

Abstract

Die vorliegende Arbeit *Entwicklungsprozesse von Prototypen in der Landwirtschaft*, verfasst durch Stefan Haack, soll einen Überblick über die Produktentwicklung in der heutigen Zeit darlegen. Der Autor, ein gelernter Landwirt, absolviert an der Hochschule Anhalt im Fachbereich Elektrotechnik, Maschinenbau und Wirtschaftsingenieurwesen den Bachelorstudiengang Maschinenbau. Im April 2015 wird der Abschluss *Bachelor of Engineering* (B. Eng.) angestrebt. Durch die Kenntnisse aus der Landwirtschaft sowie dem stetem Interesse an neuen Maschinen, versucht der Autor die Landtechnik mit den maschinenbaulichen Aspekten zu verbinden. Durch ein Praktikum bei einem großen Landmaschinenhersteller und der dortigen Betreuung eines Prototypen, konnten praktische Erfahrungen im Bereich der Produktentwicklung gesammelt werden. Daraus erschloss sich die vorliegende Arbeit und Motivation zur Thematik.

Um den theoretischen Hintergrund der Produktentwicklung darzustellen, werden im Einstieg der Arbeit das Projekt- sowie das Qualitätsmanagement vorgestellt und in Bezug auf das Projekt einer Prototypenentwicklung gesetzt. Es werden die einzelnen Phasen, Anträge und Projektvereinbarungen erläutert, was einen Einblick in den Aufbau des gesamten Konzeptes bieten soll. Das Qualitätsmanagement ist ein breit gefächertes Gebiet und wird in so gut wie jeder Sparte verwendet, um Prozesse zu optimieren und Probleme sowie Fehler zu beheben. Die wichtigsten Werkzeuge in der Entwicklung von Vorserien, wie das Quality Function Deployment, das House of Quality, die Fehler-Möglichkeiten- und Einfluss-Analyse und die Risikoprioritätszahl, werden vorgestellt. Es wird im Einzelnen erläutert, wie sie in der Entwicklung von Traktoren Anwendung finden. Weiterhin wird ein praktischer Teil der Arbeit erläutern, welche Aufgaben und Prozessschritte in der Entwicklung sowie Validierung anstehen, außerdem auf welche Merkmale zu achten ist. Im letzten Kapitel wird auf die Erprobung der Prototypen eingegangen, wie eine Homologation abläuft, welche Vorgehensweisen es gibt und welche Erkenntnisse die dazugehörige Datenauswertung bieten. Im letzten Unterkapitel *4.5 Diskussion* wird hier auch die eigene Meinung sowie Erfahrung mit eingebracht sowie Verbesserungsmöglichkeiten aufgezeigt. Zur besseren und übersichtlicheren Erläuterung der einzelnen Durchführungen wird nach jedem Kapitel der grobe Ablauf in einem Datenflussdiagramm dargestellt. Resümierend werden anschließend die Kerninhalte der vorliegenden Arbeit in einem Fazit zusammengefasst.



Hochschule Anhalt
Anhalt University of Applied Sciences

emw

Fachbereich
Elektrotechnik, Maschinenbau
und Wirtschaftsingenieurwesen

Bachelorarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades
Bachelor of Engineering (B. Eng.)

Stefan Haack

Vorname Nachname

Maschinenbau, MB2010, 4055391

Studiengang, Matrikel, Matrikelnummer

Thema:

Entwicklungsprozesse von Prototypen
in der Landwirtschaft

Development processes of prototypes in
agriculture

Prof. Dr. Andrea Jurisch

Vorsitzende(r) der Bachelorprüfungskommission

Dr. Horst Lewy

1. Prüfer(in)

Dipl.-Ing. Christine Ihloff

2. Prüfer(in)

31.03.2015

Abgabe am

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis.....	II
Tabellenverzeichnis	III
Abkürzungsverzeichnis.....	IV
1 Einleitung	1
2 Werkzeuge der Produktentwicklung.....	3
2.1 Projektmanagement	3
2.1.1 Grundlagen und Merkmale des Projektmanagement	3
2.1.2 Phasen eines Projektes	4
2.2 Qualität in der Entwicklung	8
2.2.1 Bedeutung und Einfluss der Qualität	8
2.2.2 Quality Function Deployment.....	9
2.2.3 Fehler-Möglichkeiten- und Einfluss-Analyse	13
3 Produktentwicklung und Validierung.....	19
3.1 Begriffsbestimmung und Erklärung.....	19
3.2 Planungsphase	20
3.3 Entwicklungsphase	23
3.4 Erprobungsphase und Projektabschluss	25
4 Prototypen in der Landwirtschaft	30
4.1 Homologation von Bauteilen und Komponenten	30
4.2 Planung und Fertigungsvorbereitung des Prototypen	33
4.3 Vorgehensweise für den Start der Feldtest.....	34
4.4 Auswertungen und Analyse der gewonnenen Daten	37
4.5 Diskussion	38
5 Zusammenfassung und Ausblick.....	43
Literaturverzeichnis.....	45
Internetquellen.....	48
Anlagenverzeichnis	50
Anlagen.....	51
Selbstständigkeitserklärung	60

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Projektphasen	4
Abbildung 2: Einflussmöglichkeiten und Risiken in Projekten.....	6
Abbildung 3: Produktbaum.....	9
Abbildung 4: House of Quality - Arbeitsschema der QFD-Methode.....	11
Abbildung 5: Vier-Phasen-Diagramm.....	13
Abbildung 6: Vorbereitungsinhalte FMEA	14
Abbildung 7: Ishikawa-Diagramm.....	15
Abbildung 8: Datenflussdiagramm Projektablauf.....	18
Abbildung 9: Phasen der Produktentwicklung	20
Abbildung 10: Phasen im Entwicklungsprozess	24
Abbildung 11: Verfügbare Traktorkomponenten	26
Abbildung 12: Datenflussdiagramm für die Produktentwicklung und Validierung	29
Abbildung 13: Homologationstests einer Traktorkabine.....	31
Abbildung 14: Einsatzspektrum Prototypen in Feldtests	35
Abbildung 15: Datenflussdiagramm für die Homologation.....	42

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Einteilung der verschiedenen Traktorbaureihen	21
Tabelle 2: Beispiel einer Lieferantenbewertung: Punktevergabe	22
Tabelle 3: Methodenüberblick der Feldtests	40

Abkürzungsverzeichnis

Bsp.	-	Beispiel
Bspw.	-	Beispielsweise
Bzw.	-	Beziehungsweise
cm	-	Zentimeter
EMV	-	Elektro-Magnetische-Verträglichkeit
EN	-	Europäische Norm
etc.	-	et cetera
EU	-	Europäische Union
EWG	-	Europäische Wirtschaftsgemeinschaft
FMEA	-	Fehler-Möglichkeiten- und Einfluss-Analyse
FOPS	-	Falling Object Protective Structure (Schutz gegen herabfallende Gegenstände)
GPS	-	Global Positioning System
ha	-	Hektar
HoQ	-	House of Quality
ISO	-	Internationale Organisation für Normung
km/h	-	Kilometer pro Stunde
PKW	-	Personenkraftwagen
PS	-	Pferdestärken
QFD	-	Quality Function Development
ROPS	-	Roll Over Protective Structure (Überrollschutz)
RPZ	-	Risikoprioritätszahl
SAP	-	Europäischer Softwarehersteller
StVO	-	Straßenverkehrsordnung
StVZO	-	Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung
t	-	Tonne
TÜV	-	Technischer Überwachungsverein
z.B.	-	zum Beispiel

1 Einleitung

Seit der industriellen Revolution konstruiert der Mensch in großem Maße Maschinen, die ihm die Arbeit erleichtern sollen. Die heutige Entwicklung von maschinellen Produkten, wie zum Beispiel dem Traktor, ist in unserer Gesellschaft, im Vergleich zum 19. Jahrhundert, ein weitaus komplexeres und aufwendigeres Verfahren geworden. In den 50er Jahren war der größte Fortschritt, dass der Traktor eine Heckhydraulik sowie ein Zapfwelle besaß. Dreißig Jahre später war diese Entwicklung soweit fortgeschritten, dass die Traktoren dem Fahrer bereits Komfort, wie geschlossene Kabinen und gefederte Sitze bieten und zudem noch ein Hydrauliksystem besaßen, welches angehängte Maschinen antreiben konnten. Dieser stetige Fortschritt in der Entwicklung wird durch immer neue Prozesse, Verfahren und Ideen voran getrieben und nimmt durch den technischen Fortschritt ein immer rasanteres Tempo an. So verfügen Traktoren heutzutage über stufenlose Getriebe, Rußpartikelfilter und AdBlue Systeme, die die Effizienz steigern und den Kraftstoffverbrauch senken. Die Maschinen besitzen GPS gestützte Systeme, die dem Fahrer helfen die Arbeitsbreite von Anbaugeräten optimal auszunutzen oder mit denen man eine teilflächenorientierte Düngung vornehmen kann. Doch nicht nur die Aufgaben wachsen durch die fortlaufende Weiterentwicklung, auch die Prozesse werden immer vielschichtiger. So müssen Projekte, Konzepte und Vorhaben durch verschiedene Maßnahmen erleichtert werden. Denn die Entwicklung von immer besseren Systemen wird nicht aufhören. In den letzten Jahren wurden Maschinen erprobt, die autonom oder synchron arbeiten können. Das bedeutet, dass zwei Traktoren auf einem Feld arbeiten, wobei nur auf einem Traktor ein Fahrer sitzt. Der Traktor ohne Fahrer wird durch Computersysteme so gesteuert, dass dieser synchron und parallel zur Maschine mit Fahrer arbeitet. Denn genauso wie in anderen Branchen, sind auch in der Landtechnik immer wieder Innovationen und Neuerungen nötig, um sich beständig Marktanteile zu sichern. Im Gegensatz zur Automobilindustrie kann aber in der Landtechnik, insbesondere in der Traktorenentwicklung, das Hauptaugenmerk nicht nur auf Komfort und Interieur gelegt werden. Da die Technik für verschiedene Arbeitseinsätze konstruiert wird, steht die Leistung, das Einsatzgebiet sowie die Zuverlässigkeit der Maschine im Vordergrund. Um in dieser Gesamtheit der Entwicklung nicht das Ziel aus den Augen zu verlieren sowie eine fundierte Planung, gute Strukturierung und optimalen Einsatz der materiellen sowie personellen Ressourcen zu garantieren, ist es notwendig Hilfsmittel, wie das Projektmanagement und das Qualitätsmanagement in den einzelnen Stadien der Entwicklung zu verwenden.

Das Feld der Landtechnik ist ein absatzstarker Markt und Innovationen sowie das Vorgehen in der Prototypenentwicklung sind klare Wettbewerbsvorteile und werden daher nur im geringen Maße öffentlich vorgestellt. Da jedoch diese Thematik im Gesamtverständnis der Produktion von

Landmaschinen einen wichtigen Baustein darstellt, ist es von Relevanz diese Prozessabläufe zu kennen. So soll dem Branchennewling ein gewisses Grundwissen und Know-how vermittelt werden, um einen effektiven Einstieg in die Produktentwicklung zu gewährleisten. Hierzu setzt sich die Fragestellung aus den Punkten zusammen, wie die Abläufe im einzelnen aussehen, welche Entscheidungen getroffen werden müssen, welche Daten sich aus Testreihen gewinnen lassen und wie diese Daten ausgewertet werden. Um einen theoretischen Einblick zu bekommen, soll die vorliegende Arbeit als erstes in groben Zügen die Produktentwicklung von Landmaschinen in der heutigen Zeit erläutern. Sie beschreibt die Probleme und Lösungen, die die Entwickler in der Theorie und Praxis haben, um all diese Komponenten, Systeme und Fahrassistenten in einer Maschine zu vereinen und dazu noch ein wirtschaftlich rentables und qualitativ hochwertiges Produkt auf den Markt zu bringen. Als zweites soll sie eine Hilfestellung für die Einführung in die Testphasen, die nach der Entwicklung anstehen, sein. Denn diese Testphasen sind sehr aussagekräftig in Bezug auf Haltbarkeit, Einsatzgebiete, Verwendungsmöglichkeiten und das Feedback vom Verbraucher. Als letztes soll sie die Abläufe der Testphasen erläutern, welche rechtlichen Fragen im Vorfeld erledigt werden müssen und wie solche Testphasen in einem landwirtschaftlichen Unternehmen aussehen können.

2 Werkzeuge der Produktentwicklung

Den Unternehmen stehen in der heutigen Zeit verschiedene Werkzeuge für die Produktentwicklung und den damit einhergehenden Prozessen der Prototypenentwicklung zur Verfügung. In dem nachfolgenden Kapitel werden die beiden wichtigsten Werkzeuge für eine optimale Entwicklung von Waren und Produkten beschrieben, sodass ein Projekt erfolgreich und gewinnbringend zum Abschluss gebracht werden kann.

2.1 Projektmanagement

2.1.1 Grundlagen und Merkmale des Projektmanagement

Projektmanagement ist ein elementarer Bestandteil, um sich der stetig verändernden Umwelt anzupassen. Wettbewerbs- sowie zunehmender Kostendruck, hierarchische Strukturen und kürzere Produktlebenszyklen sind Herausforderungen mit denen die Unternehmen in der modernen Zeit konfrontiert werden. Um diese Anforderungen zu bewältigen, müssen systematische Strukturen angewandt werden, die als Werkzeug in allen Branchen für die Lösung komplexer Aufgaben dienen.

[1]

Die Gesamtheit der Aufgaben, wofür das Projektmanagement genutzt werden kann, ist breit gefächert und wird zur Lösung von komplexen Themen und allen leitenden und administrativen Aufgaben, die für die Durchführung eines Projektes nötig sind, verwendet. Die Hauptaufgaben bestehen jedoch darin, die verfügbaren Ressourcen, in diesem Fall die Mitarbeiter, zu schlagkräftigen und gut funktionierenden Teams zu formen, die Kommunikation zwischen den einzelnen Teams und Projektpartnern sowie den Auftraggebern zu koordinieren und die Bewertung der entstehenden Risiken vorzunehmen. [2]

Das Projektmanagement zeichnet sich durch verschiedene Maßnahmen und Merkmale aus:

- Die Kommunikation zwischen den einzelnen Mitgliedern, ob innerhalb oder außerhalb, ist wesentlich einfacher zu gestalten.
- Optimale Kommunikation zwischen den Projektbeteiligten, sowohl intern als auch extern.
- Durch Teamarbeit lässt sich das vorhandene Leistungspotenzial verbessern und steigern.
- Das Projektmanagement fördert und erleichtert die unmittelbare Zusammenarbeit der einzelnen Teams.
- Durch klare Abgrenzung und Definition der Projektteams lassen sich Loyalitätskonflikte leichter sichtbar machen und schneller vermeiden.

- Die Reaktionsfähigkeit der einzelnen Teams ist wesentlich höher und lässt flexible und schnelle Bearbeitungen von Problemen zu.

2.1.2 Phasen eines Projektes

Die Vorhaben lassen sich anhand des Projektmanagements in verschiedenen Phasen unterteilen. Diese bieten eine entsprechend strukturierte Grundlage für die Bearbeitung. In der folgenden Abbildung werden die Phasen chronologisch veranschaulicht und nachfolgend differenziert erläutert. [3]

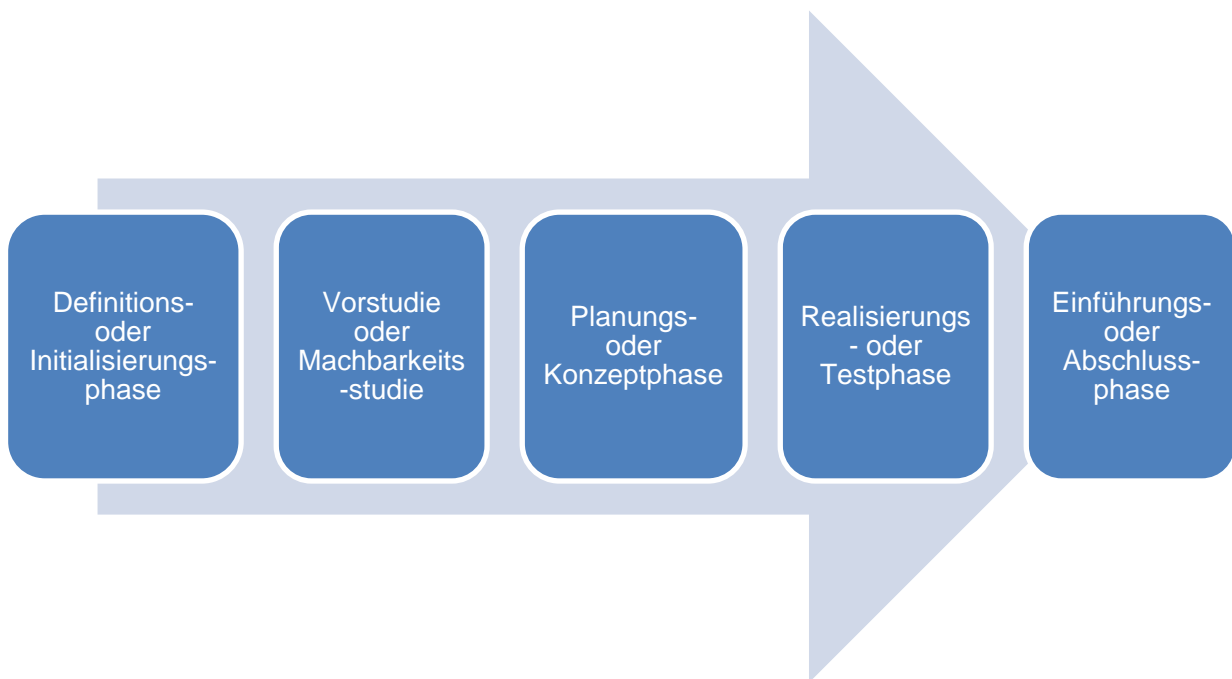


Abbildung 1: Projektphasen

(Quelle: (vgl.) Hering E.: Projektmanagement für Ingenieure, a.a.O., S. 6 ff.[3])

Projekte starten in der Regel mit der Definitions- oder auch Initialisierungsphase. Hier wird das eigentliche Vorhaben als erstes definiert und das Grundkonzept sowie die Ziele erarbeitet. Dies ist besonders wichtig, da in dieser Phase der Auftraggeber und Projektleiter entscheiden müssen, ob die Firma das Projekt realisieren kann oder nicht. So muss bestimmt werden, ob das Vorhaben für das Unternehmen rentabel ist und ob personelle, strukturelle und finanzielle Ressourcen für das Konzept zur Verfügung stehen. Wird sich dann für das Projekt entschieden, wird ein Projektantrag vom Leiter verfasst, in dem die zuvor definierten Ziele und Rahmenbedingungen sowie die benötigten Ressourcen festgehalten werden. Dieser Projektantrag, sofern er von beiden Parteien akzeptiert

wird, wandelt sich nun zu einer Projektvereinbarung, in der nachfolgende Punkte zu klären und verbindlich zu regeln sind. [4]

- Ausgangslage sowie Projektziele
- Rahmenbedingungen und Vorgaben
- Projektkosten und Einflussgrößen
- Meilensteine und Ergebnisse
- Termine und Informationen
- Risiken
- Unterschriften von Projektleiter und Auftraggeber

Sobald diese Punkte in der Projektvereinbarung erläutert wurden und die beteiligten Personen einen Überblick über das gesamte Ausmaß des Projektes besitzen, beginnt nun die nächste Phase, die Vorstudie. Diese wird auch Machbarkeitsstudie genannt. Es werden Informationen gesammelt und Aussagen zu Risiken, Realisierbarkeit und Zweckmäßigkeit getroffen. Anfänglich ist ein Wissensdefizit zu verzeichnen, welcher im Projektverlauf durch gewonnene Informationen abgebaut wird. Dem gegenüber stehen Relevanz und Risiken, welche immense Einflussgrößen darstellen und durch die gewonnenen Informationen so schnell wie möglich reduziert werden müssen. Sollte nun im Rahmen der Vorstudie ermittelt werden, dass das Erreichen der Ziele mit den zur Verfügung stehenden Möglichkeiten nur sehr schwer zu realisieren ist, muss nach diesem Meilenstein die Entscheidung getroffen werden, ob nicht ein Projektabbruch sinnvoll ist, bevor wertvolle Ressourcen für ein aussichtsloses Projekt verwendet werden. In der Abbildung 2 ist zu sehen, wie der Zusammenhang zwischen dem Einfluss, Wissen und Risiko im zeitlichen Verlauf des Vorhabens besteht und wie wichtig die Entscheidungsfindung zu Beginn des Projektes ist. [5]

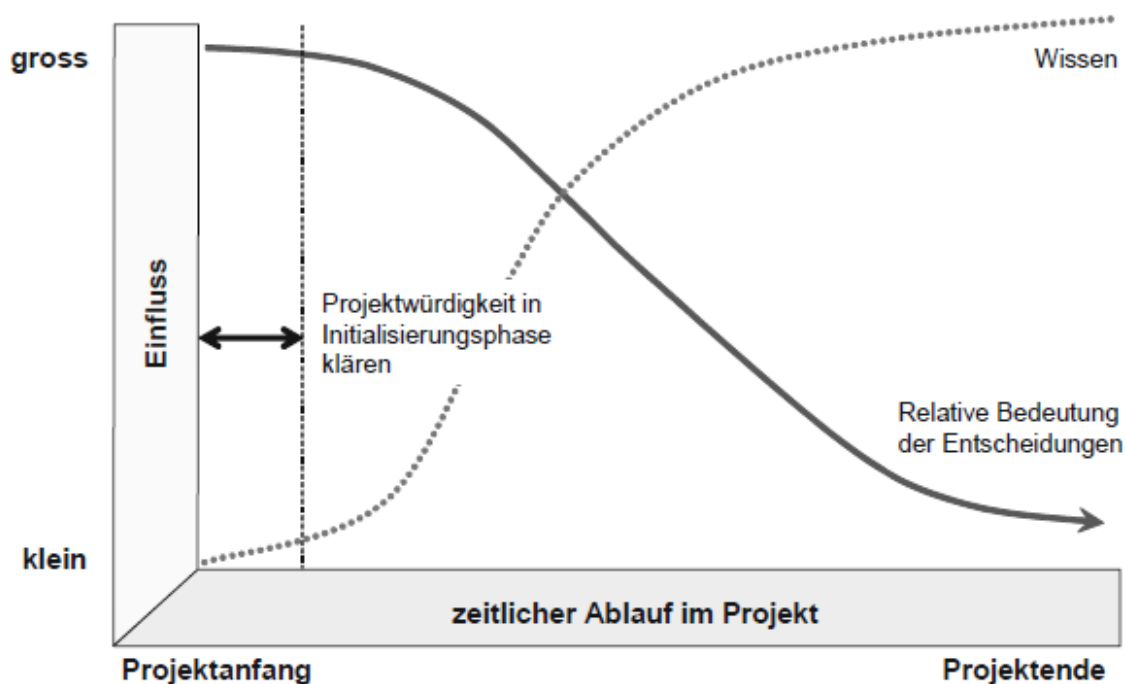


Abbildung 2: Einflussmöglichkeiten und Risiken in Projekten

(Quelle: (vgl.) Kuster J.: et al.: Handbuch Projektmanagement, 2011, S.49 [6])

Ist das Projekt als rentabel eingestuft, folgt die Planungsphase oder auch Konzeptphase. Es müssen zuerst Entwürfe erarbeitet werden, die alle Bedürfnisse der einzelnen Interessengruppen, soweit es möglich ist, vereinen. Die zuvor festgelegten Ziele und ermittelten Risiken die für das Konzept bestehen, müssen genau definiert und erörtert werden. Die Projektbeteiligten sind nach ihren Fähigkeiten und Know-how auszuwählen und mit den einzelnen Aufgaben zu betrauen. Termine und Methoden zur Ausführung der einzelnen Abschnitte müssen festgelegt und Kosten kalkuliert werden. [5]

Die vierte Phase ist die Realisierungs- oder auch Testphase. Es wird das entwickelte Produkt konstruiert und den ersten Tests, auf beispielsweise Haltbarkeit, Ausführung oder Funktionalität, unterzogen. In dieser Phase wird erörtert, wie gut das entwickelte System funktioniert sowie welche Stärken und Schwächen es besitzt. Das zu testende Produkt wird nicht nur innerhalb des Unternehmens auf Gängigkeit überprüft, sondern auch nach bestanden internen Tests, an vorher ausgewählte Verbraucher für Feldtests geschickt. Das bedeutet, dass ein nahezu marktreifes Fabrikat, an dem nur noch kleine Änderungen vorgenommen werden sollen, seinen ersten *Härtetest* absolvieren muss. Doch nicht nur der Test des Produktes oder der Maschine wird in dieser Phase realisiert, sondern auch die Komponenten und Pläne. Es ist ein Kostenplan für das Endprodukt sowie das Zubehör zu erstellen. Weitere Schritte dieser Phase sind die Planung der Ausbildung der künftigen Benutzer

sowie die Erstellung einer Anleitung zur fachgerechten Benutzung des Produktes, was zugleich als rechtliche Absicherung bei falschem Gebrauch fungiert. Sobald diese Aufgaben in Bearbeitung sind, kann mit der Planung der letzten Phasen begonnen werden.

Spätestens jetzt muss der Abschluss des Projektes geplant oder die derzeitige Planung verifiziert werden. Hier entstehen einige Fragen die den Abschluss betreffen [5]:

- Sind die finanzielle Mittel bis Abschluss des Projektes ausreichend?
- Gibt es noch offene Punkte, die vor dem Projektabschluss erledigt werden müssen?
- Sind bei den letzten Tests Probleme und Risiken entstanden, bei denen noch Handlungsbedarf besteht?
- Ist das Ziel des Projektes erreicht worden?
- Wie wird die Einführung in den Markt aussehen?
- Welche Meilensteinentscheide müssen vor der Abnahme durch den Auftraggeber noch vorbereitet und erledigt werden?

Die letzte Phase des gesamten Projektes ist die Einführungs- oder auch Abschlussphase, sie besagt: „Das Projekt ist erst eingeführt, wenn der künftige Anwender die neue Lösung im Alltag nutzbringend verwendet, alle Mängel behoben sind und die Projektdokumentation vollständig ist.“ [7] Hat das Produkt die letzten Tests erfolgreich absolviert, steht der Einführung in den Markt und der Auslieferung zum Verbraucher nichts mehr im Wege. Jedoch besteht der Projektabschluss nicht nur aus der Auslieferung des Produktes, sondern muss auch intern durch das Unternehmen, den Projektleiter und den Auftraggeber abgeschlossen werden.¹ Nachdem das Unternehmen den internen Projektabschluss durchgeführt hat, kann mit dem endgültigen Abschluss begonnen werden.² [8]

Für die vereinfachte und übersichtliche Darstellung eines Projektablaufes, ist am Ende des Kapitels ein Datenflussplan dargestellt, der schnell und einfach zeigen soll, ob ein Projekt in der Produktentwicklung realisierbar ist oder nicht.

¹ In Anlage 1 sind die Richtlinien für einen ordnungsgemäßen Projektabschluss aufgeführt.

² In Anlage 2 ist zusehen, wie eine Checkliste für die Übergabe, den Abschluss und die dazugehörige Organisation aussieht.

2.2 Qualität in der Entwicklung

Die Qualität eines Produktes ist über den gesamten Lebenszyklus, ob in der Entwicklung oder in der Herstellung, von großer Bedeutung. Das Qualitätsbewusstsein eines Unternehmens hängt direkt mit dem Erfolg bzw. Misserfolg am Markt zusammen. Nachdem im vorigen Kapitel die Werkzeuge der Produktentwicklung dargestellt wurden, soll im Folgenden explizit die Relevanz einer qualitätsorientierten Entwicklung hinsichtlich der Komplexität der Prozesse aufgezeigt und anhand einiger Methoden verdeutlicht werden. Zudem werden die Qualitätsanforderungen und die Ziele für die Entwicklungsprozesse aufgezeigt. Abschließend werden beispielhaft zwei Werkzeuge des Qualitätsmanagements für die Entwicklung von Produkten erörtert. [9]

2.2.1 Bedeutung und Einfluss der Qualität

Die Qualität ist das „Vermögen einer Gesamtheit inhärenter Merkmale eines Produkts, eines Systems oder eines Prozesses zur Erfüllung von Forderungen von Kunden und anderen interessierten Parteien“. [10]

Damit hat die Qualität eines Prozesses bzw. Produktes direkten Einfluss auf die Kundenzufriedenheit und somit auf den Erfolg des Unternehmens. Die Bedeutung der Entwicklungsqualität ist für ein verkaufsfähiges Produkt unablässig und wird durch hohe Qualität und Zuverlässigkeit geprägt. Aus diesem Grund sollte die Qualität für ein Projekt die höchste Priorität besitzen und schon von Anfang an im Entwicklungsprozess präsent sein. [11]

Trotz eines ausgeprägten Qualitätsbewusstseins werden oftmals Serienproduktionen und Verkaufstarts von Fehlern gebremst oder durch zu lange Entwicklungszeiten verzögert. Diese Problematiken basieren meist auf unzureichender Kommunikation zwischen den einzelnen Abteilungen, insbesondere zwischen der Entwicklung und der Produktionsplanung. Um diesen Problemen frühzeitig entgegen zu wirken, gibt es nach heutigem Stand verschiedene Entwicklungsansätze, wie z.B. das Simultaneous Engineering und das Konfigurationsmanagement.

Das Simultaneous Engineering basiert auf dem Zusammenschluss interdisziplinärer Teams zur gemeinsam Lösungsfindung. Die Teamarbeit der einzelnen Abteilungen ist komplex, straff organisiert und läuft simultan ab. Da die einzelnen Komponenten des Produktes unterschiedliche Entstehungsphasen besitzen, müssen Fortschritte und Ergebnisse sowie Informationen für alle Beteiligten des Projektes zugänglich und leicht verfügbar sein. Hier ist ein strukturiertes Projektmanagement, wie im vorangegangenen Kapitel vorgestellt, erforderlich, welches Kostenvergabe, Zeitvorgabe und Qualität sicherstellt und überwacht. Die Vorteile, die sich aus diesem Zusammenschluss der ver-

schiedenen Abteilungen ergeben, sind eine Steigerung der Entwurfs- und Fertigungsqualität, die Senkung der Entwicklungskosten und der Entwicklungszeiten. [12]

Je komplexer die Produkte werden, desto mehr Bauteile und Komponenten fließen in die Entwicklung ein. Neben dem Simultaneous Engineering ist hier vor allem das Konfigurationsmanagement von großer Bedeutung, um ein hohes Qualitätsniveau in der Produktentwicklung zu gewährleisten. Es handelt sich um ein steuerndes Element, welches in den einzelnen Entwicklungsphasen die Dokumentation des Entwicklungsstandes übernimmt und damit einen effektiven Ablauf sicherstellen soll. Desweiteren dient es dazu Spezifikationen und Anforderungen miteinander zu vergleichen. Das Konfigurationsmanagement ermöglicht auf Grundlage eines Produktbaums eine saubere und fortlaufende Dokumentation aller Fakten und stellt allen Mitgliedern den gegenwärtigen Stand des Projektes zur Verfügung. In Abbildung 3 ist eine mögliche Darstellung eines Produktbaumes zu sehen. Die Abwicklung von Freigabe- und systematischen Änderungsverfahren fällt dem Konfigurationsmanagement ebenfalls zu, so kann eine lückenlose Rückverfolgung der gesamten Entwicklung gewährleistet werden, welche in der späteren Design Review eine entscheidende Bedeutung hat. [13]

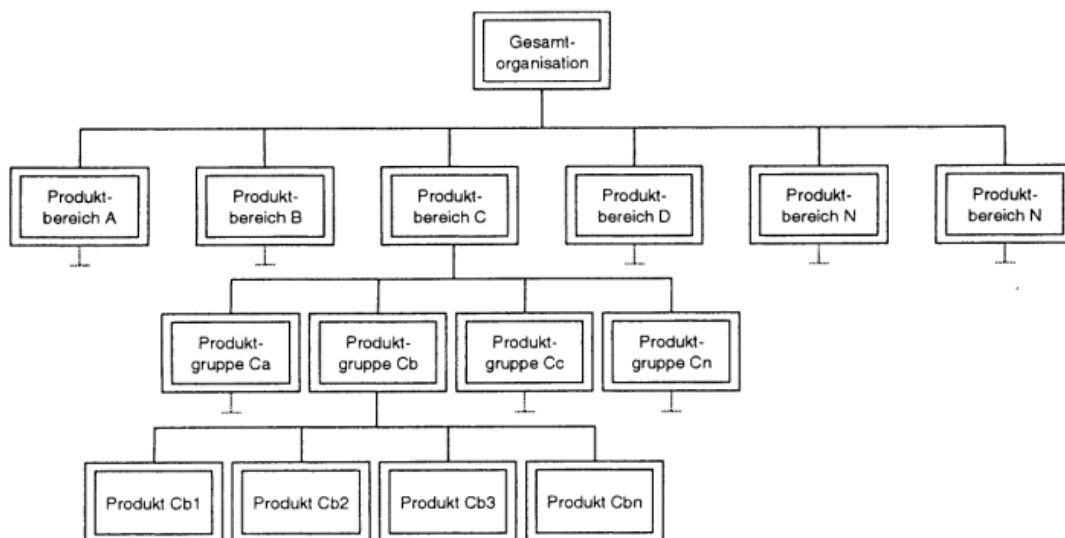


Abbildung 3: Produktbaum

(Quelle: (vgl.) Bullinger H.-J.; Scheer A.-W.: Service Engineering, 2003, S.42 [14])

2.2.2 Quality Function Deployment

Wie im vorigen Kapitel beschrieben, ist die Einbindung von Qualitätsbewusstsein sowie adäquaten Instrumenten des Qualitätsmanagements in der Produktentwicklung von großer Bedeutung. Das Quality Function Deployment (QFD) wird als ein solches Werkzeug des Qualitätsmanagements

verstanden. Es dient der systematischen und kundenorientierten Produktentwicklung. Das QFD verfolgt den Ansatz, dass die Produktmerkmale auf die Markteinflüsse sowie an den Qualitätsanforderungen und Wünschen des Kunden orientiert werden. Den Grundstein zu diesem Ansatz legten 1972 die Manager der Werft von *Mitsubishi Industries* in Kobe, indem sie einen neuen Ansatz zur nachfrageorientierten Entwicklung und Produktion von Erzeugnissen vorstellten. [15] Das QFD dient hierbei ebenfalls als universeller Apparat, um die Entwicklungskosten und Entwicklungszeiten zu verringern. Da in dieser Form der Produktentwicklung die Kundenwünsche eine komplexe und diffizile Stellung einnehmen, ist die Kernaufgabe des QFD eine genaue Analyse über das *Was will der Kunde und was wird verlangt?* und die gewissenhafte Übersetzung in das *Wie erfüllen wir die Forderungen und ist es lösbar?* zu betreiben. Diese Fragestellungen werden in der Regel in interdisziplinären Teams, bestehend aus Mitarbeitern der Entwicklung, des Marketing, des Qualitätswesens, etc., bearbeitet. Um im Planungsprozess die Frage *Was will der Kunde?* möglichst genau zu beantworten und *Wie lässt sich das technisch und wirtschaftlich lösen?*, gibt es das sogenannte Qualitätshaus oder auch *House of Quality* – HoQ (siehe Abbildung 4). Das HoQ ist ein Hilfsmittel im QFD, welches den Zielfindungsprozess systematisieren soll. Es besteht aus einer Beziehungsmatrix, die die Zusammenhänge und Erfüllungsgrade zwischen Anforderung (WAS?) und der Produkt- bzw. Prozesseigenschaft (WIE?) darlegt, um dadurch eine Bewertungsgrundlage für die Zielfestlegung zu liefern. Das HoQ soll die, durch Analysen, Untersuchungen und Ausführungen, erarbeiteten Lösungen dokumentieren und darlegen. Zudem werden die Beziehungen der einzelnen Entwicklungen aufgezeigt und so die Verknüpfungen der unterschiedlichen Prozesse verdeutlicht. Das bedeutet, dass die Ansprüche, Anforderungen und Wünsche die vom Kunden aus dem Markt kommen, im Unternehmen zusammengetragen werden, in die *Sprache des Unternehmens* übersetzt und an die jeweiligen Abteilungen weitergegeben werden, um ein kundenorientiertes und wettbewerbsfähiges Produkt zu realisieren. In vielen Belangen wird hierbei die technische Machbarkeit bzw. der Realisierungswunsch der Entwickler den Kundenanforderungen unterstellt. Hierzu werden verkaufsentscheidende Produkteigenschaften gezielt herausgearbeitet und in den Vordergrund gestellt, die sich dann durch eine hohe Gebrauchstauglichkeit auszeichnen. [16]

Der Aufbau des HoQ ist durch keine festen Vorgaben strukturiert, sodass der jeweilige Anwender selbst entscheiden kann, welche Ergebnisse aus der Analyse mit in die Planung einbezogen werden. Es stellt somit lediglich den methodischen Leitfaden zur Lösungsfindung dar und dient der übersichtlichen Dokumentation. Die grundlegende Vorgehensweise zur kundenorientierten Qualitätsplanung, mit den beiden oben genannten Hauptkomponenten des *WAS?* und *WIE?* der Kundenwünsche, werden in einer Beziehungsmatrix eingliedert und lassen sich dabei wie folgt in fünf Arbeitsschritte unterteilen. [16]

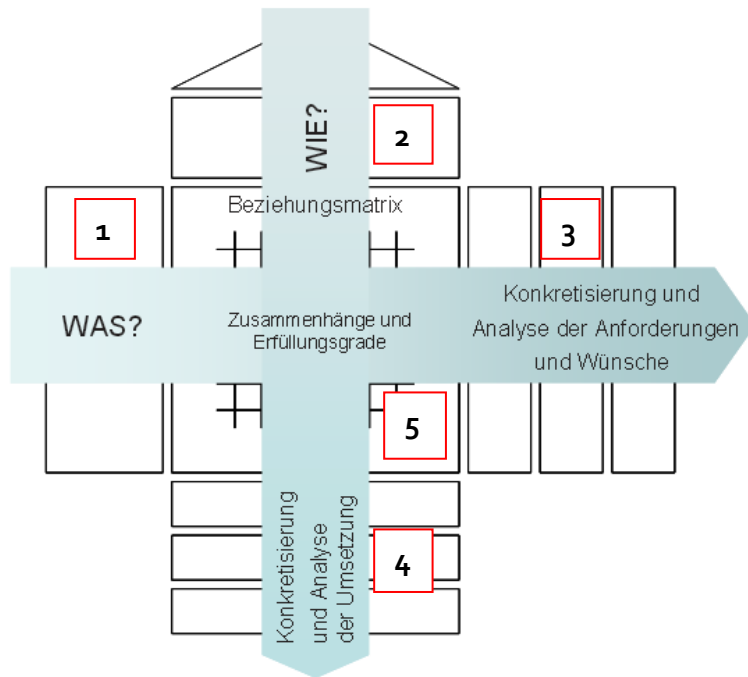


Abbildung 4: House of Quality - Arbeitsschema der QFD-Methode

(Quelle: (vgl.) Brüggemann H.; Bremer P.: Grundlagen des Qualitätsmanagement, 2012, S.32 [16])

1. Kundenanforderung und Priorität:

Das House of Quality beginnt mit der Erfassung der Kundenwünsche und den daraus resultierenden Anforderungen. Es sollten die wichtigsten Punkte ermittelt und in das Datenblatt eingetragen werden. Hier ist zu beachten, dass die Anzahl der Anforderungen überschaubar bleibt. Zudem werden den Kundenanforderungen bestimmte Prioritäten zugewiesen, die die Grundlage des gesamten Prozesses bilden. Sie können durch verschiedene Art und Weisen festgelegt werden, zum Beispiel in einem paarweisen Vergleich.

Es kann für die Übersichtlichkeit die Gewichtung in Zahlen ausgedrückt werden, wobei 1 für eine geringe und 3 für die höchste Priorität steht.

2. Design und Entwicklung:

In diesem Punkt wird versucht ein Produkt zu entwickeln, welches allen Kundenanforderungen gerecht wird, die in der Beziehungsmatrix QFD-Chart festgehalten werden.

Im Dach des House of Quality werden die Produktmerkmale aus Design und Entwicklung und die dazugehörigen Beurteilungen in Verbindung gesetzt. Es werden die Zeichen +, o, - verwendet, wobei das Pluszeichen für ein Verbesserungspotential, die Null für die vorhandenen Ressourcen und das Minus für die Erschöpfung der Konzeptkapazitäten steht.

3. Einschätzung und Vermarktung:

Hier wird die Möglichkeit eingeräumt, die Wünsche der Kunden mit der machbaren Entwicklung zu vergleichen. Zu diesem Zweck wird eine interne Wertung durchgeführt, in der die Beteiligten das eigene in Planung befindliche Produkt sowie ähnliche Produkte aus Sicht des Kunden beurteilen. Diese Beurteilung erfolgt in einem Schulnotensystem und dient der optimalen Vermarktung des Produkts.

4. Vorgaben, Wettbewerbsvergleich und Eigenschaften:

Hier werden Ziele, bezifferbare Messwerte und Merkmale definiert, die in der Endkontrolle als Vorgaben und Referenzpunkte gelten. Zudem wird in diesem Punkt die technische Machbarkeit sowie die Realisierbarkeit des Produktes geprüft und anhand von Kennzahlen von 1 bis 10 bewertet, wobei 1 für *sehr leicht zu realisieren* und 10 für *nicht machbar* steht.

Außerdem wird die Wettbewerbsfähigkeit des entwickelten Produktes unter Berücksichtigung verschiedener Fragen mit anderen Wettbewerbern verglichen.

- Welcher Wettbewerber setzt die Forderung am besten um?
- Was sind die Kosten der Produkte der einzelnen Wettbewerber?
- Wie ist die Funktion und Zuverlässigkeit des Produktes?
- Gibt es bessere und einfachere Lösung bei der Umsetzung?

Der Vergleich und die Bewertungen der einzelnen Punkte erfolgt hier über eine fünfstufige Skala die aus ++, +, 0, -, - - besteht, wobei ++ für *sehr gut* und - - für *sehr schlecht* steht.

5. Übersicht:

In dem letzten Schritt werden alle erforderlichen Merkmale und Eigenschaften des Produktes aufgeführt. Hier stehen die problematischen Besonderheiten im Vordergrund, welche ein Risiko darstellen und über Erfolg und Misserfolg des Produktes entscheiden können. In der Übersicht des HoQ kann ein erstes Fazit für die Realisierung des gesamten Projektes gezogen werden. Zum ersten Mal geben die Anhaltspunkte Aufschluss über ein Gelingen oder Scheitern des Projektes. Werden die Fragestellungen aus dem House of Quality in allen Phasen der Produktentwicklung angewandt, ergibt sich, resultierend aus der jeweiligen Vorstufe, ein Pflichtenheft für die nächste Entwicklungsstufe. Die einzelnen Phasen der verschiedenen Entwicklungsprozesse lassen sich in mehrere Teile untergliedern, welche nach dem QFD-Ansatz als der *Vier-Phasen-Ansatz* bezeichnet wird und nachfolgend dargestellt wird. Aus den einzelnen Teilen geht hervor, welche Resultate für die nächste Planungsstufe notwendig sind.

Die vier Phasen werden wie folgt eingeteilt:

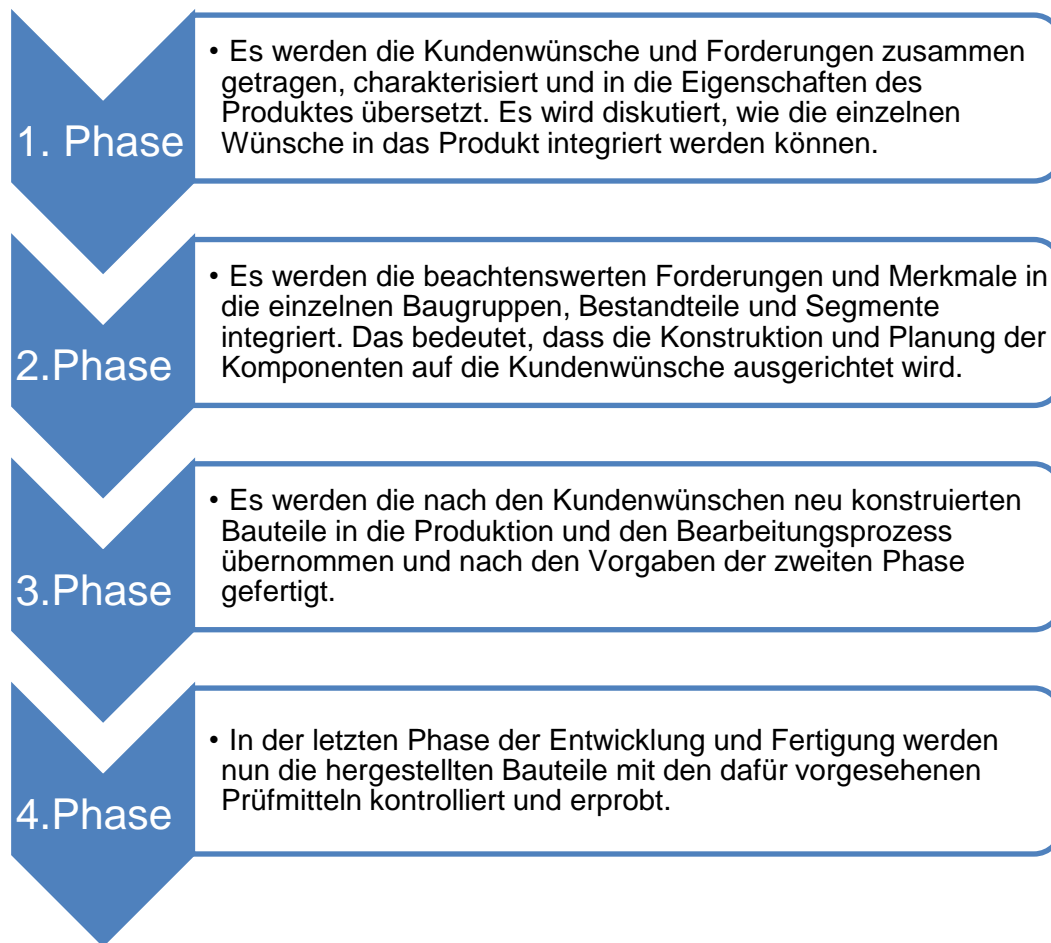


Abbildung 5: Vier-Phasen-Diagramm

(Quelle: (vgl.) Brüggemann H.; Bremer P.: Grundlagen des Qualitätsmanagement, 2012, S.33 [16])

Das QFD gewährleistet ein hohes Qualitätsbewusstsein über den gesamten Entwicklungsprozess. Nachdem diese vier Phasen durchgeführt wurden, ist daraus ein fertiges und erprobtes Produkt entstanden, welches auf die Markteinführung vorbereitet und dann verkauft werden kann.

2.2.3 Fehler-Möglichkeiten- und Einfluss-Analyse

Die Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA - Failure Mode and Effects Analysis), in der DIN EN 60812 auch als Fehlzustandsart- und -Auswirkungsanalyse benannt [DIN EN 60812], ist ein weiteres Werkzeug des Qualitätsmanagement und wird wie das Quality Function Deployment für die Produktentwicklung eingesetzt. Sie ist eine Methode zur Entwurfsbewertung und soll Schwachstellen, Fehler und Probleme in der Konstruktion aufzeigen, die schon in der Planungsphase gemacht worden sind. Die FMEA ist ein wichtiger Bestandteil in der Planung von Produkten und wird deshalb

als präventive Fehlervermeidung in der DIN EN ISO 9004 als Methode explizit genannt. [17] Sie ist äußerst wertvoll, da das Aufdecken von Fehlern in der Planungsphase eine große Kostenersparnis sowie geringe Nachbearbeitungszeiten mit sich bringt. Gut durchgeführt zeigt die FMEA eine Vielzahl von Ursachen für einen einzig vorhandenen Fehler auf. Sollten nur wenige Ursachen auf den Fehler in der Konstruktion hinweisen, so wurde die Analyse nicht korrekt durchgeführt und sollte wiederholt werden. [18]

Die Fehler-Möglichkeiten- und Einfluss-Analyse kann bei der Entwicklung von Produkten in drei verschiedene Analysen unterteilt werden. Zum einen wird die Konstruktions-FMEA angewendet. Sie findet während der Entwicklung der mechanischen Bauteile statt und soll dem Entwickler technische Mängel aufzeigen. Die zweite Analyse ist die Design- und Konstruktions-FMEA. Sie soll nicht die technische Machbarkeit untersuchen, sondern die Fehler und Probleme in der Gestaltung des Produktes anzeigen. Nicht nur in der Entwicklung von Produkten, sondern auch in der Prozessplanungsphase kann die FMEA Anwendung finden. Hier kommt die sogenannte Prozess-FMEA zum Einsatz, die die möglichen Schwierigkeiten in der Herstellung eliminieren soll. Eine korrekt durchgeführte FMEA benötigt als aller erstes eine gute Vorbereitung, sowie eine Planung der FMEA-Teams. Es sollten anfänglich Systemstrukturen und Produktbäume erstellt werden, die in der Analyse zum Tragen kommen sollen, wie in der folgenden Abbildung ersichtlich ist. [18]

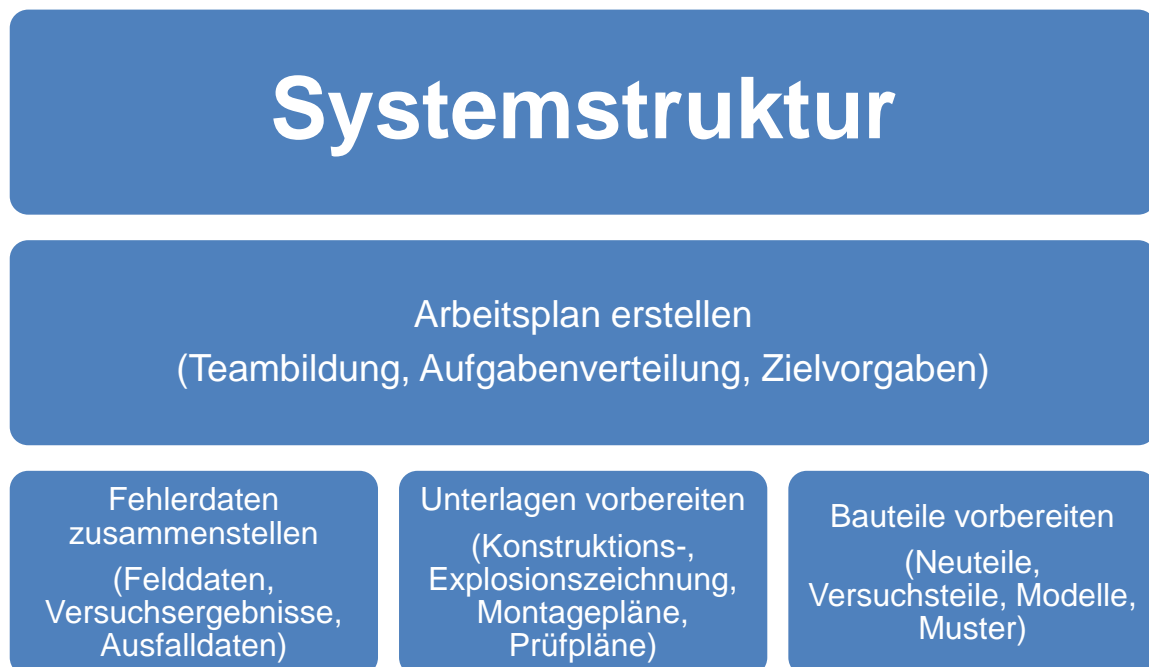


Abbildung 6: Vorbereitungsinhalte FMEA

(Quelle: (vgl.) Brunner F. J.; Wagner K.W.: Taschenbuch Qualitätsmanagement, 1999 S. 123 [18] Eigene Darstellung)

Die Durchführung der FMEA ist ein Brainstorming von Teams, welches das bisher erarbeitete Wissen über das Projekt zusammen trägt und analysieren soll. Eine weit verbreitete Möglichkeit das Brainstorming effektiv zu gestalten und die gewonnenen Daten zu interpretieren, ist die Verwendung des so genannten Ishikawa-Diagramm oder Fischgrätendiagramm. Das Ishikawa-Diagramm ist ein Ursachen-Wirkungs-Diagramm und wurde Anfang der 1940er Jahre vom japanischen Wissenschaftler Kaoru Ishikawa entwickelt. Es stellt auf grafische Weise dar, welche möglichen Einflüsse auf ein Ergebnis wirken und dient zur gezielten Ursachenermittlung, nachdem Fehler- und Problemschwerpunkt eingegrenzt wurden. Entwickelt wurden sechs Kategorien, welche als 6M bezeichnet werden und, wie die nachfolgende Abbildung darstellt, die Punkte Mensch, Management, Methode, Maschine, Material, Mitwelt einbeziehen. [19]

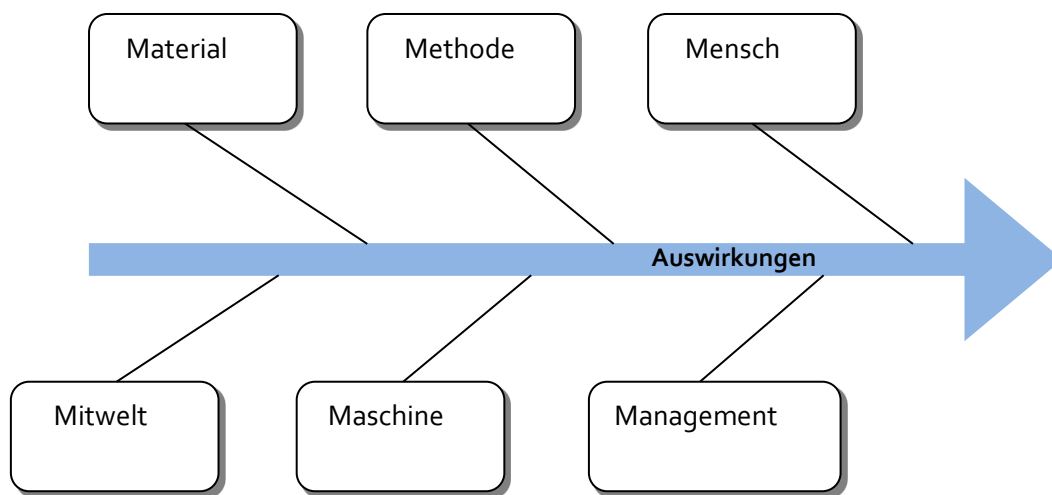


Abbildung 7: Ishikawa-Diagramm

(Quelle: (vgl.) Brüggemann H.; Bremer P.: Grundlagen des Qualitätsmanagement, 2012, S.24 [19])

Im Ishikawa-Diagramm stellen diese 6M die möglichen Ursachen dar sowie dessen Auswirkung, also das Problem.

Die sechs Ursachen werden im Einzelnen beschrieben als:

1. **Material:** Ressourcen, welche für die Verarbeitung, Herstellung und den Bau verwendet werden. Hier stellt sich die Frage ob das Material einwandfrei ist und für die Verwendung zu Verfügung steht. Sind an dem Material Mängel zu verzeichnen, so ist auf die strikte Einhaltung der zulässigen Toleranzwerte zu achten.

2. Methode: Ein mehr oder weniger planmäßiges Verfahren zur Erreichung eines Zieles, also Prozesse um eine Aufgabe zu bewältigen. Problematisch sind eine mögliche Unwirksamkeit oder eine Nichtanwendung der definierten Methodik.
3. Maschine: Sind in der heutigen Zeit für die Produktion von Bauteilen nicht mehr wegzudenken. Sie gelten aber ebenfalls als mögliche Problemursachen, da sie eventuell nicht leistungsfähig genug, defekt, schlecht gewartet und veraltet sind oder gänzlich fehlen.
4. Mitwelt: Besteht aus allen äußeren Einflüssen, die auf das gesamte Projekt oder betrachtete System einwirken. Hier spielen nicht nur Wetter, Umgebung und Absprachen eine Rolle, sondern auch die Berichte von der Presse, Gesetzgebungen, Konkurrenten und weltweite Probleme, die der Grund für Lieferschwierigkeiten und anderes sein können.
5. Mensch/Mitarbeiter: Personen die am Projekt mitarbeiten und welche Rolle sie spielen, welche Kollegen, Vorgesetzte und Mitarbeiter Einfluss nehmen und was dies für Auswirkungen auf das Projekt bzw. Produkt hat.
6. Management: Das Projekt sollte mit den Vorstellungen der Organisation konform gehen. Weitere Einflussfaktoren sind, wie die Organisationsstruktur aufgebaut ist, wie offizielle und inoffizielle Vorgehensweisen sich unterscheiden und wie Fehlentscheidungen gehandhabt werden. [20]

Nachdem die einzelnen Fehler und Risikofaktoren ermittelt und definiert worden sind, muss nun die Gewichtung der jeweiligen Elemente formuliert werden, um erkennen zu können, wie stark der Einfluss auf das Projekt ist. Hier sollte eine Risikoanalyse auf Grundlage der einzelnen Betrachtungskriterien durchgeführt werden. Das erste Kriterium ist die Bedeutung des Fehlers, es muss ermittelt werden welche Wichtigkeit die Fehlfunktion für den einzelnen Kunden hat. Zweites Merkmal wäre die Auftrittswahrscheinlichkeit, die das voraussichtliche Auftreten der möglichen Fehlerursache beschreibt. Als letztes kommt die Entdeckungswahrscheinlichkeit zu tragen, welche ermitteln soll, wie groß die Wahrscheinlichkeit ist, dass der Fehler oder die mögliche Ursache überhaupt entdeckt werden. Dementsprechend wird bei der Risikoanalyse der Ist-Zustand bewertet, um zu entscheiden, ob eine Verbesserung des Produktes oder des Herstellungsprozesses nötig ist. Die drei genannten Kriterien sind die Grundlage der Risikobewertung und werden den Punkten Bedeutung des Fehlers **B**, die Wahrscheinlichkeit des Auftretens **A** und die Wahrscheinlichkeit der Entdeckung des Fehlers vor der Weitergabe an den Kunden bzw. an den folgenden Prozessschritt **E** definiert. Von besonderer Bedeutung sind die Auswirkungen auf die Sicherheit und Zuverlässigkeit des Produkts, so ergibt sich aus der Multiplikation der Bewertungszahlen die Risikoprioritätszahl **RPZ**. [21]

$$\text{RPZ} = \text{A} * \text{B} * \text{E}$$

A – Auftretenswahrscheinlichkeit **1 ≤ A ≤ 10**

B – Bedeutung der Fehlerfolge **1 ≤ B ≤ 10**

E – Entdeckungswahrscheinlichkeit des Fehlers **1 ≤ E ≤ 10**

Die Risikoprioritätszahl stellt die Gewichtung des definierten Risikos dar. Es werden die Punkte **A**, **B** und **E** mit Zahlen zwischen 1 und 10 bewertet, wobei 1 für minimales Risiko und 10 für sehr hohes Risiko steht. In der Multiplikation steht dann dementsprechend $\text{RPZ}=1$ für kein Risiko und $\text{RPZ}=1.000$ für das größtmögliche Risiko, welches nicht tolerierbar ist und mit Maßnahmen entgegen gearbeitet werden muss. Die Auswertung findet in der einer Tabelle statt, um einen schnellen Überblick zu liefern, welcher Ursache die höchste Priorität und Aufmerksamkeit gewidmet werden muss.³

³ In Anlage 3 ist beispielhaft dargestellt wie so eine Tabelle aussehen kann.

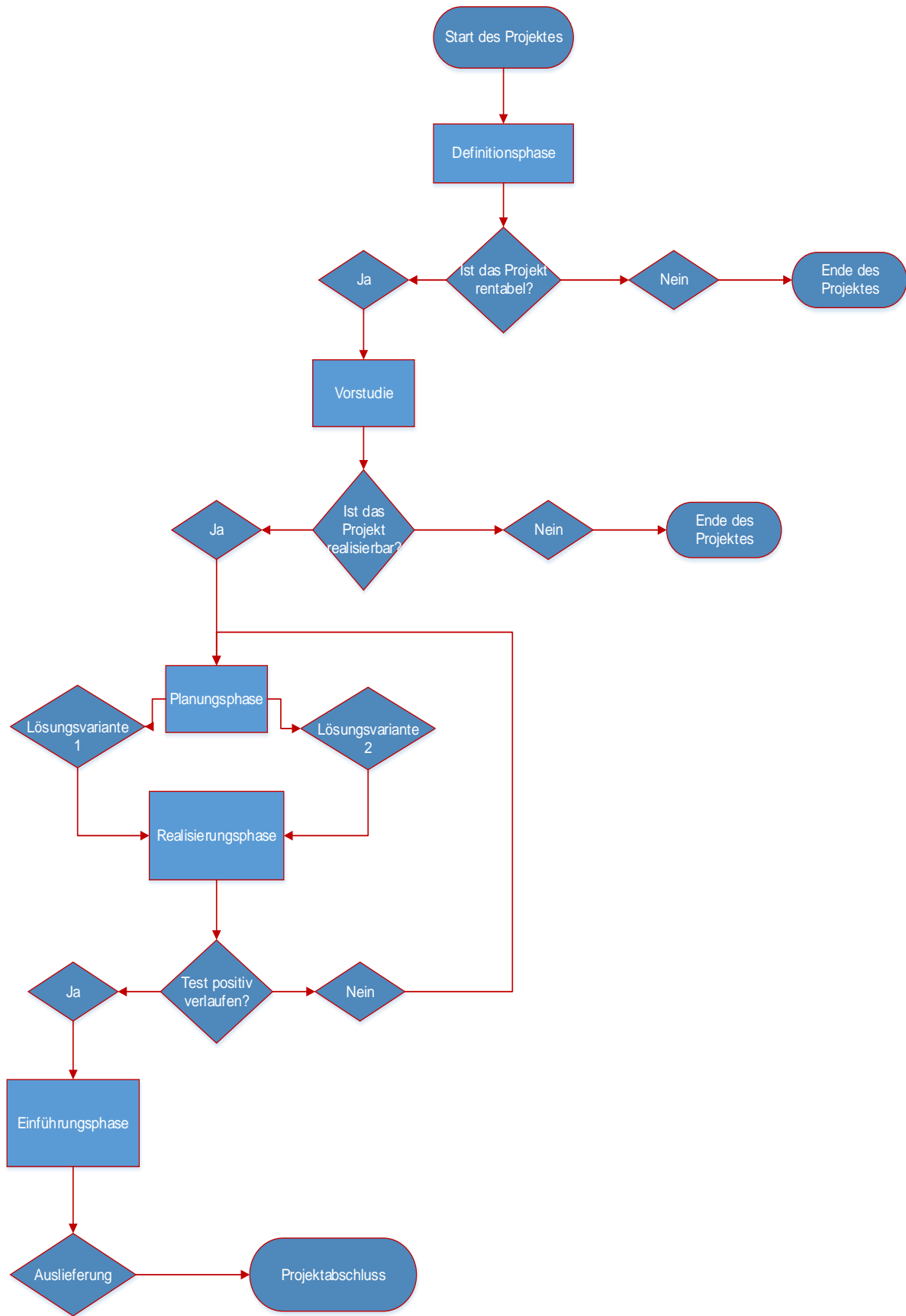


Abbildung 8: Datenflussdiagramm Projektlauf

3 Produktentwicklung und Validierung

Durch die Vorstellung der Werkzeuge des Projekt- und Qualitätsmanagement konnten die Grundlagen für die Entwicklungsprozesse für Prototypen aufgezeigt werden. Nachfolgend soll dieser theoretische Hintergrund auf die Praxis übertragen werden. Hierzu soll die Landwirtschaft, insbesondere die Entwicklung von Traktorprototypen, herangezogen und vorgestellt werden.

3.1 Begriffsbestimmung und Erklärung

Die Produktentwicklung ist in der heutigen Zeit einer der wichtigsten Faktoren in allen Bereichen unserer Gesellschaft. Durch ständige Neuerungen in der Computertechnik können die Maschinen, bspw. in der Landwirtschaft, immer weiter verbessert und infolgedessen wesentlich effizienter werden. Die Innovationsprozesse, die durch Forschung und Entwicklung ständig vorangetrieben werden, haben einen großen Einfluss auf die Kaufentscheidungen und Technikbewertungen der Kunden.

Doch bevor ein neues Produkt entwickelt werden kann, muss geklärt werden, in welchen Einsatzbereichen der Landwirtschaft der neue Traktor Anwendung finden und somit welchem Landwirt zur Verfügung stehen soll.

Die Validierung der Maschinen ist ein wichtiger Prozess der Produktentwicklung, sie soll den Nachweis erbringen, dass die zur Verfügung stehende Maschine den Anforderungen für den spezifischen Gebrauch oder die beabsichtigte Anwendung erfüllt. Dies wird durch verschiedene Testläufe, die der Prototyp durchlaufen muss, ermittelt. Hier werden zum Beispiel die einzelnen Bauteile durch Werkstoffprüfungen auf Stabilität und Haltbarkeit geprüft. [22]

Die Validierung von Prototypen in der Landwirtschaft kann in verschiedene Phasen untergliedert werden. Als ersten Schritt müssen Anforderungen und Spezifikationen festgelegt werden, mit der die Bauteile geprüft werden sollen. Dies hilft den Herstellern herauszufinden, welche Tests aufgrund der verschiedenen Funktionen der einzelnen Elemente in mechanischen, elektrischen und Softwarebereichen erforderlich sind. Sobald dieser Schritt abgeschlossen ist, kann es zum Bau von Testeinrichtungen und zu testenden Prototypen kommen, die zur Durchführung benötigt werden. Hierbei müssen gesetzliche Auflagen und Verordnungen beachtet werden, die in den Ländern gelten, in denen das Produkt auf den Markt gebracht werden soll. Sobald der Bau eines Testprototypen abgeschlossen ist, können die Konstruktionsanforderungen auf die Musterbeispiele übertragen und sowohl physikalisch als auch digital gemessen werden. Die gemessenen Werte und Ergebnisse der gesamten Testreihen werden in Berichten und Tabellen festgehalten und mit den errechneten Er-

gebnissen verglichen, ob die gestellten Anforderungen an das Produkt erfüllt werden oder ob Nacharbeiten oder neue Konstruktionen nötig sind. [23]

Die nachfolgende Abbildung zeigt das Gesamtkonzept der Produktentwicklung mit seinen drei einfachen Phasen und dazugehörigen Prozessmerkmalen, welche in den nachfolgenden Kapiteln genauer beleuchtet werden.

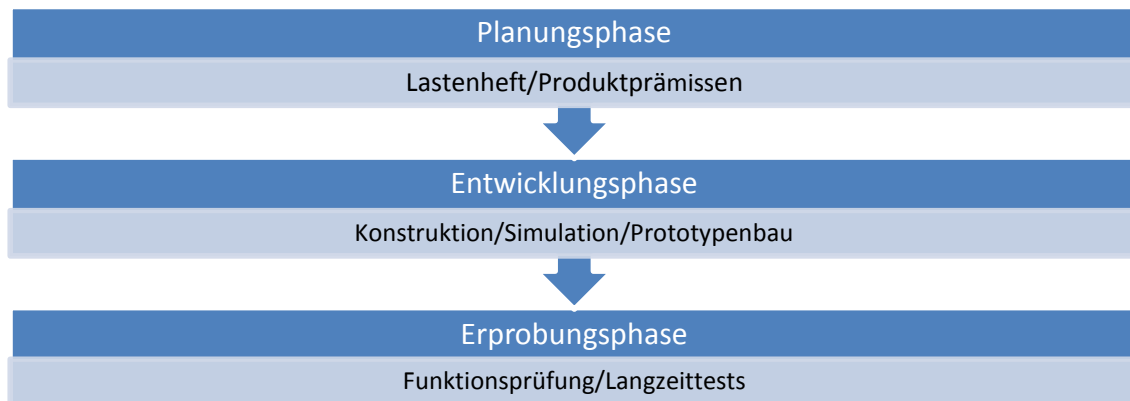


Abbildung 9: Phasen der Produktentwicklung

(Quelle: (vgl.) Felkai R.; Beiderwieden A.: Projektmanagement für technische Projekte, 2013, S.20 [24] Eigene Darstellung)

3.2 Planungsphase

Bevor ein neues Produkt entwickelt werden kann, muss das Unternehmen erörtern in welchen Bereichen sie ihre Produktpalette verbessern oder vergrößern wollen. Exemplarisch soll hier das Segment der Traktoren im Bereich von 70 bis 400 PS näher betrachtet werden, welche durch eine Vielzahl von Maschinen gespickt ist. So gibt es im Durchschnitt sieben Baureihen die das gesamte Leistungssegment abdecken sollen. [25] In der nachfolgenden Tabelle 1 ist eine beispielhafte Übersicht von den verschiedenen Herstellern und PS-Klassen zu sehen.

Tabelle 1: Einteilung der verschiedenen Traktorbaureihen

(Quelle: Internet [25] [26] [27])

PS - Klasse	Claas Traktor	Fendt	John Deere
70 – 100 PS	ELIOS 240 - 210	Fendt 200 Vario	Serie 5M
70 – 100 PS	NEXOS	Fendt 200 Vario V/F/P	Serie 5R
75 – 120 PS	AXOS 340 – 310	Fendt 300 Vario	Serie 6MC
90 – 160 PS	ARION 460 – 410	Fendt 500 Vario	Serie 6M
130 – 220 PS	ARION 650 – 530	Fendt 700 Vario	Serie 6R
215 – 290 PS	ARION 850 – 810	Fendt 800 Vario	Serie 7R
320 – 410 PS	ARION 950 – 920	Fendt 900 Vario	Serie 8R/8RT
Spezialmaschinen / Knicklenker			
ab 400 PS	XERION 5000	Fendt 1000 Vario	Serie 9R

Zu Beginn sind die Produktprämissen festzulegen, d.h. welche Baureihe bzw. Leistungsklasse verbessert werden soll. Im Zuge dessen wird ein Lastenheft erstellt, welches die Anforderungen an das Produkt beschreibt. Hierzu ist eine vorherige Marktanalyse von großem Vorteil. Sie sagt aus, in welchen Bereichen der Absatzmarkt am meisten Potenzial aufweist und wo Bedarf besteht. Sie kann aber auch dazu genutzt werden, um zu sehen in welchen Bereichen und Baureihen die konkurrierenden Unternehmen Probleme und Schwächen haben.

Des Weiteren müssen Beanspruchungsprofile für die Bauteile und die gesamten Maschinen erstellt werden. Hierzu können die verschiedenen Anbau- und Arbeitsgeräte, die für dieses Leistungssegment zur Verfügung stehen, betrachtet und analysiert werden. Ebenfalls können kooperierende Landmaschinenhändler befragt werden, welche Maschinen und Anbaugeräte die meisten Landwirte miteinander kombinieren. So ist es z.B. wichtig, dass nicht nur die Leistung zum Arbeitsgerät, wie Pflug, Grubber oder Drillmaschine passt, sondern auch die Dimensionen Größe und Gewicht der Maschine. Ein Fendt 820 Vario, mit den Dimensionen 220 PS und 8 t Gewicht, ist in der Lage einen vier Meter breiten Grubber mit einer Arbeitstiefe von 25 cm zu ziehen. Eine annähernde Maschine mit ähnlicher Leistung, aber einem Drittel weniger Gewicht, stößt dagegen an seine Leistungsgrenze. Die Daten aus vorherigen Produkten und Baureihen sowie die gesammelten Probleme und Fehler der Maschinen können hier erheblich weiterhelfen. Viele große Unternehmen speichern sämtliche Regressansprüche sowie Ausfälle der Maschine mit den dafür aufgetretenen Gründen, was einen schnellen Zugriff auf alle Konstruktionsfehler und Bauteilprobleme, auch von verschiedenen

Lieferanten, bietet. Daher ist die Auswahl der Lieferanten ein wichtiger Prozess in der Planung von neuen Maschinen, da die meisten Landmaschinen aus hunderten verschiedenen Komponenten bestehen und ein Unternehmen nicht sämtliche kleinen Bauteile selber herstellt. Dies würde sonst den finanziellen Rahmen für ein solches Projekt sprengen, da es eine Vielzahl von Abteilungen geben müsste, die alle Komponenten entwickeln und produzieren müssten. Hier ist es wesentlich kostengünstiger die Bauteile zu zukaufen als sie selbst zu produzieren.

Da der Markt in der heutigen Zeit gesättigt ist von Zulieferern für große Unternehmen, ist es dahingehend wichtig einen zuverlässigen Lieferanten mit einem ebenso zuverlässigen Produkt zu finden. Denn eine große Anzahl von Ausfällen, von z.B. Schaltern oder Steckern, ist nicht nur schlecht für das Image des Unternehmens, sondern kann auch zu großen finanziellen Belastungen führen. Es muss im Vorfeld ein verlässlicher Lieferant für die Bauteile gefunden werden, um den Problemen vorzubeugen. So gibt es unterschiedliche Arten Lieferanten anhand von Kriterien und Gewichtungen zu bewerten. Dies kann in Form von Tabellen mit der Vergabe von Faktoren oder Punkten erfolgen oder auch als grafische Darstellung in einer ABC-Auswertung. In der nachfolgenden Tabelle ist zu sehen, wie solch eine Auswertung tabellarisch mit einem Punktesystem aussehen kann. Denn von Kleinstteilen, wie Steckern oder Schaltern, bis hin zu elementaren Maschinenteilen, wie Motoren oder Antriebsstränge, werden durch Zulieferer gefertigt und den Unternehmen zur Verfügung gestellt.

Tabelle 2: Beispiel einer Lieferantenbewertung: Punktevergabe

(Quelle: Brüggemann H.; Bremer P.: Grundlagen des Qualitätsmanagement, a.a.O., S. 156 ff. [47])

Lieferant	Reklamationsquote	Warenwert der Reklamation	Liefertermineinhaltung	Service – Realisierung von Sonderwünschen	QM - System	Gesamtpunkte
A	4	5	5	4	5	23
B	5	5	2	4	5	21
C	2	1	2	2	1	8
D	3	3	4	4	4	18
E	3	3	2	2	4	14
F	5	5	5	4	5	24
G	1	2	1	3	3	10

Des Weiteren muss eine Analyse des gesamten Absatzmarktes der Maschinen stattfinden. Hintergrund dafür sind die gesetzlichen Auflagen der jeweiligen Länder und der Europäischen Union. Geltende Gesetze und Richtlinien für die Maschinen sind stets einzuhalten. Vorteilhaft sind die wei-

testgehend einheitlichen Bestimmungen der EU, dennoch sind jeweilige Spezifikationen einzelner Länder zu beachten. So gilt bspw. in Deutschland das Gesetz, dass alle landwirtschaftlichen Maschinen die schneller als 40 km/h fahren können, eine Druckluftbremsanlage besitzen müssen, genauso wie die mit der Maschine gezogenen Anhänger. Im Vergleich sind dies in England und anderen europäischen Ländern keine gesetzlichen Bestimmungen. Dies hat zur Folge, dass feststehen muss, in welchem Land der größte Absatzmarkt für die Maschinen besteht und ob die Traktoren bspw. eine Druckluftbremse von Werk aus verbaut haben sollten oder ob es günstiger ist, die Anlage für eine kleine Zahl von Maschinen nachrüsten zu lassen.

Wird eine Maschine für andere Kontinente gebaut, muss sich mit den Gesetzen der jeweiligen Länder auseinander gesetzt werden. So ist es in vielen afrikanischen und südamerikanischen Ländern zum Beispiel nicht üblich ein Tachometer zu besitzen. Auch Maschinen mit vielen technischen Features, wie Parallelfahrssysteme, Tempomaten oder auch Klimaanlage finden in diesen Ländern keinen großen Absatz, da die Maschinen zu anfällig für die klimatischen Bedingungen und die Standzeiten durch Reparaturen zu hoch sind.

Ein weiterer Faktor der Planung, ist die Frage der Lieferung und Lagerung von Bau- und Ersatzteilen. Es sollte diskutiert werden, ob die Teile im Lager des Unternehmens aufbewahrt werden sollten oder ob die Zuverlässigkeit der Lieferanten gut genug ist, um eine *Just-in-Time-Lieferung*⁴ zu gewährleisten. Hier stehen sich Kosten und Image gegenüber, da die Lagerhaltung einen großen logistischen und finanziellen Aufwand bedeutet. Wird sich aber für die *Just-in-Time-Lieferung* entschieden, kann es zu Problemen kommen. So steht die Maschine bei einem Ausfall länger als gewünscht, weil die Teile nicht geliefert werden können. Hier würde ein Imageschaden für das Unternehmen entstehen, was den Absatz auf dem Markt schmälern könnte. [28]

3.3 Entwicklungsphase

In der Entwicklungsphase der Produktentwicklung beginnt die Gestaltung eines oder mehrerer Prototypen. Trotz der heutigen technischen Möglichkeiten, digitale Prototypen im Entwicklungsprozess aufzubauen, kann auf die Realisierung realer Prototypen selten verzichtet werden, da die tatsächlichen Bedingungen nur schwer in entsprechenden Computerprogrammen zu simulieren sind und nur ein realer Feldtest aussagefähige Informationen liefern kann. Deren Ergebnisse fließen dann zurück in die Entwicklungsprozesse. [29]

Der Entwicklungsprozess eines neuen Prototypen wird in charakteristische Aufgaben und Tätigkeiten gegliedert, welche sich in folgende drei Phasen erläutern lassen.

⁴ Just-in-Time bedeutet, dass die Materialien zur richtigen Zeit und richtigen Ort geliefert werden und dadurch Lagerplatz und Logistik eingespart werden kann. [28]

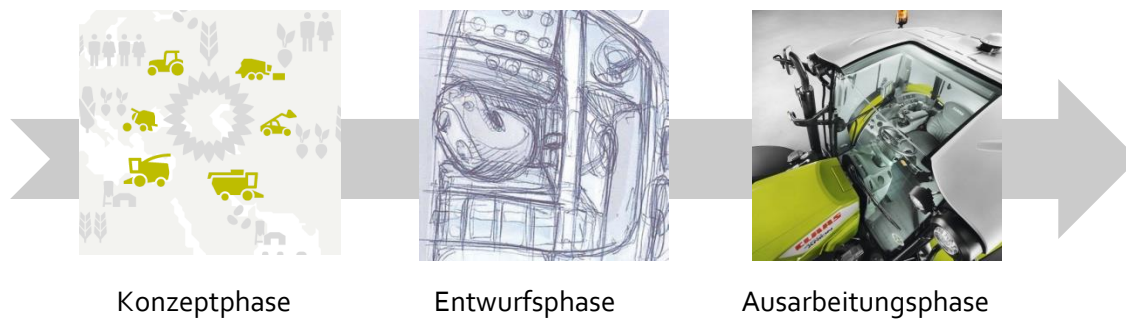


Abbildung 10: Phasen im Entwicklungsprozess
(Quelle: Internet [30])

Es handelt sich bei diesen Phasen jedoch nicht um ein vorgegebenes Schema, das eingehalten werden muss, sondern eher um einen Leitfaden, bei dem die wiederholte Überprüfung der zu erzielenden Ergebnisse und den daraus folgenden Änderungen in den einzelnen Phasen die bestmögliche Entwicklung des Projektes garantieren soll. [31]

In der Konzeptphase werden, je nach Bedeutung und Marktforschung, den einzelnen Funktionen und Eigenschaften der Maschine Prioritäten zugeordnet, wodurch die Aufgabenstellung und der Forderungskatalog definiert werden. Es werden erste Gliederungen des Projektes vorgenommen, welche die Baugruppen in einzelne Bereiche einteilen sowie den Materialfluss und das Wirkprinzip festlegen. Ebenso müssen korrekte Angaben über die Tauglichkeit und Zuverlässigkeit der einzelnen Komponenten und Werkstoffe ermittelt werden, welche in der späteren Serienproduktion zur Anwendung kommen. Zur Validierung der Prototypen müssen die einzelnen Bauteile jedoch nicht mit Komponenten aus der Serienfertigung im Detail übereinstimmen. [31]

Die Entwurfsphase basiert auf der Konzeptphase oder wenn es sich um eine Weiterentwicklung handelt, auf dem vorherigen Produkt. Es werden Gliederungen und Strukturen des Prototypen erstellt, welche in etwa den Umfang und den Wert des gesamten Produktes darstellen. Nachdem die Größe des Projektes feststeht, wird eine Auswahl hinsichtlich der technischen Realisierung der Komponenten für die Entwicklung der Prototypen vorgenommen. Die Bauteile werden je nach den entsprechenden Anforderungen ausgelegt und die einzelnen Werkstoffe bestimmt, welche z.B. für den Rahmen der Maschine, das Interieur in der Kabine oder die Verkleidung des Traktors verwendet werden sollen. Es müssen Simulationen entwickelt werden, in denen die verschiedenen Komponenten interagieren können und somit Daten gewonnen und Berechnungen für die Kompatibilität der Bauteile erstellt werden können. Hier muss die Bauweise für den Motor und Rahmen sowie das Getriebe entschieden werden. In der heutigen Zeit ist es üblich, kleinere Maschinen in einer Kompaktbauweise herzustellen, in der Motor, Getriebe und Hydraulik zusammen den Rahmen bilden. Bei

größeren Maschinen werden die einzelnen Bauteile auf einem Rahmen verbaut, um der Maschine eine größere Stabilität, Steifigkeit und ein höheres Eigengewicht zu verschaffen.

In der letzten Phase, der Ausarbeitungsphase, werden die erarbeiteten Informationen aus Konzept- und Entwurfsphase zusammen getragen und die Dokumente für die Serienfertigung erstellt. Diese Dokumente bestehen aus Montagezeichnungen, Schaltplänen, Stücklisten, Fertigungszeichnungen, Oberflächendetails des Produktdesigns, Farbgebung, etc.. [31]

Betrachtet man die Entwicklungsphase in der Landwirtschaft, so wird deutlich, dass in den meisten Fällen die einzelnen Maschinen jedoch nicht komplett neu entwickelt werden. Oftmals ermöglicht die Weiterentwicklung einer bestehen Maschine oder Konzeptes das Umgehen der Konzeptphase und sofortigen Beginn mit der Entwurfsphase. Es gibt jedoch Ausnahmefälle in der neue Systeme, wie Parallelfahrssysteme oder Motoren, mit sehr geringen Abgasnormen, eine reine Weiterentwicklung von Komponenten nicht zulassen, sodass in diesen Punkten die Konzeptphase nicht vernachlässigt werden kann.

3.4 Erprobungsphase und Projektabschluss

Nachdem die Entwicklung abgeschlossen ist, die Berechnungen für die Komponenten und Bauteile erstellt wurden, können nun die Prototypen gefertigt und erprobt werden. Das bedeutet, die verschiedenen Teile der einzelnen Zulieferer können geordert und miteinander verbunden werden. Hier werden in der Regel drei bis fünf Prototypen gefertigt, die für die gesamten Testreihen zur Verfügung stehen. Ein oder zwei Prototypen wären eine zu geringe Stückzahl, da sich Fehler in Bau und Fertigung bei einem Vorserienfahrzeug nicht so schnell aufdecken ließen. Mehr als fünf Prototypbauten sind für ein Unternehmen von landwirtschaftlichen Fahrzeugen ineffektiv. Es würden zwar mehr Daten aus den Versuchen zur Verfügung stehen, jedoch ist dies ein anderes Preissegment als in der Automobilindustrie, ein Vorserientraktor mit 200 PS kann problemlos über 250.000 Euro kosten.

Um die errechneten Daten mit denen aus den Testreihen vergleichen zu können, müssen Versuchspläne und Versuchsdurchführungen für die einzelnen Komponenten, aber auch der gesamten Maschine erstellt und durchgeführt werden. Motor und Getriebe müssen zum Beispiel auf einem Leistungsprüfstand agieren, um zu ermitteln welche Leistung sie in Kombination miteinander haben und ob sie den Vorstellungen der Entwickler entsprechen⁵. Da, wie zuvor erwähnt, viele Teile von verschiedenen Zulieferern geordert werden, ist es nicht selten, dass die errechneten Werte der Leistung nicht erreicht werden. Es ist bei Landmaschinen nicht nur wichtig, dass die Maschinen die

⁵ In Anlage 4 sind entsprechenden Daten einer Leistungsabfrage auf einem Prüfstand exemplarisch am Beispiel eines Traktors einer Vorserie aufgeführt.

Kraft, in dem Fall das Drehmoment, auf den Boden überträgt, sondern das Drehmoment muss auch von der Zapfwelle an das Anbaugerät übertragen werden. Die Zapfwelle ist eine im Getriebe verbauete Komponente und kann mit verschiedenen Geschwindigkeiten z.B. Mähwerke, Drillmaschinen, Pumpen und viele andere Geräte antreiben die in der Landwirtschaft verwendet werden. In der nachfolgenden Abbildung sind zur anschaulichen Darstellung die Funktionen und Komponenten eines Traktors dargestellt.

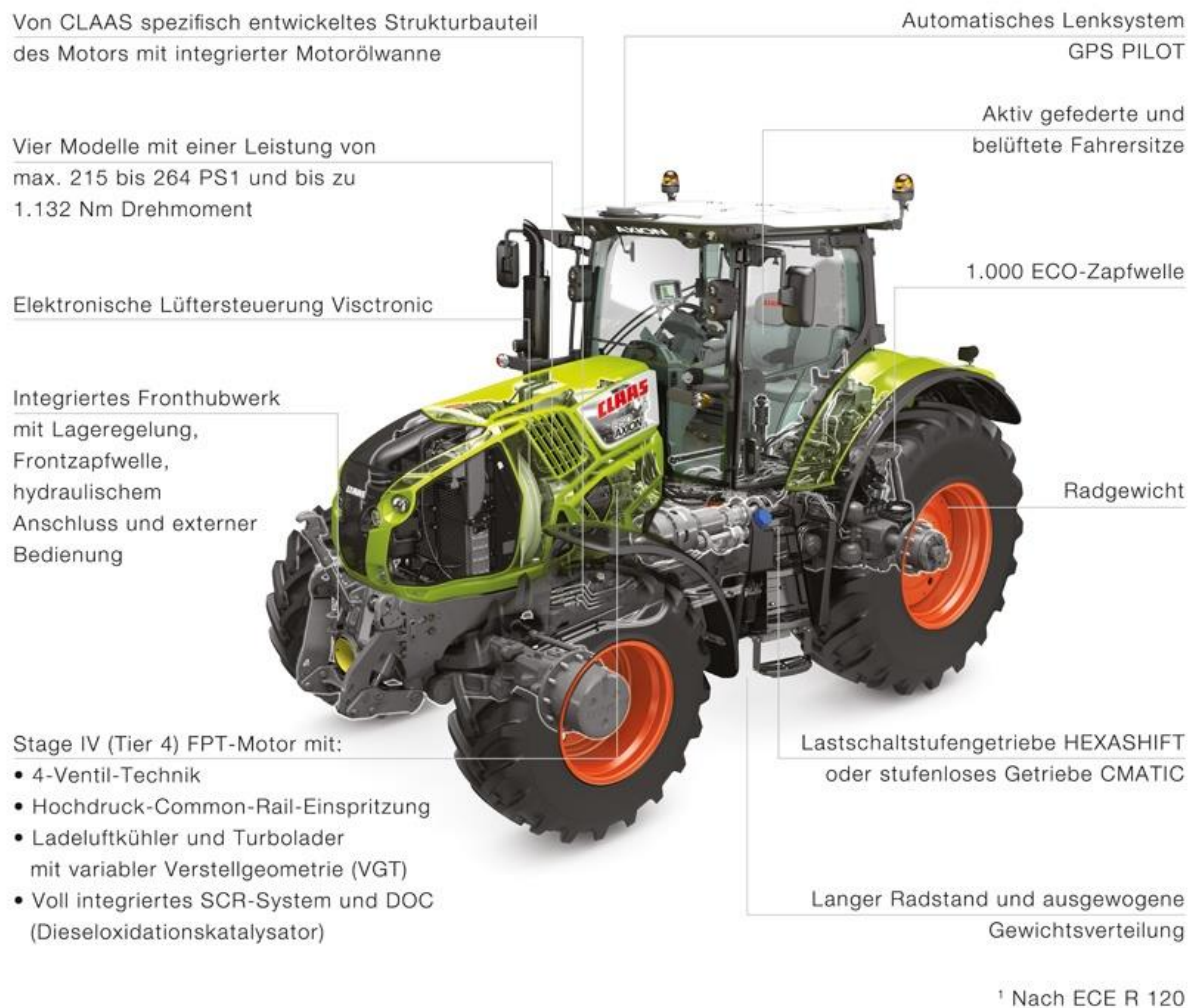


Abbildung 11: Verfügbare Traktorkomponenten

(Quelle: Internet [25])

Des Weiteren müssen Muster erstellt werden, die in Verbindung mit dem Traktor getestet werden. So muss eine Motorhaube konzipiert werden, welche nicht nur den gesetzlichen Bestimmungen entspricht, sondern auch dem Kunden zusagt. Die Motorhaube darf nicht zu groß dimensioniert werden, sonst fehlt dem Fahrer die Übersicht auf der Straße und dem Anbaugerät, dies erschwert die Arbeit mit der Maschine und kann zu Gefahrensituationen führen. Es muss entschieden werden

aus welchen Materialien sie bestehen soll. Hier wird in der Regel Kunststoff verwendet, da er strapazierfähig ist und die Haube sich leicht öffnen lässt. Allerdings können nicht alle Kunststoffe verwendet werden, da der Motor eine hohe Abwärme entwickelt, denen viele Materialien nicht standhalten würden. Ähnliche Analysen, Tests und Prüfungen müssen mit dem Dach, Kotflügeln und der Kabine durchgeführt werden. Ferner muss geprüft werden, ob die Lampen in der richtigen Höhe sitzen. Sie dürfen den entgegenkommenden Verkehr nicht blenden, aber auch nicht durch Anbaugeräte, wie Frontgewichte, Packer oder Mähwerke verdeckt werden. Doch nicht nur die Anordnungen der einzelnen Bauteile werden überprüft, es werden auch Qualitäts- und Zuverlässigkeitsbewertungen der Lieferanten erstellt. Hier werden längere Tests der Bauteile vorgenommen und geprüft, ob sie die festgelegten Anforderungen erfüllen. Da sich Traktoren meist im unwegsamen Gelände bewegen, sind die Bauteile einer viel höheren Belastung als in der Automobilindustrie ausgesetzt. [32]

Nachdem die ersten Tests durchgeführt wurden, müssen die SOLL- und IST-Werte verglichen werden, das bedeutet die tatsächlichen gemessenen mit den errechneten Werten gegenüberzustellen. Dies sollte nahezu zeitgleich geschehen, damit Korrekturmaßnahmen eingeleitet werden können, falls die Abweichungen zwischen den SOLL- und IST-Werten zu groß sind. Ein richtiges Zeitmanagement ist ein wichtiger Faktor bei den Vergleichen. Es sollten zuerst Bauteile und Komponenten verglichen und getestet werden, die die umfassendsten Korrekturmaßnahmen nach sich ziehen, sonst können erhebliche zeitliche Verzögerungen auftreten die geplante Starts, wie den Feldtests, verhindern. Sollte bspw. der Motor zu wenig Leistung erbringen, muss ein größerer verwendet werden, was wiederum bedeutet, dass eine andere Motorhaube konzipiert werden muss. Möglicherweise muss sogar ein größeres Getriebe verwendet werden, was wiederum Änderungen der Kabine, Antriebe, Hydraulik und vieles mehr nach sich zieht. Dies macht deutlich, dass die SOLL-IST-Vergleiche erhebliche finanzielle und organisatorische Bewandnis aufweisen. [33]

Sofern diese Tests abgeschlossen wurden und die SOLL-IST-Werte nahezu identisch sind, kann der Bau von seriennahen Prototypen begonnen werden. Auch diese müssen jedoch einige Testphasen durchlaufen, bevor die Feldtests unter realen Bedingungen stattfinden können. Hier werden *Design Reviews* oder *Serviceability Checks* durchgeführt. Das bedeutet, dass alle Produkt- und Prozessbeteiligten und besonders geeignete Personen, wie Mechaniker mit einer großen Erfahrung an solchen Maschinen, aufgerufen sind, konstruktive Kritik und ergänzende Beiträge abzugeben. Diese *Design Reviews* sollten zwei- bis dreimal während der Entwicklung und Erprobung stattfinden, um systematische Fehler von vornherein zu eliminieren. Eine tabellarische Zusammenfassung der Checks kann Änderungen und Probleme schnell erkennen lassen und somit zeitnah beheben.⁶

⁶ In Anlage 5 wird zur ergänzenden Darstellung eine solche tabellarische Aufstellung aufgezeigt.

Bei der zweiten *Design Review* handelt es sich nicht mehr um gravierende Veränderungen an der Maschine. Es gibt keine Neugestaltung an Motor, Getriebe, Achse oder gesamten Grundstruktur, sondern die einzelnen Bauteile der Maschine werden auf Funktionalität und Handhabung geprüft. So wird z.B. die Zugänglichkeit des Motorkühlers überprüft, da sich dieser unter heißen und staubigen Einsatzbedingungen schnell zusetzen kann und beinahe täglich gereinigt werden muss. Aber auch die Zugänglichkeit vom Motorölmessstab, Hydraulikölmessstab oder Schaugläser von Diesel und Öl muss kontrolliert und gegebenenfalls verbessert werden. Des Weiteren wird eruiert, ob Quetschungen von Kabeln und Leitungen durch andere Bauteile entstehen oder ob die in der Kabine angebrachten Schalter in einer für den Landwirt oder Fahrer optimalen Position sitzen. So kann es passieren, dass sich oft benötigte Schalter und Steuereinheiten, wie z.B. der für die Höhenregulierung der Heckhydraulik, zu weit im hinteren Teil der Kabine befinden, was keinen optimalen Arbeitskomfort für den Anwender bietet. Eine Imagebeeinträchtigung für das Unternehmen wäre die Folge, was sich negativ auf die Marktgeschehnisse auswirken könnte.

Nachdem die zweite *Design Review* abgeschlossen ist, sämtliche beteiligten Personen mit der Funktionalität der Maschine zufrieden sind und die Ampeln, wie in Anlage 5 dargestellt, auf grün eingestuft wurde, können die letzten Korrekturen erfolgen und die Prototypen für die Feldtests vorbereitet werden. [34]

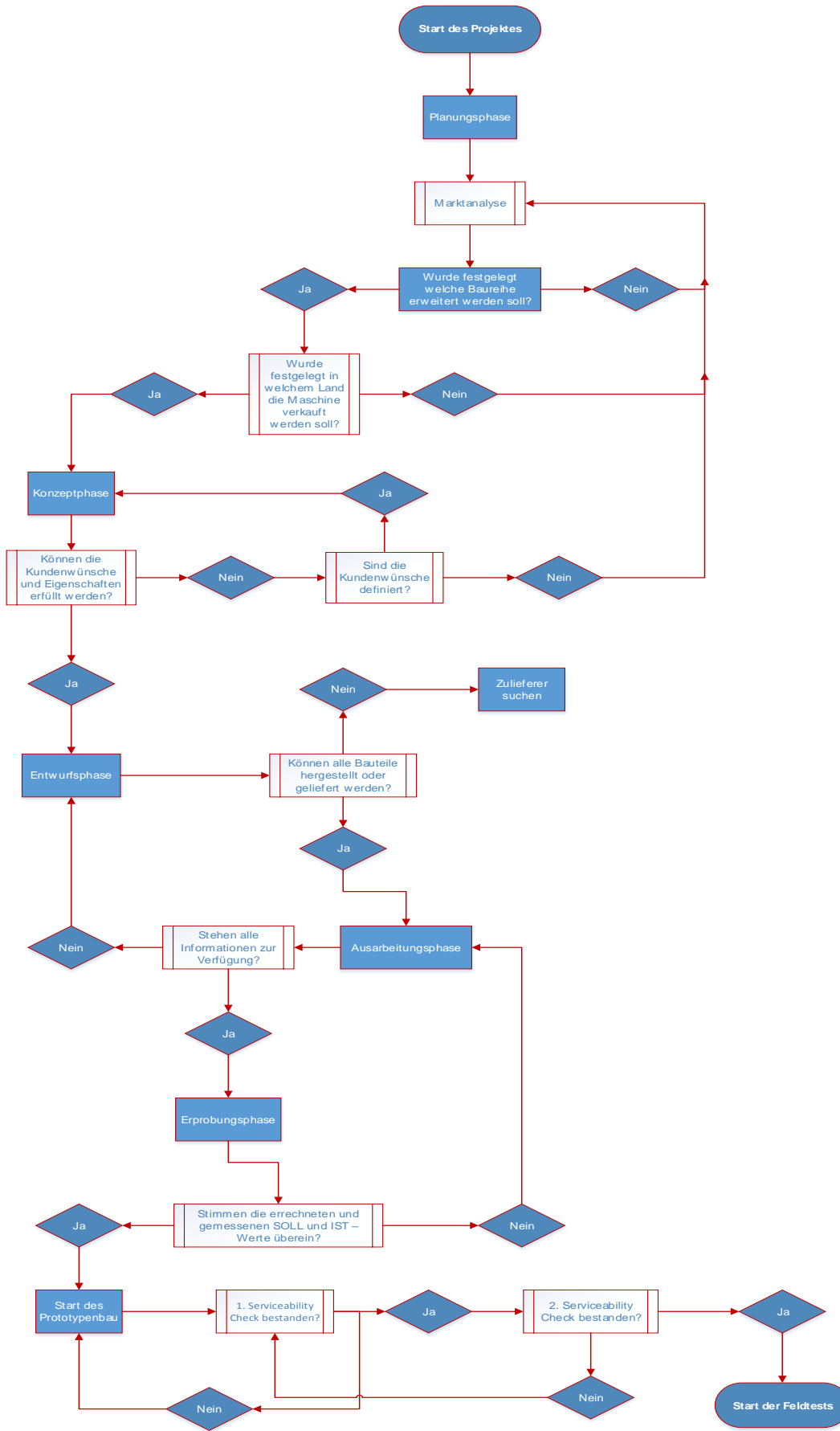


Abbildung 12: Datenflussdiagramm für die Produktentwicklung und Validierung

4 Prototypen in der Landwirtschaft

Nachdem theoretische Planungs- und Konzeptarbeiten, wie in Kapitel 3 Produktentwicklung beschrieben, erfolgreich abgeschlossen werden konnten, folgt der Schritt des Einsatzes des Prototypen. Prüfschritte, Homologation sowie Feldtests liefern wichtige Erkenntnisse für die bevorstehende Serienproduktion und sind elementarer Bestandteil von Entwicklungsprozessen in der Landwirtschaft. Folgend sollen diese Vorgehensweisen und Standards, auf Grundlage eigener Durchführung in der Landmaschinenindustrie, vorgestellt werden. Somit kann mit der Überprüfung der gesamten Maschine, explizit mit den sicherheitsrelevanten Komponenten begonnen werden.

4.1 Homologation von Bauteilen und Komponenten

Die Planung und Entwicklung eines Prototypen ist abgeschlossen, nun können die einzelnen Bauteile sowie die gesamte Maschine homologiert werden. Das bedeutet, dass bestimmte Komponenten geprüft werden müssen. Diese Verfahren werden in aller Regel von den Unternehmen selbst übernommen. Weiterhin gibt es aber noch verschiedene Kontrollorganisationen der Länder, den TÜV oder spezialisierte Dienstleister zur Durchführung dieser Prüfungen. Die Variante die Prüfung an externe Firmen abzugeben ist meist für kleinere Unternehmen von Vorteil, da es Einsparpotentiale bieten kann, weil keine Prüfer, Prüfstände und andere Ressourcen aufgebracht werden müssen. Jedoch nehmen auch größere Firmen diese Arbeit in Anspruch, da auch sie ganze Abteilungen einsparen können und kein geschultes Personal benötigen. Es werden aber nicht alle Bauteile des Prototypen homologiert, sondern lediglich sicherheitsrelevante Komponenten überprüft. Beispielsweise sind die Position des Scheibenwischerhebels oder die Größe der Fangschalen vom Unterlecker nicht von Bedeutung. Die saubere Dokumentation der Homologationsprüfungen wird benötigt, um einen schnellen und reibungslosen Ablauf für die Zulassung auf deutschen Straßen zu gewährleisten. [35]

Wie bereits angeführt, wird bei der Homologation das Hauptaugenmerk auf sicherheitsrelevante Komponenten gelegt. Beispielhaft soll die Homologation der Kabine eines Traktors erläutert werden, da diese Komponente einen entscheidenden Sicherheitsaspekt für den Anwender der Maschine bietet. Die Kabine wird auf Haltbarkeit und Stabilität getestet, da sie den Fahrer bei einem möglichen Umkippen der Maschine schützen soll. Die Kabine beim Traktor ist vergleichbar mit einer Fahrgastzelle eines PKW. Sie besitzt A-, B-, und C-Säulen, welche eine stabile Struktur gewährleisten sollen. Die nachfolgende Abbildung stellt die Kabine eines Claas Elios zur Veranschaulichung dar und führt die verschiedenen Tests der Homologation auf.

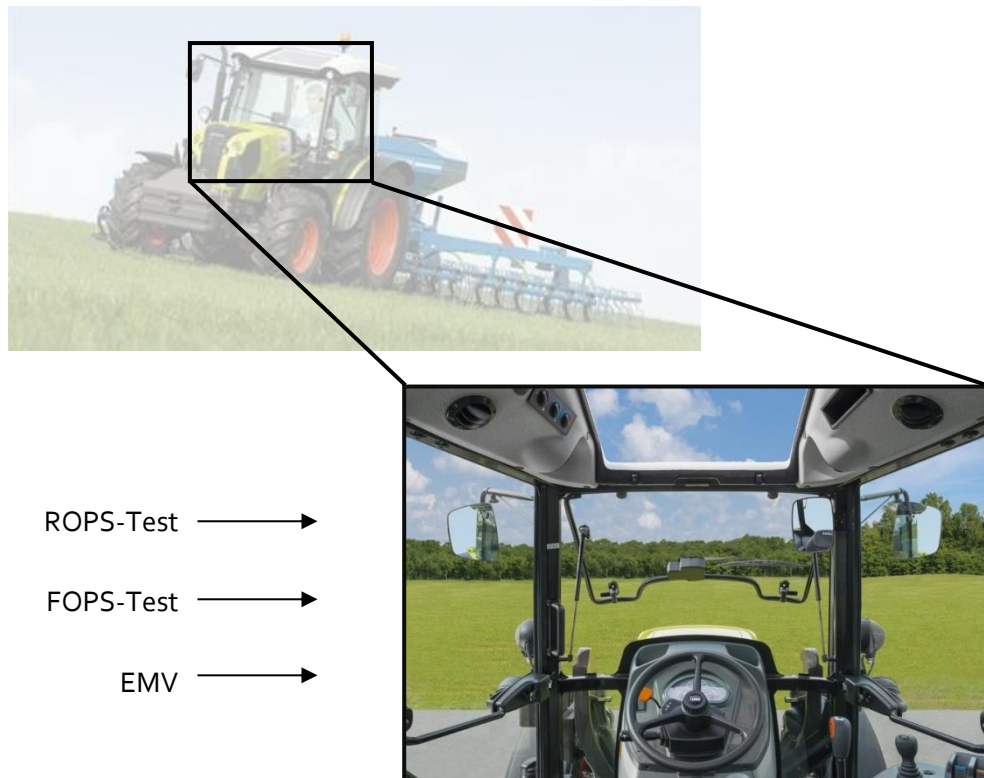


Abbildung 13: Homologationstests einer Traktorkabine

(Quelle: Internet [36])

Die Kabine wird auf drei unterschiedliche Arten getestet. Der erste ist der ROPS Test – Roll Over Protective Structure (Überrollschutz), der zweite ist der FOPS Test – Falling Object Protective Structure (Schutz gegen herabfallende Gegenstände) und der dritte ist der EMV Test – die Überprüfung auf Elektro-Magnetische-Verträglichkeit (Unempfindlichkeit eines Geräts gegenüber externen, elektrischen Störungen). [37]

Für die ROPS und FOPS gilt, dass jede Maschine ihre gattungsspezifischen Vorschriften für die Umsturzvorrichtungen besitzt. Ackermaschinen werden, wie das oben aufgezeigte Beispiel, durch die übergeordnete EU-Richtlinie 2009/75/EG reguliert. Bestehen die Maschinen die Prüfungen der Normen ISO 3471 und ISO 3449, welchen den Überrollschutzaufbau beziehungsweise den Aufbau zum Schutz herabfallender Gegenstände beschreiben, wird den Kabinen das Prädikat *Sicherheitskabine* verliehen. Jeweils auf den speziellen Einsatz der Maschine bezogen, ist nach erfolgreicher Prüfung jede Kabine eine *Sicherheitskabine*, unabhängig von den Vorschriften, nach denen sie geprüft wurde. Sollte sich ein Traktor überschlagen, muss der Überrollschutzaufbau so ausgelegt sein, dass bei einem einmaligen Überschlag der angegurtete Fahrer nicht lebensgefährlich verletzt wird. Für die Berechnung der aufzunehmenden Energie wird hierbei das Leergewicht als Basis verwendet. Es gilt die optimale Mitte zwischen Energieaufnahmevermögen und Steifigkeit zu finden. Das bedeutet,

dass der Überrollschutz bei einem Um- oder Überschlag seitlichen (längs wie quer) und vertikalen Druckbelastungen standhalten können muss. Druck in Längs- und Querrichtung bedeutet, der Traktor fällt seitlichen oder rückwärts um. Ist die Kabine einer vertikalen Belastung ausgesetzt, steht sie auf dem Kopf. Bei Längs- und Querbelastungen ist eine gewisse Flexibilität des Traktors erforderlich, während bei vertikalen Belastungen eine hohe Steifigkeit von Nöten ist. [38]

Die Elektro-Magnetische-Verträglichkeit ist die Fähigkeit einer Maschine, in seiner Umgebung nicht durch ungewollte elektrische oder elektromagnetische Effekte gestört oder beeinflusst zu werden und ohne dabei selbst elektromagnetische Störungen zu verursachen, die andere Geräte oder Systeme stören. Dies wurde in der Richtlinie 2004/108/EG festgehalten und besagt in welcher Weise die Elektro-Magnetische-Verträglichkeit von elektrisch betriebenen Geräten in den Mitgliedsländern der EU beschaffen sein soll. Im Amtsblatt der Europäischen Union vom 31. Dezember 2004 wurde die neue EMV-Richtlinie veröffentlicht. Damit würden Verwaltungsverfahren einfacher und elektrische und elektronische Geräte billiger, so die EU-Kommission. Gleichzeitig führe die Richtlinie zu einer Verbesserung der Information und Dokumentation bei den Aufsichtsbehörden. [39]

Die Neufassung 2004/108/EG ersetzt die bisherige EMV-Richtlinie 89/336/EWG. Seit dem 20. Juli 2007 ist die neue EMV-Richtlinie durch die Hersteller anzuwenden. Produkte, die der vorherigen Richtlinie 89/336/EWG entsprachen, durften noch bis einschließlich 19. Juli 2009 in den Verkehr gebracht werden. Die Umsetzung dieser neuen Richtlinie in ein nationales Gesetz ist in Deutschland mit dem Gesetz über die elektromagnetische Verträglichkeit von Betriebsmitteln vom 26. Februar 2008 erfolgt, dass mit seiner Verkündung in Kraft getreten ist. [40]

Die letzten zu testenden Komponenten sind das Fahrwerk in einem Fahrwerk-Struktur-Test. Hier werden die Achsen, Antriebe und Bremsen geprüft. Die Antriebe werden auf Haltbarkeit und Belastung geprüft, ob sie den Kräften, die der Motor und das Getriebe entwickeln, standhalten. Dies wird in einem Langzeittest zwischen drei und fünf Monaten vorgenommen. Die Bremsen werden ebenso auf die Belastung und Auslegung geprüft. Im Gegensatz zu einem PKW muss ein Traktor stets dieselbe Bremsleistung erbringen, egal ob mit oder ohne einem schweren Anbaugerät, das keine eigenen Bremsen besitzt. Mit solchen Anbaugeräten kann sich das Gewicht eines Traktors um rund 50 Prozent erhöhen. Doch auch hier muss der Hersteller garantieren, dass sich der Bremsweg einer Maschine nicht verdreifacht und dadurch Gefahrensituationen entstehen. [41]

4.2 Planung und Fertigungsvorbereitung des Prototypen

Die Endphase des Projektes der Entwicklung und Fertigung eines Prototypen umfasst ebenso viele Faktoren wie die Anfangsphase. Hier ist es sinnvoll mit Tabellen und Plänen zu arbeiten, die für jeden Beteiligten des Projektes zugänglich sind, damit die zeitlichen gesetzten Ziele eingehalten werden können.⁷ Sobald sich das Projekt in der Endphase befindet, müssen viele organisatorische Punkte abgearbeitet werden. So müssen für die Maschine Testbetriebe für die Feldtests gefunden werden. Eine sorgfältige Auswahl ist hier von Nöten, da die Maschinen nicht für jeden landwirtschaftlichen Betrieb geeignet sind. Bei einer Maschine mit rund 200 PS sollte ein mittelgroßes landwirtschaftliches Unternehmen ausgewählt werden. Dies bedeutet in der Regel, dass das Unternehmen rund 250 ha und einen Tierbestand von 200 Milchkühen besitzen sollte. Können diese Parameter nicht gewährleistet werden, ist die Auslastung der Maschine nicht gesichert. Zudem wäre ein solcher Landwirt kein potentieller Kunde für eine Maschine dieser Größenordnung und somit nicht attraktiv für den Absatzmarkt dieses Modells. Die Testbetriebe sollten garantieren können, dass die Maschinen in einem Jahr zwischen 750 und 1200 Betriebsstunden leisten, ein durchschnittlicher Wert für Maschinen dieser Größenordnung. Nachdem geeignete Testbetriebe ausgewählt wurden, müssen Termine vereinbart und Absprachen mit dem TÜV, für die Prüfung und Zulassung der Maschine auf deutschen Straßen, getroffen werden. Sollten die Maschinen in anderen Ländern der Europäischen Union getestet werden, müssen die Traktoren zu den dortigen Kontrollorganisationen gebracht werden. Der deutsche TÜV benötigt für eine Homologation die Dokumente der gesamten Maschinenprüfung in der zum Beispiel Lautstärke der Maschine, Plattformvarianten, Höchstgeschwindigkeit, Lenkrad–Lenksäule, Bremsen und vieles mehr enthalten ist. Zudem sind der EMV-Test der Kabine und der Report für zusätzlich angebrachte oder für das jeweilige Land nachgerüstete Teile, wie eine Druckluftbremsanlage, einzureichen. [42]

Sollten die TÜV–Prüfungen erfolgreich gewesen sein, kann die Planung in die nächste Phase gehen. In dieser finden die Anmeldung sowie die Versicherung der Maschine statt. In der Regel übernimmt das Unternehmen derartige Kosten, da die Landwirte finanziell nicht belastet werden sollen und so vielleicht den Start der Feldtests gefährden. Der Abschluss der Versicherung sollte wohl überlegt werden. Hier gibt es die Möglichkeiten der zusätzlichen Teil– und Vollkaskoversicherung, die die Schäden an der Maschine und anderen abdeckt. Für Prototypen sollte jedoch eine Maschinenbruchversicherung abgeschlossen werden, da diese den gesamten Wert der Prototypen im Falle einer Beschädigung ersetzt, welcher bei einer 200 PS Maschine rund 350.000 Euro betragen kann. Eine

⁷ In Anlage 6 ist ein Projektplan mit seinen Zeitvorgaben ergänzend einzusehen.

Vollkaskoversicherung hingegen zahlt nur den Wert der tatsächlichen Maschine, was bei einem 200 PS Schlepper rund 220.000 Euro sind.

Als letzter Schritt vor den Feldtests müssen Sondergenehmigungen beantragt werden, da Traktoren keine in Deutschland zulässigen Kotflügel und Türen besitzen. Laut §36 a StVZO Radabdeckungen, Ersatzräder müssen die Räder von Kraftfahrzeugen und ihren Anhängern mit hinreichend wirkenden Abdeckungen (Kotflügeln, Schmutzfänger oder Radeinbauten) versehen werden. Ebenfalls sind laut §35 e StVZO Türen die Türbänder (Scharniere) von Drehtüren - ausgenommen Falttüren - an den Längsseiten von Kraftfahrzeugen, mit einer durch die Bauart bestimmten Höchstgeschwindigkeit von mehr als 25 km/h, auf der in Fahrtrichtung vorn liegenden Seite der Türen anzubringen. Dies gilt bei Doppeltüren für den Türflügel, der zuerst geöffnet wird, der andere Türflügel muss für sich verriegelt werden können. Türen müssen bei Gefahr von jedem erwachsenen Fahrgast geöffnet werden können. [43]

4.3 Vorgehensweise für den Start der Feldtest

Nachdem die Auswahl der Testbetriebe abgeschlossen ist, können nun die einzelnen Landwirte vorab die genauen Instruktionen bekommen, inwiefern die Maschinen anzuwenden sind und welche Aufgaben neben der Nutzung auf sie zukommen. Die Details werden bei der Auslieferung und Übergabe der Traktoren besprochen, damit es zu keinen Missverständnissen zwischen dem Hersteller und den Landwirten kommt.

Bevor die Prototypen ausgeliefert werden, wird zusätzliches Equipment für die Maschinen nachgerüstet, welches ebenfalls Tests unterzogen werden soll. Wobei die Zusatzausrüstung, wie zum Beispiel ein Frontlader für einen Traktor, nicht direkt im Vordergrund steht, da sie in den meisten Fällen von Zulieferern kommen und schon einen ausreichenden Test durchlaufen haben. Im Fokus steht, wie sich die Maschine mit den Anbaugeräten verhält und wie die Landwirte oder deren Angestellte damit arbeiten können. So kann es vorkommen, dass die Traktoren zwar einen Frontlader besitzen, aber es dem Fahrer durch schlechte Sicht auf das Anbaugerät unmöglich machen, in einem vernünftigen und sicheren Maß mit der Maschine zu arbeiten. Sollte dies der Fall sein, muss im Vorfeld überlegt werden, ob eine Änderung an der Maschine lohnenswert ist und keine Kostenexplosion verursacht oder ob der Frontlader in dieser Traktorausführung als Anbaugerät von vorherein nicht zur Verfügung stehen wird. Desweiteren können je nach Auslieferungsland die nachgerüsteten Bauteile, wie eine Druckluftbremsanlage, nicht praktikabel angebracht sein, welche das Arbeiten mit Anhängern undurchführbar macht. Weiterhin werden viele Traktoren mit einer Frontzapfwelle ausgeliefert, die nicht zur Standardausrüstung gehört. Diese Erweiterung gibt dem Anwender die Chance, zum Beispiel mit Frontmähdewerke auf dem Grünland oder Kehrbesen auf dem Hof zu arbeiten. So

ist es von großem Vorteil die Testmaschinen mit der bestmöglichen Ausstattung auszuliefern, um alle verfügbaren Features die dem Landwirt zur Verfügung stehen, zu testen. All diese Bauteile und Anwendungsmöglichkeiten garantieren, dass die im Test gewünschten Betriebsstunden erreicht werden können. Denn je mehr Stunden die Maschinen auf den Betrieben der Landwirte arbeiten, desto aussagekräftiger sind die Informationen die gewonnen werden können. Es geht jedoch nicht nur um den Einsatz und Verwendung der genannten Anbauteile, sondern auch um die daraus resultierenden Belastungen der gesamten Bauteile der Maschine. Bei den Tests werden somit ebenfalls die vorher angestellten Haltbarkeits- und Leistungsberechnungen validiert. Die folgende Abbildung soll das Spektrum des Einsatzes eines rund 200 PS Traktors veranschaulichen, auf welches möglichst umfangreich bei den Feldtests eingegangen werden soll, um so einen ganzheitlichen Testbereich zu gewährleisten.



Abbildung 14: Einsatzspektrum Prototypen in Feldtests

(Quelle: Internet [44])

Nachdem die Maschinen auf- und umgerüstet worden sind, eine Zulassung sowie eine Versicherung besitzen, können sie für den Transport zu ihrem jeweiligen Einsatzort vorbereitet und ausgeliefert werden. Auf dem ausgewählten landwirtschaftlichen Betrieb angekommen, müssen die Maschinen dem Landwirt ausführlich erläutert und übergeben werden. Das bedeutet, dass alle Neuerungen die der Traktor besitzt erklärt und auch veranschaulicht werden. In der Regel sind die Landwirte und deren Angestellte im Umgang mit Traktoren geübt und es müssen nur noch Details besprochen werden. Nichtsdestotrotz muss eine genaue Einweisung erfolgen, welche auch an Erntehelfer und Aushilfen weitergegeben werden kann, damit ein sicherer und verantwortungsvoller Umgang mit den Maschinen gewährleistet ist. [45]

Ist die Einweisung abgeschlossen, kann die Übergabe der Maschine erfolgen. Diese ist in der Regel zweigeteilt und besteht aus einer optischen und einer praktisch-theoretischen Übergabe. Die optische Übergabe findet an der Maschine direkt statt. Hier werden etwaige Schäden die beim Trans-

port entstanden sind und Zusatzequipment, wie zum Beispiel eine Rundumleuchte erörtert.⁸ Wenn etwaige Beschädigungen aufgenommen und die Einweisung an der Maschine mit dem Landwirt durchgeführt wurde, kann nun die praktisch-theoretische Übergabe erfolgen. Hier werden mit dem Landwirt die Einzelheiten und die Bedingungen, die an den Test geknüpft sind, besprochen.

Nach erfolgreicher Übergabe können die Feldtests auf den ausgewählten landwirtschaftlichen Betrieben beginnen. Für die genaue Nachvollziehbarkeit sowie die ausführliche Dokumentation aller Anwendungen sind Tages- oder Wochenberichte gängig, welche vom Anwender auszufüllen sind. Hier werden in der Regel die wichtigsten Punkte des Einsatzes der Maschine festgehalten. Es werden jeweils bei jeder Inanspruchnahme der Fahrer, das Datum und der Ort des Einsatzes eingetragen, um eine fehlerfreie Zuordnung der einzelnen Traktoren zu den Testbetrieben bzw. den Fahrern zu bekommen. Dies ist für die interne Auswertung wichtig, weil so schnell erkannt werden kann, ob der jeweilige Fahrer für die Benutzung der Maschine geeignet ist oder ob er viele Fehler macht, z.B. durch aggressive Fahrweise oder Missachtung von Warnsignalen der Maschine und dadurch Probleme verursacht. Die einzelnen Arbeitsschritte eines solchen Tagesberichts beinhalten dabei folgende Fragestellungen:

- Arbeitseinsatz: Welche Arbeit wird mit der Maschine erledigt?
Bsp.: Transport fahren, pflügen oder mähen
- Anbaugerät: Welches Anbaugerät wird verwendet?
Bsp.: Typ, Hersteller, Gewicht, Arbeitsbreite
- Boden: Welche Beschaffenheit hat der Untergrund?
Bsp.: Bodenarten, Bodenverhältnisse, Feuchtigkeit, Arbeitstiefe, Vorherige Anbaufrucht
- Maschine: Wie sind die Start- und Endparameter des Traktors?
Bsp.: Motorstunden, Hektar, Tankfüllung von Diesel und AdBlue
- Kommentare: Welche Anmerkungen, ob positiv oder negativ, hat der Fahrer?
Bsp.: Fehlermeldungen, Verbesserungen, Problembeschreibungen

Nachdem die Tages- oder Wochenreports erläutert und erklärt wurden, werden die rechtlichen Fragen besprochen. Jedes Unternehmen hat ihre eigenen Übergabeprotokolle und Nutzungsvereinbarungen formuliert, da sie individuell auf die einzelnen Maschinen abgestimmt werden müssen. Es wird erklärt welche Rechte und Pflichten auf den Landwirt zukommen. Folgende Grundlagen sind dabei festzuhalten [45]:

⁸ Zur lückenlosen Dokumentation einer solchen Übergabe von dem Prototypen an den für die Feldtests ausgewählten Landwirt, sind entsprechende Formulare vorzuhalten. Zur Veranschaulichung ist ein entsprechendes Übergabeprotokoll in Anlage 7 einzusehen.

- Einsatz der Maschine: Wo und wie darf die Maschine eingesetzt werden?
- Funktionsprüfungen: Welches Verhalten wird vom Fahrer gegenüber von Versuchseinbauten und Prüfgeräten erwartet?
- Gefahren und Entschädigungen: Welche Gefahren können durch einen Prototypen entstehen und wer trägt die Haftung an Schäden?
- Überlassung oder Verleih: Was passiert wenn die Maschine unerlaubt an Dritte verliehen wird?
- Unterhalt und Wartung: Welche Wartungen und Pflege hat der Landwirt selbst vorzunehmen und wann muss das Servicepersonal eingreifen?
- Änderungen: Welche technischen Änderungen darf der Landwirt selber vornehmen und wann muss das Unternehmen informiert werden?
- Kosten: Welche Kosten hat der Benutzer selbst zu tragen und was wird vom Unternehmen bezahlt?
- Haftung: Wer haftet bei Verstößen der StVO und anderen Problemen?
- Kündigung: Wann und aus welchen Gründen kann der Vertrag mit dem Landwirt gekündigt werden?

Sofern alle Vereinbarungen von den Parteien unterschrieben worden sind und der Fahrzeugschein ausgehändigt ist, ist somit die Übergabe beendet und der jeweilige Tester kann die Arbeit mit den Prototypen aufnehmen.

4.4 Auswertungen und Analyse der gewonnenen Daten

Sobald die Testmaschinen übergeben wurden, die Details geklärt und die Traktoren nun auf den landwirtschaftlichen Betrieben ihre Arbeit verrichten, kann nach einer Woche mit der Auswertung der ersten Daten begonnen werden. Sie werden an den zuständigen Prototypenbeauftragten versendet, der diese dann auswertet. Hier wird ersichtlich, welcher Fahrer welche Aufgaben mit den Maschinen auf den jeweiligen Höfen erledigt, in welchen Zeiträumen sie eingesetzt werden und wie hoch der Dieserverbrauch ist. Bei Maschinen mit neu entwickelten Motoren müssen je nach Hersteller im Durchschnitt alle 100 Betriebsstunden Ölproben gezogen sowie die Motorsteuergeräte ausgelesen werden. Sollte bei der Datenanalyse festgestellt werden, dass die Werte außerhalb der zuvor definierten Grenzbereiche liegen, muss ein Einsatz durch den Prototypenbeauftragten zur Fehleranalyse vor Ort erfolgen. Die Tagesberichte sollten im Abstand von maximal sieben Tagen vom Landwirt gesendet werden, um eine gute und lückenlose Dokumentierung des Projektes aufzubauen. Desweiteren können so Rückschlüsse auf die Leistung, Gebrauch und Probleme gezogen wer-

den. Einen kürzeren Abstand von sieben Tagen wäre nicht nur für den Landwirt eine Last, sondern auch für das Unternehmen, da tägliche Berichte eine zeitliche Belastung, besonders in arbeitsreichen Monaten, darstellen. Ein Zeitraum von mehr als 14 Tagen wird sich negativ auf das gesamte Projekt auswirken, da das frühzeitige Erkennen von Problemen an der Maschine von größter Bedeutung ist.⁹

Neben der Darstellung der Daten in tabellarischer Form. Ist eine visuelle Aufbereitung der analysierten Daten sinnvoll. Auf diese Weise können die Entwickler und Hersteller der Maschine auftretende Probleme optisch aufgreifen und im Einzelnen detailliert erläutern. [46]

4.5 Diskussion

Auf Grundlage eigener Erfahrungen in der Betreuung von Feldtests, soll der vorgestellte Einsatz von Prototypen in der Landwirtschaft im Kapitel 4 kritisch beleuchtet werden. Die folgende Diskussion soll der genannten Fragestellung den persönlichen Bezug bieten und bei dessen Erarbeitung zuträglich sein.

Viele Landmaschinenhersteller gehen unterschiedlich an die Testversuche heran und haben verschiedene Methoden, die Feldtests durchzuführen. Obwohl die gewonnenen Daten aus diesen Tests mit Abstand die wichtigsten sind, um ein haltbares und langlebiges Produkt auf den Markt zu bringen, beenden viele Firmen die Testversuche nach rund 1.000 Betriebsstunden und geben sich mit den ermittelten Daten zufrieden. Das Problem jedoch ist, dass die Maschinen in der heutigen Zeit in den ersten 1.000 Betriebsstunden einwandfrei funktionieren und kaum bis keine gravierende Mängel auftreten. Erst nach rund 2.500 Stunden können erste Probleme festgestellt werden, die durch einen Langzeittest frühzeitig erkannt werden könnten. Es liegt jedoch nicht an der mangelnden Erfahrung der Unternehmen die Tests nach 1.000 Stunden abzubrechen, sondern es ist in erster Linie eine Kostenfrage. Die verschiedenen Hersteller streben an, die Kosten für ein Projekt so gering wie möglich zu halten und brechen daher in den meisten Fällen die Tests frühzeitig ab, um ein neues Produkt auf den Markt bringen zu können. Der Imageschaden, der durch schlechte Qualität und Ausfall der Maschinen nach einer gewissen Anzahl von Stunden entsteht, ist jedoch durchaus höher als die Kosten eines langen Feldtest.

Die Rahmenbedingungen sind für die Tests meist dieselben. Das bedeutet, dass die Feldtests eines Produktes aus drei bis fünf Maschinen bestehen sollten, um gravierende Fehlerquellen und Bauteilfehler zu erkennen. Sollte nur an einer der Maschinen ein Problem auftreten, so kann daraus geschlossen werden, dass es kein Herstellungsfehler ist, sondern ein fehlerhaftes Bauteil. Die nächste

⁹ In Anlage 8 ist zu sehen, wie eine Dokumentationsdatei nach einem Monat aussehen könnte.

Bedingung für einen erfolgreichen Test ist die Wahl der Betriebe. So muss der landwirtschaftliche Betrieb so gewählt werden, dass je nach Größe der Maschine eine hohe Auslastung und viele verschiedene Arbeiten und Aufgaben verrichtet werden. Ist der richtige Testbetrieb gefunden und die Maschinen haben ihre 1.000 Betriebsstunden absolviert, gibt es nun drei verschiedene Methoden, wie der Test gehandhabt wird.

In der ersten Methode werden nach 1.000 Stunden die Tests beendet und die Maschine für einen gewissen Betrag, je nach Verschleiß und Wiederverkaufswert an die Landwirte verkauft, welche die Tests durchgeführt haben. Dies hat den Vorteil, dass die ersten Maschinen schon auf dem Markt sind und ein Gewinn erzielt wurde, was sich positiv auf die Bilanz des gesamten Projektes auswirken wird. Mit Abschluss der Tests erfolgt auch die Beendigung des Kooperationsvertrags mit den Landwirten, was bedeutet, dass nun die Bauern sämtliche, an den Maschinen entstehenden Kosten selbst tragen müssen. Die zweite Methode ist der ersten ähnlich, die Maschinen werden jedoch nicht an die Landwirte verkauft, sondern in das Werk zurückgeholt. Hier endet ebenso der Kooperationsvertrag mit den Bauern, jedoch wird kein Gewinn erzielt. Der große Vorteil an dem Zurückholen der Maschinen ist, dass weitere Daten aus den Feldtests gewonnen werden können. So werden die Maschinen im Unternehmen zerlegt und die einzelnen Bauteile können genau begutachtet werden, wie sich der Verschleiß und der Grad der Abnutzung nach 1.000 Betriebsstunden verhält. Auf diese Weise können Probleme an Bauteilen frühzeitig erkannt und mit den Herstellern oder Zulieferern neue Produkte entwickelt werden, die in der Serie zum Einsatz kommen und Schäden an den Maschinen vermeiden, welche einen Imageschaden sowie Regressansprüche und Kosten minimieren. In der Regel werden die ersten beiden Methoden verwendet, um kontinuierlich neue Produkte auf den Markt zu bringen und konkurrenzfähig zu sein. Der eigenen Erfahrung nach, sind Feldtests mit 1.000 Betriebsstunden nicht ausreichend, da Probleme vielfach jenseits der 2.500 Betriebsstunden eines Prototypen auftreten. Bei der dritten Methode endet der Test der Maschinen nicht bei 1.000 Betriebsstunden. Die Feldversuche werden von den Maschinen kontinuierlich weitergeführt, um weitere Daten zu sammeln. Eine erste Maschine sollte nach rund 1.500 Betriebsstunden in das Werk zurückgeholt und zerlegt werden. Ein Traktor arbeitet in der Regel in zwei Jahren rund 1.500 Stunden, was auch der Zeitraum für Regressansprüche ist und dadurch ermittelt werden kann, welche Kosten nach Ablauf der Garantie auf das Unternehmen zu kommen. Die zweite Maschine sollte nach rund 2.500 Stunden in das Werk zurückgeholt und zerlegt werden. Hier kann wieder der Grad der Abnutzung von den Bauteilen ermittelt werden, denn nach 2.000 Betriebsstunden sollten in der Regel sämtliche Flüssigkeiten getauscht und zur Analyse verwendet werden. Die dritte Maschine sollte nach 3.500 Stunden in das Unternehmen zurückkehren und analysiert werden. Das bedeutet, dass die Maschine, je nach landwirtschaftlichen Betrieb, zwischen drei und vier Jahren im Unternehmen gearbeitet hat und die ersten größeren Reparaturen anstehen könnten. Die letzte Maschine sollte

dann nach 4.500 Tausend Betriebsstunden in das Werk zurückgeholt und zerlegt werden. Die nachfolgende Tabelle soll einen Überblick über die drei Methoden, mit den jeweiligen Vor- und Nachteilen aufzeigen und so eine Gegenüberstellung zur Abwägung der Methoden erzielen.

Tabelle 3: Methodenüberblick der Feldtests

(Eigene Darstellung)

Methodik	Methode 1	Methode 2	Methode 3
Vorteil	<ul style="list-style-type: none"> • Kosteneffizienz • Gewinn durch Verkauf • Breite Produktpalette durch schnelle Markteinführung 	<ul style="list-style-type: none"> • Kosteneffizient • Gute Auswertung der Maschine und der Tests • Gute Übersicht über Verschleiß und Abnutzung 	<ul style="list-style-type: none"> • Vielzahl von Daten über Verschleiß, Verbrauch und Abnutzung • Sehr geringer Imageschaden durch frühzeitiges Erkennen und Beheben von Problemen und Ausfällen • Möglichkeit zum Austausch von neuen Komponenten
Nachteil	<ul style="list-style-type: none"> • Kurze Testphase • Keine Langzeitbewertung der Maschine • Drohender Imageschaden durch frühzeitige Ausfälle 	<ul style="list-style-type: none"> • Kurze Testphase • Keine Langzeitbewertung der Maschine • Drohender Imageschaden durch frühzeitige Ausfälle 	<ul style="list-style-type: none"> • Höherer Kosten- und Personalaufwand • Keine ständige Markteinführung von neuen Maschinen
Fazit	Die Methode 1 wird als nicht empfehlenswert erachtet, da keine Informationen über Langlebigkeit und Zuverlässigkeit der Bauteile getroffen werden kann. Es kann ein Imageschaden entstehen.	Die zweite Methode kann verwendet werden, wenn es sich um eine Baureihe mit nicht signifikanten Stückzahlen handelt. Sie gibt dem Hersteller eine gewisse Zeit, frühzeitig Probleme zu erkennen und zu beheben.	Die dritte Methode ist zwar etwas kosten- und arbeitsintensiver, jedoch ist es dem Unternehmen möglich dem Käufer ein ausgereiftes Produkt zu bieten, welches eine hohe Zuverlässigkeit aufweist. Des Weiteren animiert das den Landwirt, die nächste Maschine vom selben Hersteller zu kaufen.

Die dritte Methode ist eine sehr aufwendige und relativ kostenintensive Methode, da Unternehmen wie Fendt, John Deere und Claas eine sehr große Produktpalette besitzen und es eine Vielzahl an Produkten gibt, die in den Feldtests betreut werden müssen. Das Image, dass die Unternehmen durch langlebige und haltbare Produkte bekommt und die daraus resultierenden Absätze von großen Stückzahlen auf dem Markt sind weitaus erträglicher als ein Produkt schnell auf den Markt zu

bringen und nach 1.000 – 2.000 Betriebsstunden gravierende Mängel an den Maschinen festzustellen. Dementsprechend ist, wie auch die Gegenüberstellung in Tabelle 3 zeigt, die vorgestellte dritte Methodik am besten geeignet, um einen Prototypen zu einem qualitativ hochwertigen Produkt zu entwickeln.

Nach eigener Erfahrung betreiben Landwirte untereinander eine enge Kommunikation. Die Mängel die an neuen Maschinen nach kurzer Zeit auftreten, können demnach nur schwer von den Herstellern geheim gehalten werden. In der heutigen Zeit ist ein Trend zu erkennen, dass die landwirtschaftlichen Unternehmen einen großen Gewinn über die Vermarktung von Ersatzteilen erzielen. Jedoch kauft kein Landwirt eine Maschine für 200.000 Euro die nach 1.500 Betriebsstunden das erste Mal Mängel aufweist und Reparaturen erfordert. Als persönliches Fazit kann festgehalten werden, dass ein haltbares und langlebiges Produkt besser zu vermarkten ist, als ein Produkt was nicht ausgiebig getestet worden ist. Dies macht deutlich, welche Relevanz eine ausgiebige Analyse der Vorserien aufweist.

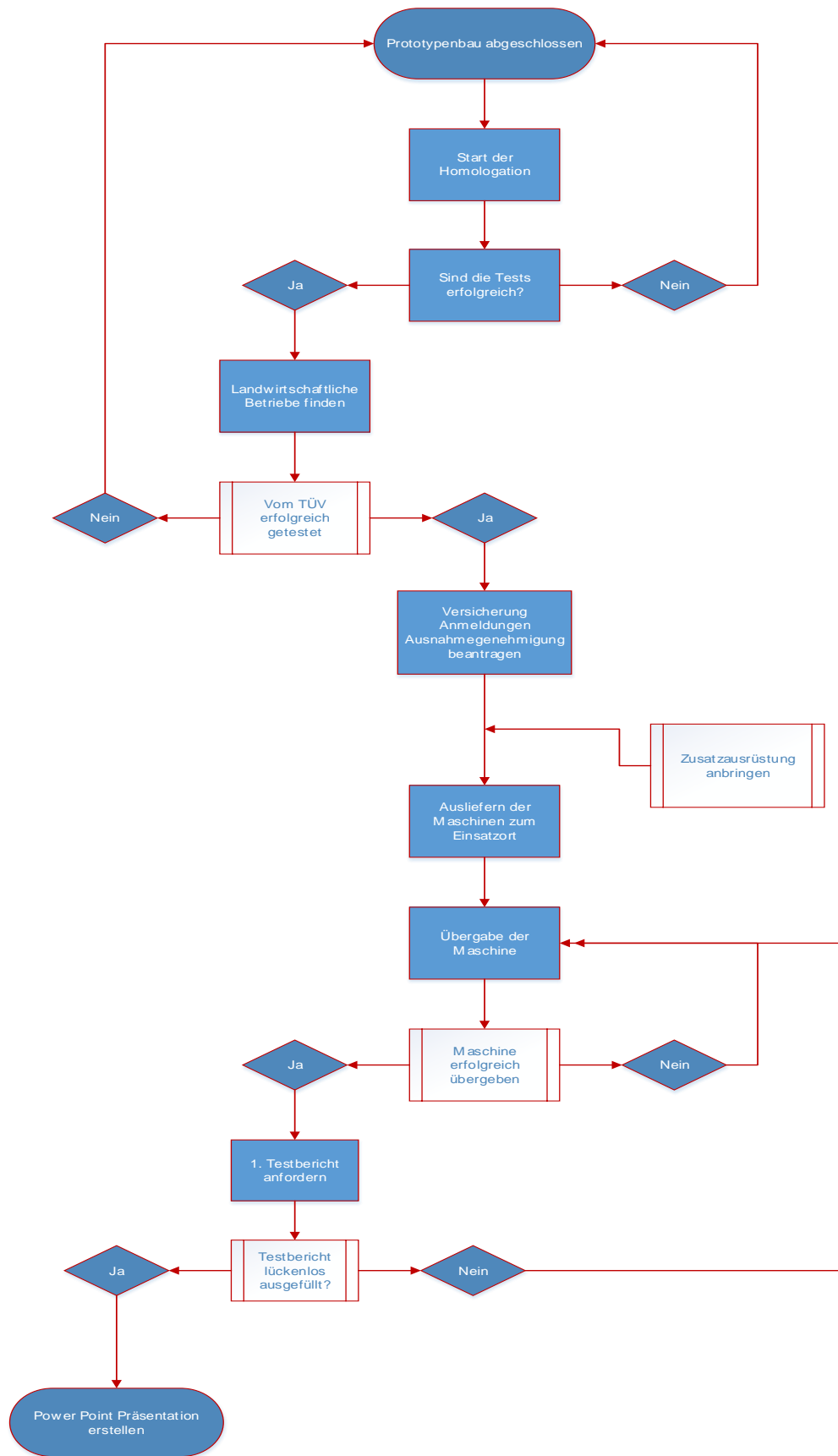


Abbildung 15: Datenflussdiagramm für die Homologation

5 Zusammenfassung und Ausblick

„Der Mähdrescher denkt mit - Traktoren, die von Satelliten zentimetergenau in der Spur gehalten werden, Mähdrescher, die je nach Wetterlage die Ernte abwickeln und Hybridfahrzeuge, die die Versorgung des landwirtschaftlichen Betriebs mit selbsterzeugtem Strom unterstützen“, [48] dieses beispielhafte Pressezitat zeigt auf, wieviel Technik und Innovation im Sektor der Landwirtschaft steckt.

Die Prototypenentwicklung in der Landwirtschaft ist ein breit gefächertes und wettbewerbsorientiertes Feld auf dem Markt. Denn Innovationen, Qualität und Langlebigkeit sind die Voraussetzungen für ein Produkt mit hohem Absatz. Jedoch fehlt es an zusammenhängenden, detaillierten sowie wissenschaftlich fundierten Arbeiten oder Veröffentlichungen über die Produktentwicklung sowie die Testphasen von Prototypen, da sich sehr viele Unternehmen in Schweigen hüllen, wenn es um Informationen ihrer neuen Vorserie geht. Viele Testfahrten finden unter Geheimhaltung statt oder die Maschinen sind als so genannte Erbkönige im Einsatz. Die vorliegende Arbeit soll an diesem Punkt ansetzen und ein notwendiges Grundwissen und Know-how über diese Sparte der Produktentwicklung vermitteln. Die eingangs dargestellte Fragestellung setzt sich aus den Punkten zusammen, wie die Ablaufschritte im Einzelnen aussehen, welche Entscheidungen getroffen werden müssen, welche Daten sich aus Testreihen gewinnen lassen und wie diese Daten ausgewertet werden.

Für das in der Arbeit vorgestellte Projektvorhaben der Entwicklung eines neuen Traktors muss anfänglich eine solide Basis geschaffen werden, welche in Form eines durchdachten Konzeptes und einer detaillierten Planung erfolgt. Mit Hilfe des Projekt- und Qualitätsmanagements kann eine Strukturierung des Vorhaben erfolgen sowie Probleme und Risiken frühzeitig erkannt werden. Die Qualität des Produktes sollte im Vordergrund stehen, da sie über Erfolg und Misserfolg für das Unternehmen entscheidet, „Denn Qualität ist, wenn der Kunde zurück kommt und nicht das Produkt.“ [Dr. Günther Schreiber, Branchenmanager Gesundheitswesen der Quality Austria GmbH] Insbesondere die in Kapitel 3 und 4 vorgestellten Validierungs-, Test- und Homologationsprozesse einer Vorserie sind entscheidend für die Entwicklung einer hochwertigen Qualität des Prototypen.

Die Konzepte, Testreihen und marktreifen Produkte sind in der heutigen Zeit Meilensteine der Entwicklung. Jedoch ist diese Entwicklung und Produktion sehr kostenintensiv und so werden viele Produkte in vielen Fällen nicht ausreichend getestet, wodurch sich die Etablierung auf dem Markt nur schwer vorhersagen lässt. Es wird sich in den nächsten Jahren zeigen, welche Maschinen nach vielen Jahren noch hohe Wiederverkaufswerte erzielen und welche Traktoren im gebrauchten Zustand nur selten einen Käufer finden. Aus diesen Marktinformationen lassen sich Prognosen für

den Absatz der kommenden Baureihen der einzelnen Unternehmen abgeben. So hängt der Erfolg von den einzelnen Faktoren in der Entwicklung ab.

Abschließend kann resümiert werden, dass im Grunde genommen in unserer Gesellschaft der finanzielle Faktor das Problem in der Produktentwicklung und –erstellung ist. So werden die Maschinen nicht mehr auf Langlebigkeit konstruiert, sondern nur noch auf Mindesthaltbarkeit. Bei einem Großteil von landwirtschaftlichen Maschinenherstellern liegt der Umsatz zwischen 30 – 40% im Verkauf der einzelnen Produkte und zwischen 60 - 70% im Verkauf von Ersatzteilen und Zubehör. Dieser Trend ist nicht nur in der Landmaschinenindustrie zu erkennen, sondern zieht sich auch durch andere Branchen, da es lukrativer ist Einzelteile herzustellen, anstatt gesamtkonzipierte Maschinen. Damit die Qualität in Bereichen der Produktentwicklung nicht auf der Strecke bleibt, ist es wichtig ein Fabrikat zu erschaffen, was in einem gewissen Maße langlebig, innovativ und finanziell erschwinglich ist.

Literaturverzeichnis

- [1] Hering E.: Projektmanagement für Ingenieure. 1. Aufl., Springer-Verlag Fachmedien Wiesbaden, 2014, S. 1
- [2] Hering E.: Projektmanagement für Ingenieure, a.a.O., S. 2
- [3] Hering E.: Projektmanagement für Ingenieure, a.a.O., S. 6 ff.
- [4] Kuster J.: et al.: Handbuch Projektmanagement. 3. Aufl., Springer-Verlag Berlin u.a., 2011, S. 345
- [5] Kuster J.: et al.: Handbuch Projektmanagement, a.a.O., S. 345 ff.
- [6] Kuster J.: et al.: Handbuch Projektmanagement, a.a.O., S. 49
- [7] Kuster J.: et al.: Handbuch Projektmanagement, a.a.O., S. 75
- [8] Felkai R.; Beiderwieden A.: Projektmanagement für technische Projekte: Ein prozessorientierter Leitfaden für die Praxis. 2. Aufl., Springer Fachmedien Wiesbaden, 2013, S. 307
- [9] Brüggemann H.; Bremer P.: Grundlagen des Qualitätsmanagement: Von den Werkzeugen über Methoden zum TQM. Springer Vieweg Fachmedien Wiesbaden, 2012, S. 3 ff.
- [10] Brunner F. J.; Wagner K.W.: Taschenbuch Qualitätsmanagement: Leitfaden für Ingenieure und Techniker. 2.Aufl., Carl Hanser Verlag München Wien, 1999, S. 39
- [11] Brunner F. J.; Wagner K.W.: Taschenbuch Qualitätsmanagement, a.a.O., S.39 ff.
- [12] Brunner F. J.; Wagner K.W.: Taschenbuch Qualitätsmanagement, a.a.O., S. 44 ff.
- [13] Brunner F. J.; Wagner K.W.: Taschenbuch Qualitätsmanagement, a.a.O., S.112
- [14] Bullinger H.-J.; Scheer A.-W.: Service Engineering: Entwicklung und Gestaltung innovativer Dienstleistungen. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2003, S. 42
- [15] Baga V.S.: Total Quality Management. 1. Aufl., Technical Publications Pune, India, 2008, S. 4-35
- [16] Brüggemann H.; Bremer P.: Grundlagen des Qualitätsmanagement, a.a.O., S. 31 ff.

- [17] Pfitzinger E.: Der Weg von DIN EN ISO 9000 zu Total Quality Management (TQM), 2. Aufl., Hrsg.: DIN, Deutsches Institut für Normung e.V., 2002, Berlin u.a.
- [18] Brunner F. J.; Wagner K.W.: Taschenbuch Qualitätsmanagement, a.a.O., S. 123 ff.
- [19] Brüggemann H.; Bremer P.: Grundlagen des Qualitätsmanagement, a.a.O., S. 23 ff.
- [20] Benes G.M.E.; Groh P. E.: Grundlagen des Qualitätsmanagement. 3. Aufl., Carl Hanser Verlag München, 2014, S. 95
- [21] Brunner F. J.; Wagner K.W.: Taschenbuch Qualitätsmanagement, a.a.O., S. 126 ff.
- [22] Rabe M.; Spieckermann S.; Wenzel S.: Verifikation und Validierung für die Simulation in Produktion und Logistik: Vorgehensmodelle und Techniken. 1. Aufl., Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008, S. 15 ff.
- [24] Felkai R.; Beiderwieden A.: Projektmanagement für technische Projekte, a.a.O., S. 20
- [28] Brunner F. J.; Wagner K.W.: Taschenbuch Qualitätsmanagement, a.a.O., S. 308
- [29] Engeln W.: Methoden der Produktentwicklung: Skripten Automatisierungstechniken. 1.Aufl., Oldenbourg Industrieverlag München, 2006, S. 15
- [31] Geuer A.: Forschungsbericht: Band 100: Einsatzpotential des Rapid Prototyping in der Produktentwicklung. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1996, S.9
- [32] Felkai R.; Beiderwieden A.: Projektmanagement für technische Projekte. a.a.O., S. 140 ff.
- [33] Wolf L.J.: Mitarbeiterzufriedenheit als Determinante der wahrgenommenen Dienstleistungsqualität. Dissertation Universität Magdeburg, 2004, S. 35
- [34] Brunner F. J.; Wagner K.W.: Taschenbuch Qualitätsmanagement, a.a.O., S. 159
- [35] Breuer, Bill (Hrsg.): Bremsenhandbuch: Grundlagen, Komponenten, Systeme, Fahrdynamik. 2. Aufl., Friedrich Vieweg & Sohn Verlag/ GWV Fachverlag Wiesbaden, 2004, S. 370
- [37] Donham Kelley J. et al.: Agricultural Health and Safety: Recent Advances. The Haworth Medical Press, Binghamton, NY, USA, 1997, S.304 ff.
- [39] VDE/VDI-Gesellschaft Mikroelektronik, Mikro- und Feinwerktechnik (GMM): Elektromagnetische Verträglichkeit in der KFZ-Technik. VDE Verlag GmbH Berlin Offenbach, 2005, S. 133 ff.

[41] Braess H.-H., Seiffert U. (Hrsg.): Vieweg Handbuch Kraftfahrzeugtechnik. 7. Aufl., Kapitel 7, Dr.-Ing. Pauly A., Springer Vieweg Verlag, S. 632 ff.

[42] Krumtünger T. (2013, 5. August) Technische Prüfstelle Engelskirchen, TÜV Rheinland Tel. 01735351257 [Eigenes Gesprächsprotokoll]

[45] Robino P. (2014, 3. März) Project Manager at Claas Tractor, Carraro Agritalia
www.Pietro.Robino@claas.com [Eigenes Gesprächsprotokoll]

[46] Schüssler R. (2013, 9. November) Leiter OEM Traktoren CLAAS Service and Parts GmbH, Harsewinkel [Eigenes Gesprächsprotokoll]

[47] Brüggemann H.; Bremer P.: Grundlagen des Qualitätsmanagement, a.a.O., S. 156 ff.

Internetquellen

[23] Themenblatt: Verifizierung und Validierung

http://support.ptc.com/WCMS/files/43562/de/2089_VV_RM_TS_DE.pdf (14.08.2014, 16:30 Uhr)

[25] Claas: mittelständisches Unternehmen

<http://www.claas.de/produkte> (15.09.2014, 12:30 Uhr)

[26] Fendt: Mittelständisches Unternehmen

http://www.fendt.com/de/traktoren_uebersicht.asp (15.09.2014, 12:30 Uhr)

[27] John Deere: mittelständisches Unternehmen

http://www.deere.de/de_DE/products/equipment/tractors/tractors.page (15.09.2014, 12:30 Uhr)

[30] Claas: mittelständisches Unternehmen

<http://www.claas.de> (15.09.2014, 12:30 Uhr)

[36] Claas: mittelständisches Unternehmen

<http://www.claas.de/unternehmen/presse/downloadcenter?subNavDcDoctype=getQueryListDcPictures&misc=3952&productType=3922&products=305566> (21.09.2014, 14:00 Uhr)

[38] Dipl.-Ing. Univ. R. Hartdegen, München

https://www.baumaschine.de/fachzeitschriften/baumaschinen/bauportal_dateien/2001/heft9/a6_03_607.pdf/at_download/file (18.08.2014, 10:30 Uhr)

[40] Ing.-Büro Horstkotte

<http://www.ce-zeichen.de/klassifizierung/emv-richtlinie.html> (18.08.2014, 10:30 Uhr)

[43] Bundesministerium für Justiz und Verbraucherschutz

http://www.gesetze-im-internet.de/stvzo_2012 (02.01.2015, 10:30 Uhr)

[44] Claas: mittelständisches Unternehmen

<http://www.claas.de/unternehmen/presse/downloadcenter?subNavDcDoctype=getQueryListDcPictures&misc=3952&productType=3922&products=305566> (21.10.2014, 11:00 Uhr)

[48] Gesamtmetalle: mittelständisches Unternehmen

<http://www.gesamtmetall.de/gesamtmetall/meonline.nsf/id/NewsArtikeldienst-9-2014-Beitrag-2-John-Deere-vernetzte-Landwirtschaft> (11.02.2015, 22:28 Uhr)

Anlagenverzeichnis

Anlage 1: Richtlinie Projektabschluss	51
Anlage 2: Checkliste Vorbereitung der Endabnahme.....	52
Anlage 3: Übersichtstabelle RPZ.....	53
Anlage 4: Darstellung von Drehmoment- und Leistungskurven	54
Anlage 5: Beispielhafte Design Review	55
Anlage 6: Projektablaufplan einer Vorserie	56
Anlage 7: Beispiel eines Übergabeformulares für Feldtests	58
Anlage 8: Beispielhafte Zusammenfassung einer Testmaschine (Tagesbericht).....	59

Anlagen

Richtlinie: Projektabschluss	
1 Endabnahme	
<input type="checkbox"/>	Vorbereiten der Endabnahme
<input type="checkbox"/>	Konzipieren der Endabnahme (Ort und Ablauf der Veranstaltung)
<input type="checkbox"/>	Ableiten und Verteilen erforderlicher Aufgaben im Team
<input type="checkbox"/>	Überprüfen der abgeschlossenen Vorbereitungsmaßnahmen
<input type="checkbox"/>	Durchführen der Endabnahme
<input type="checkbox"/>	Kordinieren aller Aktivitäten der Endabnahmeveranstaltung
<input type="checkbox"/>	Unterzeichnen des Abnahmeprotokolls
<input type="checkbox"/>	Überprüfen der Erledigung von Aufgaben der Mängel-/Nachbesserungsliste
<input type="checkbox"/>	Abschließen der Konten aller Arbeitspakete
<input type="checkbox"/>	Erstellen der Abschlussrechnung und Prüfung des Zahlungseingangs
2 Absichern der Erfahrungen	
<input type="checkbox"/>	Erfassen und Auswerten der quantitativen Daten (datenbankgestützt)
<input type="checkbox"/>	Erfassen aller Daten
<input type="checkbox"/>	Ermitteln und Analysieren von Kennzahlen und Kennzahlssystemen
<input type="checkbox"/>	Analysieren von Soll-Ist-Abweichungen
<input type="checkbox"/>	Befragen der Kunden
<input type="checkbox"/>	Leiten der Abschlussbesprechung
<input type="checkbox"/>	Erstellen eines Abschlussberichts
<input type="checkbox"/>	Archivieren aller Dokumente

Anlage 1: Richtlinie Projektabschluss

Checkliste: Vorbereitung der Endabnahme

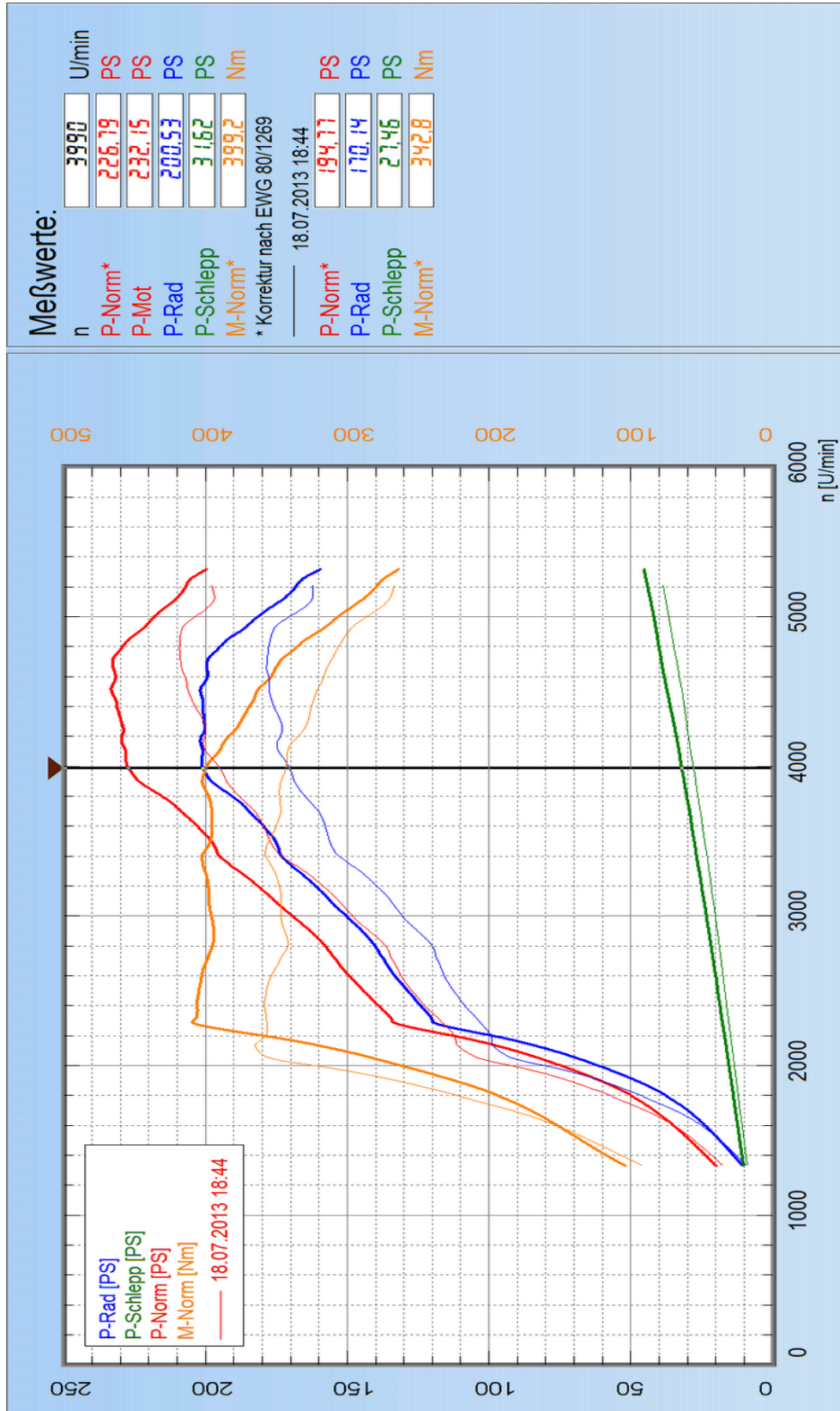
- Sind alle Verfahren der Abschlussverifikation vollständig vorbereitet?
- Steht das Produkt in seinem endgültigen Zustand zur Endabnahme bereit?
- Ist das Abnahmeprotokoll (mit allen Checklisten) vorbereitet?
- Ist überprüft, ob zusätzlich zum Abnahmeprotokoll ein Abnahmebericht werden soll?
- Liegen alle Dokumente für den Auftraggeber in endgültigem Zustand vor?
- Sind die erforderlichen Räume reserviert und vorbereitet?
- Stehen alle erforderlichen Hilfsmittel (Testvorrichtungen usw.) bereit?
- Sind alle Aufgaben für die eigentliche Abnahmeveranstaltung verteilt?
- Sind Raum- und Ablaufplan für die Endabnahme griffbereit?
- Sind alle Teilnehmer der Auftraggeberseite informiert bzw. eingeladen?
- Sind alle Teilnehmer der Auftragnehmerseite informiert bzw. eingeladen?
- Sind alle Gäste (Presse, Regionalpolitiker usw.) informiert bzw. eingeladen?
- Ist die Abschlussfeierlichkeit organisiert?
- Ist das Rahmenprogramm (Räume, Catering, Musik) organisiert?
- Sind erforderliche Aufräumarbeiten organisiert?

Anlage 2: Checkliste Vorbereitung der Endabnahme

Konstruktionskomponente	Nr.	Mögliche Fehler			Derzeitiger Zustand					Empfohlene Abstellmaßnahmen	Verantwortlichkeit	Verbesserter Zustand						
		Art	Auswirkung	Ursache	Kontrollmaßnahmen							Getroffene Maßnahme						
Prozessablauf																		
Systemkomponente																		

Wahrscheinlichkeit des Auftretens des Fehlers (Fehler kann vorkommen)	Bedeutung des Fehlers (Auswirkungen auf den Kunden)	Wahrscheinlichkeit der Entdeckung des Fehlers (vor Auslieferung des Kunden)
unwahrscheinlich = 1	Kaum wahrnehmbare Auswirkungen = 1	hoch = 1
sehr gering = 2-3	Unbedeutender Fehler, = 2-3	mäßig = 2-3
gering = 4-6	geringe Belästigung des Kunden = 4-6	gering = 4-6
mäßig = 7-8	mäßig schwerer Fehler = 7-8	sehr gering = 7-8
hoch = 9-10	schwerer Fehler, Verzögerung des Kunden = 9-10	unwahrscheinlich = 9-10
	äußerst schwerwiegender Fehler = 9-10	

Anlage 3: Übersichtstabelle RPZ



Anlage 4: Darstellung von Drehmoment- und Leistungskurven

Geprüft von:	Stefan Haack	Maschine	Neuer Traktor
Datum und Ort	02.07.2014	Maschinennummer:	00001
Inhalt:			
Punkte der Module (Ergebnisse)	Seite	1	Test
identifizierter Mangel der Test (Ergebnisse)	Seite	1	<input type="checkbox"/> Test 1 (Prototyp)
detaillierte Auswertung über die Wartung / Bedienung / Handhabung	Seite	2	<input checked="" type="checkbox"/> Test 2 (Vorserie / Serie)
detaillierte Auswertung über Schmierplan	Seite	3	<input type="checkbox"/> Test 3 (Konkurrent)
detaillierte Auswertung über Reparaturen / Änderungen / Qualität	Seite	4	
Punkte der Module (Ergebnisse)	Seite	5	

erreichte Punkte der Module	Module	zuerreichende Punkte (von 100 Punkten)
	Motor	91,80
	Kabine	95,24
	Elektrik	86,90
	Getriebe	86,51
	Generell	100,00
	Bremsen	85,71
	Frontachse	95,24
	Hydraulik	69,05
	Anhängung	95,24
	Rahmen	94,44
	Zapfwelle	95,24
	x	
	x	
	x	
	x	
letzter Punktestand		85,71
Gesamtpunkte		90,09

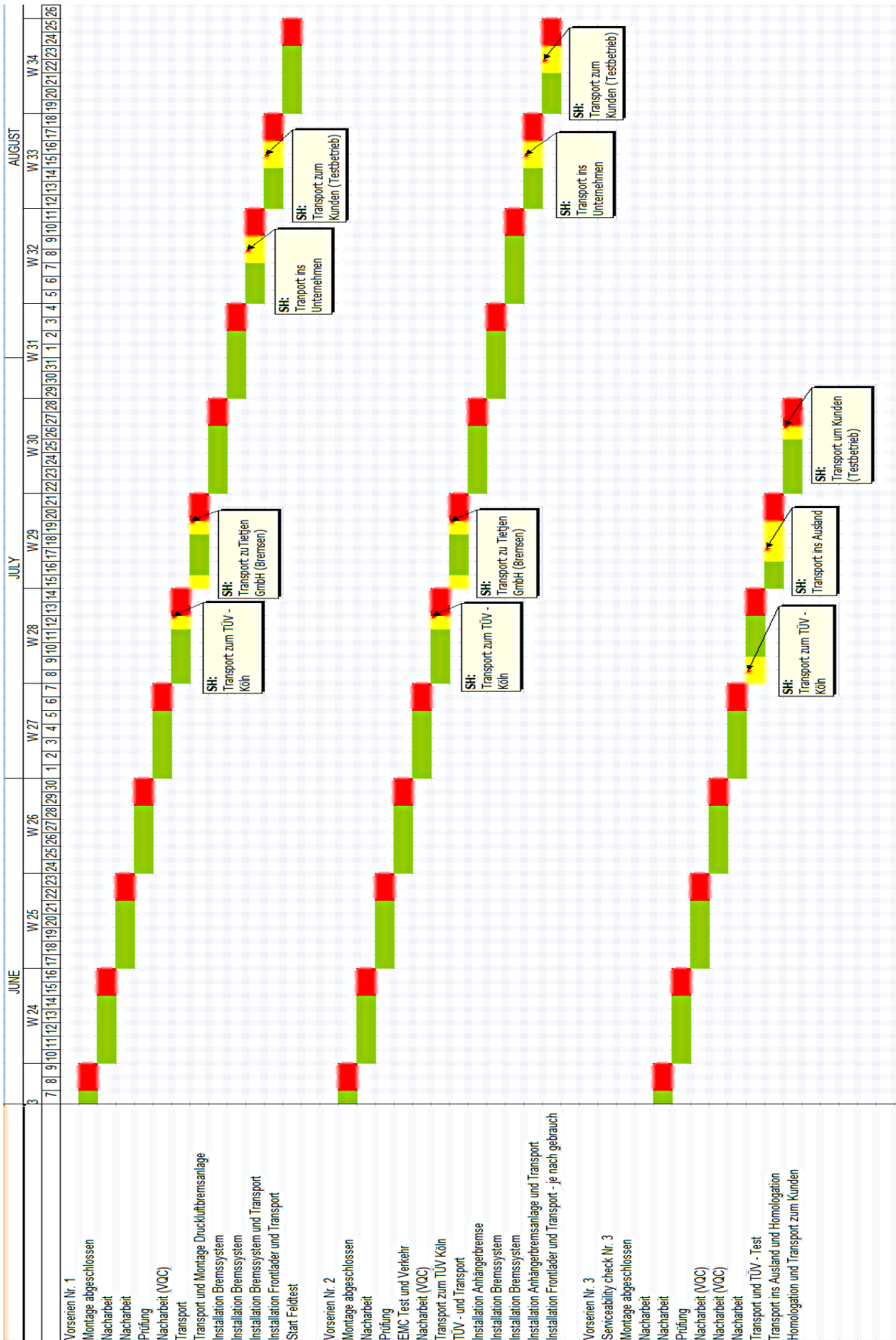
Ampelsignal Test 1:
 0 - 49 Punkte: rot
 50 - 74 Punkte: gelb
 75 - 100 Punkte: grün

Ampelsignal Test 2:
 0 - 69 Punkte: rot
 70 - 89 Punkte: gelb
 90 - 100 Punkte: grün



Anlage 5: Beispielhafte Design Review

rot: Test nicht bestanden; gelb: gute Ansätze und Konzept aber Nacharbeit nötig; grün: Test bestanden



Sonstige Schäden an der Kabine außen:

Zubehör:

Kugeln Fronthydraulik:	Anzahl:		
Kugeln Heckhydraulik:	Anzahl: Kat III		Kat IV
Oberlenker vorne:	ja		nein
Oberlenker hinten:	ja		nein
Zugpendel:	ja		nein
	kurz		lang
Zugpendel mit Kugel:	ja		nein
Zugmaul:	ja		nein
Zugmaul mit Zugkugel:	ja		nein
Zugkugel (140 mm)	ja		nein
Rundumleuchte:	ja		nein
• Anzahl	1		2
Frontgewicht:	ja		nein
• Gewicht in kg:			
Serviceheft:	ja		nein
Fahrzeugschein:	ja		nein
Lenksystem:	ja		nein
• Welches?:			
Sonstige Anmerkungen:			

Ort, Datum

Unterschrift Empfänger

Unterschrift Mitarbeiter

Anlage 7: Beispiel eines Übergabeformulares für Feldtests

Beispiel einer Zusammenfassung der 1. Testmaschine - Tagesberichte									
Datum	Fahrer	Arbeitsgerät	Arbeitsbreite	Bodenbeschaffenheit/ Art	Motorstd Start	Motorstd Ende	Bst. gesamt	Diesel	Kommentare
01.09.2014	Max Meier	Grubber	6 m	trocken/sandig	10	20	10	190	
02.09.2014	Max Meier	Grubber	6 m	trocken/sandig	20	27	7	133	
03.09.2014	Max Meier	Grubber	6 m	trocken/sandig	27	35	8	152	
04.09.2014	Max Meier	Grubber	6 m	trocken/sandig	35	40	5	95	
05.09.2014	Max Meier	Grubber	6 m	trocken/sandig	40	50	10	190	
06.09.2014	Max Meier	Grubber	6 m	trocken/sandig	50	57	7	133	
07.09.2014	Max Meier	Grubber	6 m	trocken/sandig	57	63	6	114	
08.09.2014	Max Meier	Grubber	6 m	trocken/sandig	63	69	6	114	
09.09.2014	Max Meier	Grubber	6 m	trocken/sandig	69	75	6	114	
10.09.2014	Max Meier	Pflug	9 Schar	trocken/lehmig	75	80	5	95	
11.09.2014	Max Meier	Pflug	9 Schar	trocken/lehmig	80	88	8	152	
12.09.2014	Max Meier	Pflug	9 Schar	trocken/lehmig	88	95	7	133	
13.09.2014	Max Meier	Pflug	9 Schar	trocken/lehmig	95	103	8	152	
14.09.2014	Max Meier	Pflug	9 Schar	trocken/lehmig	103	110	7	133	
15.09.2014	Max Meier	Pflug	9 Schar	trocken/lehmig	110	117	7	133	
16.09.2014	Max Meier	Pflug	9 Schar	trocken/lehmig	117	125	8	152	
17.09.2014	Max Meier	Pflug	9 Schar	trocken/lehmig	125	130	5	95	
18.09.2014	Max Meier	Pflug	9 Schar	nass/lehmig	130	131	1	19	
19.09.2014	Max Meier	Pflug	9 Schar	nass/lehmig	131	132	1	19	
20.09.2014	Max Meier	Pflug	9 Schar	feucht/lehmig	132	138	6	114	
21.09.2014	Max Meier	Pflug	9 Schar	trocken/lehmig	138	146	8	152	
22.09.2014	Max Meier	Drillmaschine	6 m	trocken/sandig	146	153	7	133	
23.09.2014	Max Meier	Drillmaschine	6 m	trocken/sandig	153	160	7	133	
24.09.2014	Max Meier	Drillmaschine	6 m	trocken/sandig	160	170	10	190	
25.09.2014	Max Meier	Drillmaschine	6 m	trocken/sandig	170	180	10	190	
26.09.2014	Max Meier	Drillmaschine	6 m	trocken/sandig	180	188	8	152	
27.09.2014	Max Meier	Drillmaschine	6 m	trocken/sandig	188	194	6	114	
28.09.2014	Max Meier	Drillmaschine	6 m	trocken/sandig	194	203	9	171	
29.09.2014	Max Meier	Drillmaschine	6 m	trocken/sandig	203	211	8	152	

Anlage 8: Beispielhafte Zusammenfassung einer Testmaschine (Tagesbericht)

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass die Arbeit selbstständig verfasst, in gleicher oder ähnlicher Fassung noch nicht in einem anderen Studiengang als Prüfungsleistung vorgelegt wurde und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel und Quellen einschließlich der angegebenen oder beschriebenen Software, verwendet wurden.

Ort, Datum

Unterschrift