH [h] * n_RZ [n]) + (r_aF [h] * n_RZ [n])
	0,55		h	= (0,5 [h] * 1 [n]) + (0,05 [h] * 1 [n])
13.	WZ	Wegezeit gesamt	h	= 0
	0,00		h	= 0
14.	GZ	Gesamtzeit TR	h	= AWZ [h] + RZ [h] + WZ [h]
	1,61		h	= 1,06 [h] + 0,55 [h] + 0,0 [h]
15	GZ_Zug	Arbeitszeit Zugmaschine in Mh	Mh	= GrZ [h] + RZ [h] + WZ [h]
	1,50		Mh	= 0,86 [h] + 0,55 [h] + 0,0 [h]
16	GZ_AK	Gesamtzeit Arbeitskräfte	AKh	= GZ [h] * nAK [n]
	1,61		AKh	= 1,61 [h] * 1 [n]

**D.6.3 Berechnung des Arbeitszeitbedarfs: Teilarbeit – Beladen**

Tabelle 90: Berechnungsbeispiel Arbeitszeitbedarf: Teilarbeit Beladen

<b>Berechnung des Arbeitszeitbedarfs der Teilarbeiten Beladen (BLA)</b>				
Nr.	Abk.	Berechnungsgröße	Einheit	Formel
<b>Absetziges Verfahren - Laden von Ladeeinheiten</b>				
1.	m_BMges	Transportmasse gesamt	kg	= m_BM [kg/ha] * A_F [ha]
	8.000,00		kg	= 400,00 [kg/ha] * 20,00 [ha]
2.	n_LE	Anzahl Ladeeinheiten	n	= WENNFEHLER(AUFRUNDEN(m_BM_ges [kg] / m_LE [kg]; 0); 1)
	8,00		n	= WENNFEHLER(AUFRUNDEN(8.000 [kg] / 1000 [kg]); 0); 1)
3.	HZ_La	Hauptzeit Laden (absetzig)	h	= WENNFEHLER((n_LE [n] * t_LE [s] / 3600) + (s_LE [m] + n_LE [n] * 2 / v_AG_L [km/h]/1000; 0)) / AkL [n]; 0)
	0,07		h	= WENNFEHLER((8 [n] * 15 [s] / 3600; 0) + (10 [m] * 8 * 2 / 5 [km/h]/1000) / 1 [AK]; 0)
<b>Kontinuierliches Ladeverfahren</b>				
4.	V_BM	Volumen gesamt Betriebsmittel/Erntegut	l	= m_BM_ges [kg] / ρ_LG [kg/l]
	-		l	entfällt
5.	HZ_kF	Dauer kontinuierliches Verfahren	h	= V_BM [l] / V_St [l/s] / 3600
	-		h	entfällt
6.	HZ	Summe Hauptzeit	h	= WENN(Ladeverfahren = "kontinuierlich"; HZ_kF [h]; HZ_La [h])

Fortsetzung auf der nächsten Seite

## Fortsetzung von vorheriger Seite - Tabelle 90: Berechnungsbeispiel Arbeitszeitbedarf: Teilarbeit Beladen

Nr.	Abk.	Berechnungsgröße	Einheit	Formel
			h	= WENN(Ladeverfahren = "kontinuierlich"; 0 [h]; 0,07 [h])
7.	NW	Nebenzzeit Wenden	h	= $n_{LE} [n] * 2 * wz [s] / 3600$
			h	= $8 [n] * 2 * 20,00 [s] / 3600$
8.	NV	Nebenzzeit Versorgen	h	= 0
			h	= 0
9.	N	Gesamtzeit Nebenzzeit	h	= $NW [h] + NV [h]$
			h	= $0,09 [h] + 0,00 [h]$
10.	GrZ	Grundzeit	h	= $HZ [h] + N [h]$
			h	= $0,07 [h] + 0,09 [h]$
11.	VZ	Verlustzeit	h	= $GrZ [h] / i_P [n] * t_P [h]$
			h	= $0,15 [h] / 5 [h] * 0,5 [h]$
12.	AZ	Ausführungszeit	h	= $GrZ [h] + VZ [h]$
			h	= $0,15 [h] + 0,02 [h]$
13.	WaZ	Wartezeit des Arbeitsverfahren	h	= $GrZ [h] * (waz [\%] / 100)$
			h	= $0,15 [h] * 1 [\%] / 100$
14.	AWZ	Ausführungs- und Wartezeit	h	= $AZ [h] + WaZ [h]$
			h	= $0,17 [h] + 0,00 [h]$
<b>Rüst- und Wegezeiten für verschiedene Ladeverfahren - Rüstzeit am Hof (<math>r_{aH}</math>) anteilig an Halbttag HAT berechnet</b>				
15.	$n_{LV(TA-Bl a)}$	Anzahl Rüstzeiten Beladen	n	= $n_{TR(FA)} [n] + n_{RZ(FA)} [n]$
	2,00		n	= $1 [n] + 1 [n]$
16.	$n_{LV(TA-UmS)}$	Anzahl Rüstzeiten Umschlag	n	= $n_{LV(FA)} + n_{FR(FA)}$
	-		n	-
17.	$n_{LV(TA-Ela)}$	Anzahl Rüstzeiten Entladen	n	= $n_{TR(FA)} [n] + n_{RZ(FA)} [n]$
	-		n	-
18.	RZ	Rüstzeit	h	= $(r_{aH} [h] * n_{LV(TA)} [n] / (HAT [h] / GrZ [h])) + (r_{aF} [h] * n_{RZ(FA)} [n])$
	0,10		h	= $(0,1 [h] * 1 [n] / (6,00 [h] / 0,15 [h])) + (0,25 [h] * 1 [n])$
19.	WZ	Wegezeit	h	0
	0,00		h	0
20.	Z_ArbO	Zuschlag für Arbeitsorganisation	h	= WENN(Arbeitsorganisation = "Feldrand"; GZ_FA [h]; 0 [h])
	0,00		h	= 0,00 [h]
21.	GZ	Gesamtzeit (BLA)	h	= $AWZ [h] + RZ [h] + WZ [h] + Z\_ArbO [h]$
	0,27		h	= $0,17 [h] + 0,10 [h] + 0,00 [h] + 0,00 [h]$
22.	GZ_Zug	Arbeitszeit Zugmaschine in Mh	Mh	= $GrZ [h] + RZ [h] + WZ [h]$
	0,26		Mh	= $0,15 [h] + 0,1 [h] + 0,0 [h]$
23.	GZ_AK	Gesamtzeit Arbeitskräfte	AKh	= $GZ [h] * n_{AK} [n]$
	0,27		AKh	= $0,27 [h] * 1 [n]$

## D.6.4 Berechnung des Arbeitszeitbedarfs: Teilarbeit – Umschlag

Tabelle 91: Berechnungsbeispiel Arbeitszeitbedarf: Teilarbeit Umschlag

Berechnung des Arbeitszeitbedarfs der Teilarbeit Umschlag von Betriebsmitteln am Feldrand (UmS)				
Nr.	Abk.	Berechnungsgröße	Einheit	Formel
<b>Absetziges Verfahren - Laden von Ladeeinheiten</b>				
1.	m_BMges	Transportmasse gesamt	kg	= m_BM [kg/ha] * A_F [ha]
	-		kg	-
2.	n_LE	Anzahl Ladeeinheiten	n	% WENNFehler(AUFRUNDEN(m_BM_ges [kg] / m_LE [kg]; 0); 1)
	-		n	-
3.	HZ_La	Hauptzeit Laden (absetzig)	h	WENNFehler((n_LE [n] * t_LE [s] / 3600) + (s_LE [m] + n_LE [n] * 2 / v_AG_L [km/h] / 1000; 0) / AkL [n]; 0)
	-		h	-
4.	NW	Nebenzeit Wenden	h	= n_LE [n] * 2 * wz [s] / 3600
	-		h	-
5.	NV	Nebenzeit Versorgen	h	-
	-		h	-
6.	N	Gesamtzeit Nebenzeit	h	= NW [h] + NV [h]
	0,00		h	-
<b>Kontinuierliches Ladeverfahren</b>				
1.	V_BM	Volumen gesamt Betriebsmittel/Erntegut	l	= m_BM_ges [kg] / ρ_LG [kg/l]
	11.428,57		l	= 8000,00 [kg] / 0,7 [kg/l]
2.	HZ_kF	Dauer kontinuierliches Verfahren	h	= V_BM [l] / V_St [l/s] / 3600
	0,16		h	= 11.428,57 [l] / 20 [l/s]
<b>Berechnung der Teilzeiten - Berechnung anteilig an Halbtage (HAT = 6 h)</b>				
1.	HZ	Summe Hauptzeit	h	= WENN(Ladeverfahren = "kontinuierlich"; HZ_kF [h]; HZ_La [h])
	0,16		h	= WENN(Ladeverfahren = "kontinuierlich"; 0,0,16 [h]; 0,00 [h])
2.	GrZ	Grundzeit	h	= HZ [h] + N [h]
	0,16		h	= 0,16 [h] + 0,00 [h]
3.	VZ	Verlustzeit	h	= GrZ [h] / i_P [n] * t_P [h]
	0,02		h	= 0,16 [h] / 5,00 [h] * 0,5 [h]
4.	AZ	Ausführungszeit	h	= GrZ [h] + VZ [h]
	0,17		h	= 0,16 [h] + 0,02 [h]
5.	WaZ	Wartezeit des Arbeitsverfahren	h	= GrZ [h] * (waz [%] / 100)
	0,00		h	= 0,16 [h] * 1 [%] / 100

Fortsetzung auf der nächsten Seite

## Fortsetzung von vorheriger Seite - Tabelle 91: Berechnungsbeispiel Arbeitszeitbedarf: Teilarbeit Umschlag

Nr.	Abk.	Berechnungsgröße	Einheit	Formel
6.	AWZ	Ausführungs- und Wartezeit	h	= AZ [h] + WaZ [h]
	0,18		h	= 0,17 [h] + 0,00 [h]
<b>= Rüstzeiten für verschiedene Ladeverfahren - Rüstzeit am Hof (r_aH) anteilig an Halbtage (HAT = 6h) berechnet</b>				
15.	n_LV(TA-Bla)	Anzahl Rüstzeiten Beladen	n	= n_TR(FA) [n] + n_RZ(FA) [n]
	-		n	= entfällt
16.	n_LV(TA-UmS)	Anzahl Rüstzeiten Umschlag	n	= n_LV(FA) [n] - Verweis Berechnung Arbeitszeit Feldarbeit
	5,00		n	= 5 [n]
17.	n_LV(TA-Ela)	Anzahl Rüstzeiten Entladen	n	= n_TR(FA) [n] + n_RZ(FA) [n]
	-		n	entfällt
18.	RZ	Rüstzeit	h	= (r_aH [h] * n_LV(TA) [n] / (HAT [h] / GrZ [h]))
	0,01		h	= (0,10 [h] * 5 [n] / (6,00 [h] / 0,05 [h]))
19.	WZ	Wegezeit	h	0
	0,00		h	entfällt
20.	Z_ArbO	Zuschlag für Arbeitsorganisation	h	= WENN(Arbeitsorganisation = "Feldrand"; GZ_FA [h]; 0,00 [h])
	0,00		h	= 0,00 [h]
21.	GZ	Gesamtzeit (UmS)	h	= AWZ [h] + RZ [h] + WZ [h] + Z_ArbO [h]
	0,19		h	= 0,18 [h] + 0,01 [h] + 0,00 [h] + 0,00 [h]
22.	GZ_Zug	Arbeitszeit Zugmaschine in Mh	Mh	= GrZ [h] + RZ [h] + WZ [h]
	0,17		Mh	= 0,16 [h] + 0,01 [h] + 0,0 [h]
23.	GZ_AK	Gesamtzeit Arbeitskräfte	AKh	= GZ [h] * nAK [n]
	0,19		AKh	= 0,189 [h] * 1 [n]



### D.7.2 Berechnungsbeispiel spezifischer Dieserverbrauch in Feldarbeit

Tabelle 93: Berechnungsbeispiel spezifischer Dieserverbrauch: Feldarbeit (FA)

Berechnungsbeispiel des maschinen- und verfahrensspezifischen Dieserverbrauchs in Feldarbeit, nach Schreiber, 2006				
Nr.	Abk.	Berechnungsgröße	Einheit	Formel kurz
<b>Einfluss der Gesamtmasse</b>				
1.	F_G	Gewichtskraft (Feldarbeit)	N	$= (m_{\text{Zug}} [\text{kg}] + m_{\text{AG}} [\text{kg}] + (m_{\text{Ladung}} [\text{kg}] / 2)) * 9,81 [\text{m/s}^2]$
	152.427,78		N	$= (8.098,00 [\text{kg}] + 6.635,00 [\text{kg}] + (1.610,00 [\text{kg}] / 2)) * 9,81 [\text{m/s}^2]$
<b>Einfluss des Laufwerks und des Zugkraftbedarfs</b>				
2.	F_Zug	Zugkraft	N	$= F_{\text{Zug}_b} [\text{kN/m}] * b_{\text{AG}} [\text{m}] + F_{\text{Zug}_{bt}} [\text{kN/m*cm}] * b_{\text{AG}} [\text{m}] * t_{\text{AG}} [\text{cm}] * 1000$
	25.500,00		N	=
3.	$\sigma$	Triebkraftsbeiwert (Schlupf)		$= \ln((k - a) / b) / c$
	0,12			$= \ln((0,41 - 0,61) / -0,67) / -10$
3.1.	k	Triebkraftbeiwert		$= F_{\text{Zug}} [\text{N}] + (F_{\text{G}} [\text{N}] - F_{\text{G}_{\text{Trieb}}} [\text{N}] * p) / F_{\text{G}_{\text{Trieb}}} [\text{N}]$
	0,41			$= (25.500,00 [\text{N}] + (152.427,78 [\text{N}] - 82.695,85 [\text{N}] * 0,12) / 82.695,85 [\text{N}]$
4.	F_G_Trieb	Achslast der Triebachsen	N	$= m_{\text{Zug}_h} [\text{m}] + m_{\text{AG}_{st}} [\text{kg}] + m_{\text{AG}} [\text{m}] * 9,81 [\text{m/s}^2]$
	82.695,85		N	$= 8.098,00 [\text{m}] + 0,00 [\text{kg}] + 331,75 [\text{m}] * 9,81 [\text{m/s}^2]$
5.	P_Nabe	Nabenleistung	KW	$= (F_{\text{Zug}} [\text{N}] + F_{\text{G}} [\text{N}] * p) * v_{\text{AG}} [\text{m/s}] / 1000 / (1 - \sigma)$
	149,40		KW	$= (25.500,00 [\text{N}] + 152.427,78 [\text{N}] * 0,12) * 3,00 [\text{m/s}] / 1000 / (1 - 0,12)$
<b>Der Antriebsstrang</b>				
6.	P_Fahr	Fahrleistung	KW	$= P_{\text{Nabe}} [\text{KW}] / g_1 + P_{\text{Nenn}} * g_2$
	165,89		KW	$= 149,40 [\text{KW}] / 0,96 + 171,00 [\text{KW}] * 0,06$
<b>Motorleistung durch Zug- und Nebenleistung</b>				
7.	P_Motor	benötigte Motorleistung	KW	=
	175,89			$= 165,89 [\text{KW}] + (0,00 [\text{kJ/kg}] * 6.000,00 [\text{kg}] / 200.000 [\text{m}^2] * 5,00 [\text{m}] * 3,00 [\text{m/s}] + (0,00 [\text{KW/m*cm}] * 10 [\text{cm}] * 5,00 [\text{m}] * (2,00 [\text{KW/m}] * 5,00 [\text{m}]))$
<b>Ermittlung des spezifischen Kraftstoffverbrauchs</b>				
8.	b_eM_u	spezifischer Kraftstoffverbrauch - unabhängige Motordrehzahl	g/kW*h	$= \text{Wenn}(P_{\text{Motor}} [\text{KW}] > (P_{\text{Nenn}} [\text{KW}] * 1,1); \text{dann: } 457 - 980 * P_{\text{Motor}} [\text{KW}] / P_{\text{Nenn}} [\text{KW}] + 1260 * (P_{\text{Motor}} [\text{KW}] / P_{\text{Nenn}} [\text{KW}])^2 - 523 * (P_{\text{Motor}} [\text{KW}] / P_{\text{Nenn}} [\text{KW}])^3; \text{sonst: } (457 - 980 * P_{\text{Motor}} [\text{KW}] / P_{\text{Motor}} [\text{KW}] + 1260 * (P_{\text{Motor}} [\text{KW}] / P_{\text{Motor}} [\text{KW}])^2 - 523 * (P_{\text{Motor}} [\text{KW}] / P_{\text{Motor}} [\text{KW}])^3) * (P_{\text{Motor}} [\text{KW}] / P_{\text{Nenn}} [\text{KW}])$
	220,12			$= \text{Wenn}(175,89 [\text{KW}] > (171,00 [\text{KW}] * 1,1); \text{dann: } 457 - 980 * 175,89 [\text{KW}] / 171,00 [\text{KW}] + 1260 * 175,89 [\text{KW}] / 171,00 [\text{KW}]^2 - 523 * (175,89 [\text{KW}] / 171,00 [\text{KW}])^3; \text{sonst: } (457 - 980 * 175,89 [\text{KW}] / 175,89 [\text{KW}] + 1260 * 175,89 [\text{KW}] / 175,89 [\text{KW}]^2 - 523 * (175,89 [\text{KW}] / 175,89 [\text{KW}])^3) * (175,89 [\text{KW}] / 171 [\text{KW}])$
9.	b_eM_k	spezifischer Kraftstoffverbrauch - konstante Motordrehzahl	g/kW*h	$= \text{Wenn}(P_{\text{Motor}} [\text{KW}] > P_{\text{Nenn}} [\text{KW}] * 1,1); \text{dann: } 500 - 420 * P_{\text{Motor}} [\text{KW}] / P_{\text{Nenn}} [\text{KW}] + 160 * (P_{\text{Motor}} [\text{KW}] / P_{\text{Nenn}} [\text{KW}])^2; \text{sonst: } (500 - 420 * P_{\text{Motor}} [\text{KW}] / P_{\text{Nenn}} [\text{KW}] + 160 * (P_{\text{Motor}} [\text{KW}] / P_{\text{Nenn}} [\text{KW}])^2) * (P_{\text{Motor}} [\text{KW}] / P_{\text{Nenn}} [\text{KW}])$

Fortsetzung auf der nächsten Seite

## Fortsetzung von vorheriger Seite - Tabelle 93: Berechnungsbeispiel spezifischer Dieserverbrauch: Feldarbeit (FA)

Nr.	Abk.	Berechnungsgröße	Einheit	Formel kurz
	246,86			= WENN(175,89 > (171,00 [KW] * 1,1); dann: 500 - 420 * (175,89 [KW] / 171,00 [KW]) + 160 * (175,89 [KW] / 171,00 [KW])^2; sonst: (500 - 420 * (175,89 [KW] / 171,00 [KW]) + 160 * (175,89 [KW] / 175,89 [KW])^2) * (175,89 [KW] / 171,00 [KW]))
<b>Ermittlung des zeitbezogenen Kraftstoffverbrauchs</b>				
10.1	B_Ht_u	zeitbezogener Kraftstoffverbrauch in Hauptzeit - unabhängige Motordrehzahl	kg/h	= b_eM_u [g*KWh] * P_Motor [KW] / 1000
	38,72		kg/h	= 220,12 [g*KWh] * 175,89 [KW] / 1000
10.2	B_Ht_k	zeitbezogener Kraftstoffverbrauch in Hauptzeit - konstante Motordrehzahl	kg/h	= b_eM_k [g*KWh] * P_Motor [KW] / 1000
	43,42			= 246,86 [g*KWh] * 175,89 [KW] / 1000
<b>Ermittlung des Gesamtverbrauch der Teilarbeit - Feldarbeit (FA) - Die reale Flächenleistung des A wird der Kalkulation des Arbeitszeitbedarfs entnommen</b>				
11.1	B_HA_u	flächenbezogener Dieserverbrauch in Hauptzeit - unabhängige Motordrehzahl	l/ha	= B_Ht_u [kg/h] / ρ_D [kg/l] / LF(FA) [ha/h]
	10,45		l/ha	= 38,72 [kg/h] / 0,82 [kg/l] / 4,52 [ha/h]
	LF(FA)	Flächenleistung in HZ und NW FA	ha/h	= A_F [ha] / (HZ [h] + NW [h]) - Verweis zu Berechnung Arbeitszeit Feldarbeit
11.2	4,52		ha/h	= 20,00 [ha] / (3,83 [h] + 0,60 [h])
11.3	B_HA_k	flächenbezogener Dieserverbrauch in Hauptzeit - konstante Motordrehzahl	l/ha	= B_Ht_k [kg/h] / ρ_D [kg/l] / LF(FA) [ha/h]
	11,72		l/ha	= 43,42 [kg/h] / 0,82 [kg/l] / 4,52 [ha/h]
<b>Verbrauch auf Streckenfahrten – Wege zwischen Hof - Feld sowie Feld - Feld</b>				
12	F_G	Gewichtskraft (Feldarbeit)	N	= (m_Zug [kg] + m_AG [kg] + (m_Ladung [kg] / 2)) * 9,81 [m/s²]
	152.427,78			= (8.098,00 [kg] + 6.635,00 [kg] + (1.610,00 [kg] / 2)) * 9,81 [m/s²]
13	F_zug	Zugkraft	N	= F_Zug_b [kN/m] * b_AG [m] + F_Zug_bt [kN/m*cm] * b_AG [m] * t_AG [cm] * 1000
	0,00			= 0,00 [kN/m] * 5,00 [m] + 0,00 [kN/m*cm] * 5,00 [m] * 10,0 [cm] * 1000
14	σ	Triebkraftsbeiwert (Schlupf)	-	= ln((k - a) / b) / c
	-0,08			= ln(1,22 - 0,61 / -0,67) / -10
15	k		-	= F_zug [N] + (F_G - F_Trieb [N]) * p) / F_G_Trieb [N]
	1,22			= (0,00 [N] + (152.427,78 [N] - 6000,35 [N]) * p) / 6000,35 [N]
16	F_G_Trieb	Achslast der Triebachsen	N	= Wenn( m_Zug_h [kg] + m_AG_st [kg] > m_Zug [kg] * 0,8; dann: m_Zug [kg]; sonst: m_Zug_h [kg] + m_AG_st [kg])
	6.000,35			= Wenn(5.668,60 [kg] + 331,75 [kg] > 8098,00 [kg] * 0,8; dann: 8098,00 [kg]; sonst: 5.668,60 [kg] + 331,75 [kg])
17	P_Nabe	Nabenleistung	KW	= (F_zug [N] + F_G [N] * p) * v_AG [km/h] / (1 - σ)
	49,20			= (152.427,78 [N] + 6.000,35 [N] * p) * 6,94 [km/h] / (1 - -0,08)
18	P_Fahr	Fahrleistung	KW	= P_Nabe [KW] / g1 + P_Nenn [KW] * g2
	61,81			= 49,20 [KW] / 96,00 + 175,89 [KW] * 0,06

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Fortsetzung von vorheriger Seite - Tabelle 93: Berechnungsbeispiel spezifischer Dieselverbrauch: Feldarbeit (FA)

Nr.	Abk.	Berechnungsgröße	Einheit	Formel kurz
19	P_Motor	benötigte Motorleistung	KW	$= P_{\text{Fahr}} [\text{KW}] + W_{\text{Neben}_m} [\text{kJ} \cdot \text{m}] \cdot m1 / a [\text{ha}] \cdot b_{\text{AG}} [\text{m}] \cdot v [\text{m/s}] + P_{\text{Neben}_bt} [\text{KW} \cdot \text{m} \cdot \text{cm}] \cdot t_{\text{AG}} [\text{cm}] \cdot b_{\text{AG}} [\text{m}] \cdot P_{\text{Neben}_b} [\text{KW} \cdot \text{m}] \cdot b_{\text{AG}} [\text{m}]$
	61,81			$= 61,81 [\text{KW}] + 0,00 [\text{kJ} \cdot \text{m}] \cdot 331,75 / 20,00 [\text{ha}] \cdot 5,00 [\text{m}] \cdot 6,94 [\text{m/s}] + 0,00 [\text{KW} \cdot \text{m} \cdot \text{cm}] \cdot 0,00 [\text{cm}] \cdot 5,00 [\text{m}] \cdot 0,00 [\text{KW} \cdot \text{m}] \cdot 5,00 [\text{m}]$
20	beM_u	spezifischer Kraftstoffverbrauch - unabhängige Motordrehzahl	g/kW*h	$= 457 - 980 \cdot P_{\text{Motor}} [\text{KW}] / P_{\text{Nenn}} [\text{KW}] + 1260 \cdot (P_{\text{Motor}} [\text{KW}] / P_{\text{Nenn}} [\text{KW}])^2 - 523 \cdot (P_{\text{Motor}} [\text{KW}] / P_{\text{Nenn}} [\text{KW}])^3$
	245,52			$= 457 - 980 \cdot 61,51 [\text{KW}] / 175,89 [\text{KW}] + 1260 \cdot (61,51 [\text{KW}] / 175,89 [\text{KW}])^2 - 523 \cdot (61,51 [\text{KW}] / 175,89 [\text{KW}])^3$
21	B_s	Verbrauch je Strecke	l/km	$= (b_{\text{eM}} u [\text{g} \cdot \text{kWh}] \cdot P_{\text{Motor}} [\text{KW}]) / v_{\text{AG}} [\text{km/ha}] / \rho_{\text{D}} [\text{kg/l}]$
	0,74			$= 243,17 [\text{g} \cdot \text{kWh}] \cdot 61,51 [\text{KW}] / 6,9444 [\text{km/ha}] / 0,82 [\text{kg/l}]$
22	B_sHF	Dieselverbrauch je ha auf der Strecke Hof-Feld	l/ha	$= B_s [\text{l/km}] \cdot s_{\text{HF}} [\text{km}] / A_{\text{F}} [\text{ha}]$
	0,30			$= 0,74 [\text{l/km}] \cdot 8,00 [\text{km}] / 20,00 [\text{ha}]$
<b>Berechnung des maschinenspezifischen Dieselverbrauchs in der Nebenzeit Versorgen entfällt da in Berechnung Beladen / Umschlag berücksichtigt</b>				
1.	B_W_Befüll	Dieselverbrauch bei Befüllarbeit (Förderschnecke/Zapfwellenarbeit)	l/ha	$= b_e [\text{g/KWh}] \cdot m_{\text{BM}_ges} [\text{kg}] \cdot W_{\text{Befüll}} [\text{kJ/kg}] / \rho_{\text{D}} [\text{l/kg}] / A_{\text{F}} [\text{ha}]$ (b_e = fixer Wert nach Schreiber, 2006)
	-			entfällt
2.	B_sAL	Dieselverbrauch auf der Anfahrtsstrecke zum Laden	l/ha	$= s_{\text{AL}}(\text{FA}) \cdot B_s / A_{\text{F}}$
	-			Entfällt
<b>Gesamtdieselverbrauch der Teilarbeit Feldarbeit FA</b>				
23	B_FA	Gesamtdieselverbrauch der Feldarbeit FA	l	$= (B_{\text{H}_k/u} [\text{l/ha}] + B_{\text{sHF}} [\text{l/ha}] + B_{\text{W}_Befüll} [\text{l/ha}] + B_{\text{sAL}} [\text{l/ha}] \cdot A_{\text{F}} [\text{ha}])$
	240,27			$= (11,72 [\text{l/ha}] + 0,30 [\text{l/ha}]) \cdot 20,00 [\text{ha}]$
24	B_fa	Dieselverbrauch der Feldarbeit FA	l/ha	$= (B_{\text{H}_k/u} [\text{l/ha}] + B_{\text{sHF}} [\text{l/ha}])$
	12,01			$= (11,72 [\text{l/ha}] + 0,30 [\text{l/ha}])$
<b>Dieselverbrauch des Gesamtarbeitsverfahrens mit den Teilarbeiten FA + TR + BLA + UMS</b>				
25	B_ges	Dieselverbrauch des gesamten AV	l	$= B_{\text{FA}} [\text{l}] + B_{\text{TR}} [\text{l}] + B_{\text{BLA}} [\text{l}] + B_{\text{UMS}} [\text{l}]$
	250,69			$= 240,27 [\text{l}] + 4,80 [\text{l}] + 2,94 [\text{l}] + 2,68 [\text{l}]$
26	B_ges_a	Flächenbezogener Dieselverbrauch des gesamten AV	l/ha	$= B_{\text{fa}} [\text{l/ha}] + B_{\text{tr}} [\text{l/ha}] + B_{\text{bla}} [\text{l/ha}] + B_{\text{ums}} [\text{l/ha}]$
	12,53			$= 10,74 [\text{l}] + 0,24 [\text{l}] + 0,15 [\text{l}] + 0,13 [\text{l}]$

### D.7.3 Berechnungsbeispiel spezifischer Dieselverbrauch in Teilarbeit Beladen

Tabelle 94: Berechnungsbeispiel zur Dieselverbrauchsberechnung: Teilarbeit Beladen

Berechnung des maschinenspezifischen Dieselverbrauchs in der Teilarbeit Beladen (BLA) nach Schreiber (2006)				
Nr.	Abk.	Berechnungsgröße	Einheit	Formel kurz
<b>Einfluss der Gesamtmasse</b>				
1.	F_G	Gewichtskraft (Feldarbeit)	N	$= (m_{\text{Zug}} [\text{kg}] + m_{\text{AG}} [\text{kg}] + (m_{\text{Ladung}} [\text{kg}] / 2)) * 9,81 [\text{m/s}^2]$
	64.746,00		N	$= 5.600,00 [\text{kg}] + 500,00 [\text{kg}] + (1.000,00 [\text{kg}] / 2) * 9,81 [\text{m/s}^2]$
<b>Einfluss des Laufwerks und des Zugkraftbedarfs</b>				
2.	F_Zug	Zugkraft	N	$= F_{\text{Zug}_b} [\text{kN/m}] * b_{\text{AG}} [\text{m}] + F_{\text{Zug}_{bt}} [\text{kN/m} * \text{cm}] * b_{\text{AG}} [\text{m}] * t_{\text{AG}} [\text{cm}] * 1000$
	0,00		N	$= 0,00 [\text{kN/m}] * 0,00 [\text{m}] + 0,00 [\text{kN/m} * \text{cm}] * 0,00 [\text{m}] * 0 [\text{cm}] * 1000$
3.	$\sigma$	Triebkraftsbeiwert (Schlupf)		$= \ln((k - a) / b) / c$
	0,01			$= \ln((0,41 - 0,61) / -0,67) / -10$
3.1.	k	Triebkraftbeiwert		$= F_{\text{Zug}} [\text{N}] + (F_{\text{G}} [\text{N}] - F_{\text{G}_\text{Trieb}} [\text{N}] * p) / F_{\text{G}_\text{Trieb}} [\text{N}]$
	0,01			$= (0,00 [\text{N}] + 64.746,00 [\text{N}] - 59.841,00 [\text{N}] * 0,08) / 59841,00 [\text{N}]$
4.	F_G_Trieb	Achslast der Triebachsen	N	$= m_{\text{Zug}_h} [\text{m}] + m_{\text{AG}_{st}} [\text{kg}] + m_{\text{AG}} [\text{m}] * 9,81 [\text{m/s}^2]$
	59.841,00		N	$= 5.600,00 [\text{m}] + 500,00 [\text{kg}] + 0,00 [\text{m}] * 9,81 [\text{m/s}^2]$
5.	P_Nabe	Nabenleistung	KW	$= (F_{\text{Zug}} [\text{N}] + F_{\text{G}} [\text{N}] * p) * v_{\text{AG}} [\text{m/s}] / 1000 / (1 - \sigma)$
	7,27		KW	$= (0,00 [\text{N}] + 64.746,00 [\text{N}] * 0,08) * 1,39 [\text{m/s}] / 1000 / (1 - 0,01)$
<b>Der Antriebsstrang</b>				
6.	P_Fahr	Fahrleistung	KW	$= P_{\text{Nabe}} [\text{KW}] / g_1 + P_{\text{Nenn}} * g_2$
	12,37		KW	$= 7,27 [\text{KW}] / 0,96 + 80,00 [\text{KW}] * 0,06$
<b>Motorleistung durch Zug- und Nebenleistung</b>				
7.	P_Motor	benötigte Motorleistung	KW	$= P_{\text{Fahr}} [\text{KW}] + W_{\text{Neben}_m} [\text{kJ/kg}] * m_{\text{BMges}} [\text{kg/ha}] / A_{\text{F}} [\text{m}^2] * b_{\text{AG}} [\text{m}] * v_{\text{AG}} [\text{m/s}] + P_{\text{Neben}_{bt}} [\text{KW/m} * \text{cm}] * t_{\text{AG}} [\text{cm}] * b_{\text{AG}} [\text{m}] * P_{\text{Neben}_b} [\text{KW/m}] * b_{\text{AG}} [\text{m}]$
	44,37			$= 12,37 [\text{KW}] + 0,4 * 80 [\text{KW}] - \text{Ansatz von } 0,4 * P_{\text{Nenn}} [\text{KW}]$
<b>Ermittlung des spezifischen Kraftstoffverbrauchs</b>				
8.	b_eM_u	spezifischer Kraftstoffverbrauch - unabhängige Motordrehzahl	g/kW*h	$= \text{Wenn}(P_{\text{Motor}} [\text{KW}] > (P_{\text{Nenn}} [\text{KW}] * 1,1); \text{dann: } 457 - 980 * P_{\text{Motor}} [\text{KW}] / P_{\text{Nenn}} [\text{KW}] + 1260 * (P_{\text{Motor}} [\text{KW}] / P_{\text{Nenn}} [\text{KW}])^2 - 523 * (P_{\text{Motor}} [\text{KW}] / P_{\text{Nenn}} [\text{KW}])^3; \text{sonst: } (457 - 980 * P_{\text{Motor}} [\text{KW}] / P_{\text{Motor}} [\text{KW}] + 1260 * (P_{\text{Motor}} [\text{KW}] / P_{\text{Motor}} [\text{KW}])^2 - 523 * (P_{\text{Motor}} [\text{KW}] / P_{\text{Motor}} [\text{KW}])^3) * (P_{\text{Motor}} [\text{KW}] / P_{\text{Nenn}} [\text{KW}])$
	211,82		g/kW*h	$= \text{Wenn}(12,37 [\text{KW}] > (125,00 [\text{KW}] * 1,1); \text{dann: } 457 - 980 * 12,37 [\text{KW}] / 125,00 [\text{KW}] + 1260 * 12,37 [\text{KW}] / 125,00 [\text{KW}]^2 - 523 * (12,37 [\text{KW}] / 125,00 [\text{KW}])^3; \text{sonst: } (457 - 980 * 12,37 [\text{KW}] / 12,37 [\text{KW}] + 1260 * 12,37 [\text{KW}] / 12,37 [\text{KW}]^2 - 523 * (12,37 [\text{KW}] / 12,37 [\text{KW}])^3) * (12,37 [\text{KW}] / 125,00 [\text{KW}])$

Fortsetzung auf der nächsten Seite

## Fortsetzung von vorheriger Seite - Tabelle 94: Berechnungsbeispiel zur Dieselverbrauchsberechnung: Teilarbeit Beladen

Nr.	Abk.	Berechnungsgröße	Einheit	Formel kurz
<b>Ermittlung des Gesamtverbrauchs der Teilarbeit - Beladen (BLA)</b>				
9	B_H_BLA	Gesamtdieselverbrauch in Hauptzeit	l	$= b_{eM\_u} [g \cdot kWh] \cdot P_{Motor} [KW] / p\_D [kg/l] / 1000 \cdot GZ\_zug [Mh]$ - Verweis zu Arbeitszeitbedarf-Beladen BLA
	2,94		l	$= 211,82 [g \cdot kWh] \cdot 80,00 [KW] / 0,82 [kg/l] / 1000 \cdot 0,26 [Mh]$
10	B_H_bla	Dieselverbrauch in Hauptzeit je Fläche	l/ha	$= B\_HA\_BLA [l] / A\_F [ha]$
	0,15		l/ha	$= 2,94 [l] / 20,00 [ha]$
<b>Ermittlung des Gesamtverbrauchs der Teilarbeit - Entladen (ELA) - trifft im Berechnungsbeispiel nicht zu</b>				
10.1	B_H_ELA	Dieselverbrauch in Hauptzeit je Mh	l	$= b_{eM\_u} [g \cdot kWh] \cdot P_{Motor} [KW] / p\_D [kg/l] / 1000 \cdot MSH\_BLA [Mh]$ - Verweis zu Arbeitszeitbedarf-Beladen BLA
	-		l	entfällt
11.1	B_H_ela	Gesamtdieselverbrauch in Hauptzeit je FE	l/ha	$= B\_HA\_BLA [l] / A\_F [ha]$
	-		l/ha	entfällt
<b>Verbrauch auf Streckenfahrten – Wege zwischen Hof - Feld sowie Feld - (im Berechnungsbeispiel kein Weg Hof-Feld nHF=0)</b>				
11	F_G	Gewichtskraft (Feldarbeit)	N	$= (m\_Zug [kg] + m\_AG [kg] + (m\_Ladung [kg] / 2)) \cdot 9,81 [m/s^2]$
	64.746,00		N	$= 5.600,00 [kg] + 500,00 [kg] + (1.000,00 [kg] / 2) \cdot 9,81 [m/s^2]$
12	F_Zug	Zugkraft	N	$= F\_Zug\_b [kN/m] \cdot b\_AG [m] + F\_Zug\_bt [kN/m \cdot cm] \cdot b\_AG [m] \cdot t\_AG [cm] \cdot 1000$
	0,00		N	$= 0,00 [kN/m] \cdot 0,00 [m] + 0,00 [kN/m \cdot cm] \cdot 0,00 [m] \cdot 0 [cm] \cdot 1000$
13	$\sigma$	Triebkraftsbeiwert (Schlupf)		$= \ln((k - a) / b) / c$
	0,02			$= \ln((0,039 - 0,61) / -0,67) / -10$
13.1.	k	Triebkraftbeiwert		$= F\_Zug [N] + (F\_G [N] - F\_G\_Trieb [N]) \cdot p / F\_G\_Trieb [N]$
	0,04			$= (0,00 [N] + 64.746,00 [N] - 43.360,20 [N]) \cdot 0,08 / 43.360,20 [N]$
14	F_G_Trieb	Achslast der Triebachsen	N	$= m\_Zug\_h [m] + m\_AG\_st [kg] + m\_AG [m] \cdot 9,81 [m/s^2]$
	43.360,20		N	$= 3.920,00 [m] + 500,00 [kg] + 0,00 [m] \cdot 9,81 [m/s^2]$
15	P_Nabe	Nabenleistung	KW	$= (F\_Zug [N] + F\_G [N] \cdot p) \cdot v\_AG [m/s] / 1000 / (1 - \sigma)$
	7,31		KW	$= (0,00 [N] + 64.746,00 [N] \cdot 0,08) \cdot 1,39 [m/s] / 1000 / (1 - 0,016)$
16	P_Fahr	Fahrleistung	KW	$= P\_Nabe [KW] / g1 + P\_Nenn [KW] \cdot g2$
	12,42		KW	$= 7,23 [KW] / 96,00 + 80,00 [KW] \cdot 0,06$
17	P_Motor	benötigte Motorleistung	KW	$= P\_Fahr [KW] + W\_Neben\_m [kJ \cdot m] \cdot m1 / a [ha] \cdot b\_AG [m] \cdot v [m/s] + P\_Neben\_bt [KW \cdot m \cdot cm] \cdot t\_AG [cm] \cdot b\_AG [m] \cdot P\_neben\_b [KW \cdot m] \cdot b\_AG [m]$
	12,42		KW	$= 12,33 [KW] + 0,00 [kJ \cdot m] \cdot 331,75 / 20,00 [ha] \cdot 5,00 [m] \cdot 6,94 [m/s] + 0,00 [KW \cdot m \cdot cm] \cdot 0,00 [cm] \cdot 5,00 [m] \cdot 0,00 [KW \cdot m] \cdot 5,00 [m]$
18	beM_u	spezifischer Kraftstoffverbrauch - unabhängige Motordrehzahl	g/kW*h	$= 457 - 980 \cdot P\_Motor [KW] / P\_Nenn [KW] + 1260 \cdot (P\_Motor [KW] / P\_Nenn [KW])^2 - 523 \cdot (P\_Motor [KW] / P\_Nenn [KW])^3$
	333,30		g/kW*h	$= 457 - 980 \cdot 12,31 [KW] / 80,00 [KW] + 1260 \cdot (12,33 [KW] / 80,00 [KW])^2 - 523 \cdot (12,33 [KW] / 80,00 [KW])^3$

Fortsetzung auf der nächsten Seite

**Fortsetzung von vorheriger Seite - Tabelle 94: Berechnungsbeispiel zur Dieserverbrauchsberechnung: Teilarbeit Beladen**

Nr.	Abk.	Berechnungsgröße	Einheit	Formel kurz
<b>Ermittlung des Gesamtverbrauchs der Teilarbeit - Beladen (BLA)</b>				
19	b_s	Verbrauch je Strecke	l/km	$= (b_{eM\_u} [g \cdot kWh] * P_{Motor} [KW]) / v_{AG} [km/ha] / \rho_D [kg/l]$
	1,01		l/km	$= 333,95 [g \cdot kWh] * 12,33 [KW] / 1,39 [km/s] * 3,6 / 1000 / 0,82 [kg/l]$
20	B_s_BLA	Gesamt Dieserverbrauch je ha für Strecke Hof-Feld	l/ha	$= B_s [l/km] * 2 * s_{HF} [km] * n_{HF} [n]$
	0,00		l/ha	$= 1,00 [l/km] * 2 * 4,00 [km] * 0 [n]$
21	B_s_bla	Gesamt Dieserverbrauch für Beladen	l	$= B_s\_BLA [l] / A\_F [ha]$
	0,00		l	$= 0,00 [l] / 20,00 [ha]$
<b>Gesamtdieserverbrauch der Teilarbeit Beladen</b>				
23	B_BLA	Dieserverbrauch der Teilarbeit Beladen (BLA)	l	$= (B\_H\_BLA [l]) + B\_s\_BLA [l]$
	2,94		l	$= 2,94 [l] + [0,00 [l]]$
24	B_bla	Dieserverbrauch der Teilarbeit Beladen (BLA) je Fläche	l/ha	$= B\_BLA [l] / A\_F [ha]$
	0,15		l/ha	$= 2,94 [l] / 20,00 [ha]$

**D.7.4 Berechnungsbeispiel spezifischer Dieserverbrauch in Teilarbeit Transport**

Tabelle 95: Berechnungsbeispiel zur Dieserverbrauchsberechnung: Teilarbeit Transport

<b>Berechnungsbeispiel zur Dieserverbrauchsberechnung in Teilarbeit Transport (b_s = fixer Wert) nach Schreiber (2006)</b>				
1.	b_s	Dieserverbrauch je km für Transporte	l/km	$= 0,6 [l/km] = \text{fixer Ansatz für Verbrauchswert}$
	0,60		l/km	$= 0,6 [l/km]$
2.	n_HF	Anzahl Transporte Hof-Feld	n	$= \text{Aufrunden} (m_{BM} [kg] * A\_F [ha] / m_{max}; 0) * 2$
	1,00		n	$= \text{Aufrunden} (300 [kg] * 20 [ha] / 8000 [kg]) 0$
3.	B_TR	Gesamtdieserverbrauch für Teilarbeit Transport	l	$= b_s [l/km] * n_{HF} [n] * 2 * s_{HF} [km]$
	4,80		l	$= 0,6 [l/km] * 1 [n] * 2 * 4 [km]$
4.	B_tr	Dieserverbrauch der Teilarbeit Transport je	l/ha	$= B\_TR [l] / A\_F [ha]$
	0,24		l/ha	$= 4,8 [l] / 20 [ha]$

## D.7.5 Berechnungsbeispiel spezifischer Dieselverbrauch: Teilarbeit Umschlag

Tabelle 96: Berechnungsbeispiel zur Dieselverbrauchsberechnung: Teilarbeit Umschlag

Berechnungsbeispiel des maschinenspezifischen Dieselverbrauchs in der Teilarbeit Umschlag (UmS) nach Schreiber (2006)				
Nr.	Abk.	Berechnungsgröße	Einheit	Formel kurz
<b>Einfluss der Gesamtmasse</b>				
1.	F_G	Gewichtskraft (Feldarbeit)	N	$= (m_{\text{Zug}} [\text{kg}] + m_{\text{AG}} [\text{kg}] + (m_{\text{Ladung}} [\text{kg}] / 2)) * 9,81 [\text{m/s}^2]$
	114.266,88		N	$= 7.148,00 [\text{kg}] + 4.500,00 [\text{kg}] + (0,00 [\text{kg}] / 2) * 9,81 [\text{m/s}^2]$
<b>Einfluss des Laufwerks und des Zugkraftbedarfs</b>				
2.	F_Zug	Zugkraft	N	$= F_{\text{Zug}_b} [\text{kN/m}] * b_{\text{AG}} [\text{m}] + F_{\text{Zug}_{bt}} [\text{kN/m} * \text{cm}] * b_{\text{AG}} [\text{m}] * t_{\text{AG}} [\text{cm}] * 1000$
	-		N	$= 0,00 [\text{kN/m}] * 0,00 [\text{m}] + 0,00 [\text{kN/m} * \text{cm}] * 0,00 [\text{m}] * 0 [\text{cm}] * 1000$
3.	$\sigma$	Triebkraftsbeiwert (Schlupf)		$= \ln((k - a) / b) / c$
	0,017			$= \ln((0,41 - 0,61) / -0,67) / -10$
3.1.	k	Triebkraftbeiwert		$= F_{\text{Zug}} [\text{N}] + (F_{\text{G}} [\text{N}] - F_{\text{G}_{\text{Trieb}}} [\text{N}]) * p / F_{\text{G}_{\text{Trieb}}} [\text{N}]$
	0,046			$= (0,00 [\text{N}] + 64.746,00 [\text{N}] - 59.841,00 [\text{N}]) * 0,08 / 59841,00 [\text{N}]$
4.	F_G_Trieb	Achslast der Triebachsen	N	$= m_{\text{Zug}_h} [\text{m}] + m_{\text{AG}_{st}} [\text{kg}] + m_{\text{AG}} [\text{m}] * 9,81 [\text{m/s}^2]$
	72.329,13		N	$= 7.148,00 [\text{m}] + 4.500,00 [\text{kg}] + 0,00 [\text{m}] * 9,81 [\text{m/s}^2]$
5.	P_Nabe	Nabenleistung	KW	$= (F_{\text{Zug}} [\text{N}] + F_{\text{G}} [\text{N}] * p) * v_{\text{AG}} [\text{m/s}] / 1000 / (1 - \sigma)$
	-		KW	$= (0,00 [\text{N}] + 114.266,88 [\text{N}] * 0,08) * 0,00 [\text{m/s}] / 1000 / (1 - 0,017)$
<b>Der Antriebsstrang</b>				
6.	P_Fahr	Fahrleistung	KW	$= P_{\text{Nabe}} [\text{KW}] / g_1 + P_{\text{Nenn}} * g_2$
	7,50		KW	$= 7,27 [\text{KW}] / 0,96 + 80,00 [\text{KW}] * 0,06$
<b>Motorleistung durch Zug- und Nebenleistung</b>				
7.	P_Motor	benötigte Motorleistung	KW	$= P_{\text{Fahr}} [\text{KW}] + W_{\text{Neben}_m} [\text{kJ/kg}] * m_{\text{BMges}} [\text{kg/ha}] / A_{\text{F}} [\text{m}^2] * b_{\text{AG}} [\text{m}] * v_{\text{AG}} [\text{m/s}] + P_{\text{Neben}_{bt}} [\text{KW/m} * \text{cm}] * t_{\text{AG}} [\text{cm}] * b_{\text{AG}} [\text{m}] * P_{\text{Neben}_b} [\text{KW/m}] * b_{\text{AG}} [\text{m}]$
	57,50		KW	$= 12,37 [\text{KW}] + 0,4 * 125,00 [\text{KW}] - \text{Ansatz von } 0,4 * P_{\text{Nenn}} [\text{KW}]$
<b>Ermittlung des spezifischen Kraftstoffverbrauchs</b>				
8.	b_eM_u	spezifischer Kraftstoffverbrauch - unabhängige Motordrehzahl	g/kW*h	$= \text{Wenn}(P_{\text{Motor}} [\text{KW}] > (P_{\text{Nenn}} [\text{KW}] * 1,1); \text{dann: } 457 - 980 * P_{\text{Motor}} [\text{KW}] / P_{\text{Nenn}} [\text{KW}] + 1260 * (P_{\text{Motor}} [\text{KW}] / P_{\text{Nenn}} [\text{KW}])^2 - 523 * (P_{\text{Motor}} [\text{KW}] / P_{\text{Nenn}} [\text{KW}])^3; \text{sonst: } (457 - 980 * P_{\text{Motor}} [\text{KW}] / P_{\text{Motor}} [\text{KW}] + 1260 * (P_{\text{Motor}} [\text{KW}] / P_{\text{Motor}} [\text{KW}])^2 - 523 * (P_{\text{Motor}} [\text{KW}] / P_{\text{Motor}} [\text{KW}])^3) * (P_{\text{Motor}} [\text{KW}] / P_{\text{Nenn}} [\text{KW}])$
	221,91		g/kW*h	$= \text{Wenn}(12,37 [\text{KW}] > (125,00 [\text{KW}] * 1,1); \text{dann: } 457 - 980 * 12,37 [\text{KW}] / 125,00 [\text{KW}] + 1260 * 12,37 [\text{KW}] / 125,00 [\text{KW}]^2 - 523 * (12,37 [\text{KW}] / 125,00 [\text{KW}])^3; \text{sonst: } (457 - 980 * 12,37 [\text{KW}] / 12,37 [\text{KW}] + 1260 * 12,37 / 12,37)^2 - 523 * (12,37 / 12,37)^3) * (12,37 / 125,00)$
<b>Ermittlung des Gesamtverbrauchs der Teilarbeit - Umschlag (UmS) in der Hauptzeit</b>				
9.	B_H_UmS	Dieselverbrauch in Hauptzeit	l	$= b_{eM_u} [\text{g} * \text{KWh}] * P_{\text{Motor}} [\text{KW}] / p_{\text{D}} [\text{kg/l}] / 1000 * GZ_{\text{Zug}} [\text{Mh}]$
	2,68		l	$= 221,91 [\text{g} * \text{KWh}] * 125,00 [\text{KW}] / 0,82 [\text{kg/l}] / 1000 * 0,172 [\text{Mh}]$

Fortsetzung auf der nächsten Seite

**Fortsetzung von vorheriger Seite - Tabelle 96: Berechnungsbeispiel zur Dieselverbrauchsberechnung in Teilarbeit Umschlag**

Nr.	Abk.	Berechnungsgröße	Einheit	Formel kurz
10.	B_H_ums	Gesamtdieselverbrauch in Hauptzeit j	l/ha	= B_HA_UmS [l] / A_F [ha]
	0,13		l/ha	= 2,68 [l] / 20,00 [ha]
<b>Verbrauch auf Streckenfahrten – Wege zwischen Hof - Feld sowie Feld - Feld (im Beispiel keine Wege da in TA_TR berücksichtigt - nHF=0)</b>				
11	F_G	Gewichtskraft (Feldarbeit)	N	= (m_Zug [kg] + m_AG [kg] + (m_Ladung [kg] / 2)) * 9,81 [m/s <sup>2</sup> ]
	114.266,88		N	= 7.148,00 [kg] + 4.500,00 [kg] + (0,00 [kg] / 2) * 9,81 [m/s <sup>2</sup> ]
12	F_zug	Zugkraft	N	= F_Zug_b [kN/m] * b_AG [m] + F_Zug_bt [kN/m*cm] * b_AG [m] * t_AG [cm] * 1000
	-		N	= 0,00 [kN/m] * 0,00 [m] + 0,00 [kN/m*cm] * 0,00 [m] * 0 [cm] * 1000
13	σ	Triebkraftsbeiwert (Schlupf)		= ln((k - a) / b) / c
	0,027			= ln((0,04 - 0,61) / -0,67) / -10
13.1.	k	Triebkraftbeiwert		= F_Zug [N] + (F_G [N] - F_G_Trieb [N]) * p) / F_G_Trieb [N]
	0,098			= (0,00 [N] + 64.746,00 [N] - 43.360,20 [N]) * 0,08) / 43.360,20 [N]
14	F_G_Trieb	Achslast der Triebachsen	N	= m_Zug_h [m] + m_AG_st [kg] + m_AG [m] * 9,81 [m/s <sup>2</sup> ]
	51.292,57		N	= 5003,60 [m] + 0,00 [kg] + 225,00 [m] * 9,81 [m/s <sup>2</sup> ]
15	P_Nabe	Nabenleistung	KW	= (F_Zug [N] + F_G [N] * p) * v_AG [m/s] / 1000 / (1 - σ)
	52,19		KW	= (0,00 [N] + (51.292,57 [N] * 0,08) * 5,556 [m/s] / 1000 / (1 - 0,001)
16	P_Fahr	Fahrleistung	KW	= P_Nabe [KW] / g1 + P_Nenn [KW] * g2
	61,87		KW	= 50,74 [KW] / 96,00 + 125 [KW] * 0,06
17	P_Motor	benötigte Motorleistung	KW	= P_Fahr [KW] + W_Neben_m [kJ*m] * m1 / a [ha] * b_AG [m] * v [m/s] + P_Neben_bt [KW*m*cm] * t_AG [cm] * b_AG [m] * Pneben_b [KW*m] * b_AG [m]
	61,87		KW	= 60,36 [KW] + 0,00 [kJ*m] * 4.500 / 20,00 [ha] * 5,00 [m] * 6,94 [m/s] + 0,00 [KW*m*cm] * 0,00 [cm] * 5,00 [m] * 0,00 [KW*m] * 5,00 [m]
18	beM_u	spezifischer Kraftstoffverbrauch - unabhängige Motordrehzahl	g/kW*h	= 457 - 980 * P_Motor [KW] / P_Nenn [KW] + 1260 * (P_Motor [KW] / P_Nenn [KW]) <sup>2</sup> - 523 * (P_Motor [KW] / P_Nenn [KW]) <sup>3</sup>
	217,21		g/kW*h	= 457 - 980 * 60,36 [KW] / 125,00 [KW] + 1260 * (60,36 [KW] / 125,00 [KW]) <sup>2</sup> - 523 * (60,36 [KW] / 125,00 [KW]) <sup>3</sup>
19	b_s	Verbrauch je Strecke	l/km	= (b_eM_u [g*kWh] * P_Motor [KW]) / v_AG [km/ha] / ρ_D [kg/l]
	0,82		l/km	= 218,69 [g*kWh] * 60,36 [KW] / 5,556 [km/s] * 3,6 / 1000 / 0,82 [kg/l]
20	B_s_UmS	Dieselverbrauch Strecke Hof-Feld	l/ha	= B_s [l/km] * 2 * s_HF [km] * n_HF [n]
	-		l/ha	= 0,80 [l/km] * 2 * 4,00 [km] * 0 [n]
21	B_s_ums	Gesamt Dieselverbrauch für Beladen	l	= B_s_BLA [l] / A_F [ha]
	-		l	= 0,00 [l] / 20,00 [ha]
<b>Dieselverbrauch der Teilarbeit Umschlag (UmS)</b>				
22	B_UmS	Dieselverbrauch Umschlag (UmS)	l	= B_H_UmS [l] + B_s_UmS [l]
	2,68		l	= 2,68 [l] + 0,00 [l]
23	B_ums	Dieselverbrauch Umschlag (UmS)	l/ha	= B_UmS [l] / A_F [ha]
	0,13		l/ha	= 2,68 [l] / 20 [ha]

## D.8.1 Berechnungsbeispiel Kosten und Leistungen im Produktionsverfahren

Tabelle 97: Berechnungsbeispiel Kosten und Leistungen im Produktionsverfahren

Formelübersicht zur Berechnung der Leistungen und Kosten im Produktionsverfahren (PV)				
Nr.	Abk.	Berechnungsgröße	Einheit	Formel (Kurzform)
1	L	Leistung des Produktionsverfahrens	RMB/ha	$= M_{HP} [kg] * p_{HP} [RMB/kg] + M_{NP\_1} [kg] * p_{NP\_1} [RMB/kg] + \dots + M_{NP\_n} [kg] * p_{NP\_n} [RMB/kg]$
	8.000,00	= Verweis zu Grunddaten der PV	RMB/ha	$= 40,00 [dt/ha] / 10 * 2000,00 [RMB/t] + 0,00 [dt/ha] / 10 * 0,00 [RMB/t]$
2	K_D_pv	Direktkosten im Produktionsverfahren	RMB/ha	= Verweis Berechnungsblatt Direktkosten im Produktionsverfahren
	1.875,47		RMB/ha	
3	K_AE_pv	Arbeiterledigungskosten im Produktionsverfahren	RMB/ha	$= K_{AE\_av1} [RMB/ha] + \dots + K_{AE\_n} [RMB/ha]$
	2.049,20		RMB/ha	= Verweis Berechnung Arbeiterledigungskosten aller AV (1-n)
4	DAEKfL_pv	Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung des Produktionsverfahrens	RMB/ha	$= L [RMB/ha] - K_{D\_pv} [RMB/ha] - K_{AE\_pv} [RMB/ha]$
	4.075,33		RMB/ha	$= 8.000,00 [RMB/ha] - 1.875,47 [RMB/ha] - 2.049,20 [RMB/ha]$
5	K_Fl	Flächenkosten	RMB/ha	$= p_F [kg/mu] * 15 / 1000 * p_{HP} [RMB/t] - \text{Verweis Grunddaten des PV}$
	2.550,00		RMB/ha	$= 85 [kg/mu] * 15 / 1000 * 2000,00 [RMB/t]$
	K_geb	Gebäudekosten	RMB/ha	0
	-		RMB/ha	= 0
7	K_r	Rechtekosten	RMB/ha	0
	-		RMB/ha	= 0
8	K_allg	Allgemeine Kosten	RMB/ha	$= K_{Bf} + K_{HV} + K_{VBM} + K_{Aufb} + K_{sonst} - \text{Verweis zu Grunddaten}$
	117,12		RMB/ha	$= 19,62 [RMB/ha] + 60,00 [RMB/ha] + 7,50 [RMB/ha] + 30,00 [RMB/ha]$
9	K_Bf	Kosten für Betriebsführung	RMB/ha	$= K_{AK\_pv} [RMB/ha] * k_{bf} [\%] / 100$
	19,62		RMB/ha	$= 784,87 [RMB/ha] * 50 [\%] / 100$
10	K_Aufb	Kosten für die Ausfbereitung des Erntegutes	RMB/ha	$= k_{Rei} [RMB/ha] + k_{Tro} [RMB/ha] + k_{Lager} [RMB/ha]$
	195,00		RMB/ha	$= 135,00 [RMB/ha] + 45,00 [RMB/ha] + 15,00 [RMB/ha]$
11	K_pv	Vollkosten des Produktionsverfahrens	RMB/ha	$= K_{D\_pv} [RMB/ha] + K_{AE\_pv} [RMB/ha] + K_{Fl} [RMB/ha] + K_{Geb} [RMB/ha] + K_{R} [RMB/ha] + K_{allg} [RMB/ha] + K_{Bf} [RMB/ha] + K_{Aufb} [RMB/ha]$
	6.786,79		RMB/ha	$= 1.875,47 [RMB/ha] + 2.049,20 [RMB/ha] + 2.550,00 [RMB/ha] + 0,00 [RMB/ha] + 0,00 [RMB/ha] + 117,12 [RMB/ha] + 19,62 [RMB/ha] + 195,00 [RMB/ha]$
12	kGB_pv	kalkulatorischer Gewinnbeitrag des Produktionsverfahrens	RMB/ha	$= L [RMB] - K_{PV} [RMB]$
	1.213,21		RMB/ha	$= 8.000,00 [RMB/ha] - 6.786,79 [RMB/ha]$

## D.8.2 Berechnungsbeispiel Direktkosten im Produktionsverfahren

Tabelle 98: Berechnungsbeispiel Direktkosten im Produktionsverfahren (PV)

<b>Berechnung der Direktkosten im Produktionsverfahren (PV) aller dazugehörigen Arbeitsverfahren (AV_1 - AV_n)</b>				
Nr.	Abk.	Berechnungsgröße	Einheit	Formel (Kurzform)
13	K_mDung_1		RMB/ha	= m_mDung_1 [kg/ha] * p_mDung_1 [RMB/kg]
	61,50	Min. Dünger1	RMB/ha	= 25,00 [kg/ha] * 2,46 [RMB/kg]
14	K_mDung_2		RMB/ha	= m_mDung_2 [kg/ha] * p_mDung_2 [RMB/kg]
	267,20	Min. Dünger2	RMB/ha	= 80,00 [kg/ha] * 3,34 [RMB/kg]
15	K_mDung_3		RMB/ha	= m_mDung_3 [kg/ha] * p_mDung_3 [RMB/kg]
	231,60	Min. Dünger3	RMB/ha	= 60,00 [kg/ha] * 3,86 [RMB/kg]
16	K_mDung_4		RMB/ha	= m_mDung_4 [kg/ha] * p_mDung_4 [RMB/kg]
	393,60	Min. Dünger4	RMB/ha	= 160,00 [kg/ha] * 2,46 [RMB/kg]
<b>17</b>	<b>K_mDung_pv</b>	<b>Kosten min. Düngung_1</b>	RMB/ha	<b>= K_mDung_1 [RMB/ha] + ..... + K_mDung_n [RMB]</b>
	<b>953,90</b>		RMB/ha	<b>= 61,50 [RMB/ha] + 267,20 [RMB/ha] + 231,20 [RMB/ha] + 393,60 [RMB/ha]</b>
18	K_orgDung_1	Org. Dung. 1	RMB/ha	= m_orgDung_1 [kg/ha] * p_orgDung_1 [RMB/kg]
	0,00		RMB/ha	= 0
<b>9</b>	<b>K_orgDung_pv</b>	<b>Kosten org. Düngung_1</b>	RMB/ha	<b>= K_orgDung_1 [RMB/ha] + ..... + K_orgDung_n [RMB/ha]</b>
	<b>0,00</b>		RMB/ha	<b>= 0</b>
20	K_Saat_1		RMB/ha	= m_Saat_1 [kg/ha] * p_Saat_1 [RMB/kg]
	750,00	Saatgut1	RMB/ha	= 300,00 [RMB/ha] * 2,50 [RMB/kg]
<b>21</b>	<b>K_Saat_pv</b>	<b>Kosten Saatgut</b>	<b>RMB/ha</b>	<b>= K_Saat_1 [RMB/ha] + ..... + K_Saat_n [RMB/ha]</b>
	<b>750,00</b>		RMB/ha	<b>= 750 [RMB/ha]</b>
22	K_PSM_1		RMB/ha	= m_PSM_1 [kg/ha] * p_PSM_1 [RMB/kg]
	53,00	PSM1	RMB/ha	= 1,00 [kg/ha] * 53,00 [RMB/kg]
23	K_PSM_2		RMB/ha	= m_PSM_2 [kg/ha] * p_PSM_2 [RMB/kg]
	21,00	PSM2	RMB/ha	= 0,035 [kg/ha] * 600,00 [RMB/kg]
24	K_PSM_3		RMB/ha	= m_PSM_3 [kg/ha] * p_PSM_3 [RMB/kg]
	53,00	PSM3	RMB/ha	= 1,00 [kg/ha] * 53,00 [RMB/kg]
25	K_PSM_4		RMB/ha	= m_PSM_4 [kg/ha] * p_PSM_4 [RMB/kg]
	21,00	PSM4	RMB/ha	= 0,035 [kg/ha] * 600,00 [RMB/kg]
<b>26</b>	<b>K_PSM_pv</b>	<b>Kosten PSM</b>	<b>RMB/ha</b>	<b>= K_PSM_1 [RMB/ha] + ..... + K_PSM_n [RMB/ha]</b>
	<b>148,00</b>		RMB/ha	<b>= 53,00 [RMB/ha] + 24,00 [RMB/ha] + 53,00 [RMB/ha] + 24,00 [RMB/ha]</b>
27	K_Wasser_1		RMB/ha	= m_Wasser_1 [l/ha] * p_Wasser [RMB/l/ha]

Fortsetzung auf der nächsten Seite

**Fortsetzung von vorheriger Seite - Tabelle 98: Berechnungsbeispiel Direktkosten im Produktionsverfahren (PV) aller Arbeitsverfahren**

Nr.	Abk.	Berechnungsgröße	Einheit	Formel (Kurzform)
		2,50 Wasser1	RMB/ha	= 250 [l/ha] * 2,50 [RMB/l]
28	K_Wasser_2		RMB/ha	= m_Wasser_2 [l/ha] * p_Wasser [RMB/l]
		2,50 Wasser2	RMB/ha	= 250 [l/ha] * 2,50 [RMB/l]
29	K_Wasser_pv	Kosten Wasser	RMB/ha	= K_Wasser_1 [RMB/ha] + ..... + K_PSM_n [RMB/ha]
		5,00	RMB/ha	= 2,50 [RMB/ha] + 2,50 [RMB/ha]
30	K_BM_pv	Kosten Betriebsmittel PV	RMB/ha	= K_mDung [RMB/ha] + K_orgDung [RMB/ha] + K_Saat [RMB/ha] + K_PSM [RMB/ha] + K_Wasser [RMB/ha]
		1.856,90	RMB/ha	=953,90[RMB/ha]+0,00 [RMB/ha]+750,00[RMB/ha]+148,00 [RMB/ha]+5,00 [RMB/ha]
31	K_Zins_bm	Zinskost Betriebsmittel PV	RMB/ha	= K_bm_pv [RMB/ha]* p_z [%] / 100 / 12 [Monate] * d_KB [Monate]
		18,57	RMB/ha	= 1.856,90 [RMB/ha] * 4 [%] / 100 / 12 [Monate] * 3 [Monate]
32	K_D_pv	Direktkosten im PV	RMB/ha	= K_mDung [RMB/ha] + K_orgDung [RMB/ha] + K_Saat [RMB/ha] + K_PSM [RMB/ha] + K_Wasser [RMB/ha]
		1.875,47	RMB/ha	= 1.856,90 [RMB/ha] + 18,57 [RMB/ha]

**D.8.3 Berechnungsbeispiel Arbeitserledigungskosten im Produktionsverfahren**

Tabelle 99: Berechnungsbeispiel Arbeitserledigungskosten im Produktionsverfahren

Berechnungsbeispiel der Arbeitserledigungskosten aller Arbeitsverfahren im Produktionsverfahren				
Nr.	Abk.	Berechnungsgröße	Einheit	Formel (Kurzform)
33	K_AE_av1	Arbeitserledigungskosten im AV Aussaat Sommerweizen 20ha	RMB/ha	= 454,16 - Verweis Berechnungsblatt
34	K_AE_av1.1_Tr	Arbeitserledigungskosten im TA Transport	RMB/ha	= 12,24 - Verweis Berechnungsblatt
35	K_AE_av1.2_BLA	Arbeitserledigungskosten im TA Beladen	RMB/ha	= 2,51 - Verweis Berechnungsblatt
36	K_AE_av1.3_UmS	Arbeitserledigungskosten im TA Umschlag	RMB/ha	= 4,23 - Verweis Berechnungsblatt
37	$\Sigma(K_{AE\_av2}, \dots, K_{AE\_av\_n})$	Summe AE aller AV(2-n)	RMB/ha	= 1.576,06
38	K_AE_pv	Arbeitserledigungskosten im PV	RMB/ha	= K_AE_av_1 [RMB/ha] + .... + K_AE_av_n [RMB/ha]
		2.049,20	RMB/ha	= 454,16 [RMB/ha] + 12,24 [RMB/ha] + 2,51 [RMB/ha] + 4,23 [RMB/ha] + 1.576,06 [RMB/ha]

### D.8.4 Berechnungsbeispiel Arbeitserledigungskosten: Arbeitsverfahren Feldarbeit

Tabelle 100: Berechnungsbeispiel Arbeitserledigungskosten: Feldarbeit

Berechnungsbeispiel der Arbeitserledigungskosten im Arbeitsverfahren: Szenario 1 - Feldarbeit - Aussaat1.1 - SW – 20ha				
Nr.	Abk.	Berechnungsgröße	Einheit	Formel (Kurzform)
<b>Kosten für Arbeitsmittel (Zugmaschine)</b>				
39	Zugmaschine:	Verweis Schlagdatei	-	Traktor: Claas Axion 850 - 171 KW
40	AW_AM	Anschaffungswert Arbeitsmittel	RMB	= 701.250,00 - Verweis Grunddaten Maschinen
41	RW_AM	Restwert Arbeitsmittel	RMB	= 70.125,00 - Verweis Grunddaten Maschinen
42	N_AM_Zeit	wirtschaftliches Nutzungspotential	a	= 12,00 - Verweis Grunddaten Maschinen
43	N_AM_Leist.	technisches Nutzungspotential	Mh	= 10.000,00 - Verweis Grunddaten Maschinen
44	n_AM_real	jährlicher Einsatzumfang des AM	Mh/a	= N_AM_Leistung [Mh] / N_AM_Zeit [a]
	833,33		Mh/a	= 10.000,00 [Mh] / 12 [a]
45	K_AfA_N	zeitabhängige lineare Abschreibung je NE	RMB/Mh	= (AW_AM [RMB] - RW_AM [RMB]) / N_AM_Zeit [a] / n_AM_real [Mh]
	63,11		RMB/Mh	= (701.250,00 [RMB] - 70.125,00 [RMB]) / 12 [a] / 833,33 [Mh/a]
46	K_AM_Zins	Zinskosten für in AM gebundenes Kapital	RMB/Mh	= ((AW_AM - RW_AM) / 2 + RW_AM [RMB]) * p_z [%] / 100 / n_AM_real [Mh/a]
	18,51		RMB/Mh	= ((701.250,00 [RMB] - 70.125,00 [RMB]) / 2) + 70.125,00 [RMB] * 4 [%] / 100 / 833,33 [Mh/a]
47	Kf_AM_sonst	sonstige fixe Kosten des Arbeitsmittel je NE	RMB/Mh	= (K_TÜ [RMB] + K_V/S [RMB]) / n_AM_real [Mh/a]
	-		RMB/Mh	= (0,00 [RMB/a] + 0,00 [RMB/a]) / 833,33 [Mh/a]
48	Kf_AM_zug	Fixe Kosten des Arbeitsmittels (Zug) je NE	RMB/Mh	= (K_AfA_N [RMB/Mh] + K_AM_Zins [RMB/Mh] + Kf_AM_sonst [RMB/Mh])
	81,63		RMB/Mh	= 63,11 [RMB/Mh] + 18,51 [RMB/Mh] + 0,00 [RMB/Mh]
49	Kf_AM_zug	Fixe Kosten des Arbeitsmittels (Zug) je FE	RMB/ha	= Kf_AM_zug [RMB/Mh] * GZ_Zug [Mh] / A_F [ha]
50	GZ_Zug	Gesamtzeit Zugmaschine	Mh	= 5,90 - Verweis Arbeitszeitberechnung AV
	24,10		RMB/ha	= 81,63 [RMB/a] * 5,90 [Mh] / 20,00 [ha]
51	rk	Ansatz Reparaturkosten	RMB/Mh	= 37,13 - Verweis Grunddaten Maschinen
52	K_Rep	Kosten Reparaturen	RMB/ha	= rk [RMB/Mh] * GZ_Zug [Mh] / A_F [ha]
	10,96		RMB/ha	= 37,13 [RMB/Mh] * 5,90 [Mh] / 20,00 [ha]
53	p_DK	Preis Dieseldieselkraftstoff	RMB/l	= 7,80 - Verweis Grunddaten
54	B_ges_A	Dieserverbrauch im Arbeitsverfahren	l/ha	= 12,53 - Verweis Berechnung Dieserverbrauch AV
55	K_DK	Dieseldieselkraftstoffkosten	RMB/ha	= B_ges_A [l/ha] * p_DK [RMB/l]
	97,77		RMB/ha	= 12,53 [l/ha] * 7,80 [RMB/l]
56	p_S	Preis Schmiermittel	RMB/l	= 35,00 - Verweis Grunddaten
57	S_ges	Ansatz Schmiermittelverbrauch je FE	l/ha	= B_ges_A [l/ha] * 1 % / 100
	0,125		l/ha	= 12,53 [l/ha] * 1 [%] / 100
58	K_S	Schmierstoffkosten	RMB/ha	= S_ges [l] * p_S [RMB/l]
	4,39		RMB/ha	= 0,125 [l/ha] * 35,00 [RMB/l]
59	Kv_AM_Zug	variable Kosten des Arbeitsmittels (Zug)	RMB/ha	= K_Rep [RMB/ha] + K_DK [RMB/ha] + K_S [RMB/ha]

Fortsetzung auf der nächsten Seite

## Fortsetzung von vorheriger Seite - Tabelle 100: Berechnungsbeispiel Arbeiterledigungskosten: Feldarbeit

Nr.	Abk.	Berechnungsgröße	Einheit	Formel (Kurzform)
		113,12	RMB/ha	= 10,96 [RMB/ha] + 97,77 [RMB/ha] + 4,39 [RMB/ha]
<b>60</b>	<b>K_AM_Zug</b>	<b>Kosten für Arbeitsmittel (Zug)</b>	<b>RMB/ha</b>	<b>= Kf_AM_Zug [RMB/ha] + Kv_AM_Zug [RMB/ha]</b>
		<b>137,22</b>	<b>RMB/ha</b>	<b>= 24,10 [RMB/ha] + 113,12 [RMB/ha]</b>
<b>Kosten für Arbeitsmittel (Arbeitsgerät)</b>				
61	Arbeitsgerät:	Verweis Schlagdatei	-	Lemken Solitär 9/500 + Rubin 9/500 - 5 m
62	AW_AM	Anschaffungswert Arbeitsmittel	RMB	= 811.024,50 - Verweis Grunddaten Maschinen
63	RW_AM	Restwert Arbeitsmittel	RMB	= 81.102,45 - Verweis Grunddaten Maschinen
64	N_AM_Zeit	wirtschaftliches Nutzungspotential	a	= 12,00 - Verweis Grunddaten Maschinen
65	N_AM_Leist.	technisches Nutzungspotential	NE	= 3.400,00 - Verweis Grunddaten Maschinen
66	n_AM_real	jährlicher Einsatzumfang des AM	NE/a	= N_AM_Leistung [Mh] / N_AM_Zeit [a]
		283,33	Mh/a	= 3.400,00 [Mh] / 12 [a]
67	K_AfA_n	zeitabhängige lineare Abschreibung je NE	RMB/ha	= (AW_AM [RMB] - RW_AM [RMB]) / N_AM_Zeit [a] / n_AM_real [ha/a]
		214,68	RMB/ha	= (81.102,45 [RMB] - 81.102,45 [RMB]) / 12 [a] / 283,33 [ha/a]
68	K_AM_Zins	Zinskosten für in AM gebundenes Kapital	RMB/ha	= ((AW_AM - RW_AM [RMB]) / 2 + RW_AM [RMB]) * p_z [%] / 100 / n_AM_real [ha/a]
		62,97	RMB/ha	= ((811.024,50 [RMB] - 81.102,45 [RMB]) / 2) + 81.102,45) * 4 [%] / 100 / 283,33 [ha/a]
69	Kf_AM_sonst	sonstige fixe Kosten des Arbeitsmittels (AG)	RMB/ha	= (K_TÜ [RMB/a] + K_V / S [RMB/a]) / n_AM_real [ha/a]
		-	RMB/ha	= (0,00 [RMB/a] + 0,00 [RMB/a]) / 283,33 [ha/a]
70	Kf_AM_ag	Fixe Kosten des Arbeitsmittels (AG) je Jahr	RMB/ha	= (K_AfA_N [RMB/ha] + K_AM_Zins [RMB/ha] + Kf_AM_sonst [RMB/ha])
		277,66	RMB/ha	= 214,68 [RMB/ha] + 62,97 [RMB/ha] + 0,00 [RMB/ha]
71	K_Rep	Ansatz Reparaturkosten	RMB/ha	= 33 - Verweis Grunddaten Maschinen
72	Kv_AM_ag	variable Kosten des Arbeitsmittels (AG)	RMB/ha	= K_Rep [RMB/ha]
		33,00	RMB/ha	= 33,00 [RMB/ha]
73	K_AM_ag	Kosten für Arbeitsmittel (AG)	RMB/ha	= Kf_AM_ag [RMB/ha] + Kv_AM_ag [RMB/ha]
		310,66	RMB/ha	= 277,66 [RMB/ha] + 33,00 [RMB/ha]
<b>74</b>	<b>K_AM</b>	<b>Kosten für Arbeitsmittel</b>	<b>RMB/ha</b>	<b>= K_AM_Zug [RMB/ha] + K_AM_AG [RMB/ha]</b>
		<b>447,87</b>	<b>RMB/ha</b>	<b>= 137,22 [RMB/ha] + 310,66 [RMB/ha]</b>
<b>Kosten für Arbeitskräfte</b>				
75	ak_1	Ansatz Lohn je Arbeitskraftstunde	RMB/Akh	= 15,00 - Verweis Grunddaten
76	GZ_AK	Gesamtzeit Arbeitskräfte	Akh	= 6,44 - Verweis Arbeitszeitberechnung AV
77	K_AK	Kosten für Arbeitskräfte je FE	RMB/ha	= GZ_AK [AKh] * ak_1 [RMB/AKh] / A_F [ha]
		4,83	RMB/ha	= 6,44 [AKh] * 15,00 [RMB/ha] / 20,00 [ha]
<b>Arbeiterledigungskosten im Arbeitsverfahren</b>				
78	K_Zins_ae	Zinskosten für Betriebsstoffe, Reparaturen	RMB/ha	(((K_Rep_zug + K_DK + K_S + K_Rep_ag) / 12 [Monate]) * d_KB [Monate]) * i [%] / 100
		1,46	RMB/ha	= (10,96 [RMB/ha] + 97,77 [RMB/ha] + 4,39 [RMB/ha] + 33,00 [RMB/ha]) / 12 * 3 * 4% / 100
<b>79</b>	<b>K_AE</b>	<b>Arbeiterledigungskosten des AV</b>	<b>RMB/ha</b>	<b>= K_AM [RMB/ha] + K_AK [RMB/ha] + K_Zins_ae [RMB/ha]</b>
		<b>454,16</b>	<b>RMB/ha</b>	<b>= 447,87 [RMB/ha] + 4,83 [RMB/ha] + 1,46 [RMB/ha]</b>

### D.8.5 Berechnungsbeispiel Arbeitserledigungskosten: Teilarbeit Transport

Tabelle 101: Berechnungsbeispiel Arbeitserledigungskosten: Teilarbeit Transport

Formelübersicht zur Berechnung der Arbeitserledigungskosten: Szenario 1 - Transport - Aussaat1.1 - SW - 20 ha				
Nr.	Abk.	Berechnungsgröße	Einheit	Formel (Kurzform)
<b>Kosten für Arbeitsmittel (Zugmaschine)</b>				
39	Zugmaschine:	Verweis Schlagdatei	-	Traktor: Claas Axion 810 - 125 KW
40	AW_AM	Anschaffungswert Arbeitsmittel	RMB	= 505.858,65 - Verweis Grunddaten Maschinen
41	RW_AM	Restwert Arbeitsmittel	RMB	= 50.585,87 - Verweis Grunddaten Maschinen
42	N_AM_Zeit	wirtschaftliches Nutzungspotential	a	= 12,00 - Verweis Grunddaten Maschinen
43	N_AM_Leist.	technisches Nutzungspotential	Mh	= 10.000,00 - Verweis Grunddaten Maschinen
44	n_AM_real	jährlicher Einsatzumfang des AM	Mh/a	= N_AM Leistung [Mh] / N_AM_Zeit [a]
	833,33		Mh/a	= 10.000,00 [Mh] / 12 [a]
45	K_AfA_N	zeitabhängige lineare Abschreibung je NE	RMB/Mh	= (AW_AM [RMB] - RW_AM [RMB]) / N_AM_Zeit [a] / n_AM_real [Mh]
	45,53		RMB/Mh	= 505.858,65 [RMB] - 50.585,87 [RMB] / 12 [a] / 833,33 [Mh/a]
46	K_AM_Zins	Zinskosten für in AM gebundenes Kapital	RMB/Mh	= ((AW_AM - RW_AM) / 2 + RW_AM) * p_z [%] / 100 / n_AM_real [Mh/a]
	13,35		RMB/Mh	= ((505.858,65 - 50.585,87) / 2) + 50.585,87) * 4 [%] / 100 / 833,33 [Mh/a]
47	Kf_AM_sonst	sonstige fixe Kosten des AM je NE	RMB/Mh	= K_TÜ [RMB] + K_V/S [RMB] / n_AM_real [Mh/a]
	-		RMB/Mh	= 0,00 [RMB/a] + 0,00 [RMB/a] / 833,33 [Mh/a]
48	Kf_AM_zug	Fixe Kosten des Arbeitsmittels (Zug) je NE	RMB/Mh	= K_AfA_N [RMB/Mh] + K_AM_Zins [RMB/Mh] + Kf_AM_sonst
	58,88		RMB/Mh	= 45,53 [RMB/Mh] + 13,35 [RMB/Mh] + 0,00 [RMB/Mh]
49	Kf_AM_zug	Fixe Kosten des Arbeitsmittels (Zug) je FE	RMB/ha	= Kf_AM_zug [RMB/Mh] * GZ_Zug [Mh] / A_F [ha]
50	GZ_Zug	Gesamtzeit Zugmaschine	Mh	= 1,50 - Verweis Arbeitszeitberechnung AV
	4,42		RMB/ha	= 58,88 [RMB/a] * 1,50 [Mh] / 20,00 [ha]
51	rk	Ansatz Reparaturkosten	RMB/Mh	= 32,18 - Verweis Grunddaten Maschinen
52	K_Rep		RMB/ha	= rk [RMB/Mh] * GZ_Zug [Mh] / A_F [ha]
	2,42		RMB/ha	= 32,18 [RMB/Mh] * 1,50 [Mh] / 20,00 [ha]
53	p_DK	Preis Dieselkraftstoff	RMB/l	= 7,80 - Verweis Grunddaten
54	B_ges_A	Dieserverbrauch im Arbeitsverfahren	l/ha	= 0,24 - Verweis Berechnung Dieserverbrauch AV
55	K_DK	Dieselpkraftstoffkosten	RMB/ha	= B_ges_A [l/ha] * p_DK [RMB/l]
	1,87		RMB/ha	= 0,24 [l/ha] * 7,80 [RMB/l]
56	p_S	Preis Schmiermittel	RMB/l	= 35,00 - Verweis Grunddaten
57	S_ges	Ansatz Schmiermittelverbrauch je FE	l/ha	= B_ges_A [l/ha] * 1 % / 100
	0,002		l/ha	= 0,24 [l/ha] * 1 [%] / 100
58	K_S	Schmierstoffkosten	RMB/ha	= S_ges [l] * p_S [RMB/l]
	0,08		RMB/ha	= 0,002 [l/ha] * 35,00 [RMB/l]
59	Kv_AM_Zug	variable Kosten des Arbeitsmittels (Zug)	RMB/ha	= K_Rep [RMB/ha] + K_DK [RMB/ha] + K_S [RMB/ha]

Fortsetzung auf der nächsten Seite

## Fortsetzung von vorheriger Seite - Tabelle 101: Berechnungsbeispiel Arbeiterledigungskosten: Teilarbeit Transport

Nr.	Abk.	Berechnungsgröße	Einheit	Formel (Kurzform)
		4,37	RMB/ha	= 2,42 [RMB/ha] + 1,87 [RMB/ha] + 0,08 [RMB/ha]
<b>60</b>	<b>K_AM_Zug</b>	<b>Kosten für Arbeitsmittel (Zugmaschine)</b>	<b>RMB/ha</b>	<b>= Kf_Am_zug [RMB/ha] + Kv_AM_zug [RMB/ha]</b>
		<b>8,80</b>	<b>RMB/ha</b>	<b>= 4,42 [RMB/ha] + 4,37 [RMB/ha]</b>
<b>Kosten für Arbeitsmittel (Arbeitsgerät)</b>				
61	Arbeitsgerät:	Verweis Schlagdatei	-	Hänger + Überladeschnecke KTBL - 13,5 t
62	AW_AM	Anschaffungswert Arbeitsmittel	RMB	= 174.487,50 - Verweis Grunddaten Maschinen
63	RW_AM	Restwert Arbeitsmittel	RMB	= 17.448,75 - Verweis Grunddaten Maschinen
64	N_AM_Zeit	wirtschaftliches Nutzungspotential	a	= 15,00 - Verweis Grunddaten Maschinen
65	N_AM_Leist.	technisches Nutzungspotential	NE	= 50.000,00 - Verweis Grunddaten Maschinen
66	n_AM_real	jährlicher Einsatzumfang des AM	t/a	= N_AM_Leistung [Mh] / N_AM_Zeit [a]
		3.333,33	t/a	= 50.000,00 [t] / 12 [a]
67	K_AfA_n	zeitabhängige lineare Abschreibung je NE	RMB/t	= (AW_AM [RMB] - RW_AM [RMB]) / N_AM_Zeit [a] / n_AM_real [t/a]
		3,14	RMB/t	= (174.487,50 [RMB] - 17.448,75 [RMB]) / 12 [a] / 3333,33 [t/a]
68	K_AM_Zins	Zinskosten für in AM gebundenes Kapital	RMB/t	= ((AW_AM - RW_AM) / 2 + RW_AM) * p_z [%] / 100 / n_AM_real [t/a]
		1,15	RMB/t	= (174.487,50 - 17.448,75) / 2 + 17.448,75 * 4 [%] / 100 / 3333,33 [t/a]
69	Kf_AM_sonst	sonstige fixe Kosten Arbeitsmittel (AG)	RMB/t	= (K_TÜ [RMB/a] + K_V / S [RMB/a]) / n_AM_real [t/a]
		-	RMB/t	= (0,00 [RMB/a] + 0,00 [RMB/a]) / 3333,33 [t/a]
70	Kf_AM_ag	Fixe Kosten Arbeitsmittel (AG) je Jahr	RMB/t	= (K_AfA_N [RMB/t] + K_AM_Zins [RMB/t] + Kf_AM_sonst [RMB/t])
		4,29	RMB/t	= 3,14 [RMB/t] + 1,15 [RMB/t] + 0,00 [RMB/t]
71	K_Rep	Ansatz Reparaturkosten	RMB/t	= 1,19 - Verweis Grunddaten Maschinen
72	Kv_AM_ag	variable Kosten des Arbeitsmittels (AG)	RMB/t	= K_Rep [RMB/t]
		1,19	RMB/t	= 1,19 [RMB/t]
73	K_AM_ag	Kosten für Arbeitsmittel (AG)	RMB/t	Kf_AM_ag [RMB/t] + (Kv_AM_ag [RMB/t])
		5,48	RMB/t	= 4,29 [RMB/t] + 1,19 [RMB/t]
<b>74</b>	<b>K_AM</b>	<b>Kosten für Arbeitsmittel</b>	<b>RMB/ha</b>	<b>= K_AM_zug [RMB/ha] + K_AM_ag [RMB/t] * M_BM [t/ha]</b>
		<b>10,99</b>	<b>RMB/ha</b>	<b>= 8,80 [RMB/ha] + 5,48 [RMB/t] * 0,4 [t/ha]</b>
<b>Kosten für Arbeitskräfte</b>				
75	ak_l	Ansatz Lohn je Arbeitskraftstunde	RMB/Akh	= 15,00 - Verweis Grunddaten
76	GZ_AK	Gesamtzeit Arbeitskräfte	Akh	= 1,61 - Verweis Arbeitszeitberechnung AV
77	K_AK	Kosten für Arbeitskräfte je Flächeneinheit	RMB/ha	= GZ_AK [AKh] * ak_l [RMB/AKh] / A_F [ha]
		1,21	RMB/ha	= 1,61 [AKh] * 15,00 [RMB/AKh] / 20,00 [ha]
<b>Arbeiterledigungskosten im Arbeitsverfahren</b>				
78	K_Zins_ae	Zinskosten für Betriebsstoffe, Reparaturen	RMB/ha	= ((K_Rep_zug + K_DK + K_S + (K_Rep_ag [RMB/t] * m_BM [t/ha])) / 12 [M] * d_KB [M] * i [%] / 100
		0,05	RMB/ha	= (2,42 + 1,87 [RMB/ha] + 0,08 [RMB/ha] + (1,19 [RMB/t] * 0,4 [t/ha]) / 12 * 3 * 4 [%] / 100
<b>79</b>	<b>K_AE</b>	<b>Arbeiterledigungskosten des AV</b>	<b>RMB/ha</b>	<b>= K_AM [RMB/ha] + K_AK [RMB/ha] + K_Zins_ae [RMB/ha]</b>
		<b>12,24</b>	<b>RMB/ha</b>	<b>= 10,99 [RMB/ha] + 1,21 [RMB/ha] + 0,05 [RMB/ha]</b>

### D.8.6 Berechnungsbeispiel Arbeitserledigungskosten: Teilarbeit Beladen

Tabelle 102: Berechnungsbeispiel Arbeitserledigungskosten: Teilarbeit Beladen

Formelübersicht zur Berechnung der Arbeitserledigungskosten: Szenario 1 - Teilarbeit Beladen - Aussaat1.1 - SW - 20 ha				
Nr.	Abk.	Berechnungsgröße	Einheit	Formel (Kurzform)
<b>Kosten für Arbeitsmittel (Zugmaschine)</b>				
39	Zugmaschine:	Verweis Schlagdatei	-	Teleskoplader KTBL 3t, 6m - 80 kW
40	AW_AM	Anschaffungswert Arbeitsmittel	RMB	= 552.750,00 - Verweis Grunddaten Maschinen
41	RW_AM	Restwert Arbeitsmittel	RMB	= 55.275,00 - Verweis Grunddaten Maschinen
42	N_AM_Zeit	wirtschaftliches Nutzungspotential	a	= 12,00 - Verweis Grunddaten Maschinen
43	N_AM_Leist.	technisches Nutzungspotential	Mh	= 10.000,00 - Verweis Grunddaten Maschinen
44	n_AM_real	jährlicher Einsatzumfang des AM	Mh/a	= N_AM_Leistung [Mh] / N_AM_Zeit [a]
	833,33		Mh/a	= 10.000,00 [Mh] / 12 [a]
45	K_AfA_N	zeitabhängige lineare Abschreibung je NE	RMB/Mh	= (AW_AM [RMB] - RW_AM [RMB]) / N_AM_Zeit [a] / n_AM_real [Mh]
	49,75		RMB/Mh	= (552.750,00 [RMB] - 55.275,00 [RMB]) / 12 [a] / 833,33 [Mh/a]
46	K_AM_Zins	Zinskosten für in AM gebundenes Kapital	RMB/Mh	= ((AW_AM - RW_AM [RMB]) / 2 + RW_AM [RMB]) * p_z [%] / 100 / n_AM_real [Mh/a]
	14,59		RMB/Mh	= ((701.250,00 - 70.125,00 [RMB]) / 2) + 70.125,00 [RMB] * 4 [%] / 100 / 833,33 [Mh/a]
47	Kf_AM_sonst	sonstige fixe Kosten des AM je NE	RMB/Mh	= (K_TÜ [RMB] + K_V/S [RMB]) / n_AM_real [Mh/a]
	-		RMB/Mh	= (0,00 [RMB/a] + 0,00 [RMB/a]) / 833,33 [Mh/a]
48	Kf_AM_zug	Fixe Kosten des AM (Zug) je NE	RMB/Mh	= (K_AfA_N [RMB/Mh] + K_AM_Zins [RMB/Mh] + Kf_AM_sonst [RMB/Mh])
	64,34		RMB/Mh	= 49,75 [RMB/Mh] + 14,59 [RMB/Mh] + 0,00 [RMB/Mh]
49	Kf_AM_zug	Fixe Kosten des AM (Zug) je NE	RMB/ha	= Kf_AM_zug [RMB/Mh] * GZ_Zug [Mh] / A_F [ha]
50	GZ_Zug	Gesamtzeit Zugmaschine	Mh	= 0,26 - Verweis Arbeitszeitberechnung AV
	0,83		RMB/ha	= 64,34 [RMB/a] * 0,26 [Mh] / 20,00 [ha]
51	rk	Ansatz Reparaturkosten	RMB/Mh	= 14,44 - Verweis Grunddaten Maschinen
52	K_Rep		RMB/ha	= rk [RMB/Mh] * GZ_Zug [Mh] / A_F [ha]
	0,19		RMB/ha	= 14,44 [RMB/Mh] * 0,26 [Mh] / 20,00 [ha]
53	p_DK	Preis Diesel - Verweis Grunddaten	RMB/l	= 7,80
54	B_ges_A	Dieserverbrauch im Arbeitsverfahren	l/ha	= 0,1472 - Verweis Berechnung Dieserverbrauch AV
55	K_DK	Diesekraftstoffkosten	RMB/ha	B_ges_A [l/ha] * p_DK [RMB/l]
	1,15		RMB/ha	= 0,1472 [l/ha] * 7,80 [RMB/l]
56	p_S	Preis Schmiermittel	RMB/l	= 35,00 - Verweis Grunddaten
57	S_ges	Ansatz Schmiermittelverbrauch	l/ha	= B_ges_A [l/ha] * 1 % / 100
	0,001		l/ha	= 0,1472 [l/ha] * 1 [%] / 100
58	K_S	Schmierstoffkosten	RMB/ha	= S_ges [l] * p_S [RMB/l]
	0,05		RMB/ha	= 0,001 [l/ha] * 35,00 [RMB/l]
59	Kv_AM_Zug	variable Kosten des Arbeitsmittels (Zug)	RMB/ha	= K_Rep [RMB/ha] + K_DK [RMB/ha] + K_S [RMB/ha]

Fortsetzung auf der nächsten Seite

## Fortsetzung von vorheriger Seite - Tabelle 102: Berechnungsbeispiel Arbeiterledigungskosten: Teilarbeit Beladen

Nr.	Abk.	Berechnungsgröße	Einheit	Formel (Kurzform)
	1,38		RMB/ha	= 0,19 [RMB/ha] + 1,15 [RMB/ha] + 0,05 [RMB/ha]
<b>60</b>	<b>K_AM_Zug</b>	<b>Kosten für Arbeitsmittel (Zug)</b>	<b>RMB/ha</b>	<b>= Kf_AM_Zug [RMB/ha] + Kv_AM_Zug [RMB/ha]</b>
	<b>2,21</b>		<b>RMB/ha</b>	<b>= 0,83 [RMB/ha] + 1,38 [RMB/ha]</b>
<b>Kosten für Arbeitsmittel (Arbeitsgerät)</b>				
61	Arbeitsgerät:	Verweis Schlagdatei	-	Mineraldüngerschaufel KTBL 1,2 m <sup>3</sup>
62	AW_AM	Anschaffungswert Arbeitsmittel	RMB	= 11.137,50 - Verweis Grunddaten Maschinen
63	RW_AM	Restwert Arbeitsmittel	RMB	= 1.113,75 - Verweis Grunddaten Maschinen
64	N_AM_Zeit	wirtschaftliches Nutzungspotential	a	= 12,00 - Verweis Grunddaten Maschinen
65	N_AM_Leist.	technisches Nutzungspotential	NE	= 80.000,00 - Verweis Grunddaten Maschinen
66	n_AM_real	jährlicher Einsatzumfang des AM	t/a	= N_AM_Leistung [Mh] / N_AM_Zeit [a]
	6.666,67		Mh/a	= 80.000,00 [Mh] / 12 [a]
67	K_AfA_n	zeitabhängige lineare Abschreibung je NE	RMB/t	= (AW_AM [RMB] - RW_AM [RMB]) / N_AM_Zeit [a] / n_AM_real [t/a]
	0,13		RMB/t	= (11.137,50 [RMB] - 1.113,75 [RMB]) / 12 [a] / 6.666,67 [t/a]
68	K_AM_Zins	Zinskosten für AM gebundenes Kapital	RMB/t	= ((AW_AM - RW_AM [RMB]) / 2 + RW_AM [RMB]) * p_z [%] / 100 / n_AM_real [ha/a]
	0,04		RMB/t	= ((11.137,50 [RMB] - 1.113,75 [RMB]) / 2) + 1.113,75 * 4 [%] / 100 / 6.666,67 [t/a]
69	Kf_AM_sonst	sonstige fixe Kosten des AM (AG)	RMB/t	= (K_TÜ [RMB/a] + K_V / S [RMB/a]) / n_AM_real [t/a]
	-		RMB/t	= (0,00 [RMB/a] + 0,00 [RMB/a]) / 6.666,67 [t/a]
70	Kf_AM_ag	Fixe Kosten des AM (AG) je Jahr	RMB/t	= (K_AfA_N [RMB/t] + K_AM_Zins [RMB/t] + Kf_AM_sonst [RMB/t])
	0,16		RMB/t	= 0,13 [RMB/t] + 0,04 [RMB/t] + 0,00 [RMB/t]
71	K_Rep	Ansatz Reparaturkosten	RMB/t	= 0,04 - Verweis Grunddaten Maschinen
72	Kv_AM_ag	variable Kosten des Arbeitsmittels (AG)	RMB/t	= K_Rep [RMB/t]
	0,04		RMB/t	= 0,04 [RMB/t]
73	K_AM_ag	Kosten für Arbeitsmittel (Arbeitsgerät)	RMB/t	= Kf_AM_ag [RMB/t] + Kv_AM_ag [RMB/t]
	0,20		RMB/t	= 0,16 [RMB/t] + 0,04 [RMB/t]
<b>74</b>	<b>K_AM</b>	<b>Kosten für Arbeitsmittel</b>	<b>RMB/ha</b>	<b>= K_AM_Zug [RMB/ha] + (K_AM_AG [RMB/t] * m_BM [t/ha])</b>
	<b>2,29</b>		<b>RMB/ha</b>	<b>= 2,21 [RMB/ha] + ( 0,20 [RMB/t] * 0,4 [t/ha])</b>
<b>Kosten für Arbeitskräfte</b>				
75	ak_l	Ansatz Lohn je Arbeitskraftstunde	RMB/Akh	= 15,00 - Verweis Grunddaten
76	GZ_AK	Gesamtzeit Arbeitskräfte	Akh	= 0,27 - Verweis Arbeitszeitberechnung AV
77	K_AK	Kosten für Arbeitskräfte je Flächeneinheit	RMB/ha	= GZ_AK [AKh] * ak_l [RMB/AKh] / A_F [ha]
	0,21		RMB/ha	= 0,27 [AKh] * 15,00 [RMB/ha] / 20,00 [ha]
<b>Arbeiterledigungskosten im Arbeitsverfahren</b>				
78	K_Zins_ae	Zinskosten Betriebsstoffe, Reparaturen	RMB/ha	= ((K_Rep_zug + K_DK + K_S + (K_Rep_ag [RMB/t] * m_BM [t/ha]) / 12 [M] * d_KB [M] * i [%] / 100
	0,01		RMB/ha	= (0,19 + 1,15 + 0,05 [RMB/ha] + (0,04 [RMB/t] * 0,40 [t/ha])) / 12 [M] * 3 [M] * 4,00 % / 100
<b>79</b>	<b>K_AE</b>	<b>Arbeiterledigungskosten des A</b>	<b>RMB/ha</b>	<b>= K_AM [RMB/ha] + K_AK [RMB/ha] + K_Zins_ae [RMB/ha]</b>
	<b>2,51</b>		<b>RMB/ha</b>	<b>= 2,29 [RMB/ha] + 0,21 [RMB/ha] + 0,01 [RMB/ha]</b>

## D.8.7 Berechnungsbeispiel Arbeitserledigungskosten: Teilarbeit Umschlag

Tabelle 103: Berechnungsbeispiel Arbeitserledigungskosten: Teilarbeit Umschlag

Formelübersicht zur Berechnung der Arbeitserledigungskosten: Szenario 1 - Teilarbeit Umschlag - Aussaat1.1 - SW - 20 ha				
Nr	Abk.	Berechnungsgröße	Einheit	Formel (Kurzform)
<b>Kosten für Arbeitsmittel (Zugmaschine)</b>				
39	Zugmaschine		-	Traktor: Claas Axion 810 - 125 KW - Verweis Schlagdatei
40	AW_AM	Anschaffungswert Arbeitsmittel	RMB	= 505.858,65 - Verweis Grunddaten Maschinen
41	RW_AM	Restwert Arbeitsmittel	RMB	= 50.585,87 - Verweis Grunddaten Maschinen
42	N_AM_Zeit	wirtschaftliches Nutzungspotential	a	= 12,00 - Verweis Grunddaten Maschinen
43	N_AM_Leist	technisches Nutzungspotential	Mh	= 10.000,00 - Verweis Grunddaten Maschinen
44	n_AM_real	jährlicher Einsatzumfang des AM	Mh/a	= N_AM_Leistung [Mh] / N_AM_Zeit [a]
	833,33		Mh/a	= 10.000,00 [Mh] / 12 [a]
45	K_AfA_N	zeitabhängige lineare Abschreibung	RMB/Mh	= (AW_AM [RMB] - RW_AM [RMB]) / N_AM_Zeit [a] / n_AM_real [Mh]
	45,53		RMB/Mh	= (505.858,65 [RMB] - 50.585,87 [RMB]) / 12 [a] / 833,33 [Mh/a]
46	K_AM_Zins	Zinskosten in AM gebundenes Kapital	RMB/Mh	= ((AW_AM - RW_AM [RMB]) / 2 + RW_AM [RMB]) * p_z [%] / 100 / n_AM_real [Mh/a]
	13,35		RMB/Mh	= ((505.858,65 [RMB] - 50.585,87 [RMB]) / 2) + 50.585,87 [RMB] * 4 [%] / 100 / 833,33 [Mh/a]
47	Kf_AM_sonst	sonstige fixe Kosten des AM je NE	RMB/Mh	= (K_TÜ [RMB] + K_V/S [RMB]) / n_AM_real [Mh/a]
	0,00		RMB/Mh	= (0,00 [RMB/a] + 0,00 [RMB/a]) / 833,33 [Mh/a]
48	Kf_AM_zug	Fixe Kosten des AM (Zug) je NE	RMB/Mh	= (K_AfA_N [RMB/Mh] + K_AM_Zins [RMB/Mh] + Kf_AM_sonst [RMB/Mh])
	58,88		RMB/Mh	= 45,53 [RMB/Mh] + 13,35 [RMB/Mh] + 0,00 [RMB/Mh]
49	Kf_AM_zug	Fixe Kosten des Arbeitsmittels (ZUG)	RMB/ha	= Kf_AM_zug [RMB/Mh] * GZ_Zug [Mh] / A_F [ha]
50	GZ_Zug	Gesamtzeit Zugmaschine	Mh	= 0,17 - Verweis Arbeitszeitberechnung AV
	0,51		RMB/ha	= 58,88 [RMB/a] * 0,17 [Mh] / 20,00 [ha]
51	rk	Ansatz Reparaturkosten	RMB/Mh	= 32,18 - Verweis Grunddaten Maschinen
52	K_Rep	Kosten Reparaturen	RMB/ha	= rk [RMB/Mh] * GZ_Zug [Mh] / A_F [ha]
	0,28		RMB/ha	= 32,18 [RMB/Mh] * 0,17 [Mh] / 20,00 [ha]
53	p_DK	Preis Diesel - Verweis Grunddaten	RMB/l	= 7,80
54	B_ges_A	Dieserverbrauch im Arbeitsverfahren	l/ha	= 0,13 - Verweis Berechnung Dieserverbrauch AV
55	K_DK	Dieselmotorkraftstoffkosten	RMB/ha	= B_ges_A [l/ha] * p_DK [RMB/l]
	1,04		RMB/ha	= 0,13 [l/ha] * 7,80 [RMB/l]
56	p_S	Preis Schmiermittel	RMB/l	= 35,00 - Verweis Grunddaten
57	S_ges	Ansatz Schmiermittelverbrauch je FE	l/ha	= B_ges_A [l/ha] * 1 [%] / 100
	0,00		l/ha	= 0,13 [l/ha] * 1 [%] / 100
58	K_S	Schmierstoffkosten	RMB/ha	= S_ges [l] * p_S [RMB/l]
	0,05		RMB/ha	= 0,001 [l/ha] * 35,00 [RMB/l]
59	Kv_AM_Zug	variable Kosten des AM (Zug)	RMB/ha	= K_Rep [RMB/ha] + K_DK [RMB/ha] + K_S [RMB/ha]

Fortsetzung auf der nächsten Seite

## Fortsetzung von vorheriger Seite - Tabelle 103: Berechnungsbeispiel Arbeiterledigungskosten: Teilarbeit Umschlag

Nr	Abk.	Berechnungsgröße	Einheit	Formel (Kurzform)
		1,37	RMB/ha	= 0,28 [RMB/ha] + 1,04 [RMB/ha] + 0,05 [RMB/ha]
<b>60</b>	<b>K_AM_Zug</b>	<b>Kosten für AM (Zugmaschine)</b>	<b>RMB/ha</b>	<b>= Kf_Am_zug [RMB/ha] + Kv_AM_zug [RMB/ha]</b>
		<b>1,87</b>	<b>RMB/ha</b>	<b>= 0,51 [RMB/ha] + 1,37 [RMB/ha]</b>
<b>Kosten für Arbeitsmittel (Arbeitsgerät)</b>				
61	Arbeitsgerät:	Verweis Schlagdatei	-	Hänger + Überladeschnecke KTBL - 13,5 t
62	AW_AM	Anschaffungswert Arbeitsmittel	RMB	= 174.487,50 - Verweis Grunddaten Maschinen
63	RW_AM	Restwert Arbeitsmittel	RMB	= 17.448,75 - Verweis Grunddaten Maschinen
64	N_AM_Zeit	wirtschaftliches Nutzungspotential	a	= 15,00 - Verweis Grunddaten Maschinen
65	N_AM_Leist.	technisches Nutzungspotential	NE	= 50.000,00 - Verweis Grunddaten Maschinen
66	n_AM_real	jährlicher Einsatzumfang des AM	t/a	= N_AM_Leistung [Mh] / N_AM_Zeit [a]
		3333,33	t/a	= 50.000,00 [Mh] / 12 [a]
67	K_AfA_n	zeitabhängige lineare Abschreibung	RMB/t	= (AW_AM [RMB] - RW_AM [RMB]) / N_AM_Zeit [a] / n_AM_real [t/a]
		3,14	RMB/t	= (174.487,50 [RMB] - 17.448,75 [RMB]) / 12 [a] / 3333,33 [t/a]
68	K_AM_Zins	Zinskosten in AM gebundenes Kapital	RMB/t	= ((AW_AM - RW_AM [RMB]) / 2 + RW_AM [RMB]) * p_z [%] / 100 / n_AM_real [t/a]
		1,15	RMB/t	= (174.487,50 [RMB] - 17.448,75 [RMB]) / 2 + 17.448,75 * 4 [%] / 100 / 3333,33 [t/a]
69	Kf_AM_sonst	sonstige fixe Kosten des AM (AG)	RMB/t	= (K_TÜ [RMB/a] + K_V / S [RMB/a]) / n_AM_real [t/a]
		0,00	RMB/t	= (0,00 [RMB/a] + 0,00 [RMB/a]) / 3333,33 [t/a]
70	Kf_AM_ag	Fixe Kosten des AM (AG) je Jahr	RMB/t	= (K_AfA_N [RMB/t] + K_AM_Zins [RMB/t] + Kf_AM_sonst [RMB/t])
		4,29	RMB/t	= 3,14 [RMB/t] + 1,15 [RMB/t] + 0,00 [RMB/t]
71	K_Rep	Ansatz Reparaturkosten	RMB/t	= 1,19 - Verweis Grunddaten Maschinen
72	Kv_AM_ag	variable Kosten des AM (AG)	RMB/t	= K_Rep [RMB/t]
		1,19	RMB/t	= 1,19 [RMB/t]
73	K_AM_ag	Kosten für Arbeitsmittel (AG)	RMB/t	= Kf_AM_ag [RMB/t] + (Kv_AM_ag [RMB/t])
		5,48	RMB/t	= 4,29 [RMB/t] + 1,19 [RMB/t]
<b>74</b>	<b>K_AM</b>	<b>Kosten für Arbeitsmittel</b>	<b>RMB/ha</b>	<b>= K_AM_Zug [RMB/ha] + (K_AM_AG [RMB/t] * m_BM [t/ha])</b>
		<b>4,07</b>	<b>RMB/ha</b>	<b>= 1,87 [RMB/ha] + (5,48 [RMB/t] * 0,4 [t/ha])</b>
<b>Kosten für Arbeitskräfte</b>				
75	p_AK	Lohnansatz je Arbeitskraftstunde	RMB/Akh	= 15,00 - Verweis Grunddaten
76	GZ_AK	Gesamtzeit Arbeitskräfte	Akh	= 0,19 - Verweis Arbeitszeitberechnung AV
77	K_AK	Kosten für Arbeitskräfte je FE	RMB/ha	= GZ_AK [AKh] * ak_1 [RMB/AKh] / A_F [ha]
		0,14	RMB/ha	= 0,19 [AKh] * 15,00 [RMB/AKh] / 20,00 [ha]
<b>Arbeiterledigungskosten im Arbeitsverfahren</b>				
78	K_Zins_ae	Zinskosten Betriebsstoffe, Reparaturen	RMB/ha	= ((K_Rep_zug + K_DK + K_S + (K_Rep_ag [RMB/t] * m_BM [t/ha])) / 12 [M] * d_KB [M] * i [%] / 100
		0,02	RMB/ha	= 0,28 [RMB/ha] + 1,04 [RMB/ha] + 0,05 [RMB/ha] + (1,19 [RMB/t] * 0,4 [t/ha]) / 12 [M] * 3 [M] * 4 / 100
<b>79</b>	<b>K_AE</b>	<b>Arbeiterledigungskosten des AV</b>	<b>RMB/ha</b>	<b>= K_AM [RMB/ha] + K_AK [RMB/ha] + K_Zins_ae [RMB/ha]</b>
		<b>4,23</b>	<b>RMB/ha</b>	<b>= 4,07 [RMB/ha] + 0,14 [RMB/ha] + 0,02 [RMB/ha]</b>

## D.9.1 Schlagdatei Versuchsauswertung: Sommerweizen 2010 - 2012

Tabelle 104: Schlagkartei Versuchsauswertung: Sommerweizen – 2010 – Brigade 5

<b>Zusammenfassung Schlagkartei Versuchsauswertung: Sommerweizen - 2010 - Schlag: Brigade 5</b>						
<b>Datum</b>	<b>Arbeitsverfahren</b>	<b>Zugmaschine</b>	<b>Arbeitsgerät</b>	<b>Betriebsmittel</b>	<b>Menge [kg/ha]</b>	<b>AK</b>
<b>Produktionsverfahren: Demofarm</b>						
<b>Bodenbearbeitung</b>						
30.10.2010	Grundbodenbearbeitung	Traktor: Claas Axion 850 - 171KW	Grubber: Lemken Karat 9 / 5 KA - 5 m			1
26.04.2010	Saatbettbereitung	Traktor: Claas Axion 810 - 125 KW	Kurzscheibenegge: Lemken Rubin 9/5 - 5m			1
27.04.2010	Walzen (nach Saat)	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Walze: Baihua - 12,25 m (Staatsfarm)			1
<b>Düngung</b>						
26.04.2010	Grunddüngung	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Düngerstreuer: Rauch Axis 3.1 - 30 m	NPK 15/20/10, 2010	450,00	1
				Kaliumoxid 50%, 2010	100,00	
				Harnstoff 46,4 %, 2010	150,00	
16.06.2010	N-Düngung	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Düngerstreuer: Rauch Axis 3.1 - 30 m	Harnstoff 46,4 %, 2010	60,00	1
19.06.2010	Flüssigdüngung	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Feldspritze: Lemken Primus 45/3 - 30 m	YeBaiJin, 2010	1,50	1
<b>Aussaat</b>						
26.04.2010	Aussaat	Traktor: Claas Axion 850 - 171KW	Lemken Solitär 9/5 + Rubin 9/5 - 5 m	SW - 41080, 2010	340,00	1
<b>Pflanzenschutz</b>						
31.05.2010	Herbizid	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Feldspritze: Lemken Primus 45/3 - 30 m	2,4-D, 2010	1,88	1
				Tribenuron- (Pointer), 2010	0,08	
09.07.2010	Fungizide	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Feldspritze: Lemken Primus 45/3 - 30 m	Tebuconazol (Folicur), 2010	0,55	1
<b>Ernte</b>						
13.08.2010	Mähdrusch (Standwagen)	Drescher: Class Lexion 570-265KW	Schneidwerk: Claas S 750 (A) - 7,5 m			1
<b>Produktionsverfahren: Staatsfarm</b>						
<b>Bodenbearbeitung</b>						
25.04.2010	Grundbodenbearbeitung	Traktor: Claas Axion 850 - 171KW	Grubber: Lemken Karat 9 / 5 KA - 5 m			1
26.04.2010	Saatbettbereitung	Traktor: Claas Axion 810 - 125 KW	Kurzscheibenegge: Lemken Rubin 9/5 - 5m			1
27.04.2010	Walzen (nach Saat)	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Walze: Baihua - 12,25 m			2

Fortsetzung auf der nächsten Seite

## Fortsetzung von vorheriger Seite - Tabelle 104: Schlagkartei Versuchsauswertung: Sommerweizen – 2010 – Brigade 5

Datum	Arbeitsverfahren	Zugmaschine	Arbeitsgerät	Betriebsmittel	Menge [kg/ha]	AK
<b>Düngung</b>						
16.06.2010	N-Düngung 2. Gabe	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Drillmaschine: 4 BSW - 7,6 m	Harnstoff 46,4 % N, 2010	60,00	3
19.06.2010	Flüssigdüngung	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Anbauspritze: 3 WX 1000 - 18 m	MaiYeFeng, 2010	1,50	1
<b>Aussaat</b>						
26.04.2010	Aussaat (UF-Düngung)	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Drillmaschine: 2 BSW - 5,4 m	SW - 41080, 2010	390,00	3
				NPK 15/20/10, 2010	337,50	
<b>Pflanzenschutz</b>						
31.05.2010	Herbizid	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Anbauspritze: 3 WX 1000 - 18 m	2,4-D, 2010	1,87	1
				Tribenuron- (Pointer), 2010	0,075	
<b>Ernte</b>						
13.08.2010	Mähdrusch (Standwagen)	Drescher: Class Lexion 570 - 265 KW	Schneidwerk: Claas S 750 (A) - 7,5 m			1
<b>Produktionsverfahren: Haushalt</b>						
<b>Bodenbearbeitung</b>						
25.04.2010	Grundbodenbearbeitung	Traktor: Claas Axion 850 - 171KW	Grubber: Lemken Karat 9 / 5 KA - 5 m			2
26.04.2010	Saatbettbereitung	Traktor: Claas Axion 810 - 125 KW	Kurzscheibenegge: Lemken Rubin 9/5 - 5m			2
27.04.2010	Walzen (nach Saat)	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Walze: Baihua - 12,25 m			1
<b>Düngung</b>						
30.05.2010	N-Düngung 2. Gabe	Kleintraktor: DF 404 - 29,41 KW	Drillmaschine (Weizen): 2BS 240 - 2,4 m	Harnstoff 46,4 % N Haus, 2010	60,00	2
<b>Aussaat</b>						
26.04.2010	Aussaat (UF-Düngung)	Kleintraktor: DF 404 - 29,41 KW	Drillmaschine (Weizen): 2BS 240 - 2,4 m	SW - 41080, 2010	337,50	2
				NPK 15/20/10 Haus, 2010	285,00	
<b>Pflanzenschutz</b>						
31.05.2010	Herbizid	Kleintraktor: DF182 - 14,7 KW	Anbauspritze: EB - 5,2 m	2,4-D, 2010 (Haus)	1,50	1
<b>Ernte</b>						
13.08.2010	Mähdrusch (Standwagen)	Drescher: Class Lexion 570 - 265 KW	Schneidwerk: Claas S 750 (A) - 7,5 m			1

Tabelle 105: Schlagkarte Versuchsauswertung: Sommerweizen – 2011 – Brigade 10

<b>Zusammenfassung Schlagkartei: Sommerweizen - 2011 - Schlag: Brigade 10</b>						
<b>Datum</b>	<b>Arbeitsverfahren</b>	<b>Zugmaschine</b>	<b>Arbeitsgerät</b>	<b>Betriebsmittel</b>	<b>Menge [kg/ha]</b>	<b>AK</b>
<b>Produktionsverfahren: Demofarm</b>						
<b>Bodenbearbeitung</b>						
11.10.2010	Stoppelbearbeitung	Traktor: Claas Axion 810 - 125 KW	Kurzscheibenegge: Lemken Rubin 9/5 - 5m			1
28.10.2010	Grundbodenbearbeitung	Traktor: Claas Axion 850 - 171KW	Grubber: Lemken Karat 9 / 5 KA - 5 m			1
24.04.2011	Walzen (nach Saat)	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Walze: Baihua - 12,25 m			1
<b>Düngung</b>						
05.10.2011	Grunddüngung	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Düngerstreuer: Rauch Axis 3.1 - 30 m	Branntkalk 85%, 2010	1.000,00	1
18.04.2011	Grunddüngung	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Düngerstreuer: Rauch Axis 3.1 - 30 m	NPK 15/30/10, 2011	200,00	1
				Harnstoff 46,4 % N, 2011	100,00	
				Kaliumoxid 50%, 2011	200,00	
16.06.2011	N-Düngung	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Düngerstreuer: Rauch Axis 3.1 - 30 m	Harnstoff 46,4 % N, 2011	25,00	1
<b>Aussaat</b>						
24.04.2011	Aussaat	Traktor: Claas Axion 850 - 171KW	Lemken Solitär 9/500 KA - DS 5 m	SW - 41080, 2011	325,00	1
<b>Pflanzenschutz</b>						
06.06.2011	Herbizid	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Feldspritze: Lemken Primus 45/3 - 30 m	2,4-D, 2011	2,00	1
				Tribenuron (Pointer),2011	0,04	
08.06.2011	Herbizid	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Feldspritze: Lemken Primus 45/3 - 30 m	Fenoxaprop (Puma), 2011	1,50	1
<b>Ernte</b>						
05.08.2011	Mähdrusch (Standwagen)	Drescher: Class Lexion 570- 265KW	Schneidwerk: Claas S 750 (A) - 7,5 m			1
<b>Produktionsverfahren: Staatsfarm</b>						
<b>Bodenbearbeitung</b>						
11.10.2010	Stoppelbearbeitung	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Scheibenegge 1 BZP - 3.0 3 m			1
28.10.2010	Saatbettbereitung	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Scheibenegge 1 BZP - 3.0 3 m			1
24.04.2011	Walzen (nach Saat)	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Walze: Baihua - 12,25 m			1
<b>Düngung</b>						
16.06.2011	N-Düngung	Traktor: Claas Axion 810 - 125 KW	Düngerstreuer: Rauch Axis 3.1 - 30 m	Harnstoff 46,4 % N, 2011	25,00	1
24.06.2011	Düngung	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Feldspritze: Lemken Primus 45/3 - 30 m	YeBaiYin, 2011	0,30	1
				Yun Da-120, 2011	0,15	

Fortsetzung auf der nächsten Seite

## Fortsetzung von vorheriger Seite - Tabelle 105: Schlagkarte Versuchsauswertung: Sommerweizen – 2011 – Brigade 10

Datum	Arbeitsverfahren	Zugmaschine	Arbeitsgerät	Betriebsmittel	Menge [kg/ha]	AK
<b>Aussaat</b>						
24.04.2011	Aussaat (UF-Düngung)	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Drillmaschine: 2 BSW - 5,4 m	SW - 41080, 2011	375,00	3
				DAP 18%N, 46% P, 2011	187,50	
				Harnstoff 46,4 % N, 2011	112,50	
				Kaliumoxid 50%, 2011	75,00	
<b>Pflanzenschutz</b>						
06.06.2011	Herbizid	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Anbauspritze: 3 WX 1000 - 18 m	2,4-D, 2011	2,00	1
				Tribenuron (Pointer),2011	0,04	
08.06.2011	Herbizid	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Anbauspritze: 3 WX 1000 - 18 m	Fenoxaprop (Puma), 2011	1,50	1
<b>Ernte</b>						
05.08.2011	Mähdrusch (Standwagen)	Drescher: Class Lexion 570- 265KW	Schneidwerk: Claas S 750 (A) - 7,5 m			1
<b>Produktionsverfahren: Haushalt</b>						
<b>Bodenbearbeitung</b>						
11.10.2010	Stoppelbearbeitung	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Scheibenegge 1 BZP - 3.0 3 m			1
28.10.2010	Saatbettbereitung	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Scheibenegge 1 BZP - 3.0 3 m			1
27.04.2011	Walzen (nach Saat)	Kleintraktor: DF182 - 14,7 KW	Walze: EB3x1,3 - 3,9 m			1
<b>Düngung</b>						
16.06.2011	N-Düngung	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Düngerstreuer: Rauch Axis 3.1 - 30 m	Harnstoff 46,4 % N, 2011	25,00	1
24.06.2011	Düngung	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Feldspritze: Lemken Primus 45/3 - 30 m	YeBaiYin, 2011	0,30	1
				Yun Da-120, 2011	0,15	
<b>Aussaat</b>						
24.04.2011	Aussaat (UF-Düngung)	Kleintraktor: DF 404 - 29,41 KW	Drillmaschine (Weizen): 2BS 240 - 2,4 m	SW - 41080, 2011	337,50	2
				DAP 18%N, 46% P, 2011	225,00	
				Harnstoff 46,4 % N, 2011	112,50	
				Kaliumoxid 50%, 2011	37,50	
<b>Pflanzenschutz</b>						
24.05.2011	Herbizid	Kleintraktor: DF182 - 14,7 KW	Anbauspritze: EB - 5,2 m	2,4-D, 2011	1,50	1
				Tribenuron (Pointer),2011	0,04	
08.06.2011	Herbizid	Kleintraktor: DF182 - 14,7 KW	Anbauspritze: EB - 5,2 m	Fenoxaprop (Puma), 2011	1,50	1
<b>Ernte</b>						
05.08.2011	Mähdrusch (Standwagen)	Drescher: Class Lexion 570- 265KW	Schneidwerk: Claas S 750 (A) - 7,5 m			1

Tabelle 106: Schlagkartei Versuchsauswertung: Sommerweizen – 2012 – Brigade 5

<b>Zusammenfassung Schlagkartei Versuchsauswertung: Sommerweizen - 2012 - Schlag: Brigade 5</b>						
<b>Datum</b>	<b>Arbeitsverfahren</b>	<b>Zugmaschine</b>	<b>Arbeitsgerät</b>	<b>Betriebsmittel</b>	<b>Menge [kg/ha]</b>	<b>AK</b>
<b>Produktionsverfahren: Demofarm</b>						
<b>Bodenbearbeitung</b>						
07.10.2011	Stoppelbearbeitung	Traktor: Claas Axion 810 - 125 KW	Kurzscheibenegge: Lemken Rubin 9/5 - 5m			1
17.10.2011	Grundbodenbearbeitung	Traktor: Claas Axion 850 - 171KW	Grubber: Lemken Karat 9 / 5 KA - 5 m			1
<b>Düngung</b>						
05.10.2011	Grunddüngung	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Düngerstreuer: Rauch Axis 3.1 - 30 m	DAP 18%N, 46% P, 2011	113,00	1
				Kaliumoxid 50%, 2011	260,00	2
05.10.2011	Grunddüngung	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Düngerstreuer: Rauch Axis 3.1 - 30 m	Branntkalk 85%, 2011	1.000,00	1
17.04.2012	Grunddüngung	Traktor: Claas Axion 810 - 125 KW	Düngerstreuer: Rauch Axis 3.1 - 30 m	Harnstoff 46,4 % N, 2012	194,00	1
				DAP 64% (18N, 46P), 2012	58,00	3
				Kaliumoxid 50%, 2012	124,00	3
03.07.2012	Flüssigdüngung	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Feldspritze: Lemken Primus 45/3 - 30 m	Harnstoff 46,4 % N, 2012	20,00	1
				Micronährstoff, 2012	0,11	2
<b>Aussaat</b>						
17.04.2012	Aussaat	Traktor: Claas Axion 850 - 171KW	Lemken Solitär 9/5 + Rubin 9/5 - 5 m	SW - 41080, 2012	250,00	1
<b>Pflanzenschutz</b>						
18.06.2012	Herbizid	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Feldspritze: Lemken Primus 45/3 - 30 m	Fenoxaprop (Puma), 2012	1,00	1
22.06.2012	Herbizid	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Feldspritze: Lemken Primus 45/3 - 30 m	2,4-D, 2012	1,00	1
				Tribenuron- (Pointer), 2012	0,08	2
<b>Ernte</b>						
05.09.2012	Mähdrusch (Standwagen)	Drescher: Class Lexion 570- 265KW	Schneidwerk: Claas S 750 (A) - 7,5 m			1
<b>Produktionsverfahren: Staatsfarm</b>						
<b>Bodenbearbeitung</b>						
02.10.2011	Stoppelbearbeitung	Traktor: John Deere 7830 - 170 KW	Scheibenegge: 1 BYQP - 5,3 m			1
16.10.2011	Saatbettbereitung	Traktor: John Deere 7830 - 170 KW	Scheibenegge: 1 BYQP - 5,3 m			1
19.04.2012	Walzen (nach Saat)	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Walze: Baihua - 12,25 m			1

Fortsetzung auf der nächsten Seite

## Fortsetzung von vorheriger Seite – Tabelle 106: Svlagkartei Versuchsauswertung: Sommerweizen – 2012 – Brigade 5

Datum	Arbeitsverfahren	Zugmaschine	Arbeitsgerät	Betriebsmittel	Menge [	AK
<b>Düngung</b>						
03.07.2012	Flüssigdüngung	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Feldspritze: Lemken Primus 45/3 - 30 m	Harnstoff 46,4 % N, 2012	20,00	1
				Mikronährstoff, 2012	0,11	
<b>Aussaat</b>						
17.04.2012	Aussaat (UF-Düngung)	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Drillmaschine: 2 BSW - 5,4 m	SW - 41080, 2012	375,00	3
				NPK 16/18/13 Laden, 2012	300,00	
<b>Pflanzenschutz</b>						
22.06.2012	Herbizid	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Anbauspritze: 3 WX 1000 - 18 m	2,4-D, 2012	2,00	1
				Tribenuron- (Pointer), 2012	0,04	
08.06.2012	Herbizid	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Anbauspritze: 3 WX 1000 - 18 m	Fenoxaprop (Puma), 2012	1,50	1
<b>Ernte</b>						
05.09.2012	Mähdrusch (Standwagen)	Drescher: Class Lexion 570- 265KW	Schneidwerk: Claas S 750 (A) - 7,5 m			1
<b>Produktionsverfahren: Haushalt</b>						
<b>Bodenbearbeitung</b>						
02.10.2011	Stoppelbearbeitung	Traktor John Deere 7830 170 KW	Scheibenegge: 1 BYQP - 5,3 m			1
16.10.2011	Saatbettbereitung	Traktor John Deere 7830 170 KW	Scheibenegge: 1 BYQP - 5,3 m			1
19.04.2012	Walzen (nach Saat)	Kleintraktor: DF182 - 14,7 KW	Walze: EB3x1,3 - 3,9 m			1
<b>Düngung</b>						
03.07.2012	Flüssigdüngung	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Feldspritze: Lemken Primus 45/3 - 30 m	Harnstoff 46,4 % N, 2012	20,00	1
				Mikronährstoff, 2012	0,11	
<b>Aussaat</b>						
17.04.2012	Aussaat (UF-Düngung)	Kleintraktor: DF 404 - 29,41 KW	Drillmaschine (Weizen): 2BS 240 - 2,4 m	SW - 41080, 2012	375,00	2
				NPK 16/18/13 Laden, 2012	300,00	
<b>Pflanzenschutz</b>						
22.06.2012	Herbizid	Kleintraktor: DF182 - 14,7 KW	Anbauspritze: EB - 5,2 m	2,4-D, 2012	2,00	1
				Tribenuron- (Pointer), 2012	0,04	
08.06.2012	Herbizid	Kleintraktor: DF182 - 14,7 KW	Anbauspritze: EB - 5,2 m	Fenoxaprop (Puma), 2012	1,50	1
<b>Ernte</b>						
05.09.2012	Mähdrusch (Standwagen)	Drescher: Class Lexion 570- 265KW	Schneidwerk: Claas S 750 (A) - 7,5 m			1

## D.9.2 Schlagdatei Versuchsauswertung: Sojabohnen 2010 - 2012

Tabelle 107: Schlagkartei Versuchsauswertung: Sojabohnen – 2010 – Brigade 10

<b>Zusammenfassung Schlagkartei: Sojabohnen - 2010 - Schlag: Brigade 10</b>						
<b>Datum</b>	<b>Arbeitsverfahren</b>	<b>Zugmaschine</b>	<b>Arbeitsgerät</b>	<b>Betriebsmittel</b>	<b>Menge</b>	<b>AK</b>
<b>Produktionsverfahren: Demofarm</b>						
<b>Bodenbearbeitung</b>						
29.10.2009	Grundbodenbearbeitung	Traktor: Claas Axion 850 - 171KW	Grubber: Lemken Karat 9 / 5 KA - 5 m			1
20.04.2010	Saatbettbereitung	Traktor: Claas Axion 810 - 125 KW	Kurzscheibenegge: Lemken Rubin 9/5 - 5m			1
15.05.2010	Walzen (nach Saat)	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Walze: Baihua - 12,25 m (Staatsfarm)			2
<b>Düngung</b>						
20.06.2010	Flüssigdüngung	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Feldspritze: Lemken Primus 45/3 - 30 m	Harnstoff 46,4 % N, 2010	30,00	1
				YeBaiJin, 2010	0,04	
<b>Aussaat</b>						
15.05.2010	Aussaat (UF-Düngung)	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Drillmaschine: Monosem NG Plus 4 - 3,2m	Soja -711, 2010	75,00	1
				NPK 18/27/10, 2010	200,00	
				Kaliumoxid 50%, 2010	200,00	
<b>Pflanzenschutz</b>						
07.06.2010	Herbizid	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Feldspritze: Lemken Primus 45/3 - 30 m	Fomesafen, 2010	1,50	1
				Clethodim, 2010	0,40	
10.07.2010	Fungizide	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Feldspritze: Lemken Primus 45/3 - 30 m	Amistar, 2010	0,36	1
<b>Ernte</b>						
07.10.2010	Mähdrusch (Standwagen)	Drescher: Class Lexion 570- 265KW	Schneidwerk: Claas S 750 (A) - 7,5 m			1
<b>Produktionsverfahren: Staatsfarm</b>						
<b>Bodenbearbeitung</b>						
29.10.2009	Grundbodenbearbeitung	Traktor: Claas Axion 850 - 171KW	Grubber: Lemken Karat 9 / 5 KA - 5 m			1
20.04.2010	Saatbettbereitung	Traktor: Claas Axion 810 - 125 KW	Kurzscheibenegge: Lemken Rubin 9/5 - 5m			1
16.05.2010	Walzen (nach Saat)	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Walze: Baihua - 12,25 m			2
<b>Düngung</b>						
20.06.2010	Flüssigdüngung	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Anbauspritze: 3 WX 1000 - 18 m	Harnstoff 46,4 % N, 2010	6,00	1
				YeBaiJin, 2010	0,04	
<b>Aussaat</b>						
15.05.2010	Aussaat (UF-Düngung)	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Drillmaschine: Baihua: 9R - 5,6 m	Soja - 711, 2010	90,00	3
				NPK 18/27/10, 2010	187,50	

Fortsetzung auf der nächsten Seite

**Fortsetzung von vorheriger Seite - Tabelle 107: Schlagkartei Versuchsauswertung: Sojabohnen – 2010 – Brigade 10**

Datum	Arbeitsverfahren	Zugmaschine	Arbeitsgerät	Betriebsmittel	Menge [kg/ha]	AK
<b>Pflanzenschutz</b>						
07.06.2010	Herbizid	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Anbauspritze: 3 WX 1000 - 18 m	Fomesafen, 2010	1,50	1
				Clethodim, 2010	0,40	
<b>Bestandspflege</b>						
10.06.2010	Hacken+Dammformung	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Hackmaschine, Baihua (EB) - 5 m			1
22.06.2010	Hacken+Dammformung	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Hackmaschine, Baihua (EB) - 5 m			1
15.07.2010	Unkrautziehen von Hand	Arbeiter (fest angestellt)	Arbeiter (fest angestellt)			5
<b>Ernte</b>						
07.10.2010	Mähdrusch (Standwagen)	Drescher: Class Lexion 570- 265KW	Schneidwerk: Claas S 750 (A) - 7,5 m			1
<b>Produktionsverfahren: Haushalt</b>						
<b>Bodenbearbeitung</b>						
29.10.2009	Grundbodenbearbeitung	Traktor: Claas Axion 850 - 171KW	Grubber: Lemken Karat 9 / 5 KA - 5 m			1
20.04.2010	Saatbettbereitung	Traktor: Claas Axion 810 - 125 KW	Kurzscheibenegge: Lemken Rubin 9/5 - 5m			1
02.05.2010	Dammformung Frühjahr	Kleintraktor: DF182 - 14,7 KW	Dammformer: EB 2R - 1,3 m			1
16.05.2010	Walzen (nach Saat)	Kleintraktor: DF182 - 14,7 KW	Walze: EB3x1,3 - 3,9 m			1
<b>Aussaat</b>						
15.05.2010	Aussaat (UF-Düngung)	Kleintraktor: DF 404 - 29,41 KW	Drillmaschine (Soja): 2 BJ - 2B - 1,3 m	Soja - 711, 2010	97,50	2
				DAP 64% (18N, 46P), 2010	135,00	
				Harnstoff 46,4 % N, 2010	75,00	
				Kaliumoxid 50%, 2010	15,00	
<b>Pflanzenschutz</b>						
07.06.2010	Herbizid	Kleintraktor: DF182 - 14,7 KW	Anbauspritze: EB - 5,2 m	Fomesafen, 2010 Haus	2,63	1
				Clethodim, 2010 Haus	0,60	
<b>Bestandspflege</b>						
28.05.2010	Hacken+Dammformung	Kleintraktor: DF182 - 14,7 KW	Dammformer: EB 2R - 1,3 m			1
10.06.2010	Hacken+Dammformung	Kleintraktor: DF182 - 14,7 KW	Dammformer: EB 2R - 1,3 m			1
20.06.2010	Hacken+Dammformung	Kleintraktor: DF182 - 14,7 KW	Dammformer: EB 2R - 1,3 m			1
01.07.2010	Hacken+Dammformung	Kleintraktor: DF182 - 14,7 KW	Dammformer: EB 2R - 1,3 m			1
15.07.2010	Unkrautziehen von Hand	Arbeiter (fest angestellt)				5
<b>Ernte</b>						
07.10.2010	Mähdrusch (Standwagen)	Drescher: Class Lexion 570- 265KW	Schneidwerk: Claas S 750 (A) - 7,5 m			1

Tabelle 108: Schlagkartei Versuchsauswertung: Sojabohnen – 2011 – Brigade 5

<b>Zusammenfassung Schlagkartei Versuchsauswertung: Sojabohnen - 2011 -Schlag: Brigade 5</b>						
<b>Datum</b>	<b>Arbeitsverfahren</b>	<b>Zugmaschine</b>	<b>Arbeitsgerät</b>	<b>Betriebsmittel</b>	<b>Menge [kg/ha]</b>	<b>AK</b>
<b>Produktionsverfahren: Demofarm</b>						
<b>Bodenbearbeitung</b>						
05.09.2010	Stoppelbearbeitung	Traktor: Claas Axion 810 - 125 KW	Kurzscheibenegge: Lemken Rubin 9/5 - 5m			1
01.10.2010	Grundbodenbearbeitung	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Pflug: Lemken Europal 8 + Variopak -1,4m			1
04.10.2010	Saatbettbereitung	Traktor: Claas Axion 810 - 125 KW	Kurzscheibenegge: Lemken Rubin 9/5 - 5m			1
<b>Düngung</b>						
05.10.2011	Grunddüngung	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Düngerstreuer: Rauch Axis 3.1 - 30 m	Branntkalk 85 %, 2010	1.000,00	1
28.06.2011	N-Düngung	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Feldspritze: Lemken Primus 45/3 - 30 m	Harnstoff 46,4 % N, 2011	15,00	1
				YeBaiYin, 2011	0,30	
				PK-Dünger, flüssig, 2011	5,00	
<b>Aussaat</b>						
08.05.2011	Aussaat (UF-Düngung)	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Drillmaschine: Monosem NG Plus 4 - 3,2 m	Soja - 1152, 2011	105,00	1
				NPK 15/30/10 Laden, 2011	225,00	
				Kaliumoxid 50 %, 2011	225,00	
<b>Pflanzenschutz</b>						
23.06.2011	Herbizid	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Feldspritze: Lemken Primus 45/3 - 30 m	Bentazon (Basagran), 2011	3,00	1
				Clethodim, 2011	2,00	
<b>Ernte</b>						
07.10.2010	Mähdrusch (Standwagen)	Drescher: Claas Lexion 570- 265KW	Schneidwerk: Claas S 750 (A) - 7,5 m	0	0,00	1
<b>Produktionsverfahren: Staatsfarm</b>						
<b>Bodenbearbeitung</b>						
05.09.2010	Stoppelbearbeitung	Traktor: Claas Axion 810 - 125 KW	Kurzscheibenegge: Lemken Rubin 9/5 - 5m			1
02.10.2010	Grundbodenbearbeitung	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Pflug: Lemken Europal 8 + Variopak -1,4m			1
26.10.2010	Dammformung Herbst	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Dammformer: 12Q 39 6 x 1,1m - 6,6 m			2
05.05.2011	Walzen (nach Saat)	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Walze: Baihua - 12,25 m			2
<b>Düngung</b>						
20.06.2011	Düngung	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Anbauspritze komplett WY 18 m	Harnstoff 46,4 % N, 2011	5,00	1
				YeBaiYin, 2011	0,30	

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Fortsetzung von vorheriger Seite – Tabelle 108: Schlagkartei Versuchsauswertung: Sojabohnen – 2011 – Brigade 5

Datum	Arbeitsverfahren	Zugmaschine	Arbeitsgerät	Betriebsmittel	Menge [kg/ha]	AK
<b>Aussaat</b>						
05.05.2011	Aussaat (UF-Düngung)	Traktor John Deere 7830 170 KW	Drillmaschine: Baihua 6 x 1,1m - 6,6 m	Soja - 1152, 2011	105,00	3
				NPK 18/27/10, 2011	225,00	
<b>Pflanzenschutz</b>						
13.06.2011	Herbizid	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Anbauspritze komplett WY 18 m	Bentazon (Basagran), 2011	1,50	1
				Clethodim, 2011	0,30	
<b>Bestandspflege</b>						
10.06.2011	Hacken+Dammformung	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Hackmaschine, Baihua (EB) - 5 m			1
22.06.2011	Hacken+Dammformung	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Hackmaschine, Baihua (EB) - 5 m			1
<b>Ernte</b>						
07.10.2011	Mähdrusch (Standwagen)	Drescher: Class Lexion 570- 265KW	Schneidwerk: Claas S 750 (A) - 7,5 m			1
<b>Produktionsverfahren: Haushalt</b>						
<b>Bodenbearbeitung</b>						
05.09.2010	Stoppelbearbeitung	Traktor: Claas Axion 810 - 125 KW	Kurzscheibenegge: Lemken Rubin 9/5 - 5m			1
15.10.2010	Dammformung Herbst	Kleintraktor: DF182 - 14,7 KW	Dammformer: EB 2R - 1,3 m			1
23.05.2011	Walzen (nach Saat)	Kleintraktor: DF182 - 14,7 KW	Walze: EB 3 x 1,3m - 3,9 m			1
<b>Düngung</b>						
23.06.2011	Düngung	Kleintraktor: DF182 - 14,7 KW	Anbauspritze: EB - 5,2 m	Harnstoff 46,4 % N, 2011	5,00	1
				YeBaiYin, 2011	0,30	
<b>Aussaat</b>						
08.05.2011	Aussaat (UF-Düngung)	Kleintraktor: DF 404 - 29,41 KW	Drillmaschine (Soja): 2 BJ - 2B - 1,3 m	Soja - 1152, 2011	109,00	2
				DAP 64% (18N, 46P), 2011	150,00	
				Harnstoff 46,4 % N, 2011	75,00	
<b>Pflanzenschutz</b>						
20.06.2011	Herbizid	Kleintraktor: DF182 - 14,7 KW	Anbauspritze: EB - 5,2 m	Fomesafen, 2011	2,25	1
				Clethodim, 2011	0,44	
<b>Bestandspflege</b>						
07.06.2011	Hacken+Dammformung	Kleintraktor: DF182 - 14,7 KW	Häufelpflug: EB - 1,3 m			1
28.06.2011	Hacken+Dammformung	Kleintraktor: DF182 - 14,7 KW	Häufelpflug: EB - 1,3 m			1
26.07.2011	Unkrautziehen von Hand	Arbeiter (fest angestellt)	Arbeiter (fest angestellt)			2
<b>Ernte</b>						
07.10.2011	Mähdrusch (Standwagen)	Drescher: Class Lexion 570- 265KW	Schneidwerk: Claas S 750 (A) - 7,5 m			1

Tabelle 109: Schlagkartei Versuchsauswertung: Sojabohnen – 2012 – Brigade 10

<b>Zusammenfassung Schlagkartei Versuchsauswertung: Sojabohnen - 2012 - Schlag: Brigade 10</b>						
<b>Datum</b>	<b>Arbeitsverfahren</b>	<b>Zugmaschine</b>	<b>Arbeitsgerät</b>	<b>Betriebsmittel</b>	<b>Menge [kg/ha]</b>	<b>AK</b>
<b>Produktionsverfahren: Demofarm</b>						
<b>Bodenbearbeitung</b>						
02.10.2011	Stoppelbearbeitung	Traktor: John Deere 7830 - 170 KW	Scheibenegge: 1 BYQP - 5,3 m			1
16.10.2011	Saatbettbereitung	Traktor: John Deere 7830 - 170 KW	Scheibenegge: 1 BYQP - 5,3 m			1
19.04.2012	Walzen (nach Saat)	Kleintraktor: DF182 - 14,7 KW	Walze: EB3x1,3 - 3,9 m			1
<b>Düngung</b>						
03.07.2012	Flüssigdüngung	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Feldspritze: Lemken Primus 45/3 - 30 m	Harnstoff 46,4 % N, 2012	20,00	1
				Mikronährstoff (Weizen)	0,11	
<b>Aussaat</b>						
17.04.2012	Aussaat (UF-Düngung)	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Drillmaschine: Monosem NG Plus 4 - 3,2 m	Soja -, 2011, 2012	375,00	2
				NPK 16/18/13 Laden, 2012	300,00	
<b>Pflanzenschutz</b>						
22.06.2012	Herbizid	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Feldspritze: Lemken Primus 45/3 - 30 m	Bentazon (Basagran), 2011	2,25	1
				Fomesafen, 2012	1,50	
08.06.2012	Herbizid	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Feldspritze: Lemken Primus 45/3 - 30 m	Fluazifop- (Fusilade), 2012	1,50	1
<b>Ernte</b>						
05.09.2012	Mähdrusch (Standwagen)	Drescher: Class Lexion 570- 265KW	Schneidwerk: Claas S 750 (A) - 7,5 m			1
<b>Produktionsverfahren: Staatsfarm</b>						
<b>Bodenbearbeitung</b>						
12.08.2011	Stoppelbearbeitung	Traktor: Claas Axion 810 - 125 KW	Kurzscheibenegge: Lemken Rubin 9/5 - 5m			1
12.08.2011	Saatbettbereitung	Traktor: John Deere 7830 - 170 KW	Scheibenegge: 1 BYQP - 5,3 m			1
25.09.2011	Dammformung Herbst	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Dammformer: 12Q 39 6 x 1,1m - 6,6 m			1
12.05.2012	Walzen (nach Saat)	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Walze: Baihua - 12,25 m			2
<b>Düngung</b>						
03.07.2012	Flüssigdüngung	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Feldspritze: Lemken Primus 45/3 - 30 m	Harnstoff 46,4 % N, 2012	20,00	1
				Micronährstoff (Weizen)	0,11	
<b>Aussaat</b>						
09.05.2012	Aussaat (UF-Düngung)	Traktor: John Deere 7830 - 170 KW	Drillmaschine: Baihua 6 x 1,1m - 6,6 m	Soja - 2011, 2012	109,00	3
				NPK 15/30/10, 2012	225,00	

Fortsetzung auf der nächsten Seite

**Fortsetzung von vorheriger Seite - Tabelle 109: Schlagkartei Versuchsauswertung: Sojabohnen – 2012 – Brigade 10**

Datum	Arbeitsverfahren	Zugmaschine	Arbeitsgerät	Betriebsmittel	Menge [kg/ha]	AK
<b>Pflanzenschutz</b>						
15.06.2012	Herbizid	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Anbauspritze: 3 WX 1000 - 18 m	Bentazon (Basagran), 2012	2,25	1
				Fomesafen, 2012	1,50	
21.06.2012	Herbizid	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Anbauspritze: 3 WX 1000 - 18 m	Fluazifop- (Fusilade), 2012	1,50	1
<b>Bestandspflege</b>						
22.06.2010	Hacken+Dammformung	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Hackmaschine, Baihua (EB) - 5 m			1
<b>Ernte</b>						
28.09.2012	Mähdrusch (Standwagen)	Drescher: Class Lexion 570- 265KW	Schneidwerk: Claas S 750 (A) - 7,5 m			1
<b>Produktionsverfahren: Haushalt</b>						
<b>Bodenbearbeitung</b>						
12.08.2011	Stoppelbearbeitung	Traktor: Claas Axion 810 - 125 KW	Kurzscheibenegge: Lemken Rubin 9/5 - 5m			1
15.09.2011	Saatbettbereitung	Traktor: Lovol 1854 - 136KW	Pflug 1 LQS 435 1,4 m			1
21.10.2011	Dammformung Herbst	Kleintraktor: DF182 - 14,7 KW	Dammformer: EB 2R - 1,3 m			1
09.05.2012	Walzen (nach Saat)	Kleintraktor: DF182 - 14,7 KW	Walze: EB3x1,3 - 3,9 m			1
23.05.2012	Walzen (nach Saat)	Kleintraktor: DF182 - 14,7 KW	Walze: EB3x1,3 - 3,9 m			1
<b>Düngung</b>						
03.07.2012	Flüssigdüngung	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Feldspritze: Lemken Primus 45/3 - 30 m	Harnstoff 46,4 % N, 2012	20,00	1
				Micronährstoff (Weizen)	0,11	
<b>Aussaat</b>						
09.05.2012	Aussaat (UF-Düngung)	Kleintraktor: DF 404 - 29,41 KW	Drillmaschine (Soja): 2 BJ - 2B - 1,3 m	Soja -, 2011, 2012	97,50	2
				DAP 64% (18N, 46P), 2012	150,00	
				Harnstoff 46,4 % N, 2012	75,00	
				K2SO4 50%, 2012	15,00	
<b>Pflanzenschutz</b>						
15.06.2012	Herbizid	Kleintraktor: DF182 - 14,7 KW	Anbauspritze: EB - 5,2 m	Fomesafen, 2012	2,25	1
				Clethodim, 2012	1,50	
<b>Bestandspflege</b>						
07.06.2012	Hacken+Dammformung	Kleintraktor: DF182 - 14,7 KW	Häufelpflug: EB - 1,3 m			1
28.06.2012	Hacken+Dammformung	Kleintraktor: DF182 - 14,7 KW	Häufelpflug: EB - 1,3 m			1
<b>Ernte</b>						
07.10.2012	Mähdrusch (Standwagen)	Drescher: Class Lexion 570- 265KW	Schneidwerk: Claas S 750 (A) - 7,5 m			1

### D.9.3 Schlagdatei Szenario 1 + 2: Sommerweizen 2010 - 2012

Tabelle 110: Schlagkartei Szenario 1+2: Sommerweizen – 2010 – Brigade 5

Zusammenfassung Schlagkartei Szenario 1+2: Sommerweizen - 2010 - Schlag: Brigade 5 (Änderungen zu Versuchsauswertung sind grau markiert)						
Datum	Arbeitsverfahren	Zugmaschine	Arbeitsgerät	Betriebsmittel	Menge [kg/ha]	AK
<b>Produktionsverfahren: Demofarm</b>						
<b>Bodenbearbeitung</b>						
30.10.2010	Grundbodenbearbeitung	Traktor: Claas Axion 850 - 171KW	Grubber: Lemken Karat 9 / 5 KA - 5 m			1
26.04.2010	Saatbettbereitung	Traktor: Claas Axion 810 - 125 KW	Kurzscheibenegge: Lemken Rubin 9/5 - 5m			1
27.04.2010	Walzen (nach Saat)	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Walze: KTBL, Cambridgewalze - 12,25 m			1
<b>Düngung</b>						
26.04.2010	Grunddüngung	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Düngerstreuer: Rauch Axis 3.1 - 30 m	NPK 15/20/10, 2010	160,00	1
				Kaliumoxid 50%, 2010	30,00	
				Harnstoff 46,4 %, 2010	90,00	
16.06.2010	N-Düngung	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Düngerstreuer: Rauch Axis 3.1 - 30 m	Harnstoff 46,4 %, 2010	60,00	1
19.06.2010	Flüssigdüngung	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Feldspritze: Lemken Primus 45/3 - 30 m	YeBaiJin, 2010	1,50	1
<b>Aussaat</b>						
26.04.2010	Aussaat	Traktor: Claas Axion 850 - 171KW	Lemken Solitär 9/5 + Rubin 9/5 - 5 m	SW - 41080, 2010	340,00	1
<b>Pflanzenschutz</b>						
31.05.2010	Herbizid	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Feldspritze: Lemken Primus 45/3 - 30 m	2,4-D, 2010	1,88	1
				Tribenuron- (Pointer), 2010	0,08	
09.07.2010	Fungizide	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Feldspritze: Lemken Primus 45/3 - 30 m	Tebuconazol (Folicur), 2010	0,55	1
<b>Ernte</b>						
13.08.2010	Mähdrusch (Standwagen)	Drescher: Class Lexion 570-265KW	Schneidwerk: Claas S 750 (A) - 7,5 m			1
<b>Produktionsverfahren: Staatsfarm</b>						
<b>Bodenbearbeitung</b>						
25.04.2010	Grundbodenbearbeitung	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Scheibenegge: 1 BZP – 3.0 m			1
26.04.2010	Saatbettbereitung	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Scheibenegge: 1 BZP – 3.0 m			1
27.04.2010	Walzen (nach Saat)	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Walze: Baihua - 12,25 m			2

Fortsetzung auf der nächsten Seite

## Fortsetzung von vorheriger Seite - Tabelle 110: Schlagkartei Szenario 1+2: Sommerweizen – 2010 – Brigade 5

Datum	Arbeitsverfahren	Zugmaschine	Arbeitsgerät	Betriebsmittel	[kg/ha]	AK
<b>Düngung</b>						
16.06.2010	N-Düngung 2. Gabe	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Drillmaschine: 4 BSW - 7,6 m	Harnstoff 46,4 % N, 2010	60,00	3
19.06.2010	Flüssigdüngung	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Anbauspritze: 3 WX 1000 - 18 m	MaiYeFeng, 2010	1,50	1
<b>Aussaat</b>						
26.04.2010	Aussaat (UF-Düngung)	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Drillmaschine: 2 BSW - 5,4 m	SW - 41080, 2010	390,00	3
				NPK 15/20/10, 2010	160,00	
				Kaliumoxid 50%, 2010	30,00	
				Harnstoff 46,4 %, 2010	90,00	
<b>Pflanzenschutz</b>						
31.05.2010	Herbizid	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Anbauspritze: 3 WX 1000 - 18 m	2,4-D, 2010	1,87	1
				Tribenuron- (Pointer), 2010	0,075	
<b>Ernte</b>						
13.08.2010	Mähdrusch (Standwagen)	Drescher: JD. (C) 1076 – 117,0 KW	Schneidwerk: John D. (C) 218 F - 4,57 m			1
<b>Produktionsverfahren: Haushalt</b>						
<b>Bodenbearbeitung</b>						
25.04.2010	Grundbodenbearbeitung	Traktor (Kette): YTO DFH - 820 KT - 58,8 KW	Scheibenegge: 1 BZP – 3,3 m			2
26.04.2010	Saatbettbereitung	Traktor (Kette): YTO DFH - 820	Scheibenegge: 1 BZP – 3,3 m			2
27.04.2010	Walzen (nach Saat)	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Walze: Baihua - 12,25 m			1
<b>Düngung</b>						
30.05.2010	N-Düngung 2. Gabe	Kleintraktor: DF 404 - 29,41 KW	Drillmaschine (Weizen): 2BS 240 - 2,4 m	Harnstoff 46,4 % N Haus, 2010	60,00	2
<b>Aussaat0</b>						
26.04.2010	Aussaat (UF-Düngung)	Kleintraktor: DF 404 - 29,41 KW	Drillmaschine (Weizen): 2BS 240 - 2,4 m	SW - 41080, 2010	337,50	2
				NPK 15/20/10, 2010	160,00	
				Kaliumoxid 50%, 2010	30,00	
				Harnstoff 46,4 %, 2010	90,00	
<b>Pflanzenschutz</b>						
31.05.2010	Herbizid	Kleintraktor: DF182 - 14,7 KW	Anbauspritze: EB - 5,2 m	2,4-D, 2010 (Chen)	1,50	1
<b>Ernte</b>						
13.08.2010	Mähdrusch (Standwagen)	Drescher JD (C) 1048 – 85,0 KW	Schneidwerk: John Deere (C) - 3,66 m			1

Tabelle 111: Schlagkartei Szenario 1+2: Sommerweizen – 2011 – Brigade 10

<b>Zusammenfassung Schlagkartei Szenario 1+2: Sommerweizen - 2011 - Schlag: Brigade 10 (Änderungen zur Versuchsauswertung sind grau markiert)</b>						
Datum	Arbeitsverfahren	Zugmaschine	Arbeitsgerät	Betriebsmittel	Menge [kg/ha]	AK
<b>Produktionsverfahren: Demofarm</b>						
<b>Bodenbearbeitung</b>						
11.10.2010	Stoppelbearbeitung	Traktor: Claas Axion 810 - 125 KW	Kurzscheibenegge: Lemken Rubin 9/5 - 5m			1
28.10.2010	Grundbodenbearbeitung	Traktor: Claas Axion 850 - 171KW	Grubber: Lemken Karat 9 / 5 KA - 5 m			1
24.04.2011	Walzen (nach Saat)	Traktor: Claas Axion 810 - 125 KW	Walze: KTBL, Cambridgewalze - 12,25 m			1
<b>Düngung</b>						
	Grunddüngung	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Düngerstreuer: Rauch Axis 3.1 - 30 m	Branntkalk 85%, 2010	0,00	1
18.04.2011	Grunddüngung	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Düngerstreuer: Rauch Axis 3.1 - 30 m	NPK 15/30/10, 2011	110,00	1
				Harnstoff 46,4 % N, 2011	140,00	
				Kaliumoxid 50%, 2011	40,00	
16.06.2011	N-Düngung	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Düngerstreuer: Rauch Axis 3.1 - 30 m	Harnstoff 46,4 % N, 2011	25,00	1
<b>Aussaat</b>						
24.04.2011	Aussaat	Traktor: Claas Axion 850 - 171KW	Lemken Solitär 9/500 KA - DS 5 m	SW - 41080, 2011	325,00	1
<b>Pflanzenschutz</b>						
06.06.2011	Herbizid	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Feldspritze: Lemken Primus 45/3 - 30 m	2,4-D, 2011	2,00	1
				Tribenuron (Pointer),2011	0,04	
08.06.2011	Herbizid	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Feldspritze: Lemken Primus 45/3 - 30 m	Fenoxaprop (Puma), 2011	1,50	1
<b>Ernte</b>						
05.08.2011	Mähdrusch (Standwagen)	Drescher: Class Lexion 570- 265KW	Schneidwerk: Claas S 750 (A) - 7,5 m			1
<b>Produktionsverfahren: Staatsfarm</b>						
<b>Bodenbearbeitung</b>						
11.10.2010	Stoppelbearbeitung	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Scheibenegge 1 BZP - 3.0 3 m			1
28.10.2010	Saatbettbereitung	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Scheibenegge 1 BZP - 3.0 3 m			1
24.04.2011	Walzen (nach Saat)	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Walze: Baihua - 12,25 m			1
<b>Düngung</b>						
16.06.2011	N-Düngung	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Drillmaschine: 2 BSW - 5,4 m	Harnstoff 46,4 % N, 2011	25,00	1
	Düngung	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Anbauspritze: 3 WX 1000 - 18 m	YeBaiYin, 2011	0,00	1
				Yun Da-120, 2011	0,00	

Fortsetzung auf der nächsten Seite

## Fortsetzung von vorheriger Seite - Tabelle 111: Schlagkartei Szenario 1+2: Sommerweizen – 2011 – Brigade 10

Datum	Arbeitsverfahren	Zugmaschine	Arbeitsgerät	Betriebsmittel	Menge [kg/ha]	AK
<b>Aussaat</b>						
24.04.2011	Aussaat (UF-Düngung)	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Drillmaschine: 2 BSW - 5,4 m	SW - 41080, 2011	325,00	3
				NPK 15/30/10, 2011	110,00	
				Harnstoff 46,4 % N, 2011	140,00	
				Kaliumoxid 50%, 2011	40,00	
<b>Pflanzenschutz</b>						
06.06.2011	Herbizid	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Anbauspritze: 3 WX 1000 - 18 m	2,4-D, 2011	2,00	1
				Tribenuron (Pointer),2011	0,04	
08.06.2011	Herbizid	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Anbauspritze: 3 WX 1000 - 18 m	Fenoxaprop (Puma), 2011	1,50	1
<b>Ernte</b>						
05.08.2011	Mähdrusch (Standwagen)	Drescher: JD. (C) 1076 – 117,0 KW	Schneidwerk: John D. (C) 218 F - 4,57 m			1
<b>Produktionsverfahren: Haushalt</b>						
<b>Bodenbearbeitung</b>						
11.10.2010	Stoppelbearbeitung	Traktor (Kette): YTO DFH - 820 KT - 58,8 KW	Scheibenegge 1 BZP - 3.0 3 m			1
28.10.2010	Saatbettbereitung	Traktor (Kette): YTO DFH - 820 KT	Scheibenegge 1 BZP - 3.0 3 m			1
27.04.2011	Walzen (nach Saat)	Kleintraktor: DF182 - 14,7 KW	Walze: EB3x1,3 - 3,9 m			1
<b>Düngung</b>						
16.06.2011	N-Düngung	Kleintraktor: DF 404 - 29,41 KW	Drillmaschine (Weizen): 2BS 240 - 2,4 m	Harnstoff 46,4 % N, 2011	25,00	1
24.06.2011	Düngung	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Feldspritze: Lemken Primus 45/3 - 30 m	YeBaiYin, 2011	0,30	1
				Yun Da-120, 2011	0,15	
<b>Aussaat</b>						
24.04.2011	Aussaat (UF-Düngung)	Kleintraktor: DF 404 - 29,41 KW	Drillmaschine (Weizen): 2BS 240 - 2,4 m	SW - 41080, 2011	325,00	2
				NPK 15/30/10, 2011	110,00	
				Harnstoff 46,4 % N, 2011	140,00	
				Kaliumoxid 50%, 2011	40,00	
<b>Pflanzenschutz</b>						
24.05.2011	Herbizid	Kleintraktor: DF182 - 14,7 KW	Anbauspritze: EB - 5,2 m	2,4-D, 2011	1,50	1
				Tribenuron (Pointer),2011	0,04	
08.06.2011	Herbizid	Kleintraktor: DF182 - 14,7 KW	Anbauspritze: EB - 5,2 m	Fenoxaprop (Puma), 2011	1,50	1
<b>Ernte</b>						
05.08.2011	Mähdrusch (Standwagen)	Drescher JD (C) 1048 – 85,0 KW	Schneidwerk: John Deere (C) - 3,66 m			1

Tabelle 112: Zusammenfassung Szenario 1+2: Sommerweizen – 2012 – Brigade 5

<b>Zusammenfassung Schlagkartei Szenario 1+2: Sommerweizen - 2012 - Schlag: Brigade 5 (Änderungen zu Versuchsauswertung sind grau markiert)</b>						
<b>Datum</b>	<b>Arbeitsverfahren</b>	<b>Zugmaschine</b>	<b>Arbeitsgerät</b>	<b>Betriebsmittel</b>	<b>[kg/ha]</b>	<b>AK</b>
<b>Produktionsverfahren: Demofarm</b>						
07.10.2011	Stoppelbearbeitung	Traktor: Claas Axion 810 - 125 KW	Kurzscheibenegge: Lemken Rubin 9/5 - 5m			1
17.10.2011	Grundbodenbearbeitung	Traktor: Claas Axion 850 - 171 KW	Grubber: Lemken Karat 9 / 5 KA - 5 m			1
17.04.2011	Walzen (nach Saat)	Traktor: Claas Axion 810 - 125 KW	Walze: KTBL, Cambridgewalze - 12,25 m			1
<b>Düngung</b>						
	Grunddüngung	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Düngerstreuer: Rauch Axis 3.1 - 30 m	DAP 18%N, 46% P, 2011	113,00	1
	Grunddüngung	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Düngerstreuer: Rauch Axis 3.1 - 30 m	Branntkalk 85%, 2011	1.000,00	1
17.04.2012	Grunddüngung	Traktor: Claas Axion 810 - 125 KW	Düngerstreuer: Rauch Axis 3.1 - 30 m	Harnstoff 46,4 % N, 2012	160,00	1
				DAP 64% (18N, 46P), 2012	80,00	
				Kaliumoxid 50%, 2012	60,00	
03.07.2012	Flüssigdüngung	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Feldspritze: Lemken Primus 45/3 - 30 m	Harnstoff 46,4 % N, 2012	25,00	1
				Mikronährstoff, 2012	0,11	
<b>Aussaat</b>						
17.04.2012	Aussaat	Traktor: Claas Axion 850 – 171 KW	Lemken Solitär 9/5 + Rubin 9/5 - 5 m	SW - 41080, 2012	300	1
<b>Pflanzenschutz</b>						
18.06.2012	Herbizid	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Feldspritze: Lemken Primus 45/3 - 30 m	Fenoxaprop (Puma), 2012	1,00	1
22.06.2012	Herbizid	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Feldspritze: Lemken Primus 45/3 - 30 m	2,4-D, 2012	1,00	1
				Tribenuron- (Pointer), 2012	0,08	
<b>Ernte</b>						
05.09.2012	Mähdrusch (Standwagen)	Drescher: Class Lexion 570- 265KW	Schneidwerk: Claas S 750 (A) - 7,5 m			1
<b>Produktionsverfahren: Staatsfarm</b>						
02.10.2011	Stoppelbearbeitung	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Scheibenegge 1 BZP - 3.0 3 m			1
16.10.2011	Grundbodenbearbeitung	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Pflug: 1 LQS 535 - 1,75 m			1
19.04.2012	Walzen (nach Saat)	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Walze: Baihua - 12,25 m			1
03.07.2012	Flüssigdüngung	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Anbauspritze: 3 WX 1000 - 18 m	Harnstoff 46,4 % N, 2012	25,00	1
				Mikronährstoff, 2012	0,11	

Fortsetzung auf der nächsten Seite

## Fortsetzung von vorheriger Seite - Tabelle 112: Zusammenfassung Szenario 1+2: Sommerweizen – 2012 – Brigade 5

Datum	Arbeitsverfahren	Zugmaschine	Arbeitsgerät	Betriebsmittel	kg/ha	AK
<b>Aussaat</b>						
17.04.2012	Aussaat (UF-Düngung)	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Drillmaschine: 2 BSW - 5,4 m	SW - 41080, 2012	300,00	3
				Harnstoff 46,4 % N, 2012	160,00	
				DAP 64% (18N, 46P), 2012	80,00	
				Kaliumoxid 50%, 2012	60,00	
<b>Pflanzenschutz</b>						
22.06.2012	Herbizid	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Anbauspritze: 3 WX 1000 - 18 m	2,4-D, 2012	1,00	1
				Tribenuron- (Pointer), 2012	0,08	
08.06.2012	Herbizid	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Anbauspritze: 3 WX 1000 - 18 m	Fenoxaprop (Puma), 2012	1,00	1
<b>Ernte</b>						
05.09.2012	Mähdrusch (Standwagen)	Drescher: JD. (C) 1076 – 117,0 KW	Schneidwerk: John D. (C) 218 F - 4,57 m			1
<b>Produktionsverfahren: Haushalt</b>						
02.10.2011	Stoppelbearbeitung	Traktor (Kette): YTO DFH - 820 KT	Scheibenegge 1 BZP - 3.0 3 m			1
16.10.2011	Saatbettbereitung	Traktor (Kette): YTO DFH - 820 KT	Pflug: 1 LQS 535 - 1,75 m			1
19.04.2012	Walzen (nach Saat)	Kleintraktor: DF182 - 14,7 KW	Walze: EB3x1,3 - 3,9 m			1
<b>Düngung</b>						
03.07.2012	Flüssigdüngung	Kleintraktor: DF182 - 14,7 KW	Anbauspritze: EB - 5,2 m	Harnstoff 46,4 % N, 2012	25,00	1
				Mikronährstoff, 2012	0,11	
<b>Aussaat</b>						
17.04.2012	Aussaat (UF-Düngung)	Kleintraktor: DF 404 - 29,41 KW	Drillmaschine (Weizen): 2BS 240 - 2,4 m	SW - 41080, 2012	300,00	2
				Harnstoff 46,4 % N, 2012	160,00	
				DAP 64% (18N, 46P), 2012	80,00	
				Kaliumoxid 50%, 2012	60,00	
<b>Pflanzenschutz</b>						
22.06.2012	Herbizid	Kleintraktor: DF182 - 14,7 KW	Anbauspritze: EB - 5,2 m	2,4-D, 2012	1,00	1
				Tribenuron- (Pointer), 2012	0,08	
08.06.2012	Herbizid	Kleintraktor: DF182 - 14,7 KW	Anbauspritze: EB - 5,2 m	Fenoxaprop (Puma), 2012	1,00	1
<b>Ernte</b>						
05.09.2012	Mähdrusch (Standwagen)	Drescher JD (C) 1048 – 85,0 KW	Schneidwerk: John Deere (C) - 3,66 m			1

## D.9.4 Schlagdatei Szenario 1 + 2: Sojabohnen 2010 - 2012

Tabelle 113: Schlagkartei Szenario 1 + 2: Sojabohnen – 2010 – Brigade 10

<b>Zusammenfassung Schlagkartei Szenario 1 + 2: Sojabohnen - 2010 - Schlag: Brigade 10 (Änderungen zu Versuchsauswertung sind grau markiert)</b>						
<b>Datum</b>	<b>Arbeitsverfahren</b>	<b>Zugmaschine</b>	<b>Arbeitsgerät</b>	<b>Betriebsmittel</b>	<b>Menge</b>	<b>AK</b>
<b>Produktionsverfahren: Demofarm</b>						
<b>Bodenbearbeitung</b>						
29.10.2009	Grundbodenbearbeitung	Traktor: Claas Axion 850 - 171KW	Grubber: Lemken Karat 9 / 5 KA - 5 m			1
20.04.2010	Saatbettbereitung	Traktor: Claas Axion 810 - 125 KW	Kurzscheibenegge: Lemken Rubin 9/5 - 5m			1
15.05.2010	Walzen (nach Saat)	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Walze: KTBL, Cambridgewalze - 12,25 m			1
<b>Düngung</b>						
20.06.2010	Flüssigdüngung	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Feldspritze: Lemken Primus 45/3 - 30 m	Harnstoff 46,4 % N, 2010	30,00	1
				YeBaiJin, 2010	0,04	
<b>Aussaat</b>						
15.05.2010	Aussaat (UF-Düngung)	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Drillmaschine: Monosem NG Plus 4 - 3,2m	Soja - 711, 2010	95,00	1
				NPK 18/27/10, 2010	15,00	
				Kaliumoxid 50%, 2010	60,00	
<b>Pflanzenschutz</b>						
07.06.2010	Herbizid	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Feldspritze: Lemken Primus 45/3 - 30 m	Fomesafen, 2010	1,50	1
				Clethodim, 2010	0,40	
<b>Ernte</b>						
07.10.2010	Mähdrusch (Standwagen)	Drescher: Class Lexion 570- 265KW	Schneidwerk: Claas S 750 (A) - 7,5 m			1
<b>Produktionsverfahren: Staatsfarm</b>						
<b>Bodenbearbeitung</b>						
29.10.2009	Grundbodenbearbeitung	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Scheibenegge 1 BZP - 3.0 3 m			1
20.04.2010	Saatbettbereitung	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Scheibenegge 1 BZP - 3.0 3 m			1
16.05.2010	Walzen (nach Saat)	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Walze: Baihua - 12,25 m			2
<b>Düngung</b>						
20.06.2010	Flüssigdüngung	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Anbauspritze: 3 WX 1000 - 18 m	Harnstoff 46,4 % N, 2010	30,00	1
				YeBaiJin, 2010	0,04	2
<b>Aussaat</b>						
15.05.2010	Aussaat (UF-Düngung)	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Drillmaschine: Baihua: 9R - 5,6 m	Soja - 711, 2010	95,00	3
				NPK 18/27/10, 2010	15,00	
				Kaliumoxid 50%, 2010	60,00	

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Fortsetzung von vorheriger Seite - Tabelle 113: Schlagkartei Szenario 1 + 2: Sojabohnen – 2010 – Brigade 10

Datum	Arbeitsverfahren	Zugmaschine	Arbeitsgerät	Betriebsmittel	Menge [kg/ha]	AK
<b>Pflanzenschutz</b>						
07.06.2010	Herbizid	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Anbauspritze: 3 WX 1000 - 18 m	Fomesafen, 2010	1,50	1
				Clethodim, 2010	0,40	
<b>Bestandspflege</b>						
10.06.2010	Hacken+Dammformung	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Hackmaschine, Baihua (EB) - 5 m			1
22.06.2010	Hacken+Dammformung	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Hackmaschine, Baihua (EB) - 5 m			1
<b>Ernte</b>						
07.10.2010	Mähdrusch (Standwagen)	Drescher: JD. (C) 1076 – 117,0 KW	Schneidwerk: John D. (C) 218 F - 4,57 m			1
<b>Produktionsverfahren: Haushalt</b>						
<b>Bodenbearbeitung</b>						
29.10.2009	Grundbodenbearbeitung	Traktor (Kette): YTO DFH - 820 KT	Scheibenegge: 1 BZP – 3,3 m			1
20.04.2010	Saatbettbereitung	Traktor (Kette): YTO DFH - 820 KT	Scheibenegge: 1 BZP – 3,3 m			1
02.05.2010	Dammformung Frühjahr	Kleintraktor: DF182 - 14,7 KW	Dammformer: EB 2R - 1,3 m			2
16.05.2010	Walzen (nach Saat)	Kleintraktor: DF182 - 14,7 KW	Walze: EB3x1,3 - 3,9 m			1
<b>Aussaat</b>						
15.05.2010	Aussaat (UF-Düngung)	Kleintraktor: DF 404 - 29,41 KW	Drillmaschine (Soja): 2 BJ - 2B - 1,3 m	Soja - 711, 2010	95,00	2
				NPK 18/27/10, 2010	15,00	
				Kaliumoxid 50%, 2010	60,00	
<b>Pflanzenschutz</b>						
07.06.2010	Herbizid	Kleintraktor: DF182 - 14,7 KW	Anbauspritze: EB - 5,2 m	Fomesafen, 2010 Haus	1,50	1
				Clethodim, 2010 Haus	0,40	2
<b>Bestandspflege</b>						
28.05.2010	Hacken+Dammformung	Kleintraktor: DF182 - 14,7 KW	Dammformer: EB 2R - 1,3 m			1
10.06.2010	Hacken+Dammformung	Kleintraktor: DF182 - 14,7 KW	Dammformer: EB 2R - 1,3 m			1
20.06.2010	Hacken+Dammformung	Kleintraktor: DF182 - 14,7 KW	Dammformer: EB 2R - 1,3 m			1
01.07.2010	Hacken+Dammformung	Kleintraktor: DF182 - 14,7 KW	Dammformer: EB 2R - 1,3 m			1
<b>Ernte</b>						
07.10.2010	Mähdrusch (Standwagen)	Drescher JD (C) 1048 – 85,0 KW	Schneidwerk: John Deere (C) - 3,66 m			1

Tabelle 114: Schlagkartei Szenario 1+2: Sojabohnen – 2011 – Brigade 5

<b>Zusammenfassung Schlagkartei Szenario 1+2: Sojabohnen - 2011 -Schlag: Brigade 5 (Änderungen zu Versuchsauswertung sind grau markiert)</b>						
Datum	Arbeitsverfahren	Zugmaschine	Arbeitsgerät	Betriebsmittel	Menge [kg/ha]	AK
<b>Produktionsverfahren: Demofarm</b>						
<b>Bodenbearbeitung</b>						
05.09.2010	Stoppelbearbeitung	Traktor: Claas Axion 810 - 125 KW	Kurzscheibenegge: Lemken Rubin 9/5 - 5m			1
01.10.2010	Grundbodenbearbeitung	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Grubber: Lemken Karat 9 / 5 KA - 5 m			1
<b>Düngung</b>						
	Grunddüngung	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Düngerstreuer: Rauch Axis 3.1 - 30 m	Brantkalk 85 %, 2010	0,00	1
28.06.2011	N-Düngung	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Feldspritze: Lemken Primus 45/3 - 30 m	Harnstoff 46,4 % N, 2011	15,00	1
				YeBaiYin, 2011	0,30	
				PK-Dünger, flüssig, 2011	0,00	
<b>Aussaat</b>						
08.05.2011	Aussaat (UF-Düngung)	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Drillmaschine: Monosem NG Plus 4 - 3,2 m	Soja - 1152, 2011	105,00	1
				NPK 15/30/10 Laden, 2011	130,00	
				Kaliumoxid 50 %, 2011	60,00	
<b>Pflanzenschutz</b>						
23.06.2011	Herbizid	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Feldspritze: Lemken Primus 45/3 - 30 m	Bentazon (Basagran), 2011	1,50	1
				Clethodim, 2011	0,30	
<b>Ernte</b>						
07.10.2010	Mähdrusch (Standwagen)	Drescher: Class Lexion 570- 265KW	Schneidwerk: Claas S 750 (A) - 7,5 m	0	0,00	1
<b>Produktionsverfahren: Staatsfarm</b>						
<b>Bodenbearbeitung</b>						
05.09.2010	Stoppelbearbeitung	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Scheibenegge 1 BZP - 3.0 3 m			1
02.10.2010	Grundbodenbearbeitung	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Scheibenegge 1 BZP - 3.0 3 m			1
26.10.2010	Dammformung Herbst	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Dammformer: 12Q 39 6 x 1,1m - 6,6 m			2
05.05.2011	Walzen (nach Saat)	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Walze: Baihua - 12,25 m			2
<b>Düngung</b>						
20.06.2011	Düngung	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Anbauspritze komplett WY 18 m	Harnstoff 46,4 % N, 2011	15,00	1
				YeBaiYin, 2011	0,30	

Fortsetzung auf der nächsten Seite

## Fortsetzung von vorheriger Seite - Tabelle 114: Schlagkartei Szenario 1+2: Sojabohnen – 2011 – Brigade 5

Datum	Arbeitsverfahren	Zugmaschine	Arbeitsgerät	Betriebsmittel	[kg/ha]	AK
<b>Aussaat</b>						
05.05.2011	Aussaat (UF-Düngung)	Traktor John Deere 7830 170 KW	Drillmaschine: Baihua 6 x 1,1m - 6,6 m	Soja - 1152, 2011	105,00	3
				NPK 15/30/10 Laden, 2011	130,00	
				Kaliumoxid 50 %, 2011	60,00	
<b>Pflanzenschutz</b>						
13.06.2011	Herbizid	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Anbauspritze komplett WY 18 m	Bentazon (Basagran), 2011	1,50	1
				Clethodim, 2011	0,30	
<b>Bestandspflege</b>						
10.06.2011	Hacken+Dammformung	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Hackmaschine, Baihua (EB) - 5 m			1
22.06.2011	Hacken+Dammformung	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Hackmaschine, Baihua (EB) - 5 m			1
<b>Ernte</b>						
07.10.2011	Mähdrusch (Standwagen)	Drescher: JD. (C) 1076 – 117,0 KW	Schneidwerk: John D. (C) 218 F - 4,57 m			1
<b>Produktionsverfahren: Haushalt</b>						
05.09.2010	Stoppelbearbeitung	Traktor (Kette): YTO DFH - 820 KT	Scheibenegge: 1 BZP – 3,3 m			1
05.09.2010	Grundbodenbearbeitung	Traktor (Kette): YTO DFH - 820 KT	Scheibenegge: 1 BZP – 3,3 m			1
15.10.2010	Dammformung Herbst	Kleintraktor: DF182 - 14,7 KW	Dammformer: EB 2R - 1,3 m			1
23.05.2011	Walzen (nach Saat)	Kleintraktor: DF182 - 14,7 KW	Walze: EB 3 x 1,3m - 3,9 m			1
<b>Düngung</b>						
23.06.2011	Düngung	Kleintraktor: DF182 - 14,7 KW	Anbauspritze: EB - 5,2 m	Harnstoff 46,4 % N, 2011	15,00	1
				YeBaiYin, 2011	0,30	
<b>Aussaat</b>						
08.05.2011	Aussaat (UF-Düngung)	Kleintraktor: DF 404 - 29,41 KW	Drillmaschine (Soja): 2 BJ - 2B - 1,3 m	Soja - 1152, 2011	105,00	2
				NPK 15/30/10 Laden, 2011	130,00	
				Kaliumoxid 50 %, 2011	60,00	
<b>Pflanzenschutz</b>						
20.06.2011	Herbizid	Kleintraktor: DF182 - 14,7 KW	Anbauspritze: EB - 5,2 m	Bentazon (Basagran), 2011	1,50	1
				Clethodim, 2011	0,30	
07.06.2011	Hacken+Dammformung	Kleintraktor: DF182 - 14,7 KW	Häufelpflug: EB - 1,3 m			1
28.06.2011	Hacken+Dammformung	Kleintraktor: DF182 - 14,7 KW	Häufelpflug: EB - 1,3 m			1
26.07.2011	Unkrautziehen von Hand	Arbeiter (Festangestellt)	Arbeiter (Festangestellt)			2
<b>Ernte</b>						
07.10.2011	Mähdrusch (Standwagen)	Drescher JD (C) 1048 – 85,0 KW	Schneidwerk: John Deere (C) - 3,66 m			1

Tabelle 115: Schlagkartei Szenario 1+2: Sojabohnen – 2012 – Brigade 10

<b>Zusammenfassung Schlagkartei: Szenario 1+2 Sojabohnen - 2012 - Schlag: Brigade 10 (Änderungen zu Versuchsauswertung sind grau markiert)</b>						
Datum	Arbeitsverfahren	Zugmaschine	Arbeitsgerät	Betriebsmittel	[kg/ha]	AK
<b>Produktionsverfahren: Demofarm</b>						
<b>Bodenbearbeitung</b>						
02.10.2011	Stoppelbearbeitung	Traktor: Claas Axion 810 - 125 KW	Kurzscheibenegge: Lemken Rubin 9/5 - 5m			1
16.10.2011	Saatbettbereitung	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Pflug: Lemken Europal 8 + Variopak -1,4m			1
19.04.2012	Walzen (nach Saat)	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Walze: KTBL, Cambridgewalze - 12,25 m			1
<b>Düngung</b>						
03.07.2012	Flüssigdüngung	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Feldspritze: Lemken Primus 45/3 - 30 m	Harnstoff 46,4 % N, 2012	20,00	1
				Mikronährstoff	0,11	
<b>Aussaat</b>						
17.04.2012	Aussaat (UF-Düngung)	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Drillmaschine: Monosem NG Plus 4 - 3,2 m	Soja -, 2011, 2012	100,00	1
				DAP 64% (18N, 46P), 2012	100,00	
				K2SO4 50%, 2012	200,00	
<b>Pflanzenschutz</b>						
22.06.2012	Herbizid	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Feldspritze: Lemken Primus 45/3 - 30 m	Bentazon (Basagran), 2011	2,25	1
				Fomesafen, 2012	1,50	
08.06.2012	Herbizid	Traktor: Claas Arion 630 - 110 KW	Feldspritze: Lemken Primus 45/3 - 30 m	Fluazifop- (Fusilade), 2012	1,50	1
<b>Ernte</b>						
05.09.2012	Mähdrusch (Standwagen)	Drescher: Class Lexion 570- 265KW	Schneidwerk: Claas S 750 (A) - 7,5 m			1
<b>Produktionsverfahren: Staatsfarm</b>						
12.08.2011	Stoppelbearbeitung	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Scheibenegge: 1 BZP – 3,3 m			1
12.08.2011	Saatbettbereitung	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Pflug 1 LQS 435 1,4 m			1
25.09.2011	Dammformung Herbst	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Dammformer: 12Q 39 6 x 1,1m - 6,6 m			1
12.05.2012	Walzen (nach Saat)	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Walze: Baihua - 12,25 m			2
<b>Düngung</b>						
03.07.2012	Flüssigdüngung	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Anbauspritze: 3 WX 1000 - 18 m	Harnstoff 46,4 % N, 2012	20,00	1
				Mikronährstoff (Weizen)	0,11	
<b>Aussaat</b>						
09.05.2012	Aussaat (UF-Düngung)	Traktor: John Deere 7830 - 170 KW	Drillmaschine: Baihua 6 x 1,1m - 6,6 m	Soja - 2011, 2012	100,00	3
				DAP 64% (18N, 46P), 2012	100,00	
				K2SO4 50%, 2012	200,00	

Fortsetzung auf der nächsten Seite

## Fortsetzung von vorheriger Seite - Tabelle 115: Schlagkartei Szenario 1+2: Sojabohnen – 2012 – Brigade 10

Datum	Arbeitsverfahren	Zugmaschine	Arbeitsgerät	Betriebsmittel	Menge [kg/ha]	AK
<b>Pflanzenschutz</b>						
15.06.2012	Herbizid	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Anbauspritze: 3 WX 1000 - 18 m	Bentazon (Basagran), 2012	2,25	1
				Fomesafen, 2012	1,50	
21.06.2012	Herbizid	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Anbauspritze: 3 WX 1000 - 18 m	Fluazifop- (Fusilade), 2012	1,50	1
<b>Bestandspflege</b>						
22.06.2010	Hacken+Dammformung	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Hackmaschine, Baihua (EB) - 5 m			1
<b>Ernte</b>						
28.09.2012	Mähdrusch (Standwagen)	Drescher: JD. (C) 1076 – 117,0 KW	Schneidwerk: John D. (C) 218 F - 4,57 m			1
<b>Produktionsverfahren: Haushalt</b>						
<b>Bodenbearbeitung</b>						
12.08.2011	Stoppelbearbeitung	Traktor (Kette): YTO DFH - 820 KT - 58,8 KW	Scheibenegge: 1 BZP – 3,3 m			1
15.09.2011	Saatbettbereitung	Traktor (Kette): YTO DFH - 820 KT	Pflug 1 LQS 435 1,4 m			1
21.10.2011	Dammformung Herbst	Kleintraktor: DF182 - 14,7 KW	Dammformer: EB 2R - 1,3 m			1
09.05.2012	Walzen (nach Saat)	Kleintraktor: DF182 - 14,7 KW	Walze: EB3x1,3 - 3,9 m			1
<b>Düngung</b>						
03.07.2012	Flüssigdüngung	Kleintraktor: DF182 - 14,7 KW	Anbauspritze: EB - 5,2 m	Harnstoff 46,4 % N, 2012	20,00	1
				Mikronährstoff (Weizen)	0,11	
<b>Aussaat</b>						
09.05.2012	Aussaat (UF-Düngung)	Kleintraktor: DF 404 - 29,41 KW	Drillmaschine (Soja): 2 BJ - 2B - 1,3 m	Soja -, 2011, 2012	100,00	2
				DAP 64% (18N, 46P), 2012	100,00	
				K2SO4 50%, 2012	200,00	
<b>Pflanzenschutz</b>						
15.06.2012	Herbizid	Kleintraktor: DF182 - 14,7 KW	Anbauspritze: EB - 5,2 m	Bentazon (Basagran), 2012	2,25	1
				Fomesafen, 2012	1,50	
15.06.2012	Herbizid	Kleintraktor: DF182 - 14,7 KW	Anbauspritze: EB - 5,2 m	Fluazifop- (Fusilade), 2012	1,50	1
<b>Bestandspflege</b>						
07.06.2012	Hacken+Dammformung	Kleintraktor: DF182 - 14,7 KW	Häufelpflug: EB - 1,3 m			1
28.06.2012	Hacken+Dammformung	Kleintraktor: DF182 - 14,7 KW	Häufelpflug: EB - 1,3 m			1
<b>Ernte</b>						
07.10.2012	Mähdrusch (Standwagen)	Drescher JD (C) 1048 – 85,0 KW	Schneidwerk: John Deere (C) - 3,66 m			1

## D.9.5 Schlagdatei Versuchsauswertung: Teilarbeiten (Lade- und Transportarbeiten)

Tabelle 116: Schlagkartei: Lade- und Transportarbeiten – Teilarbeiten

<b>Produktionsverfahren: Demofarm</b>	<b>Zugmaschine</b>	<b>Arbeitsgerät</b>	<b>AK</b>
<b>Hilfsarbeiten – Festguttransport + Ladearbeiten (Versuchsauswertung – z. B. Düngung, Aussaat, Pflanzenschutz)</b>			
Beladen Sackware - 50 kg - absetzig	Arbeiter (Hilfskraft)	Handarbeit	3
Transport Sackware - 50 kg	LKW Foton Forland - 200 KW	LKW-Pritsche Foton - 12 t	3
Umschlag/Befüllen Sackware - 50 kg - absetzig	Arbeiter (Hilfskraft)	Handarbeit	3
<b>Hilfsarbeiten – Wassertransport + Ladearbeiten (Versuchsauswertung – z. B. Düngung, Aussaat, Pflanzenschutz)</b>			
Beladen - Flüssigkeiten	Wasserpumpe - 3,67 KW	Handarbeit	2
Transport - Flüssigkeiten	Traktor: Claas Axion 810 - 125 KW	Wasserfass: EB5000 - 5000 l	2
Umschlag/Befüllen - Flüssigkeiten	Wasserpumpe - 3,67 KW	Handarbeit	2
<b>Hilfsarbeiten - Festguttransport (Maschineninvestition - Szenario 1 + 2)</b>			
Beladen Schüttgut - absetzig	Teleskoplader KTBL - 80KW	Mineraldüngerschaukel KTBL - 1,2 m <sup>3</sup>	1
Transport Schüttgut	Traktor: Claas Axion 810 - 125 KW	Hänger mit Überladeschnecke, KTBL	1
Umschlag/Befüllen Schüttgut kontinuierlich	Traktor: Claas Axion 810 - 125 KW	Hänger mit Überladeschnecke, KTBL	1
<b>Hilfsarbeiten - Wassertransport (Maschineninvestition - Szenario 1 + 2)</b>			
Beladen - Flüssigkeiten	Wasserpumpe - 3,67 KW	Handarbeit	1
Transport - Flüssigkeiten	Traktor: Claas Axion 810 - 125 KW	Vakuumtankwagen KTBL - 30m <sup>3</sup>	1
Umschlag/Befüllen - Flüssigkeiten	Wasserpumpe - 3,67 KW	Handarbeit	1
<b>Produktionsverfahren: Staatsfarm</b>	<b>Zugmaschine</b>	<b>Arbeitsgerät</b>	<b>AK</b>
<b>Hilfsarbeiten – Festguttransport + Ladearbeiten (Versuchsauswertung und Szenario 1+2 – z. B. Düngung, Aussaat, Pflanzenschutz)</b>			
Beladen Sackware - 50 kg - absetzig	Arbeiter (Hilfskraft)	Handarbeit	3
Transport Sackware - 50 kg	LKW Foton Forland - 200 KW	LKW-Pritsche Foton - 12 t	3
Umschlag/Befüllen Sackware - 50 kg - absetzig	Arbeiter (Hilfskraft)	Handarbeit	3
<b>Hilfsarbeiten – Wassertransport + Ladearbeiten (Versuchsauswertung und Szenario 1+2 – z. B. Düngung, Pflanzenschutz)</b>			
Beladen - Flüssigkeiten	Wasserpumpe - 3,67 KW	Handarbeit	2
Transport - Flüssigkeiten	Traktor: KAT 1304 - 93 KW	Wasserfass: EB5000 - 5000 l	2
Umschlag/Befüllen - Flüssigkeiten	Wasserpumpe - 3,67 KW	Handarbeit	2
<b>Produktionsverfahren: Haushalt</b>	<b>Zugmaschine</b>	<b>Arbeitsgerät</b>	<b>AK</b>
<b>Hilfsarbeiten – Festguttransport + Ladearbeiten (Versuchsauswertung und Szenario 1+2 – z. B. Düngung, Aussaat, Pflanzenschutz)</b>			
Beladen Sackware - 50 kg - absetzig	Arbeiter (Hilfskraft)	Handarbeit	3
Transport Sackware - 50 kg	LKW Foton Forland - 200 KW	LKW-Pritsche Foton - 12 t	3
Umschlag/Befüllen Sackware - 50 kg - absetzig	Arbeiter (Hilfskraft)	Handarbeit	3
<b>Hilfsarbeiten – Wassertransport + Ladearbeiten (Versuchsauswertung und Szenario 1+2 – z. B. Düngung, Pflanzenschutz)</b>			
Beladen - Flüssigkeiten	Arbeiter (Hilfskraft)	Handarbeit	2
Transport - Flüssigkeiten	Kleintraktor: DF182 - 14,7 KW	Wasserfass auf Hänger 1,5 t	2
Umschlag/Befüllen - Flüssigkeiten	Arbeiter (Hilfskraft)	Handarbeit	2

## D.10.1 Versuchsauswertung: ökonomische Ergebnisse der Produktionsverfahren

Tabelle 117: Versuchsauswertung OFE - Produktionsverfahrens Sommerweizen

Versuchsauswertung OFE - Ergebnisse des Produktionsverfahrens Sommerweizen (2010 - 2012) in [RMB/ha]									
Jahr / Schlag	2010 - Brig 5			2011 - Brig 10			2012 - Brig 5		
Variante [RMB/ha]	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt
Ertrag (geostatistische Auswertung) [kg/ha]	2.707,00	2.527,00	3.316,00	4.776,00	4.364,00	3.734,00	4.088,00	4.078,00	4.182,00
Marktpreis [RMB/kg]	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	2,00	2,00	2,00
<b>Leistung (ohne Subvention)</b>	<b>4.872,60</b>	<b>4.548,60</b>	<b>5.968,80</b>	<b>8.596,80</b>	<b>7.855,20</b>	<b>6.721,20</b>	<b>8.176,00</b>	<b>8.156,00</b>	<b>8.364,00</b>
Saatgut	918,00	1.053,00	911,25	884,00	1.020,00	918,00	625,00	937,50	937,50
Dünger	1.891,50	1.045,50	858,00	2.392,00	1.311,00	1.298,25	3.696,35	1.193,20	1.193,20
PSM	188,25	89,25	46,05	161,90	198,50	183,15	121,40	147,30	147,30
Wasser/sonstige	7,70	3,90	1,95	5,50	6,65	8,25	8,25	6,65	5,85
Zinsansatz	30,05	21,92	18,17	34,43	25,36	24,08	44,51	22,85	22,84
Direktkosten	3.035,50	2.213,57	1.835,42	3.477,83	2.561,51	2.431,73	4.495,51	2.307,50	2.306,69
<b>Direktkostenfreie Leistung</b>	<b>1.837,10</b>	<b>2.335,03</b>	<b>4.133,38</b>	<b>5.118,97</b>	<b>5.293,69</b>	<b>4.289,47</b>	<b>3.680,49</b>	<b>5.848,50</b>	<b>6.057,31</b>
Reparaturkostenansatz	274,34	260,46	210,23	285,85	287,05	236,64	280,62	239,78	207,86
Dieselmkosten	311,57	310,52	281,70	450,90	462,92	418,71	457,30	402,90	398,17
variable Maschinenkosten	585,91	570,99	491,94	736,75	749,96	655,35	737,92	642,68	606,03
Lohnkosten	71,28	90,42	113,69	104,71	127,89	154,80	95,18	98,66	132,54
Zinskosten für Arbeitserledigung	5,86	5,71	4,92	7,37	7,50	6,55	7,38	6,43	6,06
fixe Maschinenkosten	1.132,50	778,09	706,17	1.046,25	631,78	580,25	1.110,11	608,72	571,71
Arbeitserledigungskosten	1.795,55	1.445,21	1.316,72	1.895,07	1.517,13	1.396,96	1.950,59	1.356,49	1.316,34
Direkt- und Arbeitserledigungskosten	4.831,06	3.658,78	3.152,15	5.372,90	4.078,64	3.828,68	6.446,10	3.663,99	3.623,03
<b>Direkt- und Arbeitserl.-kostenfreie Leistung</b>	<b>41,54</b>	<b>889,82</b>	<b>2.816,65</b>	<b>3.223,90</b>	<b>3.776,56</b>	<b>2.892,52</b>	<b>1.729,90</b>	<b>4.492,01</b>	<b>4.740,97</b>
Pacht	2.295,00	2.295,00	2.295,00	2.295,00	2.295,00	2.295,00	2.550,00	2.550,00	2.550,00
Reinigung	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00
Trocknung	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00
Lagerung	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Düngermischen	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50
Hagelversicherung	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00
<b>Einzelkostenfreie Leistung</b>	<b>-2.515,96</b>	<b>-1.667,68</b>	<b>259,15</b>	<b>666,40</b>	<b>1.219,06</b>	<b>335,02</b>	<b>-1.082,60</b>	<b>1.679,51</b>	<b>1.928,47</b>
Leitung und Verwaltung (Anteil an Lohnkosten)	35,64	45,21	56,85	52,35	63,94	77,40	47,59	49,33	66,27
sonst allg. Betriebsaufwand	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
<b>Kalkulat. Gewinnbeitrag (- Pacht)</b>	<b>-2.581,60</b>	<b>-1.742,88</b>	<b>172,31</b>	<b>584,04</b>	<b>1.125,12</b>	<b>227,61</b>	<b>-1.160,18</b>	<b>1.600,19</b>	<b>1.832,20</b>
<b>Kalk. Gewinnbeitrag (- Pacht; + Subvention)</b>	<b>-2.026,60</b>	<b>-1.187,88</b>	<b>727,31</b>	<b>1.139,04</b>	<b>1.680,12</b>	<b>782,61</b>	<b>-605,18</b>	<b>2.155,19</b>	<b>2.387,20</b>
<b>Kalkulat. Gewinnbeitrag (+ Subvention)</b>	<b>268,40</b>	<b>1.107,12</b>	<b>3.022,31</b>	<b>3.434,04</b>	<b>3.975,12</b>	<b>3.077,61</b>	<b>1.944,82</b>	<b>4.705,19</b>	<b>4.937,20</b>

Tabelle 118: Versuchsauswertung OFE - Produktionsverfahrens Sojabohnen

Versuchsauswertung OFE - Ergebnisse des Produktionsverfahrens Sojabohnen (2010 - 2012) in RMB/ha									
Jahr / Schlag	2010 - Brig 10			2011 - Brig 5			2012 - Brig 10		
Variante [RMB/ha]	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt
Ertrag (geostatistische Auswertung) [kg/ha]	1.848,00	1.976,00	2.360,00	2.835,00	2.900,00	2.772,00	1.974,00	1.638,00	1.616,00
Marktpreis [RMB/kg]	3,60	3,60	3,60	3,60	3,60	3,60	4,51	4,51	4,51
<b>Leistung (ohne Subvention)</b>	<b>6.652,80</b>	<b>7.113,60</b>	<b>8.496,00</b>	<b>10.206,00</b>	<b>10.440,00</b>	<b>9.979,20</b>	<b>8.902,74</b>	<b>7.387,38</b>	<b>7.288,16</b>
Saatgut	345,00	414,00	448,50	483,00	483,00	448,50	545,00	545,00	487,50
Dünger	1.261,20	575,70	600,00	2.339,50	822,00	738,00	2.564,63	932,20	894,40
PSM	473,80	95,80	154,88	392,00	123,75	220,91	317,70	317,70	253,95
Wasser/sonstige	8,25	3,90	1,95	5,50	3,90	3,90	7,75	6,65	3,90
Zinsansatz	20,88	10,89	12,05	32,20	14,33	14,11	34,35	18,02	16,40
Direktkosten	2.109,13	1.100,29	1.217,38	3.252,20	1.446,98	1.425,43	3.469,43	1.819,57	1.656,15
<b>Direktkostenfreie Leistung</b>	<b>4.543,67</b>	<b>6.013,31</b>	<b>7.278,62</b>	<b>6.953,80</b>	<b>8.993,02</b>	<b>8.553,77</b>	<b>5.433,31</b>	<b>5.567,81</b>	<b>5.632,01</b>
Reparaturkostenansatz	279,60	299,44	318,38	333,68	362,19	233,99	389,08	315,13	352,44
Dieselskosten	298,84	327,82	396,28	462,79	548,99	422,74	561,96	500,37	621,69
variable Maschinenkosten	578,43	627,26	714,66	796,47	911,18	656,73	951,04	815,50	974,13
Lohnkosten	74,41	186,40	318,22	92,62	128,75	259,44	119,07	126,15	248,55
Zinskosten für Arbeiterledigung	5,78	6,27	7,15	7,96	9,11	6,57	9,51	8,16	9,74
fixe Maschinenkosten	1.067,30	1.010,69	734,97	1.150,62	1.167,26	591,85	1.254,02	975,04	748,58
Arbeiterledigungskosten	1.725,93	1.830,62	1.775,00	2.047,67	2.216,30	1.514,60	2.333,64	1.924,85	1.981,00
Direkt- und Arbeiterledigungskosten	3.835,06	2.930,92	2.992,38	5.299,87	3.663,28	2.940,02	5.803,07	3.744,42	3.637,15
<b>Direkt- und Arbeiterl.-kostenfreie Leistung</b>	<b>2.817,74</b>	<b>4.182,68</b>	<b>5.503,62</b>	<b>4.906,13</b>	<b>6.776,72</b>	<b>7.039,17</b>	<b>3.099,67</b>	<b>3.642,96</b>	<b>3.651,01</b>
Pacht	2.430,00	2.430,00	2.430,00	2.430,00	2.430,00	2.430,00	3.042,90	3.042,90	3.042,90
Reinigung	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00
Trocknung	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lagerung	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Düngermischen	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50
Hagelversicherung	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00
<b>Einzelkostenfreie Leistung</b>	<b>215,24</b>	<b>1.580,18</b>	<b>2.901,12</b>	<b>2.303,63</b>	<b>4.174,22</b>	<b>4.436,67</b>	<b>-115,73</b>	<b>427,56</b>	<b>435,61</b>
Leitung und Verwaltung (Anteil an Lohnkost.)	37,21	93,20	159,11	46,31	64,37	129,72	59,54	63,08	124,27
sonst allg. Betriebsaufwand	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
<b>Kalkulat. Gewinnbeitrag (- Pacht)</b>	<b>58,03</b>	<b>1.366,98</b>	<b>2.622,02</b>	<b>2.137,32</b>	<b>3.989,85</b>	<b>4.186,95</b>	<b>-295,27</b>	<b>244,48</b>	<b>191,34</b>
<b>Kalk. Gewinnbeitrag (-Pacht; +Subvention)</b>	<b>733,03</b>	<b>2.041,98</b>	<b>3.297,02</b>	<b>2.812,32</b>	<b>4.664,85</b>	<b>4.861,95</b>	<b>379,73</b>	<b>919,48</b>	<b>866,34</b>
<b>Kalkulat. Gewinnbeitrag (+ Subvention)</b>	<b>3.163,03</b>	<b>4.471,98</b>	<b>5.727,02</b>	<b>5.242,32</b>	<b>7.094,85</b>	<b>7.291,95</b>	<b>3.422,63</b>	<b>3.962,38</b>	<b>3.909,24</b>

## D.10.2 Szenario 1: ökonomische Ergebnisse der Produktionsverfahren

Tabelle 119: Szenario 1 - Ergebnisse der Produktionsverfahren Sommerweizen

Szenario 1 - Ergebnisse der Produktionsverfahren Sommerweizen (2010 - 2012) in RMB/ha									
Jahr / Schlag	2010 - Brig 5			2011 - Brig 10			2012 - Brig 5		
Variante [RMB/ha]	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt
Ertrag (nach geostatistischer Auswertung) [kg/ha]	2.707,00	2.527,00	3.316,00	4.776,00	4.364,00	3.734,00	4.088,00	4.078,00	4.182,00
Marktpreis [RMB/kg]	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	2,00	2,00	2,00
<b>Leistung (ohne Subvention)</b>	<b>4.872,60</b>	<b>4.548,60</b>	<b>5.968,80</b>	<b>8.596,80</b>	<b>7.855,20</b>	<b>6.721,20</b>	<b>8.176,00</b>	<b>8.156,00</b>	<b>8.364,00</b>
Saatgut	918,00	918,00	918,00	884,00	884,00	884,00	625,00	625,00	625,00
Dünger	833,70	833,70	833,70	938,00	938,00	938,00	1.008,20	1.008,20	1.008,20
PSM	89,25	89,25	89,25	161,90	161,90	161,90	121,40	121,40	121,40
Wasser/sonstige	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	8,25	8,25	8,25
Zinsansatz	18,46	18,46	18,46	19,89	19,89	19,89	17,63	17,63	17,63
Direktkosten	1.864,91	1.864,91	1.864,91	2.009,29	2.009,29	2.009,29	1.780,48	1.780,48	1.780,48
<b>Direktkostenfreie Leistung</b>	<b>3.007,69</b>	<b>2.683,69</b>	<b>4.103,89</b>	<b>6.587,51</b>	<b>5.845,91</b>	<b>4.711,91</b>	<b>6.395,52</b>	<b>6.375,52</b>	<b>6.583,52</b>
Reparaturkostenansatz	264,07	284,44	244,61	277,51	310,52	244,09	270,69	265,02	234,59
Dieselmkosten	298,86	324,60	334,66	425,80	495,71	464,64	434,74	420,71	474,28
variable Maschinenkosten	562,92	609,04	579,27	703,31	806,23	708,73	705,43	685,73	708,86
Lohnkosten	46,23	105,14	218,34	68,58	128,87	246,50	59,39	119,07	256,52
Zinskosten für Arbeitserledigung	5,63	6,09	5,79	7,03	8,06	7,09	7,05	6,86	7,09
fixe Maschinenkosten	1.110,66	523,63	323,39	1.082,87	507,03	323,40	1.115,46	485,25	294,48
Arbeitserledigungskosten	1.725,44	1.243,90	1.126,80	1.861,79	1.450,18	1.285,71	1.887,33	1.296,91	1.266,95
Direkt- und Arbeitserledigungskosten	3.590,35	3.108,82	2.991,72	3.871,08	3.459,48	3.295,00	3.667,81	3.077,39	3.047,43
<b>Direkt- und Arbeitserl.-kostenfreie Leistung</b>	<b>1.282,25</b>	<b>1.439,78</b>	<b>2.977,08</b>	<b>4.725,72</b>	<b>4.395,72</b>	<b>3.426,20</b>	<b>4.508,19</b>	<b>5.078,61</b>	<b>5.316,57</b>
Pacht	2.295,00	2.295,00	2.295,00	2.295,00	2.295,00	2.295,00	2.550,00	2.550,00	2.550,00
Reinigung	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00
Trocknung	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00
Lagerung	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Düngermischen	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50
Hagelversicherung	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00
<b>Einzelkostenfreie Leistung</b>	<b>-1.275,25</b>	<b>-1.117,72</b>	<b>419,58</b>	<b>2.168,22</b>	<b>1.838,22</b>	<b>868,70</b>	<b>1.695,69</b>	<b>2.266,11</b>	<b>2.504,07</b>
Leitung und Verwaltung (Anteil an Lohnkosten)	23,11	52,57	109,17	34,29	64,43	123,25	29,70	59,54	128,26
sonst allg. Betriebsaufwand	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
<b>Kalkulat. Gewinnbeitrag (- Pacht)</b>	<b>-1.328,37</b>	<b>-1.200,29</b>	<b>280,41</b>	<b>2.103,93</b>	<b>1.743,79</b>	<b>715,45</b>	<b>1.635,99</b>	<b>2.176,58</b>	<b>2.345,81</b>
<b>Kalk. Gewinnbeitrag (- Pacht; + Subvention)</b>	<b>-773,37</b>	<b>-645,29</b>	<b>835,41</b>	<b>2.658,93</b>	<b>2.298,79</b>	<b>1.270,45</b>	<b>2.190,99</b>	<b>2.731,58</b>	<b>2.900,81</b>
<b>Kalkulat. Gewinnbeitrag (+ Subvention)</b>	<b>1.521,63</b>	<b>1.649,71</b>	<b>3.130,41</b>	<b>4.953,93</b>	<b>4.593,79</b>	<b>3.565,45</b>	<b>4.740,99</b>	<b>5.281,58</b>	<b>5.450,81</b>

Tabelle 120: Szenario 1 - Ergebnisse der Produktionsverfahren Sojabohnen

Szenario 1 - Ergebnisse des Produktionsverfahrens Sojabohnen (2010 - 2012) in RMB/ha									
Jahr / Schlag	2010 - Brig 10			2011 - Brig 5			2012 - Brig 10		
Variante [RMB/ha]	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt
Ertrag (geostatistische Auswertung) [kg/ha]	1.848,00	1.976,00	2.360,00	2.835,00	2.900,00	2.772,00	1.974,00	1.638,00	1.616,00
Marktpreis [RMB/kg]	3,60	3,60	3,60	3,60	3,60	3,60	4,51	4,51	4,51
<b>Leistung (ohne Subvention)</b>	<b>6.652,80</b>	<b>7.113,60</b>	<b>8.496,00</b>	<b>10.206,00</b>	<b>10.440,00</b>	<b>9.979,20</b>	<b>8.902,74</b>	<b>7.387,38</b>	<b>7.288,16</b>
Saatgut	437,00	437,00	437,00	483,00	483,00	483,00	545,00	545,00	545,00
Dünger	286,20	286,20	286,20	727,20	727,20	727,20	808,00	808,00	808,00
PSM	95,80	95,80	95,80	123,75	123,75	123,75	317,70	317,70	317,70
Wasser/sonstige	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	8,25	8,25	8,25
Zinsansatz	8,25	8,25	8,25	13,39	13,39	13,39	16,79	16,79	16,79
Direktkosten	832,75	832,75	832,75	1.352,84	1.352,84	1.352,84	1.695,74	1.695,74	1.695,74
<b>Direktkostenfreie Leistung</b>	<b>5.820,06</b>	<b>6.280,86</b>	<b>7.663,26</b>	<b>8.853,16</b>	<b>9.087,16</b>	<b>8.626,36</b>	<b>7.207,00</b>	<b>5.691,64</b>	<b>5.592,42</b>
Reparaturkostenansatz	270,46	315,26	344,58	317,20	336,07	297,21	380,60	335,50	313,69
Dieselskosten	284,82	339,08	456,87	438,76	526,19	537,38	540,04	541,02	563,87
variable Maschinenkosten	555,28	654,34	801,45	755,96	862,26	834,59	920,64	876,52	877,55
Lohnkosten	51,56	198,92	395,83	62,69	133,30	335,90	86,71	143,04	324,99
Zinskosten für Arbeits erledigung	5,55	6,54	8,01	7,56	8,62	8,35	9,21	8,77	8,78
fixe Maschinenkosten	1.056,91	702,28	320,63	1.136,94	837,60	308,14	1.267,01	702,20	335,09
Arbeits erledigungskosten	1.669,29	1.562,08	1.525,93	1.963,15	1.841,78	1.486,98	2.283,56	1.730,53	1.546,41
Direkt- und Arbeits erledigungskosten	2.502,04	2.394,83	2.358,68	3.315,99	3.194,63	2.839,82	3.979,30	3.426,27	3.242,15
<b>Direkt- und Arbeitsl.-kostenfreie Leistung</b>	<b>4.150,76</b>	<b>4.718,77</b>	<b>6.137,32</b>	<b>6.890,01</b>	<b>7.245,38</b>	<b>7.139,38</b>	<b>4.923,44</b>	<b>3.961,11</b>	<b>4.046,01</b>
Pacht	2.430,00	2.430,00	2.430,00	2.430,00	2.430,00	2.430,00	3.042,90	3.042,90	3.042,90
Reinigung	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00
Trocknung	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lagerung	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Düngermischen	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50
Hagelversicherung	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00
<b>Einzelkostenfreie Leistung</b>	<b>1.548,26</b>	<b>2.116,27</b>	<b>3.534,82</b>	<b>4.287,51</b>	<b>4.642,88</b>	<b>4.536,88</b>	<b>1.708,04</b>	<b>745,71</b>	<b>830,61</b>
Leitung und Verwaltung (Anteil an Lohnkost.)	25,78	99,46	197,92	31,34	66,65	167,95	43,35	71,52	162,50
sonst allg. Betriebsaufwand	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
<b>Kalkulat. Gewinnbeitrag (- Pacht)</b>	<b>1.402,48</b>	<b>1.896,82</b>	<b>3.216,91</b>	<b>4.136,17</b>	<b>4.456,23</b>	<b>4.248,93</b>	<b>1.544,69</b>	<b>554,19</b>	<b>548,11</b>
<b>Kalk. Gewinnbeitrag (-Pacht; +Subvention)</b>	<b>2.077,48</b>	<b>2.571,82</b>	<b>3.891,91</b>	<b>4.811,17</b>	<b>5.131,23</b>	<b>4.923,93</b>	<b>2.219,69</b>	<b>1.229,19</b>	<b>1.223,11</b>
<b>Kalkulat. Gewinnbeitrag (+ Subvention)</b>	<b>4.507,48</b>	<b>5.001,82</b>	<b>6.321,91</b>	<b>7.241,17</b>	<b>7.561,23</b>	<b>7.353,93</b>	<b>5.262,59</b>	<b>4.272,09</b>	<b>4.266,01</b>

### D.10.3 Szenario 2: ökonomische Ergebnisse der Produktionsverfahren

Tabelle 121: Szenario 2 - Ergebnisse des Produktionsverfahrens Sommerweizen

Szenario 2 - Ergebnisse des Produktionsverfahrens Sommerweizen (2010 - 2012) in RMB/ha									
Jahr / Schlag	2010 – 40 ha			2011 – 40 ha			2012 – 40 ha		
Variante [RMB/ha]	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt
Ertrag (nach geostatistischer Auswertung) [kg/ha]	4.800,00	4.800,00	4.800,00	4.800,00	4.800,00	4.800,00	4.800,00	4.800,00	4.800,00
Marktpreis [RMB/kg]	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	2,00	2,00	2,00
<b>Leistung (ohne Subvention)</b>	<b>8.640,00</b>	<b>8.640,00</b>	<b>8.640,00</b>	<b>8.640,00</b>	<b>8.640,00</b>	<b>8.640,00</b>	<b>9.600,00</b>	<b>9.600,00</b>	<b>9.600,00</b>
Saatgut	1.101,60	1.101,60	1.101,60	1.060,80	1.060,80	1.060,80	750,00	750,00	750,00
Dünger	1.000,44	1.000,44	1.000,44	1.125,60	1.125,60	1.125,60	1.209,84	1.209,84	1.209,84
PSM	107,10	107,10	107,10	194,28	194,28	194,28	145,68	145,68	145,68
Wasser/sonstige	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60	9,90	9,90	9,90
Zinsansatz	22,16	22,16	22,16	23,87	23,87	23,87	21,15	21,15	21,15
Direktkosten	2.237,90	2.237,90	2.237,90	2.411,15	2.411,15	2.411,15	2.136,57	2.136,57	2.136,57
<b>Direktkostenfreie Leistung</b>	<b>6.402,10</b>	<b>6.402,10</b>	<b>6.402,10</b>	<b>6.228,85</b>	<b>6.228,85</b>	<b>6.228,85</b>	<b>7.463,43</b>	<b>7.463,43</b>	<b>7.463,43</b>
Reparaturkostenansatz	173,75	202,84	198,91	161,75	217,57	196,23	174,49	191,66	195,19
Dieselskosten	394,93	452,19	548,59	514,86	678,55	757,84	564,20	600,85	796,05
variable Maschinenkosten	568,68	655,03	747,50	676,61	896,12	954,06	738,69	792,51	991,25
Lohnkosten	62,44	178,04	488,73	76,41	210,42	556,90	77,28	209,75	596,66
Zinskosten für Arbeitserledigung	5,69	6,55	7,48	6,77	8,96	9,54	7,39	7,93	9,91
fixe Maschinenkosten	703,61	465,55	318,85	623,08	464,58	308,00	701,77	439,34	292,98
Arbeitserledigungskosten	1.340,42	1.305,17	1.562,56	1.382,87	1.580,08	1.828,51	1.525,12	1.449,52	1.890,81
Direkt- und Arbeitserledigungskosten	3.578,32	3.543,07	3.800,45	3.794,03	3.991,23	4.239,66	3.661,70	3.586,09	4.027,38
<b>Direkt- und Arbeitserl.-kostenfreie Leistung</b>	<b>5.061,68</b>	<b>5.096,93</b>	<b>4.839,55</b>	<b>4.845,97</b>	<b>4.648,77</b>	<b>4.400,34</b>	<b>5.938,30</b>	<b>6.013,91</b>	<b>5.572,62</b>
Pacht	2.295,00	2.295,00	2.295,00	2.295,00	2.295,00	2.295,00	2.550,00	2.550,00	2.550,00
Reinigung	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00
Trocknung	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00
Lagerung	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Düngermischen	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50
Hagelversicherung	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00
<b>Einzelkostenfreie Leistung</b>	<b>2.504,18</b>	<b>2.539,43</b>	<b>2.282,05</b>	<b>2.288,47</b>	<b>2.091,27</b>	<b>1.842,84</b>	<b>3.125,80</b>	<b>3.201,41</b>	<b>2.760,12</b>
Leitung und Verwaltung (Anteil an Lohnkosten)	31,22	89,02	244,36	38,21	105,21	278,45	38,64	104,87	298,33
sonst allg. Betriebsaufwand	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
<b>Kalkulat. Gewinnbeitrag (- Pacht)</b>	<b>2.442,96</b>	<b>2.420,41</b>	<b>2.007,68</b>	<b>2.220,27</b>	<b>1.956,05</b>	<b>1.534,39</b>	<b>3.057,16</b>	<b>3.066,53</b>	<b>2.431,79</b>
<b>Kalk. Gewinnbeitrag (- Pacht; + Subvention)</b>	<b>2.997,96</b>	<b>2.975,41</b>	<b>2.562,68</b>	<b>2.775,27</b>	<b>2.511,05</b>	<b>2.089,39</b>	<b>3.612,16</b>	<b>3.621,53</b>	<b>2.986,79</b>
<b>Kalkulat. Gewinnbeitrag (+ Subvention)</b>	<b>5.292,96</b>	<b>5.270,41</b>	<b>4.857,68</b>	<b>5.070,27</b>	<b>4.806,05</b>	<b>4.384,39</b>	<b>6.162,16</b>	<b>6.171,53</b>	<b>5.536,79</b>

Tabelle 122: Szenario 2 - Ergebnisse des Produktionsverfahrens Sojabohnen

Szenario 2 - Ergebnisse des Produktionsverfahrens Sojabohnen (2010 - 2012) in RMB/ha									
Jahr / Schlag	2010 – 40 ha			2011 – 40 ha			2012 – 40 ha		
Variante [RMB/ha]	Demofarm	Staatsfrm	Haushalt	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt
Ertrag (nach geostatistischer Auswertung) [kg/ha]	2.700,00	2.700,00	2.700,00	2.700,00	2.700,00	2.700,00	2.700,00	2.700,00	2.700,00
Marktpreis [RMB/kg]	3,60	3,60	3,60	3,60	3,60	3,60	4,51	4,51	4,51
<b>Leistung (ohne Subvention)</b>	<b>9.720,00</b>	<b>9.720,00</b>	<b>9.720,00</b>	<b>9.720,00</b>	<b>9.720,00</b>	<b>9.720,00</b>	<b>12.171,60</b>	<b>12.171,60</b>	<b>12.171,60</b>
Saatgut	524,40	524,40	524,40	579,60	579,60	579,60	654,00	654,00	654,00
Dünger	343,44	343,44	343,44	872,64	872,64	872,64	969,60	969,60	969,60
PSM	114,96	114,96	114,96	148,50	148,50	148,50	381,24	381,24	381,24
Wasser/sonstige	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60	9,90	9,90	9,90
Zinsansatz	9,89	9,89	9,89	16,07	16,07	16,07	20,15	20,15	20,15
Direktkosten	999,29	999,29	999,29	1.623,41	1.623,41	1.623,41	2.034,89	2.034,89	2.034,89
<b>Direktkostenfreie Leistung</b>	<b>8.720,71</b>	<b>8.720,71</b>	<b>8.720,71</b>	<b>8.096,59</b>	<b>8.096,59</b>	<b>8.096,59</b>	<b>10.136,71</b>	<b>10.136,71</b>	<b>10.136,71</b>
Reparaturkostenansatz	170,13	214,87	266,27	223,97	242,70	236,11	246,18	225,07	241,13
Dieselskosten	361,01	455,56	693,08	604,80	740,19	840,91	700,46	724,39	859,01
variable Maschinenkosten	531,13	670,43	959,35	828,77	982,89	1.077,02	946,64	949,46	1.100,14
Lohnkosten	67,16	192,06	647,63	103,89	226,35	660,15	119,27	211,19	661,13
Zinskosten für Arbeitserledigung	5,31	6,70	9,59	8,29	9,83	10,77	9,47	9,49	11,00
fixe Maschinenkosten	628,25	646,54	295,82	742,93	780,30	298,22	763,80	626,55	309,84
Arbeitserledigungskosten	1.231,86	1.515,72	1.912,39	1.683,88	1.999,37	2.046,16	1.839,18	1.796,70	2.082,11
Direkt- und Arbeitserledigungskosten	2.231,15	2.515,02	2.911,69	3.307,29	3.622,78	3.669,57	3.874,07	3.831,58	4.117,00
<b>Direkt- und Arbeiterl.-kostenfreie Leistung</b>	<b>7.488,85</b>	<b>7.204,98</b>	<b>6.808,31</b>	<b>6.412,71</b>	<b>6.097,22</b>	<b>6.050,43</b>	<b>8.297,53</b>	<b>8.340,02</b>	<b>8.054,60</b>
Pacht	2.430,00	2.430,00	2.430,00	2.430,00	2.430,00	2.430,00	3.042,90	3.042,90	3.042,90
Reinigung	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00
Trocknung	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lagerung	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Düngermischen	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50
Hagelversicherung	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00
<b>Einzelkostenfreie Leistung</b>	<b>4.886,35</b>	<b>4.602,48</b>	<b>4.205,81</b>	<b>3.810,21</b>	<b>3.494,72</b>	<b>3.447,93</b>	<b>5.082,13</b>	<b>5.124,62</b>	<b>4.839,20</b>
Leitung und Verwaltung (Anteil an Lohnkosten)	33,58	96,03	323,81	51,95	113,18	330,08	59,64	105,60	330,56
sonst allg. Betriebsaufwand	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
<b>Kalkulat. Gewinnbeitrag (- Pacht)</b>	<b>4.732,77</b>	<b>4.386,45</b>	<b>3.762,00</b>	<b>3.638,26</b>	<b>3.261,54</b>	<b>2.997,85</b>	<b>4.902,50</b>	<b>4.899,02</b>	<b>4.388,64</b>
<b>Kalk. Gewinnbeitrag (- Pacht; + Subvention)</b>	<b>5.407,77</b>	<b>5.061,45</b>	<b>4.437,00</b>	<b>4.313,26</b>	<b>3.936,54</b>	<b>3.672,85</b>	<b>5.577,50</b>	<b>5.574,02</b>	<b>5.063,64</b>
<b>Kalkulat. Gewinnbeitrag (+ Subvention)</b>	<b>7.837,77</b>	<b>7.491,45</b>	<b>6.867,00</b>	<b>6.743,26</b>	<b>6.366,54</b>	<b>6.102,85</b>	<b>8.620,40</b>	<b>8.616,92</b>	<b>8.106,54</b>

## D.11 Arbeitszeit- und Dieselkraftstoffbedarf der Produktionsverfahren im Szenario 1

Tabelle 123: flächenabhängiger Arbeitszeitbedarf - Sommerweizen - SZ 1

Arbeitszeitbedarf [Akh/ha] des Produktionsverfahrens Sommerweizen im Szenario 1									
Schlaggröße	2010 - Brig 5			2011 - Brig 10			2012 - Brig 5		
ha	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt
1	16,24	26,95	27,39	16,19	23,47	23,04	17,43	24,36	22,79
2	9,32	16,80	19,94	9,32	14,90	17,02	10,02	15,34	17,30
5	4,89	10,08	15,79	4,90	9,28	14,09	5,20	9,40	14,18
10	3,48	8,01	15,88	3,49	7,54	14,50	3,67	7,59	14,99
20	2,67	7,31	16,85	2,70	7,14	15,64	2,83	7,04	16,46
40	2,26	6,57	17,74	2,33	6,47	16,79	2,37	6,50	18,03
80	2,31	6,72	19,30	2,40	6,63	18,42	2,44	6,66	19,86
120	2,47	7,13	25,93	2,55	7,18	25,20	2,60	7,24	27,22
OFE - SZ1	3,70	8,41	17,47	4,57	8,59	16,43	3,96	7,94	17,10

Tabelle 124: flächenabhängiger Arbeitszeitbedarf - Sojabohnen - SZ 1

Arbeitszeitbedarf [AKh/ha] des Produktionsverfahrens Sojabohnen im Szenario 1									
Schlaggröße	2010 - Brig 5			2011 - Brig 10			2012 - Brig 5		
ha	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt
1	13,22	74,12	84,93	13,30	27,22	49,16	16,49	27,79	33,07
2	7,88	40,03	52,59	8,22	17,05	32,76	10,10	17,16	25,14
5	4,45	19,16	33,43	4,95	10,50	23,27	5,99	10,19	20,79
10	3,49	12,35	27,87	4,20	8,40	20,96	4,90	8,03	19,89
20	2,79	9,06	25,35	3,56	7,52	20,39	4,14	6,96	20,15
40	2,55	6,68	23,84	3,27	7,03	20,30	3,81	6,58	20,69
80	2,59	6,80	25,00	3,33	7,21	21,54	3,87	6,75	21,78
120	2,71	6,95	29,25	3,52	7,69	26,32	4,05	7,21	26,10
OFE - SZ1	4,12	15,91	31,67	4,18	8,89	22,39	5,78	9,54	21,67

Tabelle 125: flächenabhängiger Dieselkraftstoffbedarf - Sommerweizen - SZ 1

<b>Dieselmkraftstoffbedarf [l/ha] des Produktionsverfahrens Sommerweizen im Szenario 1</b>									
<b>Schlaggröße</b>	<b>2010 - Brig 5</b>			<b>2011 - Brig 10</b>			<b>2012 - Brig 5</b>		
<b>ha</b>	<b>Demofarm</b>	<b>Staatsfarm</b>	<b>Haushalt</b>	<b>Demofarm</b>	<b>Staatsfarm</b>	<b>Haushalt</b>	<b>Demofarm</b>	<b>Staatsfarm</b>	<b>Haushalt</b>
1	98,97	89,53	68,62	96,35	95,07	66,99	102,47	79,18	63,02
2	75,88	75,46	60,77	73,52	80,65	59,60	78,22	66,97	56,91
5	58,41	62,52	56,25	55,92	67,61	55,92	59,63	56,57	53,09
10	53,05	57,64	56,89	50,67	62,57	56,87	53,88	52,62	55,05
20	48,52	55,52	59,30	46,17	60,54	59,74	49,34	51,09	58,98
40	45,15	51,69	60,84	43,21	56,72	61,69	45,72	48,31	61,87
80	45,79	52,67	65,14	43,95	57,93	66,24	46,42	49,51	67,04
120	47,71	55,46	81,72	45,94	61,88	83,71	48,41	53,42	87,11
OFE - SZ1	54,34	59,02	60,85	56,77	66,09	61,95	55,74	53,94	60,81

Tabelle 126: flächenabhängiger Dieselkraftstoffbedarf - Sojabohnen - SZ 1

<b>Dieselmkraftstoffbedarf [l/ha] des Produktionsverfahrens Sojabohnen im Szenario 1</b>									
<b>Schlaggröße</b>	<b>2010 - Brig 5</b>			<b>2011 - Brig 10</b>			<b>2012 - Brig 5</b>		
<b>ha</b>	<b>Demofarm</b>	<b>Staatsfarm</b>	<b>Haushalt</b>	<b>Demofarm</b>	<b>Staatsfarm</b>	<b>Haushalt</b>	<b>Demofarm</b>	<b>Staatsfarm</b>	<b>Haushalt</b>
1	82,83	86,93	98,75	96,08	103,45	83,77	104,31	100,14	86,51
2	65,31	73,72	88,91	76,72	87,13	75,38	84,22	84,21	76,88
5	51,64	62,09	80,54	61,81	74,23	68,84	68,49	70,66	69,72
10	47,69	57,78	79,44	58,17	68,75	68,27	64,12	65,48	68,14
20	44,09	55,78	79,75	54,14	66,29	69,55	60,26	62,49	69,06
40	41,84	52,49	79,24	51,43	62,26	70,07	57,61	58,67	68,99
80	42,39	53,40	82,52	52,07	63,34	73,54	58,34	59,64	72,03
120	43,98	55,98	94,57	54,26	66,51	86,68	60,61	62,32	83,39
OFE - SZ1	51,79	61,65	83,07	58,50	70,16	71,65	69,24	69,36	72,29

## D.12 Arbeiterledigungskosten der Produktionsverfahren in den Betrachtungsansätzen

Tabelle 127: Arbeiterledigungskosten Produktionsverfahren Sommerweizen – 2012

<b>Auswertungsvarianten: Arbeiterledigungskosten des Produktionsverfahrens: Sommerweizen - 2012</b>									
Fläche [ha] / Lohnsatz (SZ 2)	Szenario 1 - Brig 5			Szenario 1 (Lohn + Schlaggröße)			Szenario 2 - 40 ha		
	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt
1 ha / 10 RMB/Akh	4.548,32	2.536,30	1.628,63	4461,15	2411,43	1509,65	4.461,15	2.411,43	1.509,65
2 ha / 12,5 RMB/Akh	3.112,32	1.854,78	1.337,03	3087,27	1812,63	1288,09	3.081,50	1.856,10	1.327,28
5 ha / 15 RMB/Akh	2.142,79	1.392,54	1.156,67	2142,79	1388,51	1150,52	2.098,15	1.456,66	1.252,57
10 ha / 20 RMB/Akh	1.839,25	1.262,88	1.171,61	1857,57	1296,31	1234,60	1.787,85	1.392,84	1.378,58
20 ha / 25 RMB/Akh	1.648,80	1.203,96	1.230,90	1677,10	1269,58	1387,52	1.641,29	1.388,82	1.559,87
40 ha / 30 RMB/Akh	1.549,41	1.137,41	1.278,70	1626,93	1270,15	1550,17	1.525,12	1.449,52	1.890,81
80 ha / 35 RMB/Akh	1.565,61	1.157,79	1.362,37	1614,34	1285,90	1746,50	1.492,68	1.514,25	2.064,58
120 ha / 40 RMB/Akh	1.600,27	1.223,06	1.689,68	1665,17	1398,72	2356,65	1.543,01	1.709,52	2.851,59
Brig 5 – Szenario 1	1.887,33	1.296,91	1.266,95	1.887,33	1.296,91	1.266,95	1.525,12	1.449,52	1.890,81

Tabelle 128: Arbeiterledigungskosten Produktionsverfahren Sojabohnen - 2012

<b>Auswertungsvarianten: Arbeiterledigungskosten des Produktionsverfahrens: Sojabohnen - 2012</b>									
Fläche [ha] / Lohnsatz (SZ 2)	Szenario 1 - Brig 10			Szenario 1 (Lohn + Schlaggröße)			Szenario 2 - 40 ha		
	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt
1 ha / 10 RMB/Akh	4.414,12	3.078,87	1.963,89	4414,12	3078,87	1963,89	4.414,12	3.078,87	1.963,89
2 ha / 12,5 RMB/Akh	3.175,15	2.329,70	1.678,83	3173,19	2384,77	1731,81	3.173,19	2.384,77	1.731,81
5 ha / 15 RMB/Akh	2.347,58	1.794,61	1.501,81	2306,60	1880,75	1590,07	2.306,60	1.880,75	1.590,07
10 ha / 20 RMB/Akh	2.119,67	1.663,23	1.541,01	2059,02	1784,14	1699,76	2.059,02	1.784,14	1.699,76
20 ha / 25 RMB/Akh	1.968,05	1.578,85	1.646,73	1943,04	1783,86	1850,47	1.943,04	1.783,86	1.850,47
40 ha / 30 RMB/Akh	1.941,36	1.585,32	1.779,43	1875,60	1827,59	2070,84	1.839,18	1.796,70	2.082,11
80 ha / 35 RMB/Akh	1.930,31	1.599,69	1.925,06	1842,52	1879,59	2272,48	1.842,52	1.879,59	2.272,48
120 ha / 40 RMB/Akh	2.003,46	1.692,23	2.333,09	1906,95	2063,42	2824,10	1.906,95	2.063,42	2.824,10
Brig 10 – Szenario 1	2.283,56	1.730,53	1.546,41	2.283,56	1.730,53	1.546,41	1.839,18	1.796,70	2.082,11

Tabelle 129: Arbeiterledigungskosten: Produktionsverfahren Sommerweizen – SZ1

Arbeiterledigungskosten [RMB/ha] bei Steigerung des Lohnsatzes des Produktionsverfahrens Sommerweizen im Szenario 1									
lohnsatz	2010 - Brig 5			2011 - Brig 10			2012 - Brig 5		
RMB/AKh	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt
10	1.716,19	1.222,87	1.083,14	1.838,93	1.407,23	1.203,54	1.867,54	1.257,22	1.181,45
20	1.753,18	1.306,99	1.257,81	1.884,64	1.493,14	1.367,88	1.907,13	1.336,60	1.352,46
30	1.790,16	1.391,11	1.432,49	1.930,36	1.579,05	1.532,21	1.946,73	1.415,98	1.523,47
40	1.827,14	1.475,22	1.607,16	1.976,08	1.664,96	1.696,55	1.986,32	1.495,36	1.694,49
50	1.864,12	1.559,34	1.781,84	2.021,80	1.750,87	1.860,88	2.025,92	1.574,74	1.865,50
60	1.901,11	1.643,45	1.956,51	2.067,52	1.836,78	2.025,21	2.065,52	1.654,12	2.036,51
70	1.938,09	1.727,57	2.131,19	2.113,23	1.922,69	2.189,55	2.105,11	1.733,50	2.207,53
80	1.975,07	1.811,68	2.305,86	2.158,95	2.008,60	2.353,88	2.144,71	1.812,89	2.378,54
90	2.012,05	1.895,80	2.480,54	2.204,67	2.094,51	2.518,22	2.184,30	1.892,27	2.549,55
100	2.049,04	1.979,91	2.655,22	2.250,39	2.180,42	2.682,55	2.223,90	1.971,65	2.720,57
110	2.086,02	2.064,03	2.829,89	2.296,10	2.266,33	2.846,88	2.263,50	2.051,03	2.891,58
120	2.123,00	2.148,15	3.004,57	2.341,82	2.352,24	3.011,22	2.303,09	2.130,41	3.062,59
130	2.159,98	2.232,26	3.179,24	2.387,54	2.438,15	3.175,55	2.342,69	2.209,79	3.233,61
140	2.196,97	2.316,38	3.353,92	2.433,26	2.524,06	3.339,89	2.382,28	2.289,17	3.404,62

Tabelle 130: Arbeiterledigungskosten Produktionsverfahren Sojabohnen - SZ1

Arbeiterledigungskosten [RMB/ha] bei Steigerung des Lohnsatzes des Produktionsverfahrens Sojabohnen im Szenario 1									
lohnsatz	2010 - Brig 5			2011 - Brig 10			2012 - Brig 5		
RMB/AKh	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt
10	1.658,98	1.522,30	1.446,76	1.942,25	1.797,35	1.375,01	2.254,66	1.682,85	1.438,08
20	1.700,23	1.681,43	1.763,43	1.984,04	1.886,21	1.598,95	2.312,47	1.778,21	1.654,74
30	1.741,47	1.840,56	2.080,10	2.025,83	1.975,08	1.822,88	2.370,27	1.873,57	1.871,40
40	1.782,72	1.999,69	2.396,76	2.067,63	2.063,95	2.046,81	2.428,08	1.968,93	2.088,06
50	1.823,96	2.158,83	2.713,43	2.109,42	2.152,81	2.270,74	2.485,88	2.064,29	2.304,73
60	1.865,21	2.317,96	3.030,10	2.151,21	2.241,68	2.494,67	2.543,69	2.159,65	2.521,39
70	1.906,45	2.477,09	3.346,76	2.193,00	2.330,55	2.718,60	2.601,49	2.255,00	2.738,05
80	1.947,70	2.636,22	3.663,43	2.234,79	2.419,41	2.942,54	2.659,30	2.350,36	2.954,71
90	1.988,94	2.795,35	3.980,10	2.276,58	2.508,28	3.166,47	2.717,10	2.445,72	3.171,37
100	2.030,19	2.954,49	4.296,77	2.318,38	2.597,15	3.390,40	2.774,91	2.541,08	3.388,03
110	2.071,43	3.113,62	4.613,43	2.360,17	2.686,01	3.614,33	2.832,71	2.636,44	3.604,69
120	2.112,68	3.272,75	4.930,10	2.401,96	2.774,88	3.838,26	2.890,51	2.731,80	3.821,36
130	2.153,93	3.431,88	5.246,77	2.443,75	2.863,74	4.062,19	2.948,32	2.827,16	4.038,02
140	2.195,17	3.591,02	5.563,43	2.485,54	2.952,61	4.286,13	3.006,12	2.922,52	4.254,68

**D.13 Berechnungsbeispiel Arbeitserledigungskosten im Produktionsverfahren**

Annahmen: Szenario 1 – Versuchsjahr 2012 – Schlaggröße 20 ha – Lohnsatz 15,00 RMB/AKh

Tabelle 131: Arbeitserledigungskosten: Aussaat - Soja/SW – 2012 – Beladen

<b>Arbeitserledigungskosten: SZ 1 - SW - 2012 – Aussaat 1.1 Beladen (BLA)</b>				
<b>Variante</b>		<b>Demofarm</b>	<b>Staatsfarm</b>	<b>Haushalt</b>
<b>Zugmaschine</b>		<b>Teleskoplader KTBL 3t, 6m - 80KW</b>	<b>Arbeiter Hilfskraft</b>	<b>Arbeiter Hilfskraft</b>
Anschaffungswert	RMB	552.750,00	entfällt	entfällt
Nutzungsdauer	a	12,00	entfällt	entfällt
Nutzungsumfang	Mh	10.000,00	entfällt	entfällt
Leistung je Jahr	Mh	833,33	entfällt	entfällt
Restwert	RMB	55.275,00	entfällt	entfällt
Abschreibung	RMB/Mh	49,75	entfällt	entfällt
Zinsansatz	RMB/Mh	14,59	entfällt	entfällt
Fixe Kosten Arbeitsmittel	RMB/Mh	64,34	entfällt	entfällt
Fixe Kosten Arbeitsmittel	RMB/ha	0,83	entfällt	entfällt
Maschinenstunden	Mh	0,26	entfällt	entfällt
Reparaturkostenansatz	RMB/Mh	14,44	entfällt	entfällt
Dieselbedarf	l/ha	0,15	entfällt	entfällt
Preis für Dieseldieselkraftstoff	RMB/l	7,80	entfällt	entfällt
Schmierstoffbedarf	l/ha	0,00	entfällt	entfällt
Preis für Schmierstoffe	RMB/l	35,00	entfällt	entfällt
Reparaturkosten	RMB/ha	0,19	entfällt	entfällt
Dieseldieselkraftstoffkosten	RMB/ha	1,15	entfällt	entfällt
Schmierstoffkosten	RMB/ha	0,05	entfällt	entfällt
Variable Kosten Arbeitsm.	RMB/ha	1,38	entfällt	entfällt
Kosten Arbeitsm. Zug	RMB/ha	2,21	entfällt	entfällt
<b>Arbeitsgerät</b>		<b>Mineraldünger- schaufel KTBL 1,2m<sup>3</sup></b>	<b>Arbeiter Hilfs- kraft</b>	<b>Arbeiter Hilfs- kraft</b>
Anschaffungswert	RMB	11.137,50	entfällt	entfällt
Nutzungsdauer	a	12,00	entfällt	entfällt
Nutzungsumfang	NE	80.000,00	entfällt	entfällt
Leistung je Jahr	NE	6.666,67	entfällt	entfällt
Restwert	RMB	1.113,75	entfällt	entfällt
Abschreibung	RMB/NE	0,13	entfällt	entfällt
Zinsansatz	RMB/NE	0,04	entfällt	entfällt
Fixe Kosten Arbeitsmittel	RMB/NE	0,16	entfällt	entfällt
Leistung im AV	NE/ha	0,40	entfällt	entfällt
Reparaturkostenansatz	RMB/NE	0,04	entfällt	entfällt
Variable Kosten Arbeitsm.	RMB/NE	0,04	entfällt	entfällt
Kosten des Arbeitsm. NE	RMB/NE	0,20	entfällt	entfällt
Kosten des Arbeitsm. Fl.	RMB/ha	0,08	entfällt	entfällt
Kosten Arbeitsm. im AV	RMB/ha	2,29	entfällt	entfällt
Arbeitszeitbedarf	AKh	0,27	1,70	1,81
Lohnkostenansatz	RMB/AKh	15,00	15,00	15,00
Kosten Arbeitskraft	RMB/ha	0,21	1,28	1,36
Zinskosten Arbeitserledig.	RMB/ha	0,01	0,00	0,00
<b>Arbeitserledigungsk. AV</b>	<b>RMB/ha</b>	<b>2,51</b>	<b>1,28</b>	<b>1,36</b>

Tabelle 132: Arbeiterledigungskosten: Aussaat - Soja/SW – Transport

<b>Arbeiterledigungskosten: SZ 1- SW - 2012 – Aussaat 1.2 Transport (TR)</b>				
<b>Variante</b>		<b>Demofarm</b>	<b>Staatsfarm</b>	<b>Haushalt</b>
<b>Zugmaschine</b>		<b>Traktor: Claas Axion 810 - 125 KW</b>	<b>LKW Foton Forland - 200 KW</b>	<b>Kleintraktor DF182 - 14,7 KW</b>
Anschaffungswert	RMB	505.858,65	340.000,00	25.000,00
Nutzungsdauer	a	12,00	6,00	6,00
Nutzungsumfang	Mh	10.000,00	12.000,00	5.000,00
Leistung je Jahr	Mh	833,33	2.000,00	833,33
Restwert	RMB	50.585,87	34.000,00	2.500,00
Abschreibung	RMB/Mh	45,53	25,50	4,50
Zinsansatz	RMB/Mh	13,35	3,74	0,66
Fixe Kosten Arbeitsmittel	RMB/Mh	58,88	29,24	5,16
Fixe Kosten Arbeitsmittel	RMB/ha	4,42	0,89	1,58
Maschinenstunden	Mh	1,50	0,61	6,11
Reparaturkostenansatz	RMB/Mh	32,18	41,25	8,25
Dieselbedarf	l/ha	0,24	0,24	1,44
Preis für Dieseldieselkraftstoff	RMB/l	7,80	7,80	7,80
Schmierstoffbedarf	l/ha	0,00	0,00	0,01
Preis für Schmierstoffe	RMB/l	35,00	35,00	35,00
Reparaturkosten	RMB/ha	2,42	1,25	2,52
Dieseldieselkraftstoffkosten	RMB/ha	1,87	1,80	10,80
Schmierstoffkosten	RMB/ha	0,08	0,08	0,50
Variable Kosten Arbeitsm.	RMB/ha	4,37	3,13	13,83
Kosten Arbeitsm. Zug	RMB/ha	8,80	4,02	15,40
<b>Arbeitsgerät</b>		<b>Hänger + Überlade-schnecke KTBL - 13,5t</b>	<b>Pritsche Foton LKW - 12 t</b>	<b>Hänger einachsiger - 1,5t</b>
Anschaffungswert	RMB	174.487,50	125.000,00	3.000,00
Nutzungsdauer	a	15,00	11,00	8,00
Nutzungsumfang	NE	50.000,00	30.000,00	4.800,00
Leistung je Jahr	NE	3.333,33	2.727,27	600,00
Restwert	RMB	17.448,75	12.500,00	300,00
Abschreibung	RMB/NE	3,14	3,75	0,56
Zinsansatz	RMB/NE	1,15	1,01	0,11
Fixe Kosten Arbeitsmittel	RMB/NE	4,29	1,90	0,27
Leistung im AV	NE/ha	0,40	0,40	0,40
Reparaturkostenansatz	RMB/NE	1,19	0,41	0,83
Variable Kosten Arbeitsm.	RMB/NE	1,19	0,41	0,83
Kosten des Arbeitsm. NE	RMB/NE	5,48	2,07	0,60
Kosten des Arbeitsm. Fl.	RMB/ha	2,19	0,83	0,24
Kosten Arbeitsm. im AV	RMB/ha	10,99	4,85	15,64
Arbeitszeitbedarf	AKh	1,61	3,17	19,86
Lohnkostenansatz	RMB/AKh	15,00	15,00	15,00
Kosten Arbeitskraft	RMB/ha	1,21	2,38	14,90
Zinskosten Arbeiterledig.	RMB/ha	0,05	0,03	0,14
<b>Arbeiterledigungsk. AV</b>	<b>RMB/ha</b>	<b>12,24</b>	<b>8,50</b>	<b>31,04</b>

Tabelle 133: Arbeitserledigungskosten: Aussaat - Soja/SW - Umschlag/Laden

<b>Arbeitserledigungskosten: SZ 1 - SW - 2012 - Aussaat 1.3 Umschlag (UmS)</b>				
<b>Variante</b>		<b>Demofarm</b>	<b>Staatsfarm</b>	<b>Haushalt</b>
<b>Zugmaschine</b>		<b>Traktor: Claas Axion 810 - 125 KW</b>	<b>Arbeiter Hilfskraft</b>	<b>Arbeiter Hilfskraft</b>
Anschaffungswert	RMB	505.858,65		
Nutzungsdauer	a	12,00		
Nutzungsumfang	Mh	10.000,00		
Leistung je Jahr	Mh	833,33		
Restwert	RMB	50.585,87		
Abschreibung	RMB/Mh	45,53		
Zinsansatz	RMB/Mh	13,35		
Fixe Kosten Arbeitsmittel	RMB/Mh	58,88		
Fixe Kosten Arbeitsmittel	RMB/ha	0,51		
Maschinenstunden	Mh	0,17		
Reparaturkostenansatz	RMB/Mh	32,18		
Dieselbedarf	l/ha	0,13		
Preis für Dieseldieselkraftstoff	RMB/l	7,80		
Schmierstoffbedarf	l/ha	0,00		
Preis für Schmierstoffe	RMB/l	35,00		
Reparaturkosten	RMB/ha	0,28		
Dieseldieselkraftstoffkosten	RMB/ha	1,04		
Schmierstoffkosten	RMB/ha	0,05		
Variable Kosten Arbeitsm.	RMB/ha	1,37		
Kosten Arbeitsm. Zug	RMB/ha	1,87		
<b>Arbeitsgerät</b>		<b>Hänger + Überladeschnecke KTBL 13,5t</b>		
Anschaffungswert	RMB	174.487,50		
Nutzungsdauer	a	15,00		
Nutzungsumfang	NE	50.000,00		
Leistung je Jahr	NE	3.333,33		
Restwert	RMB	17.448,75		
Abschreibung	RMB/NE	3,14		
Zinsansatz	RMB/NE	1,15		
Fixe Kosten Arbeitsmittel	RMB/NE	4,29		
Leistung im AV	NE/ha	0,40		
Reparaturkostenansatz	RMB/NE	1,19		
Variable Kosten Arbeitsm.	RMB/NE	1,19		
Kosten des Arbeitsm. NE	RMB/NE	5,48		
Kosten des Arbeitsm. Fl.	RMB/ha	2,19		
Kosten Arbeitsm. im AV	RMB/ha	4,07		
Arbeitszeitbedarf	AKh	0,19	1,66	1,70
Lohnkostenansatz	RMB/AKh	15,00	15,00	15,00
Kosten Arbeitskraft	RMB/ha	0,14	1,25	1,27
Zinskosten Arbeitserledig.	RMB/ha	0,02	0,00	0,00
<b>Arbeitserledigungsk. AV</b>	<b>RMB/ha</b>	<b>4,23</b>	<b>1,25</b>	<b>1,27</b>

Tabelle 134: Arbeiterledigungskosten: Aussaat1 – Sommerweizen

<b>Arbeiterledigungskosten: SZ 1 - SW - 2012 - Aussaat1 Feldarbeit (FA)</b>				
<b>Variante</b>		<b>Demofarm</b>	<b>Staatsfarm</b>	<b>Haushalt</b>
<b>Zugmaschine</b>		<b>Traktor: Claas Axion 850 - 171 KW</b>	<b>Traktor: KAT 1304 - 93 KW</b>	<b>Kleintraktor: DF 404 - 29,41 KW</b>
Anschaffungswert	RMB	701.250,00	175.560,00	44.000,00
Nutzungsdauer	a	12,00	10,00	6,00
Nutzungsumfang	Mh	10.000,00	8.333,33	5.000,00
Leistung je Jahr	Mh	833,33	833,33	833,33
Restwert	RMB	70.125,00	17.556,00	4.400,00
Abschreibung	RMB/Mh	63,11	18,96	7,92
Zinsansatz	RMB/Mh	18,51	4,63	1,16
Fixe Kosten Arbeitsmittel	RMB/Mh	81,63	23,60	9,08
Fixe Kosten Arbeitsmittel	RMB/ha	24,10	11,36	8,12
Maschinenstunden	Mh	5,90	9,63	17,88
Reparaturkostenansatz	RMB/Mh	37,13	30,53	8,25
Dieselbedarf	l/ha	12,53	8,42	5,46
Preis für Dieseldieselkraftstoff	RMB/l	7,80	7,80	7,80
Schmierstoffbedarf	l/ha	0,13	0,08	0,05
Preis für Schmierstoffe	RMB/l	35,00	35,00	35,00
Reparaturkosten	RMB/ha	10,96	14,69	7,38
Dieseldieselkraftstoffkosten	RMB/ha	97,77	65,66	42,62
Schmierstoffkosten	RMB/ha	4,39	2,95	1,91
Variable Kosten Arbeitsm.	RMB/ha	113,12	83,29	51,91
Kosten Arbeitsm. Zug	RMB/ha	137,22	94,65	60,03
<b>Arbeitsgerät</b>		<b>Lemken Solitär 9/500 + Rubin 9/500 - 5 m</b>	<b>Drillmaschine: 2 BSW - 5,4 m</b>	<b>Drillmaschine: 2BS 240 - 2,4 m</b>
Anschaffungswert	RMB	811.024,50	48.250,00	15.000,00
Nutzungsdauer	a	12,00	10,00	6,00
Nutzungsumfang	NE	3.400,00	2.142,86	642,86
Leistung je Jahr	NE	283,33	214,29	107,14
Restwert	RMB	81.102,45	4.825,00	1.500,00
Abschreibung	RMB/NE	214,68	20,27	21,00
Zinsansatz	RMB/NE	62,97	4,95	3,08
Fixe Kosten Arbeitsmittel	RMB/NE	277,66	25,22	24,08
Leistung im AV	NE/ha	1,00	1,00	1,00
Reparaturkostenansatz	RMB/NE	33,00	20,63	10,31
Variable Kosten Arbeitsm.	RMB/NE	33,00	20,63	10,31
Kosten des Arbeitsm. NE	RMB/NE	310,66	45,84	34,39
Kosten des Arbeitsm. Fl.	RMB/ha	310,66	45,84	34,39
Kosten Arbeitsm. im AV	RMB/ha	447,87	140,49	94,42
Arbeitszeitbedarf	AKh	6,44	31,35	39,16
Lohnkostenansatz	RMB/AKh	15,00	15,00	15,00
Kosten Arbeitskraft	RMB/ha	4,83	23,51	29,37
Zinskosten Arbeiterledig.	RMB/ha	1,46	1,04	0,62
<b>Arbeiterledigungsk. AV</b>	<b>RMB/ha</b>	<b>454,16</b>	<b>165,04</b>	<b>124,41</b>

Tabelle 135: Kennzahlen des Arbeitsverfahrens: Aussaat – Sommerweizen

Kennzahlen des Arbeitsverfahrens in Abhängigkeit von der Schlaggröße						
Arbeitsverfahren: Aussaat Sommerweizen						
Fläche [ha]	Arbeiterledigungskosten [RMB/ha]			Arbeitszeitbedarf [AKh/ha]		
	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt
1	975,38	387,89	212,50	3,91	6,94	5,10
2	728,92	293,65	176,10	2,19	4,50	3,77
5	570,62	215,65	155,58	1,10	2,75	3,03
10	516,59	188,08	163,43	0,75	2,14	3,28
20	486,89	181,02	167,21	0,55	2,07	3,38
40	474,95	173,08	175,51	0,48	1,92	3,64
80	468,00	168,73	182,24	0,45	1,85	3,84
120	478,16	174,09	222,85	0,50	1,94	5,09
Fläche [ha]	Flächenleistung [ha/h]			Dieselverbrauch [l/ha]		
	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt
1	0,45	0,67	0,62	26,83	15,43	8,19
2	0,77	0,98	0,78	19,91	13,20	7,24
5	1,41	1,51	0,97	15,24	10,33	6,74
10	1,94	1,87	0,97	13,44	9,25	7,10
20	2,41	1,91	1,02	12,43	8,66	7,38
40	2,61	2,07	1,02	11,81	8,26	7,80
80	2,82	2,18	1,05	11,49	8,02	8,19
120	2,64	2,13	0,98	11,98	8,35	10,21

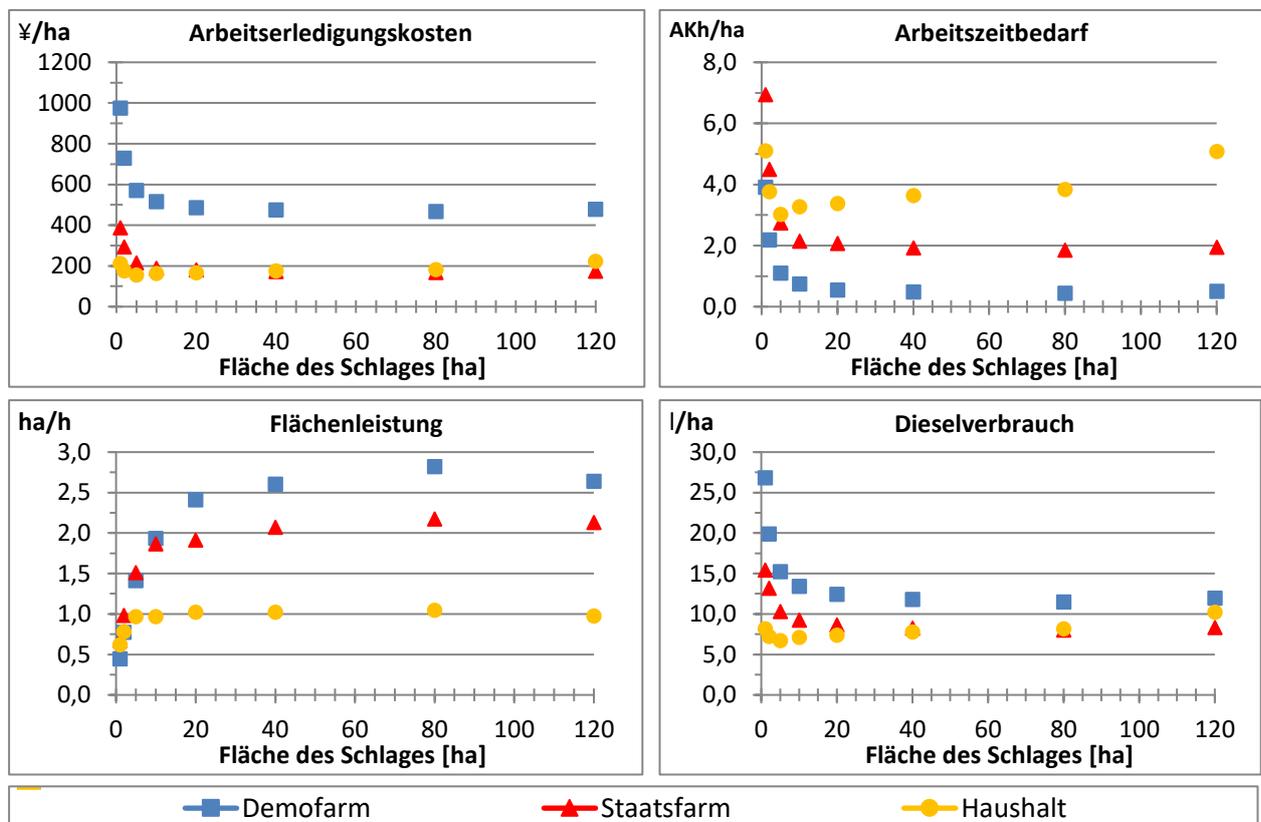


Abbildung 43: grafische Darstellung der flächenabhängigen Kennzahlen des Arbeitsverfahrens: Aussaat - Sommerweizen

Tabelle 136: Arbeiterledigungskosten: Aussaat – Sojabohnen

<b>Arbeiterledigungskosten: SZ 1 - Soja - 2012 - Aussaat Feldarbeit (FA)</b>				
<b>Variante</b>		<b>Demofarm</b>	<b>Staatsfarm</b>	<b>Haushalt</b>
<b>Zugmaschine</b>		<b>Traktor: Claas Arion 630 C - 110 KW</b>	<b>Traktor: John Deere (A) 7830 - 170 KW</b>	<b>Kleintraktor DF 404 - 29,41 KW</b>
Anschaffungswert	RMB	453.750,00	900.000,00	44.000,00
Nutzungsdauer	a	12,00	12,00	6,00
Nutzungsumfang	Mh	10.000,00	10.000,00	5.000,00
Leistung je Jahr	Mh	833,33	833,33	833,33
Restwert	RMB	45.375,00	90.000,00	4.400,00
Abschreibung	RMB/Mh	40,84	81,00	7,92
Zinsansatz	RMB/Mh	11,98	23,76	1,16
Fixe Kosten Arbeitsmittel	RMB/Mh	52,82	104,76	9,08
Fixe Kosten Arbeitsmittel	RMB/ha	36,99	40,32	15,05
Maschinenstunden	Mh	14,01	7,70	33,14
Reparaturkostenansatz	RMB/Mh	30,53	35,48	8,25
Dieselbedarf	l/ha	9,76	10,43	9,94
Preis für Dieseldieselkraftstoff	RMB/l	7,50	7,50	7,50
Schmierstoffbedarf	l/ha	0,10	0,10	0,10
Preis für Schmierstoffe	RMB/l	35,00	35,00	35,00
Reparaturkosten	RMB/ha	21,38	13,65	13,67
Dieseldieselkraftstoffkosten	RMB/ha	73,21	78,20	74,56
Schmierstoffkosten	RMB/ha	3,42	3,65	3,48
Variable Kosten Arbeitsm.	RMB/ha	98,01	95,51	91,71
Kosten Arbeitsm. Zug	RMB/ha	134,99	135,83	106,76
<b>Arbeitsgerät</b>		<b>Einzelkorndrillmaschine: Monosem NG Plus 4 - 3,2 m</b>	<b>Drillmaschine: Baihua 6J 6x1,1m - 6,6 m</b>	<b>Drillmaschine: 2 BJ - 2B - 1,3 m</b>
Anschaffungswert	RMB	266.565,75	150.000,00	5.700,00
Nutzungsdauer	a	8,00	10,00	6,00
Nutzungsumfang	NE	1.500,00	2.142,86	642,86
Leistung je Jahr	NE	187,50	214,29	107,14
Restwert	RMB	26.656,58	15.000,00	570,00
Abschreibung	RMB/NE	159,94	63,00	7,98
Zinsansatz	RMB/NE	31,28	15,40	1,17
Fixe Kosten Arbeitsmittel	RMB/NE	191,22	78,40	9,15
Leistung im AV	NE/ha	1,00	1,00	1,00
Reparaturkostenansatz	RMB/NE	33,00	20,63	10,31
Variable Kosten Arbeitsm.	RMB/NE	33,00	20,63	10,31
Kosten des Arbeitsm. NE	RMB/NE	224,22	99,03	19,46
Kosten des Arbeitsm. Fl.	RMB/ha	224,22	99,03	19,46
Kosten Arbeitsm. im AV	RMB/ha	359,21	234,86	126,22
Arbeitszeitbedarf	AKh	15,31	24,95	72,67
Lohnkostenansatz	RMB/AKh	15,00	15,00	15,00
Kosten Arbeitskraft	RMB/ha	11,48	18,71	54,50
Zinskosten Arbeiterledig.	RMB/ha	1,31	1,16	1,02
<b>Arbeiterledigungsk. AV</b>	<b>RMB/ha</b>	<b>372,00</b>	<b>254,72</b>	<b>181,74</b>

Tabelle 137: Kennzahlen des Arbeitsverfahrens: Aussaat – Sojabohnen

Kennzahlen des Arbeitsverfahrens in Abhängigkeit von der Schlaggröße						
Arbeitsverfahren: Aussaat Sojabohnen						
Fläche [ha]	Arbeiterledigungskosten [RMB/ha]			Arbeitszeitbedarf [AKh/ha]		
	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt
1	617,94	606,14	294,02	2,64	7,09	7,27
2	498,56	443,83	244,56	1,69	4,37	5,61
5	420,72	331,67	226,19	1,09	2,55	5,12
10	416,20	289,83	215,83	1,07	1,91	4,81
20	390,38	265,74	215,42	0,87	1,57	4,80
40	390,84	263,50	216,16	0,87	1,60	4,86
80	389,86	260,17	219,94	0,87	1,59	4,99
120	397,45	275,03	245,39	0,91	1,82	5,73
Fläche [ha]	Flächenleistung [ha/h]			Dieselverbrauch [l/ha]		
	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt
1	0,56	0,64	0,36	16,87	19,76	14,37
2	0,82	1,00	0,45	13,65	15,89	12,68
5	1,13	1,60	0,49	11,30	12,96	11,76
10	1,13	2,05	0,53	10,99	11,63	11,34
20	1,31	2,41	0,55	10,22	10,67	11,38
40	1,31	2,39	0,56	10,22	10,26	11,36
80	1,31	2,38	0,56	10,15	9,79	11,55
120	1,27	2,07	0,55	10,57	10,06	12,91

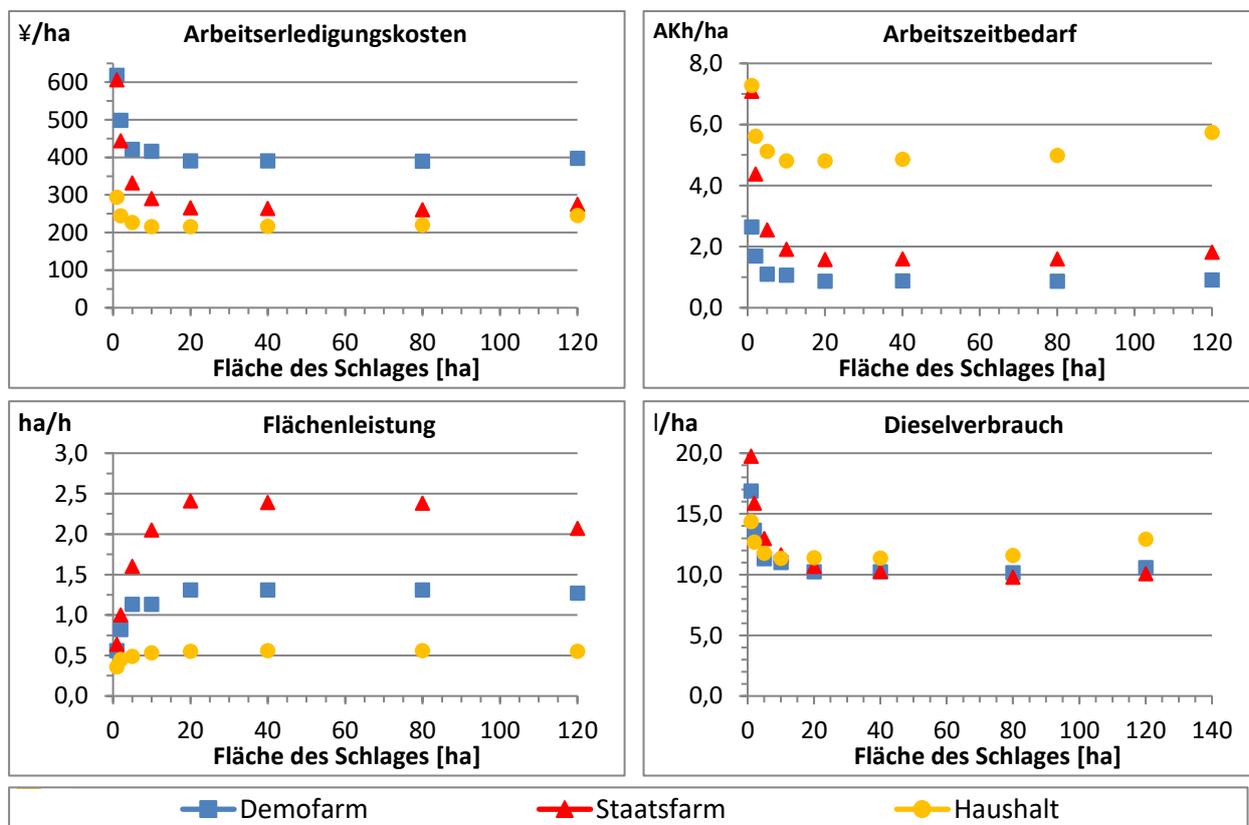


Abbildung 44: grafische Darstellung der flächenabhängigen Kennzahlen des Arbeitsverfahrens: Aussaat - Sojabohnen

Tabelle 138: Arbeiterledigungskosten: Bodenbearbeitung – Scheibenegge

<b>Arbeiterledigungskosten: SZ 1 - 2012 Bodenbearbeitung – Scheibenegge (FA)</b>				
<b>Variante</b>		<b>Demofarm</b>	<b>Staatsfarm</b>	<b>Haushalt</b>
<b>Zugmaschine</b>		<b>Traktor: Claas Axion 810 - 125 KW</b>	<b>Traktor: KAT 1304 - 93 KW</b>	<b>Traktor: DFH - 802 KT - 58,84 KW</b>
Anschaffungswert	RMB	505.858,65	175.560,00	132.500,00
Nutzungsdauer	a	12,00	10,00	10,00
Nutzungsumfang	Mh	10.000,00	8.333,33	8.333,33
Leistung je Jahr	Mh	833,33	833,33	833,33
Restwert	RMB	50.585,87	17.556,00	13.250,00
Abschreibung	RMB/Mh	45,53	18,96	14,31
Zinsansatz	RMB/Mh	13,35	4,63	3,50
Fixe Kosten Arbeitsmittel	RMB/Mh	58,88	23,60	17,81
Fixe Kosten Arbeitsmittel	RMB/ha	14,20	12,35	9,32
Maschinenstunden	Mh	4,82	10,46	10,46
Reparaturkostenansatz	RMB/Mh	32,18	30,53	24,75
Dieselbedarf	l/ha	5,48	9,39	6,08
Preis für Dieseldieselkraftstoff	RMB/l	7,80	7,80	7,80
Schmierstoffbedarf	l/ha	0,05	0,09	0,06
Preis für Schmierstoffe	RMB/l	35,00	35,00	35,00
Reparaturkosten	RMB/ha	7,76	15,97	12,95
Dieseldieselkraftstoffkosten	RMB/ha	42,78	73,24	47,41
Schmierstoffkosten	RMB/ha	1,92	3,29	2,13
Variable Kosten Arbeitsm.	RMB/ha	52,46	92,50	62,49
Kosten Arbeitsm. Zug	RMB/ha	66,66	104,85	71,80
<b>Arbeitsgerät</b>		<b>Scheibenegge: Lemken Rubin 9/500 KÜA -5 m</b>	<b>Scheibenegge: 1 BZP - 3.0 - 3 m</b>	<b>Scheibenegge: 1 BZP - 3.0 - 3 m</b>
Anschaffungswert	RMB	389.672,25	18.000,00	18.000,00
Nutzungsdauer	a	14,00	10,00	10,00
Nutzungsumfang	NE	4.500,00	2.571,43	2.571,43
Leistung je Jahr	NE	321,43	257,14	257,14
Restwert	RMB	38.967,23	1.800,00	1.800,00
Abschreibung	RMB/NE	77,93	6,30	6,30
Zinsansatz	RMB/NE	26,67	1,54	1,54
Fixe Kosten Arbeitsmittel	RMB/NE	104,61	7,84	7,84
Leistung im AV	NE/ha	1,00	1,00	1,00
Reparaturkostenansatz	RMB/NE	20,63	22,69	22,69
Variable Kosten Arbeitsm.	RMB/NE	20,63	22,69	22,69
Kosten des Arbeitsm. NE	RMB/NE	125,23	30,53	30,53
Kosten des Arbeitsm. Fl.	RMB/ha	125,23	30,53	30,53
Kosten Arbeitsm. im AV	RMB/ha	191,89	135,37	102,33
Arbeitszeitbedarf	AKh	5,24	11,38	11,38
Lohnkostenansatz	RMB/AKh	15,00	15,00	15,00
Kosten Arbeitskraft	RMB/ha	3,93	8,54	8,54
Zinskosten Arbeiterledig.	RMB/ha	0,73	1,15	0,85
<b>Arbeiterledigungsk. AV</b>	<b>RMB/ha</b>	<b>196,55</b>	<b>145,06</b>	<b>111,72</b>

Tabelle 139: Kennzahlen des Arbeitsverfahrens: Bodenbearbeitung – Scheibenegge

Kennzahlen des Arbeitsverfahrens in Abhängigkeit von der Schlaggröße						
Arbeitsverfahren: Bodenbearbeitung: Scheibenegge						
Fläche [ha]	Arbeitserledigungskosten [RMB/ha]			Arbeitszeitbedarf [AKh/ha]		
	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt
1	297,83	241,41	185,81	1,07	1,47	1,47
2	247,19	195,02	149,63	0,66	1,00	1,00
5	213,76	161,03	123,35	0,40	0,69	0,69
10	203,21	148,11	113,51	0,31	0,58	0,58
20	196,55	145,06	111,72	0,26	0,57	0,57
40	198,26	140,24	108,14	0,27	0,53	0,53
80	196,08	138,46	107,04	0,26	0,53	0,53
120	197,70	139,89	108,38	0,26	0,54	0,54
Fläche [ha]	Flächenleistung [ha/h]			Dieselverbrauch [l/ha]		
	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt
1	0,93	0,68	0,68	7,39	13,61	8,84
2	1,52	1,00	1,00	6,56	11,88	7,70
5	2,53	1,45	1,45	5,87	10,35	6,67
10	3,22	1,73	1,73	5,68	9,70	6,24
20	3,81	1,76	1,76	5,48	9,39	6,08
40	3,70	1,87	1,87	5,59	9,09	5,88
80	3,90	1,89	1,89	5,50	8,92	5,78
120	3,82	1,87	1,87	5,63	9,03	5,90

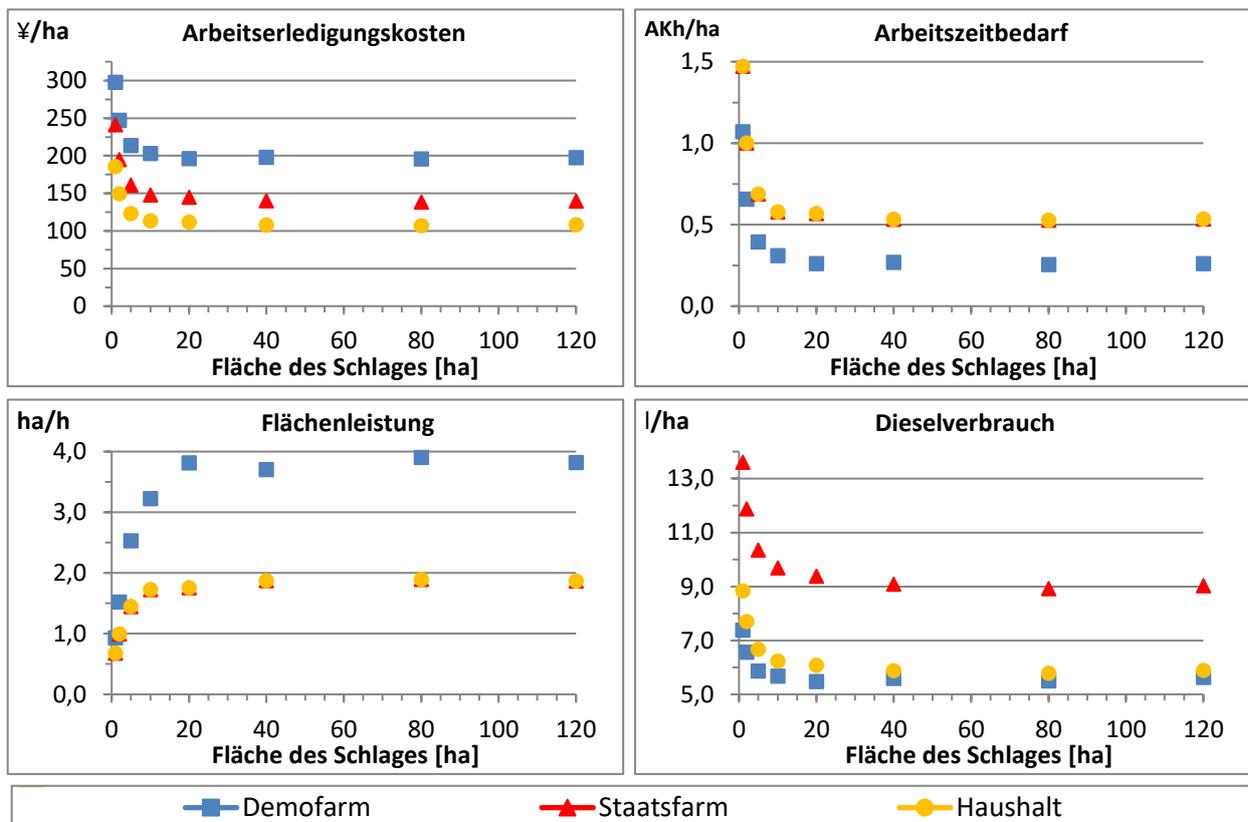


Abbildung 45: grafische Darstellung der flächenabhängigen Kennzahlen des Arbeitsverfahrens: Bodenbearbeitung - Scheibenegge

Tabelle 140: Arbeiterledigungskosten: Bodenbearbeitung – Grubber

<b>Arbeiterledigungskosten: SZ 1 - 2012 - Bodenbearbeitung – Grubber (FA)</b>				
<b>Variante</b>		<b>Demofarm</b>	<b>Staatsfarm</b>	<b>Haushalt</b>
<b>Zugmaschine</b>		<b>Traktor: Claas Axion 850 - 171 KW</b>	<b>Traktor: John Deere (A) 7830 - 170 KW</b>	<b>Traktor: JD 9330 - 285 KW</b>
Anschaffungswert	RMB	701.250,00	900.000,00	1.300.000,00
Nutzungsdauer	a	12,00	12,00	12,00
Nutzungsumfang	Mh	10.000,00	10.000,00	10.000,00
Leistung je Jahr	Mh	833,33	833,33	833,33
Restwert	RMB	70.125,00	90.000,00	130.000,00
Abschreibung	RMB/Mh	63,11	81,00	117,00
Zinsansatz	RMB/Mh	18,51	23,76	34,32
Fixe Kosten Arbeitsmittel	RMB/Mh	81,63	104,76	151,32
Fixe Kosten Arbeitsmittel	RMB/ha	25,29	146,11	40,11
Maschinenstunden	Mh	6,20	27,89	5,30
Reparaturkostenansatz	RMB/Mh	37,13	35,48	45,38
Dieselbedarf	l/ha	10,10	22,53	13,74
Preis für Dieseldieselkraftstoff	RMB/l	7,80	7,80	7,80
Schmierstoffbedarf	l/ha	0,10	0,23	0,14
Preis für Schmierstoffe	RMB/l	35,00	35,00	35,00
Reparaturkosten	RMB/ha	11,50	49,48	12,03
Dieseldieselkraftstoffkosten	RMB/ha	78,76	175,72	107,14
Schmierstoffkosten	RMB/ha	3,53	7,88	4,81
Variable Kosten Arbeitsm.	RMB/ha	93,80	233,08	123,98
Kosten Arbeitsm. Zug	RMB/ha	119,08	379,19	164,09
<b>Arbeitsgerät</b>		<b>Grubber: Lemken Karat 9/500 KA- 5,0 m</b>	<b>Grubber: 1 S-7 - 2,5 m</b>	<b>Grubber: JD 512 – 6,0 m</b>
Anschaffungswert	RMB	331.831,50	7.500,00	200.000,00
Nutzungsdauer	a	14,00	10,00	10,00
Nutzungsumfang	NE	5.400,00	1.334,00	5.142,86
Leistung je Jahr	NE	385,71	133,40	514,29
Restwert	RMB	33.183,15	750,00	20.000,00
Abschreibung	RMB/NE	55,31	5,06	35,00
Zinsansatz	RMB/NE	18,93	1,24	8,56
Fixe Kosten Arbeitsmittel	RMB/NE	74,23	6,30	43,56
Leistung im AV	NE/ha	1,00	1,00	1,00
Reparaturkostenansatz	RMB/NE	24,75	12,38	22,69
Variable Kosten Arbeitsm.	RMB/NE	24,75	12,38	22,69
Kosten des Arbeitsm. NE	RMB/NE	98,98	18,67	66,24
Kosten des Arbeitsm. Fl.	RMB/ha	98,98	18,67	66,24
Kosten Arbeitsm. im AV	RMB/ha	218,06	397,87	230,34
Arbeitszeitbedarf	AKh	6,76	30,49	5,78
Lohnkostenansatz	RMB/AKh	15,00	15,00	15,00
Kosten Arbeitskraft	RMB/ha	5,07	22,87	4,33
Zinskosten Arbeiterledig.	RMB/ha	1,19	2,45	1,47
<b>Arbeiterledigungsk. AV</b>	<b>RMB/ha</b>	<b>224,32</b>	<b>423,19</b>	<b>236,14</b>

Tabelle 141: Kennzahlen des Arbeitsverfahrens: Bodenbearbeitung – Grubber

Kennzahlen des Arbeitsverfahrens in Abhängigkeit von der Schlaggröße							
Arbeitsverfahren: Bodenbearbeitung Grubber							
Fläche [ha]	Arbeitserledigungskosten [RMB/ha]			Arbeitszeitbedarf [AKh/ha]			
	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt	
1	372,23	604,15	506,24	1,19	2,44	1,20	
2	298,15	505,63	380,87	0,76	1,92	0,75	
5	249,16	469,58	291,88	0,48	1,76	0,45	
10	233,42	449,27	256,77	0,39	1,65	0,35	
20	224,32	423,19	236,14	0,34	1,52	0,29	
40	224,51	421,65	233,36	0,34	1,52	0,29	
80	223,81	420,86	225,38	0,34	1,52	0,27	
120	225,33	433,68	226,73	0,34	1,56	0,27	
Fläche [ha]	Flächenleistung [ha/h]			Dieselverbrauch [l/ha]			
	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt	
1	0,84	0,41	0,83	14,27	27,73	23,44	
2	1,32	0,52	1,33	12,34	25,37	19,67	
5	2,10	0,57	2,20	10,88	23,90	16,35	
10	2,59	0,61	2,88	10,43	23,37	14,76	
20	2,96	0,66	3,46	10,10	22,53	13,74	
40	2,94	0,66	3,48	10,09	22,42	13,42	
80	2,95	0,66	3,73	10,00	22,35	12,92	
120	2,92	0,64	3,69	10,15	23,09	13,01	

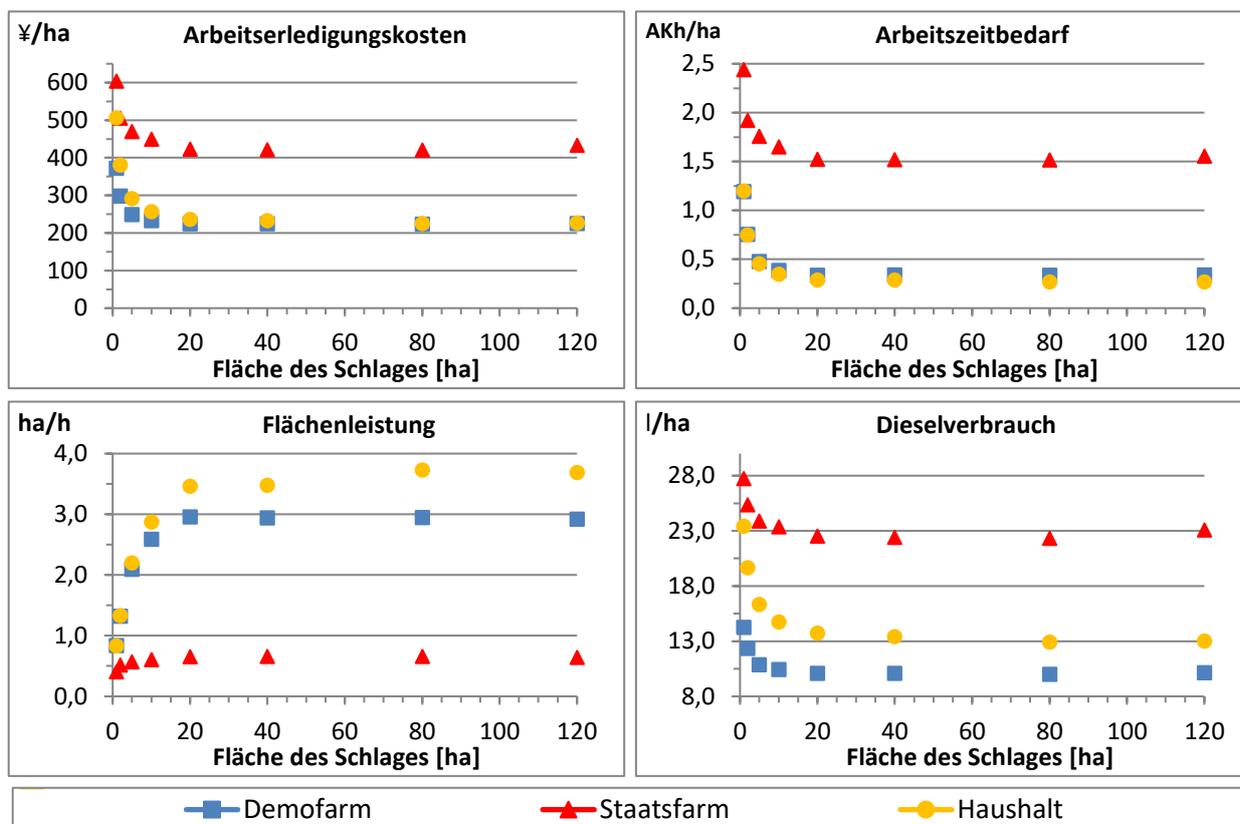


Abbildung 46: grafische Darstellung der flächenabhängigen Kennzahlen des Arbeitsverfahrens: Bodenbearbeitung - Grubber

Tabelle 142: Arbeiterledigungskosten: Bodenbearbeitung – Pflügen

<b>Arbeiterledigungskosten: SZ 1 - 2012 - Bodenbearbeitung – Pflügen (FA)</b>				
<b>Variante</b>		<b>Demofarm</b>	<b>Staatsfarm</b>	<b>Haushalt</b>
<b>Zugmaschine</b>		<b>Traktor: Claas Arion 630 C - 110 KW</b>	<b>Traktor: KAT 1304 - 93 KW</b>	<b>Traktor: Lovol 1854 - 136 KW</b>
Anschaffungswert	RMB	453.750,00	175.560,00	370.000,00
Nutzungsdauer	a	12,00	10,00	10,00
Nutzungsumfang	Mh	10.000,00	8.333,33	8.333,33
Leistung je Jahr	Mh	833,33	833,33	833,33
Restwert	RMB	45.375,00	17.556,00	37.000,00
Abschreibung	RMB/Mh	40,84	18,96	39,96
Zinsansatz	RMB/Mh	11,98	4,63	9,77
Fixe Kosten Arbeitsmittel	RMB/Mh	52,82	23,60	49,73
Fixe Kosten Arbeitsmittel	RMB/ha	60,94	27,89	58,78
Maschinenstunden	Mh	23,08	23,64	23,64
Reparaturkostenansatz	RMB/Mh	30,53	30,53	33,83
Dieselbedarf	l/ha	15,18	17,41	19,52
Preis für Dieseldieselkraftstoff	RMB/l	7,80	7,80	7,80
Schmierstoffbedarf	l/ha	0,15	0,17	0,20
Preis für Schmierstoffe	RMB/l	35,00	35,00	35,00
Reparaturkosten	RMB/ha	35,22	36,08	39,98
Dieseldieselkraftstoffkosten	RMB/ha	118,37	135,83	152,24
Schmierstoffkosten	RMB/ha	5,31	6,09	6,83
Variable Kosten Arbeitsm.	RMB/ha	158,90	178,00	199,05
Kosten Arbeitsm. Zug	RMB/ha	219,85	205,89	257,83
<b>Arbeitsgerät</b>		<b>Pflug: Lemken Europal 8 - 1,4 m</b>	<b>Pflug: 1 LQS 535 - 1,75 m</b>	<b>Pflug: 1 LQS 535 - 1,75 m</b>
Anschaffungswert	RMB	194.153,85	7.870,00	7.870,00
Nutzungsdauer	a	14,00	10,00	10,00
Nutzungsumfang	NE	2.000,00	1.000,00	1.000,00
Leistung je Jahr	NE	142,86	100,00	100,00
Restwert	RMB	19.415,39	787,00	787,00
Abschreibung	RMB/NE	87,37	7,08	7,08
Zinsansatz	RMB/NE	29,90	1,73	1,73
Fixe Kosten Arbeitsmittel	RMB/NE	117,27	8,81	8,81
Leistung im AV	NE/ha	1,00	1,00	1,00
Reparaturkostenansatz	RMB/NE	49,50	37,13	37,13
Variable Kosten Arbeitsm.	RMB/NE	49,50	37,13	37,13
Kosten des Arbeitsm. NE	RMB/NE	166,77	45,94	45,94
Kosten des Arbeitsm. Fl.	RMB/ha	166,77	45,94	45,94
Kosten Arbeitsm. im AV	RMB/ha	386,61	251,83	303,77
Arbeitszeitbedarf	AKh	25,15	25,77	25,77
Lohnkostenansatz	RMB/AKh	15,00	15,00	15,00
Kosten Arbeitskraft	RMB/ha	18,86	19,33	19,33
Zinskosten Arbeiterledig.	RMB/ha	2,08	2,15	2,36
<b>Arbeiterledigungsk. AV</b>	<b>RMB/ha</b>	<b>407,56</b>	<b>273,31</b>	<b>325,46</b>

Tabelle 143: Kennzahlen des Arbeitsverfahrens: Bodenbearbeitung – Pflügen

Kennzahlen des Arbeitsverfahrens in Abhängigkeit von der Schlaggröße						
Arbeitsverfahren: Bodenbearbeitung: Pflügen						
Fläche [ha]	Arbeitserledigungskosten [RMB/ha]			Arbeitszeitbedarf [AKh/ha]		
	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt
1	546,27	399,47	487,19	2,25	2,33	2,33
2	468,73	336,60	405,05	1,67	1,76	1,76
5	417,77	292,43	347,84	1,30	1,38	1,38
10	411,34	280,86	334,21	1,27	1,32	1,32
20	407,56	273,31	325,46	1,26	1,29	1,29
40	403,32	266,08	316,57	1,23	1,24	1,24
80	401,47	261,67	311,28	1,21	1,21	1,21
120	408,94	266,93	318,84	1,25	1,25	1,25
Fläche [ha]	Flächenleistung [ha/h]			Dieselverbrauch [l/ha]		
	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt
1	0,45	0,43	0,43	20,58	24,27	27,14
2	0,60	0,57	0,57	17,86	21,32	23,82
5	0,77	0,72	0,72	15,94	19,04	21,25
10	0,78	0,76	0,76	15,47	18,06	20,20
20	0,80	0,78	0,78	15,18	17,41	19,52
40	0,81	0,81	0,81	15,00	16,92	18,98
80	0,82	0,82	0,82	14,92	16,60	18,64
120	0,80	0,80	0,80	15,34	16,93	19,12

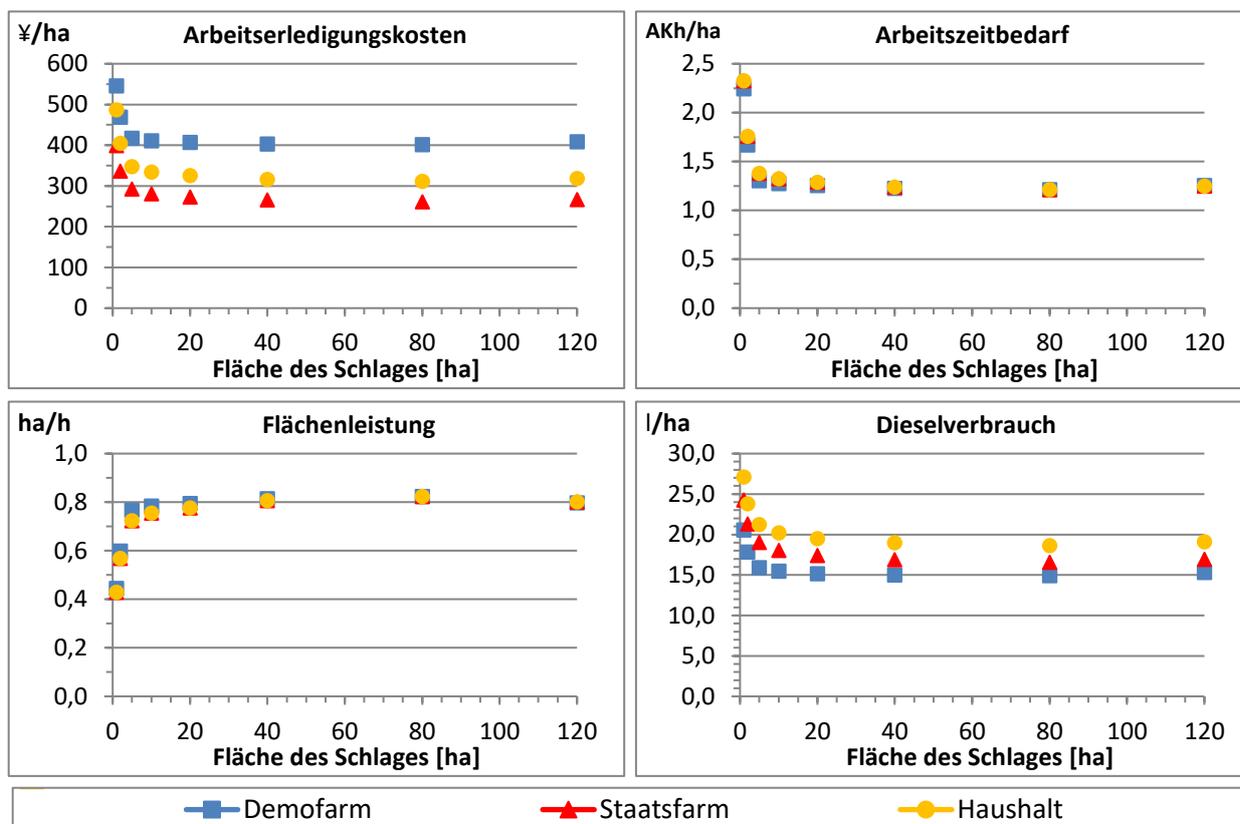


Abbildung 47: grafische Darstellung der flächenabhängigen Kennzahlen des Arbeitsverfahrens: Bodenbearbeitung - Pflügen

Tabelle 144: Arbeiterledigungskosten: Bodenbearbeitung – Walzen

<b>Arbeiterledigungskosten: SZ 1 - 2012 - Bodenbearbeitung: Walzen (FA)</b>				
<b>Variante</b>		<b>Demofarm</b>	<b>Staatsfarm</b>	<b>Haushalt</b>
<b>Zugmaschine</b>		<b>Traktor: Claas Arion 630 C - 110 KW</b>	<b>Traktor: KAT 1304 - 93 KW</b>	<b>Kleintraktor: DF 182 - 14,7 KW</b>
Anschaffungswert	RMB	453.750,00	175.560,00	25.000,00
Nutzungsdauer	a	12,00	10,00	6,00
Nutzungsumfang	Mh	10.000,00	8.333,33	5.000,00
Leistung je Jahr	Mh	833,33	833,33	833,33
Restwert	RMB	45.375,00	17.556,00	2.500,00
Abschreibung	RMB/Mh	40,84	18,96	4,50
Zinsansatz	RMB/Mh	11,98	4,63	0,66
Fixe Kosten Arbeitsmittel	RMB/Mh	52,82	23,60	5,16
Fixe Kosten Arbeitsmittel	RMB/ha	10,56	4,93	3,03
Maschinenstunden	Mh	4,00	4,18	11,75
Reparaturkostenansatz	RMB/Mh	30,53	30,53	8,25
Dieselbedarf	l/ha	1,87	2,07	0,99
Preis für Dieseldieselkraftstoff	RMB/l	7,80	7,80	7,80
Schmierstoffbedarf	l/ha	0,02	0,02	0,01
Preis für Schmierstoffe	RMB/l	35,00	35,00	35,00
Reparaturkosten	RMB/ha	6,10	6,38	4,85
Dieseldieselkraftstoffkosten	RMB/ha	14,61	16,18	7,72
Schmierstoffkosten	RMB/ha	0,66	0,73	0,35
Variable Kosten Arbeitsm.	RMB/ha	21,37	23,29	12,91
Kosten Arbeitsm. Zug	RMB/ha	31,93	28,22	15,95
<b>Arbeitsgerät</b>		<b>Cambridgewalze KTBL - 12,25 m</b>	<b>Walzen: Baihua - 12,25 m</b>	<b>Walzen:EB 3 x 1,3 - 3,9 m</b>
Anschaffungswert	RMB	247.500,00	100.000,00	9.000,00
Nutzungsdauer	a	14,00	10,00	10,00
Nutzungsumfang	NE	7.200,00	5.142,86	1.111,11
Leistung je Jahr	NE	514,29	514,29	111,11
Restwert	RMB	24.750,00	10.000,00	900,00
Abschreibung	RMB/NE	30,94	17,50	7,29
Zinsansatz	RMB/NE	10,59	4,28	1,78
Fixe Kosten Arbeitsmittel	RMB/NE	41,53	21,78	9,07
Leistung im AV	NE/ha	1,00	1,00	1,00
Reparaturkostenansatz	RMB/NE	6,19	6,19	0,83
Variable Kosten Arbeitsm.	RMB/NE	6,19	6,19	0,83
Kosten des Arbeitsm. NE	RMB/NE	47,71	27,97	9,90
Kosten des Arbeitsm. Fl.	RMB/ha	47,71	27,97	9,90
Kosten Arbeitsm. im AV	RMB/ha	79,64	56,18	25,84
Arbeitszeitbedarf	AKh	4,34	4,53	12,87
Lohnkostenansatz	RMB/AKh	15,00	15,00	15,00
Kosten Arbeitskraft	RMB/ha	3,25	3,40	9,65
Zinskosten Arbeiterledig.	RMB/ha	0,28	0,29	0,14
<b>Arbeiterledigungsk. AV</b>	<b>RMB/ha</b>	<b>83,16</b>	<b>59,87</b>	<b>35,63</b>

Tabelle 145: Kennzahlen des Arbeitsverfahrens: Bodenbearbeitung – Walzen

Kennzahlen des Arbeitsverfahrens in Abhängigkeit von der Schlaggröße							
Arbeitsverfahren: Bodenbearbeitung: Walzen							
Fläche [ha]	Arbeitserledigungskosten [RMB/ha]			Arbeitszeitbedarf [AKh/ha]			
	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt	
1	167,24	129,72	53,44	0,98	1,06	1,21	
2	124,93	94,95	44,31	0,59	0,63	0,92	
5	97,86	72,66	38,01	0,34	0,37	0,72	
10	89,44	65,60	35,65	0,27	0,28	0,64	
20	83,16	59,87	35,63	0,22	0,23	0,64	
40	85,29	61,61	35,66	0,23	0,24	0,64	
80	83,32	59,69	35,27	0,21	0,22	0,63	
120	84,79	61,02	36,25	0,22	0,22	0,65	
Fläche [ha]	Flächenleistung [ha/h]			Dieselverbrauch [l/ha]			
	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt	
1	1,02	0,95	0,82	3,02	3,59	1,20	
2	1,71	1,59	1,09	2,54	2,95	1,11	
5	2,91	2,72	1,39	2,14	2,45	1,03	
10	3,75	3,54	1,55	2,05	2,30	0,99	
20	4,61	4,42	1,55	1,87	2,07	0,99	
40	4,40	4,25	1,56	2,01	2,21	0,99	
80	4,70	4,58	1,58	1,94	2,12	0,98	
120	4,59	4,49	1,53	2,06	2,24	1,03	

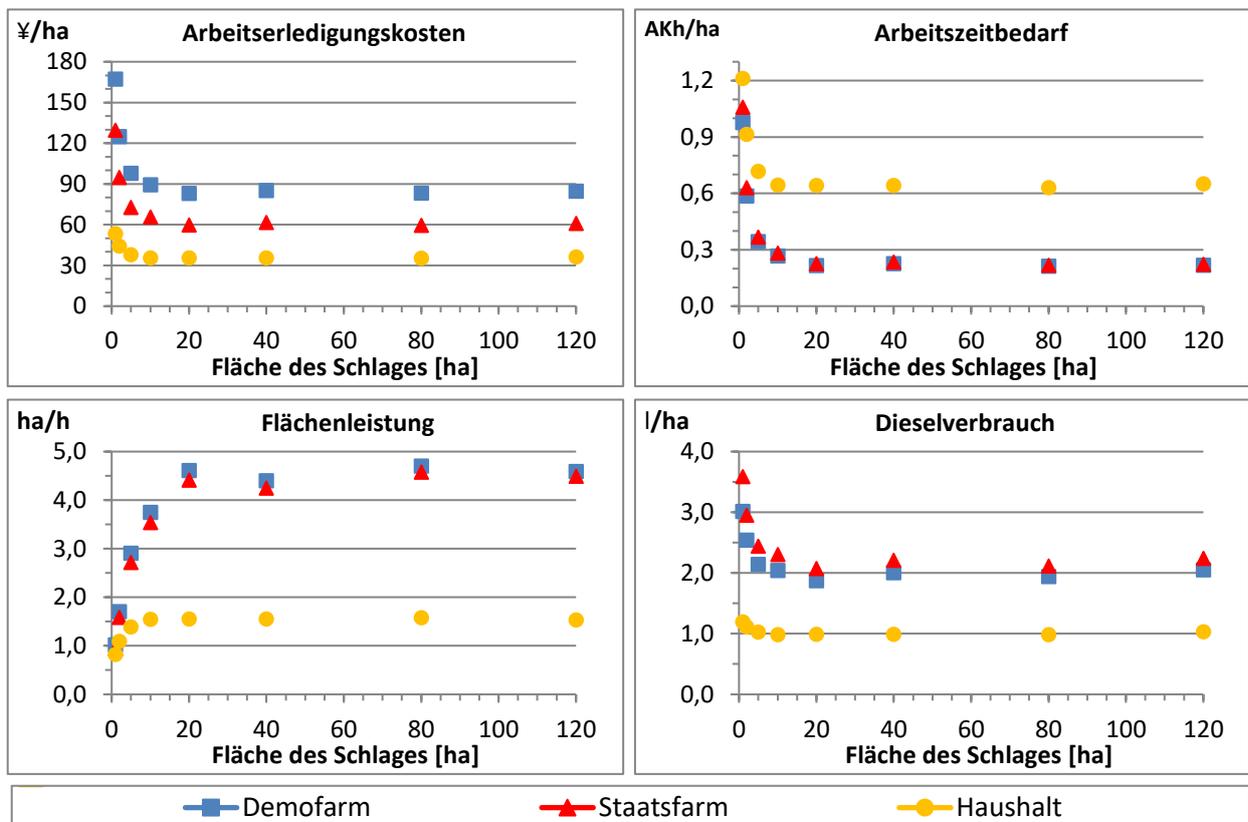


Abbildung 48: grafische Darstellung der flächenabhängigen Kennzahlen des Arbeitsverfahrens: Bodenbearbeitung - Walzen

Tabelle 146: Arbeiterledigungskosten: Pflanzenschutz

<b>Arbeiterledigungskosten: SZ 1 - 2012 – Pflanzenschutz Feldarbeit (FA)</b>				
<b>Variante</b>		<b>Demofarm</b>	<b>Staatsfarm</b>	<b>Haushalt</b>
<b>Zugmaschine</b>		<b>Traktor: Claas Arion 630 C - 110 KW</b>	<b>Traktor: KAT 1304 - 93 KW</b>	<b>Kleintraktor:DF 182 - 14,7 KW</b>
Anschaffungswert	RMB	453.750,00	175.560,00	25.000,00
Nutzungsdauer	a	12,00	10,00	6,00
Nutzungsumfang	Mh	10.000,00	8.333,33	5.000,00
Leistung je Jahr	Mh	833,33	833,33	833,33
Restwert	RMB	45.375,00	17.556,00	2.500,00
Abschreibung	RMB/Mh	40,84	18,96	4,50
Zinsansatz	RMB/Mh	11,98	4,63	0,66
Fixe Kosten Arbeitsmittel	RMB/Mh	52,82	23,60	5,16
Fixe Kosten Arbeitsmittel	RMB/ha	7,26	5,69	3,41
Maschinenstunden	Mh	2,75	4,82	13,23
Reparaturkostenansatz	RMB/Mh	30,53	30,53	8,25
Dieselbedarf	l/ha	0,97	1,61	1,10
Preis für Dieseldieselkraftstoff	RMB/l	7,80	7,80	7,80
Schmierstoffbedarf	l/ha	0,01	0,02	0,01
Preis für Schmierstoffe	RMB/l	35,00	35,00	35,00
Reparaturkosten	RMB/ha	4,20	7,36	5,46
Dieseldieselkraftstoffkosten	RMB/ha	7,57	12,56	8,57
Schmierstoffkosten	RMB/ha	0,34	0,56	0,38
Variable Kosten Arbeitsm.	RMB/ha	12,10	20,48	14,41
Kosten Arbeitsm. Zug	RMB/ha	19,36	26,17	17,82
<b>Arbeitsgerät</b>		<b>Feldspritze: Lemken Primus 45/30 - 30 m</b>	<b>Anbauspritze: 3 WX 1000 - 18 m</b>	<b>Anbauspritze: EB - 5,2 m</b>
Anschaffungswert	RMB	402.946,50	37.600,00	3.480,00
Nutzungsdauer	a	10,00	10,00	6,00
Nutzungsumfang	NE	20.000,00	6.000,00	720,00
Leistung je Jahr	NE	2.000,00	600,00	120,00
Restwert	RMB	40.294,65	3.760,00	348,00
Abschreibung	RMB/NE	18,13	5,64	4,35
Zinsansatz	RMB/NE	4,43	1,38	0,64
Fixe Kosten Arbeitsmittel	RMB/NE	22,57	7,02	4,99
Leistung im AV	NE/ha	1,00	1,00	1,00
Reparaturkostenansatz	RMB/NE	4,33	1,86	2,89
Variable Kosten Arbeitsm.	RMB/NE	4,33	1,86	2,89
Kosten des Arbeitsm. NE	RMB/NE	26,90	8,87	7,88
Kosten des Arbeitsm. Fl.	RMB/ha	26,90	8,87	7,88
Kosten Arbeitsm. im AV	RMB/ha	46,26	35,04	25,70
Arbeitszeitbedarf	AKh	2,95	5,24	14,50
Lohnkostenansatz	RMB/AKh	15,00	15,00	15,00
Kosten Arbeitskraft	RMB/ha	2,21	3,93	10,87
Zinskosten Arbeiterledig.	RMB/ha	0,16	0,22	0,17
<b>Arbeiterledigungsk. AV</b>	<b>RMB/ha</b>	<b>48,64</b>	<b>39,20</b>	<b>36,75</b>

Tabelle 147: Arbeitserledigungskosten: Pflanzenschutz – Wassertransport

<b>Arbeitserledigungskosten: SZ 1 - 2012 - Pflanzenschutz 1.2 Wassertransport (TR)</b>				
<b>Variante</b>		<b>Demofarm</b>	<b>Staatsfarm</b>	<b>Haushalt</b>
<b>Zugmaschine</b>		<b>Traktor: Claas Axion 810 - 125 KW</b>	<b>Traktor: KAT 1304 - 93 KW</b>	<b>Kleintraktor: DF 182 - 14,7 KW</b>
Anschaffungswert	RMB	505.858,65	175.560,00	25.000,00
Nutzungsdauer	a	12,00	10,00	6,00
Nutzungsumfang	Mh	10.000,00	8.333,33	5.000,00
Leistung je Jahr	Mh	833,33	833,33	833,33
Restwert	RMB	50.585,87	17.556,00	2.500,00
Abschreibung	RMB/Mh	45,53	18,96	4,50
Zinsansatz	RMB/Mh	13,35	4,63	0,66
Fixe Kosten Arbeitsmittel	RMB/Mh	58,88	23,60	5,16
Fixe Kosten Arbeitsmittel	RMB/ha	4,47	2,04	1,35
Maschinenstunden	Mh	1,52	1,73	5,21
Reparaturkostenansatz	RMB/Mh	32,18	30,53	8,25
Dieselbedarf	l/ha	0,24	0,48	1,44
Preis für Dieseldieselkraftstoff	RMB/l	7,80	7,80	7,80
Schmierstoffbedarf	l/ha	0,00	0,00	0,01
Preis für Schmierstoffe	RMB/l	35,00	35,00	35,00
Reparaturkosten	RMB/ha	2,44	2,64	2,15
Dieseldieselkraftstoffkosten	RMB/ha	1,87	3,74	11,23
Schmierstoffkosten	RMB/ha	0,08	0,17	0,50
Variable Kosten Arbeitsm.	RMB/ha	4,40	6,55	13,89
Kosten Arbeitsm. Zug	RMB/ha	8,87	8,59	15,23
<b>Arbeitsgerät</b>		<b>Vakuumentankwagen, KTBL - 30t</b>	<b>Wasserfass: EB 5000 auf Hänger - 8t</b>	<b>Wasserfass: EB 1000 , Hänger - 1,5 t</b>
Anschaffungswert	RMB	280.500,00	10.000,00	800,00
Nutzungsdauer	a	10,00	8,00	8,00
Nutzungsumfang	NE	160.000,00	6.400,00	3.200,00
Leistung je Jahr	NE	16.000,00	800,00	400,00
Restwert	RMB	28.050,00	1.000,00	80,00
Abschreibung	RMB/NE	1,58	1,41	0,23
Zinsansatz	RMB/NE	0,39	0,28	0,04
Fixe Kosten Arbeitsmittel	RMB/NE	1,96	1,68	0,27
Leistung im AV	NE/ha	0,25	0,25	0,25
Reparaturkostenansatz	RMB/NE	1,65	0,41	0,21
Variable Kosten Arbeitsm.	RMB/NE	1,65	0,41	0,21
Kosten des Arbeitsm. NE	RMB/NE	3,61	2,09	0,48
Kosten des Arbeitsm. Fl.	RMB/ha	0,91	0,53	0,12
Kosten Arbeitsm. im AV	RMB/ha	9,78	9,11	15,35
Arbeitszeitbedarf	AKh	1,60	3,67	11,44
Lohnkostenansatz	RMB/AKh	15,00	15,00	15,00
Kosten Arbeitskraft	RMB/ha	1,20	2,75	8,58
Zinskosten Arbeitserledig.	RMB/ha	0,05	0,07	0,14
<b>Arbeitserledigungsk. AV</b>	<b>RMB/ha</b>	<b>11,03</b>	<b>11,93</b>	<b>24,07</b>

Tabelle 148: Kennzahlen des Arbeitsverfahrens: Pflanzenschutz

Kennzahlen des Arbeitsverfahrens in Abhängigkeit von der Schlaggröße						
Arbeitsverfahren: Pflanzenschutz						
Fläche [ha]	Arbeiterledigungskosten [RMB/ha]			Arbeitszeitbedarf [AKh/ha]		
	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt
1	256,96	201,74	97,33	2,14	3,30	2,80
2	161,42	129,29	73,98	1,22	1,92	1,96
5	95,92	77,32	61,83	0,62	1,02	1,50
10	74,15	60,78	59,00	0,42	0,73	1,37
20	61,55	54,38	64,50	0,31	0,62	1,49
40	53,87	53,97	67,98	0,25	0,62	1,58
80	54,97	51,65	72,38	0,26	0,59	1,70
120	54,40	56,77	93,20	0,25	0,66	2,19
Fläche [ha]	Flächenleistung [ha/h]			Dieselverbrauch [l/ha]		
	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt
1	1,02	0,88	0,73	3,31	4,01	2,63
2	1,81	1,43	0,94	2,57	3,37	2,22
5	3,52	2,43	1,22	1,74	2,40	2,13
10	5,19	3,16	1,36	1,45	2,14	2,19
20	6,77	3,82	1,38	1,21	2,09	2,54
40	8,24	3,84	1,39	1,03	2,07	2,74
80	8,19	4,11	1,39	1,08	2,00	2,98
120	8,57	4,04	1,34	1,12	2,33	4,25

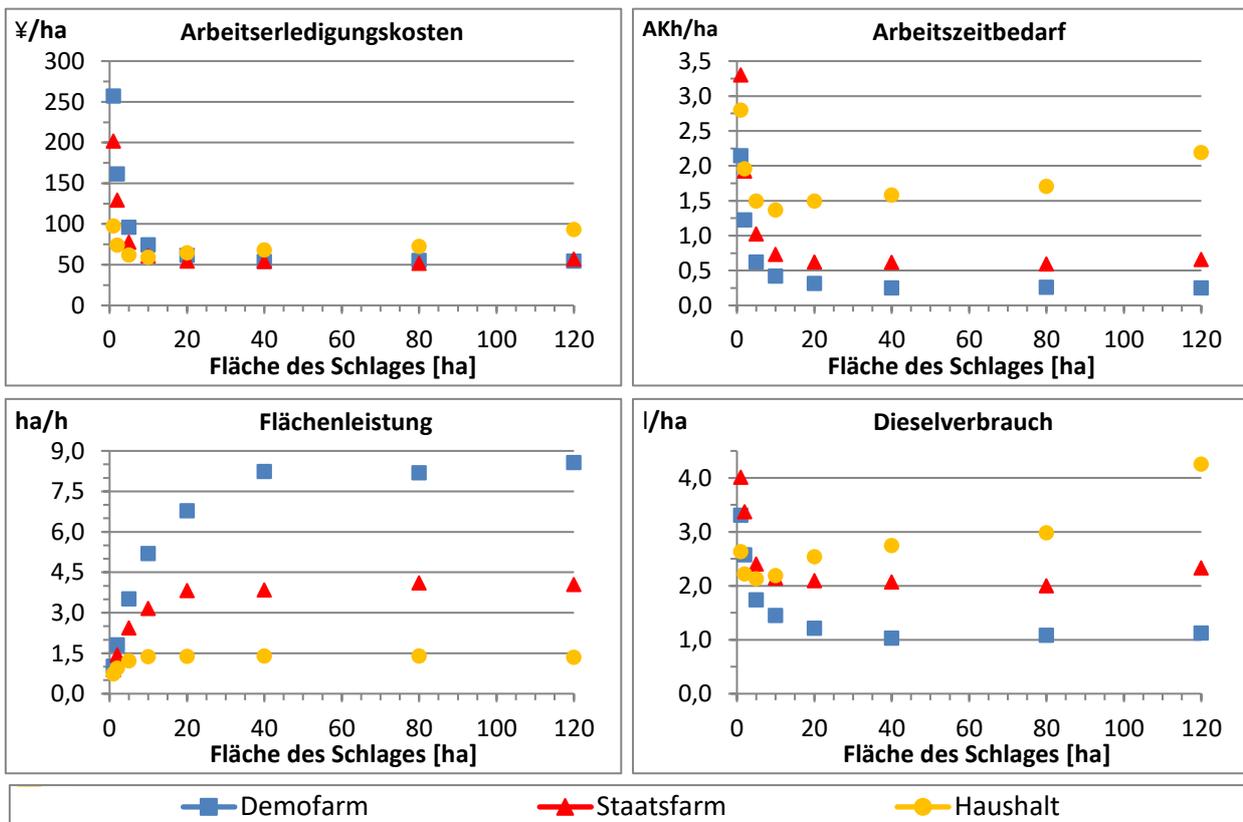


Abbildung 49: grafische Darstellung der flächenabhängigen Kennzahlen des Arbeitsverfahrens: Pflanzenschutz

Tabelle 149: Arbeitserledigungskosten: Düngung - N-Gabe in Bestand (25 kg/ha)

<b>Arbeitserledigungskosten: SZ 1 - 2012 - Düngung - N-Gabe in Bestand (25 kg/ha) Feldarbeit (FA)</b>				
<b>Variante</b>		<b>Demofarm</b>	<b>Staatsfarm</b>	<b>Haushalt</b>
<b>Zugmaschine</b>		<b>Traktor: Claas Arion 630 C - 110 KW</b>	<b>Traktor: KAT 1304 - 93 KW</b>	<b>Kleintraktor: DF404 - 29,41 KW</b>
Anschaffungswert	RMB	453.750,00	175.560,00	44.000,00
Nutzungsdauer	a	12,00	10,00	6,00
Nutzungsumfang	Mh	10.000,00	8.333,33	5.000,00
Leistung je Jahr	Mh	833,33	833,33	833,33
Restwert	RMB	45.375,00	17.556,00	4.400,00
Abschreibung	RMB/Mh	40,84	18,96	7,92
Zinsansatz	RMB/Mh	11,98	4,63	1,16
Fixe Kosten Arbeitsmittel	RMB/Mh	52,82	23,60	9,08
Fixe Kosten Arbeitsmittel	RMB/ha	5,00	10,16	6,66
Maschinenstunden	Mh	1,89	8,61	14,67
Reparaturkostenansatz	RMB/Mh	30,53	30,53	8,25
Dieselbedarf	l/ha	0,74	7,75	4,81
Preis für Dieseldieselkraftstoff	RMB/l	7,80	7,80	7,80
Schmierstoffbedarf	l/ha	0,01	0,08	0,05
Preis für Schmierstoffe	RMB/l	35,00	35,00	35,00
Reparaturkosten	RMB/ha	2,89	13,14	6,05
Dieseldieselkraftstoffkosten	RMB/ha	5,77	60,48	37,53
Schmierstoffkosten	RMB/ha	0,26	2,71	1,68
Variable Kosten Arbeitsm.	RMB/ha	8,92	76,33	45,27
Kosten Arbeitsm. Zug	RMB/ha	13,93	86,49	51,93
<b>Arbeitsgerät</b>		<b>Düngerstreuer: Rauch Axis 30.1-30m</b>	<b>Drillmaschine: Baihua 2 BSW - 5,4m</b>	<b>Drillmaschine: BS 240 - 2,4 m</b>
Anschaffungswert	RMB	37.537,50	48.250,00	15.000,00
Nutzungsdauer	a	10,00	10,00	6,00
Nutzungsumfang	NE	4.000,00	2.142,86	642,86
Leistung je Jahr	NE	400,00	214,29	107,14
Restwert	RMB	3.753,75	4.825,00	1.500,00
Abschreibung	RMB/NE	8,45	20,27	21,00
Zinsansatz	RMB/NE	2,06	4,95	3,08
Fixe Kosten Arbeitsmittel	RMB/NE	10,51	25,22	24,08
Leistung im AV	NE/ha	0,03	0,03	0,03
Reparaturkostenansatz	RMB/NE	6,19	20,63	10,31
Variable Kosten Arbeitsm.	RMB/NE	6,19	20,63	10,31
Kosten des Arbeitsm. NE	RMB/NE	16,70	45,84	34,39
Kosten des Arbeitsm. Fl.	RMB/ha	0,42	1,15	0,86
Kosten Arbeitsm. im AV	RMB/ha	14,34	132,34	86,32
Arbeitszeitbedarf	AKh	2,00	9,32	16,01
Lohnkostenansatz	RMB/AKh	15,00	15,00	15,00
Kosten Arbeitskraft	RMB/ha	1,50	6,99	12,01
Zinskosten Arbeitserledig.	RMB/ha	0,09	0,97	0,56
<b>Arbeitserledigungsk. AV</b>	<b>RMB/ha</b>	<b>15,94</b>	<b>140,30</b>	<b>98,89</b>

Tabelle 150: Kennzahlen des Arbeitsverfahrens: Düngung - N-gabe in den Bestand

Kennzahlen des Arbeitsverfahrens in Abhängigkeit von der Schlaggröße						
Arbeitsverfahren: Düngung, Harnstoff in den Bestand streuen						
Fläche [ha]	Arbeiterledigungskosten [RMB/ha]			Arbeitszeitbedarf [AKh/ha]		
	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt
1	209,63	311,67	171,86	1,75	2,79	3,08
2	118,07	237,50	140,44	0,95	1,68	2,06
5	56,92	175,86	115,52	0,43	0,92	1,31
10	36,65	154,08	112,32	0,26	0,66	1,24
20	25,01	148,12	106,11	0,16	0,62	1,07
40	18,22	139,56	101,15	0,11	0,54	0,93
80	14,57	132,24	101,19	0,08	0,46	0,95
120	14,51	134,01	102,95	0,08	0,48	0,98
Fläche [ha]	Flächenleistung [ha/h]			Dieselverbrauch [l/ha]		
	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt
1	1,08	0,68	0,68	4,12	14,32	7,35
2	2,00	1,04	0,91	2,83	12,23	6,48
5	4,24	1,65	1,16	1,70	9,54	5,56
10	6,82	2,09	1,17	1,33	8,53	5,35
20	9,98	2,15	1,25	1,06	7,99	5,05
40	13,34	2,35	1,32	0,87	7,48	4,85
80	16,07	2,59	1,33	0,76	7,08	4,82
120	16,36	2,51	1,28	0,79	7,18	4,91

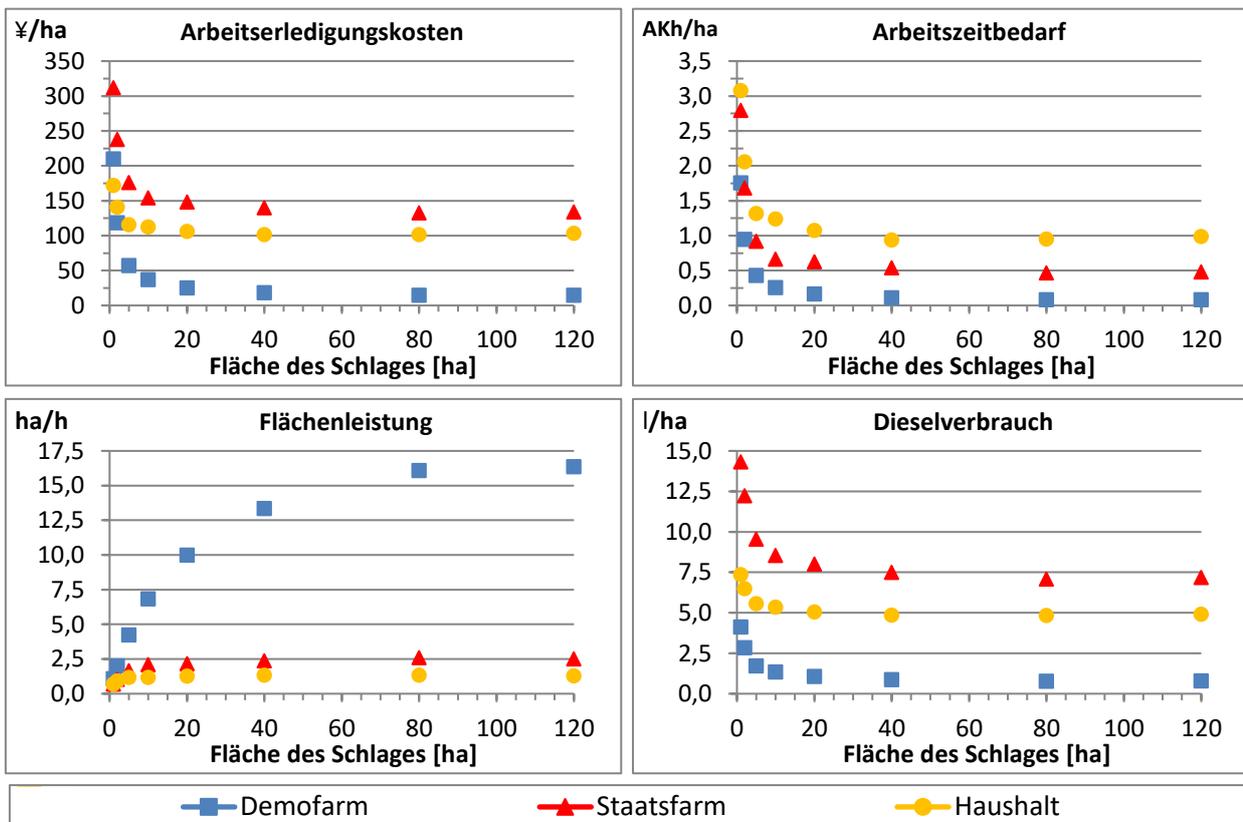


Abbildung 50: grafische Darstellung der flächenabhängigen Kennzahlen des Arbeitsverfahrens: Düngung - N-Gabe in den Bestand

Tabelle 151: Arbeitserledigungskosten: Ernte - Sommerweizen (40 dt/ha)

<b>Arbeitserledigungskosten: SZ 1 - 2012 - SW - Ernte - (40 dt/ha) Feldarbeit (FA)</b>				
<b>Variante</b>		<b>Demofarm</b>	<b>Staatsfarm</b>	<b>Haushalt</b>
<b>Zugmaschine</b>		<b>Drescher: Class Lexion 570 - 265 KW</b>	<b>Drescher: John Deere 1076 - 117 KW</b>	<b>Drescher: John Deere 1048 - 85 KW</b>
Anschaffungswert	RMB	1.897.500,00	451.148,50	183.200,00
Nutzungsdauer	a	10,00	6,00	6,00
Nutzungsumfang	Mh	3.000,00	1.800,00	1.800,00
Leistung je Jahr	Mh	300,00	300,00	300,00
Restwert	RMB	189.750,00	45.114,85	18.320,00
Abschreibung	RMB/Mh	569,25	225,57	91,60
Zinsansatz	RMB/Mh	139,15	33,08	13,43
Fixe Kosten Arbeitsmittel	RMB/Mh	708,40	258,66	105,03
Fixe Kosten Arbeitsmittel	RMB/ha	234,57	220,07	128,33
Maschinenstunden	Mh	6,62	17,02	24,44
Reparaturkostenansatz	RMB/Mh	66,00	41,25	28,88
Dieselbedarf	l/ha	15,43	16,02	16,97
Preis für Dieselkraftstoff	RMB/l	7,80	7,80	7,80
Schmierstoffbedarf	l/ha	0,15	0,16	0,17
Preis für Schmierstoffe	RMB/l	35,00	35,00	35,00
Reparaturkosten	RMB/ha	21,85	35,10	35,28
Dieseldieselkraftstoffkosten	RMB/ha	120,34	124,97	132,40
Schmierstoffkosten	RMB/ha	5,40	5,61	5,94
Variable Kosten Arbeitsm.	RMB/ha	147,59	165,67	173,62
Kosten Arbeitsm. Zug	RMB/ha	382,17	385,74	301,95
<b>Arbeitsgerät</b>		<b>Schneidwerk: Claas S750 Au- tocontur 7,5</b>	<b>Schneidwerk: John Deere (C) - 4,57 m</b>	<b>Schneidwerk: John Deere (C) - 3,66 m</b>
Anschaffungswert	RMB	247.500,00	70.000,00	50.000,00
Nutzungsdauer	a	10,00	6,00	6,00
Nutzungsumfang	NE	4.300,00	1.680,00	1.680,00
Leistung je Jahr	NE	430,00	280,00	280,00
Restwert	RMB	24.750,00	7.000,00	5.000,00
Abschreibung	RMB/NE	51,80	37,50	26,79
Zinsansatz	RMB/NE	12,66	5,50	3,93
Fixe Kosten Arbeitsmittel	RMB/NE	64,47	43,00	30,71
Leistung im AV	NE/ha	1,00	1,00	1,00
Reparaturkostenansatz	RMB/NE	20,63	20,63	20,63
Variable Kosten Arbeitsm.	RMB/NE	20,63	20,63	20,63
Kosten des Arbeitsm. NE	RMB/NE	85,09	63,63	51,34
Kosten des Arbeitsm. Fl.	RMB/ha	85,09	63,63	51,34
Kosten Arbeitsm. im AV	RMB/ha	467,26	449,37	353,28
Arbeitszeitbedarf	AKh	7,22	18,51	26,62
Lohnkostenansatz	RMB/AKh	15,00	15,00	15,00
Kosten Arbeitskraft	RMB/ha	5,42	13,88	19,96
Zinskosten Arbeitserledig.	RMB/ha	1,68	1,86	1,94
<b>Arbeitserledigungsk. AV</b>	<b>RMB/ha</b>	<b>474,36</b>	<b>465,11</b>	<b>375,19</b>

Tabelle 152: Arbeiterledigungskosten: Ernte1.2 Sommerweizen – Transport

<b>Arbeiterledigungskosten: SZ 1 - 2012 - SW - Ernte1.2 - Transport (TR)</b>				
<b>Variante</b>		<b>Demofarm</b>	<b>Staatsfarm</b>	<b>Haushalt</b>
<b>Zugmaschine</b>		<b>Traktor: Claas Axion 850 - 171 KW</b>	<b>LKW Foton Forland - 200 KW</b>	<b>Kleintraktor: DF182 - 14,7 KW</b>
Anschaffungswert	RMB	701.250,00	340.000,00	25.000,00
Nutzungsdauer	a	12,00	6,00	6,00
Nutzungsumfang	Mh	10.000,00	12.000,00	5.000,00
Leistung je Jahr	Mh	833,33	2.000,00	833,33
Restwert	RMB	70.125,00	34.000,00	2.500,00
Abschreibung	RMB/Mh	63,11	25,50	4,50
Zinsansatz	RMB/Mh	18,51	3,74	0,66
Fixe Kosten Arbeitsmittel	RMB/Mh	81,63	29,24	5,16
Fixe Kosten Arbeitsmittel	RMB/ha	11,48	8,10	11,77
Maschinenstunden	Mh	2,81	5,54	45,63
Reparaturkostenansatz	RMB/Mh	37,13	41,25	8,25
Dieselbedarf	l/ha	0,72	1,92	12,96
Preis für Dieseldieselkraftstoff	RMB/l	7,80	7,80	7,80
Schmierstoffbedarf	l/ha	0,01	0,02	0,13
Preis für Schmierstoffe	RMB/l	35,00	35,00	35,00
Reparaturkosten	RMB/ha	5,22	11,43	18,82
Dieseldieselkraftstoffkosten	RMB/ha	5,62	14,98	101,09
Schmierstoffkosten	RMB/ha	0,25	0,67	4,54
Variable Kosten Arbeitsm.	RMB/ha	11,09	27,08	124,45
Kosten Arbeitsm. Zug	RMB/ha	22,57	35,18	136,22
<b>Arbeitsgerät</b>		<b>Hängergespann Dreiseitenkipper, KTBL- 2 x 13,5t</b>	<b>Pritsche Foton LKW - 12 t</b>	<b>Hänger einachsiger - 1,5t</b>
Anschaffungswert	RMB	330.000,00	125.000,00	3.000,00
Nutzungsdauer	a	15,00	11,00	8,00
Nutzungsumfang	NE	100.000,00	30.000,00	4.800,00
Leistung je Jahr	NE	6.666,67	2.727,27	600,00
Restwert	RMB	33.000,00	12.500,00	300,00
Abschreibung	RMB/NE	2,97	3,75	0,56
Zinsansatz	RMB/NE	1,09	1,01	0,11
Fixe Kosten Arbeitsmittel	RMB/NE	4,06	4,76	0,67
Leistung im AV	NE/ha	80,00	80,00	80,00
Reparaturkostenansatz	RMB/NE	1,65	0,41	0,83
Variable Kosten Arbeitsm.	RMB/NE	1,65	0,41	0,83
Kosten des Arbeitsm. NE	RMB/NE	5,71	5,17	1,50
Kosten des Arbeitsm. Fl.	RMB/ha	22,84	20,68	5,99
Kosten Arbeitsm. im AV	RMB/ha	45,41	55,87	142,21
Arbeitszeitbedarf	AKh	3,06	12,07	101,03
Lohnkostenansatz	RMB/AKh	15,00	15,00	15,00
Kosten Arbeitskraft	RMB/ha	2,30	9,06	75,77
Zinskosten Arbeiterledig.	RMB/ha	0,18	0,29	1,28
<b>Arbeiterledigungsk. AV</b>	<b>RMB/ha</b>	<b>47,88</b>	<b>65,21</b>	<b>219,26</b>

Tabelle 153: Kennzahlen des Arbeitsverfahrens: Ernte -Sommerweizen (40 dt/ha)

Kennzahlen des Arbeitsverfahrens in Abhängigkeit von der Schlaggröße						
Arbeitsverfahren: Ernte Sommerweizen						
Fläche [ha]	Arbeitserledigungskosten [RMB/ha]			Arbeitszeitbedarf [AKh/ha]		
	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt
1	1908,90	990,31	692,37	3,03	3,46	5,08
2	1226,70	734,28	590,42	1,75	2,38	4,73
5	759,22	577,72	526,12	0,90	1,75	4,55
10	623,16	555,28	553,12	0,67	1,73	5,50
20	522,24	532,50	597,66	0,51	1,67	6,60
40	504,87	518,67	636,30	0,50	1,66	7,61
80	493,57	519,69	684,32	0,50	1,69	8,71
120	509,23	558,48	896,32	0,57	1,93	13,19
Fläche [ha]	Flächenleistung [ha/h]			Dieselverbrauch [l/ha]		
	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt	Demofarm	Staatsfarm	Haushalt
1	0,57	0,47	0,39	39,34	25,83	27,50
2	0,93	0,67	0,54	28,41	21,20	25,99
5	1,65	0,94	0,70	20,44	18,83	25,14
10	2,16	1,00	0,74	18,36	18,00	27,07
20	2,77	1,08	0,75	16,15	17,94	29,93
40	2,93	1,14	0,77	15,63	17,81	32,60
80	3,05	1,16	0,78	15,17	18,12	35,64
120	3,05	1,11	0,73	15,96	20,29	48,74

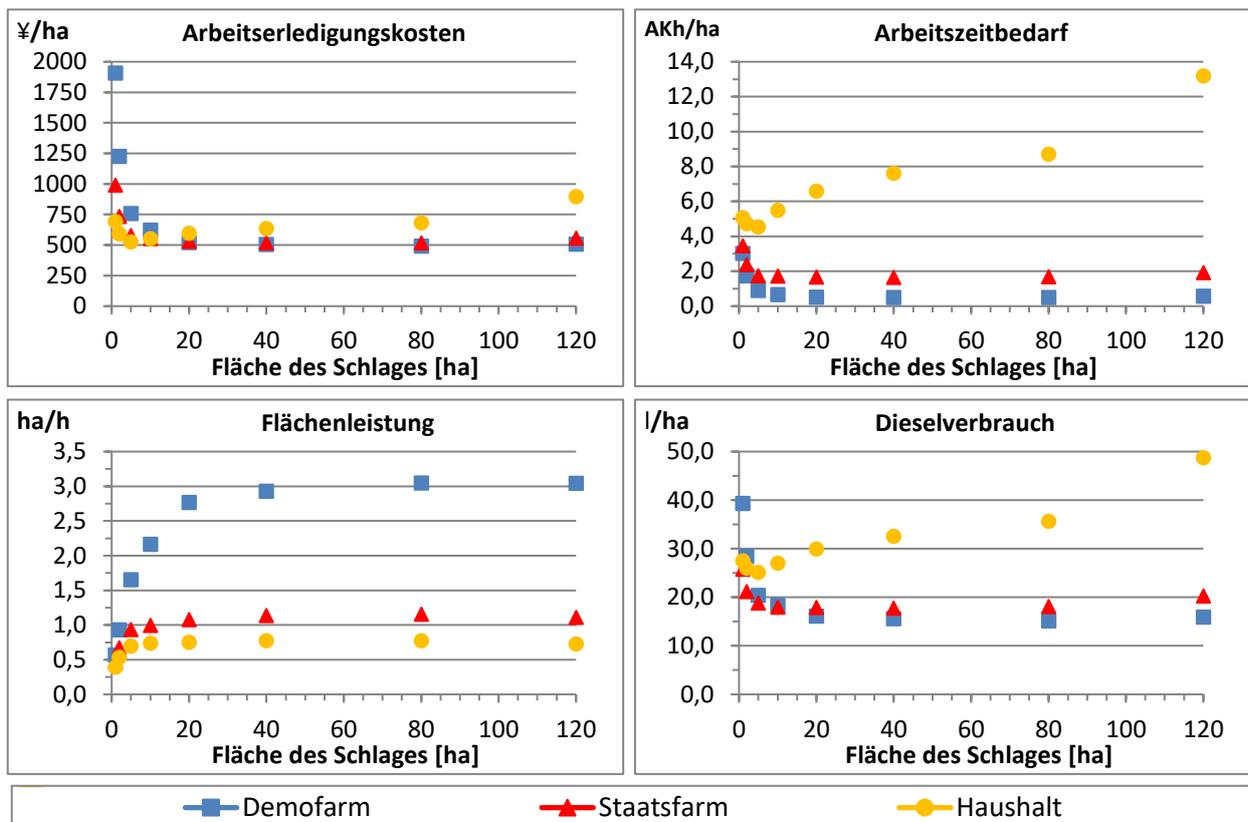


Abbildung 51: grafische Darstellung der flächenabhängigen Kennzahlen des Arbeitsverfahrens: Ernte - Sommerweizen (40 dt/ha)

## Anhang E: Beispielrechnung zum linearen gemischten Modell

In diesem Abschnitt sollen die Grundlagen der gemischten linearen Modelle anhand eines Berechnungsbeispiels erläutert werden. Angelehnt an den vorliegenden Versuchsdaten der On-Farm Experimente wird zur Erläuterung und besseren Darstellung ein fiktiver Beispieldatensatz verwendet. Eine Darstellung anhand der Versuchsdaten des On-Farm Versuchs ist aufgrund des Umfangs des Datensatzes nicht möglich. Die Grundlagen zur Berechnung sind den Vorlesungsunterlagen von Spilke und Mielenz (2009) und der SAS-Dokumentation (SAS Institute Inc., 2006) entnommen.

In einem On-Farm Experiment sollen drei Bewirtschaftungsvarianten (1-2-3) auf ihren Einfluss auf den Kornertrag in Winterweizen untersucht werden. Dazu wurde ein On-Farm Experiment mit vier randomisierten Blocks angelegt. Das Vollständige Randomisierte Block Design (RCBD) ist, mit einem fixen Effekt (Behandlung) und einem zufälligen Effekt (Block), eine der einfachsten Anwendungen des linearen gemischten Modells. Der Ertrag und die elektrische Leitfähigkeit des Bodens wurden mit zwei Messungen je Parzelle als georeferenzierte Datenpunkte erfasst. Die EC-Werte werden als Kovariable im linearen gemischten Modell eingesetzt um einen eventuellen Bodentrend abzubilden. Die Koordinaten der Punkte werden wiederum genutzt um eine räumliche Kovarianzstruktur im Modell zu berücksichtigen. Die Effekte der Düngervarianten können als fix angesehen werden, da diese bewusst ausgewählt wurden. Die Blocks dagegen werden als zufälliger Effekt ins lineare gemischte Modell aufgenommen, da diese randomisiert angelegt werden. In Tabelle 154 wird der im Berechnungsbeispiel zu Grunde liegende Datensatz dargestellt:

Tabelle 154: Daten des Berechnungsbeispiels lineares gemischte Modell

Daten des Berechnungsbeispiels - Vergleich von Bewirtschaftungsvarianten im On-Farm Experiment							
Nr.	Parzelle	Block	Variante	Ertrag	x	y	EC
1	1	1	1	145	17	69	70
2	1	1	1	144	22	63	70
3	2	1	2	138	18	58	70
4	2	1	2	133	22	56	60
5	3	1	3	129	14	46	60
6	3	1	3	122	25	47	60
7	4	2	1	115	18	33	60
8	4	2	1	113	25	36	50
9	5	2	3	105	12	28	50
10	5	2	3	102	26	22	50
11	6	2	2	96	13	11	50
12	6	2	2	99	22	19	40
13	7	3	2	120	37	69	70
14	7	3	2	133	43	62	60
15	8	3	3	125	37	58	60
16	8	3	3	129	43	52	60
17	9	3	1	115	39	45	60
18	9	3	1	119	44	42	50
19	10	4	2	108	34	36	50
20	10	4	2	100	43	31	50
21	11	4	1	95	32	22	50
22	11	4	1	97	48	26	40
23	12	4	3	120	34	12	40
24	12	4	3	89	46	12	40

Zur Aufstellung des Gleichungssystems nach:

$$\underline{y} = X\underline{\beta} + Z\underline{u} + \underline{e} \quad (153)$$

werden die drei Düngungsvarianten ( $i = 1, \dots, a$ ) in den vier randomisierten Blöcken ( $j = 1, \dots, b$ ) mit zwei georeferenzierten Messungen je Parzelle ( $k = 1, \dots, n$ ) einbezogen. Daraus folgt:  $N = 24$ ,  $p = a + 1 = 4$  sowie  $q = b = 4$ . Hier eine kurze Übersicht in Tabelle 155 zur Struktur der daraus folgenden Matrizen im Berechnungsbeispiel:

Tabelle 155: Übersicht zur Struktur der Matrizen im Berechnungsbeispiel LGM

Übersicht zur Struktur der Matrizen im Berechnungsbeispiel LGM			
Abk.	Matrix	Allgemeine Struktur	Struktur im Bsp.
Y	Prüfmerkmal	= $N \times 1$	= $24 \times 1$
X	Versuchsplanmatrix der festen Effekte	= $N \times p$	= $24 \times 4$
B	Vektor der festen Effekte	= $p \times 1$	= $4 \times 1$
Z	Versuchsplanmatrix der zufälligen Effekte	= $N \times q$	= $24 \times 4$
U	Vektor der zufälligen Effekte	= $q \times 1$	= $4 \times 1$
E	Vektor der Resteffekte	= $N \times 1$	= $24 \times 1$
G	Kovarianzmatrix der zufälligen Effekte	= $q \times q$	= $4 \times 4$
R	Kovarianzmatrix der Resteffekte	= $N \times N$	= $24 \times 24$

Daraus folgt aus Formel (153) das Gleichungssystem (unvollständig):

$$\begin{bmatrix} 145 \\ 144 \\ 138 \\ 133 \\ 129 \\ 122 \\ \vdots \\ 89 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \hat{\mu} \\ \hat{\beta}_1 \\ \hat{\beta}_2 \\ \hat{\beta}_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \hat{u}_1 \\ \hat{u}_2 \\ \hat{u}_3 \\ \hat{u}_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \hat{e}_1 \\ \hat{e}_2 \\ \hat{e}_3 \\ \hat{e}_4 \\ \hat{e}_5 \\ \hat{e}_6 \\ \vdots \\ \hat{e}_{24} \end{bmatrix} \quad (154)$$

## E.1 Berechnung der Matrix V und Schätzung der festen Effekte

Hier im Beispiel soll von gegebenen (in SAS berechneten) Varianzkomponenten,  $\sigma_b^2 = 237,72$  und  $\sigma_e^2 = 82,75$  ausgegangen werden. Die Berechnung der Varianzkomponenten unter REML ist zu umfangreich und komplex für eine Darstellung. Damit ergibt sich die Matrix G ( $4 \times 4$ ):

$$G = \begin{bmatrix} \sigma_b^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_b^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_b^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \sigma_b^2 \end{bmatrix} \quad G = \begin{bmatrix} 237,72 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 237,72 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 237,72 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 237,72 \end{bmatrix} \quad (155)$$

und Matrix R ( $24 \times 24$ , gekürzt):

$$R = \begin{bmatrix} \sigma_e^2 & 0 & 0 \\ 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_e^2 \end{bmatrix} \quad R = \begin{bmatrix} 82,75 & 0 & 0 \\ 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 82,75 \end{bmatrix} \quad (156)$$

Zur Berechnung von V werden nach (26) die Matrizen Z und G multipliziert, was folgende Matrix (24 x 24) mit blockdiagonaler Struktur (angedeutet) ergibt:

$$ZGZ' = \begin{bmatrix} 237,72 & 237,72 & 237,72 & 237,72 & 237,72 & 237,72 & 0 \\ 237,72 & 237,72 & 237,72 & 237,72 & 237,72 & 237,72 & 0 \\ 237,72 & 237,72 & 237,72 & 237,72 & 237,72 & 237,72 & 0 \\ 237,72 & 237,72 & 237,72 & 237,72 & 237,72 & 237,72 & 0 \\ 237,72 & 237,72 & 237,72 & 237,72 & 237,72 & 237,72 & 0 \\ 237,72 & 237,72 & 237,72 & 237,72 & 237,72 & 237,72 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 237,72 \end{bmatrix} \quad (157)$$

Zu dieser wird die Matrix R addiert, was Matrix V (24 x 24) ergibt:

$$V = \begin{bmatrix} 320,47 & 237,72 & 237,72 & 237,72 & 237,72 & 237,72 & 0 \\ 237,72 & 320,47 & 237,72 & 237,72 & 237,72 & 237,72 & 0 \\ 237,72 & 237,72 & 320,47 & 237,72 & 237,72 & 237,72 & 0 \\ 237,72 & 237,72 & 237,72 & 320,47 & 237,72 & 237,72 & 0 \\ 237,72 & 237,72 & 237,72 & 237,72 & 320,47 & 237,72 & 0 \\ 237,72 & 237,72 & 237,72 & 237,72 & 237,72 & 320,47 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 320,47 \end{bmatrix} \quad (158)$$

Bei Nutzung der Bedingung:

$$\hat{\beta} = (X_f' V^{-1} X_f)^{-1} (X_f' V^{-1} y) \quad (159)$$

ergibt sich im Berechnungsbeispiel mit der Matrix  $X_f'$  (3 x 24):

$$X_f' = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & \dots & 1 \\ 1 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \end{bmatrix} \quad (160)$$

mit der Inversen von V ( $V^{-1}$ ) und dem Vektor der Beobachtungen y:

$$\hat{\beta} = \left( \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & \dots & 1 \\ 1 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 0,010 & -0,002 & -0,002 & \dots & 0 \\ -0,002 & 0,010 & -0,002 & \dots & 0 \\ -0,002 & -0,002 & 0,010 & \dots & 0 \\ -0,002 & -0,002 & -0,002 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0,010 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \right)^{-1} \quad (161)$$

$$* \left( \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & \dots & 1 \\ 1 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 0,010 & -0,002 & -0,002 & \dots & 0 \\ -0,002 & 0,010 & -0,002 & \dots & 0 \\ -0,002 & -0,002 & 0,010 & \dots & 0 \\ -0,002 & -0,002 & -0,002 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0,010 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 145 \\ 144 \\ 138 \\ 133 \\ 129 \\ \vdots \\ 89 \end{bmatrix} \right)$$

Wie sich weiter im Berechnungsbeispiel zeigt, ergibt die Berechnung des Rangs von Matrix X einen Rang von 3, womit bei 4 zu schätzenden Effekten ein Rangdefekt von 1 vorliegt. Durch die Reparametrisierung  $\hat{\beta}_3 = 0$  wird das durch die Streichung der dem Effekt zugehörigen Spalte in der Matrix X und dem entsprechenden Element in Vektor  $\beta$  umgesetzt. Damit entspricht die Schätzung des allgemeinen Mittels:

$$\hat{\mu} = \mu + \beta_3, \quad \text{sowie: } \widehat{\beta}_1 = \beta_1 - \beta_3 \quad \widehat{\beta}_2 = \beta_2 - \beta_3 \quad (162)$$

Damit ergibt sich die Lösung:

$$\widehat{\beta} = \begin{bmatrix} \hat{\mu} \\ \hat{\beta}_1 \\ \hat{\beta}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 115,12 \\ 2,75 \\ 0,75 \end{bmatrix} \quad \text{sowie } \hat{\beta}_3 = 0 \quad (163)$$

Es wird stets von einem allgemeinen Mittel gesprochen, da die Schätzungen nicht mit dem arithmetischen Mittel der Beobachtungen übereinstimmen müssen. Die Lösungen von  $\widehat{\beta}$  hängen von den gewählten Reparametrisierungsbedingungen ab. Bei Verwendung von  $\widehat{\beta}$  können die Schätzungen für die Erwartungswerte (LSMeans – Least Square Means) mit folgenden Funktionen berechnet werden:

$$\mu_1 = \mu + \beta_1 \quad \mu_2 = \mu + \beta_2 \quad \mu_3 = \mu + \beta_3 \quad (164)$$

$$LSMeans_1 = \hat{\mu} + \hat{\beta}_1 = [1 \ 1 \ 0]' * \widehat{\beta} \quad \text{mit: } k_1 = [1 \ 1 \ 0]' \quad (165)$$

$$LSMeans_2 = \hat{\mu} + \hat{\beta}_2 = [1 \ 0 \ 1]' * \widehat{\beta} \quad \text{mit: } k_2 = [1 \ 0 \ 1]' \quad (165)$$

$$LSMeans_3 = \hat{\mu} + \hat{\beta}_3 = [1 \ 0 \ 0]' * \widehat{\beta} \quad \text{mit: } k_3 = [1 \ 0 \ 0]' \quad (165)$$

$$LSMeans_i = k'_i * \widehat{\beta} \quad \text{für } i = 1, \dots, 3 \quad (166)$$

Daraus folgt bei Nutzung der Werte des Berechnungsbeispiels:

$$LSMean_{Dungvar1} = k'_{Dungvar1} * \widehat{\beta} = [1 \ 1 \ 0] \begin{bmatrix} 115,12 \\ 2,75 \\ 0,75 \end{bmatrix} = 117,87 \text{ dt/ha} \quad (167)$$

$$LSMean_{Dungvar2} = k'_{Dungvar2} * \widehat{\beta} = [1 \ 0 \ 1] \begin{bmatrix} 115,12 \\ 2,75 \\ 0,75 \end{bmatrix} = 115,87 \text{ dt/ha} \quad (168)$$

$$LSMean_{Dungvar3} = k'_{Dungvar3} * \widehat{\beta} = [1 \ 0 \ 0] \begin{bmatrix} 115,12 \\ 2,75 \\ 0,75 \end{bmatrix} = 115,12 \text{ dt/ha} \quad (169)$$

Die Varianz-Kovarianz-Matrix der Schätzungen (bei Nutzung von Formel 160) ergibt:

$$Var(\widehat{\beta}) = (X'_f V^{-1} X_f)^{-1} \quad (170)$$

$$Var(\widehat{\beta}) = \begin{bmatrix} 69,8 & -10,3 & -10,3 \\ -10,3 & 20,7 & -10,3 \\ -10,3 & -10,3 & 20,7 \end{bmatrix} \quad (171)$$

Die Standardfehler der LSMeans ergeben sich aus:

$$SE_{LSMean_1} = \sqrt{[1 \ 1 \ 0] * \begin{bmatrix} 69,8 & -10,3 & -10,3 \\ -10,3 & 20,7 & -10,3 \\ -10,3 & -10,3 & 20,7 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ -1 \end{bmatrix}} = 8,35 \text{ dt/ha} \quad (172)$$

$$SE_{LSMean_2} = \sqrt{[1 \ 0 \ 1] * \begin{bmatrix} 69,8 & -10,3 & -10,3 \\ -10,3 & 20,7 & -10,3 \\ -10,3 & -10,3 & 20,7 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ -1 \end{bmatrix}} = 8,35 \text{ dt/ha} \quad (173)$$

$$SE_{LSMean_3} = \sqrt{[1 \ 0 \ 0] * \begin{bmatrix} 69,8 & -10,3 & -10,3 \\ -10,3 & 20,7 & -10,3 \\ -10,3 & -10,3 & 20,7 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ -1 \end{bmatrix}} = 8,35 \text{ dt/ha} \quad (174)$$

Die Berechnung der Differenzen der LSMeans erfolgt nach:

$$Diff_{LSMean_1-LSMean_2} = [0 \ 1 \ -1] * \begin{bmatrix} 115,12 \\ 2,75 \\ 0,75 \end{bmatrix} = 2,00 \text{ dt/ha} \quad (175)$$

$$Diff_{LSMean_1-LSMean_3} = [0 \ 1 \ 0] * \begin{bmatrix} 115,12 \\ 2,75 \\ 0,75 \end{bmatrix} = 2,75 \text{ dt/ha} \quad (176)$$

$$Diff_{LSMean_2-LSMean_3} = [0 \ 0 \ 1] * \begin{bmatrix} 115,12 \\ 2,75 \\ 0,75 \end{bmatrix} = 0,75 \text{ dt/ha} \quad (177)$$

Zur Berechnung der Standardfehler der Differenzen zwischen den LSMeans im Beispiel:

$$SE_{LSMean_1-LSMean_2} = \sqrt{[0 \ 1 \ -1] * \begin{bmatrix} 69,8 & -10,3 & -10,3 \\ -10,3 & 20,7 & -10,3 \\ -10,3 & -10,3 & 20,7 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ -1 \end{bmatrix}} = 4,55 \quad (178)$$

$$SE_{LSMean_1-LSMean_3} = \sqrt{[0 \ 1 \ 0] * \begin{bmatrix} 69,8 & -10,3 & -10,3 \\ -10,3 & 20,7 & -10,3 \\ -10,3 & -10,3 & 20,7 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ -1 \end{bmatrix}} = 4,55 \quad (179)$$

$$SE_{LSMean_2-LSMean_3} = \sqrt{[0 \ 0 \ 1] * \begin{bmatrix} 69,8 & -10,3 & -10,3 \\ -10,3 & 20,7 & -10,3 \\ -10,3 & -10,3 & 20,7 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ -1 \end{bmatrix}} = 4,55 \quad (180)$$

## E.2 Test von Hypothesen

Im linearen gemischten Modell werden Hypothesen über die fixen Modellparameter oder über die Linearkombinationen der Elemente des Vektors  $\beta$  definiert:

$$H_0: K' \beta - c = 0 \quad H_1: K' \beta - c \neq 0 \quad (181)$$

Dabei ist  $K'$  eine Matrix oder ein Zeilenvektor, wobei die Anzahl an Spalten den Elementen des Vektors  $\beta$  und  $c$  einem Spaltenvektor mit vorgegebenen Werten entspricht. Daraus folgt im Beispiel folgende Formulierung:

$$H_0: [0 \quad 1 \quad -1 \quad 0] \begin{bmatrix} \mu \\ \beta_1 \\ \beta_2 \\ \beta_3 \end{bmatrix} = (\beta_1 - \beta_2) = 0 \quad (182)$$

Woraus die Nullhypothese abgeleitet wird:

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 \quad (183)$$

Zur Hypothesenprüfung werden Prüfgrößen benötigt, welche aus der Varianz-Kovarianzmatrix des Vektors  $\hat{\beta}$  abgeleitet werden. Im Fall einer eindimensionalen Hypothese ergibt sich im Fall des t-Tests:

$$t = \frac{k'\hat{\beta}}{SE} = \frac{k'\hat{\beta}}{\sqrt{k'Var(\hat{\beta})k}} \sim t_{FG} \quad \text{mit: } Var(\hat{\beta}) = (X'_f \widehat{V}^{-1} X_f)^{-1} \quad (184)$$

$$t_{LSMean1} = \frac{[1 \quad 1 \quad 0] \begin{bmatrix} 115,12 \\ 2,75 \\ 0,75 \end{bmatrix}}{8,3531} = 14,11 \quad \text{mit: } \sqrt{k'Var(\hat{\beta})k} = SE_{LSMean1} \quad (185)$$

$$t_{LSMean2} = \frac{[1 \quad 0 \quad 1] \begin{bmatrix} 115,12 \\ 2,75 \\ 0,75 \end{bmatrix}}{8,3531} = 13,87 \quad \text{mit: } \sqrt{k'Var(\hat{\beta})k} = SE_{LSMean2} \quad (186)$$

$$t_{LSMean3} = \frac{[1 \quad 0 \quad 0] \begin{bmatrix} 115,12 \\ 2,75 \\ 0,75 \end{bmatrix}}{8,3531} = 13,78 \quad \text{mit: } \sqrt{k'Var(\hat{\beta})k} = SE_{LSMean3} \quad (187)$$

Hier im Berechnungsbeispiel wird die Freiheitsgradapproximation nach Kenward-Roger verwendet (siehe Abschnitt 3.3.3.5). Bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von  $\alpha = 0,05$  und einem Freiheitsgrad (degrees of freedom - DF) von 18 und sind die Differenzen der LSMeans nicht statistisch signifikant voneinander verschieden. Hier die Berechnung der t-Werte zum Test der Differenzen:

$$t_{DV1-DV2} = \frac{[0 \quad 1 \quad -1] \begin{bmatrix} 115,12 \\ 2,75 \\ 0,75 \end{bmatrix}}{4,5484} = 0,44 \quad \text{mit: } \sqrt{k'Var(\hat{\beta})k} = SE_{DV1-DV2} \quad (188)$$

$$t_{DV1-DV3} = \frac{[0 \quad 1 \quad 0] \begin{bmatrix} 115,12 \\ 2,75 \\ 0,75 \end{bmatrix}}{4,5484} = 0,60 \quad \text{mit: } \sqrt{k'Var(\hat{\beta})k} = SE_{DV1-DV3} \quad (189)$$

$$t_{DV2-DV3} = \frac{[0 \quad 0 \quad 1] \begin{bmatrix} 115,12 \\ 2,75 \\ 0,75 \end{bmatrix}}{4,5484} = 0,16 \quad \text{mit: } \sqrt{k'Var(\hat{\beta})k} = SE_{DV2-DV3} \quad (190)$$

Zum Vergleich stellen sich die Ergebnisse des gemischten linearen Modells in der Auswertung aus SAS in Tabelle 79, wie folgt dar:

Tabelle 156: Ergebnisse im Berechnungsbeispiel LGM – einfaches Modell

Ergebnisse im Berechnungsbeispiel lineares gemischtes Modell – einfaches Modell							
Kleinste-Quadrate-Mittelwerte (Least Squares Means)							
Effekt	Variante		Schätzwert	Standardfehler	DF	t-Wert	Pr >  t
Variante		1	117,87	8,3530	3,69	14,11	0,0002
Variante		2	115,87	8,3530	3,69	13,87	0,0003
Variante		3	115,12	8,3530	3,69	13,78	0,0003
Differenzen der Kleinste-Quadrate-Mittelwerte (Least Squares Means)							
Effekt	Variante	_variante	Schätzwert	Standardfehler	DF	t-Wert	Pr >  t
Variante		1	2,00	4,5484	18	0,44	0,6654
Variante		1	2,75	4,5484	18	0,60	0,5530
Variante		2	0,75	4,5484	18	0,16	0,8709

### E.3 Modellerweiterung – Hinzufügen von Kovariablen

Das oben gezeigte Berechnungsbeispiel wird im Rahmen der Modellwahl schrittweise erweitert, was zu neuen, komplexeren Modellen führt. So kann eine Kovariable, wie hier im Berechnungsbeispiel die elektrische Leitfähigkeit des Bodens (EC25), eingeführt werden um den Einfluss des Bodens auf den Ertrag darzustellen. Die Kovariable kann dabei als fixer oder als zufälliger Effekt ins Modell eingefügt werden. Im Fall eines fixen Effektes wird dazu die Matrix X um die Werte der Kovariablen erweitert. Zur Einbringung von weiteren Effekten in das lineare gemischte Gleichungssystem soll hier auf die Hilfe in SAS (SAS Institute Inc., 2006, S. 3962) verwiesen werden. Hier im Berechnungsbeispiel wird folgende Form angenommen:

$$\begin{bmatrix} 145 \\ 144 \\ 138 \\ 133 \\ 129 \\ 122 \\ \vdots \\ 89 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 70 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 70 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 70 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 60 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 60 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 60 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 40 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \hat{\mu} \\ \hat{\beta}_1 \\ \hat{\beta}_2 \\ \hat{\beta}_3 \\ \hat{\beta}_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \hat{u}_1 \\ \hat{u}_2 \\ \hat{u}_3 \\ \hat{u}_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \hat{e}_1 \\ \hat{e}_2 \\ \hat{e}_3 \\ \hat{e}_4 \\ \hat{e}_5 \\ \hat{e}_6 \\ \vdots \\ \hat{e}_{24} \end{bmatrix} \quad (191)$$

Daraus ergibt sich bei Lösung des Gleichungssystems in SAS in Tabelle 157:

Tabelle 157: Ergebnisse Berechnungsbeispiel LGM - fixe Kovariable

Ergebnisse Berechnungsbeispiel lineares gemischtes Modell – fixe Kovariable							
Kleinste-Quadrate-Mittelwerte (LSMeans)							
Effekt	Dungvar		Schätzwert	Standardfehler	DF	t-Wert	Pr >  t
Variante		1	117.49	8.9304	3.61	13.16	0.0004
Variante		2	115.49	8.9304	3.61	12.93	0.0004
Variante		3	117.87	9.0479	3.76	13.03	0.0003
Differenzen Kleinste-Quadrate-Mittelwerte (LSMeans)							
Effekt	dungvar	_dungvar	Schätzwert	Standardfehler	DF	t-Wert	Pr >  t
Variante		1	2.0000	4.9312	17.9	0.41	0.6898
Variante		1	-0.3730	5.2763	18.3	-0.07	0.9444
Variante		2	-2.3730	5.2763	18.3	-0.45	0.6582

Wird dagegen ein Kovariable als zufälliger Effekt in das lineare gemischte Modell aufgenommen, so muss die Matrix Z erweitert werden. Auch hier wird zur Vorgehensweise bei der Aufstellung der Z-Matrix auf die Hilfe in SAS verwiesen:

$$\begin{bmatrix} 145 \\ 144 \\ 138 \\ 133 \\ 129 \\ 122 \\ \vdots \\ 89 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \hat{\mu} \\ \hat{\beta}_1 \\ \hat{\beta}_2 \\ \hat{\beta}_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 70 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 70 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 70 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 60 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 60 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 60 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 40 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \hat{u}_1 \\ \hat{u}_2 \\ \hat{u}_3 \\ \hat{u}_4 \\ \hat{u}_5 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \hat{e}_1 \\ \hat{e}_2 \\ \hat{e}_3 \\ \hat{e}_4 \\ \hat{e}_5 \\ \hat{e}_6 \\ \vdots \\ \hat{e}_{24} \end{bmatrix} \tag{192}$$

Aus diesem Gleichungssystem ergibt sich in SAS folgende Lösung (Tabelle 158):

Tabelle 158: Ergebnisse Berechnungsbeispiel LGM – zufällige Kovariable

Ergebnisse Berechnungsbeispiel lineares gemischtes Modell – zufällige Kovariable							
Kleinste-Quadrate-Mittelwerte (LSMeans)							
Effekt	Dungvar		Schätzwert	Standardfehler	DF	t-Wert	Pr >  t
Variante		1	117,87	8,3530	3,69	14,11	0,0002
Variante		2	115,87	8,3530	3,69	13,87	0,0003
Variante		3	115,12	8,3530	3,69	13,78	0,0003
Differenzen Kleinste-Quadrate-Mittelwerte (LSMeans)							
Effekt	dungvar	_dungvar	Schätzwert	Standardfehler	DF	t-Wert	Pr >  t
Variante		1	2,0000	4,5483	18	0,44	0,6654
Variante		1	2,7500	4,5483	18	0,60	0,5530
Variante		2	0,7500	4,5483	18	0,16	0,8709

Die LSMeans wurden durch die Erweiterung um die Kovariable entsprechend verändert. Die Ergebnisse in diesem Beispiel sind jedoch mit dem Ausgangsmodell identisch da für die EC-Werte ein Varianzparameter unter REML von 0 geschätzt wurde.

### E.4 Modellerweiterung – Hinzufügen einer Kovarianzstruktur

Zur Verdeutlichung der Modellerweiterung mit einer Kovarianzstruktur wird in das Berechnungsbeispiel ein geostatistisches Modell eingefügt. Dazu wird die Matrix R, wie bereits in Abschnitt 3.3.3.6 beschrieben, nach Formel (46)  $R = I_n \sigma^2 + \sigma_s^2 F$  erweitert. Wie in (193) dargestellt besitzt die Kovarianzmatrix der Resteffekte R damit eine Struktur in der die Nichtdiagonalelemente die Varianzparameter  $\sigma_{s(i,j)}^2$  und die Funktion F beinhalten um die räumlichen Abhängigkeiten zu berücksichtigen (Schneider et al., 2007a; Spilke und Richter, 2007).

$$R = \begin{bmatrix} \sigma^2 & \sigma_{s(2;1)}^2 & \cdots & \sigma_{s(i;1)}^2 & \cdots & \sigma_{s(n-1;1)}^2 & \sigma_{s(n;1)}^2 \\ \sigma_{s(1;2)}^2 & \sigma^2 & & \vdots & & & \sigma_{s(n;2)}^2 \\ \vdots & & \ddots & \vdots & & & \vdots \\ \sigma_{s(1;j)}^2 & & & \sigma^2 & & & \sigma_{s(n;j)}^2 \\ \vdots & & & \vdots & \ddots & & \vdots \\ \sigma_{s(1;n-1)}^2 & & & \vdots & & \sigma^2 & \sigma_{s(n;n-1)}^2 \\ \sigma_{s(1;n)}^2 & \sigma_{s(2;n)}^2 & \cdots & \sigma_{s(i;n)}^2 & \cdots & \sigma_{s(n-1;n)}^2 & \sigma^2 \end{bmatrix} \quad (193)$$

Um diese räumlichen Abhängigkeiten darzustellen wird für  $F$  der euklidische Abstand  $d_{ij}$  zwischen allen Datenpunkten nach Formel (48)  $d_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}$  berechnet, was in Matrixschreibweise (24 x 24, gekürzt) ergibt:

$$d_{ij} = \begin{bmatrix} 0 & 7,8 & 11,0 & \cdots & 64,0 \\ 7,8 & 0 & 6,4 & \cdots & 56,4 \\ 11,0 & 6,4 & 0 & \cdots & 53,9 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 64,0 & 56,4 & 53,9 & \cdots & 0 \end{bmatrix} \quad (194)$$

Die Funktion  $f(d_{ij})$  ist abhängig vom gewählten räumlichen geostatistischen Modell, welche am besten zur Charakteristik der räumlichen Variation im Feld passt (Schabenberger und Pierce, 2002, S. 581). Das hier gewählte exponentielle Modell ist abhängig vom euklidischen Abstand  $d_{ij}$  und dem Practical Range  $\rho$ . (SAS Institute Inc., 2006, S. 2138).

$$\text{Exponentielles Modell:} \quad f(d_{ij}) = \exp\left[-\frac{d_{ij}}{\rho}\right] \quad (195)$$

$$\text{Exponentielles Modell:} \quad f(d(1;2)) = \exp\left[-\frac{7,80}{6112790}\right] \quad (196)$$

In Verbindung mit Formel (49) bzw. (195) des exponentiellen Modells bei  $\rho = 6112790$ , ergibt sich die Matrix  $F$  (24 x 24, gekürzt):

$$F(d_{ij}) = \begin{bmatrix} 0,0 & 0,99999872 & 0,99999819 & \cdots & 0,99998954 \\ 0,99999872 & 0,0 & 0,99999895 & \cdots & 0,99999078 \\ 0,99999819 & 0,99999895 & 0,0 & \cdots & 0,99999119 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0,99998954 & 0,99999078 & 0,99999119 & \cdots & 0,0 \end{bmatrix} \quad (197)$$

Und weiter mit  $\sigma^2 = 0,000000681$  und  $\sigma_s^2 = 43508114,0$  ergibt sich mit  $R = I_n\sigma^2 + \sigma_s^2F$  die R-Matrix (24 x 24, gekürzt):

$$R = \begin{bmatrix} 43508114,0 & 43508058,4 & 43508035,4 & \cdots & 43507658,8 \\ 43508058,4 & 43508114,0 & 43508068,4 & \cdots & 43507712,8 \\ 43508035,4 & 43508068,4 & 43508114,0 & \cdots & 43507730,7 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 43507658,8 & 43507712,8 & 43507730,7 & \cdots & 43508114,0 \end{bmatrix} \quad (198)$$

und die Matrix  $G$  (4 x 4):

$$G = \begin{bmatrix} \sigma_b^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_b^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_b^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \sigma_b^2 \end{bmatrix} \quad G = \begin{bmatrix} 6,81E^{-11} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 6,81E^{-11} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 6,81E^{-11} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 6,81E^{-11} \end{bmatrix} \quad (199)$$

Zur Berechnung von V werden nach (26)  $V = ZGZ' + R$  die Matrizen Z und G multipliziert sowie Matrix R addiert, was folgende Matrix (24 x 24, gekürzt) mit blockdiagonaler Struktur ergibt:

$$V = \begin{bmatrix} 43508114,000 & 43508058,410 & 43508035,384 & \dots & 43507658,813 \\ 43508058,410 & 43508114,000 & 43508068,425 & \dots & 43507712,822 \\ 43508035,384 & 43508068,4 & 43508114,000 & \dots & 43507730,710 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 43507658,813 & 43507712,813 & 43507730,710 & \dots & 43508114,000 \end{bmatrix} \quad (200)$$

Bei Nutzung der Bedingung:

$$\hat{\beta} = (X'_f V^{-1} X_f)^{-1} (X'_f V^{-1} y) \quad (201)$$

ergibt sich im Berechnungsbeispiel mit der Matrix  $X'_f$  (3 x 24):

$$X'_f = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & \dots & 1 \\ 1 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \end{bmatrix} \quad (202)$$

mit der Inversen von V ( $V^{-1}$ ) und dem Vektor der Beobachtungen y:

$$\hat{\beta} = \left( \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & \dots & 1 \\ 1 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 0,010 & -0,007 & -0,003 & \dots & 8,916 \\ -0,007 & 0,021 & -0,006 & \dots & 1,405 \\ -0,003 & -0,006 & 0,024 & \dots & 3,008 \\ -0,002 & -0,006 & -0,013 & \dots & 1,211 \\ -0,000 & -0,001 & -0,004 & \dots & 6,700 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 8,916 & 1,405 & 3,009 & \dots & 0,010 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}^{-1} \right) \quad (203)$$

$$* \left( \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & \dots & 1 \\ 1 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 0,010 & -0,007 & -0,003 & \dots & 8,916 \\ -0,007 & 0,021 & -0,006 & \dots & 1,405 \\ -0,003 & -0,006 & 0,024 & \dots & 3,008 \\ -0,002 & -0,006 & -0,013 & \dots & 1,211 \\ -0,000 & -0,001 & -0,004 & \dots & 6,700 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 8,916 & 1,405 & 3,009 & \dots & 0,010 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 145 \\ 144 \\ 138 \\ 133 \\ 129 \\ \vdots \\ 89 \end{bmatrix} \right)$$

Damit entspricht die Schätzung des allgemeinen Mittels:

$$\hat{\mu} = \mu + \beta_3, \quad \text{sowie:} \quad \hat{\beta}_1 = \beta_1 - \beta_3 \quad \hat{\beta}_2 = \beta_2 - \beta_3 \quad (204)$$

und ergibt die Lösung:

$$\hat{\beta} = \begin{bmatrix} \hat{\mu} \\ \hat{\beta}_1 \\ \hat{\beta}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 117,14 \\ -1,03 \\ -3,67 \end{bmatrix} \quad \text{sowie} \quad \hat{\beta}_3 = 0 \quad (205)$$

$$\mu_1 = \mu + \beta_1 \quad \mu_2 = \mu + \beta_2 \quad \mu_3 = \mu + \beta_3 \quad (206)$$

$$LSMeans_1 = \hat{\mu} + \hat{\beta}_1 = [1 \ 1 \ 0]' * \hat{\beta} \quad \text{mit: } k_1 = [1 \ 1 \ 0]'$$

$$LSMeans_2 = \hat{\mu} + \hat{\beta}_2 = [1 \ 0 \ 1]' * \hat{\beta} \quad \text{mit: } k_2 = [1 \ 0 \ 1]'$$

$$LSMeans_3 = \hat{\mu} + \hat{\beta}_3 = [1 \ 0 \ 0]' * \hat{\beta} \quad \text{mit: } k_3 = [1 \ 0 \ 0]'$$

$$LSMeans_i = k'_i * \hat{\beta} \quad \text{für } i = 1, \dots, 3$$

Daraus folgt bei Nutzung der Werte des Berechnungsbeispiels:

$$LSMean_{Dungvar1} = k'_{Dungvar1} * \hat{\beta} = [1 \ 1 \ 0] \begin{bmatrix} 117,14 \\ -1,03 \\ -3,67 \end{bmatrix} = 116,11 \text{ dt/ha} \quad (209)$$

$$LSMean_{Dungvar2} = k'_{Dungvar2} * \hat{\beta} = [1 \ 0 \ 1] \begin{bmatrix} 117,14 \\ -1,03 \\ -3,67 \end{bmatrix} = 113,47 \text{ dt/ha} \quad (210)$$

$$LSMean_{Dungvar3} = k'_{Dungvar3} * \hat{\beta} = [1 \ 0 \ 0] \begin{bmatrix} 117,14 \\ -1,03 \\ -3,67 \end{bmatrix} = 117,14 \text{ dt/ha} \quad (211)$$

Zum Vergleich dazu sind die Ergebnisse der LSMeans aus SAS in Tabelle 159 dargestellt. Die LSMeans haben sich gegenüber dem Ausgangsmodell deutlich verändert. Vor allem wurde in diesem Modell die Variante 3 deutlich bevorteilt, womit sich die LSMeans auf 117,14 dt/ha erhöhten. Dies ist jedoch nur ein Berechnungsbeispiel, es wurden keine weiteren Modelle geprüft und nicht auf Verzerrungen des Residuenplots geachtet, weshalb hier nicht von aussagekräftigen Ergebnissen ausgegangen wird.

Tabelle 159: Ergebnisse im Berechnungsbeispiel LGM - Kovarianzstruktur

Ergebnisse im Berechnungsbeispiel gemischtes lineares Modell aus SAS – Kovarianzstruktur							
Kleinste-Quadrate-Mittelwerte - LSMeans der Erweiterung im Berechnungsbeispiel aus SAS							
Effekt	Variante	Schätzwert	Standardfehler	FG	t-Wert	Pr >  t	
Variante	1 – Demofarm	116.11	6596.00	1	0.02	0.9888	
Variante	2 – Staatsfarm	113.47	6596.00	1	0.02	0.9890	
Variante	3 – Haushalt	117.14	6596.00	1	0.02	0.9887	
Differenzen Kleinste-Quadrate-Mittelwerte							
Effekt	Variante	Variante	Schätzwert	Standardfehler	FG	t-Wert	Pr >  t
Variante	1	2	2.6365	3.2899	21	0.80	0.4319
Variante	1	3	-1.0333	3.2536	21	-0.32	0.7539
Variante	2	3	-3.6698	3.2951	21	-1.11	0.2780

## Eidesstattliche Erklärung / Declaration under Oath

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, keine anderen als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt und die den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

*I declare under penalty of perjury that this thesis is my own work entirely and has been written without any help from other people. I used only the sources mentioned and included all the citations correctly both in word or content.*

---

Datum / Date

---

Unterschrift des Antragstellers / Signature of the applicant

## Lebenslauf / wissenschaftlicher Werdegang

### Persönliche Daten:

Name: Marco Langrock  
 Geboren am: 10.11.1982 in Weißenfels  
 Staatsangehörigkeit: Deutsch

### Schulische Ausbildung / Studium / wissenschaftlicher Werdegang:

09/1999 – 06/2002 Berufsbildende Schule Weißenfels  
 Fachgymnasium Wirtschaft und Verwaltung, allgemeine Hochschulreife

10/2003 – 09/2008 Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg  
 Studium der Agrarwissenschaften Studienrichtung: „Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaus“, Dipl.-Ing. in Agrarwissenschaften

09/2008 Diplomarbeit: Einsatz der Fernerkundung zur teilflächenspezifischen N-Düngung im Vergleich mit einem bodengebundenen Sensor

07/2008 – 10/2008 Agrargenossenschaft Burgwerben e.G., Reichardswerben

12/2008 – 05/2009 Auslandsaufenthalt Australien, Farm work

07/2009 – 09/2013 Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Professur für landwirtschaftliche Betriebslehre, Drittmittelprojekt: „Deutsch-Chinesischer Demonstrationsbetrieb auf dem Staatsgut Ganhe (China)“

01/2014 – 12/2016 Amt für Landwirtschaft, Flurneuordnung und Forsten Süd, Weißenfels  
 Sachbearbeiter

11/2017 Münchener Rückversicherungs – Gesellschaft, München  
 Underwriter

### Publikationsliste

Langrock, Marco; Wagner, Peter 2011. Vergleich von Bewirtschaftungsverfahren im On-Farm Research bei Beachtung räumlicher Trends und Kovarianzen. *GIL Jahrestagung* 2011. 121-124.

## Danksagung / Acknowledgements

Die Mitarbeit im Projekt des „Deutsch - Chinesischen landwirtschaftlichen Demonstrationsbetriebes auf dem Staatsgut Ganhe“ und die Erstellung dieser hier vorliegenden Promotionsarbeit am Lehrstuhl für landwirtschaftliche Betriebslehre, wurde mir ermöglicht durch Prof. Dr. Peter Wagner, den Mitarbeitern der AFC Consultants International und deutschen Gesellschaft für technische Zusammenarbeit (GTZ). Ebenso möchte ich die gute Zusammenarbeit mit Prof. Dr. Thomas GlauBen und Dr. Stephan Brosig vom Institut für Agrarentwicklung in Transformationsökonomien in Halle zu erwähnen, welche das Projekt ebenfalls begleiteten. Auf chinesischer Seite wurde die wissenschaftliche Arbeit im Projekt, soweit es Ihm möglich war, durch Prof. Dr. Zhuang Weidong von der Universität BaYi in Daqing unterstützt. Leider hat sich keine der ursprünglich geplanten Kooperationen zwischen chinesischen und deutschen Promotionsstudenten ergeben.

Schon zu Beginn der Arbeit im Mai 2009, wurde allen Beteiligten klar, welche Herausforderungen in den kommenden Jahren auf uns zukommen würden. Die Arbeit bedeutete lange Reisen und Aufenthalte im entlegenen Nordosten Chinas, mit seinem harten Klima aber dafür umso herzlicheren Menschen. Als Teil meiner wissenschaftlichen Arbeit, erwarteten mich dort wissenschaftliche Aufgaben wie Datenerhebungen, Befragungen sowie die Anlage, Durchführung und Auswertung von Feldversuchen in einem mir noch sehr fremden Land. Zur täglichen Arbeit gehörten aber auch die Anleitung der Produktion und die Ausbildung der Assistenten und Arbeiter. Ebenso galt es mit viel Geduld die Probleme mit der chinesischen und deutschen Bürokratie zu lösen. Hinzu kamen alltägliche Probleme, wie etwa die ein oder andere Magenverstimmung, vom den sonst so hervorragenden chinesischen Mahlzeiten und dem dazugehörigen „PiJiu“ und „BaiJiu“.

Trotz allem war die Mitarbeit im Projekt für mich ein großer persönlicher Gewinn und eine wertvolle Erfahrung, welche ich nicht missen möchte. Im Laufe der Projektjahre verbrachte ich während meiner neun Aufenthalte auf dem Demonstrationsbetrieb fast ein Jahr in China und legte dabei rund 150.000 km mit dem Flugzeug, 13.000 km mit der Bahn und 10.000 km mit dem Auto zurück. Bei den vielen Gesprächen während der Arbeit, Einladungen zum Essen und täglichen Leben in Ganhe hatte ich die Möglichkeit das Land, Sprache und Kultur Chinas sehr gut kennenzulernen. Dabei bekam ich einzigartige Einblicke in das Leben und den Alltag der Menschen Nordostchinas, welche mir immer in Erinnerung bleiben werden. So entstanden neben der wissenschaftlichen Arbeit im Projekt einige freundschaftliche Beziehungen.

Ich möchte hiermit die Gelegenheit nutzen, mich bei den vielen Personen, welche mich über so lange Zeit unterstützt haben zu bedanken. Zuerst möchte ich meinen Dank meiner Lebenspartnerin Annika aussprechen, welche mich so lange Zeit mit gutem Rat und viel Motivation unterstützte.

Weiter gilt mein Dank den beiden Projektleitern Horst Bunge und Wang Bo, ohne die meine wissenschaftliche Arbeit in Ganhe nicht möglich gewesen wäre. Ebenso gilt mein Dank den beiden

Praktikanten im Projekt, Paul Schofer und Uli Sommerfeld für ihre tatkräftige Unterstützung, unseren beiden Assistenten Gao Bo und Jin Weijun, welche uns in der Arbeit und im täglichen Leben unersetzlich wurden, den Dolmetschern Liu und Tony Ming, für ihre interessanten Einblicke in die chinesische Gesellschaft, unseren PKW-Fahrern Yu und Song, welche uns über tausende Kilometer immer sicher ans Ziel brachten, sowie den Traktorfahrern der Demofarm Chen, Mao, Wang, Li, An, Liang, Zhu, und der „alte“ Wang welcher mit seinem Tatendrang für manche Überraschung sorgte. Zu guter Letzt, danke ich allen Bewohnern und Mitarbeitern der Staatsfarm Ganhe und Holding Dayangshu, welche uns bei vielen Gelegenheiten immer offen begegneten und unterstützt haben.

An dieser Stelle möchte ich kurz einige kurze Anmerkung zur wissenschaftlichen Arbeit und Literaturrecherche machen. Die Suche nach geeigneten Quellen zur chinesischen Landwirtschaft und Produktionsverfahren gestaltete sich anfangs teilweise schwierig. Chinesische Universitäten veröffentlichen ihre Arbeiten nach wie vor hauptsächlich in chinesischer Sprache und nur wenige sehr spezifische Veröffentlichungen in englischer Sprache. Die wichtigsten Quellen stammen deshalb von europäischen oder amerikanischen Autoren, welche oft wiederum auf chinesische Quellen verweisen. Besonders zu den chinesischen Produktionsverfahren wurde trotzdem versucht Quellen in chinesischer Sprache mit einzubeziehen. Die dazu nötige Übersetzung ins Deutsche oder Englische, gestaltete sich jedoch oft nicht exakt und verständlich. Weiter ergaben sich Schwierigkeiten durch die Sprachbarriere zwischen den Beteiligten des Projektes, da nur mit Hilfe von Dolmetschern kommuniziert werden konnte. Viele Daten und Fakten die im Laufe des Projektes gesammelt wurden, stammen daher aus gedolmetschten Gesprächen oder aus Übersetzungen von Notizen. Fehler und Missverständnisse lassen sich dabei nur schwer vermeiden, weshalb oft der Sachverhalt nicht komplett in seinen ursprünglichen Sinn verstanden und übertragen wurde. Mögliche Fehlinterpretationen daraus sind daher nicht ausgeschlossen und sollen hiermit entschuldigt werden. Für Hinweise und Verbesserungsvorschläge zur Richtigstellung ist der Autor jederzeit offen.

## **Acknowledgements**

Diese Arbeit wurde aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages finanziert. Die Ergebnisse entstanden innerhalb eines Kooperationsprojektes zwischen der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg und der Arbeitsgemeinschaft DLG International GmbH / AFC Consultants International GmbH.

BMELV-Projekt: “Deutsch-Chinesischer Demonstrationsbetrieb Staatsgut Ganhe”, CHI 07-01.