

Hochschule Anhalt
Fachbereich Landwirtschaft, Ökotropologie und Landschaftsentwicklung



Bachelorarbeit

Optimierungsmöglichkeiten der Virusvektorenbekämpfung in
der Pflanzkartoffelproduktion

Name, Vorname: Maisinger Magnus
Studiengang: Fernstudium Landwirtschaft/Agrarmanagement

1. Gutachter: Prof. Dr. Annette Deubel
2. Gutachter: Dipl. Ing. Agrar Univ. Adolf Kellermann

Erklärung

Ich versichere, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, in gleicher oder ähnlicher Fassung noch nicht in einem anderen Studiengang als Prüfungsleistung vorgelegt und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel und Quellen (einschließlich der angegebenen oder beschriebenen Software) benutzt habe.

Bernburg, den 19.09.2024

A handwritten signature in blue ink, reading "Magnus Münger". The signature is written in a cursive style with a long, sweeping underline.

Unterschrift des Verfassers

Inhalt

Abkürzungsverzeichnis	IV
Abbildungsverzeichnis.....	V
1 Einleitung und Zielstellung	1
2 Aktuelle Pflanzgutproduktion.....	2
2.1 Anerkennungswesen und Stufenaufbau	2
2.2 Klimatische Bedingungen für den Kartoffelanbau	5
2.3 Bodenansprüche, Bodenbearbeitung und Pflanzung.....	7
2.4 Wichtige Krankheiten der Kartoffel.....	9
2.4.1 Bakterien- oder pilzverursachte Erkrankungen	9
2.4.2 Durch Virosen verursachte Erkrankungen	10
2.5 Kulturführung	15
2.5.1 Düngung	15
2.5.2 Knollenbeizung	18
2.5.3 Beikrautregulierung.....	19
2.5.4 Kartoffelselektion	20
2.5.5 Insektizideinsatz.....	21
2.5.6 Fungizideinsatz	23
2.5.7 Krautminderung	24
2.6 Erntevorbereitungen und Ernte	28
2.7 Lagerung, Aufbereitung und Vermarktung	28
3 Zwischenfazit	30

4	Weitere Virusvektorenbekämpfungsmaßnahmen	31
4.1	Repellentien	31
4.2	Pheromone	31
4.3	Mulchmaterialien	32
4.4	Öle	34
4.4.1	Wirksamkeit einzelner Öle	35
4.4.2	Ölanwendung, Applikationshäufigkeit und Zulassungssituation	37
4.5	Natürliche Gegenspieler von Blattläusen	38
4.6	Anbau resistenter Sorten	39
4.7	Kulturschutznetze	40
4.8	Saumkulturen und Reihenzwischenraumbegrünung	43
4.9	Grünroden	45
4.10	Angepasste Stickstoffdüngung	45
4.11	Vermeidung von Infektionsherden und Bekämpfung von Wirtspflanzen	46
5	Einordnung	51
6	Fazit	56
7	Zusammenfassung	57
8	Summary	58
9	Literaturverzeichnis	59
10	Anhang:	64

Abkürzungsverzeichnis

°C	Grad Celsius
Akh	Arbeitskraftstunden
dt	Dezitonne
ha	Hektar
kg.....	Kilogramm
l	Liter
nFK.....	nutzbare Feldkapazität
PLRV	Potatoe Leaf Roll Virus
PVY	Potatoe Virus Y
SBR	Syndrom Blasses Reichtums - Syndrom niedriger Zuckergehalte

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:Abwicklung des Anerkennungsverfahren.....	3
Abbildung 2: Auswirkungen auf den Kartoffelanbau nach steigender Bodenqualität..	7
Abbildung 3: Y-Virus oder auch Mosaikvirus	10
Abbildung 4: Nekrotische Veränderungen durch Y-Virus	11
Abbildung 5: Ringnekrosen verursacht durch Y-NTN	11
Abbildung 6: Blattrollvirus (PLRV) an Kartoffeln	12
Abbildung 7: S-Virus mit Raumosaik	12
Abbildung 8: A-Virus: glänzende, gewölbte Blattoberfläche	13
Abbildung 9: M-Virus, Mosaik mit Blattrandwellung.....	13
Abbildung 10: Übertragungsunterschied persistent/ nicht-persistent.....	14
Abbildung 11: Resistenzmanagement bei Kartoffelfungiziden.....	24
Abbildung 12: Farbumschlag eines abtötungswürdigen Bestandes	25
Abbildung 13: Unterschiedliche Abtötungszeitpunkte und ihre Wirksamkeit	26
Abbildung 14: Krautschlagen und Sikkation versus Sikkation	27
Abbildung 15: Sikkation zur Ernteerleichterung & Reifesteuerung	27
Abbildung 16: Weizenstroh in Kartoffeln.....	32
Abbildung 17: Blattlausanflüge auf Gelbschalen; Anflüge in der gesamten Periode	34
Abbildung 18: Vermehrungsbestand mit Insektenschutznetz	41
Abbildung 19: Sikkation durch Kulturschutznetz.....	42
Abbildung 20: Effektivität der Netzabdeckung im Rübenanbau	43
Abbildung 21: Hafereinsaat in Kartoffeln bereits behandelt mit Tepraloxydim.....	44
Abbildung 22: Auf Abfallhaufen aufgelaufene Kartoffeln mit Virussympomen	47

Abbildung 23: Durchwuchskartoffeln auf Weizenschlag im August	47
Abbildung 24: Eier des Kartoffelkäfers auf Durchwuchskartoffel	48
Abbildung 25: Bekämpfungsmöglichkeiten von Durchwuchskartoffeln	49

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Stufenaufbau/Anforderungen	4
Tabelle 2: Zugelassene Beizmittel für die Saison 2024	19
Tabelle 3. Insektizide im Kartoffelbau	22
Tabelle 4: Virusreduzierende Wirkung versch. Öle und Cypermeth.	36
Tabelle 5: Mortalität von Läusen nach Anwendung versch. Öle	36
Tabelle 6: Mortalität von Läusen nach Applikation von Ölen plus Insektizid	37
Tabelle 7: Einsatz von Paraffinöl in Kartoffeln	38
Tabelle 8: Wirtspflanzen für Kartoffelvirosen	50
Tabelle 9:Übersicht möglicher Optimierungsmaßnahmen der Vektorenbekämpfung	51
Tabelle 10: Wirksamkeit der einzelnen Virusbekämpfungsmaßnahmen	54

1 Einleitung und Zielstellung

Seit Mitte des 18. Jahrhunderts werden Kartoffeln in Deutschland mit steigender Anbaufläche produziert. Sie wurden rasch zum Grundnahrungsmittel, da sie eine gute Lagerfähigkeit besitzen und vielseitig in der Verarbeitung sind. (NITSCH, 2013, S.9) Die stetige Anpassung der Kartoffel an die klimatischen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts ist für die Erhaltung als Speise-, Stärke- und Veredelungsprodukt der weltweiten Bevölkerung von großer Bedeutung. Voraussetzung für optimale Erträge, ist die Bereitstellung von qualitativ hochwertigem Pflanzgut leistungsfähiger Sorten. Pflanzgut muss bestimmte Kriterien erfüllen, um auch als solches anerkannt und vertrieben werden zu dürfen. Dies ist in der EU-Durchführungsrichtlinie 2014/20/EU als auch in der Pflanzkartoffelverordnung geregelt. (PFLANZKARTOFFELVERORDNUNG, 2022; DURCHFÜHRUNGSRICHTLINIEN, 2014) Die Anerkennung zum Pflanzgut kann nur erfolgen, wenn unter anderem die Virusbelastung im Pflanzgut innerhalb der zugelassenen Richtwerte liegt. Je nach Vermehrungsstufe, darf das Pflanzgut zwischen 0% und 10% mit Virose belastete Knollen enthalten. Bei höherer Virusbelastung wird die Partie in eine niedrigere Kategorie abgestuft oder bei zu starker Belastung auch aberkannt. Das heißt eine Vermarktung ist dann nur noch mit großen wirtschaftlichen Verlusten im Konsumbereich möglich. Zu den häufigsten Überträgern der Virose zählt die Grüne Pfirsichblattlaus, die Faulbaumlaus, die Kreuzdornlaus, die grüngestreifte Kartoffellaus und die schwarze Bohnenlaus. (NITSCH, 2013, S.111f.) In den zurückliegenden Jahrzehnten wurde durch die Umsetzung einer engmaschigen und vielseitigen Insektizidstrategie, der vektorenbedingte Eintrag und die nachfolgende Verbreitung von Virose in den Kartoffelvermehrungsbeständen meist unterbunden. Durch die ständig abnehmende Anzahl an zugelassenen Insektiziden, wird es immer schwieriger mit der bisherigen Vorgehensweise gesundes Pflanzgut zu produzieren.

Ziel dieser Arbeit ist es den Kartoffelvermehrungsbetrieben, als auch den Kartoffelzuchtunternehmen, eine Übersicht zum momentanen Wissensstand hinsichtlich alternativer Möglichkeiten der Virusvektorenbekämpfung zu verschaffen. Darüber hinaus soll die praktische Umsetzbarkeit der alternativen Methoden bezüglich Kosten, Arbeitsaufwand und Wirksamkeit aufgezeigt werden.

2 Aktuelle Pflanzgutproduktion

2023 wurden in Deutschland 16.554 ha Kartoffelvermehrungsfläche mit Erfolg feldgeprüft. Die Bundesländern Niedersachsen (6505ha), Schleswig-Holstein (2751 ha), Mecklenburg-Vorpommern (2585 ha) und Bayern (2038 ha) sind die größten Kartoffelpflanzgutproduzenten. Insgesamt wurden 1347 ha Pflanzkartoffeln weniger als 2022 mit Erfolg feldgeprüft. Ein Rückgang um 8 % der Gesamtvermehrungsfläche. Ein Trend der sich das dritte Jahr in Folge hält. Die Witterungsbedingungen im Frühjahr waren schwierig, der Frühsommer war geprägt von einer starken Trockenheit und somit einem verminderten Knollenansatz. Die hohen frühlommerlichen Temperaturen führten zu einem frühen Blattlausbefall der Bestände. Jedoch war die Insektizidwirksamkeit aufgrund der heißen Witterung reduziert. Somit sind die Bestände einem erhöhten primären Infektionsrisiko ausgesetzt gewesen. Die Sikkationsmaßnahmen im Herbst sind zudem nicht überall optimal verlaufen und es kam vermehrt zum Wiederaustrieb. Das Jahr 2023 ist somit gekennzeichnet durch eine hohe Viruslast und einer erhöhten Abstufung beim Vorstufen- und Basispflanzgutpartien. (LÜTHKE und BLUME, 2023, S.46 und S.49)

2.1 Anerkennungswesen und Stufenaufbau

Die Produktion von Kartoffelpflanzgut für den Verkauf unterliegt dem staatlichen Anerkennungsverfahren gemäß Pflanzkartoffelverordnung. Entsprechend der folgenden Abbildung 1 von der LfL - Bayern, läuft das Anerkennungsverfahren in allen Bundesländern ähnlich ab. Es können ausschließlich Flächen zur Vermehrung angemeldet werden, die amtlich auf Kartoffelzystennematoden untersucht wurden und keine derartigen Schädlinge enthalten. Zudem dürfen auf der Fläche vier Jahre vor Antragstellung keine Kartoffeln angebaut worden sein. Die Kartoffelvermehrung erfolgt nach dem Stufenprinzip. Dabei wird ausgehend von erhaltungszüchterisch erzeugtem Vorstufenpflanzgut über bis zu 10 Vermehrungsstufen in bis zu 10 Jahren zertifiziertes Pflanzgut (Z-Pflanzgut) produziert. Dieses wird dann vom Landwirt als Pflanzgut zur Produktion von Konsumware genutzt. Das Stufensystem funktioniert nur von oben nach unten. Das heißt, dass das Ausgangspflanzgut immer einer höheren Klasse

angehört als die daraus erwachsene Ernte. Dabei können beispielsweise bei Überproduktion, auch eine oder mehrere Stufen übersprungen werden. Den Stufen entsprechend, hat das Pflanzgut unterschiedliche Grenzwerte bei Krankheiten und Mängeln einzuhalten, siehe Tabelle 1.

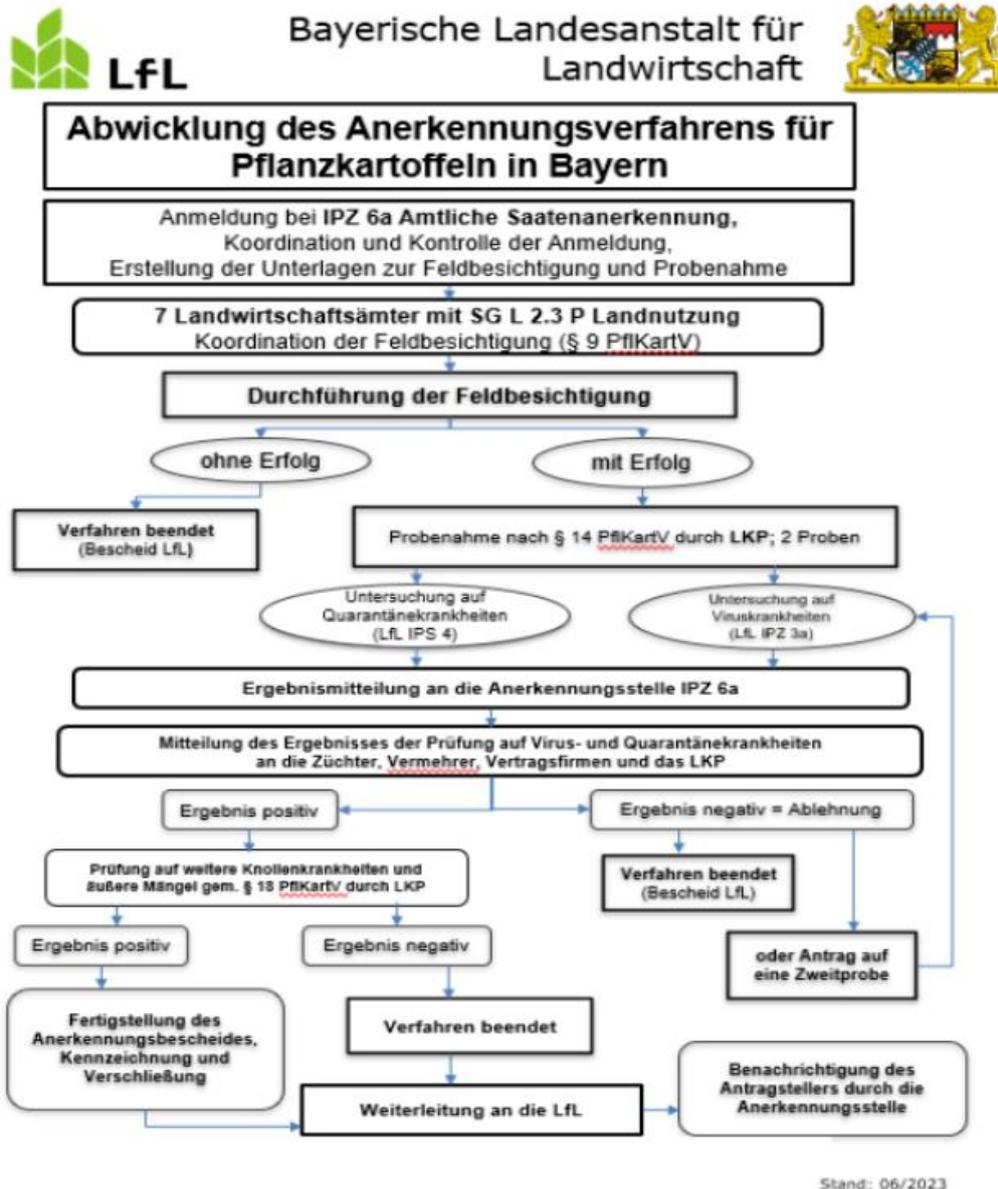


Abbildung 1: Abwicklung des Anerkennungsverfahrens

(Quelle: (BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT, 2023))

Tabelle 1: Stufenaufbau/Anforderungen (Quelle: eigene Darstellung nach (PROBENEHMERRICHTLINIE, 2021, S.14) und Pfl.Kart.VO S. 15)

Kategorie	Klasse	Standort/ Produzent	Virus insgesamt	Fäule	Kartoffel-	Kn. m. >10% Rhizocton	Pulverschorf	Schrumpel-	äußere Fehler	Gesamttoleranz	Erde/ Fremdst.
			v.H. der Probe %	% d. Gw	schorf Gw.%	a.d. Oberfl. Gw.%	Gw.%	knollen Gw.%	Gw.%	Fäule bis Fehler Gw%	Gw.%
Vorstufenpflanzgut (V)	PBTC*	Labor/Züchter	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	PB 1 bis PB4 **	Gewächshaus bzw. Feld Züchter/ spez. Vermehrer	0,5	0,2	1	1	0,5	3	5	6	1
Basispflanzgut (B)	S (Super)	Feld/ Vermehrungsbetrieb	1	0,5	5	3	1	3	5	6	1
	SE (SuperElite)		2	0,5	5	3	1	3	5	6	1
	E (Elite)		2	0,5	5	3	1	3	5	6	1
Zertifiziertes Pflanzgut (ZA B)		Feld/Vermehrungsbetrieb	8	0,5	5	3	1	3	5	8	2
			10	0,5	5	3	1	3	5	8	2

* Pre Basic Tissue Culture aus Gewebe

** Pre Basic

Gw.%= Gewichtsprozent

Das erzeugte Pflanzgut muss außerdem frei von Quarantäneschaderregern, wie zum Beispiel der Schleimkrankheit sein. Dies wird im Lauf des Anerkennungsprozesses mit überprüft. Falls eine Partie die Werte der angestrebten Klasse nicht erreicht, kann es mit einer den Werten entsprechenden niedrigeren Klasse vermarktet werden. Wenn es jedoch die Werte der Klasse B überschreitet, ist eine Vermarktung als Pflanzgut nicht mehr möglich und es muss über den Konsummarkt abgesetzt werden.

2.2 Klimatische Bedingungen für den Kartoffelanbau

Die klimatischen Veränderungen führen vermehrt zu Trockenheiten und höheren Anforderungen an das Krankheitsmanagement. Daraus resultieren größere Ertragsschwankungen, sowie folglich auch ein höheres betriebliches Risiko. (FLAIG, 2021, S.29ff.) Man geht davon aus, dass Insekten (Blattläuse) von den steigenden Temperaturen profitieren und vermehrt auftreten.

Grundsätzlich benötigt die Kartoffel für gutes Wachstum ein kühles, gemäßigttes Klima. Die Hauptanbauggebiete liegen weltweit stets nahe der 20 °C - Juli-Isotherme. (DIEPENBROCK et al., 1999, S.165) Grenzen setzt der Kartoffel die hohe Frostempfindlichkeit von Staude und Knollen. Das Kraut stirbt bereits bei -1,5 °C ab. Für eine gute Ertragsbildung ist der Temperatur- und Niederschlagsverlauf in den Vegetationsabschnitten der Pflanzung, kurz vor und während der Blütephase, als auch in der Phase der Stärkeeinlagerung entscheidend. (DIEPENBROCK et al., 1999, S.177) Anhaltende Temperaturen über 20 °C und Störungen der Wasserversorgung behindern die Ertragsbildung und führen zu Wachstumsanomalien, wie zum Beispiel Zwiewuchs. Gleichzeitig führen hohe Temperaturen auch zu einer schnelleren physiologischen Alterung der Tochterknollen, wodurch die Lagerung erschwert und die Qualität gemindert wird. (SCHUHMANN, 2014a, S.33f.)

In Chile wurden Untersuchungen zur Ertragsbildung verschiedener Kartoffelsorten unter erhöhter Lufttemperatur (+3 - 4 °C), sowie unter erhöhter Bodentemperatur (+2 - 3 °C) durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, dass ursprüngliche Kartoffelgenotypen bei erhöhter Lufttemperatur höhere Erträge erzielen können, als die gezüchtete Sorte

Asterix. Die Erhöhung der Bodentemperatur wirkt sich negativ auf den Ertrag aller untersuchter Kartoffelsorten aus. (ÁVILA-VALDÉS et al., 2024, S.23) Auch Untersuchungen aus Südkorea kommen zu dem Schluss, dass nur der Züchtungsschwerpunkt „Toleranz gegenüber hohen Temperaturen“, weitere Ertragsverbesserungen zulassen könnte. Dennoch geht man in Südkorea davon aus, ertraglich im Kartoffelanbau von den Klimaveränderungen zu profitieren. (KIM und WEBBER, 2024, S.20)

In Deutschland hingegen werden sich die Gunstregionen mancher Kulturpflanzen durch den Klimawandel nach Norden und in höhere Regionen verschieben. (KAHLENBORN et al., 2021, S.55) Davon ist auch in der Kartoffel und vor allem im Vermehrungsbereich auszugehen. Die Bewegungsaktivität der Virusvektoren ist bei 20°C am höchsten. Luftbewegungen über 0,8 km/h sind für die Aufzucht von Läusen ungeeignet. (DUPUIS et al., 2017a, S.180) Daher wird der Anbau in Gesundlagen zukünftig eine noch stärkere Betonung bekommen. Gesundlagen werden beispielsweise durch das Land Mecklenburg-Vorpommern ausgewiesen. Diese zeichnen sich durch eine niedrigere Jahresdurchschnittstemperatur und eine höhere Luftbewegungen aus. (LANDESAMT FÜR LANDWIRTSCHAFT UND LEBENSMITTELSICHERHEIT, 2022, o.S.).

2.3 Bodenansprüche, Bodenbearbeitung und Pflanzung

Die Anforderungen der Kartoffel an einen Standort sind hinsichtlich Bodengüte, sowie Vorfrucht unkompliziert. Die nachfolgende Abbildung 2, stellt die Vor- bzw. Nachteile der jeweiligen Bodenarten dar. Der Knollenertrag, wie auch die Qualität für Pommes und Chips erhöht sich mit steigender Bodenqualität. Jedoch steigt auch das Risiko für Krankheiten wie Phytophthora und Nassfäule. Auf leichteren Böden ist dafür das Risiko für Rhizoctonia (schwarzer Schorf) oder Qualitätsmängel, wie Schorf, Hohlherzigkeit und Eisenfleckigkeit höher.

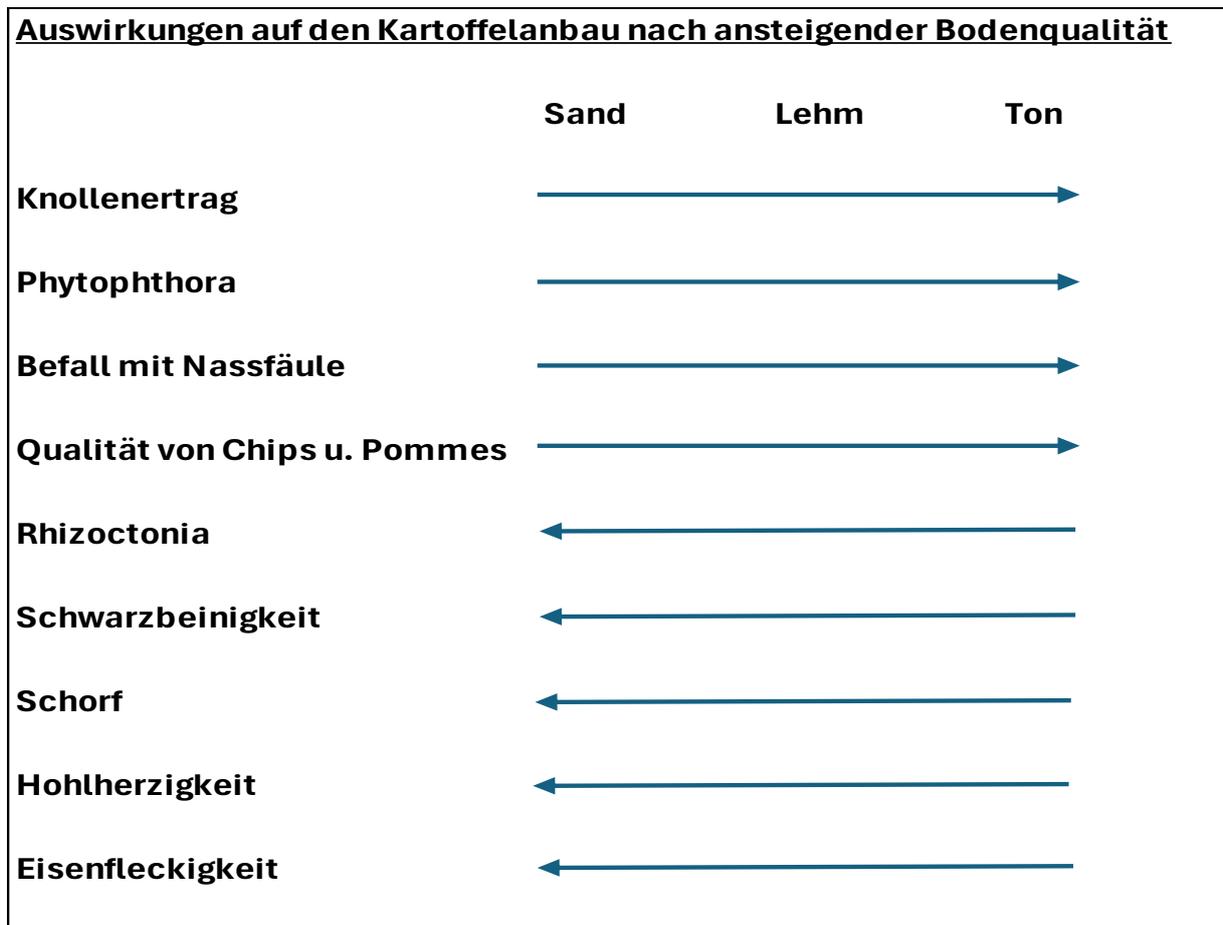


Abbildung 2: Auswirkungen auf den Kartoffelanbau nach steigender Bodenqualität

(Quelle: eigene Darstellung nach Schuhmann, 2014b)

Die Kartoffel braucht zum Wachstum einen gut durchwurzelbaren Boden, welcher sich im Frühjahr leicht erwärmt, möglichst stein- als auch klutenfrei ist, sowie eine hohe Siebfähigkeit und geringe Hangneigung aufweist. Alle Bodenbearbeitungs-

maßnahmen vor der Frucht Kartoffel müssen darauf ausgerichtet sein ein lockeres, gut durchwurzelbares Pflanzbett herzustellen. (WÖLFEL et al., 2010, S.10) Das Befahren des Ackers ist auf ein Minimum zu begrenzen, um Schadverdichtungen zu vermeiden. Auf bindigen Böden ist eine Herbstfurche vorzunehmen, damit die klutenzerstörende Wirkung des Frostes genutzt werden kann - falls noch möglich. Auf humusärmeren, sandigen Böden ist dies, aufgrund des schnelleren Absetzens, nicht zu empfehlen. Im Frühjahr darf der Acker nur befahren werden, wenn der Wassersättigungsgrad unter 75 % nFK abgesunken ist. Ein Zwischenfruchtanbau vor Kartoffeln ist im Vegetationsverlauf bei der Festigung der Dämme hilfreich und dient damit dem Erosionsschutz. Eine Saatbetterstellung mit dem Grubber ist gut möglich. Grundsätzliches Ziel sind ca. 15 cm genügend lockerer Boden für die exakte Knollenablage und Dammformung. (SCHUHMANN, 2014a, S.70ff.)

Die Pflanzung sollte erst ab einer Bodentemperatur von 8° C und unter Berücksichtigung des Bodenzustandes (nicht zu feucht!) erfolgen. (WÖLFEL et al., 2010, S.11) Die Knollen sollten möglichst vorgekeimt werden. (NITSCH, 2013, S.135)

Die Vorkeimung kann dabei helfen, den Pflanzen einen Wachstumsvorsprung zu verschaffen. Läuse bevorzugen junge, frische grüne Blätter. Falls die Läuseflüge im Frühjahr spät stattfinden, kann diese Methode helfen, die Übertragung von Virus zu reduzieren. (DUPUIS et al., 2017a, S.181)

Der Pflanzgutbedarf ist abhängig von der geplanten Bestandesdichte (gemessen in Anzahl Pflanzen je Quadratmeter) und der Sortiergröße. Die Bestandesdichte sollte sich im Pflanzgutbereich bei ca. 40 Tsd. – 50 Tsd. Pflanzen je ha befinden. Je höher das Tausend-Knollengewicht, umso mehr Pflanzgut (dt / ha) wird benötigt. (NITSCH, 2013, S.140f.) Die praxisüblichen Pflanzmengen in der Saatkartoffelerzeugung bewegen sich zwischen 35 und 55 dt / ha.

2.4 Wichtige Krankheiten der Kartoffel

Im folgenden Kapitel werden die wichtigsten Kartoffelkrankheiten vorgestellt. Diese werden durch verschiedene Arten von Bakterien, Pilzen und Viren verursacht. Bakterien und Pilze sind auch natürliche und ständige Gesellschafter der Mikroflora auf und in den Pflanzen. (NITSCH, 2013, S.81) Jedoch verursachen einige Arten Krankheiten, die unter anderem schwere wirtschaftliche Schäden nach sich ziehen. Das bekannteste Beispiel ist hier die Kraut- und Knollenfäule (*Phytophthora infestans*). Im Bereich der Kartoffelviren, allen voran das Y-Virus, werden die monetären Mindereinnahmen in der gesamten EU auf eine jährliche Summe von 187 Mio. € geschätzt. Ursachen dafür sind Ertragsrückgang und Kosten für den chemischen Pflanzenschutz. (DUPUIS et al., 2024, S.55)

2.4.1 Bakterien- oder pilzverursachte Erkrankungen

Die Wurzeltöterkrankheit (*Rhizoctonia solani*) führt im Feldbestand zu Auflaufschäden, Kümmerwuchs, Welkesymptomen und dadurch zu Ertragsverlusten. (SCHUHMANN, 2014b, S.28) Es kann bereits zum Absterben der Keime kommen bevor diese die Erdoberfläche durchbrechen. Im Wachstumsverlauf macht sich der Pilz insoweit bemerkbar, dass die Wipfelblätter der Pflanzen graugrün bis matt silbrig erscheinen. Ein Teil der Stängel ist mit einem weißen Pilzrasen befallen. An den Knollen ist *Rhizoctonia solani* später als Dry core erkennbar. Dabei verursacht der Pilz oberflächlich nur ein kleines Loch, dringt aber bis zu einem Zentimeter tief in die Kartoffel ein und zerstört das Gewebe. (NITSCH, 2013, S.81ff.)

Schwarzbeinigkeit (*Erwinia ssp.*), Stängelfäule und Bakterielle Welke unterscheiden sich im Schadbild nur unwesentlich. (SCHUHMANN, 2014b, S.32) Die Stängel sind feucht, schwarz, verfault und lassen sich leicht aus dem Boden ziehen. Die Knollen werden durch die Bakterien zu einem cremig-wässrigen Brei zersetzt, der äußerst übelriechend ist. Es entstehen erhebliche Ertragsverluste. Die Verbreitung über die Mechanisierung geschieht in Windeseile über das gesamte Pflanzgut. (NITSCH, 2013, S.86)

Die Kraut- und Knollenfäule (*Phytophthora infestans*) wird durch feucht-warme Witterung begünstigt. (SCHUHMANN, 2014b, S.26) Es kann bereits im sehr frühen Jugendstadium zum Befall des Blatt- und Stängelapparates kommen. Die Blätter werden vom Rand her befallen (Pilzrasen auf der Unterseite), welken und je nach Witterung stirbt die ganze Pflanze innerhalb weniger Tage ab. (NITSCH, 2013, S.88f.)

2.4.2 Durch Virosen verursachte Erkrankungen

Die wichtigsten Viruserkrankungen (Kartoffelvirosen) sind das Y-Virus (PVY), das Blattroll-Virus (PLRV) das S-Virus, sowie das M-Virus. Weitere virusbedingte Erkrankungen sind das A-Virus, das X-Virus, das P-Virus, das Potato-Rough-Dwarf-Virus und das Potato-Spindle-Tuber-Virus. Von den unterschiedlichen Virusarten gibt es oft noch verschiedene Stämme. Die Symptome sind je nach Virusart und -stamm unterschiedlich.

Vom Y-Virus befallene Pflanzen sind an marmorierten und verformten Blättern zu erkennen – siehe Abbildung 3.



Abbildung 3: Y-Virus oder auch Mosaikvirus (Quelle: (HASE, 2021))

Bei schwerem Befall entwickeln die Pflanzen nekrotische Stellen und sterben schlussendlich ab. In Abbildung 4 ist ein mittelschwerer Befall zu sehen.



Abbildung 4: Nekrotische Veränderungen durch Y-Virus (Quelle: (PFLANZENKRANKHEITEN, 2022))

Der Stamm Y-NTN verursacht zusätzlich Ringnekrosen an den Knollen, die diese wertlos machen – siehe Abbildung 5.



Abbildung 5: Ringnekrosen verursacht durch Y-NTN (Quelle: (PFLANZENKRANKHEITEN, 2022))

Blattrollvirusbefall führt zum typischen Einrollen der älteren Blätter. Aufgrund der hohen Stärkeeinlagerung knistern diese beim Zerdrücken – siehe Abbildung 6.



Abbildung 6: Blattrollvirus (PLRV) an Kartoffeln (Quelle: (PFLANZENKRANKHEITEN, 2022))

Das S-Virus tritt meist nur in leichter Ausprägung auf. Die Pflanzen besitzen häufig ein helleres Blattgrün. (THIEL und STEINBACH, 2018, S.57) Die Symptome an PVS sind erst an abreifenden Pflanzen erkennbar.(THIEL und STEINBACH, 2018, S.188)



Abbildung 7: S-Virus mit Raumosaik

(Quelle: (THIEL und STEINBACH, 2018, S.188))

Das A-Virus zeichnet sich in der Symptomatik durch eine glänzende, gewölbte Blattoberfläche aus, siehe Abbildung 8.



Abbildung 8: A-Virus: glänzende, gewölbte Blattoberfläche (Quelle: (KÜRZINGER, 2015b, S.32))

Bei einer M-Virus-Infektion rollen sich die oberen Fiederblätter „schiffchenförmig“ ein. Die Intercostalfelder sind aufgewölbt, siehe Abbildung 9.



Abbildung 9: M-Virus, Mosaik mit Blattrandwellung (Quelle: (HASE, 2021))

Außerdem kann die Kartoffel auch von mehreren Virusarten gleichzeitig befallen sein, was die Symptomausprägung verstärkt. Eine sichere Diagnose des entsprechenden Befalls ist nur mit entsprechenden Virustests möglich. In der Praxis wird daher vorrangig in „leichte“ und „schwere“ Symptomausprägung unterschieden. (NITSCH, 2013, S.105ff.) Virusbefall sorgt je nach Art und Schwere für einen mehr oder weniger starken Ertragsrückgang und bei einigen Arten auch für Qualitätseinbußen. Die Virussymptome verstärken sich bei weiterer Vermehrung von Jahr zu Jahr potenziell. (NITSCH, 2013, S.110) Die einzelnen Kartoffelsorten unterscheiden sich stark hinsichtlich ihrer Virusanfälligkeit. (BUNDESSORTENAMT, 2023, 30ff.) Die Verbreitung der Kartoffelvirosen, kann auf verschiedenen Wegen erfolgen. Hier ist die in Kartoffeln praktizierte vegetative Vermehrung und damit die Verwendung von virusbelastetem Pflanzgut an erster Stelle zu nennen. (HALLMANN et al., 2007, S.46) Der zweite wichtige Weg der Virusübertragung ist der über tierische Vektoren. Dabei stellen Blattläuse die bedeutendste Art dar. Allein 65 Blattlausarten gehören zu den möglichen Überträgern des PVY-Virus in Kartoffeln.(LACOMME et al., 2017, S.146) Die wichtigsten virusübertragenden Blattlausarten in Kartoffeln sind die Grüne Pfirsichblattlaus, die Faulbaumlaus, die Kreuzdornlaus, die Grüngestreifte Kartoffellaus, die gefleckte Kartoffellaus und die schwarze Bohnenlaus. (NITSCH, 2013, S.111f.) Die Virusinfektion durch Blattläuse erfolgt auf zwei verschiedene Arten, siehe Abbildung 10, die als persistent und nicht-persistent bezeichnet werden. Persistent bedeutet, dass das Virus über eine längere Saugzeit aufgenommen und auch wieder über einen längeren Zeitraum an die Pflanze abgegeben wird.

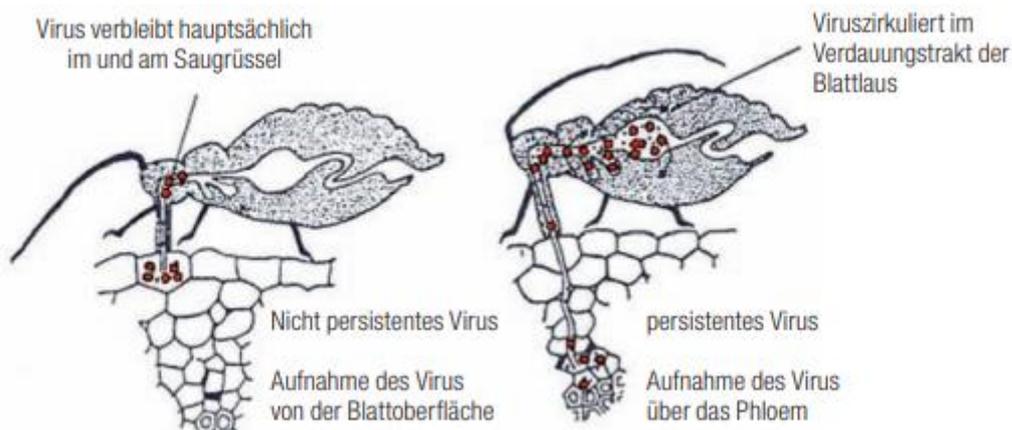


Abbildung 10: Übertragungsunterschied persistent/ nicht-persistent (Quelle: (FABICH, 2010))

Vor allem das Blattrollvirus (PLRV) wird auf diesem Weg übertragen. Bei den nicht-persistenten Kartoffelviren, wie zum Beispiel dem PVY-Virus, ist ein kurzer Probestich der Blattlaus ausreichend, um das Virus an eine gesunde Kartoffelpflanze weiterzugeben. Dadurch ist die Übertragungsgeschwindigkeit sehr hoch. (KRELLIG und RENNER, 2007, S.1) Zwischen der Aufnahme eines Insektizids durch die mit einem nicht-persistenten Virus beladene Laus und dem Wirkungseintritt, kann der Schädling noch eine Vielzahl von Pflanzen mit Probestichen infizieren. (FABICH, 2010, S.194) Darüber hinaus können auch im Boden lebende Nematoden als Vektor fungieren. So wird beispielsweise der Tabacco rattle virus (TRV, Pfropfenkrankheit bzw. viröse Eisenfleckigkeit), durch Nematoden der Gattung *Trichodorus* übertragen. (HALLMANN et al., 2007, S.410) Außerdem besteht noch die Möglichkeit der mechanischen Virusübertragung, durch starken Pflanzenkontakt bei Wind oder auch mechanischen Pflegemaßnahmen. (HALLMANN et al., 2007, S.39)

2.5 Kulturführung

Um einen optimalen Ertrag zu erreichen ist neben der guten Vorbereitung des Saatbetts ein bestmöglicher Schutz der Kartoffel vor Schadinsekten, Pilzkrankheiten und Virose notwendig. Außerdem muss der Nährstoffvorrat des Bodens durch eine bedarfsgerechte Düngung ergänzt werden. Abschließend wird durch eine möglichst schonende Ernte die Qualität gesichert.

2.5.1 Düngung

Ziel der Düngung ist es, die Kartoffelpflanzen mit den nötigen Elementen so zu versorgen, dass mit Hilfe der Photosynthese ein möglichst hoher Output an Qualität und Ertrag erreicht wird. Um den Düngebedarf zu errechnen, sind Kenntnisse über die Versorgungszustand des Bodens nötig. (SCHUHMANN, 2014b, S.52) Die Kartoffel ist die Ackerkultur, bei der die Grundnährstoffversorgung mit am ausschlaggebendsten ist. (GRÖSCHL, 2018a, S.9) Die Versorgung mit den Makronährstoffen Stickstoff, Phosphor, Kalium, Magnesium und Schwefel ist für die Gesamtertragsleistung der

Kartoffel von entscheidender Bedeutung. Die Kartoffel nimmt im Vegetationsverlauf die Nährstoffe in unterschiedlicher Menge auf. Es wird während des Feldaufgangs viel Stickstoff benötigt, um einen zügigen Aufbau des Blattapparates umzusetzen. Je schwerer und feuchter ein Boden ist, umso mehr Stickstoff wird in dieser Phase benötigt. Jedoch ist die Entwicklung des Blattapparates negativ mit der Entwicklung der Stolonen und Knollen korreliert. Eine zu hohe Stickstoffzufuhr reduziert die Knollenanzahl je Staude. (GRÖSCHL, 2019a, S.8) Die Stickstoffdüngung zur Kartoffel erfolgt damit je nach ihrer Verwertungsrichtung. Speise- Stärke- und Pflanzkartoffeln haben einen geringeren Stickstoffbedarf als Veredelungskartoffeln. Bei einem durchschnittlichen Ertrag von 450 dt/ha, geht man von einem Stickstoffbedarf von 180 kg N/ha bei Speise- und Stärkekartoffeln aus, Veredelungskartoffeln benötigen bei gleichem Ertrag 20 kg N/ha mehr. (KNÖFERL et al., 2022, S.105) Stickstoff ist zudem an zahlreichen Stoffwechselfvorgängen beteiligt. Die Stickstoffversorgung bestimmt die stoffliche Zusammensetzung der Kartoffelknollen und ist ein qualitätsprägendes Nährelement. Überhöhte N-Gaben fördern den oberirdischen Blattapparat, verzögern die Blüte und die Assimilateinlagerung in die Knollen. (NITSCH, 2013, S.219)

Im Pflanzkartoffelbau ist besonders auf stabiles Gewebe zu achten, um die lange Lagerzeiten gut zu überdauern. Dafür muss besonders auf eine angepasste Stickstoffdüngung geachtet werden. Ein zu viel an Stickstoff lässt die Zellen überproportional zu den Zellwänden wachsen. Hohe Stickstoffgehalte erhöhen außerdem den Zuckergehalt in den Knollen und damit die Anfälligkeit gegenüber Bakterien. Zudem verzögert eine überzogene Stickstoffdüngung den Abreifeprozess, was sich negativ auf eine zügige Sikkation auswirkt. Mit einer reduzierten Stickstoffgabe wird die Knollenanzahl sogar gefördert. (GRÖSCHL, 2019b, S.34)

Häufig wird fehlender Stickstoff als Ursache für einen Minderertrag genannt. Dies ist jedoch nur sehr selten der Fall. Oftmals ist ein Mangel an Phosphor als negativer Faktor auf den Knollenertrag auszumachen. Phosphor ist im Boden sehr unbeweglich und reicht deswegen häufig nicht an den Wurzelbereich heran. Eine schlechte Bodenstruktur wirkt sich besonders negativ auf die Phosphorverfügbarkeit aus. Entscheidend für die Kartoffelentwicklung ist die Phosphorversorgung im

Jugendstadium. Dafür bietet sich eine Unterfußdüngung an. (ERATH, 2024a, S.33)
Der Bedarf liegt bei 14 kg P₂O₅ (Phosphorpentoxid) je 100 dt Ertrag.

Die Kaliumdüngung hat im Kartoffelanbau eine große Bedeutung. Mit zunehmenden Kaligehalt in den Knollen sinkt die Stoßempfindlichkeit und die Neigung zu Schwarzfleckigkeit. Der Entzug liegt bei ca. 60 kg K₂O (Kaliumoxid) je 100 dt Ertrag. Über die Kalidüngung wird häufig auch ein Teil der Magnesiumdüngung abgedeckt. Der Bedarf liegt bei etwa 14 kg MgO (Magnesiumoxid) je 100 dt Ertrag. (BURGDORF, 2022, o.S.)

Der Klimawandel hat einen erheblichen Einfluss auf die Düngerstrategie der Kartoffel. Langanhaltende Trockenheit gefolgt von Phasen mit ergiebigen Niederschlägen, wirken sich auf die Bodenbearbeitung und die dazugehörige Düngung aus. Hohe Temperaturen im Frühsommer und Sommer führen dazu, dass die Bestände früh bereits hohe Temperatursummen erfahren und somit schon weit in der Blattalterung vorangeschritten sind. Die Vegetationszeit der Kartoffel wird bestimmt durch die Temperatursumme, zum Beispiel wann ein Bestand in die Blütephase geht bzw. anschließend in die Phase der Umverlagerung und schließlich in die Abreife. Oftmals müssen Maßnahmen ergriffen werden, um einen Bestand noch möglichst lange vital zu halten. Dieser sogenannte Greening – Effekt kann einerseits durch den Einsatz von Fungiziden (Strobilurine und Azole) erreicht werden. Phosphor – und Magnesiumblattdünger unterstützen den Energiestoffwechsel einer Pflanze bzw. führen zu einer schnelleren Bildung des Blattgrüns. Die Nachdüngung von Anionen (Nitrat, Chlorid und Sulfat) unterstützen den Greening Effekt am besten. Dabei ist Chlorid der Vorzug zu geben, da es keine Nachteile auf die Produktqualität hat. (GRÖSCHL, 2018c, S.46f.)

Mit zunehmenden Winterniederschlägen steigt auch das Risiko der Nährstoffverlagerung. Lösliche Nährstoffe wie Nitrat, Sulfat und Magnesium sind nach regenreichen Wintern nicht mehr in der Krume zu finden. Auch das Kalium ist dann auf bindungsschwachen Böden ausgewaschen. Daher sollte dies auf leichten Böden bedarfsgerecht im Frühjahr gegeben werden. (ERATH, 2024a, S.32)

Der pH-Wert spielt eine entscheidende Rolle bei der Verfügbarkeit und Aufnahme von Nährstoffen. Der optimale Boden-pH-Wert ist abhängig vom Tongehalt des Bodens. Ton hält die Austauschkapazität bei steigenden pH-Werten konstant. Auf leichten Böden (Tongehalt < 10 %) kann ein pH-Wert von 6,0 bereits zu hoch sein. Auf Böden mit 15-20 % Tongehalt liegt der optimale pH-Wert bei 6,3 – 6,5. (GRÖSCHL, 2018a, S.9). Teils hohe Niederschläge führen zu einer Auswaschung des freien Kalziums aus der obersten Bodenschicht. Auf schweren, tiefgründigen Böden kann das Kalzium mit dem kapillaren Aufstieg wieder in die Krume gelangen. Gelingt dies nicht, ist die Strukturstabilität des Bodens gefährdet und es kommt zu Verschlämmung. Um dem entgegenzuwirken, ist der Einsatz von qualitativ hochwertigen Kalken zu empfehlen. Auf mittleren und schweren Böden ist der Einsatz von Branntkalk geeignet, auf leichten Böden empfiehlt sich Granukal bzw. GranukalS. (GRÖSCHL, 2018a, S.10)

Mikroelemente werden für das Pflanzenwachstum zwar nur in sehr geringen Mengen gebraucht, ein Fehlen bzw. eine Überversorgung wirken sich jedoch ebenso ertrags- und qualitätsmindernd aus, wie es bei den Makronährstoffen der Fall ist. Daher gilt es für eine sichere Nährstoffversorgung Düngemittel zu verwenden, die möglichst alle benötigten Nährelemente enthalten. (NITSCH, 2013, 207f.)

2.5.2 Knollenbeizung

Die Pflanzgutbeizung ist ein wichtiger Baustein, um sichere Erträge in ansprechender Qualität zu erzeugen. Das häufigste Einsatzgebiet der Beizung ist derzeit die Bekämpfung der Wurzeltötterkrankheit *Rhizoctonia solani*. Die Beizung kann über verschiedene Systeme erfolgen. Bei der Legeschachtbeizung wird die Knolle über zwei Düsen in der Pflanzmaschine besprüht. Im Furchenbeizverfahren wird während der Pflanzung die Erde rund um die Knolle mit Wirkstoff beimpft wird. Das dritte Beizverfahren ist die sehr exakt arbeitende ULV-Methode (Ultra Low Volum). Dabei wird mittels Rotordüse eine sehr feiner Beizmittelnebel auf die Knollen appliziert. Dies erfolgt ortsfest unter einem Spritzschirm auf dem Rollenverlesetisch. (HÖLLMÜLLER et al., 2024, S.29f.) Derzeit sind folgende Mittel zur Beizung zugelassen:

Tabelle 2: Zugelassene Beizmittel für die Saison 2024 (Quelle: (ERATH, 2024b, S.4))

Produktname	Wirkstoff	Aufwandmenge	Anwendung
Allstar (neu)	Fluxapyroxad	0,2 l/ha	Pflanzgutbehandlung (ULV)
		0,2 l/ha, 3 t/ha => 0,6 l/ha	Knollen beim Pflanzen
		0,8 l/ha	Furchenbehandlung
Diabolo*	Imazalil	0,15 l/t, max 1,05 l => 7 t/ha	Pflanzgutbehandlung (ULV)
Moncut	Flutolanil	0,2 l/t, max 0,8 l/ha => 4 t/ha	Pflanzgutbehandlung (ULV)
		0,8 l/ha => 0,2l/t => 4 t/ha	Knollen beim Pflanzen
Ortiva	Azoxystrobin	bis 3 l/ha Boden und Sortenabhängig !	Furchenbehandlung
Proradix	Pseudomonas sp.	20 g/t, max 60 g/ha => 3 t/ha	Pflanzgutbehandlung (ULV)
			Knollen beim Pflanzen
* Indikation: Silberschorf, Fusarium, Phoma => keine Wirkung gegen Rhizoctonia			

Mit einer zusätzlichen insektizidhaltigen Beizung, konnte in der Vergangenheit ein guter Schutz gegen Vektoren während der Auflaufphase und der frühen Jugendentwicklung erreicht werden. (NITSCH, 2013, S.113ff.) Derzeit ist jedoch kein Insektizid mehr zur Beizung zugelassen. Der Ruf nach der Wiedezulassung insektizidhaltiger Beizmittel wird jedoch mit Zunahme der Läuseproblematik lauter. (HÖLLMÜLLER et al., 2024, S.30)

2.5.3 Beikrautregulierung

Vom Pflanzen bis zum Bestandesschluss vergehen je nach Jahr und Pflanzverfahren bis zu 8 Wochen. In dieser Zeit müssen die Bestände unkrautfrei gehalten werden. Dafür sind die konkreten Boden- und Witterungsbedingungen, der Unkrautdruck sowie der Entwicklungsstand der Kartoffeln ausschlaggebend. Möglich sind eine mechanische Unkrautbekämpfung, sowie der Einsatz von Herbiziden.

Einige Viruskrankheiten können auch durch Pflegegeräte mechanisch verschleppt werden. (HALLMANN et al., 2007, S.39) Daher sollte auf die Anwendung in Pflanzkartoffeln verzichtet werden, sobald der Bestand die Technik bei der Durchfahrt

berührt. Unkräuter werden am besten im Zeitraum zwischen Keimung und Keimblattstadium bekämpft. Wenn dazu Herbizide angewendet werden, ist die Voraufbauanwendung zu bevorzugen, um bei der Selektion hinderliche Blattaufhellungen zu vermeiden. (NITSCH, 2013, S.107) Dies sollte möglichst auf feuchten und gut abgesetzten Dämmen erfolgen. (SCHUHMANN, 2014a, S.98)

2.5.4 Kartoffelselektion

Zur Vermeidung der Ausbreitung von Virose ist es essenziell kranke Pflanzen und somit potenzielle Infektionsquellen umgehend, durch geschultes Fachpersonal aus dem Vermehrungsbestand zu bereinigen (THIEL und STEINBACH, 2018, S.31). Dies bedeutet, dass viruskranke Kartoffelpflanzen inklusive Mutter- und Tochterknollen herausgehackt und aus dem Bestand entfernt werden.

Das eingesetzte Personal sollte jährlich geschult werden und Einweisungen entsprechend der Jahressituation erhalten. Zudem sollte man bereits ein bis zwei Wochen nach Auflauf der Pflanzen mit der Selektion beginnen, da ein fortschreitender Wuchs Symptome häufig lindert und somit schwerer erkennbar macht bzw. überdeckt. Die Selektion sollte in den frühen Morgenstunden beginnen und bei Hitze mittags enden. Bei bedecktem Himmel sind schwache Ausprägungen besser erkennbar. Wichtig ist auch darauf zu achten, ausreichend Personal für die Selektion vorzuhalten, da die Symptomausprägung je nach Virusart und Sorten zeitlich begrenzt ist. Bereinigte Pflanzen müssen vollständig und inklusive sämtlicher Knollen aus dem Vermehrungsbestand entnommen werden, sonst ist die Infektionsquelle nicht deaktiviert. Es sollten mindestens drei Durchgänge in Abhängigkeit vom Wachstumsverlauf und den Sorteneigenschaften erfolgen. Dabei sollte der letzte Durchgang maximal zwei Wochen vor der Abreife erfolgen. (THIEL und STEINBACH, 2018, S.31ff.) In Abhängigkeit von den Befunden in den drei Standardselektionsdurchgängen, ein bis zwei Wochen nach dem Auflaufen, zum Reihenschluss und maximal zwei Wochen vor der Abreife, erfolgen bei Bedarf zusätzliche Selektionsdurchgänge.

2.5.5 Insektizideinsatz

Das Auftreten und die Bekämpfung tierischer Schaderreger beschränken sich meist auf Blattläuse und Kartoffelkäfer. Kartoffelkäfer sind i.d.R. gut bekämpfbar. Im Konsumkartoffelanbau können Blattläuse nach Schadschwelle bekämpft werden. Der größere wirtschaftliche Schaden entsteht jedoch in der Pflanzkartoffelerzeugung durch blattlausübertragene Viruserkrankungen. Ausgangsbasis für eine gelungene Vermehrung ist die Verwendung von gesundem Pflanzgut. Vorkeimen und frühes, häufiges Selektieren befallsverdächtiger Pflanzen helfen bei der Gesunderhaltung des Bestandes. (SCHUHMANN, 2014a, S.108f.)

Darüber hinaus muss ab dem beginnenden Feldaufgang der Läuseflug beobachtet werden, um das Einsetzen des Frühjahrsfluges bzw. des Sommerfluges der Blattläuse nicht zu verpassen. Optimal für den Blattlausflug sind Temperaturen über 17° C, sonniges Wetter und Windgeschwindigkeiten unter 3 m / s. (SIEBLER und LORENZ, 2024, o.S.) Eine frühzeitige Überwachung der Getreidebestände hilft dabei, Läusepopulationen vor dem Sommerflug wahrzunehmen. Viele Läuse fliegen bei der Ernte der Getreidebestände auf und sind dann auf der Suche nach grünen Beständen. Dafür bieten sich Kartoffeln und Mais zu dieser Jahreszeit an. (GRÖSCHL, 2021, S.1) In der Praxis hat sich zur Beobachtung des Läusefluges auch das Aufstellen von Gelbschalen bewährt. Zusätzlich bieten die Landwirtschaftskammern in Baden-Württemberg und Niedersachsen einen Blattlauswarndienst an.

Aufgrund des Virusinfektionsrisikos gilt in der Pflanzkartoffelproduktion eine Nulltoleranz für Blattläuse und es muss bereits die Ansiedlung von Blattläusen unterbunden werden.(SIEBLER und LORENZ, 2024, o.S.) In der Praxis werden dazu ab 50 Prozent Feldauflauf und festgestelltem Läuseflug Pyrethroidapplikationen empfohlen. Bei anhaltendem Läuseflug folgen weitere Behandlungen, um die später auflaufenden Kartoffeln und den weiteren Blattzuwachs zu schützen. Sobald ungeflügelte Blattläuse im Bestand gefunden werden oder die Temperaturen über 24° C steigen, kommen systemische Mittel zur Anwendung. Ab Beginn des Sommerfluges der Blattläuse, wird auf Mischungen aus Pyrethroiden und systemischen Insektiziden umgestellt. Der Spritzabstand ist abhängig vom Pflanzenwachstum, Präparat und Witterung. Zu finden in (KANDERS, 2024, S.3),

sowie (LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT, 2024, o.S.). In Jahren mit starken und langanhaltenden Blattlausflügen, sind 15 Insektizidbehandlungen keine Seltenheit.

Die nachfolgende Tabelle 3 gibt einen Überblick zu den derzeit zugelassenen Insektiziden für den Kartoffelbau 2024.

Tabelle 3. Insektizide im Kartoffelbau (Quelle: (ERZEUGERRING FÜR PFLANZENBAU SÜDBAYERN E.V., 2024))

Insektizide im Kartoffelbau (Blattläuse, Kartoffelkäfer, beißende Insekten - Auswahl)

Wirkstoffgruppe/ Wirkstoff	Präparat	Gewässer- abstand (m)	Abstand (m) bzw. Abdriftminderung (%) bei Saumbio- topen ²⁾	Bienen- schutz- auflage	Preis (€/ha) ca.	Maximale Anwen- dungen	Aufwandmenge (g bzw. ml/ha)		
							Virusvek- toren	Blatt- läuse	Kartof- felkäfer
Pyrethroide (Kontakt- und Fraßgift, optimale Temperatur bei Anwendung: 5 – 25°C)									
Deltamethrin	Decis forte	- (-/20/10)	75%	B2	4	1			50
Lambada- Cyhalothrin	Kaiso Sobie, Hunter ²⁾	20 (10/5/5)	5m + 75 %	B4/ B2 ⁴⁾	6	1	150	150	
	Karate Zeon	- (10/5/5)	5m + 75 %	B4/ B2 ⁴⁾	11	2	75	75	75
Cypermethrin	Cyperkill Max	- (-/20/10)	5m + 90 %	B1	4	2		50	60
Pyrethrine + Rapsöl	Spruzit Neu	- (-/15/10)	-	B4	152	2			8000
Esfenvalerat	Sumicidin Alpha EC	- (20/10/5) (20 m bew) ¹⁾	90 %	B2	10	1		300	
						2	300		
Diamide (Kontakt- und Fraßgift, weitgehend temperaturunabhängig)									
Chlorantraniliprole	Coragen, Voliam	*	-	B4	23	2			60
Cyantraniliprole	Benevia	5 (*/*/*)	75 %	B1	30	2			125
Systemische Mittel (Anwendungsbedingungen beachten z.B. Temperatur, Mischpartner, Einsatz)									
Fonicamid	Teppeki ⁷⁾ Affinto ⁷⁾	*	-	B2	37	1	160	160	
Spirotetramat	Movento OD 150 ³⁾	*	75 %	B1	107	4		500	
Neonicotinoide (Kontakt- und Fraßgift, systemisch, weitgehend temperaturunabhängig)									
Acetamiprid	Mospilan SG	5 (5/*/*)	75 %	B4/ B1 ⁴⁾	25 13	1 (250g) 2 (125g)	250 ⁹⁾	250	125
	Danjiri ⁹⁾	5 (*/*/*)							
Spinosyne (Kontakt und Fraßgift 15 – 25°C)									
Spinosad	SpinTor	5(5/5/*)	75 %	B1	23	2			50
Mittel für den Einsatz im ökologischen Landbau (Anwendungshinweise beachten)									
Bacillus thuringiensis	Novodor FC ⁵⁾	*	-	B4	?	4			5000
Azadirachtin	NeemAzal-T/S	5(*/*/*)	-	B4	271	2 ¹⁾			2500

Hauptfehler bei der Vektorenbekämpfung sind ein zu später Spritzstart, zu lange Spritzabstände, zu geringe Mittelaufwandmengen und eine nicht optimale Mittelwahl. Die gute fachliche Praxis besagt, dass man möglichst häufig die Wirkstoffgruppe wechseln sollte, um Resistenzen vorzubeugen. Dies wird durch die reduzierte verfügbare Anzahl an chemischen Pflanzenschutzmitteln immer schwieriger. (SCHUHMANN, 2014a, S.110ff.) Von den 18 zugelassenen Insektiziden aus Tabelle

3, sind nur 8 für die Blattlaus- oder Vektorenbekämpfung verwendbar, wovon wiederum allein 4 der Wirkstoffgruppe der Pyrethroide angehören. Folglich stehen lediglich noch 5 unterschiedliche Wirkstoffgruppen zur Blattlausbekämpfung in Pflanzkartoffeln zur Auswahl.

Der intensive Einsatz von Pyrethroiden hat mittlerweile zu Resistenzen bei verschiedenen Virusüberträgern geführt, beispielsweise bei *Myzus persicae* (Sulzer), *Aphis nasturtii* (Kaltenbach), *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) und *Sitobion avenae* (Fabricius). (DUPUIS et al., 2017a, S.192) Neue Studien belegen, dass die Wirksamkeit der Pyrethroide gegen PVY-Virus übertragende Blattlausarten kaum mehr vorhanden ist. (ROLOT et al., 2021, S.435) Jedoch ist man sich einig, dass die Mischung von systemischen Wirkstoffen in Kombination mit Mineralölen effektiv ist. (Rolat et al, 2021; Martin-Lopez et al. 2006)

2.5.6 Fungizideinsatz

Kartoffelbestände können ab der Jugendentwicklung durch den Befall mit verschiedenen Pilzkrankungen stark geschädigt werden. Gegen die wichtigsten pilzlichen Schaderreger Krautfäule und Alternaria, kann mit Hilfe von Pflanzenschutzmitteln vorgegangen werden. Dabei stehen Kontaktmittel und lokal- bzw. vollsystemische Fungizide zur Verfügung. Kontaktmittel haben eine Wirkungsdauer von circa 7 Tagen, können aber durch Regen abgewaschen werden. Diese wirken nur auf den bei der Behandlung direkt getroffenen Pflanzenteilen. Teilsystemische Fungizide werden von der Pflanze bedingt in den Assimilationsstrom aufgenommen und über die Pflanze verteilt. Die Wirkungsdauer beträgt 10-14 Tage. Vollsystemische Mittel wirken noch effektiver, aber genauso lang. Bei starkem Befallsdruck, sind Mischungen aus verschiedenen Wirkstoffgruppen einzusetzen. (NITSCH, 2013, S.299f.)

Im Anhang ist eine Abbildung mit den derzeit zugelassenen Fungiziden für den Kartoffelbau zu finden. Durch die abnehmende Anzahl an entsprechenden Präparaten ist das Resistenzmanagement wichtig. Die folgende Abbildung 11 soll dabei helfen,

Präparate mit demselben / ähnlichen Wirkstoff / Wirkort / Wirkungsmechanismus nicht miteinander oder hintereinander anzuwenden.

Resistenzmanagement bei Kartoffelfungiziden

	Banjo Forte	Carial Flex	Carneol	Curzate 60 WG	Gachinko	Infinito	Nando 500 SC	Ohayo	Plexus	Presidium	Ranman Top	Reboot	Revus	Revus Top	Simpro	Shirlan	Terminus	Terminus Extra	Voyager	Zorvec Endavia	Zorvec Entecta	Resistenzrisiko ¹⁾	
Banjo Forte	-																						niedrig - mittel
Carial Flex		-																					niedrig - mittel
Carneol			-																				niedrig
Curzate 60 WG				-																			niedrig - mittel
Gachinko					-																		mittel - hoch
Infinito						-																	niedrig - mittel
Nando 500 SC							-																niedrig
Ohayo								-															niedrig
Plexus									-														niedrig - mittel
Presidium										-													niedrig - mittel
Ranman Top											-												mittel - hoch
Reboot												-											niedrig - mittel
Revus													-										niedrig - mittel
Revus Top														-									niedrig - mittel
Simpro															-								niedrig - mittel
Shirlan																-							niedrig
Terminus																	-						niedrig
Terminus Extra																		-					niedrig - mittel
Voyager																			-				niedrig - mittel
Zorvec Endavia																				-			mittel - hoch
Zorvec Entecta																					-		mittel - hoch

 Präparate enthalten den selben Wirkstoff od. es liegt Kreuzresistenz vor, das heißt, sie müssen im Sinne der Antiresistenzstrategie wie ein u. derselbe Wirkstoff gesehen werden.
 In diesem Fall bedeutet der Präparatewechsel auch einen Wirkstoffwechsel und ist so im Sinne einer Antiresistenzstrategie. Generell gilt, nach zwei Behandlungen in Folge muss die Wirkstoffgruppe gewechselt werden. ¹⁾ Bei Kombinationsfungiziden bezieht sich die Angabe auf den Wirkstoff mit dem höchsten Resistenzrisiko.



Quelle: geändert nach FRAC

Stand: März 2024

Abbildung 11: Resistenzmanagement bei Kartoffelfungiziden (Quelle: (SCHEID und WAGNER, 2024))

2.5.7 Krautminderung

Zur Vermeidung möglicher Virusinfektionen wird in der Kartoffelvermehrung, die Phase in der die Pflanzen mit grünem Laub im Feld stehen, so kurz wie möglich gehalten. Neben dem richtigen Pflanzzeitpunkt, ordnungsgemäß keimstimulierten Pflanzgut und einer angepassten Stickstoffdüngung ist eine frühestmögliche Krautminderung ein wichtiger Baustein zur Vermeidung von Virusinfektionen. Dadurch wird der Infektionszeitraum verkürzt und eine mögliche Ableitung von Viren aus dem Kraut in die Knollen unterbunden. (SCHUHMANN, 2014a, S.111f.)

Dabei ist aber in jedem Fall die physiologische Reife des Bestandes zu beachten, denn eine zu frühe Krautminderung führt regelmäßig zu Wiederaustrieb. Dieser wird besonders gerne von Blattläusen besiedelt und kann zu enormen Viruseinträgen

führen. (NITSCH, 2013, S.303f.) Abbildung 12 zeigt einen Bestand, der das physiologische Alter für eine Abtötung erreicht hat. Deutlich erkennbar ist der gelbliche Farbstich des Kartoffelkrautes.



Abbildung 12: Farbumschlag eines abtötungswürdigen Bestandes (Bild: Magnus Maisinger)

Abbildung 13 verdeutlicht nochmals die Wichtigkeit des richtigen Abtötungszeitpunktes. Im Bild zu sehen sind zwei verschiedene Kartoffelsorten, die beide gleichzeitig mit dem Sikkationsmittel Quick Down behandelt wurden. Im rechten Bestand ist die Wirkung deutlich stärker, weil die physiologische Reife des Bestandes wesentlich weiter fortgeschritten war.



Abbildung 13: Unterschiedliche Abtötungszeitpunkte und ihre Wirksamkeit (Bild: Magnus Maisinger)

Zudem kann bei Erreichen der nötigen physiologischen Reife, über die mechanische Krautbeseitigung eine nachhaltige Reifeförderung des Kartoffelbestandes herbeigeführt werden. Dies kann mit Hilfe eines Krautschlägers oder eines Krautziehers (nur in Kombination mit einem Krautschläger) erfolgen. Außerdem kann das Kartoffelkraut auch thermischen mittels Abflammgerät gemindert werden. (SCHUHMANN, 2014b, S. 67)

Das Krautschlagen allein reicht aber oft nicht aus, um einen Bestand komplett abzutöten und Wiederaustrieb wirkungsvoll zu verhindern. Daher kommen zusätzlich Sikkationsmittel zum Einsatz, die nach dem Krautschlagen mit der Feldspritze ausgebracht werden. Dazu ist beim Krautschlagen eine Reststängellänge von 20 bis 30 Zentimetern einzuhalten, um noch genügend Pflanzenmaterial für die wirksame Aufnahme eines Sikkativs zu haben. (SCHUHMANN, 2014b, S.65)

Abbildung 14 zeigt die bessere Wirkung der kombinierten Anwendung von Krautschlagen und zusätzlicher Anwendung eines Sikkativs, gegenüber der alleinigen Anwendung einer Sikkativspritze.



Abbildung 14: Krautschlagen und Sikkation versus Sikkation (Bild: Magnus Maisinger)

Derzeit sind die folgenden zwei Präparate für die Sikkation im Kartoffelanbau relevant:



Empfehlungen zum Herbizideinsatz im Kartoffelbau

Sikkation zur Ernteerleichterung & Reifesteuerung

Sikkationsmittel*: Shark (1x 1,0 l/ha)
Quickdown + FHS (1x 0,8 +2,0; 2x 0,8 +2,0 l/ha)

*) bei noch relativ grünem Laubwerk nach mechanischer Vorbehandlung (Krautschlegeln).





LFL

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft – Institut für Pflanzenschutz

Herbologie / Gehring & Thyssen / © 2024

Abbildung 15: Sikkation zur Ernteerleichterung & Reifesteuerung (Quelle: (GEHRING und THYSSEN, 2024))

27

2.6 Erntevorbereitungen und Ernte

Die Erntevorbereitungen sind Teil der Ernte und von hoher Bedeutung bei der Erhaltung einer guten Qualität des Erntegutes. Wichtige Maßnahmen in diesem Zusammenhang sind die Krautminderung siehe Punkt 2.5.7, sowie die Kontrolle des Ernteguts auf Knollengrößenstruktur, um einen hohen Anteil an Übergrößen zu vermeiden. (SCHUHMANN, 2014b, S.65)

Bei der Kartoffelernte sind eine knollenschonende Arbeitsweise und eine hohe Flächenleistung die Kernziele des Arbeitsvorgangs. Weitere Punkte, die beachtet werden sollten, sind geringe Knollenverluste, möglichst keine Mutterknollen, sowie ein möglichst geringer Erd- und Beimengenanteil im Erntegut. (SCHUHMANN, 2014b, S.69)

Die Ernte kann durch zwei verschiedene Verfahren erfolgen. In der Praxis ist das direkte Roden durch ein- bzw. zweireihigen Sammelroder mit seitlicher Dammaufnahme und Hauptsiebkanal am weitesten verbreitet. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit das geteilte Ernteverfahren anzuwenden. Dabei werden die Kartoffeln zunächst mit einem Schwadleger auf einen Längsschwad abgelegt und nach einer gewissen Zeit des Abtrocknens, mit einem Sammelroder aufgenommen. Die Vorteile dabei sind, dass die Kartoffeln trockener und wesentlich sauberer ins Lager kommen. Trockene und saubere Kartoffeln weisen eine bessere Lagerfähigkeit auf. Dies ist umso wichtiger, je schwieriger sich eine Sorte in der Lagerung verhält und je einfacher das Belüftungssystem des Lagers ist. Die Dauer der Trocknung im Schwad richtet sich nach dem Abtrocknungsgrad der Kartoffeln und des Bodens und ist zeitlich ungefähr zwischen einer und drei Stunden angesiedelt. Bei hohen Temperaturen ist darauf zu achten, die Kartoffeln nicht zu warm einzulagern. (SCHUHMANN, 2014b, S.69f.)

2.7 Lagerung, Aufbereitung und Vermarktung

Das Ziel der Kartoffellagerung besteht in der weitestgehenden Erhaltung von Masse und Qualität der eingelagerten Ware bis zum Zeitpunkt der Vermarktung. Die Witterung hat enormen Einfluss auf das Verhalten der Kartoffeln im Lager. Es ist

wichtig, frühzeitig die spätere Verwendung des Erntegutes zu kennen, um u.U. Erntenachbehandlungen für eine konservierende Erhaltung der Knollen einleiten zu können. (SCHUHMANN, 2014b, S.75)

In den lagernden Kartoffeln spielen sich eine Vielzahl von Prozessen, wie Atmung, Verdunstung, Wundheilung, Krankheitsabwehr, Zellteilung und auch der Keimung ab. Folgende Faktoren haben Auswirkungen auf die eingelagerte Kartoffel: die speziellen Sorteneigenschaften, der Reifegrad, das physiologische Alter, der Beschädigungsgrad, die Belastung mit Krankheitserregern, die Knollentemperatur, die Luftfeuchtigkeit, die Luftzusammensetzung (CO₂- Anteil), der Lichtzutritt, die Luftmenge und Luftgeschwindigkeit.

Eine gut gelagerte Kartoffel wurde bei Ernte, Umschlag und Einlagerung nicht verletzt, hat eine geringe Fäulnisbelastung, befindet sich in einem gut durchlüftbaren Stapel, ist schnell abgetrocknet, hat eine vollkommene Wundheilungsphase hinter sich und wird bei ausreichend hoher Luftfeuchte und konstanter Stapeltemperatur partiebezogen belüftet. (SCHUHMANN, 2014b, S.84f.) Eine Lagerungstemperatur von 3 bis 5 °C bei 95 % Luftfeuchtigkeit ohne Kondensation ist ideal. (SCHUHMANN, 2014b, S.94)

In diesem Zusammenhang sollten insbesondere die Auswirkungen der Lagerung auf das physiologische Alter der Knollen bedacht werden. Gerade in der Pflanzgutproduktion hat dies einen erheblichen Einfluss auf die Qualität. Das Knollenalter nimmt an Tagen mit Temperaturen über 30 °C deutlich zu. In Kombination mit einer hohen Einlagerungstemperatur und folglich einer längeren Wundheilungsphase mit Produkttemperaturen über 15 °C beschleunigt dies die Pflanzgualterung. Kompensiert werden kann dies durch kühlere Lagertemperaturen von Oktober bis Februar. (GRÖSCHL, 2018b, S.24)

Die Aufbereitung des Pflanzgutes erfolgt i.d.R. durch den Pflanzgutproduzenten. Der Zeitpunkt der Aufbereitung richtet sich insbesondere nach der Zielregion der Pflanzkartoffel. Somit kann die Vermarktung vom Spätherbst (beispielsweise Marokko, Ägypten, Israel) bis ins Frühjahr (mitteleuropäischer Anbau) reichen. Der Absatzschwerpunkt liegt in den Monaten März und April. Hierfür wird das Lagergut ab Februar angewärmt, verlesen, fraktioniert und abgepackt. Die Abpackung erfolgt nach

Kundenwunsch in Packungsgrößen zwischen 25 und 1250 Kg. Auch die lose Verladung ist gerade in der Kategorie Z üblich.

3 Zwischenfazit

Fakt ist, die Klimaveränderung hat einen enormen Einfluss auf den mitteleuropäischen Kartoffelanbau. Regionen, in denen man derzeit noch Kartoffeln anbauen kann, werden zukünftig wegfallen. Gunstregionen für die Kartoffelvermehrung müssen besonders geschützt werden. Die Herausforderungen an das Management werden höher. Ein ressourcenschonender und nachhaltiger Umgang mit Wasser und Boden ist angebracht. Nur ein stabiler Boden kann am Ende das gewünschte Ertragsergebnis liefern.

Viele einzelne Maßnahmen helfen dabei, qualitativ hochwertiges Pflanzgut zu produzieren. Dazu gehört sorgfältig den Standort zu wählen, auf eine gute Bodenstruktur zu achten, den richtigen Pflanzzeitpunkt zu wählen, intensiv zu selektieren und insbesondere auf ein gutes Resistenzmanagement zu achten. Allerdings wird die Zahl zugelassener Pflanzenschutzmittel, durch kaum mehr erfüllbare Vorgaben bei deren Zulassung, immer geringer. Außerdem ist die Bekämpfung von Blattläusen, zur Unterbindung der Übertragung nichtpersistenter Viren, durch Insektizide nicht sicher. (THIEME, 2011, o.S.) Eine langfristige, vorausschauende Produktionsplanung wird immer wichtiger. Im Jahr 2025 werden nach momentanem Sachstand, von den derzeit 26 verfügbaren Insektiziden 21 Insektizide nicht mehr zur Verfügung stehen. (REKA RHEINLAND, 2024, S.5f.) Des Weiteren gibt es derzeit nur noch 2 Sikkationsmittel, wobei die Zulassung nur noch für die Ernte 2024 gesichert ist.

Der folgende Teil dieser Bachelorarbeit soll, über die Insektizidstrategien hinausgehende, weitere Bausteine des Virusvektorenmanagements vorstellen und auf ihre derzeitige Praxistauglichkeit hin untersuchen.

4 Weitere Virusvektorenbekämpfungsmaßnahmen

Es wird zunehmend nach weiteren Möglichkeiten zur Abwehr von Virusvektoren gesucht. In Frage kommende Maßnahmen werden im Folgenden vorgestellt und auf Praxistauglichkeit überprüft.

4.1 Repellentien

Repellentien sind Stoffe die abschreckend auf den entsprechenden Zielorganismus wirken, ohne diesen abzutöten. Dabei werden Pflanzenextrakte bereits zur Abwehr unterschiedlichster Insekten genutzt. Das bekannteste Beispiel ist die Abwehr von Stechmücken, bei Mensch und Tier. Die rein abschreckende Wirkung ist der große Vorteil bei diesem Ansatz, da diese Substanzen ungiftig und damit auch nützlingschonend sind. In der Kartoffelvermehrung wurden bereits Versuche zum Einsatz verschiedener Pflanzenextrakte angestellt. Bekannt ist dabei die Verwendung von Birken- und Thymianextrakt. Allerdings konnte die Wirksamkeit von Birkenextrakt nicht belegt werden. (KIRCHNER et al., 2014, S.59). Gleiches gilt für den Einsatz von Thymianextrakt. (ZELLNER und WAGNER, 2008, S.7) (CLOYD et al., 2009, S.1576)

Darüber hinaus zeigen auch einige Insektizide aus der Gruppe der Pyrethroide eine höhere Wirkung, als die der reinen Abtötung der Schädlinge. Vielmehr scheinen sie eine abschreckende Wirkung zu haben, welche die Blattlaus von Probestichen und der Besiedelung behandelter Pflanzen abhält. Der Repellenteffekt ist insbesondere bei Sumicidin Alpha als hoch eingestuft. (FABICH, 2010, S.194) Diese Zusatzleistung sollte, unter Beachtung der Resistenzvermeidungsstrategie, bei der betriebsindividuellen Insektizidplanung bedacht werden.

4.2 Pheromone

Zahlreiche Blattlausarten schützen sich mit Pheromonen vor Feinden. Dies ist ein natürlicher Verhaltensmechanismus. Das wichtigste ausgestoßene Pheromon im Alarmfall ist (E)- β -Farnesen (E β F). Es hat eine abstoßende Wirkung auf Blattläuse und

beeinflusst Entwicklung und Fruchtbarkeit einer Population. Es ist bewiesen, dass EßF die Aufnahme des PVY-Virus bei *Myzus persicae* (Sulzer) hemmt. Erste Versuche des Einsatzes von EßF in Kombination mit Imidacloprid auf Chinakohlfeldern, ergaben eine kontrollierbarere Blattlauspopulation. Die Strategie der Kombination von EßF-Anwendung mit einer Insektizidbehandlung, zur Kontrolle der PVY-Ausbreitung muss noch getestet werden. Es könnte einen interessanten Ansatz zur Kontrolle von Blattlauspopulationen und folglich der Virusübertragung darstellen (DUPUIS et al., 2017a, S.192f.) Marktfähige Präparate gibt es bislang nicht.

4.3 Mulchmaterialien

In vielen landwirtschaftlichen Kulturen ist die blattlausreduzierende und folglich virusreduzierende Wirkung verschiedener Mulchmaterialien belegt. Insbesondere die Ausbringung einer Strohmulchschicht scheint eine dahingehende Wirkung zu haben. (DÖRING et al., 2004, S.4) Dabei werden kurz vor dem Auflaufen der Kartoffeln je nach Versuchsansteller 2,5 t bis 5,5 t/ha Stroh gleichmäßig über die Fläche verteilt. (DUPUIS et al., 2017a, S. 187; KIRCHNER et al., 2014, S.63)



Abbildung 16: Weizenstroh in Kartoffeln (Quelle: DUPUIS et al., 2017a, S.187))

Hintergrund ist, dass die Suche nach Wirtspflanzen, bei den im Kartoffelanbau interessanten Läuse, vor allem optisch stattfindet. Die Läuse sind in der Lage einen grünen Umriss vor braunem Boden zu sehen. Dies löst einen Landeimpuls aus. Läuse sind nicht in der Lage die Farbe Rot zu erkennen. Damit sind die grünen Blätter und die gelbliche Farbe des Mulchmaterials Stroh noch ähnlicher. Durch die Aufbringung des Strohmulchs ist der Kontrast zwischen grünen Kartoffelblättern und dem Boden deutlich schwerer für Läuse zu erkennen -siehe Abbildung 16.

(WINKLER et al., 2021, S.27)

Aktuelle Forschungen haben ergeben, dass der Effekt mit Wicktriticale, Klee gras und Grassilage der gleiche ist. Weitere Vorteile dieser Methode sind eine erhöhte Wassereffizienz, sowie eine verbesserte Nährstoffversorgung. (WINKLER et al., 2021, S.28) Auch andere Versuche ergaben erhebliche phytosanitäre und ökologisch positive Effekte. Strohmulch wirkt sich positiv auf die Reduzierung von Bodenerosion, sowie auf die Stickstoffverluste nach der Ernte (Immobilisierung von 12 kg Nitrat-N pro Hektar) aus. Dadurch verbessert sich auch die Humusbilanz. (DÖRING et al., 2004, S.44) Jedoch hat der Einsatz von Strohmulch keine positiven Effekte auf den Krautfäule druck (*Phytophthora infestans*). (NYANKANGA et al., 2008, S.101) Der Effekt auf Viruserkrankungen ist jedoch immens. Statistisch gesehen reduziert der Einsatz von Mulchmaterial die Anzahl der Läuse um 75 bis 95 % im Vergleich zur Kartoffelfläche ohne Mulch- siehe Abbildung 17. Folglich reduziert sich die Anzahl der Virusinfektionen, gemessen an PVY und PLRV, um etwa die Hälfte. (WINKLER et al., 2021, S.28, 2021, S.28) Kirchner und Döring setzen den reduzierenden Effekt mit 50 - 70 % weniger PVY-Infektionen, sogar noch höher an (KIRCHNER et al., 2014, S.59). Wichtig in diesem Zusammenhang ist die Verwendung von möglichst virusfreiem Pflanzgut, um den Effekt bestmöglich zu nutzen (DÖRING et al., 2004, S.17).

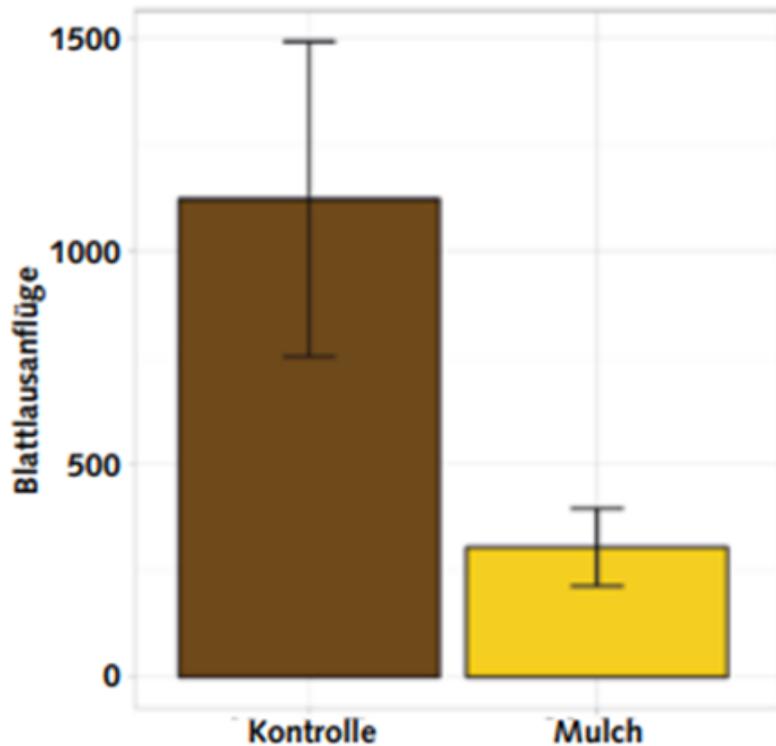


Abbildung 17: Blattlausanflüge auf Gelbschalen; Anflüge in der gesamten Periode

(Quelle: (Winkler et al. 2021, S.28))

4.4 Öle

Über Ölanwendungen im Kartoffelanbau gegen die Virusverbreitung durch Blattläuse, wurde bereits in den 1960ern publiziert. Wie die Wirkung des Öls genau zu Stande kommt, ist noch nicht abschließend geklärt. Man geht davon aus, dass Öle die Mundwerkzeuge der Läuse so beeinflusst, dass PVY nicht aufgenommen wird. (DUPUIS et al., 2017a, S.185f.) Zudem wird vermutet, dass Öle das Fressverhalten und die Bindung der Virose in und an die Blattläuse stört und damit der Infektionsprozess nach der Aufnahme verhindert wird. (SHAH et al., 2022, S.1) Bei der Ölapplikation direkt getroffene Blattläuse und deren Eier, werden durch den sie umgebenden Ölfilm erstickt. (BOKERN, 2024, S.1) Damit sind Öle auch als Kontaktinsektizide anzusehen.

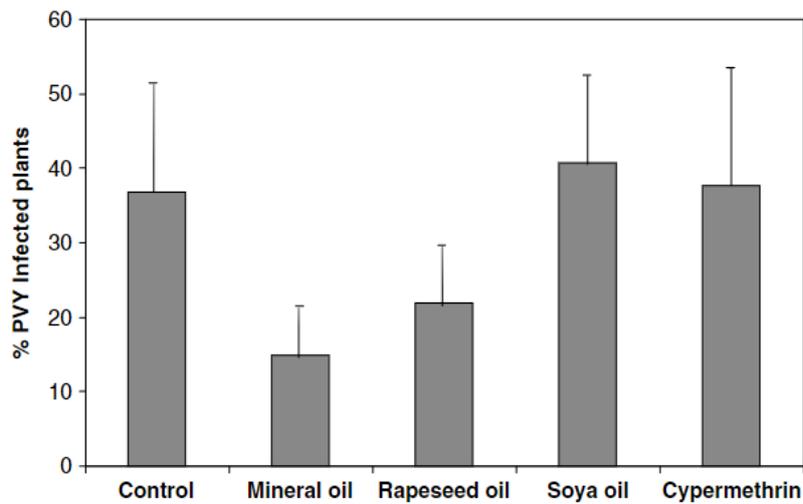
4.4.1 Wirksamkeit einzelner Öle

Mineralöle sind die erste Gruppe der wirksamen Öle gegen Virusübertragung durch Blattläuse. Es gibt vier Arten von Ölen, die aus Mineralöl gewonnen werden können. Naphthene, Paraffine, Aromaten und Olefine. Nur Paraffine kommen für die Verwendung im Pflanzenschutz in Frage. Sie zeichnen sich durch eine gute Viskosität aus, sind nicht reaktiv und nicht pflanzengiftig. (SHAH et al., 2022, S.2)

Bis dato wurden neben den Mineralölen hauptsächlich Rapsöl, Sojaöl und Fischöl hinsichtlich ihrer Wirksamkeit gegen die Übertragung des PVY-Virus untersucht. Fischöl ist unraffiniert und dadurch nur sehr kurz haltbar. (MARTÍN-LÓPEZ et al., 2006, S.373) Damit hat Fischöl nur eine geringe Praxistauglichkeit und es wird an dieser Stelle nicht weiter darauf eingegangen.

Die folgende Tabelle 4 zeigt die virusinfektionsreduzierende Wirkung von Mineralöl, Rapsöl, Sojaöl und des Insektizids Cypermethrin (als Cyberkill Max- zugelassen), im Vergleich zur Virusinfektion der unbehandelten Kontrollgruppe. Die Anwendung von Mineralöl reduziert die Anzahl der virusinfizierten Pflanzen um mehr als die Hälfte. Gefolgt von Rapsöl mit einer Reduktion um 20 %. Interessant ist, je höher raffiniert das Öl, umso höher ist auch die Wirksamkeit auf Blattläuse. Rapsöl und Mineralöl sind raffiniert, Sojaöl nur unwesentlich. (DUPUIS et al., 2017a, S.185f.) Es hat sich herausgestellt, dass die virusreduzierende Wirkung von Mineralöl höher ist als die von Pflanzenöl. Studien aus Spanien – siehe Tabelle 4-, als auch aus Belgien belegen dies. (ROLOT et al., 2021, S.435)

Tabelle 4: Virusreduzierende Wirkung versch. Öle und Cypermeth. (Quelle: (MARTÍN-LÓPEZ et al., 2006, S.376))



Die Wirkung der Öle in Kombination mit Insektiziden ist der Soloanwendung der Öle überlegen, wie die folgenden Tabellen 5 und 6 zeigen. (ebenso (GIBSON und CAYLEY, 1984, S.469))

Tabelle 5: Mortalität von Läusen nach Anwendung versch. Öle (Quelle: (MARTÍN-LÓPEZ et al., 2006, S.375))

Treatment	Mortality (%) (\pm SE) ^a		
	24 h	48 h	72 h
Rapeseed oil	51.09 (\pm 0.06) b	63.02 (\pm 0.04) b	69.52 (\pm 0.05) b
Mineral oil	75.52 (\pm 0.03) c	82.78 (\pm 0.04) c	83.27 (\pm 0.05) b
Fish oil	75.55 (\pm 0.03) c	75.31 (\pm 0.04) bc	78.44 (\pm 0.05) b
Soya oil	60.36 (\pm 0.03) b	63.55 (\pm 0.03) b	70.74 (\pm 0.03) b
Control	0.00 (\pm 0.00) a	1.38 (\pm 0.05) a	1.02 (\pm 0.03) a

^a Within each column, means with the same letter do not differ significantly at the 5% level (Bonferroni test).

Erstaunlich ist, dass die Wirkung von Pflanzenölen in Kombination mit Insektiziden genauso hoch ist, wie die Wirkung von Mineralöl mit Insektiziden – siehe Tabelle 6.

Tabelle 6: Mortalität von Läusen nach Applikation von Ölen plus Insektizid (Quelle: (MARTÍN-LÓPEZ et al., 2006, S.375))

Treatment	Mortality (%) (\pm SE) ^a			
	16 h	24 h	48 h	72 h
Pirimicarb	87.2 (\pm 0.06) c	92.2 (\pm 0.06) b	98.9 (\pm 0.02) b	98.9 (\pm 0.02) b
Rapeseed oil + pirimicarb	80.6 (\pm 0.07) bc	88.3 (\pm 0.06) b	99.4 (\pm 0.02) b	100.0 b
Mineral oil + pirimicarb	88.9 (\pm 0.01) c	98.3 (\pm 0.03) b	100.0 b	100.0 b
Fish oil + pirimicarb	72.2 (\pm 0.05) b	92.8 (\pm 0.05) b	100.0 b	100.0 b
Soya oil + pirimicarb	76.7 (\pm 0.04) bc	91.1 (\pm 0.06) b	100.0 b	100.0 b
Control	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a

^a Within each column, means with the same letter do not differ significantly at the 5% level (Bonferroni test).

Pflanzenöle haben eine geringere Umweltschädlichkeit (für natürlich Feinde weniger giftig, für Wirbeltiere ungiftig, leichter Abbau in der Umwelt) und werden daher künftig wahrscheinlich vom Verbraucher bevorzugt werden. (MARTÍN-LÓPEZ et al., 2006, S.372 und S. 377)

4.4.2 Ölanwendung, Applikationshäufigkeit und Zulassungssituation

Die Anwendung von Ölen ist abhängig von bestimmten äußeren Bedingungen. Die Haltbarkeit der Öle ist abhängig von der Temperatur. Bei Temperaturen um 16 °C hält die ölhaltige Schicht länger auf einem Blatt als bei Temperaturen um 24 °C und 32 °C. Mögliche Gründe dafür sind, dass die Wachstumsbedingungen für Pflanzen besser sind und somit die Blätter besser wachsen. Die zweite Vermutung ist, dass das Sonnenlicht bei höheren Temperaturen die Ölschicht zerstört. (AL-MRABEH A. et al., 2010, S.14) Damit die Wirkung eines Öls zum Tragen kommen kann ist es wichtig, dass das Blatt vollständig bedeckt ist. Gerade in der Phase der Blattentwicklung ist das häufige Auftragen eines Blattschutzes ebenso wichtig, wie in Zeiten einer hohen Läuseaktivität. (SHAH et al., 2022, S.1)

Die Applikationshäufigkeit und die verwendete Menge werden kontrovers diskutiert. Bei der verwendeten Ölkonzentration in der Spritzbrühe liegen die Angaben zwischen ein und drei Prozent. Konzentration unter 1 % der Lösung gelten als nicht effektiv, über 3 % wirken phytotoxisch. Allgemein geht man von einer Aufwandmenge von 5l bis 10 l je ha aus.

Insbesondere ist die Mischung mit weiteren Pflanzenschutzmitteln vorsichtig zu gestalten, da sich die Viskosität (Fließfähigkeit) des Ausgangsöls und somit die Haftung am Blatt verändern.

Einige Studien geben eine Anwendungshäufigkeit von drei bis acht Anwendungen in der Vegetationsphase an. Andere Studien berichten von wöchentlichen Applikationen. (AL-MRABEH A. et al., 2010, S.15) Es scheint so, dass die Anzahl der Applikationen wesentlich entscheidender ist als die Aufwandmenge (MACKENZIE et al., 2017, S.78). Hier ist aber durch den ständigen zulassungsbedingten Wandel in der Produktpalette immer die aktuelle Zulassungssituation zu beachten. Wie die nachfolgenden Tabelle 7 zeigt, waren in der Saison 2024 in Deutschland zwei paraffinöhlhaltige Pflanzenschutzmittel zur Blattlausbekämpfung in Kartoffeln zugelassen. In Summe waren damit 5 Paraffinölapplikationen möglich. Die Mittel sind auch im ökologischen Landbau zugelassen.

Tabelle 7: Einsatz von Paraffinöl in Kartoffeln (Quelle: Eigendarstellung, verändert nach (ERZEUGERRING FÜR PFLANZENBAU SÜDBAYERN E.V., 2024))

Einsatz von Paraffinöl in Kartoffeln

Wirkstoff	Präparat	Gewässer- abstand (m)	Bienenschutz- aufgabe	Preis (€/ha)	Maximale Aufwendungen	Aufwandmenge (g bzw. ml/ha)		
						Virusvekt.	Blattläuse	Kartoffelkäfer
Paraffinöl	Para Sommer	*		41	3	7000		
	Promanal HP	- (-/-/15)	B4	28	Zwei Behandlungen in BBCH 10-24 mit 3,5 l/ha, Abstand 3 Tage			
					oder			
				56	Zwei Behandlungen in BBCH 25-91 mit 7 l/ha, Abstand 7 Tage			

* länderspezifische Regelungen zum Gewässerabstand beachten!

¹Zulassungen für Notfallsituationen nach Artikel 53 in (zertifiziertes Pflanzgut vom 25.04.2024 bis 24.08.2024 (9.000 ha)

Anwendung: BBCH 10 - 24: max 3x, 3,5 Liter/ha, Abstand 3 Tage, BBCH 25 - 91: max 2x, 7 Liter/ha Abstand 7 Tage

4.5 Natürliche Gegenspieler von Blattläusen

Die Blattlaus hat natürliche Gegenspieler, welche im Zierpflanzenbau unter Glas auch zur Anwendung kommen. Dazu gehören die Erzwespe (*Aphelinus abdominalis*), die Gallmücke (*Aphidoletes aphidimyza*) und die Florfliege (*Chrysoperla carnea*). Der optimale Einsatzbereich liegt bei Temperaturen über 20 °C bis ca. 24 °C. Der untere kritische Temperaturbereich liegt, außer bei der Florfliege (< 5°C), bereits bei

Temperaturen unter 15 °C. (FIBL et al., 2020, S.25) Der Einsatz auf dem Feld ist damit schwierig zu gestalten, um zuverlässige Ergebnisse zu erzielen und wird derzeit nicht weiter wissenschaftlich verfolgt.

4.6 Anbau resistenter Sorten

Die Sortenwahl wird zukünftig wieder ein wichtiger Baustein im Kartoffelbau sein. Durch den Anbau resistenter Sorten kann das Anbaurisiko erheblich gesenkt werden. In anderen Kulturen, welche durch zikadenübertragbare Krankheiten gepeinigt sind, wird der Anbau resistenter Sorten bereits forciert. Die Kartoffel-Knollenwelke, als auch die SBR in Rüben, werden durch kaum bekämpfbare Zikaden übertragen. Dabei konnte festgestellt werden, dass resistenter Sorten später von den Zikaden befallen werden als nicht-resistente Sorten. Es gibt sortenbedingte Unterschiede hinsichtlich Symptomausbildung, Qualität und Ertrag. Außerdem gibt es Sorten, die deutliche Symptome tragen, deren Ertrag jedoch stabil bleibt. Andere Sorten zeigen keine Symptome, fallen jedoch deutlich im Ertrag ab. (ERATH, 2023, S.77) Auch Dr. Wolfdieter Kürzinger beschreibt den Zusammenhang zwischen Kartoffelsorten mit einer hohen PVY-Resistenz und einer geringeren Virusneueinfektion als bei Sorten mit einer niedrigeren PVY-Resistenz. (KÜRZINGER, 2019, S.38f.) Jedoch sind jährlich die aktuellen Sortenhinweise hinsichtlich der Resistenz neu zu überprüfen, denn diese können sich ändern. Wenn möglich, sollten (PVY) stark anfällige Sorten für den Vermehrungsanbau ausgeschlossen werden. (KÜRZINGER, 2018, S.16)

Für die Resistenzprägung der Kartoffel gegen PVY, wurden zehn Genomsegmenten auf den Chromosomen IV, IX, XI und XII identifiziert. In verschiedenen Ländern u.a. Deutschland, Dänemark, Ungarn und Polen wurden bereits PVY-resistente Sorten gezüchtet. (VALKONEN, 2017, S.207) Die Resistenz beruht auf der Einkreuzung verschiedener Wildkartoffelarten, die über eine entsprechende PVY-Resistenz verfügen. Zwar kann das Virus die Kartoffelpflanzen resistenter Sorten noch infizieren, die Vermehrung oder der Transport zu anderen Zellen ist jedoch unterbunden. Sowohl das Kartoffelkraut als auch die Kartoffelknollen bleiben während der gesamten Vegetationsperiode frei von PVY.

(BUNDESSORTENLISTE 2024, S.28) In der Bundessortenliste 2024 haben 107 der 233 Sorten geprüften Sorten, die beste Note 1 für sehr geringe PVY-Anfälligkeit erhalten. (BUNDESSORTENLISTE 2024, S.30-37) Daran ist zu erkennen, dass züchterische Anstrengungen in Sachen Virusresistenz durchaus zielführend sind, wenn sie konsequent verfolgt werden. Diese Konsequenz war bei der PVY - Resistenz erforderlich, da das PVY – Virus einerseits, wie unter 2.4.2 beschrieben, nicht persistent übertragen wird und erhebliche Ertragsverluste verursacht. Das heißt, dass die virusbeladene Blattlaus Kartoffelpflanzen mit einem einzigen Probestich infizieren und somit die Krankheit in kürzester Zeit auf eine Vielzahl von Pflanzen übertragen kann. Die Wirkung der zugelassenen Insektizide tritt, zur Unterbindung weiterer Probestiche, zu spät ein. Außerdem trat zunehmend der PVY – NTN – Stamm auf, der an den Knollen zu Ringnekrosen führt und das Erntegut wertlos macht. Damit war auch die abnehmende Hand, durch fehlenden Rohstoff und damit höheren Preisen, direkt mit den Folgen dieser Viruskrankheiten konfrontiert. In der Konsequenz stieg bei Abpackern und Verarbeitern die Nachfrage nach Sorten mit PVY – Resistenz, um das Produktionsrisiko zu vermindern.

Die Sortenwahl des einzelnen Landwirts, muss sich allerdings an der Nachfrage ausrichten. Sorten mit Virusresistenzen sind nur am Markt zu platzieren, wenn sie die Anforderungen der abnehmenden Hand erfüllen.

4.7 Kulturschutznetze

Kulturschutznetze eignen sich gut zur Abwehr tierischer Schädlinge. Derzeit ist die Nutzung in der Kartoffelvermehrung noch wenig verbreitet. Gegen gewisse Schädlinge, wie Wanzen im Zierpflanzenbau, sind Netze jedoch der einzige praktikable Regulierungsansatz. (FIBL et al., 2020, S.32)

Die Firma Hadi aus Marschacht vertreibt Kulturschutznetze für verschiedenste Kulturen und verfügt über jahrzehntelange Erfahrung. Laut Herstellerangaben sind die Netze über 20 Jahre UV-stabil. Einige Kunden verwenden bereits seit mehr als 20 Jahren die gleichen Netze für den Schutz ihrer Kartoffelvermehrungen. Dabei haben

sich Netze mit einer Maschenweite von 0,40 mm mal 0,58 mm der Farbe Weiß in der Praxis bewährt. Die Abmessungen können flexibel nach Kundenwunsch umgesetzt werden. Hier hat es sich als praktikabel erwiesen das Feld zwischen den Fahrspuren abzudecken und die beiden Dämme in der Fahrspur nicht zu bepflanzen. Die Anschaffungskosten für das Kulturschutznetz belaufen sich auf ca. 70 Cent je Quadratmeter. Darüber hinaus führt das Unternehmen ein hydraulisches Aufwickelgerät (Preis: 6800 €/Stück) für die Ausbringung und Einholung der Netze im Sortiment. Des Weiteren sind wechselbare Spulen (Preis: 245 €/Stück) mit einem Fassungsvermögen von je zwei 100 Meter langen Netzbahnen erhältlich. (MAISINGER, M. Interview mit T. Hagelberg vom 09.08.24) Die folgende Abbildung 21 zeigt einen mit Kulturschutznetzen abgedeckten Vermehrungsbestand.



Abbildung 18: Vermehrungsbestand mit Insektenschutznetz (Bild: Adolf Kellermann, 2024)

Herr Dr. Lars-Wilhelm Bangemann aus Döhnsdorf in Schleswig-Holstein, arbeitet bereits seit über zehn Jahren mit Kulturschutznetzen. Dieser hat sich bereit erklärt seine Erfahrungen weiterzugeben. Auf diesem Betrieb werden die Netze vor dem

Auflauf der Kartoffeln ausgelegt und bis nach der Sikkation auf dem Bestand belassen. Die Pflanzenschutzmaßnahmen erfolgen, mit etwas höheren Wasseraufwandmengen, durch das Netz. Der Arbeitsaufwand beläuft sich bei 15 x 100 m Netzen und zwei ha abzudeckender Fläche auf etwa 60 Akh für das Auslegen und Beschweren mit Erde. Das Auslegen und das Einholen der Kulturschutznetze auf den Flächen dieses Betriebes erfolgen in reiner Handarbeit ohne technische Unterstützung. Einen Nachteil des Verfahrens sieht Herr Dr. Bangemann darin, dass die Bestände nicht selektiert werden können. Dennoch ist der Effekt der Läusefernhaltung und damit der Infektionsabwehr, aus seiner Sicht in den von ihm vermehrten Vorstufen, bei weitem überwiegend. Er geht von einer Reduktion der Viruslast um bis zu 70 % aus, da in der dortigen Küstenlage durch den starken Wind das Netz nicht die ganze Vegetationszeit vollkommen dicht ist und immer wieder Undichtigkeiten ausgebessert werden müssen. (MAISINGER, M. Interview mit L.-W. Bangemann vom 09.08.24)

Die folgende Abbildung 19 zeigt die Anwendung eines Sikkationsmittels durch Läuseschutznetz, ohne ausreichende Wasseraufwandmenge. Gut erkennbar ist der Unterschied zwischen der Anwendung ohne Läuseschutznetz rechts und links in der und der Anwendung durch das Netz, mit zu niedriger Wasseraufwandmenge in der Mitte. Von Herrn Dr. Bangemann wird empfohlen die betriebsübliche Wasseraufwandmenge, um mind. 20% zu erhöhen.



Abbildung 19: Sikkation durch Kulturschutznetz (Bild: Magnus Maisinger):

Die Effektivität von Kulturschutznetzen zeigte sich auch in einem Versuch zur Bekämpfung von Zikaden als Infektionsüberträger des SBR im Rübenanbau, siehe Abbildung 20.



Abbildung 20: Effektivität der Netzabdeckung im Rübenanbau (Quelle:(JESSER, 2024, S.19))

Hinsichtlich der in Pflanzkartoffeln obligatorischen Feldanerkennung, hat es sich als praktikabel erwiesen das Netz auf dem Bestand zu belassen und die entsprechende Begehung in leicht gebückter Haltung unter dem Netz durchzuführen.

4.8 Saumkulturen und Reihenzwischenraumbegrünung

Der Anbau von Getreide (vor allem Hafer) und anderen Pflanzenarten, kann in verschiedenen Formen helfen, den Virusdruck in den Kartoffelvermehrungsbeständen zu reduzieren. Hierfür gibt es verschiedene Ansätze. Die um den Kartoffelbestand gedrillten Pflanzen fungieren als Fangstreifen und physische Barriere für die anfliegenden Blattläuse. Diese fliegen in die Saumkultur, machen Probestiche und säubern sich dabei ihren Saugrüssel. Wichtig ist dort Pflanzenarten anzubauen, die nicht anfällig für den PVY-Virus sind.

Die Pflanzen in der Saumkultur müssen der Kartoffel im Wachstum voraus sein, damit die Saumkultur bereits zum Auflauf der Kartoffel wirksam ist. (DUPUIS et al., 2017a, S.182f) In älteren Versuchen führten Haferumrandungen als Fangstreifen um Kartoffelbestände zu geringeren Blattlauslanderaten und Besiedelungswerten, hatten jedoch wenig Einfluss auf das Virusinfektionsgeschehen. (DÖRING et al., 2004, S.48)

Die zweite Möglichkeit ist der Anbau von Getreide zwischen den Kartoffelreihen. In Abbildung 21 ist eine Hafereinsaat zwischen den Dämmen zu sehen. Es ist wichtig darauf zu achten, dass der Hafer früh genug abgetötet wird, um die Kartoffeln nicht zu überwachsen. In neueren Versuchen von Dupuis führten beide Varianten des Getreideanbaus in bzw. um Kartoffeln zu einer um 30 % reduzierten PVY-Virus Infektion. (DUPUIS et al., 2017a, S.183f.) Hier könnte auch, die in Versuchen zur Erosionsvermeidung in Kartoffeln erfolgreich geprüfte Einsaat von Wintergerste interessant sein, da die Gefahr des Überwachsens wegen der unterbliebenen Vernalisation nicht besteht. (STADLER, 2024, S.24)



Abbildung 21: Hafereinsaat in Kartoffeln bereits behandelt mit Tepraloxymid

(Quelle: (DUPUIS et al., 2017a, S.184))

4.9 Grünroden

Grünroden – eine spezielle Erntemethode der Kartoffel. Dabei wird das Kraut noch grün geschlagen, die noch nicht schalenfesten Kartoffeln gerodet, auf Schwad gelegt und nach ausreichender Abtrocknung, wieder mit einer ca. 5-10 cm starken Erdschicht zugedeckt. Somit wird ein Wiederaustrieb sicher unterbunden. Das überschüssige Kraut wird über ein Förderband seitlich weggefördert um Infektionen mit Bakterien- und Pilzkrankheiten, im neu geformten Beet zu verhindern. Sobald die Kartoffeln nach ca. 10 bis 17 Tagen schalenfest sind, werden sie vom Feld geholt. (FITTJE, 2009, S.22)

Dieses Verfahren hat sich im ökologischen Landbau als praxistauglich erwiesen und ist insbesondere dann zu empfehlen, wenn die Gesunderhaltung der Partie einen großen Stellenwert hat. Beispielsweise im Falle einer drohenden Aberkennung. Deutliche Vorteile bringt diese Methode im Vergleich zum üblichen Krautschlagen, bei einem sehr früh einsetzenden und starken Sommerflug, bei späten virusanfälligen Sorten, sowie bei allgemein hoher Wiederaustriebsgefahr nach dem Krautschlagen. Nachteile des Verfahrens sind vor allem der Ertragsausfall durch Vegetationsunterbechung, als auch die Minderung der Qualität durch Beschädigung noch nicht schalenfester Kartoffeln. Zudem ist dieses Verfahren knapp doppelt so teuer als herkömmliches Krautschlagen. (FITTJE, 2009, S.97) Es ist jedoch wichtig darauf zu achten, dass zwischen Roden und Zudecken eine Phase der Abtrocknung liegt, um den Rhizoctonia- / Sklerotinia-Befall zu minimieren und eine hellere Schalenfarbe zu erhalten. Der möglichen höheren Nitratauswaschung durch die erhöhte Bodenbewegung, sollte mit einem Zwischenfruchtanbau begegnet werden. (FITTJE, 2009, S.98)

4.10 Angepasste Stickstoffdüngung

Die Stickstoffdüngung sollte in der Pflanzkartoffelproduktion verhalten erfolgen und Sortenunterschiede beim Stickstoffbedarf ganz besonders berücksichtigen. (SCHLEUSNER, 1959, S.67) Zum einen besteht bei überreichlich mit Stickstoff versorgten Pflanzen die Gefahr der Virusmaskierung, was eine effektive Selektion

unmöglich macht. (DIEPENBROCK et al., 1999, S.182) Dadurch bleiben möglicherweise viruskranke Pflanzen während der kompletten Vegetationszeit als potenzielle Infektionsquellen im Bestand. Zum anderen fördern hohe Stickstoffgaben das vegetative Wachstum und damit auch die Blattlausbesiedlung. (HALLMANN et al., 2007, S.46) Mit Parzellenversuchen der bayerischen Landesanstalt in den Jahren 2006 bis 2008, konnte der virusreduzierende Effekt einer angepassten Stickstoffdüngung nicht belegt werden. (ZELLNER und WAGNER, 2008, o.S.)

4.11 Vermeidung von Infektionsherden und Bekämpfung von Wirtspflanzen

Auf die Vermeidung von Infektionsherden in der Umgebung eines Kartoffelbestandes ist zu achten. Insbesondere der Zuflug durch Virusvektoren aus Kleingärten und von Komposthaufen ist zu unterbinden. (THIEL und STEINBACH, 2018, S.41) Auch Durchwuchskartoffeln gefährden den Kartoffelanbau. Bereits das Vorhandensein einer Kartoffelpflanze pro Quadratmeter entspricht fruchtfolgemäßig einem vollständigen Kartoffelanbau. Die folgenden Bilder verdeutlichen die Problematik. In Bild 22 sind aufgegangene aussortierte Kartoffeln, auf einem Komposthaufen mit bereits deutlicher Virusinfektion zu sehen. Bild 23 zeigt Durchwuchskartoffeln in der Folgefrucht Winterweizen.



Abbildung 22: Auf Abfallhaufen aufgelaufene Kartoffeln mit Virussympptomen (Bild: Magnus Maisinger)



Abbildung 23: Durchwuchskartoffeln auf Weizenschlag im August (Bild: Magnus Maisinger)



Abbildung 24: Eier des Kartoffelkäfers auf Durchwuchskartoffel (Bild: Magnus Maisinger)

Durch nicht bekämpfte Durchwuchskartoffeln gibt es keine Anbaupause in der Fruchtfolge und es entsteht eine Kartoffelselfolge. Damit erhöht sich der Krankheitsdruck enorm. Ein Beispiel dafür gibt die nebenstehende Abbildung 24. Zu sehen ist ein Kartoffelkäfer mit vielen abgelegten Eiern, an einer Durchwuchskartoffelstaude auf der Weizenstoppel im August.

Frost wäre das einfachste Mittel gegen Ausfallkartoffeln, wird jedoch in Folge des Klimawandels immer seltener. Die effektivste Bekämpfung gelingt mittlerweile über die Herbizidbehandlung in Mais als Folgefrucht des Kartoffelanbaus, da sich die Durchwuchskartoffeln bis zum Applikationszeitpunkt der Herbizide ausreichend entwickelt haben, um genügend Wirkstoff aufnehmen zu können. In Getreide sind Kartoffeln je nach Auflaufzeitpunkt bis zum Fahnenblattstadium bekämpfbar. Allerdings laufen die auf dem Feld verbliebenen Kartoffeln nicht alle gleichzeitig und gerade im Wintergetreide auch zu spät auf, um sie noch im stehenden Getreide

bekämpfen zu können, wie Abbildung 23 zeigt. In diesem Fall kann eine Bekämpfung mit Glyphosat auf der Stoppel zielführender sein.

Durchwuchskartoffeln im Getreide	
→ 1,2 l/ha Ariane C oder 0,5 l/ha Pixxaro	
Im Mais	
→ T1	0,8 l/ha Callisto + 0,8 l/ha Onyx
→ T2	0,25-0,35 l/ha Effigo + 0,8 l/ha Callisto + 0,8 l/ha Onyx
In den Zuckerrüben	
→ 2 x 100 g/ha Lontrel SG-Splitting	+ zusätzlich mechanische Behandlung

Abbildung 25: Bekämpfungsmöglichkeiten von Durchwuchskartoffeln (Quelle: (ERATH, 2024c, S.25))

In diesem Zusammenhang sollte bereits die Kartoffelernte möglichst verlustfrei gestaltet werden. Darüber hinaus dienen den Kartoffelvirosen gängige Beikräuter als Wirtspflanzen. Diese stehen den Virose, durch ihre Artenvielfalt, das ganze Jahr über als Wirtspflanzen zur Verfügung und bilden so die bekannte grüne Brücke.

Eine Reihe von üblichen Ackerunkräutern, wie Ackerwinde, Gartenmelde, gemeines Hirtentäschel, gemeines Kreuzkraut, purpurrote Taubnessel und Sonnenwend-Wolfsmilch sind typische Wirtspflanzen des in Deutschland wichtigsten Virus in Kartoffeln, dem PVY. Daher gilt es die entsprechenden Wirtspflanzen kurz zu halten. (KÜRZINGER, 2015a, S.23)

Tabelle 8: Wirtspflanzen für Kartoffelvirosen (Quelle: KÜRZINGER, 2015a, S.23))

Wirtspflanze	Virus					
	PVY	PLRV	PVA	PVM	PVX	PVS
Kartoffel	+	+	+	+	+	+
Acker-Gänsedistel	+					
Ackerwinde	+					
Bauerntabak	+				+	
Bilsenkraut	+	+			+	
Büschelschön	+					
Gartenmelde	+				+	
Gemeines Hirtentäschel	+					
Gemeines Kreuzkraut	+					
Kleinblütiger Steinklee	+					
Kompass-Lattich	+					
Portulak	+					
Purpurrote Taubnessel	+					
Sonnenwend-Wolfsmilch	+					
Stechapfel	+	+		+		+
Tabak	+	+	+		+	
Tomate	+		+	+	+	+
Vogel-Knöterich	+					
Weißer Gänsefuß	+					
Wohlfriechender Gänsefuß	+					
Zuckerrübe	+				+	
Zwerg-Storchschnabel	+					
Bittersüßer Nachtschatten		+				
Eierkraut		+			+	
Fuchsschwanz		+				
Tollkirsche		+				
Schwarzer Nachtschatten		+				
Judenkirsche			+			
Petunien			+			
Gänsefußgewächse				+		+
Gartenbohne				+		
Ackerbohne					+	
Ackerehrenpreis					+	
Großer Ehrenpreis					+	
Bunter Hohlzahn					+	
Gemeiner Löwenzahn					+	
Gemeines Leinkraut					+	
Inkarnatklee					+	
Paprika					+	
Weißer Steinklee					+	
Wiesenklee					+	
Zurückgekr. Fuchsschwanz					+	

Quelle: Dr. Wolfgang Kürzinger, KB 6-2001

5 Einordnung

Die vorgestellten Maßnahmen sind vielfältig und unterscheiden sich teils erheblich, hinsichtlich ihrer Wirkungsweise, Praxistauglichkeit und der zur Umsetzung notwendigen Aufwendungen. Die folgende Tabelle 9 bietet eine entsprechende Übersicht.

Tabelle 9: Übersicht möglicher Optimierungsmaßnahmen der Vektorenbekämpfung (Quelle: Eigendarstellung)

Maßnahme	Wirkungsweise	Wirksamkeit % Virusred. Gegenüber Standart	Prakt. Umsetzbarkeit	Kosten € / ha	Arbeitsmehr- aufwand Stunden / ha
Repellentien	abschreckend	nicht belegbar	Nein	nicht berechenbar	nicht berechenbar
Pheromone	abschreckend	nicht belegbar	Nein	nicht berechenbar	nicht berechenbar
Mulch	optische Verwirrung	bis zu 70%	Ja	190,18	2,98
Öl 5x	abtötend, abschreckend, reinigend	bis zu 60%	Ja	138,00	0,00
Nat. Gegenspieler	abtötend	nicht belegbar	nein	nicht berechenbar	nicht berechenbar
Anbau resistenter Sorten	Resistenz	bis zu 100%	Ja , absatzbedingt	nicht berechenbar	nicht berechenbar
Kulturschutznetze	abschirmend	bis zu 100%	Ja, aufwändig, teuer	1996,67	85,00
Saumkultur	abschirmend, reinigend, optische Verwirrung	bis zu 30%	Ja	1026,73	-1,34
Zwischenreihen- begrünung	reinigend, optische Verwirrung	bis zu 30%	Ja	19,12	0,13
Grünroden	Knolleninfektion verhindern, Vegetationszeit verkürzen	bis zu 100%	Ja, sortenabhängig, aufwändig	252,96	3,36
Angepasste N - Düngung	Vegetationszeit verkürzen, Attraktivität f. Läuse senken	nicht belegbar	Ja	nicht berechenbar	nicht berechenbar
Wirtspflanzenbe- kämpfung	Infektionspotenzial senken	bis zu 100%	Ja	nicht berechenbar	nicht berechenbar

Für sämtliche Berechnungen zu Kosten und Arbeitsaufwand wurden KTBL - Werte verwendet. (ACHILLES, W., ECKEL, H. et al., 2018, o.S.) Die jeweiligen Berechnungen, sowie die dazu notwendigen Annahmen, sind im Anhang dieser Arbeit zu finden

Der Einsatz von Repellentien, Pheromonen und natürlichen Gegenspielern ist bislang nicht praktikabel. Die repellente Wirkung einiger Pyrethroide sollte jedoch, unter Beachtung der Resistenzvermeidungsstrategie, bei der Gestaltung der betrieblichen Insektizidplanung bedacht werden.

Die Anwendung der äußerst effektiven Kulturschutznetze ist arbeits- und kostenintensiv. Zu berücksichtigen ist jedoch, dass die Lohnkosten einen Anteil von 77 % an den gesamten Verfahrenskosten ausmachen. Dies resultiert aus dem Umstand, dass die Netzabdeckung momentan, wie im befragten Betrieb von Herrn Dr. Bangemann, nur in relativ kleinflächigen Ober- und Vorstufenvermehrungen Anwendung findet, bei denen eine Mechanisierung unpraktikabel ist. Eine Anwendung in größeren Vermehrungsvorhaben in Verbindung mit schlagkräftiger Technik, könnte dieses Verfahren durchaus interessant machen. Gerade bei der Vermehrung virusanfälligerer Sorten, sollte diese Möglichkeit der Produktionsabsicherung bedacht werden.

Auch das Grünroden ist arbeitsintensiv. Der Vorteil dieses Verfahrens ist die schnelle Unterbindung einer eventuellen Virusinfektion, die heutige Sikkative nicht gewährleisten. Durch die abrupte Trennung der Knollen vom Kraut, wird eine Ableitung von Viren aus dem Kartoffelkraut in die Knollen sicher unterbunden. (ROLOT et al., 2021, S.435) Allerdings wird diese Methode bei krauthängigen Sorten und auf schweren Böden an Grenzen stoßen. Der Ertragsausfall, durch das frühere Roden muss sorten- und partieabhängig individuell abgeschätzt werden und wurde bei der Kostenrechnung in Tabelle 9 nicht berücksichtigt.

Eine den Kartoffelbestand am Feldrand umgebende Saumkulturen, kann den Viruseintrag durch Vektoren um bis zu 30 % mindern. Allerdings reduziert sich die Kartoffelfläche auf einem derart geschützten Schlag, gerade bei kleinen Schlägen erheblich. Bei der für die Berechnungen zu Tabelle 9 zugrunde gelegten rechteckigen Beispielfläche von 2 Hektar mit einer Länge von 300 Metern und einer Breite von 66,7 Metern, stehen bei einer 3 Meter breiten Saumkultur auf 0,22 Hektar keine Kartoffeln. Dies führt bei 350 dt / ha Ertrag und 35 € / dt Marktleistung zu einem rechnerischen Ertragsverlust von 1347,50 € / ha. Bei einem rechteckigen 20 Hektar Schlag mit einer

Länge von 500 Metern und einer Breite von 400 Metern reduziert sich der Ertragsverlust auf 330,75 € / ha und die gesamten Verfahrenskosten verringern sich von 1026,73 € / ha bei einem 2 Hektar Schlag auf 233,82 € / ha beim 20 Hektar Schlag. Diese einfache Rechnung zeigt, dass die Anlage von Saumkulturen nur bei großen Flächen wirtschaftlich darstellbar ist.

Der Anbau von virusresistenten Sorten wäre von großem Vorteil für Wirtschaftlichkeit und Produktionsabsicherung in der Pflanzkartoffelerzeugung und würde durch die Insektizideinsparung die Umwelt entlasten. Im Falle des PVY – Virus und des PLRV - Virus ist dies auch bereits bei vielen Sorten Realität. Leider gibt es noch relativ wenige Sorten, die gegen mehrere Virusarten zugleich resistent sind. Eine derartige Züchtung ist, mit den in der Europäischen Union zur Verfügung stehenden Züchtungsmethoden, äußerst langwierig. Zudem müssen neue Sorten mit entsprechenden Resistenzen, durch ihre ertragliche und qualitative Leistung, die Akzeptanz der Abnehmer finden. Die Resistenzausstattung der etablierten Sorten sollte jedoch bei der Sortenwahl bedacht werden. Die Vermehrung anfälliger Sorten muss von den Abnehmern entsprechend honoriert werden und sollte möglichst nur in Anbaulagen mit geringem Vektorendruck erfolgen.

Die nachfolgende Tabelle 10 zeigt die virusreduzierende Wirkung der aktuell wichtigsten vorgestellten Maßnahmen Strohmulch, Einsatz von Mineralöl, sowie Saum- und Zwischenreihenbegrünung. Der beste Schutz vor Virusinfektionen ergibt sich in diesem Versuch durch Mineralölanwendung in Verbindung mit Reihenzwischenraumbegrünung, bzw. bei der Kombination Mineralöl + Reihenzwischenraumbegrünung + Strohmulch.

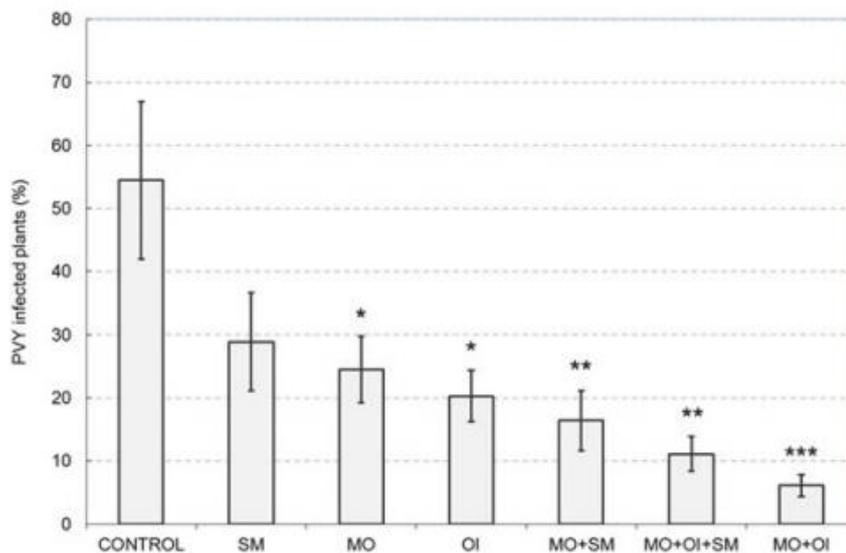


Fig. 7.3 Percentage of PVY-infected plants assessed by testing daughter tubers for six treatments and untreated (1 year; four replications of 100 plants per plot). The acronyms for the treatments are *SM* = straw mulching, *MO* = mineral oil, *OI* = oat intercropping. Error bars show the standard error, and stars show the treatments with a percentage of infection significantly lower than untreated (Dunnett's test; * for $p < 0.05$ and ** for $p < 0.01$) (Dupuis et al. 2010)

Wichtig ist noch anzumerken, dass die Untersuchungen über mehrere Jahre erfolgt sind und der Schutz der Bestände jahres- und wetterabhängig unterschiedlich war. Die Tabelle 10 stammt aus dem Jahr 2010. Weitere Forschungsarbeiten aus den Jahren 2011 bis 2014 bestätigen die Ergebnisse. (DUPUIS et al., 2017b, S.964) Eine Studie aus Finnland kommt zu ähnlichen Ergebnissen. In der dortigen Anbaulage herrscht zwar kein so hoher Läusedruck wie in Mitteleuropa, jedoch gibt es trotzdem Schwierigkeiten bei der Vermehrung von Sorten mit hoher PVY- Anfälligkeit. Diese Studie untermauert die virusreduzierenden Effekte von Strohmulch (ca. 25 - 47 %) und Mineralöl (Anwendung Seneco 11 E/3; ca. 43 – 58% Reduktion). (KIRCHNER et al., 2014, S.59f.)

Bei der Ölanwendung ist davon auszugehen, dass sich der viel diskutierte Zeitraum zwischen den Applikationen am Blattzuwachs ausrichten sollte. Das heißt, dass vom Auflauf bis zum Reihenschluss engmaschig behandelt werden sollte. Danach kann der Behandlungsabstand vergrößert werden. Die Kombination mit systemischen Insektiziden bringt Vorteile gegen versteckt sitzende Blattläuse.

Die angepasste oder auch reduzierte Stickstoffdüngung wird seit Jahrzehnten in der Literatur immer wieder als prophylaktische Maßnahme gegen Virusinfektionen beschrieben. Dies konnte jedoch bislang in Versuchen nicht belegt werden. Allerdings muss dabei berücksichtigt werden, dass eine Vielzahl von Faktoren, unter anderem auch Jahreseffekte Einfluss auf das Infektionsgeschehen haben. Sodass auch ohne eindeutige Versuchsergebnisse von einer gewissen Wirkung auszugehen ist. Diese einfach umsetzbare Maßnahme sollte deshalb zur Vektorenbekämpfung genutzt werden. Zumal bei entsprechender Sortenkenntnis kein Ertragsrückgang zu erwarten ist und im Wachstumsverlauf immer noch nachgedüngt werden kann. Versuche zeigen, dass Bestände mit 2 Prozent Stickstoff im Blatt zum Zeitpunkt der Abreife gleich hohe Erträge erzielen, wie Bestände mit 3,5 bis 4 Prozent. (ERATH, 2020, S.49) Zudem führen überzogene Bestände immer wieder zu Problemen bei der Sikkation.

Bei der Planung von Vermehrungsvorhaben sollten Feldstücke in der Nähe von möglichen Infektionsherden, wie zum Beispiel Kleingärten gemieden werden. Die Vermeidung und Bekämpfung von Ausfallkartoffeln muss genauso, wie das Kurzhalten von Wirtspflanzen, mit größter Akribie erfolgen. Dadurch kann das Infektionspotential aus der Umgebung entscheidend gesenkt werden.

Den kurzfristig erfolgversprechendsten Ansatz zur Optimierung der Vektorenbekämpfung in der Pflanzgutproduktion, stellt die Einbindung derjenigen Verfahren in das gesamtbetriebliche Vektorenmanagement dar, mit denen die größte Virusreduktion erreicht wird. Die aufgezeigten Synergien zwischen den einzelnen Verfahren sollten dabei gezielt genutzt werden.

6 Fazit

Die Pflanzgutproduktion steht in den kommenden Jahren vor großen Herausforderungen. Das richtige Anbaumanagement, die reduzierte Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel, die Gestaltung der Anbautechnik, sowie die genetische Veranlagung der einzelnen Sorte, werden im Zusammenspiel mit dem Fingerspitzengefühl des Anbauers über das Gelingen eines Vermehrungsvorhabens entscheiden.

Der Produktionsstandort eines Vermehrungsvorhabens sollte sorgfältig gewählt werden. Ein möglichst isolierter Ort mit möglichst wenigen potenziellen Infektionsquellen und Virusvektoren, vorzugsweise in einer Gesundlage sind ideal. Besonders virusanfällige Sorten, sollten sorgfältig platziert werden. Eine gute Unkrautkontrolle schneidet Virusinfektionswege ab und mindert damit das Risiko. Auch die Wahl des Pflanzzeitpunktes kann bei der Viruskontrolle helfen. Außerdem unterstützen die Verwendung von Strohmulch oder Zwischenreihenbegrünung auf natürliche Weise bei der Virusregulation. Eine sortenangepasste sparsame Stickstoffdüngung kann zusätzliche Unterstützung bringen ohne Mehrkosten zu verursachen. Durch eine intensive, frühzeitige Selektion werden die ansonsten hochansteckenden Infektionsquellen im Bestand eliminiert. Ein weiteres probates Mittel in der Pflanzgutproduktion ist die frühzeitige Anwendung systemischer Mittel in Kombination mit Ölen, zur Eindämmung der Läusepopulation im Vermehrungsbestand. Kulturschutznetze werden aufgrund des hohen Aufwandes vorerst den hohen Vermehrungsstufen vorbehalten bleiben.

Langfristig ist der einfachste und sicherste Weg der Anbau resistenter Sorten. Dafür gibt es weltweit bereits einige Zuchtprogramme, unter anderem in Deutschland, Dänemark, den Niederlanden und Polen. (VALKONEN, 2017, S.208) Allerdings müssen Sorten mit entsprechender Resistenzausstattung den anfälligeren Sorten in Eignung, Ertrag und Qualität ebenbürtig sein, um Eingang in den Markt zu finden.

7 Zusammenfassung

Kartoffeln sind ein weltweit wichtiges Grundnahrungsmittel. Voraussetzung für optimale Erträge ist die Bereitstellung von qualitativ hochwertigem Pflanzgut leistungsfähiger Sorten. Mit das wichtigste Qualitätsmerkmal hochwertiger Pflanzkartoffeln, ist ein möglichst geringer Anteil virusbefallener Knollen. Diese Viren werden hauptsächlich durch Blattläuse auf die Kartoffeln übertragen und verursachen erhebliche Ertrags- und Qualitätseinbußen. Der Klimawandel führt bereits heute zu einem verstärkten Blattlausdruck. Dieser Trend wird auch in Zukunft anhalten. Bisher erfolgt die Blattlausabwehr hauptsächlich durch den Einsatz von Insektiziden. Wegen der stetig sinkenden Anzahl an verfügbaren Insektiziden und der Zunahme von Resistenzen gegen bestimmte Wirkstoffgruppen kommt die bisherige, vornehmlich insektizidbasierte Vektorenbekämpfungsstrategie zunehmend an ihre Grenzen. Diese Bachelorarbeit befasst sich daher mit Optimierungsmöglichkeit der Virusvektorenbekämpfung in der Pflanzgutproduktion. Dazu wird das gegenwärtige Produktionsverfahren und seine Probleme vorgestellt. Anschließend werden potenzielle Optimierungsmöglichkeiten beschrieben und hinsichtlich Effektivität und Aufwand miteinander verglichen. Das Abdecken des Kartoffelbestandes mit Kulturschutznetzen ist die sicherste Methode zur Fernhaltung von Vektoren. Leider erlaubt der hohe Kapital- und Arbeitsaufwand den Einsatz nur in höheren Vermehrungsstufen. Der Anbau virusresistenter Sorten im Bezug auf PVY ist möglich, erfordert aber eine Abstimmung mit den Vermarktern. Sorten mit Mehrfachresistenzen sind nur wenige vorhanden. Die Einbringung von Strohmulch zeigt gute Wirkungen ist aber vergleichsweise aufwändig. Saumkulturen, Zwischenreihenbegrünung, Öleinsatz, Wirtspflanzenbekämpfung und eine angepasste Stickstoffdüngung sind leichter umsetzbare, wirksame Bausteine zur Optimierung des Vektorenmanagements. Grünroden ist effektiv, aber aufwendig und nicht immer umsetzbar. Die Umsetzung einzelner Maßnahmen zur Verbesserung Virusbekämpfungserfolge ist mit Ausnahme von Kulturschutznetzen nicht zielführend. Eine Kombination der vorgenannten Methoden bringt erhebliche Synergieeffekte. Der Einsatz von Pheromonen, Repellentien und natürlichen Gegenspielern ist noch nicht praxistauglich. Es besteht weiterhin erheblicher Forschungsbedarf in alle Richtungen.

8 Summary

Potatoes are an important staple food worldwide. A prerequisite for optimum yields is the provision of high-quality seed potatoes of high-yielding varieties. One of the most important quality characteristics of high-quality seed potatoes is the lowest possible proportion of virus-infected tubers. These viruses are mainly transmitted to the potatoes by aphids and cause considerable losses in yield and quality. Climate change is already leading to increased aphid pressure. This trend will continue in the future. Until now, aphid defence has mainly been carried out using insecticides. Due to the steadily decreasing number of available insecticides and the increase in resistance to certain groups of active ingredients, the previous primarily insecticide-based vector control strategy is increasingly reaching its limits. This bachelor's thesis therefore deals with optimisation options for virus vector control in seedling production. To this end, the current production process and its problems are presented. Potential optimisation options are then described and compared in terms of effectiveness and cost. Keeping vectors away with crop protection nets is the safest method for keeping vectors away. Unfortunately, the high capital and labour costs involved mean that it can only be used in higher propagation stages. The cultivation of virus-resistant varieties in relation to PVY is possible, but requires coordination with the marketers. Only a few varieties with multiple resistances are available. The use of straw mulch has good effects but is comparatively costly. Fringing crops, inter-row greening, oil application, host plant control and the reduction of nitrogen fertilisation are more easily implemented, effective components for optimising vector control. Green harvesting is effective, but costly and not always feasible. With the exception of crop protection nets, implementing individual measures to improve virus control success is not effective. A combination of the above-mentioned methods brings considerable synergy effects. The use of pheromones, repellents and natural antagonists is not yet practicable. There is a considerable need for research in all directions.

9 Literaturverzeichnis

- ACHILLES, W., ECKEL, H., B. EURICH-MENDEN und J. FRISCH (2018): Betriebsplanung Landwirtschaft 2018/2019: Daten für die Betriebsplanung in der Landwirtschaft, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., Darmstadt.
- AL-MRABEH A., ANDERSON E., TORRANCE L., EVANS A. und FENTON B. (2010): A Literature Review of Insecticide and Mineral Oil Use in Preventing the Spread of Non-persistent Viruses in Potato Crops. Potato Council.
- ÁVILA-VALDÉS, A., X. C. LIZANA und C. PASTENES (2024): Plant Growth Adaptations of Chilean Native Potato Under Higher Soil and Air Temperature: A Field Comparative Study. *Potato Research*, 1–26.
- BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (2023): Abwicklung des Anerkennungsverfahrens für Kartoffeln in Bayern. URL: <https://www.lfl.bayern.de/ipz/saatgut/027704/index.php>.
- BOKERN, B. (2024): Para Sommer- der lückenlose Ölfilm macht`s. FMC.
- BUNDESSORTENAMT (2023): Beschreibende Sortenliste Kartoffel.
- BUNDESSORTENLISTE 2024: Beschreibende Sortenliste Kartoffel 2024.
- BURGDORF, G. (2022): Kartoffeldüngung: Ausgewogen und effizient muss es sein. URL: https://www.lwk-niedersachsen.de/lwk/news/39167_Kartoffelduengung_ausgewogen_und_effizient_muss_es_sein. (abgerufen am: 2.8.2024).
- CLOYD, R., C. GALLE, S. KEITH, N. KALSCHEUR und K. KEMP (2009): Effect of Commercially Available Plant-Derived Essential Oil Products on Arthropod Pests. *Horticultural Entomology* 102, 1567–1579.
- DIEPENBROCK, W., G. FISCHBECK und K. HEYLAND (1999): Spezieller Pflanzenbau. 3. Aufl., Ulmer, Stuttgart.
- DÖRING, T., U. HEIMBACH, T. THIEME und H. SAUCKE (2004): Anwendung von Strohmulch zur Reduzierung von Virusinfektionen in Pflanzkartoffeln: Endbericht (2002-2004).
- DUPUIS, B., C. BRAGARD, S. CARNEGIE, J. KERR und L. GLAIS (2017a): Potato virus Y: Control, Management and Seed Certification Programmes, 177–207.
- DUPUIS, B., J. CADBY, G. GOY, M. TALLANT, J. DERRON, R. SCHWAERZEL und T. STEINGER (2017b): Control of potato virus Y (PVY) in seed potatoes by oil spraying, straw mulching and intercropping. *Plant Pathology* 66, 960–969.
- DUPUIS, B., P. NKURIYINGOMA und T. BALLMER (2024): Economic Impact of Potato Virus Y (PVY) in Europe. *Potato Research* 67, 55–72.

- DURCHFÜHRUNGSRICHTLINIEN (2014): Durchführungsrichtlinien 2014/20/EU der Kommission. vom 6. Februar 2014 mit den EU-Klassen für Basispflanzgut und zertifiziertes Pflanzgut von Kartoffeln sowie den für diese Klassen geltenden Anforderungen und Bezeichnungen.
- ERATH, M. (2020): Kartoffelinfo 8/2020. NU-Info, 44–51.
- ERATH, M. (2023): Bakterielle Kartoffelknollen-Welke. NU-Info, S.75-78.
- ERATH, M. (2024a): Stickstoff-und Phosphordüngung optimieren. Kartoffelbau 2024, S.32-36.
- ERATH, M. (2024b): Kartoffelinfo 01/2024. NU-Info, S.1-8.
- ERATH, M. (2024c): Kartoffelinfo 4/2024. NU-Info, S.21-28.
- ERZEUGERRING FÜR PFLANZENBAU SÜDBAYERN E.V. (2024): Kartoffelrundschriften 02/2024, 1–6.
- FABICH, S. (2010): Bekämpfung von Blattläusen als Virusüberträger. Kartoffelbau 61 Jhg., 192–195.
- FIBL, BIOLAND, LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NRW und FOGA (2020): Pflanzenschutz im Bio-Zierpflanzenbau.
- FITTJE, S. (2009): Wirkungen des Grünrodens auf Ertrag, Knollenbeschaffenheit und Virusbefall zur Erzeugung von Kartoffelpflanzgut im ökologischen Landbau, Christian-Albrechts- Universität, Kiel.
- FLAIG, H. (2021): Auswirkungen der Klimaentwicklung auf die Landwirtschaft Baden-Württembergs. WASSERWIRTSCHAFT 111, 29–32.
- GEHRING, K. und G. THYSSEN (2024): Empfehlungen zum Herbizideinsatz in Kartoffeln_Sikkation. Landesanstalt für Landwirtschaft.
- GIBSON, R. W. und G. R. CAYLEY (1984): Improved control of potato virus Y by mineral oil plus the pyrethroid cypermethrin applied electrostatically. Crop Protection, S.469-478.
- GRÖSCHL, K. (2018a): Kartoffel-Info 2/2018. NU-Info, 9–19.
- GRÖSCHL, K. (2018b): Kartoffel Info 4/2018. NU-Info 2018.
- GRÖSCHL, K. (2018c): Kartoffel-Info 8/2018. NU-Info, 46–49.
- GRÖSCHL, K. (2019a): Düngungsmaßnahmen nach Feldaufgang, ein hilfreiches Instrument. Kartoffelbau, 8–10.
- GRÖSCHL, K. (2019b): Pflanzgut- das wichtigste Produktionsmittel. Kartoffelbau, 31–35.
- GRÖSCHL, K. (2021): Virusvektorenbekämpfung. NU-Info, 1.
- HALLMANN, J., A. QUADT-HALLMANN und A. von TIEDEMANN (2007): Phytomedizin: Grundwissen Bachelor] ; 77 Tabellen, Ulmer, Stuttgart.

- HASE, T. (2021): Digi-Test: Neue Direktnachweise für Kartoffelviren und Bakterien. URL: <https://www.lfl.bayern.de/ipz/kartoffeln/149203/index.php?fontsize=-1>.
- HÖLLMÜLLER, H., T. ROTH und M. MITSCHKE (2024): Kartoffeln durch Beizung schützen. Kartoffelbau 75, 28–30.
- JESSER, A. (2024): Die Bedrohung ist akut. DLG-Mitteilung, 18–21.
- KAHLENBORN, W., L. PORST, VOß und M. (2021): Klimawirkungs- und Risikoanalyse 2021 für Deutschland, 1–127.
- KANDERS, M. (2024): Kartoffel Info. NU-Info, 1–4.
- KIM, Y.-U. und H. WEBBER (2024): Contrasting Responses of Spring and Summer Potato to Climate Change in South Korea. Potato Research, 1–22.
- KIRCHNER, S. M., L. H. HILTUNEN, J. SANTALA, T. F. DÖRING, J. KETOLA, A. KANKAALA, E. VIRTANEN und J. P. T. VALKONEN (2014): Comparison of Straw Mulch, Insecticides, Mineral Oil, and Birch Extract for Control of Transmission of Potato virus Y in Seed Potato Crops. Potato Research 57, 59–75.
- KNÖFERL, R., M. DIEPOLDER, K. OFFENBERGER, S. RASCHBACHER, M. BRANDL, A. KAVKA, L. HIPPICH, R. SCHMÜCKER, C. SPERGER und S. KALMBACH (2022): Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland. 15. Aufl., Freising-Weihenstephan.
- KRELLIG, B. und G. RENNER (2007): Schriftenreihe 11/2007 - Pflanzkartoffeln - Optimierung Vektorenbekämpfung, S. 1-38.
- KÜRZINGER, W. (2015a): Blattläuse im Kartoffelbestand. Kartoffelbau, S.20-26.
- KÜRZINGER, W. (2015b): Selektion ergänzt durch den Virusschnelltest im Feld. Kartoffelbau, 28–32.
- KÜRZINGER, W. (2018): Vektorenbekämpfung zur Verhinderung von Virusinfektionen: Pflanzkartoffelbestände schützen. Kartoffelbau, S.14-17.
- KÜRZINGER, W. (2019): Schadinsekten und ihre Bekämpfung. Kartoffelbau, S.38-41.
- LACOMME, C., L. GLAIS, D. U. BELLSTEDT, B. DUPUIS, A. V. KARASEV und E. JACQUOT (Hrsg.) (2017): Transmission and Epidemiology of Potato virus Y, Springer International Publishing, Cham.
- LANDESAMT FÜR LANDWIRTSCHAFT UND LEBENSMITTELSICHERHEIT (2022): Gesundlagen zur Pflanzkartoffelerzeugung. URL: <https://www.lallf.de/pflanzenschutz-saatenanerkennung/saatenanerkennung/gesundlagen-zur-pflanzkartoffelerzeugung/>. (abgerufen am: 8.8.2024).
- LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (2024): Insektizide im Kartoffelbau.
- LÜTHKE, K. und S. BLUME (2023): Pflanzkartoffelerzeugung 2023. Kartoffelbau, S.46-49.

- MACKENZIE, T. D. B., J. LAVOIE, X. NIE und M. SINGH (2017): Effectiveness of Combined Use of Mineral Oil and Insecticide Spray in Reducing Potato Virus Y (PVY) Spread under Field Conditions in New Brunswick, Canada. *American Journal of Potato Research* 94, 70–80.
- MAISINGER, M. (09.08.24): Einsatz von Kulturschutznetz. Interview mit T. Hagelberg. Teuchern.
- MAISINGER, M. (09.08.24): Einsatz von Kulturschutznetzen auf Kartoffelvermehrungsbetrieb. Interview mit L.-W. Bangemann. Teuchern.
- MARTÍN-LÓPEZ, B., I. VARELA, S. MARNOTES und C. CABALEIRO (2006): Use of oils combined with low doses of insecticide for the control of *Myzus persicae* and PVY epidemics. *Pest management science* 62, 372–378.
- NITSCH, A. (2013): *Praxishandbuch Kartoffelbau*. 2. Aufl., Agrimedia, [Clenze].
- NYANKANGA, R. O., H. C. WIEN und O. M. OLANYA (2008): Effects of Mulch and Potato Hilling on Development of Foliar Blight (*Phytophthora infestans*) and the Control of Tuber Blight Infection. *Potato Research* 51, 101–111.
- PFLANZENKRANKHEITEN (2022): Krankheiten an Kulturpflanzen. URL: <https://www.pflanzenkrankheiten.ch/krankheiten-an-kulturpflanzen-2/weitere-ackerkulturen/kartoffeln/blattroll-pvy>. (abgerufen am: 11.8.2024).
- PFLANZKARTOFFELVERORDNUNG (2022): Pflanzkartoffelverordnung. Hg. v. Bundesministerium der Justiz.
- PROBENEHMERRICHTLINIE (2021): Probenahme, Kennzeichnung und Verschließung von Pflanzkartoffeln: Arbeitsgemeinschaft der Anerkennungsstellen für landwirtschaftliches Saat- und Pflanzgut.
- REKA RHEINLAND (2024): Zugelassene Pflanzenschutzmittel in Kartoffeln 2024.
- ROLOT, J.-L., H. SEUTIN und L. DEVEUX (2021): Assessment of Treatments to Control the Spread of PVY in Seed Potato Crops: Results Obtained in Belgium Through a Multi-Year Trial. *Potato Research* 64, 435–458.
- SCHEID, L. und S. WAGNER (2024): Derzeit zugelassene Insektizide im Kartoffelbau. Landesanstalt für Landwirtschaft.
- SCHLEUSNER, W. (1959): *Neuzeitlicher Kartoffelbau*, DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- SCHUHMANN, P. (2014a): *Kartoffeln in der Fruchtfolge: Teil 1*, DLG-Verl., Frankfurt am Main.
- SCHUHMANN, P. (2014b): *Kartoffeln in der Fruchtfolge: Teil 2*, DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- SHAH, M. A., K. C. NAGA, S. SUBHASH, S. SHARMA und R. KUMAR (2022): Use of Petroleum-Derived Spray Oils for the Management of Vector-Virus Complex in Potato. *Potato Research* 65, 1–19.

- SIEBLER, L. und M. LORENZ (2024): Insektizide in Kartoffeln richtig einsetzen. Landwirtschaftliches Wochenblatt.
- STADLER, M. (2024): Boden-und Erosionsschutz im Kartoffelbau. Kartoffelbau, 24–27.
- THIEL, W. und P. STEINBACH (2018): Selektion in Pflanzkartoffeln: Erkennen und bereinigen von Fremdbesatz und vermehrungsrelevanten Krankheiten, Agrimedia, Clenze.
- THIEME, T. (2011): Probleme mit Virusvektoren im Kartoffelanbau, Juni 2011, Sagerheide. (abgerufen am: 8.8.2024).
- VALKONEN, J. E. A. (2017): Resistance to Potato virus Y in Potato, Springerlink.
- WINKLER, J., JUNGE, S., FINCK, M., O. HENSEL und KÜRZINGER W. (2021): Mit Transfermulch Blattlaus- und Virenbefall reduzieren. Kartoffelbau 72, 26–28.
- WÖLFEL, S., J. DEGNER, K. GÜNTHER, R. GÖTZ, I. PFLEGER und I. ZORN (2010): Leitlinie zur effizienten und umweltverträglichen Erzeugung von Kartoffeln. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft.
- ZELLNER, M. und S. WAGNER (2008): Versuch zur Reduzierung der PVY-Reduktion in Pflanzkartoffeln. Landesanstalt für Landwirtschaft, 1–8.

Wirtschaftlichkeitsberechnungen

Öl	-	-
Tätigkeit	Aufwand h/ha	Kosten €/ha
Mittelkosten Promanal 2 x 28€/ha	-	56
Mittelkosten Parasommer 3 x 41€/ha	-	82
Summe	-	138

Annahme:.

Ölspritzungen werden mit Insektizidspritzungen kombiniert und verursachen daher keinen Mehraufwand an Arbeit

Mulch	-	-
Tätigkeit	Aufwand h/ha	Kosten €/ha
Stroh pressen	0,47	74,61
Stroh zum Feldrand transportieren und stapeln	0,76	22,6
Stroh auf Häcksler laden	0,25	3,53
Stroh mit Häcksler verteilen	1,5	35,8
Arbeits erledigungskosten 18€/h	-	53,64
Summe	2,98	190,18

Annahmen:

Schlaggröße: 2,0 ha, , Entfernung zum Schlag: 1,0 km, Menge: 5,0 t/ha, Arbeitsbreite: 5,6 m, Dieselpreis: 1,15 €/l

Stroh von der Vorfrucht kann kostenlos genutzt werden, da keine Nährstoffabfuhr stattfindet

Kulturschutznetz	-	-
Tätigkeit	Aufwand h/ha	Kosten €/ha
Anschaffungskosten Netz Afa 15 Jahre 0,70€/m ²	-	466,67
Netz auflegen Akh 18€/h	60	1080
Netz einholen Akh 18€/h	25	450
-	85	1996,67

Annahmen:

Schlaggröße: 2,0 ha, , Entfernung zum Schlag: 1,0 km, Arbeitsbreite: 18 m, Dieselpreis: 1,15 €/l

Ausbringung manuell

Reihenzwischenraumbegrünung		
	Aufwand h/ha	Kosten €/ha
Tätigkeit		
Granulatstreuer vierreihig	0,13	4,1
Saatgut Wintergerste Reihenzwischenkultur 60Kg/ha		15
Arbeits erledigungskosten 18€/h		0,02
Summe	0,13	19,12

Annahmen:

Schlaggröße: 2,0 ha, Flächenmaße Länge mal Breite 300 x 66,67 Meter , Entfernung zum Schlag: 1,0 km, Arbeitsbreite: 3,0 m, Dieselpreis: 1,15 €/l

Reihenzwischenbegrünung erfolgt mit dem Granulatstreuer in einem Arbeitsgang mit dem Pflanzen Wintergerste in der Reihenzwischenraumbegrünung muss nicht abgespritzt werden

Saumkultur		
	Aufwand h/ha	Kosten €/ha
Tätigkeit		
Saumkultur drillen mit 3m Sähkombination auf 0,22ha	0,11	3,927
Saatgut Hafer Saumkultur 100Kg/ha für 0,22ha durch		2,75
Saumkultur Düngerkosten 299,7€/ha für 0,22ha		32,967
Eingespartes Pflanzgut bei 35dt/ha Pflanzmenge und 75€/ha für 0,22ha		-288,75
Entgangener Ertrag 0,22ha 350dt/ha x 35€/dt		1347,5
Eingesparte Erntekosten für 0,22ha	-1,45	-47,5464
Arbeits erledigungskosten 18€/h		-24,1164
Summe	-1,34	1026,73

Annahmen:

Schlaggröße: 2,0 ha, Flächenmaße Länge mal Breite 300 x 66,67 Meter , Entfernung zum Schlag: 1,0 km, Arbeitsbreite: 3,0 m, Dieselpreis: 1,15 €/l

Eingesparter Pflanzenschutz auf der Saumfläche entspricht den Kosten für das zweimalige Mulchen

Düngung der Saumkultur ist gleich Düngung Restfläche

Flächenleistung Sähkombination durch langsame Fahrtgeschwindigkeit am Rand 1 ha / h

Grünroden		
	Aufwand h/ha	Kosten €/ha
Tätigkeit		
Krautschlagen und Schwadlegen	2,13	135,2
Zudecken	1,23	57,28
Arbeitskosten 18€/h		60,48
Summe	3,36	252,96

Annahmen:

Schlaggröße: 2,0 ha, , Entfernung zum Schlag: 1,0 km, Arbeitsbreite: 1,5 m, Dieselpreis: 1,15 €/l