



Bundesanstalt für
Landwirtschaft und Ernährung



Bundesinformationszentrum
Landwirtschaft

Feldhygiene



Sehr geehrte Leserinnen und Leser,

die jahrtausendelange Entwicklung der praktizierten Ackerbauverfahren führte zu teils komplexen Ackerbauverfahren, die von vielen verschiedenen Faktoren abhängig sind. Diese sind teilweise fix, d.h. nicht oder kaum beeinflussbar (Standort, Klima). Zahlreiche variable Faktoren sind durch die einzelnen Anbauerinnen und Anbauer ebenfalls nicht zu beeinflussen (Marktpreis, Rohstoffpreise, politische Vorgaben wie Flächenstilllegungsanteile oder Naturschutzvorgaben).

Nach dem 2. Weltkrieg entwickelte sich eine zunehmende Abhängigkeit von der Verfügbarkeit wirksamer Pflanzenschutzmittel als Folge immer enger werdender Fruchtfolgen und verstärkt auftretender Problemschaderreger. Die Grenzen dieser Entwicklung sind nun erreicht, weil sich die Resistenzbildung gegen die vorhandenen Pflanzenschutzmittel beschleunigt hat und gleichzeitig die Verfügbarkeit wirksamer Pflanzenschutzmittel abnimmt (keine neuen Wirkmechanismen, strengere Regelungen im Rahmen des Zulassungsverfahrens).

Den Anwendenden bleibt nur die Möglichkeit, durch eine sinnvolle Einsatzstrategie der verbliebenen Pflanzenschutzmittel und die Nutzung der am Standort möglichen Feldhygienemaßnahmen Resistenzentwicklungen aufzuhalten oder zumindest zu verlangsamen. Erschwerend kommt hinzu, dass sich das Schaderregerspektrum verändert, weil es sich an die Klimaveränderungen anpasst oder neue Problemschaderreger eingeschleppt werden.

Es ist das Ziel dieser Broschüre, erstmals alle möglichen Maßnahmen der Feldhygiene in ihrer Gesamtheit und gegenseitigen Abhängigkeit darzustellen. Aus diesem „Werkzeugkasten“ gilt es künftig die am jeweiligen Standort und Anbauverfahren möglichen Maßnahmen auszuwählen und gezielt zu nutzen.

Bei den in der Broschüre beschriebenen Möglichkeiten im Rahmen der Feldhygiene handelt es sich um kein statisches System. Vielmehr verändert sich der Handlungsspielraum in Abhängigkeit von den aktuellen Rahmenbedingungen.

Feldhygiene besteht aus einem Netzwerk von Handlungsoptionen mit vielfältigen Beziehungen und Abhängigkeiten zwischen Standortfaktoren, Fruchtfolge, Unkrautsamenmanagement, Bodenbearbeitung, Sortenwahl und Bestandesführung. Die Nutzbarkeit der verschiedenen Maßnahmen muss sich an der jeweiligen örtlichen Situation orientieren.

Daraus lässt sich ableiten, dass es keine allgemeingültige Strategie zur Handhabung des Feldhygiene-Maßnahmenpaketes geben kann. Ein Blick in die Tabelle zum Einfluss der Feldhygiene auf verschiedene Schaderreger (Kapitel 8) offenbart, wie unterschiedlich diese auf die verschiedenen Feldhygienemaßnahmen ansprechen. Feldhygiene muss daher immer standort- und problemorientiert praktiziert werden.

Sicher ist nur, dass es künftig immer weniger einfache Lösungen geben wird. Daher braucht es eine Rückbesinnung auf acker- und pflanzenbauliches Instrumentarium im Sinne der Feldhygiene.

Wir wünschen Ihnen eine interessante Lektüre!

Ihr
Bundesinformationszentrum Landwirtschaft



**Bundesinformationszentrum
Landwirtschaft**

Inhalt

1	Historie und Entwicklung des Ackerbaues bis heute	5
1.1	Rückblick auf ackerbauliche Verfahrensweisen einschließlich Pflanzenschutz	5
1.2	Aktuelle Probleme des Pflanzenschutzes	6
1.3	Bevölkerungsentwicklung und Ernährung	8
2	Feldhygiene und Standortfaktoren	9
2.1	Feld	9
2.2	Grenzbereiche in der Kulturlandschaft	9
2.3	Feldhygiene	11
2.4	Entwässerung	12
2.4.1	Ursachen und Auswirkungen der Vernässung	12
2.4.2	Entwässerungsmaßnahmen	13
2.4.3	Graben- und Dränagepflege	13
2.4.4	Fazit	15
3	Fruchtfolge	17
3.1	Grundlagen	17
3.2	Einfluss der Fruchtfolge auf die Verunkrautung	21
3.2.1	Dauerunkräuter	22
3.2.2	Einjährige Unkräuter	25
3.2.3	Einjährige Ungräser	26
3.2.4	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	30
4	Bodenbearbeitung	33
4.1	Aufgaben, Ziele und Technik der Bodenbearbeitung	33
4.2	Stoppelbearbeitung	35
4.3	Grundbodenbearbeitung	37
4.4	Fazit	38
5	Nachernte-/ Samenmanagement	39
5.1	Dormanz/Keimruhe - Begriffsklärung	39
5.2	Beispiel Ausfallraps	39
5.3	Beispiel Ackerfuchsschwanz	45
5.4	Fazit	52
6	Sortenwahl, Aussaat, Pflanzung	53
6.1	Sortenwahl	53
6.1.1	Grundlagen	53
6.1.2	Züchtung	53
6.1.3	Getreide	55
6.1.4	Raps	59
6.1.5	Mais	60
6.1.6	Zuckerrüben	60
6.1.7	Kartoffeln	61
6.1.8	Leguminosen	62
6.1.9	Obst und Gemüse	63
6.2	Saat-/Pflanzzeit	63

6.3 Saat-/Pflanzverfahren	66
6.3.1 Saat-/Pflanzbettbereitung	66
6.3.2 Saat-/Pflanzdichte	67
6.3.3 Saat-/Pflanztiefe	69
6.3.4 Untersaaten	69
7 Bestandes-/Kulturführung	71
7.1 Düngung	72
7.1.1 Düngung und Ertrag	72
7.1.2 Düngung und Pflanzenqualität	73
7.1.3 Düngung und Pflanzengesundheit	77
7.1.4 Düngung und Umwelt	78
7.1.5 Fazit.....	79
7.2 Pflanzenschutz	81
7.2.1 Kontrolle von Pilzkrankheiten	81
7.2.1.1 Beispiel: Fusarium	82
7.2.2 Kontrolle tierischer Schaderreger.....	88
7.2.2.1 Beispiel: Maisschädlinge	89
7.3 Bewässerung	91
7.3.1 Einfluss der Bewässerung auf Ertrag und Qualität	91
7.3.2 Faktoren zur Ermittlung des Bewässerungsbedarfes.....	91
7.3.3 Techniken der Bewässerung.....	94
7.3.4 Die Steuerung der Bewässerung	97
7.3.5 Kosten und Wirtschaftlichkeit der Bewässerung	98
7.3.6 Rechtliche Grundlagen	99
7.3.7 Einfluss der Bewässerung auf Krankheiten, Schädlinge und Umwelteinflüsse.....	100
7.3.8 Fazit.....	100
8 Wechselwirkung zwischen Schaderreger und Anbau	101
8.1 Verschleppung von Schaderregern	101
8.1.1. Überbetrieblicher Maschineneinsatz	101
8.1.2. Ernte- und Verarbeitungsrückstände	101
8.2 Praxisbeispiele und Diskussion	101
9 Feldhygiene und Klimawandel	107
9.1 Klimawandel	107
9.2 Kultur- und Sortenwahl, Fruchtfolge.....	108
9.3 Bodenbearbeitung	109
9.4 Bestandesführung	109
9.5 Schaderreger	109
9.6 Fazit.....	110
10 Feldhygiene und Biodiversität	111
Mitglieder der Arbeitsgruppe	115
KTBL-Veröffentlichungen	116
Weitere BZL-Medien	117
BZL Videos	120
Das BZL im Netz	122
Impressum	123

1 Historie und Entwicklung des Ackerbaues bis heute

Autor: Dr. Rolf Balgheim

Feldhygiene umfasst das sinnvolle Ineinandergreifen verschiedener ackerbaulicher Faktoren, die sich im Laufe der Jahrtausende entwickelt und weiterentwickelt haben. Ein Rückblick auf die Vergangenheit und Entwicklung im Landbau soll deshalb vorangestellt werden.

1.1 Rückblick auf ackerbauliche Verfahrensweisen einschließlich Pflanzenschutz

Neolithische Revolution

Ab etwa 6500 v. Chr. wandelte sich die Nahrungsbeschaffung der Menschen in Europa grundlegend im Übergang vom Jäger und Sammler zum sesshaften Menschen (KELLER et al., 1997). Damit verbunden war erstmals ein zunächst mehr oder weniger geregelter Anbau von Nahrungspflanzen und Speicherung des Erntegutes. Dazu musste er u. a. akzeptieren, dass auf seinem Feld andere Pflanzenarten, die die Ertragsentwicklung der gewünschten Pflanzen behinderten, beseitigt werden müssen. Dieser nun systematisch betriebene Nutzpflanzenanbau hatte damals zu einer deutlichen Zunahme der Bevölkerung geführt (KOLBE, BUSSMANN und WINTER, 1984). Gleichzeitig verursachte der nun stationär betriebene Landbau Abhängigkeit vom gewählten Standort. Besonders klimatisch negative Ereignisse konnten so einfach nicht durch die bis dahin übliche Nomadisierung umgangen werden. Einmal errichtete Siedlungen wurden nur bei absoluter Notlage aufgegeben.

Fruchtfolgen

Bis ca. 800 n. Chr. entwickelte sich der Ackerbau im Rahmen einer **Zweifelderwirtschaft** weiter. Während eine Hälfte bebaut wurde, lag die andere Hälfte ein- oder mehrjährig brach und konnte als Weide benutzt werden, wodurch ein Düngeneffekt entstand. Üblich war aber auch eine Aufteilung in Sommergetreide und Wintergetreide, eine Brache entfiel somit. Dieses Vorgehen führte allerdings zum Raubbau am Boden und die Erträge sanken. Folge waren immer weitere Waldrodungen, um neue Ackerflächen zu erschließen.

Trotz einer geringen Bevölkerungsdichte kam es durch ein kaltes und niederschlagreiches Klima immer wieder zu katastrophalen Versorgungssituationen, die zu ausgeprägten Hungersnöten führten. Karl der Große (768 bis 814 n. Chr.) reagierte darauf mit einer Vielzahl von Maßnahmen (Höchstpreisverordnung, Verbot von Getreideexporten, Notsteuern) (KOLBE et al., 1984). Wichtiger jedoch war die Öffnung hin zur **Dreifelderwirtschaft**, die in der damaligen

Zeit entwickelt wurde und von den karolingischen Klöstern ausging. Im Gegensatz zur Zweifelderwirtschaft lag nun nur noch ein Drittel der Ackerfläche brach, was zu einer deutlichen Steigerung der Produktion führte. Ein Drittel wurde mit Wintergetreide, ein Drittel mit Sommergetreide bestellt, während das dritte Drittel brachlag. Üblich waren damals Schwarzbrache oder Selbstbegrünung.

Diese mittelalterliche Dreifelderwirtschaft setzte sich bis in das 18. Jahrhundert fort. Ab Mitte dieses Jahrhunderts wurden erstmals Futterpflanzen (Rotklee) und Hackfrüchte (Kartoffel) angebaut. In der Folge ging im späten 18. und frühen 19. Jahrhundert die Nutzung des Waldes als Hute zurück. Die Einbeziehung von Nahrungspflanzen und Ackerfutter in die Fruchtfolge ermöglichte eine deutliche Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit. Ergänzt wurde dies durch Gaben von Dung und Einarbeitung der Futterpflanzenreste. Der Name des Agrarwissenschaftlers Albrecht Daniel Thaer (1752 bis 1828) ist mit dieser Entwicklung untrennbar verbunden. Diese Bewirtschaftungsform hält sich im Prinzip bis heute.

Mitte des 20. Jahrhunderts setzte eine zunehmende Intensivierung des Landbaues ein, wobei im weiteren Verlauf die Fruchtfolgen immer enger wurden. Dreigliedrige Fruchtfolgen aus Wintergetreide und einer Blattfrucht (Winterraps oder Zuckerrübe/Kartoffel) wurden zur Regel. Auch zweigliedrige Fruchtfolgen (Winterweizen/Winterraps) werden angelegt. Auf die sich aus dieser Konstellation entwickelnde Problematik soll später eingegangen werden.

Bodenbearbeitung und Düngung

Die Bodenbearbeitung erfolgte zunächst mit hölzernen Haken, wobei der Boden aufgelockert und belüftet wurde. Mit der späteren Erfindung und Weiterentwicklung von Streichbrett- und Streichblechpflügen konnte die Ackerkrume vermischt und gewendet werden. Damit wurde auch eine Bekämpfung von Unkräutern und Ungräsern möglich. Die Pflugtiefe wurde durch die Zugkraft des/der Ziehenden bestimmt. Mit dem Aufkommen von Traktoren konnte die Pflugtiefe nochmals deutlich gesteigert werden. Zu Beginn des systematischen Ackerbaues war Düngung unbekannt. Man nutzte die Böden, soweit es möglich und der Ertrag ausreichend war. Bei Einhaltung des Brachensystems konnte sich zumindest ein Teil der Ackerfläche „ausruhen“. Holzasche, Mist, Dung und organische Abfälle waren neben der Brache die einzige Möglichkeit, den Böden Nährstoffe zuzuführen. Mit Dung versetzte Waldböden wurden abgetragen (Plaggennutzung) und auf die Felder gebracht. Im norddeutschen und mitteldeutschen Raum wurde häufig geplaggt. Dabei wurden humusreiche Bodenkruken außerhalb der Felder abgetragen und als Bodenverbesserer und Dünger verwendet.

Im 19. Jahrhundert erkannte Carl Sprengel (1787 bis 1859), dass die Pflanzen dem Boden Mineralstoffe entziehen und postulierte aufgrund von Düngeversuchen, dass Pflanzen ausschließlich von anorganischen Stoffen leben (Mineralstofflehre) (WIESLER, 2022). Justus von Liebig (1803 bis 1873) erkannte die Bedeutung der Nährstoffe (Menge und Verhältnis zueinander) und begründete so mit Carl Sprengel die Lehre von der Pflanzenernährung und Düngung (LÜTKE ENTRUP, OEHMICHEN, 2006). Die industrielle Entwicklung und Produktion mineralischer Stickstoffdünger (Haber-Bosch-Verfahren 1908) ermöglichte erstmals eine gezielte Düngung nach Entzug und eine kontinuierliche Steigerung der Erträge.

Pflanzenkrankheiten und Einsatz von Pflanzenschutzmitteln

Mit Beginn der organisierten Feldwirtschaft steht der Schutz der Nutzpflanzen und des Erntegutes vor Schädlingen im Vordergrund. Nahrungskonkurrenten konnten aufgrund knapper Nahrungsmittel nicht geduldet werden. Die angewandten Methoden führten jedoch kaum zu Erfolgen. Aus dem Mittelalter ist überliefert, dass wiederholt ganze Dörfer und Städte unter Vergiftungserscheinungen, hervorgerufen durch Mutterkornalkaloide, zu leiden hatten (Antoniusfeuer, Isenheimer Altar) (JASKOLLA, 2006). Mutterkornvergiftungen kommen auch heute noch gelegentlich vor.

Ab ca. 1500 versuchte man mit Saatgutbeizung auf Grundlage von Salzwasser oder Auszügen von Zwiebeln, Knoblauch oder Pfefferminze die Keimfähigkeit des Saatgutes zu verbessern. Mitte des 19. Jahrhunderts (ca. 1840 bis 1850) kam es in weiten Teilen Englands und Irlands zu extremen Hungersnöten, weil das damalige Hauptnahrungsmittel, die Kartoffel, durch die Kraut- und Knollenfäule über mehrere Jahre zum größten Teil vernichtet wurde. Nach den Aufzeichnungen sind ca. 1 Mio. Menschen verhungert und ca. 1,5 Mio Menschen ausgewandert. Auch auf dem Kontinent grassierte diese Pilzkrankheit extrem stark. Eine Bekämpfung war zu der damaligen Zeit nicht möglich.

Andererseits löste die kontinuierliche Gefährdung der Nahrungsmittelgrundlage aber eine intensive Forschung hinsichtlich Entwicklung und Befallsverlauf der Pflanzenkrankheiten aus. Dies galt insbesondere für die neu in Europa eingeführten Pflanzenarten Kartoffel, Tabak, Mais und Futterrübe (JASKOLLA, 2006).

Entwicklungen in den vergangenen 70 Jahren

In der **Zeit nach dem 2. Weltkrieg** setzte zunächst verhalten, dann jedoch mit großer Geschwindigkeit eine Abwanderung der in der Landwirtschaft Beschäftigten in die Industrie ein. Dies führte zu einer kontinuierlichen Rationalisierung im landwirtschaftlichen und erwerbsgärtnerischen Bereich und damit verbunden einer stetigen Intensivierung des Pflanzenbaus. Politische Vorgabe war

die Produktion ausreichender und gesunder Nahrungsmittel. Erreicht wurde diese Forderung durch Entwicklung ertragreicherer Sorten mit Standfestigkeit, Steigerung und Anpassung der Düngung, sowie einer Intensivierung der Bodenbearbeitung mit leistungsfähigeren Maschinen. Wachsende Bedeutung erlangten Pflanzenschutzmaßnahmen zur Verhinderung von Ertragsverlusten durch Ungräser (Flughafer in Sommerungen), Unkräuter, Krankheiten und tierische Schaderreger.

Ab den **1970er Jahren bis zur Jahrhundertwende** setzte sich die Intensivierung fort. Die Fruchtfolgegestaltung erfolgte überwiegend nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten. Wichtige Elemente des Ackerbaus wie beispielsweise eine weite Gestaltung der Fruchtfolge oder standortangepasste Aussaattermine und Sorten wurden in den Hintergrund gedrängt. Man konzentrierte sich zunehmend auf dreigliedrige Fruchtfolgen aus Winterungen (Wintergerste, -weizen, -raps oder auch Winterweizen, -weizen und -raps), auf entsprechenden Böden wurden Zuckerrüben integriert. Negative Auswirkungen der verengten Fruchtfolgen konnten durch entsprechende Pflanzenschutzmaßnahmen kompensiert werden.

In diesen Zeitraum fiel auch die Weiterentwicklung hoch wirksamer Pflanzenschutzmittel (Herbizide, Fungizide und Insektizide).

Auch im neuen Jahrtausend setzte sich diese Entwicklung fort: Aussaattermine wurden vorgezogen bei nicht immer angepassten Aussaatmengen, Bestandesdichten wurden dadurch erhöht. Die Bodenbearbeitung mit dem Pflug trat zumeist aus betriebswirtschaftlichen Gründen weiter in den Hintergrund. Die Landwirtschaft reagierte damit auf den zunehmenden wirtschaftlichen Druck.

Die Folge dieses Entwicklungsprozesses waren wachsende Probleme mit Ungräsern, besonders in Getreidebeständen mit Ackerfuchsschwanz und Windhalm, sowie eine deutliche Veränderung des Krankheitsspektrums. Die Fehlentwicklungen bei den ackerbaulichen Faktoren verursachten geradezu ein Förderprogramm für Ungräser.

Enge Rapsfruchtfolgen führen aktuell zu einer deutlichen Zunahme der Pflanzenschutzsätze. Das Ertragsniveau in langjährigen Rapsanbaugebieten kann unter diesen Umständen kaum noch gehalten werden. Begrenzender Faktor ist häufig die Kohlhernie. Versuche zeigen, dass allein durch die Erweiterung einer Rapsfruchtfolge auf 4 Jahre sehr positive Effekte erzielt werden können.

1.2 Aktuelle Probleme des Pflanzenschutzes

Die Entwicklung der vergangenen Jahre hin zu engen Winterungsfruchtfolgen, geringere Bodeneingriffsintensität, vorgezogene Aussaattermine mit nicht angepassten Aussaatmengen und anfälligen Sorten blieb nicht ohne Folgen. In den 60/70er Jahren bestand noch ein stabiles System mit weiten Fruchtfolgen, wendender Bodenbearbeitung und späten Aussaatterminen, in dem Ungras- und Krankheitsprobleme einschließlich tierischer Schaderreger (Insek-

ten) weitestgehend beherrschbar waren. Heute finden wir dagegen häufig ein instabiles System mit den eingangs in diesem Unterpunkt vorgestellten Problemkreisen vor (siehe Abb. 1.1). Jeder Punkt für sich allein betrachtet führt ein Ackerbausystem sicher nicht zum „Einsturz“, in der Summe allerdings tragen sie zu einer Überlastung erheblich bei. Wichtige Herbizide, Fungizide und Insektizide sind darüber hinaus an ihrer Leistungsgrenze angelangt. Ursache ist die zunehmende Entwicklung von Resistenzen. Der ständige Gebrauch von Herbiziden mit gleichem Wirkmechanismus innerhalb einer Kultur oder sogar in der gesamten Fruchtfolge führte zur Entstehung resistenter Ungraspopulationen. Die gleiche Entwicklung war bei wichtigen Insektengruppen zu beobachten. So sind inzwischen gegen einige Rapschädlinge nur noch Pyrethroide zugelassen. Die wei-

tere Entwicklung diesbezüglich ist vorprogrammiert. Die mehrmalige Anwendung verminderter Aufwandmengen an Fungiziden innerhalb einer Vegetationsperiode förderte die Behandlungshäufigkeit und Resistenzbildung bei wichtigen Fungizidgruppen (einschl. Azol-Shifting¹). Die Entwicklung und Vermarktung grundlegend neuer Wirkungsmechanismen und Wirkstoffe, die diese Probleme mildern könnten, ist in absehbarer Zeit nicht zu erwarten².

Die Landwirtschaft muss auch deshalb zu einem komplementären System aus ackerbaulichen Verfahrensweisen und dem notwendigen Einsatz von Pflanzenschutzmitteln zurückfinden, um diese langfristig zu erhalten.

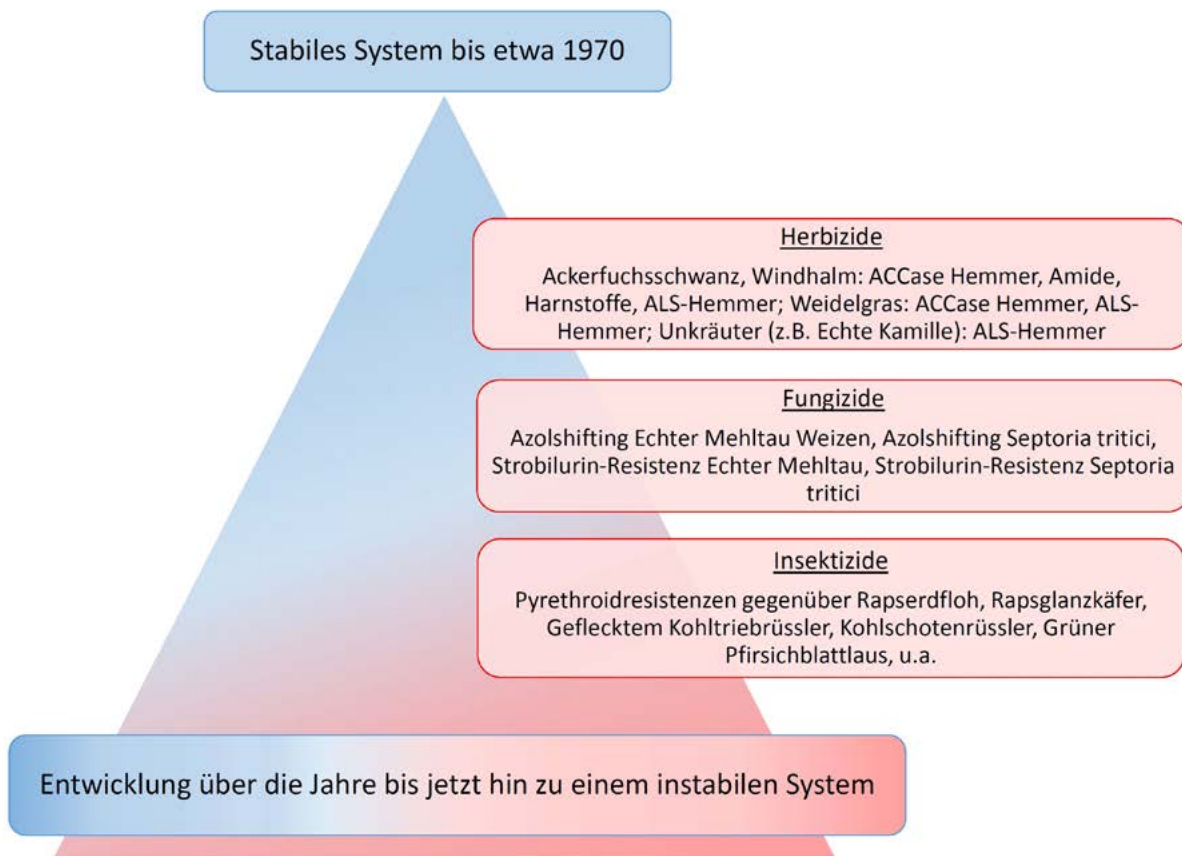


Abb.1.1: Wirkungsverluste/Resistenzentwicklung bei wichtigen PSM-Gruppen (kein Anspruch auf Vollständigkeit) (Grafik: R. Balgheim)

¹ Azol-Shifting: Schleichender Wirksamkeitsverlust von Azol- Wirkstoffen durch schrittweise Anpassung von Erregern (Septoria) über mehrere genetische Mutationen

² Mit Inkrafttreten der Verordnung (EG) Nr. 1107/2009 und der damit verbundenen Änderung in der Wirkstoffgenehmigung (was Auswirkungen auf das gesamte Zulassungsverfahren hat) ist absehbar, dass zukünftig deutlich weniger Wirkstoffe verfügbar sein werden. Um den Selektionsprozess und damit die Resistenzgefahr zu verlangsamen, ist aber eine Vielzahl an Wirkstoffen mit unterschiedlichen Wirkmechanismen notwendig.

1.3 Bevölkerungsentwicklung und Ernährung

Seit 1800 liegen relativ gesicherte Zahlen über die Bevölkerungsentwicklung vor. Lebten um 1800 ca. 22 Mill. Menschen auf dem Gebiet des heutigen Deutschlands, wuchs die Zahl über 1817 (ca. 25 Mill.), 1850 (ca. 35 Mill.), 1900 (ca. 54 Mill.) und 2022 (ca. 84 Mill.,) (DESTATIS, 2022). Schon vor Beginn der eigentlichen Industrialisierung konnten Wanderungsbewegungen vom Land in die Städte festgestellt werden. Diese Tendenz verstärkte sich im 20. Jahrhundert deutlich.

Zu allen Zeiten – die letzten 60 Jahre ausgenommen – waren Nahrungsmittel knapp. Während zur Zeit des mittelalterlichen Klimaoptimums (ca. 950 bis 1250 n. Chr.) die Versorgungslage als ziemlich gesichert galt, führte die darauffolgende „Kleine Eiszeit“, der Ausbruch der Pest, der 30-jährige Krieg und immer wieder Missernten, bei gleichzeitigem Anstieg der Bevölkerungszahlen, zu gravierenden Problemen bei der Sicherstellung der Ernährung. Auch nach Ende der „Kleinen Eiszeit“ (ca. 1850) verbesserte sich die Versorgungslage nur zögerlich. Eine grundlegende Verbesserung wurde erst nach dem 2. Weltkrieg erreicht.

Literatur

CRAMER, H. H. (2007): Ernten machen Geschichten
AgroConcept Verlagsgesellschaft GmbH, Bonn, S. 172

DESTATIS (2022): Amtliche Einwohnerzahl Deutschlands

JASKOLLA, D. (2006): Der Pflanzenschutz vom Altertum bis zur Gegenwart
Ein Leitfaden zur Geschichte der Phytomedizin und der Organisation des Deutschen Pflanzenschutzes.
Julius Kühn-Institut (Biologische Bundesanstalt), Informationszentrum Phytomedizin und Bibliothek, Berlin-Dahlem, S. 2 und S. 6

KELLER, E. R., HANUS, H. und HEYLAND, K. – U. (1997):
Band 1, Grundlagen der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion,
Handbuch des Pflanzenbaues Bd. 1, S. 17
Verlag Eugen Ulmer

KOLBE, W., BUSSMANN, R. und WINTER, F. (1983):
Landbau und Ernährung
Ausgewählte Gespräche und Rundfunk-Reportagen (1963 – 1983)
Rheinischer Landwirtschafts-Verlag G.m.b.H.- Bonn, S. 9 und S. 215

LÜTKE ENTRUP, N. UND OEHMICHEN, J. (2006)
Lehrbuch des Pflanzenbaues
Dritte Auflage, S. 31
AgroConcept Bonn

WIESLER, F. 2022 schriftl. Mitteilung

Weiterführende Literatur

BEHRINGER, W. (2007):
Kulturgeschichte des Klimas von der Eiszeit bis zur globalen Erwärmung Verlag C.H. Beck

KUNZ, W. (2017):
Artenschutz durch Habitatmanagement. Der Mythos von der unberührten Natur. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co.KGaA

REICHHOLF, J. (2015):
Eine kurze Naturgeschichte des letzten Jahrtausends
Fischer-Verlag Taschenbuch

2 Feldhygiene und Standortfaktoren

Autoren:

Dr. Bernd Augustin (Kap. 2.1 bis 2.3)

Mario Hehne (Kap.2.4)

2.1 Feld

Unter „Feld“ wird im Allgemeinen eine pflanzenbaulich genutzte Fläche verstanden. Auf diesen Produktionsflächen wird Ackerbau betrieben oder es werden Sonderkulturen angebaut (Obst-, Wein-, Gemüse- und Zierpflanzenanbau). Dadurch entstand eine Kulturlandschaft, ein „landschaftstypisches Nebeneinander von Feldern, Wiesen und Wäldern (und Siedlungsflächen)“³, das durch Jahrhunderte währende Arbeit geprägt wurde und einem ständigen Wandel unterworfen ist. Die Geschwindigkeit, mit der sich Veränderungen in der Kulturlandschaft vollziehen, hat in den vergangenen zweihundert Jahren in dem Maße zugenommen, in dem sich die Siedlungsflächen ausgedehnt und die Bewirtschaftungsformen verändert haben. Die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen führten in der Landwirtschaft zur Entwicklung rationeller Anbauverfahren.

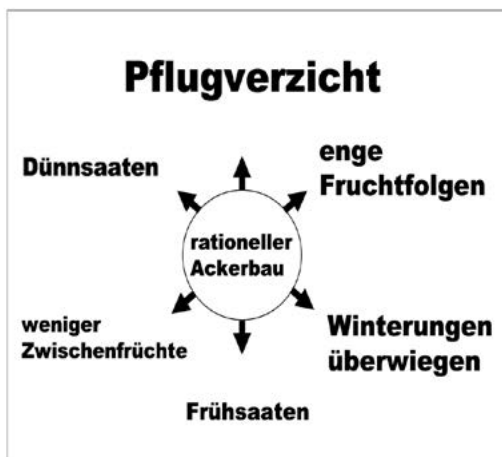


Abb. 2.1: Aktuelle Ackerbauverfahren sind geprägt von wirtschaftlichen Gesichtspunkten

In der Konsequenz führte dies zu einem Rückgang an Landschaftsstrukturelementen (Hecken, Bäume, Brachflächen), bedingt durch die gewachsenen Bewirtschaftungseinheiten in der Landwirtschaft.

2.2 Grenzbereiche in der Kulturlandschaft

Die landwirtschaftlichen Nutzflächen sind Landschaftselemente. Sie grenzen an Nichtkulturland unterschiedlichster Art. Das können Gewässer sein, Hecken, offenes Gelände oder auch Wirtschaftswege.

a) Feldrand

Der Feldrand ist der äußere Rahmen der Produktionsfläche. Er wird nach guter landwirtschaftlicher Praxis im Sinne des integrierten Pflanzenbaues bewirtschaftet. Daher gelten dort die gleichen Bewirtschaftungsbedingungen wie auf der gesamten Feldfläche. Allerdings müssen einige Einschränkungen eingehalten werden, die einen Austrag von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln, sowie eine mögliche Bodenerosion in angrenzendes Nichtkulturland verhindern sollen. Gewässerrandstreifen oder abdriftmindernde Düsentypen und Mindestabstände bei der Applikation von bestimmten Pflanzenschutzmitteln seien hier beispielhaft erwähnt.

b) Feldrain



Abb. 2.2: Feldrain (Foto: B. Augustin)

Den unmittelbaren Kontaktbereich zwischen Feldfläche und den übrigen Landschaftselementen bilden die Feldraine. Sie liegen bereits außerhalb der Produktionsfläche. Eine Mindestbreite ist für Feldraine nur entlang von Gewässern festgelegt. Dort muss bei der Applikation von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln der nach Wasserhaushaltsgesetz bzw. Landesrecht vorgeschriebene Mindestabstand eingehalten werden.

Gemäß Bundesnaturschutzgesetz sind auch auf Feldrainen Pflegemaßnahmen mit einem relativ großen Gestaltungsspielraum möglich. Dadurch soll eine maschinengerechte Bewirtschaftung dauerhaft gewährleistet werden (kein „Zuwachsen“) und die Einwanderung von Schaderregern in die Kulturlandschaft verhindert werden.

³ Landwirtschaft verstehen – Fakten und Hintergründe, BMEL Stand Nov 2020, ergänzt

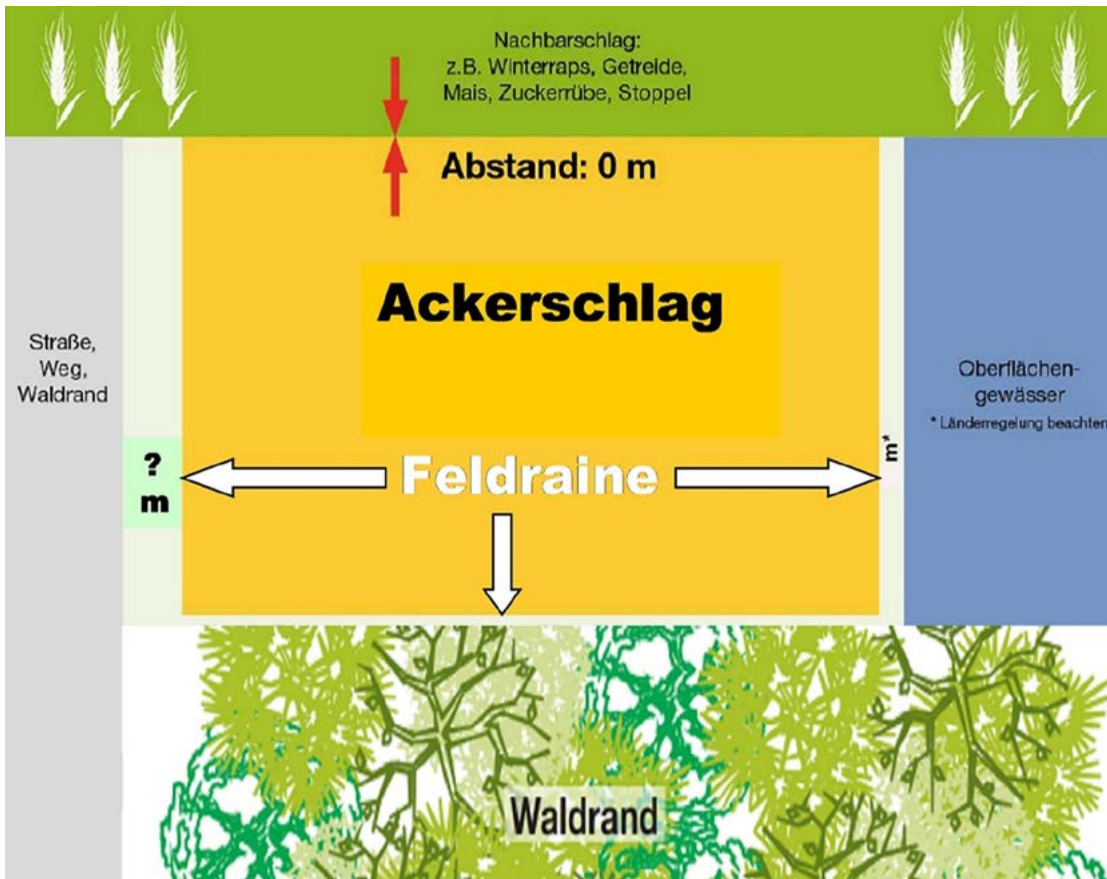
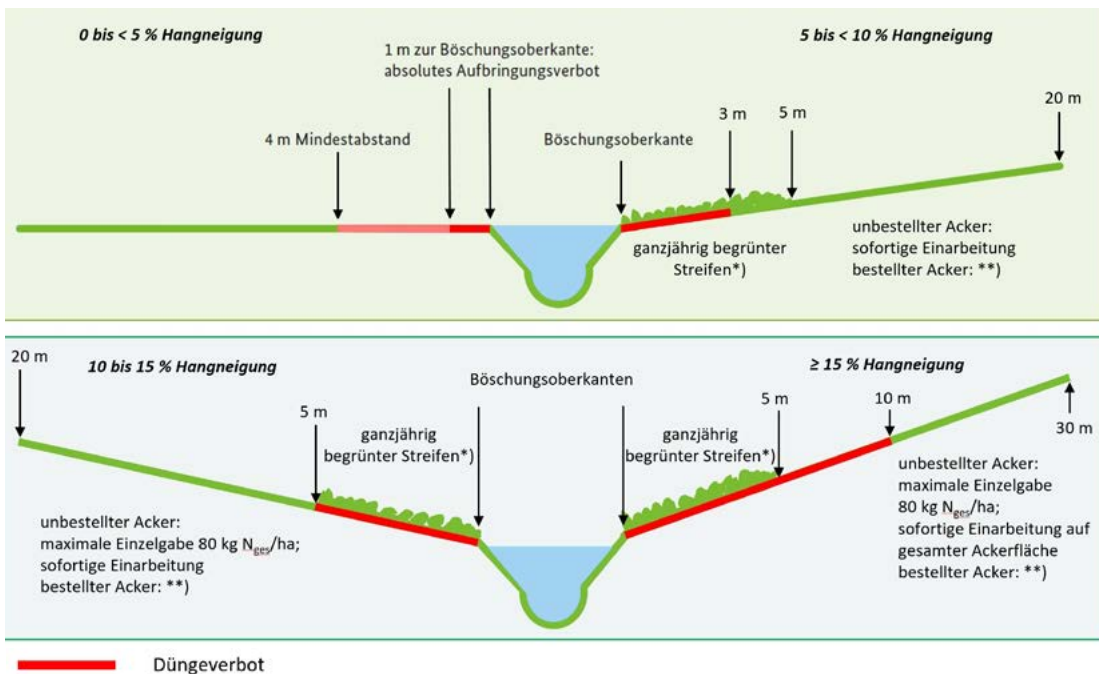


Abb. 2.3: Die landwirtschaftlichen Produktionsflächen sind eingebettet zwischen verschiedenen Landschaftselementen. (Grafik: B. Augustin) (* Mindestabstand von Gewässern für Pflanzenschutzmittelanwendungen)



*) WHG 2009

- **) a) Reihenkultur ab 45 cm Reihenabstand nur bei entwickelter Untersaat oder sofortiger Einarbeitung
 b) Johne Reihenkultur (= Reihenabstand kleiner 45 cm) nur bei hinreichender Bestandsentwicklung
 c) Verfahren mit Mulchsaat oder Direktsaat

Abb. 2.4: Düngebeschränkungen entlang von Gewässern (aus: BZL-Broschüre „Düngerordnung 2020“)

Tabelle 2.1: Funktion und Bewirtschaftung von Feldrainen im Sinne des Bundesnaturschutzgesetzes⁴

<ul style="list-style-type: none"> ■ § 21 Abs. 6: 	Feldraine sind zur Biotopvernetzung zu erhalten und neu zu schaffen
<ul style="list-style-type: none"> ■ § 39 Abs.5 Satz1: 	Verbot des Abbrennens Bewirtschaftung ohne erhebliche Beeinträchtigung von Flora und Fauna
<ul style="list-style-type: none"> ■ § 30 (gesetzl. geschütztes Biotop)/ § 44 (besonders geschützte Arten): 	Spezielle/lokale Bestimmungen

2.3 Feldhygiene

a) Der Begriff der Feldhygiene

„Feldhygiene ist ein Sammelbegriff für alle Kulturmaßnahmen, die vorbeugend oder indirekt dazu beitragen, einen Kulturpflanzenbestand gesund (und leistungsfähig) zu erhalten“⁵.

Diese Definition ist sehr umfassend, denn sie bezieht sich einerseits auf alle Maßnahmen, die die abiotischen Standortbedingungen für die jeweilige Kultur beeinflussen. Zu den abiotischen Standortbedingungen gehören beispielsweise Luft- und Wasserhaushalt, Krümelstruktur des Bodens oder Nährstoffversorgung. Diese Standortverhältnisse bilden die Grundlage für die Leistungsfähigkeit des Kulturpflanzenbestandes und die Qualität des Erntegutes. Zahlreiche ackerbaulichen Aktivitäten haben hierauf Einfluss (Bodenbearbeitung, Meliorationsmaßnahmen, Anbauverfahren, Zufuhr von organischem Material). Andererseits geht es um die Reduzierung des Schaderregerpotenzials, das Qualität und Ertrag der Kultur gefährdet. In Abhängigkeit von der Kulturart können die unterschiedlichsten Krankheiten (Viren, Bakterien, Pilze) und tierischen Schädlinge (Insekten, Nagetiere, Vögel) von Bedeutung sein. Menge und Zeitpunkt des Auftretens der Schaderreger beeinflussen die Entwicklung der Kultur von der Aussaat bis zur Ernte.

b) Bedeutung des Feldrains für die Feldhygiene

Eine regelmäßige Feldrainpflege ist insbesondere bei Baum- und Strauchbewuchs für eine maschinengerechte Bewirtschaftung der Nutzflächen unerlässlich. Darüber hinaus wird regelmäßig die Bedeutung gegen potenziell einwandernde Schaderreger angeführt. Theoretisch können die meisten Schaderreger vom Feldrain aus in die Produktionsflächen einwandern.

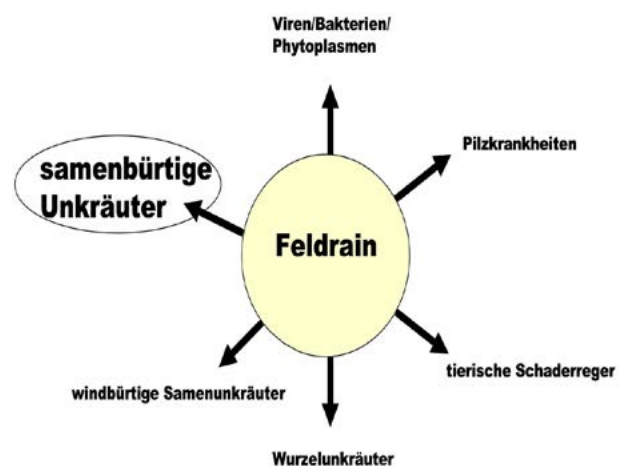


Abb. 2.5: Theoretisch kann das ganze Spektrum an Schaderregern vom Feldrain aus in benachbarte Kulturflächen einwandern. (Grafik: B. Augustin)

Sowohl die Erfahrungen mit angrenzender ein- bis mehrjährigen Flächenstilllegung in der Vergangenheit, als auch spezielle Untersuchungen (z. B. zum Ausbreitungsverhalten von Wurzelunkräutern) belegen, dass die Gefahr phytosanitärer Probleme aus dem Feldrain erheblich geringer ist als allgemein befürchtet.



Abb. 2.6: Feldrainpflege (Foto: B. Augustin)

⁴ Bundesnaturschutzgesetz BNatSchG v. 29.07.2009, zuletzt geändert durch Art. 3 des Gesetzes vom 8. 12.2022

⁵ Schriftenreihe der Deutschen Phytomedizinischen Gesellschaft, Band 3, 1991

Bei differenzierter Betrachtung zeigt sich, dass die Pflege der Feldraine von geringem Einfluss auf das Schadpotenzial der Schaderreger ist:

- die Feldrainpflege beeinflusst nicht die Entwicklung bodenbürtiger Krankheiten und Schaderreger (z.B. Gerstengelmosaikvirus, Rizomania, Nematoden, Kohlhernie)
- die meisten Mikroorganismen (Viren, Bakterien, Phytoplasmen) werden durch mobile Vektoren (z.B. Blattläuse, Zikaden) transportiert
- tierische Schaderreger sind sehr mobil (z. B. Schnecken, Insekten, Mäuse, Vögel)
- viele Pilzkrankheiten und Samenunkräuter breiten sich über Sporen oder Samen mit dem Wind aus oder überleben auf den Produktionsflächen saprophytisch an organischem Material im Boden
- die Ausbreitung von Wurzelunkräutern erfolgt hauptsächlich vegetativ über das Wurzelsystem (Beispiele: Ackerwinde, Ackerkratzdistel)

Der überwiegende Anteil der Schaderreger ist also entweder selbst oder durch Vektoren so mobil, dass eine 1-3 m breite Feldrainpflege keinen spürbar begrenzenden Effekt auf eine Einwanderung in die Felder hat. Eine Ausnahme bilden einjährige Samenunkräuter, wie beispielsweise Trespen- und Raukenarten. Durch Samenwurf wandern sie vom Feldrain aus ein und breiten sich in den Beständen aus. Pflegemaßnahmen auf dem Feldrain vor dem Samenwurf wirken daher einer Ausbreitung in die Bestände sicher entgegen. Das gilt nicht für Arten mit flugfähigen Samen (z.B. Ackerkratzdistel, Kreuzkrautarten), mit denen sie größere Distanzen überwinden können.

Feldhygiene muss daher gezielt auf der bewirtschafteten Fläche betrieben werden, um einen positiven Effekt für die Entwicklung des Kulturpflanzenbestandes entfalten zu können.

Literatur

BUNDESNATURSCHUTZGESETZ (BNatSchG) v. 29.07.2009, zuletzt geändert durch Art. 3 des Gesetzes vom 8.12.2022 (BGBl. I S. 2240)

DEUTSCHE PHYTOMEDIZINISCHE GESELLSCHAFT (DPG) (1991): Schriftenreihe der DPG, Band 3, S. 78

LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NORDRHEIN-WESTFALEN (LANUV) (HRSG.) (2017): Blühende Vielfalt am Wegesrand

WASSERHAUSHALTSGESETZ (WHG) v. 31.07.2009, zuletzt geändert durch Art. 1 d. G. v.19.6.2020 (BGBl. I 1408)

2.4 Entwässerung

2.4.1 Ursachen und Auswirkungen der Vernässung

Dränagen gehören fachlich in den Bereich der Melioration. Abgeleitet von dem lateinischen Wort melior = besser bedeutet Melioration „verbessern“. Durch ihre dauerhafte, lang anhaltende Wirkung unterscheiden sich landwirtschaftliche Meliorationen von den Maßnahmen, die sich zumeist jährlich wiederholen oder nur zeitlich begrenzte Auswirkungen mit sich bringen (DÖRTER, 1985).

Der Bereich Be- und Entwässerung wird unter dem Begriff Hydromelioration zusammengefasst. Unter Hydromelioration versteht man daher die wasserwirtschaftlichen und bautechnischen Maßnahmen zur Erhaltung und Steigerung der Bodenfruchtbarkeit (BUSCH, 1981).

Entwässerungsmaßnahmen sind erforderlich, wenn der Bereich agronomisch optimaler Bodenfeuchte ständig oder regelmäßig über längere Perioden hinweg überschritten wird und der Standort unter ökologischen oder technologischen Gesichtspunkten den Bodenfeuchtezustand der Nässe erreicht (DÖRTER, 1985).

Die Nachteile der Bodennässe in der Landwirtschaft sind:

- Sauerstoffmangel (für Pflanzenwurzeln und Bodenlebewesen)
- geringe Wasser- und Nährstoffausnutzung (geringere ausnutzbare Bodentiefe)
- langsame und späte Bodenerwärmung
- schnelleres Eintreten von Trockenschäden
- Erschwerung der Bodenbearbeitung (höhere Verdichtung)
- Zunahme der Verunkrautung
- erhöhtes Auftreten von Pflanzenkrankheiten (Pilzkrankungen und bakterielle Infektionen)
- geringere Ernteerträge, bis zum Totalausfall (BUSCH, 1981)

Der Hauptnachteil des hohen Wasseranteiles im Boden ist nicht der Wassergehalt an sich, sondern der kleinere Anteil an luftgefüllten Poren n_a . Der zum Luftanteil proportionale Gasaustausch ist etwa ab $n_a < 0,1$ erheblich reduziert (MARSHALL, 1996 in KRAMMERER, 2010), den aeroben Mikroorganismen des Bodens fehlt der Sauerstoff für die Atmung. In so gestörten Böden kann der Kohlendioxidgehalt in der Bodenluft schon in 30 cm Tiefe 1 % betragen (Kohlendioxidgehalt in der Atmosphäre 0,03 %). Gegenläufig nimmt der Sauerstoffgehalt dazu stark ab. Bei weniger als 5 % Sauerstoffgehalt wird das Pflanzenwachstum negativ beeinflusst (KRAMMERER, 2010).

Nasser Boden ist nur beschränkt bearbeitbar. Beim Befahren mit schweren Geräten und unsachgemäßer Bodenbearbeitung entstehen Struktur- und Gefügeschäden bis hin zur Verschmierung. Dies reduziert die Infiltration des Niederschlagswassers und den Gasaustausch des Bodens.

Nasser Boden leitet zwar die mit Sonneneinstrahlung eingetragene Wärme schneller in den Untergrund, doch sorgt die hohe spezifische Wärme von Wasser für eine geringere Erwärmung des Bodens. Außerdem ist für die höhere Verdunstungsrate ein höheres Maß an latenter Verdunstungsenergie erforderlich, die zusätzlich zum Entzug von Wärmeenergie und damit zum Absinken der Temperatur führt. In Folge dessen erwärmt sich nasser Boden im Frühjahr später als trockener. Ein hoher Wassergehalt erhöht das Risiko von Frostschäden bei frostgefährdeten Kulturen beträchtlich (KRAMMERER, 2010).

KRAMMERER (2010) und BUSCH (1981) zeigen, dass ein zu hoher Wassergehalt im Boden verbunden mit einem hohen Grundwasserspiegel den Wurzelraum der Pflanzen stark einschränkt. Sinkt der Wasserspiegel in Trockenperioden rasch ab, kann die nutzbare Feldkapazität wegen der fehlenden Tiefenwurzeln nicht ausgeschöpft werden. Die Nutzpflanzen sind bei langanhaltender Bodennässe im Frühjahr „verwöhnt“, auf entwässerten Böden müssen sie von Beginn an ein ausgedehntes Wurzelsystem für die Wasserversorgung entwickeln und überstehen daher eventuelle Trockenperioden besser.

Nach DÖRTER (1985) fördert Vernässung das Auftreten bestimmter Pflanzenkrankheiten, wie Pilzkrankungen und bakterielle Infektionen. Beispielhaft dafür steht *Phytophthora infestans* (Kraut- und Knollenfäule), hierbei handelt es sich um eine Pilzart, die begeißelte Sporen bilden kann und daher von Feuchtigkeit gefördert wird. Die Bakterienkrankheit *Erwinia carotovora* (Nassfäule und Schwarzbeinigkeit) profitiert ebenfalls von vernässten Standorten. Auch die vom Schleimpilz *Plasmodiophora brassicae* verursachte Kohlhernie wird durch Vernässung begünstigt. Ein Boden mit optimal funktionierenden Dränagen ist daher ein wichtiger Baustein zur Verbesserung der Pflanzengesundheit und trägt wesentlich zur Feldhygiene bei.

Nasser Boden beeinflusst, aus landwirtschaftlicher Sicht, auch das Mikroklima nachteilig: Aufgrund der größeren Verdunstung weist die bodennahe Luftschicht eine höhere relative Luftfeuchtigkeit auf, mit der eine stärkere Nebelbildung einhergeht. Dies begünstigt die Taubildung an Blättern und damit Pflanzenkrankheiten (KRAMMERER, 2010).

DÖRTER (1985) zeigt außerdem auf, dass mangelhafte Bodendurchlüftung infolge Vernässung von zahlreichen Unkrautarten besser toleriert wird als von den meisten Kulturarten. Die Verkräutung vernässter Standorte wird darüber hinaus durch den hydrophilen Charakter vieler Unkräuter noch gefördert. Zahlreiche sogenannte Zeigerpflanzen wie z.B. Schilf, Mädesüß, Blutweiderich und Gilbweiderich (EGGELSMANN, 1981) sind ein deutlicher Beleg für zur Vernässung neigende Standorte. Aus den verschiedenen Pflanzenarten lässt sich direkt auf die Vernässungsart schließen.

2.4.2 Entwässerungsmaßnahmen

Die Ursachen der Bodenvernässung sind wesentlich für die Wahl geeigneter Entwässerungsverfahren. Die technische Ausführung von Entwässerungsanlagen erfolgt entweder über offene Gräben oder durch unterirdische Rohrleitungen, Steinpackungen oder sogenannte Erd- oder Maulwurfsdränagen. Eine Übersicht über die verschiedenen Verfahren ist in Abbildung 2.7 dargestellt.

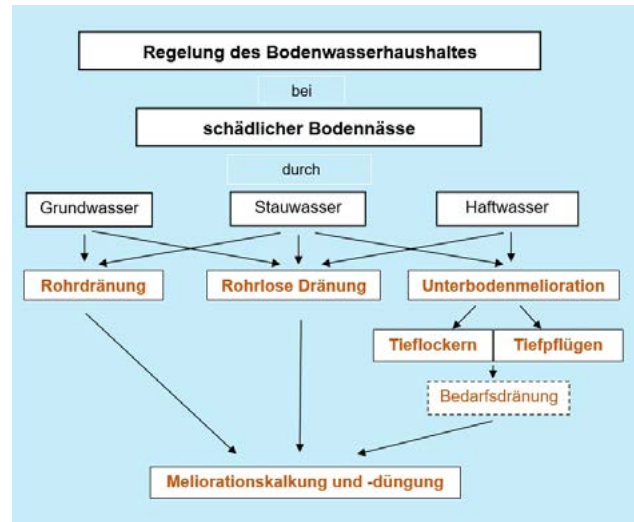


Abb. 2.7: Dränmethoden in Abhängigkeit von der Ursache der Bodenvernässung (nach EGGELSMANN, 1981)

Die wichtigste technologische Maßnahme zur Entwässerung von Grund- und Stauwasser vernässter Standorte ist die Rohrdränage. Dränagen sind künstliche unterirdische Abzüge, die Bodennässe beseitigen und durch eine günstige Beeinflussung der Struktur, der Durchlüftung sowie der Temperatur des Bodens eine Verbesserung des Wasser- und Wärmehaushaltes für den Standort bewirken (ANONYM, 1965). Dränagen nehmen nur frei bewegliches Wasser (Grund- und Stauwasser) auf, das sich im fast spannungsfreien Porenraum des Bodens bewegt.

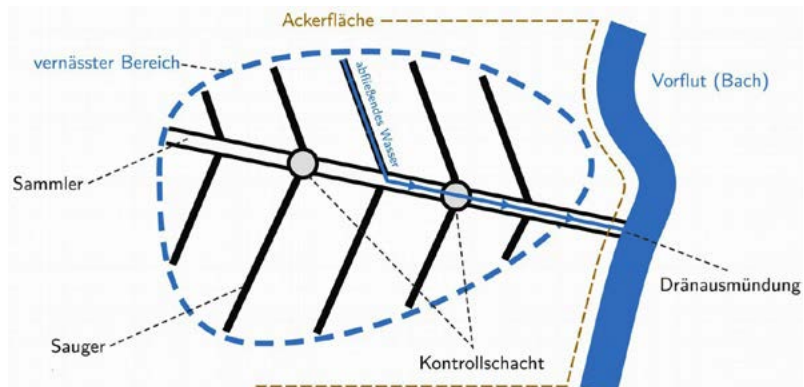


Abb.2.8: Schaubild Rohrdränage (Quelle: Apus Systems)

2.4.3 Graben- und Drainagepflege

Seit Beginn der 1990er Jahre wurde der Wartung von Dränanlagen und der Pflege der betreffenden Vorflut aufgrund verschiedener wirtschaftlicher und gesellschaftspolitischer Veränderungen wenig Beachtung geschenkt. Mangelnde Pflege setzt jedoch die Haltbarkeit der Dränagen und damit auch das Ertragspotenzial der betroffenen Flächen deutlich herab. Die verbauten Anlagen haben bei guter Pflege im Durchschnitt eine Haltbarkeit von 40 bis 50 Jahren. Der Großteil der Dränagen wurde bereits in den 70er Jahren des 20. Jhd. verbaut. Aktuell ist daher die Haltbarkeit der einzelnen Anlagenbestandteile in vielen Fällen bereits deutlich überschritten. Der sogenannte Abnutzungsvorrat dieser Anlagen ist also nahezu aufgebraucht. Das Versagen von Dränagen und die damit verbundenen Ertragsausfälle durch Vernässung von Standorten werden daher in den kommenden Jahren deutlich zunehmen. Die Wirtschaftlichkeit vieler Flächen wird dadurch in Frage gestellt.

Der Graben- und Drainagepflege kommt aus Sicht der Melioration und der Feldhygiene eine große Bedeutung zu. Nicht zuletzt deswegen, weil Dränagen je nach Quelle auf 15 % (FEICK et al, 2005) bis 25 % (WALTER, 2002) der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche in Deutschland den Ertrag sichern. Zur regelmäßigen Wartung und Pflege gehört als wichtigste Maßnahme die jährliche Sichtkontrolle der oberirdischen Bestandteile der Dränanlagen, wie Ausmündungen und Kontrollschächte. Im Ausmündungsbereich sollte durch die Beseitigung von Hindernissen dafür gesorgt werden, dass diese frei sind und das Dränwasser problemlos in die Vorflut abgeben können.

Störungen direkt im Dränsystem sind schwerer zu orten und zu beheben. Hier sind vorhandene Dränagepläne ein wichtiges Werkzeug, um zu wissen, wie die einzelnen Dränabteilungen aufgebaut sind und wohin diese entwässern. Um Dränagen langfristig funktionstüchtig zu halten, müssen Abflussstörungen wie z.B. Verschlammung, Verockerung, Verwachsung und Versackung verhindert bzw. beseitigt werden. Sanierungsarbeiten und bauliche Veränderungen an den Anlagen sollten genau dokumentiert

werden. Im Schadensfall muss entschieden werden, ob das vorhandene Wissen ausreicht, um die Dränageanlage selbst zu sanieren, oder ob Fachbetriebe beauftragt werden sollten. Auch müssen die geltenden gesetzlichen Bestimmungen beachtet werden.

Werden Gräben nicht regelmäßig gepflegt, kommt es durch Verkrautung und Sohlerhöhung zum Anstieg des Grundwassers und damit auch zu einer Vernässung angrenzender Felder (vgl. Abbildung 2.9).

Ab einem bestimmten Grad der Sohlerhöhung sind auch die Dränausmündungen gefährdet. Liegen diese unterhalb der erhöhten Gewässersohle, können die zur Ausmündung gehörigen Dränabteilungen die angrenzenden Felder nicht mehr richtig entwässern. Die Selbstreinigungsleistung der Dränagen wird dadurch zurückgesetzt. Das kann dazu führen, dass sich Dränagen mit Sediment zusetzen und funktionsuntüchtig werden. Um das zu verhindern, ist eine regelmäßige Grundräumung ein wichtiger Bestandteil der Grabenpflege. In Unkenntnis der Lage von Dränausmündungen an der Vorflut werden diese bei Pflegemaßnahmen oft zerstört, so dass deren Funktionsfähigkeit dadurch stark beeinträchtigt wird.

Bei der Bewirtschaftung von Dränflächen erweist es sich daher als sinnvoll, diese im Rahmen eines digitalen Wasser- und Dränagemanagements in Form eines Meliorationskatasters zu verwalten. Dadurch wird die Grundlage für eine langfristige Werterhaltung des Bodens, die Funktionserhaltung der Dränagen und eine Ertragssicherung auf den betreffenden Flächen gelegt. Durch ein gezieltes Management der Anlagen kann es gelingen, Nutzungskonflikte zwischen Umwelt- und Naturschutz und Landwirtschaft auszugleichen: Zum Beispiel mit bestimmten geplanten Wasserspiegeln der Vorflut, welche je nach Bewirtschaftung der Flächen angepasst wird, durch die Verwendung kontrollierter Dränagen oder durch das Anlegen von Dränteichen. Dafür ist jedoch eine umfassende Kenntnis von Lage und Umfang der verbauten Dränagen und des Systems der Vorflut notwendig. Hier muss dringend nachgeregelt werden, da in den Fach- und Hochschulen das

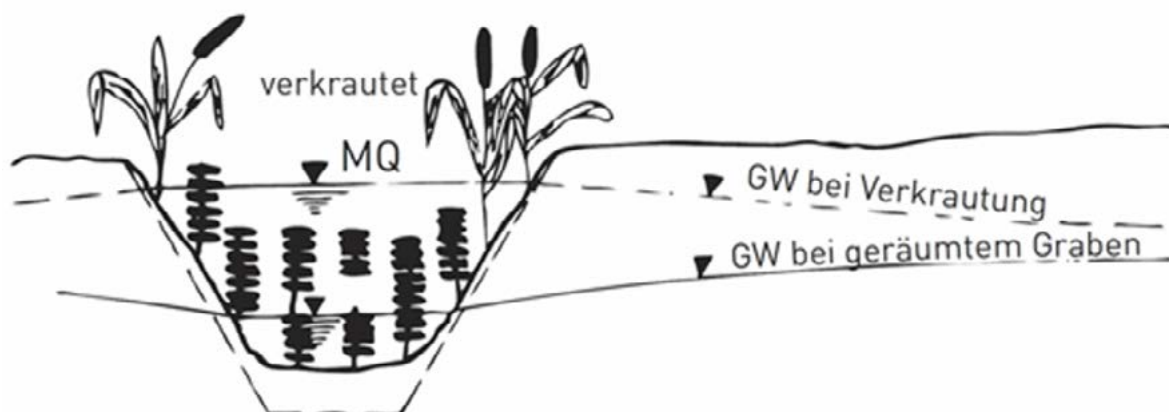


Abbildung 2.9: Anhebung des Grundwasserstandes bei Verkrautung (nach BUSCH, 1981)
MQ = Mittlerer Abfluss; GW = Grundwasser

Thema Dränage/Melioration oft nur am Rande behandelt wird. Das Wissen über die Funktion der komplexen Systeme und deren Auswirkungen auf den Stoff- und Land-schaftshaushalt geht in der Praxis dadurch mehr und mehr verloren.

Dränagen sind künstliche Systeme und beeinflussen Wasserhaushalt, Nahrstoffflsse, Schadstoffaustrag (z.B. Pflanzenschutzmittel) und Bodenerosion. Ihre Auswirkung auf Wasserflüsse im Ackerland sind sehr vielschichtig. Während die meisten Studien eine kleine Zunahme des totalen jährlichen Abflusses und des Niedrigwasserflusses fanden (BENGTSON et al., 1988; BULLOCK & ACREMAN, 2003; EVANS et al., 1995; HOLDEN et al., 2006a; ROBINSON, 1990; SCHILLING und HELMERS, 2008, zitiert nach Gramlich, 2018), waren die Effekte auf die Spitzenabflüsse nach Regenereignissen variabel (BLANN et al., 2009; BULLOCK und ACREMAN, 2003; KLADIVKO et al., 2001; zitiert nach GRAMLICH, 2018). Es ist anzunehmen, dass sich die Abflusszusammensetzung unter dränierten Böden von höherem Oberflächenabfluss zu höherem unterirdischen Abfluss verschiebt (SLOAN et al., 2016; zitiert nach GRAMLICH, 2018). Die Effekte sind jedoch variabel und hängen u.a. von standortspezifischen Eigenschaften wie Topographie, Hydrologie, Geologie, Bodenart und Bodentyp ab.

2.4.4 Fazit

Mit der Dränung soll die für die Entwicklung der Nutzpflanzen und für die Bodenbearbeitung störende Boden-nasse beseitigt werden, also der Widerspruch zwischen den tatsächlichen und den erwünschten Eigenschaften des Standortes der Pflanzenproduktion abgeschwächt werden (KAULFUSS, 1984).

Die Vorteile einer Dränung sind:

- bessere *Einhaltung agrotechnischer Termine*
- bessere Durchlüftung des Bodens, Strukturverbesserung
- bessere Ausnutzung des Bodenwassers und der Bodennahrstoffe
- stärkere Erwärmung des Bodens
- bessere Ausnutzung der Niederschläge
- frühere Bestellung der Flächen, damit längere Wachstumszeit
- Erhöhung der Tragfähigkeit und Befahrbarkeit des Bodens für landwirtschaftliche Maschinen
- Vorteil in Trockenperioden: effektiver Wurzelraum wird größer (BUSCH, 1981)

Ein optimal entwässerter Boden kann dazu beitragen, den Treibhausgasausstoß der betreffenden Flächen zu reduzieren. Die mit stickstoffhaltigen Mitteln gedüngten Pflanzen werden nach ihrem Absterben mikrobiell zersetzt (Scheffer, 1998). Wenn dieser Prozess unter reduzierenden Bedingungen im vernässten Boden stattfindet, entsteht im Zuge der Denitrifikation Distickoxid (N_2O). Dieses ist als Treibhausgas

etwa 265mal so schädlich wie Kohlendioxid (CO_2) und hat eine mittlere Verweilzeit von 121 Jahren in der Atmosphère (IPPC AR5, 2013⁶). Durch eine bessere Durchlüftung des Bodens können die reduzierenden Bedingungen vermieden werden.

Ein funktionierendes System aus Gräben und Dränagen trägt dazu bei, den Ertrag zu sichern, den Boden zu schonen und Kosten zu sparen. Damit die Entwässerungsanlagen langfristig funktionieren, bedarf es einer regelmäßigen Pflege und Wartung.

Literatur

ANONYM (1965): TGL 20286 Blatt 1. Version: 1965. Ministerium für Land-, Forst- und Nahrungsgüterwirtschaft, Bereich Landbau und Meliorationsbau, Berlin

BENGTSON, R.L., CARTER, C.E., MORRIS, M., BARTKIEWICZ, S.A. (1988): The influence of subsurface drainage practices on nitrogen and phosphorus losses in a warm, humid climate. *Trans. ASAE* 31, 729-733.

BLANN, K.L., ANDERSON, J.L., SANDS, G.R., VONDRACEK, B. (2009): Effects of agricultural drainage on aquatic ecosystems: A review. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.* 39, 909-1001.

BULLOCK, A., ACREMAN, M. (2003): The role of wetlands in the hydrological cycle. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 7, 358-389.

BUSCH, K.F. (1981): Hydromelioration 1. Lehrbrief Bodenentwässerung. Zentralstelle für das Hochschulstudium des Ministeriums für Hoch- und Fachschulwesen, Zwickau.

DÖRTER, K. (1985): Landwirtschaftliche Melioration. VEB deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin, 1985.

EGGELSMANN R. (1981): Drananleitung für Landbau, Ingenieurbau und Landschaftsbau. 2. Auflage, Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, 1981.

EVANS, R.O., SKAGGS, R.W., GILLIAM, J.W. (1995): Controlled versus conventional drainage effects on water quality. *J. Irrig. Drain. Eng.* 121, 271-276.

FEICK S., SIEBERT S., DLL P. (2005): A Digital Global Map of Artificially Drained Agricultural Areas. Frankfurt Hydrology Paper, 60.

HOLDEN, J., CHAPMAN, P.J., LANE, S.N., BROOKES, C. (2006a): Impacts of artificial drainage of peatlands on runoff production and water quality, in: Martini, I.P., Martinez Cortizas, A., Chesworth, W. (Eds.), *Peatlands: Evolution and Records of Environmental and Climate Changes*. Elsevier B.V., Amsterdam, pp. 501-528.

⁶ https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter08_FINAL.pdf

IPCC, 2013: CLIMATE CHANGE (2013): The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535

KAULFUSS, W. (1984): Arealstrukturanalyse. Beiträge zur Theorie und Anwendung einer geographischen Methode. Pädagogische Hochschule Dresden, Sonderdruck wissenschaftliche Zeitschrift, S. 89-105, 1984.

KLADIVKO, E.J., BROWN, L.C., BAKER, J.L. (2001): Pesticide transport to subsurface tile drains in humid regions of North America. Crit. Rev. Environ. Sci. Technol. 31, 1-62.

KRAMMERER G., (2010): Regelung des Bodenwasserhaushaltes. Universität für Bodenkultur Wien, Department für Wasser-Atmosphäre-Umwelt, Institut für Hydraulik und landeskulturelle Wasserwirtschaft.

ROBINSON, M. (1990): Impact of improved land drainage on river flows. CAB International, Wallingford, UK 1990.

SCHEFFER, F. (1998): Lehrbuch der Bodenkunde. 14. Aufl. Stuttgart. Scheffer, Schachtschabel, Spektrum Akademischer Verlag.

SCHILLING, K.E., HELMERS, M. (2008): Effects of subsurface drainage tiles on streamflow in Iowa agricultural watersheds: Exploratory hydrograph analysis. Hydrol. Process. 22, 4497-4506.

SLOAN, B.P., BASU, N.B., MANTILLA, R. (2016): Hydrologic impacts of subsurface drainage at the field scale: Climate, landscape and anthropogenic controls. Agric. Water Manage. 165, 1-10.

WALTER, W. (2002): Hydromelioration. Institut für Grundwasserwirtschaft TU-Dresden: Vorlesungsmaterialien.

Eigene Veröffentlichungen zum Thema

HEHNE, M.: Drohne macht alte Dränagen sichtbar, in Land und Forst, Ausgabe 10. Februar 2022, S. 45 – 47.

HEHNE, M., NAUMANN, F.: Entwicklung und Erprobung einer innovativen Methode zur Detektion, Verwaltung und Analyse von landwirtschaftlichen Entwässerungsanlagen, Abschlussbericht im Rahmen der Europäischen Innovationspartnerschaft (EIP), gefördert durch ELER und Thüringer Aufbaubank, assoziierter Partner Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, 2020.

HEHNE, M.: Dränagen sichern den Wert des Bodens - in Landwirtschaft ohne Pflug, Ausgabe 02/2019, S. 38 – 41. Hehne, M.: Modellgebiete Dränagen in Thüringen - Erfassung meliorierter Gebiete. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, 2015.

HEHNE, M.: Aktuelle Probleme und Lösungsmöglichkeiten vernässter landwirtschaftlicher Flächen - in WWT – Das Praxismagazin für das Trink- und Abwassermanagement, 2015.

3 Fruchtfolge

Autoren:

Dr. Rolf Balgheim u. Frank Käufler (Kap. 3.1)

Dr. Bernhard Pallutt (Kap. 3.2)

3.1 Grundlagen

Mit dem Begriff „Fruchtfolge“ wird im Allgemeinen die Abfolge der Kulturen auf einer pflanzenbaulich genutzten Fläche im Ablauf der Vegetationsperiode und einem definierten Zeitrahmen bezeichnet. Während in Dauerkulturen (Obst-, Weinbau, Forst) häufig Jahrzehnte zwischen einem Wechsel liegen können, werden im Ackerbau in der Regel eine, in Sonderfällen zwei Marktfrüchte jährlich angebaut. Im Gemüsebau können es in Abhängigkeit von der teils sehr kurzen Kulturdauer bestimmter Gemüsearten, mehrere Kulturen sein (Fruchtwechsel).

Unter Kapitel 1 (Historie) wurde bereits die Entwicklung einfachster Anbausysteme bis hin zu heutigen Fruchtfolgesystemen skizziert. Sie werden im heute praktizierten Integrierten Pflanzenbau vor allem von drei Leitlinien gesteuert:

1. **Als ideal wird eine ausgewogene Fruchtfolge mit dem Ziel angestrebt, eine ausgeglichene Humusbilanz und eine gute Bodenstruktur mit hoher biologischer Aktivität sicherzustellen sowie einen integrierten Pflanzenschutz zu ermöglichen (HANUS, 1997).**
2. **Die Fruchtfolge steuert – in Abhängigkeit der örtlichen Bedingungen – im Wesentlichen das Auftreten von Krankheiten und Schaderregern. Schaderreger, bei denen die Vermehrung durch wiederholten Anbau ihrer Wirtspflanzen auf ein und derselben Fläche gefördert wird, können durch eine überlegte Fruchtfolge beeinflusst werden (AUST et al., 1993, geändert)**
3. **Öffentliche Fördermittel werden eingesetzt zur Steuerung von Fruchtfolgen zur Erhöhung von Kulturvielfalt mit den Zielen Umweltschutz und und damit Förderung der Biodiversität.** Bestimmte Agrarumweltmaßnahmen (AUM) haben Auswirkungen auf die Fruchtfolge (z.B. Brachebewirtschaftung, vielfältige Kulturen). Der finanzielle Ausgleich entkoppelt diese Maßnahmen von den wirtschaftlichen Zwängen und ermöglicht eine Flächenbewirtschaftung zu Gunsten von Natur- und Umweltschutz.

Der Zeitrahmen für Fruchtfolgen im ackerbaulichen Bereich umfasst im Allgemeinen 3 bis 4 Jahre, kann allerdings auch erweitert werden. Die gewählten Nutzpflanzenarten

(Fruchtfolgeglieder) richten sich dabei zum einen nach den jeweiligen Standortbedingungen (welche Kultur eignet sich für diesen Standort), zum anderen aber auch nach den ökonomischen Belangen des einzelnen Betriebes.

Im Rahmen des Integrierten Pflanzenbaues entspricht es ackerbaulichen Grundprinzipien zur Verminderung von Fruchtfolgeschäden, dass einzelne Fruchtarten die Fruchtfolge nicht dominieren, bzw. einen bestimmten Anteil nicht überschreiten. Die Gestaltung von betrieblichen Fruchtfolgen gehört damit zu den wichtigsten präventiven Pflanzenschutzmaßnahmen, sie bilden somit ein komplementäres System.

Liegen innerhalb eines Betriebes verschiedene Bodenverhältnisse vor oder liegen Feldstücke weit entfernt vom Betriebsmittelpunkt, sind auch mehrere Fruchtfolgen innerhalb eines Betriebes möglich.

Beispiele für Fruchtfolgen (nach BRINKMANN, 1942, geändert, aus: KELLER et al., 1997: Grundlagen der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion, S. 197)

3-gliedrige Fruchtfolge: Blattfrucht, Halmfrucht, Halmfrucht (z.B.: Winterraps, Winterweizen, Wintergerste)
Blattfrucht-Halmfruchtverhältnis 33:67

4-gliedrige Fruchtfolge: Blattfrucht, Halmfrucht, Halmfrucht, Halmfrucht (z.B.: Winterraps, Winterweizen, Wintergerste, Triticale)
Blattfrucht-Halmfruchtverhältnis 25:75

Rheinische Fruchtfolge: Blattfrucht, Halmfrucht, Halmfrucht, Blattfrucht, Halmfrucht (z.B.: Zuckerrübe, Winterweizen, Wintergerste, Mais, Sommergerste)
Blattfrucht-Halmfruchtverhältnis 40:60

Fruchtwechsel-Folge: Blattfrucht, Halmfrucht (z.B.: Zuckerrübe, Sommergerste/Kartoffeln, Winterweizen)
Blattfrucht-Halmfruchtverhältnis 50:50

Doppelfruchtwechsel-Folge: Blattfrucht, Blattfrucht, Halmfrucht, Halmfrucht (z.B.: Zuckerrüben, Kartoffeln, Winterweizen, Wintergerste)
Blattfrucht-Halmfruchtverhältnis 50:50

Die dargestellten Blattfrucht-Halmfruchtkombinationen stellen Beispiele dar. Welche Früchte aus den jeweiligen Bereichen tatsächlich angebaut werden, richtet sich nach den örtlichen Standortbedingungen (Boden, Klima, Betriebsökonomie).

Abb. 3.1:
Rübenzystemnetmatoden:
Befallsherd (Foto: B. Augustin)



Bei sehr engen Fruchtfolgen werden aus phytosanitären Gründen notwendige Anbaupausen nicht eingehalten. Gefördert werden dadurch häufig die Krankheitserreger, die über hohe Überlebensraten im Boden und auf Stoppeln verfügen. Gleiches gilt für Unkräuter und Ungräser. Typische Beispiele sind (Auswahl): Halmbasierkrankungen an Getreide, Nematoden (Rübenzystenälchen), Fusarium-Komplex, Ackerfuchsschwanz, Windhalm, Klettenlabkraut).

4-feldrige Rotation:

Raps	Weizen	Weizen	Gerste
25 %	50 %		25 %
	75 %		

Raps	Weizen	Kö-Mais	Gerste
25 %	25 %	25 %	25 %

Raps	Weizen	Silo-Mais	Gerste
25 %	25 %	25 %	25 %

Raps	Weizen	AB	Hafer	Gerste
25 %	25 %	10%	15 %	25 %

Abb. 3.2: Fruchtfolge-Beispiele (nach STEMANN, 2020)
AB=Ackerbohnen

Weiche Fruchtfolgewirkungen (nach STEMANN, 2020):

- Unterbrechung von Infektionskreisläufen
- keine Selektion spezifischer Unkräuter/Ungräser
- Wirkstoffwechsel beim Einsatz von PSM
- Reduzierung der Behandlungsfrequenz von PSM, z.B. 3 > 2
- keine einseitigen Nährstoffentzüge
- Rückführung unterschiedlicher Erntereste (Mikronährstoffe)
- Humushaushalt: Wechsel von Humuszehmern und Humusmehrern
- Vorfruchteffekte: Blattfrucht – Halmfrucht und Winterung – Sommerung
- Differenzierte Durchwurzelung (Büschel-, Pfahlwurzler)
- Aktivierung von Bodenleben/Antagonisten
- Bildung stabiler „biogener“ Bodenstruktur (Lebendverbauung)
- Erweiterung des Handlungsspielraums für ackerbauliche Maßnahmen

Hier finden Sie Zusatzinformationen:

<https://www.praxis-agrar.de/feldhygiene>

Informationen zur Ackerbaustrategie 2035:

<https://www.bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/pflanzenbau/ackerbau/ackerbaustrategie.html>

Informationen der LWK NRW zur Zwischenfruchtwahl:

https://www.landwirtschaftskammer.de/riswick/versuche/pflanzenbau/zwischenfruechte/veroeffentlichungen/Zwischenfruechte_Fruchtfolgen.pdf

Tabelle 3.0: Kulturübergreifende Begriffe zur Fruchtfolgegestaltung

Fruchfolgeglied	Erläuterungen
Blattfrucht	Blattfrüchte sind zweikeimblättrige Nutzpflanzen. Dazu zählen z.B. Kartoffeln, Rüben, Sonnenblumen, Erbsen, Ackerbohnen und kleeartige Futterpflanzen. Aufgrund des hohen Blattanteils sind sie bodenverbessernd (Schattengare) und gelten daher als gute Vorfrüchte in der Fruchtfolge.
Halmfrucht	Halmfrucht ist eine Sammelbezeichnung für Kulturarten aus der Gräserfamilie, deren Früchte an einem Halm wachsen (z.B. Getreidearten, Mais, Kulturhirsearten)
Marktfrucht	Kulturarten, die überwiegend zur Vermarktung angebaut werden.
Futterkultur	Kulturarten, die zu Zwecken der Verfütterung angebaut werden (meist im eigenen Betrieb (z.B. Klee, Klee gras, Luzerne, Weidelgras)
Hackfrucht	Nutzpflanzenarten mit weitem Reihenabstand, der eine maschinelle Hacke/mechanische Unkrautbekämpfung ermöglicht (z.B. Rüben, Kartoffeln, Mais, Sojabohnen).
Winterung	Winterungen werden im Herbst ausgesät, überwintern in der vegetativen Phase und gehen erst im darauffolgenden Frühjahr in die generative Phase (z.B. Wintergetreidearten, Winterraps).
Sommerung	Sommerungen werden im Frühjahr ausgesät und werden noch im selben Jahr geerntet (Sommergetreidearten, Mais, Kulturhirsen, Erbsen, Ackerbohnen, Rüben)
Kulturen in der Fruchtfolge	
Hauptfrucht	Alle Fruchtarten, die in der gesamten oder in der überwiegenden Vegetationsperiode auf dem Feld und regelmäßig in der Fruchtfolge stehen.
Zwischenfrucht	Zwischenfrüchte werden zwischen zwei Hauptfrüchten angebaut. In Abhängigkeit von der Aussaat- und Nutzungszeit werden Winter- und Sommerzwischenfrüchte unterschieden. Sie können zur Verfütterung genutzt werden (z.B. Raps), dienen der Bodenverbesserung und dem Erosionsschutz (System „immer grün“, z.B. Phacelia, Buchweizen) oder als Fangpflanzen für bodenbürtige Schädlinge (z.B. nematodenresistente Senf- und Ölrettichsorten)
Zweitfrucht	Auch Zweikultursystem genannt; besteht aus einer Winterung, die im Frühjahr/Früh-sommer geerntet wird und einer darauf folgenden Zweitfrucht, die noch im gleichen Jahr geerntet wird. So gibt es 2 Ernten in einem Jahr. Bsp: als Winterung Welsches Weidelgras, oder Grünroggen, oder Wintergetreide, das dann als GPS geerntet wird. Dann ab etwa Mai/Juni Aussaat einer Zweitfrucht, etwa Silo-, oder Energiemais, oder Sommergetreide, das im selben Jahr noch geerntet wird.
Brache	Brache bezeichnet den Verzicht des Anbaues einer Hauptfrucht. Sie werden aus unterschiedlichen Beweggründen angelegt (Marktregulierung, Naturschutz, Reduzierung schwer bekämpfbarer/resistenter Schaderreger, z.B. resistenter Ackerfuchsschwanz) Je nach Zeitdauer und Bewirtschaftungsform unterscheidet man unterschiedliche Bracheformen: <ul style="list-style-type: none"> ■ Rotationsbrache (einjährige Brache) ■ Brache (mehrjährige Brache) ■ Schwarzbrache (spontaner Aufwuchs wird wiederholt entfernt) ■ Begrünte Brache (mit Vegetationsdecke/Begrünung): <ul style="list-style-type: none"> - Selbstbegrünung (Gefahr der Etablierung von Unkrautarten) - gezielte Begrünung (biodivers zur Förderung von Insekten)

Erläuterungen zur Tabelle 3.0, S. 19:

Standorteignung

Ziel aller Kulturmaßnahmen im ackerbaulichen Handeln ist einerseits die Förderung positiver und andererseits die Verhinderung negativer Wachstumsbedingungen. Wachstumsbedingungen werden in erster Linie durch die örtlichen Boden- und Klimaverhältnisse bestimmt. Sie sind deshalb von entscheidender Bedeutung.

Wenn Umweltbedingungen (Standortbedingungen) die Entwicklung von pflanzlichem Wachstum beeinträchtigen, wächst die Gefahr durch Schadorganismen, und zwar umso stärker, je negativer die Umweltbedingungen sind. Deshalb ist es wichtig, die Wahl der Kulturpflanzenart mit entsprechenden Sorten auf die örtlichen Standorteigenschaften abzustimmen. Einzubeziehen in die Standortüberlegungen sind auch die Ansprüche von Krankheitserregern, Schädlingen und Unkräutern.

Hauptfrucht

Als Hauptfrüchte gelten Kulturpflanzen, die die Ackerfläche über die gesamte oder überwiegende Vegetationszeit beanspruchen. Sie stehen darüber hinaus regelmäßig in der betrieblichen Fruchtfolge. Zeitlich zwischen zwei Hauptfrüchten angebaute Fruchtarten heißen Zwischenfrüchte.

Vorfrucht

Vorfrüchte sind Fruchtfolgeglieder, die vor der Hauptfrucht stehen. Es kommen nur solche Kulturen infrage, die den Acker zeitnah bis zur Aussaat der Hauptfrucht geräumt haben. Im Idealfall hinterlassen sie ausreichend Nährstoffe und erleichtern den Anbau der Folgefrucht (kaum Pflanzenrückstände, günstige Bodenstruktur).

Zwischenfrucht

Die gezielte Begrünung von Flächen mit Zwischenfrüchten spielt zunehmend eine wichtige Rolle. Zwischenfrüchte werden zwischen zwei Hauptfrüchten angebaut. Beispielsweise ist Wintergetreide eine Hauptfrucht. Nach der Ernte der Hauptkultur im Juli/August wird die Zwischenfrucht im Juli/August/September ausgesät. Unterschieden wird zwischen Sommer- und Winterzwischenfrüchten. Erstere bleiben nur wenige Wochen oder Monate bis zum Winter auf dem Feld. Dagegen bleibt eine Winterzwischenfrucht über Winter stehen. Der Anbau von Zwischenfrüchten dient ganz unterschiedlichen Zielen:

- Futtergewinnung (z.B. Raps)
- Bodenverbesserung (Anreicherung von organischem Material, Krümelstruktur)
- Erosionsschutz (Verbesserung der Infiltration, Verhinderung von Bodenabschwemmung)
- Grundwasserschutz (Bindung von Nitrat)
- Fangpflanzen für bodenbürtige Schaderreger (nematodenresistente Senf- und Ölrettichsorten gegen Rübenzystennematoden)
- Blühpflanzen als Nahrungsquelle für Bienen und andere Insekten

Der Zwischenfruchtanbau ist ein wichtiges Instrument im „System Immergrün“, einem pflanzenbaulichen Ziel eine Fläche möglichst immer bewachsen/begrünt zu haben, um den Boden zu schützen und die Regenwasserspeicherung zu erleichtern.

Brache

Bereits zu Beginn aller ackerbaulichen Tätigkeiten und den damit verbundenen „Anbausystemen“ war die Brache darin stets fester Bestandteil (siehe auch Kapitel 1, Historie). Sowohl in der frühen Zweifelder- und Dreifelderwirtschaft hatte die Brache eine Funktion als Boden“erholung“, später darüber hinaus auch als Futterquelle. Heute ist die Brache ein bewusster Verzicht des Anbaues einer Hauptfrucht. Sie wird aus unterschiedlichen Beweggründen angelegt (Marktregulierung, Naturschutz, Reduzierung schwerbekämpfbarer/resistenter Schaderreger u.a.). Je nach Zeitdauer und Bewirtschaftungsform unterscheidet man verschiedene Bracheformen:

- Rotationsbrache (einjährige Brache)
- Mehrjährige Brache
- Schwarzbrache (spontaner Aufwuchs wird wiederholt entfernt)
- Begrünte Brache (mit Vegetationsdecke/Begrünung)
 - Selbstbegrünung (spontaner Aufwuchs mit der Gefahr der Anhäufung von schwerbekämpfbaren Unkraut-/Ungrasarten)
 - Gezielte Begrünung (Aussaat blühfreudiger Arten (biodivers) zur Förderung von Insekten)

In Abhängigkeit von der Bewirtschaftung der Brache ist die Wirkung auf Humusbildung, Mineralisierung organischer Substanz, Verwitterungsprozesse und damit verbunden die Freisetzung von Nährstoffen, und Bodengare sehr unterschiedlich.

Bodenbearbeitung

Die Vorfrucht hat direkten Einfluss auf die Bodenbearbeitungsintensität und somit auf die Kosten der Arbeitserledigung. Im Optimalfall ermöglicht sie eine angepasste, reduzierte Bodenbearbeitungsintensität, sowohl im Hinblick auf die Häufigkeit der Arbeitsgänge, als auch auf die Eingriffsintensität, also die Arbeitstiefe. Ein weiterer Aspekt kann die Entzerrung von Arbeitsspitzen durch den Anbau von Sommerungen darstellen.

Vorfruchtwirkung

Als Vorfruchtwirkung wird die Summe der Nachwirkungen durch die Vorkultur bezeichnet (Schaderregerdruck, Nährstoff- und Wasserbilanz, Bodenstruktur). Die Ertragswirkung wird durch die Beeinflussung der nachfolgenden Hauptfrucht beschrieben.

Fruchtfolgewirkung

Die Fruchtfolgewirkung umfasst den Auf- bzw. Abbau der Pflanzenrückstände aller Fruchtfolgeglieder und die Entwicklung des Schaderregerspektrums über mehrere Rotationen auf einer Fläche.

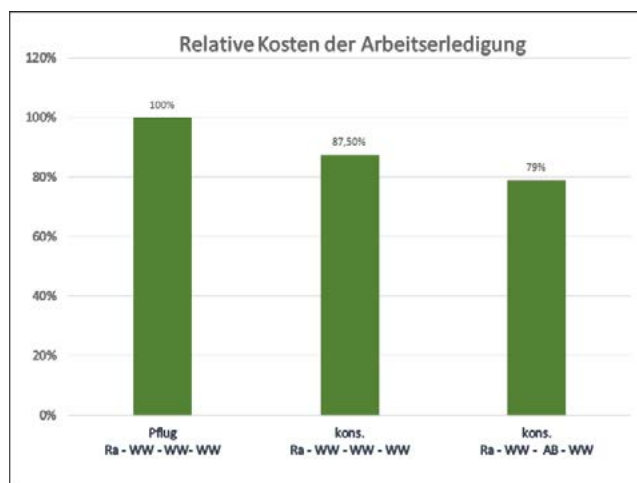


Abb. 3.3: Kosten der Arbeitserledigung (relativ) bei differenzierter Bodenbearbeitung und verschiedenen Fruchtfolgen in einem 300 ha Modellbetrieb; Durchschnitt von vier Standorten, 2003-2005 (nach LÜTKE ENTRUP et al., 2006, Tab. 116)
Kons. = konservierende Bodenbearbeitung

Die Ertragswirkung wird durch die Ertragsstabilität aller Fruchtfolgeglieder beschrieben. Im Hinblick auf die veränderten Klimabedingungen ist dies von zunehmender Bedeutung.

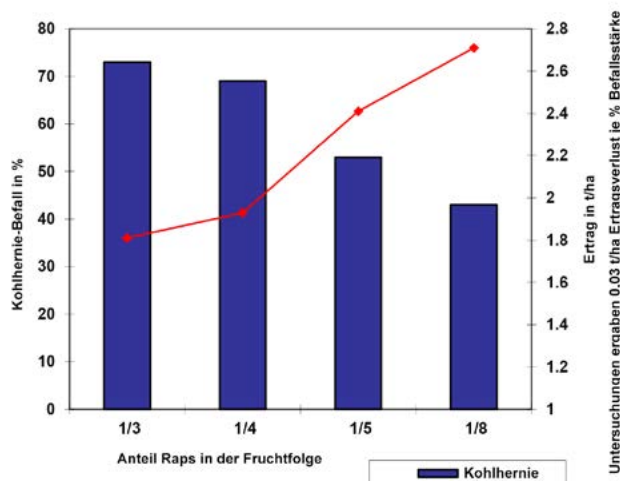


Abb. 3.3a: Einfluss des Rapsanteils in der Fruchtfolge auf den Kohlherniebefall und den Ertrag (nach WALLENHAMMER A.C., 1996).

Literatur

AUST, H.J. et al. (1993): Glossar Phytomedizinischer Begriffe. Schriftenreihe der Deutschen Phytomedizinischen Gesellschaft, Band 3; Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart

KELLER et.al. (1997): Grundlagen der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart
Aust et. al.:

LÜTKE ENTRUP et al. (2006): Bewertung von neuen Systemen der Bodenbewirtschaftung in erweiterten Fruchtfolgen von Körnerraps und Körnerleguminosen. In: For-

schungsberichte des Fachbereichs Agrarwirtschaft Soest, Fachhochschule Südwestfalen, Hochschule für Technik und Wirtschaft, Ausgabe 21

Internet: https://www.ufop.de/files/4013/3922/7381/Verbundprojekt_Soest.pdf

WALLENHAMMER, A.C. (1996): Prevalence of *Plasmiodiophora brassicae* in a spring oilseed rape growing areas in Central Sweden and factors influencing soil infestation levels. *Plant Pathology* 45, 710-719

3.2 Einfluss der Fruchtfolge auf die Verunkrautung

Eine maximale Unkrautunterdrückung verlangt ein pflanzenbauliches Optimum der jeweiligen Kulturart. Dies setzt eine ausgewogene, an die Standortbedingungen angepasste Fruchtfolge, Sortenwahl und Bodenbearbeitung sowie eine auf die Ansprüche der jeweiligen Kulturart ausgerichtete Aussaat (Zeitpunkt, Menge) und Düngung voraus.

In diesem Zusammenhang wird von FREYER (1979) die Fruchtfolge als wichtigster Einzelfaktor zur Beeinflussung der Verunkrautung angesehen. Die größten Veränderungen treten bei der Unkrautflora (Artenzusammensetzung, Dichte) ein, wenn die Fruchtfolge stark vereinfacht und im Extremfall bis zur Monokultur reduziert wird. Im Gegensatz dazu führt eine ausgewogene Fruchtfolge zu geschlossenen, gesunden und damit zu konkurrenzstarken Kulturpflanzenbeständen als Voraussetzung für eine dauerhaft erfolgreiche Unkrautbekämpfung. Dieses Ziel erreicht man am besten durch regelmäßigen Wechsel von Halm- und Blattfrüchten, sowie Winterungen und Sommerungen. Nachfolgend sind die wichtigsten Einflussfaktoren der Fruchtfolge auf die Verunkrautung zusammengefasst.

Einflussfaktoren der Fruchtfolge:

■ Standortgerechte Kulturartenauswahl

Die Wahl der Kulturarten/-sorten, die am besten an die gegebenen Standortverhältnisse angepasst sind (Boden, Klima, Wasserversorgung), ist von übergeordneter Bedeutung für die Entwicklung des angestrebten Kulturpflanzenbestandes.

■ Konkurrenzkraft der Kultur

Das Wachstum des Kulturpflanzenbestandes (Auflaufzeit, Pflanzendichte, Wüchsigkeit, Ertrag) wird neben den kulturspezifischen Maßnahmen (Düngung, Pflanzenschutz) auch noch wesentlich von der Vorfrucht (Bodenstruktur, Nährstoffversorgung, Unkrautdruck) beeinflusst.

■ Keim- und Wachstumsansprüche der Unkrautarten

Nach KOCH (1970) lassen sich folgende Gruppen unterscheiden:

- ganzjährig keimende Unkrautarten, z. B. Vogelmiere (*Stellaria media*), Weißer Gänsefuß (*Chenopodium album*), Hirtentäschelkraut (*Capsella bursa-pastoris*), Acker-Hellerkraut (*Thlaspi arvense*), Einjährige Risppe (*Poa annua*)

- vorwiegend Herbstkeimer
z. B. Efeublättriger Ehrenpreis (*Veronica hederifolia*), Kornblume (*Centaurea cyanus*), Ackerhundskamille (*Anthemis arvensis*), Windhalm (*Apera spica-venti*)
- vorwiegend Herbst- und Frühjahrskeimer
z. B. Klettenlabkraut (*Galium aparine*), Klatschmohn (*Papaver rhoeas*), Ackerstiefmütterchen (*Viola arvensis*), Falsche Kamille (*Matricaria inodora*), Ackerfuchsschwanz (*Alopecurus myosuroides*)
- vorwiegend Vorfrühjahrskeimer
z. B. Gemeiner Hohlzahn (*Galeopsis tetrahit*), Windenknöterich (*Polygonum convolvulus*), Vogelknöterich (*Polygonum aviculare*), Flughafer (*Avena fatua*)
- vorwiegend Frühjahrskeimer
z. B. Flohknöterich (*Polygonum persicaria*), Ackersenf (*Sinapis arvensis*), Hederich (*Raphanus raphanistrum*)
- vorwiegend Spätfrühjahrskeimer
z. B. Rauhaariger Amarant (*Amaranthus retroflexus*), Schwarzer Nachtschatten (*Solanum nigrum*), Kleinblütiges Franzosenkraut (*Galinsoga parviflora*), Schuttbingelkraut (*Mercurialis annua*), Hühnerhirse (*Echinochloa crus-galli*)

In der Unkrautpopulation eines Feldes werden sich die Arten aufbauen, die für ihr Wachstum die besten Bedingungen vorfinden. Dies ist insbesondere gegeben, wenn deren Entwicklungsrhythmus mit dem der Kulturpflanze übereinstimmt. Das trifft aber kaum für alle Unkrautarten gleichzeitig zu, so dass mit dem Anbau der jeweiligen Fruchtart ein Selektionsdruck auf die Unkrautflora ausgeübt wird. Dieser wirkt umso stärker, je öfter ein und dieselbe Kulturart im Rahmen der Fruchtfolge angebaut wird.

Unter solchen Bedingungen entwickelt sich eine Unkrautflora mit nur wenigen, aber dann bestandsbildenden Unkrautarten. Diese „Problemunkräuter“ müssen dann durch wiederholte, oft einseitige Maßnahmen (in der Regel Herbizidanwendungen) beseitigt werden, um Ertragsverluste zu vermeiden.

Diese Bewirtschaftungsweise führt im Laufe der Zeit zur Ausbildung von Resistenzen gegenüber einzelnen Herbizidgruppen bzw. Wirkungsmechanismen. Dieser Resistenzentwicklung kann daher dauerhaft nur durch eine ausgewogene Fruchtfolge entgegengewirkt werden, d. h. die sinnvolle Anordnung von Blatt- und Halmfrüchten sowie Winterungen und Sommerungen. Dadurch wird der Unkrautdruck und der damit verbundene Selektionsdruck erheblich verringert. Die Entwicklung von Herbizidresistenzen wird dadurch unterbunden oder zumindest erheblich verlangsamt.

In der landwirtschaftlichen Praxis hängt die Fruchtfolge vor allem von marktwirtschaftlichen Aspekten und der Betriebsstruktur ab, wodurch der Spielraum für eine pflanzenbaulich optimale Fruchtfolge begrenzt wird.

Resultierend aus der Betriebsstruktur können die Fruchtfolgen allgemein wie folgt unterteilt werden (Beispiele):

- **Getreide- bzw. winterungsbetonte Folgen für den Marktfruchtanbau**
Winterraps – Winterweizen – Wintergerste – (Winterroggen) oder für Standorte mit besseren Böden: Zuckerrüben – Winterweizen – Winterweizen – (Wintergerste)
- **Futterbetonte Fruchtfolgen mit einem Getreideanteil von 50 %**
Mais – Winterweizen – Ackerbohnen (Erbsen) – Winterweizen (Wintergerste) oder Mais (Ackerfutter) – Winterweizen (Winterroggen) – Winterraps – Winterweizen (Wintergerste)

Zwischen den beiden Fruchtfolgesystemen gibt es fließende Übergänge bis hin zu extremen Fällen mit dauerhaftem Wintergetreideanbau. Sommergerste und Hafer lockern mit derzeit (2020) insgesamt ca. 600.000 ha (ANONYM, 2021a) nur im geringen Umfang die winterungsbetonten Fruchtfolgen auf.

Der unmittelbare Fruchtfolgeeffekt auf Zusammensetzung und Stärke der Verunkrautung wird von Standortfaktoren (Boden- und Saatbettbereitung) und in noch stärkerem Maße von der Herbizidanwendung überlagert. Ein höherer Getreideanteil in der Fruchtfolge fördert die Verunkrautung in Abhängigkeit von den Standortbedingungen, der Ausgangsverunkrautung und der Stoppelbearbeitung.

3.2.1 Dauerunkräuter

- **Quecke (*Agropyron repens*)**
Die Quecke war bis 1989 in Ostdeutschland auf 26 % der Ackerfläche vorhanden (ARLT et al., 1995). Sollte Glyphosat in absehbarer Zeit nicht mehr zugelassen sein, ist mit einer Zunahme der Verqueckung in Fruchtfolgen mit hohem Getreideanteil zu rechnen (vgl. Abb. 3.5, Abb. 3.6). Dieser Effekt trat sowohl auf dem schweren Boden (Lösslehm, Ackerzahl 80) des Standortes Kötschau als auch auf dem leichteren Boden (sandiger Lehm, Ackerzahl 46) des Standortes Glaubitz auf (PALLUTT, 2002).
- **Ackerkratzdistel (*Cirsium arvense*)**
Die Befallsfläche betrug in Ostdeutschland 13 % (ARLT et al., 1995). Die Ackerkratzdistel profitiert ebenfalls von der Erhöhung des Getreideanteils, wobei der Zusammenhang zwischen Getreideanteil und Besatzstärke deutlich geringer ausfiel als beim Queckenbesatz (Tab. 3.1).
- **Ackerschachtelhalm (*Equisetum arvense*)**
Im Ewigen Roggenanbau (Halle/S.; anerkannt als Weltkulturerbe) musste nach 80-jähriger Laufzeit der Daueranbau von Roggen auf zwei Dritteln der Fläche infolge eines starken Besatzes mit Ackerschachtelhalm zu Gunsten der Fruchtfolge Roggen - Kartoffeln bzw. Mais umgestellt werden (KARCH u. SPERI, 1979). Die Ausbreitung von Quecke (Abb. 3.5, Abb. 3.6) und Ackerkratzdistel (Abb. 3.7) kann aber durch entsprechende Stoppelbearbeitungsmaßnahmen im hohen Maße unterbunden werden (PALLUTT, 2002).



Abb. 3.4: Ackerschachtelhalm in Zuckerrübe (Foto: B. Augustin)

Ob eine ausreichende Queckenkontrolle bei konservierender Bodenbearbeitung zukünftig ohne Glyphosat gewährleistet werden kann, erscheint fraglich. Das trifft insbesondere für eine ständige pfluglose Bodenbearbeitung zu. Vor der Umstellung des Dauerversuches auf dem Standort Glaubitz wurde die gesamte Versuchsfläche zur Bekämpfung der nesterweise vorkommenden Quecke mit Glyphosat behandelt, um gleiche Ausgangsbedingungen für die Ermittlung der Wirkung von Pflügen und Nichtpflügen auf das Wachstum der Quecke zu gewährleisten. Unter den

Bedingungen von queckenfreien Flächen konnte eine Vermehrung der Quecke unabhängig von der Bodenbearbeitung (Pflügen oder Nichtpflügen) in den Fruchtfolgen mit 50 % und 75 % Getreide bis zum 8. Versuchsjahr verhindert werden (PALLUTT, 2001).

Da aber in diesem Dauerversuch keine Verschleppung von Queckenrhizomen durch die Bodenbearbeitung vom Acker rand erfolgte, kann dieses Versuchsergebnis nicht vorbehaltlos auf Praxisflächen übertragen werden.

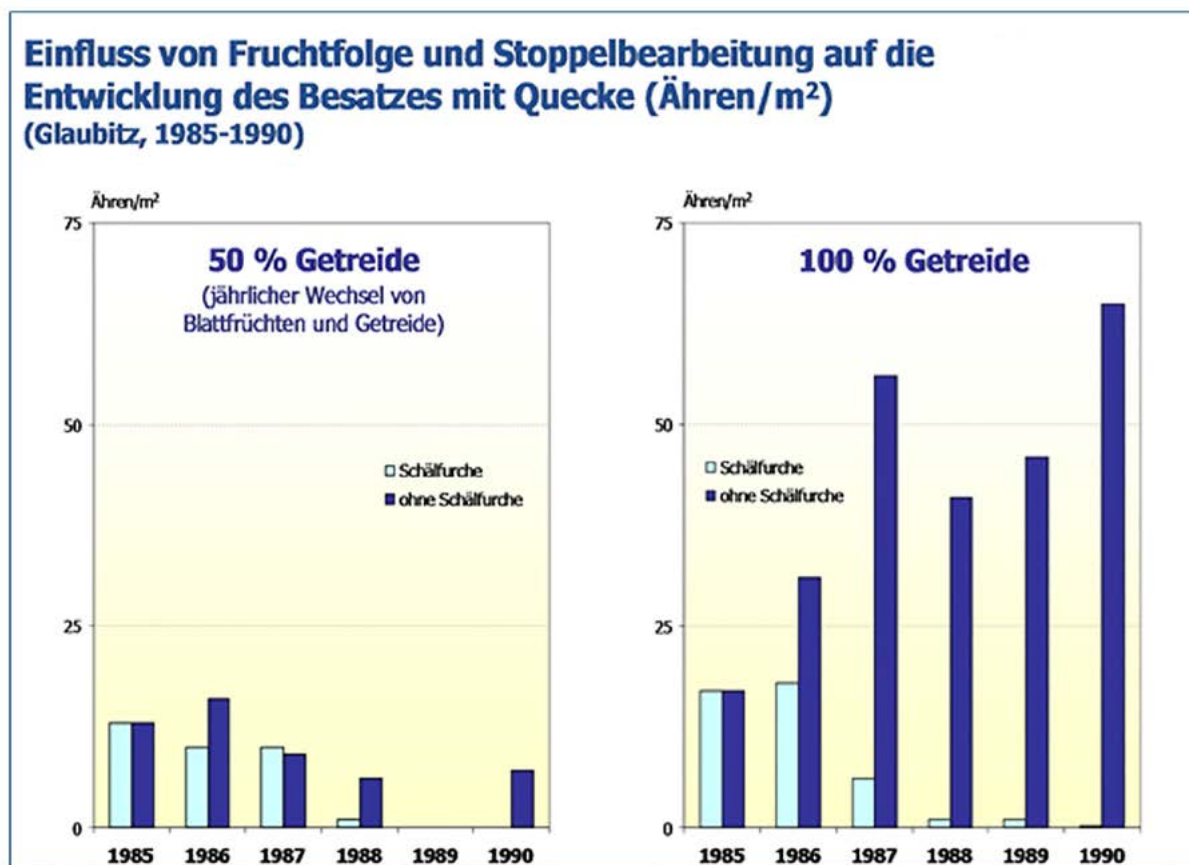


Abb. 3.5: Queckenbesatz (Ähren pro m²) in Abhängigkeit von Fruchtfolge und Stoppelbearbeitung; (Grafik: B. Pallutt)

Einfluss von Fruchtfolge und Stoppelbearbeitung auf die Entwicklung des Besatzes mit Quecke (Triebe/m²)

(Kötschau, 1975-1984)

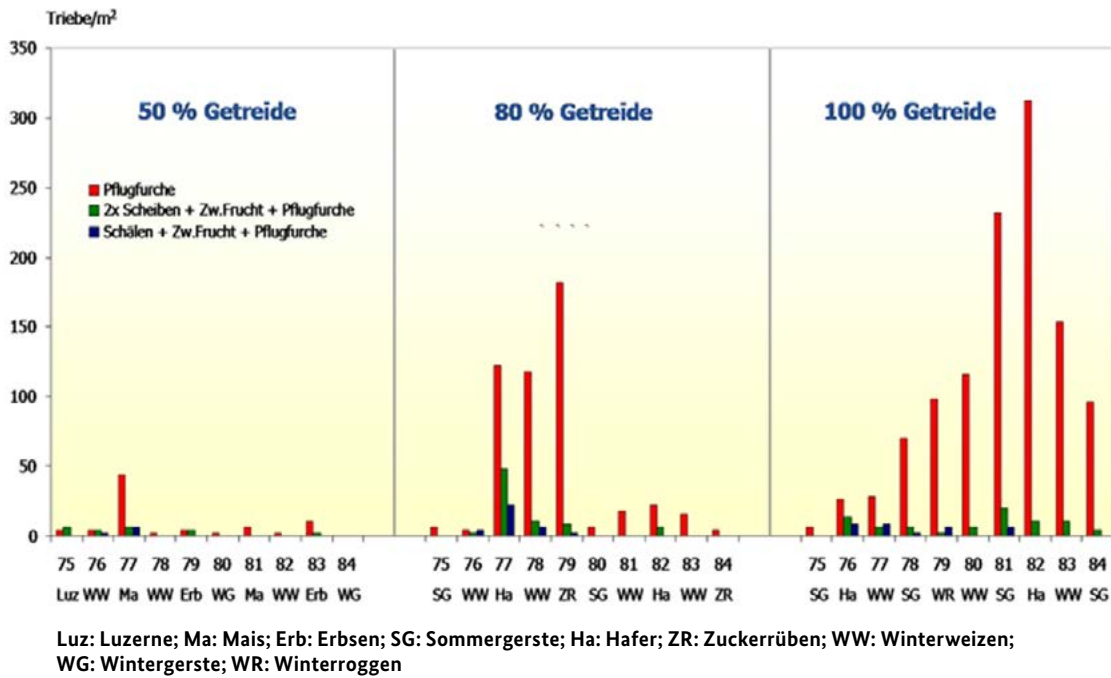


Abb. 3.6: Queckenbesatz (Triebe pro m²) in Abhängigkeit von Fruchtfolge und Stoppelbearbeitung; (Grafik: B. Pallutt)

Einfluss der Stoppelbearbeitung auf die Entwicklung des Besatzes mit Ackerkratzdistel (Pfl./m²)

(Kötschau 1975-1982)

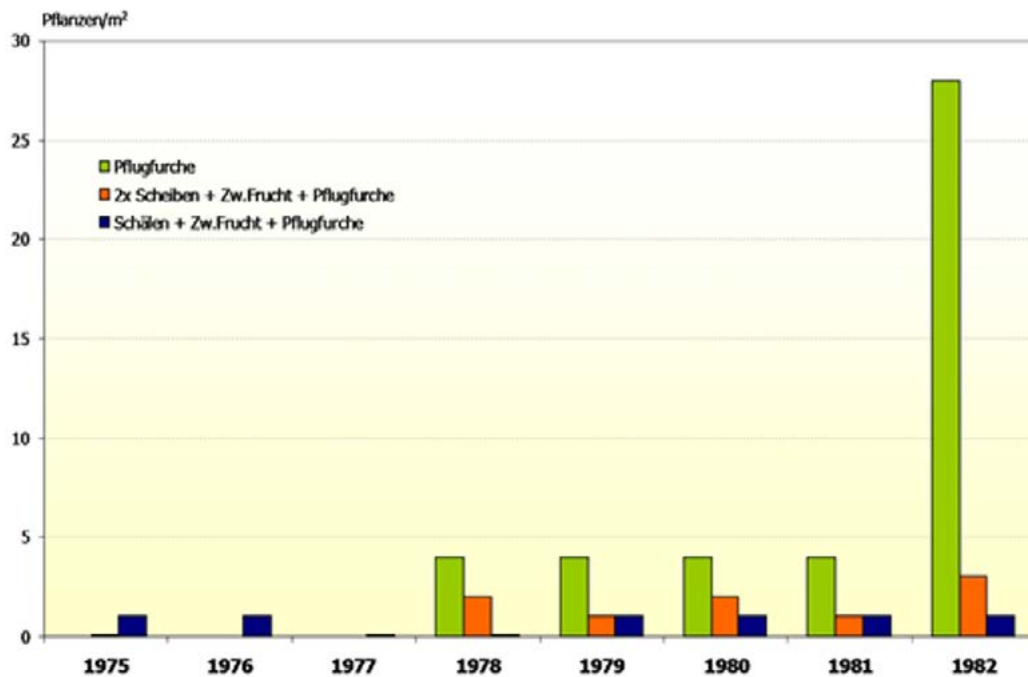


Abb. 3.7: Einfluss der Stoppelbearbeitung auf die Entwicklung des Besatzes mit Ackerkratzdistel (Pflanzen pro m²); (Grafik: B. Pallutt)

In der Praxis ist deshalb bei Nichtverlängerung der Zulassung von Glyphosat mit zunehmender Verweckung zu rechnen, wenn in getreidebetonten Fruchtfolgen darauf nicht mit einer Verringerung des Getreideanteils und entsprechender Stoppelbearbeitung sowie Pflügen mit Vorschäler reagiert wird. Nach HERZOG (1979) verbessert der Vorschäler die Queckenbekämpfung des Pflügens um ca. 20 %.

3.2.2 Einjährige Unkräuter

Bei Verzicht auf direkte Maßnahmen der Unkrautbekämpfung übt die Fruchtfolgegestaltung einen gravierenden Einfluss auf die artenmäßige Zusammensetzung und Stärke der Verunkrautung aus (Tab. 3.1). Im Allgemeinen

ist ein Anstieg der Getreidekonzentration mit der Zunahme dikotyle Arten verbunden (Tab 3.1, Tab 3.2). Dieser Effekt wird durch Bodenbearbeitung sowie durch mechanische und chemische Unkrautbekämpfungsmaßnahmen vermindert, jedoch nicht vollständig eliminiert (PALLUTT, 1999). Standortabhängig profitieren insbesondere Kamille-Arten, Kornblume, Klatschmohn und Klettenlabkraut vom höheren Getreideanteil, bei Dominanz von Wintergetreide. Die Veränderung der Verunkrautung in Abhängigkeit von Fruchtfolge, Bodenbearbeitung und Herbizidanwendung im zeitlichen Ablauf am Beispiel von Klettenlabkraut zeigt Abbildung 3.8 (PALLUTT u. AUGUSTIN 2022). Jede Veränderung der Bewirtschaftung führt kurz- oder langfristig zu Veränderungen der Unkrautflora, welche in der Verunkrautungsstärke und der Dominanzstruktur zum

Tabelle 3.1: Einfluss der Fruchtfolge auf die Verunkrautung (Pfl. bzw. Triebe je m² in Getreide ohne chemische Unkrautbekämpfung) (Kötschau 1975 und 1982)

	Verunkrautung zu Versuchsbeginn 1975		Verunkrautung 1982		
			50%	80%	100%
Getreideanteil			50%	80%	100%
einjährige dikotyle Arten insgesamt	146		88	211	211
Klettenlabkraut	28		+	2	4
Ackerkratzdistel	+		+	4	17
Quecke	5		+	19	308

+ geringes Vorkommen

Tabelle 3.2: Einfluss von Fruchtfolge, Bodenbearbeitung und Herbizidanwendung auf den Unkrautauflauf in Wintergetreide (Glaubitz, 6.-8. Versuchsjahr)

Fruchtfolge	50% Getreide				75% Getreide			
	Pflügen		Pfluglos		Pflügen		Pfluglos	
	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit
Dikotyle insgesamt	261	93	183	78	312	152	418	209
Ackerstiefmütterchen	51	44	30	29	56	46	89	38
Efeublättriger Ehrenpreis	90	4	52	3	65	9	41	5
geruchlose Kamille	24	7	22	5	31	14	52	27
Klettenlabkraut	1	0,5	1	0,3	4	6	29	28
Kornblume	28	3	17	4	93	31	144	78
Vogelmiere	13	9	12	3	5	4	13	5

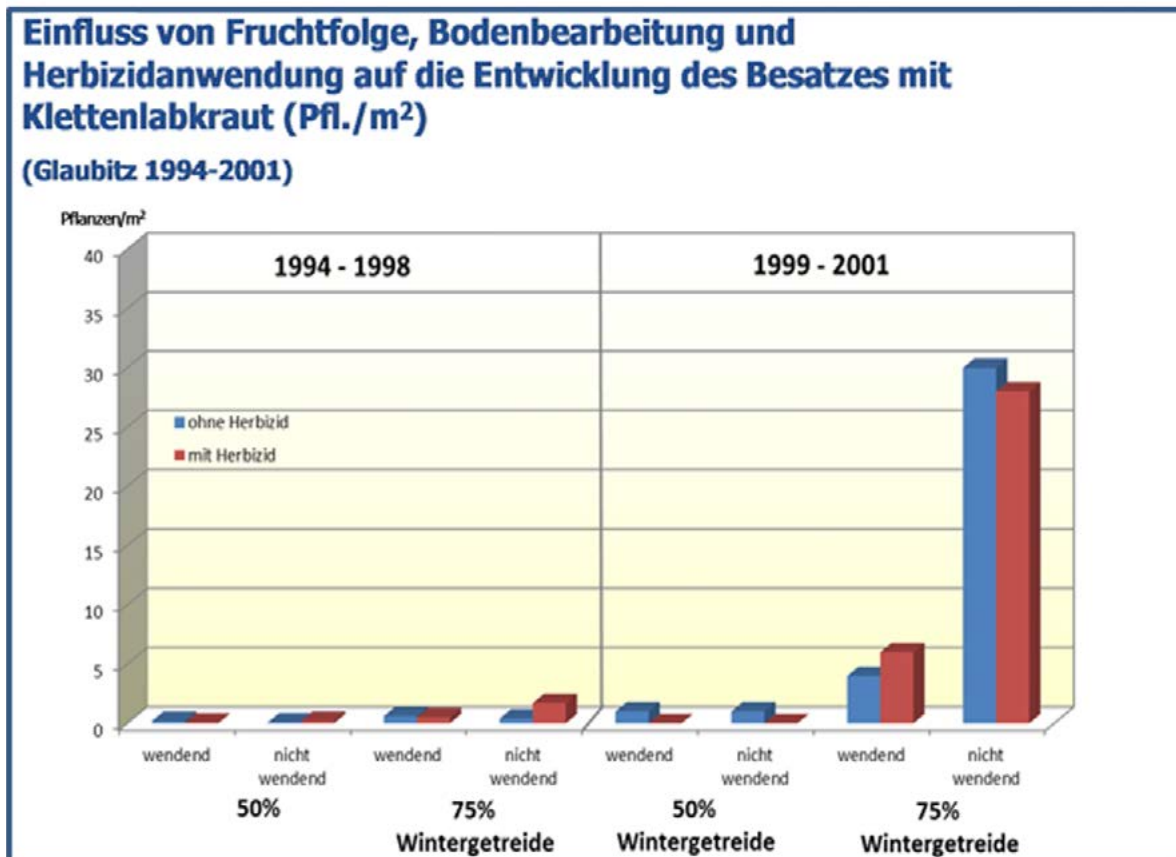


Abb. 3.8: Einfluss von Fruchtfolge, Bodenbearbeitung und Herbizidanwendung auf die Entwicklung des Besatzes mit Klettenlabkraut (Pflanzen pro m²) (Grafik: B. Pallutt)

Ausdruck kommt. Populationsdynamische Effekte von indirekter (Fruchtfolge, Bodenbearbeitung) und direkter Bekämpfung (hier: Herbizidanwendung) treten in der Regel frühestens nach 5 Jahren auf.

Für eine abschließende Bewertung der Veränderungen der Unkrautflora in Abhängigkeit von einzelnen acker- und pflanzenbaulichen Maßnahmen (Fruchtfolge, Bodenbearbeitung, Aussaat, Düngung, Sorten) und den direkten Bekämpfungsmaßnahmen (mechanisch, chemisch) sind Dauerfeldversuche auf unterschiedlichen Standorten erforderlich (PALLUTT, 2010), wobei die bewirtschaftungsbedingten Effekte frühestens nach 5 Jahren, aber häufig erst nach 10 bis 20 Jahren sicher quantifiziert werden können (SCHWARZ u. PALLUTT, 2020).

3.2.3 Einjährige Ungräser

Wirtschaftlich bedeutsame Ungräser in Winterkulturen sind gegenwärtig vor allem Ackerfuchsschwanz und Windhalm. Das lokale Auftreten von Flughafener in Sommerkulturen (Sommergerste, Hafer) ist auf schweren Böden infolge der Zunahme winterungsbetonter Fruchtfolgen deutlich zurückgegangen. Im Zuge der zunehmenden Erwärmung gewinnt er in den begünstigten klimatischen Lagen allerdings (sogar in Winterungen) zunehmend an Bedeutung. In Fruchtfolgen mit einem hohen Anteil von Mais, Kartoffel bzw. Zuckerrüben können verschiedene Hirsearten Probleme bereiten.

■ Ackerfuchsschwanz (*Alopecurus myosuroides*)

Der Ackerfuchsschwanz ist zzt. das wirtschaftlich bedeutendste Ungras auf den meisten mittleren und schweren Böden. In den östlichen Bundesländern kam es bis 1989 vor allem auf lehmigen und tonigen Standorten (z. B. Elbaue bei Jessen) vor. Die Befallsfläche wurde in der damaligen DDR auf ca. 94.000 ha geschätzt, wovon ein Drittel der Befallsfläche ein mittleres bis starkes Auftreten aufwies (ARLT et al., 1995). Inzwischen tritt Ackerfuchsschwanz auch in Ostdeutschland auf vorher befallsfreien Flächen mit hoher Besatzdichte auf.

In Schleswig-Holstein, dem Bundesland mit den gegenwärtig größten Problemen bei der Bekämpfung von Ackerfuchsschwanz, trat dieses Ungras nach 1945 nur auf guten Böden auf (MENCK, 1968). In der Nachkriegszeit lag dort der Getreideanteil bei ca. 50 %. Bei höherem Anteil von Ackerfutter in der Fruchtfolge war der Ackerfuchsschwanz selbst auf Böden mit höherem Schluff- und Tongehalt nur in geringem Umfang vorhanden. Der spätere Anstieg des Getreideanteils auf ca. 80 % und des Anteils der Winterung auf bis zu 100 % der Ackerfläche führte zu einem drastischen Anstieg der Besatzdichte von Ackerfuchsschwanz.

Die räumliche Ausdehnung der Befallsfläche geht nach MENCK (1968) auf den überbetrieblichen Maschineneinsatz und die Verbreitung über das Saatgut zurück. Die Förderung des Ackerfuchsschwanzes auf Schlagebene ist auf den Mähdrusch (stärkerer Ausfall, Verteilung der Samen), aber

auch auf die jahrelange Herbizidanwendung mit alleiniger Wirkung gegen dikotyle Arten (2,4-D, Dichlorprop) zurückzuführen.

Mit der einseitigen Herbizidanwendung wurde Ackerfuchsschwanz aus der Unkrautpopulation herausselektiert, weil er sich infolge fehlender interspezifischer Konkurrenz besonders gut entwickeln konnte. MENCK (1968) sah seitens der Fruchtfolgegestaltung Anteile von 60 bis 65 % Getreide (davon 30 bis 35 % Winterweizen, 10 bis 15 % Wintergerste) mit 10 bis 15 % Winterroggen als Grenzwerte für den Anteil von Winterkulturen an. Den großen Einfluss des Getreideanteils und damit der Fruchtfolge auf den Besatz mit Ackerfuchsschwanz zeigen auch Untersuchungen von BRÜCKNER (1958) vor ca. 60 Jahren in der Soester Börde (Tab. 3.3).

Tabelle 3.3: Einfluss des Getreideanteils auf den Ackerfuchsschwanzbesatz (Pfl./ha) (BRÜCKNER 1958)

Getreideanteil	Bestand	Vorgewende
57%	14.000	75.000
67%	75.000	124.000
75%	230.000	305.000
82%	348.000	441.000

Eine Steigerung des Getreideanteils war stets mit einer Zunahme der Besatzstärke von Ackerfuchsschwanz verbunden. Dies trifft insbesondere für Wintergerste und Winterweizen zu (Abb. 3.9). Der konkurrenzstarke Winterroggen unterdrückt dagegen den Ackerfuchsschwanz auch bei

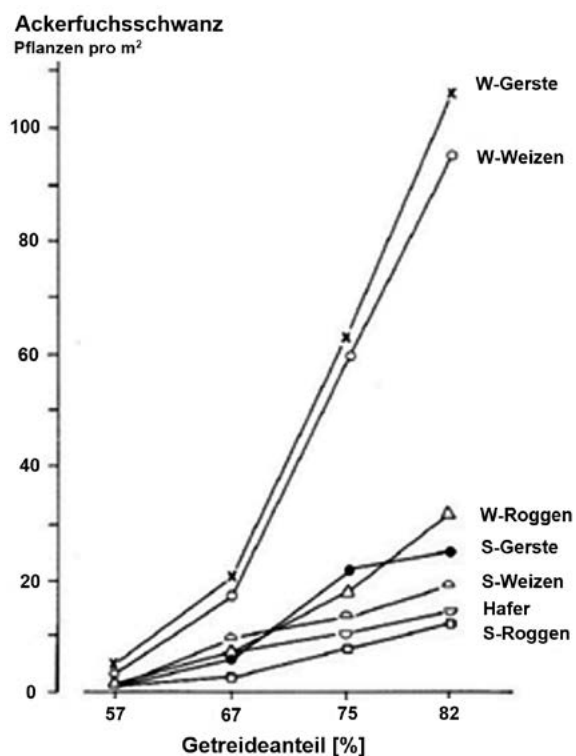


Abb. 3.9: Beziehungen zwischen Getreideanteil in der Fruchtfolge und der Getreideart auf die Ackerfuchsschwanzdichte. (nach BRÜCKNER, Reg-Präs. Gießen, 1958)

zunehmendem Getreideanteil in der Fruchtfolge in einer Größenordnung, wie wir es vom Sommergetreide kennen. Am stärksten unterdrückten Hafer und Sommerroggen den Ackerfuchsschwanz. Die starke Konkurrenz von Hafer bestätigen auch neuere Untersuchungen (VOßHENRICH et al., 2018). Die Bedeutung von Vorfrucht und Bodenbearbeitung zeigt Tabelle 3.4. Der Einfluss der Bodenbearbeitung auf den Auflauf von Ackerfuchsschwanz nach Zuckerrüben fiel nur gering aus. Bei Mulchsaat war hier der Auflauf aber geringer. Demgegenüber bewirkte die Mulchsaat von Winterweizen nach Winterweizen eine drastische Zunahme der Besatzstärke. Die Förderung des Ackerfuchsschwanzes durch eine pfluglose Bodenbearbeitung hängt somit von der Vorfrucht ab (PALLUTT u. AUGUSTIN 2022).

Tabelle 3.4: Einfluss von Vorfrucht und Bodenbearbeitung auf den Besatz von Ackerfuchsschwanz (Pfl./m²) in Winterweizen (ADENSTEDT, 1997 und 1998)

Vorfrucht	Zuckerrüben		Winterweizen	
	Pflug	Mulchsaat	Pflug	Mulchsaat
Bodenbearbeitung				
Besatz	10	2	11	233

Während nach Blattfrüchten ohne Ackerfuchsschwanz die Mulchsaat nur zu einem geringen Auflauf des Ungrases führen kann, verstärkt der Pflugverzicht nach Wintergetreide selbst bei geringem Ackerfuchsschwanzbesatz dessen Vermehrung. Nach COLBACH et al. (2010) reduzierte ein 3-jähriger Luzerneanbau den Ackerfuchsschwanz um 90 %. In Marktfruchtbetrieben dürfte aus ökonomischen Gründen eine solche Vorgehensweise zur Sanierung von stark mit Ackerfuchsschwanz befallenen Flächen nur praktiziert werden, wenn infolge multipler Herbizidresistenzen der Getreideanbau selbst unter Einbeziehung von Sommerkulturen nicht mehr gewährleistet ist. Auf Ackerfuchsschwanz-Problemflächen ist mittlerweile eine Erweiterung von engen Wintergetreide-Fruchtfolgen (häufig 80 bis 100 % Winterungen bis hin zur Monokultur Winterweizen) auf 50 % Wintergetreide mit Sommerungen (Hafer, Sommergerste, Sommerweizen, Mais, Kartoffeln, Leguminosen bzw. Feldfutter) unumgänglich. ZELLER et al. (2018) konnten in einem Dauerversuch belegen, dass im Vergleich zu einem Daueranbau von Winterweizen ein 20-prozentiger Anteil von Sommergerste den Ackerfuchsschwanzbesatz nach 5 Jahren um 35 % verminderte. Bei zusätzlicher Einbeziehung von Mais (entspricht 40 % Sommerkulturen) lag der Rückgang bei 50 %. Diese Effekte waren darüber hinaus auch auf den Zwischenfruchtanbau mit Phacelia nach dem Weizen sowie dem Einsatz von Glyphosat vor der Aussaat von Sommergerste und Mais zurückzuführen.

Abb. 3.10: Windhalm in Winterweizen (Foto: B. Augustin)



■ **Windhalm** (*Apera spica-venti*)

Der Windhalm ist neben dem Ackerfuchsschwanz das bedeutendste Ungras in den Winterungen (Weizen, Gerste, Roggen, Triticale). Befallsschwerpunkte bildeten vor allem diluviale Sand- und Lehmböden. Inzwischen hat er sich infolge des hohen Anteils von Winterungen in der Fruchtfolge weiter ausgebreitet. Er tritt mit Ausnahme von schweren Lehm- und Tonböden (hier dominiert der Ackerfuchsschwanz) auf nahezu allen Standorten auf.

Da innerhalb der Windhalmpopulation der Anteil der Frühjahrskeimer im Vergleich zum Ackerfuchsschwanz sehr gering ist, hat er in Sommerungen bisher keine wirtschaftliche Bedeutung. Durch den Anbau von Sommerungen kann der Windhalm erheblich reduziert werden. Die Zunahme der Befallsfläche und der Befallsstärke des Windhalms ist daher eindeutig auf den gestiegenen Anteil von Wintergetreide in der Fruchtfolge zurückzuführen (PALLUTT, 1989; s. Tab. 3.5). Deshalb war bis zur Einführung wirksamer Herbizide in den 1960er- und 1970er Jahren der Wechsel im Anbau von Blatt- und Halmfrüchten die entscheidende Maßnahme für eine wirksame Windhalmkontrolle. Die Wirkung, im Rahmen der Fruchtfolgerotation mit Blattfrüchten die Ausbreitung von Windhalm zu unterbinden, ist beträchtlich (PALLUTT, 2002, s. Tab. 3.7). Die Herbizidanwendung ermöglichte in den ersten Jahren hohe Bekämpfungserfolge. Eingesetzt wurden Mittel auf der Basis von Chlortoluron bzw. Isoproturon (anfänglich nur in den alten Bundesländern) bzw. die Kombination von Nitrofen + Simazin in der ehemaligen DDR. Als Konsequenz daraus erhöhte sich aber dadurch die Konzentration von Wintergetreide in der Fruchtfolge. Mit der Einführung wirksamer Boden- und Blattherbizide (Harnstoffderivate und Sulfonylharnstoffe) verloren die pflanzenbaulichen Möglichkeiten der Windhalmunterdrückung durch Sommerungen immer mehr an Bedeutung.

Die enge Beziehung zwischen dem Wintergetreideanteil in der Fruchtfolge und der Besatzstärke von Windhalm zeigt sich sehr deutlich auf dem Standort Müncheberg und dem Ewigen Roggen am Standort Halle in der Tabelle 3.5 (PALLUTT, 1989)

Tabelle 3.5: Einfluss der Fruchtfolge auf den Windhalm-besatz (Müncheberg 1979-1983)

1. Wintergerste	
Getreideanteil	Pfl./m ²
100%	145
67%	49
2. Winterroggen	
Getreideanteil	Pfl./m ²
100%	859
50%	197
Vorfrucht Kartoffeln	
3. Ewiger Roggen Halle 1979 (100jährige Laufzeit)	
Getreideanteil	Pfl./m ²
100% Roggen	288
50% Roggen	48
Vorfrucht Kartoffeln ¹⁾	
1) 20 Jahre nach Umstellung von Roggenmonokultur auf Fruchtfolge Roggen - Kartoffeln	

Tabelle 3.6: Einfluss von Vorfrucht, Bodenbearbeitung und Herbizidanwendung auf Auflauf und Wachstum von Windhalm in Getreide (Glaubitz, 1997, 4.Versuchsjahr)

Vorfrucht	Getreide				Raps				Kartoffeln/Mais			
Bodenbearbeitung	Pflügen		Pfluglos		Pflügen		Pfluglos		Pflügen		Pfluglos	
Herbizid	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit
Pfl. je m ²	883	303	1485	842	60	33	72	35	24	15	21	17
Rispen je m ²	199	13	703	26	102	1	58	1	14	0	19	0,3

Tabelle 3.7: Einfluss von Fruchtfolge, Bodenbearbeitung und Herbizidanwendung auf Auflauf und Wachstum von Windhalm (Glaubitz; Mittel 1994 - 2001 von Weizen, Roggen und Triticale)

Fruchtfolge	50% Getreide				75% Getreide			
Bodenbearbeitung	Pflügen		Pfluglos		Pflügen		Pfluglos	
Herbizid	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit
Pfl. je m ²	30	13	32	11	172	103	260	192
Rispen je m ²	21	1	40	2	102	19	236	31

Winterraps als Vorfrucht unterdrückte auf dem Standort Glaubitz (Tab. 3.6) den Windhalm besser als im Allgemeinen den Ackerfuchsschwanz. Beim Anbau von Wintergetreide nach Wintergetreide wies das Getreide trotz Herbizidanwendung einen ähnlich hohen Besatz mit Windhalmsrispen auf, wie das Wintergetreide nach Kartoffeln oder Mais bei unterlassener Herbizidbehandlung (PALLUTT, 2002). Das 8-jährige Mittel auf dem Standort Glaubitz (Tab. 3.7) mit einem sandigen Lehmboden belegt den großen Einfluss des Wintergetreideanteils in der Fruchtfolge auf Pflanzen- und Rispenanzahl von Windhalm (Tab. 3.7). Der Herbizideinsatz konnte den Fruchtfolgeeffekt zwar abschwächen, aber nicht eliminieren (PALLUTT u. GRÜBNER, 2004).

Ob eine nicht wendende Bodenbearbeitung den Auflauf von Windhalm fördert oder ohne Einfluss bleibt, hängt von der Vorfrucht ab. Nach Vorfrüchten ohne Windhalmesatz ist nach pflugloser Bodenbearbeitung häufig ein geringerer Windhalm- und Rispenauflauf als bei Pflugeinsatz zu beobachten, da sich weniger Samen des flach keimenden Windhalms im Keimhorizont befinden. Das gilt z. B. für Mais und Kartoffeln, aber sicherlich auch nach Zuckerrüben und Körnerleguminosen als Vorfrucht. Das Ausmaß der Vermehrung korreliert daher mit der Stärke des Rispenbesatzes in der Vorfrucht (PALLUTT u. GRÜBNER, 2004).

Neben einem erhöhten Getreideanteil kann auch eine nicht standortgerechte Fruchtfolge das Windhalmwachstum begünstigen (Tab. 3.8). Auf einem Grenzstandort für den Weizenanbau konnte selbst durch eine Herbizidanwendung der Besatz des Windhalms infolge des schlecht entwickelten Weizenbestandes nicht ausreichend eingeschränkt werden.

Durch den Austausch des Weizens durch den konkurrenzstärkeren Roggen ging der Besatz von Windhalm auf dem Standort Witzelroda drastisch zurück (PALLUTT, 2002).

Tabelle 3.8: Einfluss der Getreideart auf den Besatz mit Windhalmsrispen und den Getreideertrag (Witzelroda 1976 -1988)

Einfluss der Getreideart auf den Besatz mit Windhalmsrispen und den Getreideertrag	
Zeitraum	Windhalmesatz und Ertrag in Wintergetreide
1976-1978	Kartoffel - Winterweizen - Sommergerste 100-240 Rispen/m ² 25-40 dt/ha Weizen
1979-1988	Kartoffel - Winterroggen - Sommergerste 2 Rispen/m ² 50-60 dt/ha Roggen

■ Flughafener (*Avena fatua*)

Sommergetreidereiche Fruchtfolgen fördern insbesondere auf schweren Böden Flughafener (Tab. 3.9). Nach ARLT et al. (1995) lagen die Schwerpunkte des Flughafervorkommens auf Lössböden, sowie Keuper- bzw. Muschelkalkverwitterungsböden von der Magdeburger Börde bis in das Thüringer Becken mit einem Anteil von 75 % der Gesamtbefallsfläche und den Alluvialstandorten (Schwemmlandböden) im Oderbruch (9 % der Gesamtbefallsfläche). Kleinere Befallsumfänge gab es bei Osterburg in der Altmark (ebenfalls Alluvialstandorte). Die Gesamtbefallsfläche wurde auf 209.600 ha geschätzt, von der etwa die Hälfte einen mittleren oder stärkeren Befall aufwies. Durch die Abnahme des Sommergetreideanbaus hat dieses besonders angepasste Ungras in der Fläche an Bedeutung verloren. In einigen klimatisch günstigeren Gebieten (z.B. Rheinhessen, Pfalz) mit einem hohen Anteil an Sommerungen (Sommergerste, Zuckerrübe) hat er allerdings an Bedeutung gewonnen. Die dortige Ausbreitung des Flughafeners ist besonders kritisch zu bewerten, weil die Auswahl an gegen Flughafener wirksamen Herbiziden eng begrenzt ist und mittlerweile wiederholt Resistenzen nachgewiesen wurden (AUGUSTIN, B., MENNE, H.J., 2014). Mit einem ausgewogenen Anteil an Winterungen könnte dem Flughafener in diesen Gebieten erheblich entgegengewirkt werden.

Tabelle 3.9: Einfluss der Fruchtfolge auf den Besatz mit Flughafener (Pfl. je 10 m²) (RADEMACHER et al. 1969)

Fruchtfolge	Untersuchungszeitraum				
	1959	1960	1962	1963	1964
S.-Gerste - Kart. - W-Weizen - Kart. - W-Weizen - S-Gerste	70	0	0	0	79
Ständige Sommergerste	62	106	246	2.208	1.030

■ Hirsearten

Die Hirsearten, vornehmlich Hühnerhirse (*Echinochloa crus-galli*) und Borstenhirse (*Setaria* spp.), kamen nach ARLT et al. (1995) vorwiegend auf Diluvialstandorten (aus eiszeitlichen Ablagerungen entstandene, meist sandige Böden) vor. Hierbei waren die östlichen Gebiete stärker betroffen als die westlichen. Hirsearten sind typische Ungräser in Hackfrüchten (Kartoffeln, Zuckerrüben), aber auch in Mais. Diese Aussagen dürften grundsätzlich auch für die alten Bundesländer zutreffen. Die von KOCH (1970) geäußerte Ansicht, dass wärmeliebende Unkräuter (dazu gehören die Hirsearten) vorwiegend in den wärmeren Gebieten Süddeutschlands auftreten und ungefähr mit dem Weinbau ihre Nordgrenze erreichen, trifft auf Grund des mit dem

Klimawandel einhergehenden Temperaturanstiegs nicht mehr zu.

Zur Förderung des Hirsevorkommens trug in der ehemaligen DDR aber auch der jahrelange Einsatz von Triazin in Mais und Kartoffeln bei, der die dikotylen Arten bekämpfte und damit durch Ausschaltung der interspezifischen Konkurrenz das Wachstum der Hirsearten begünstigte. Die Entwicklung von Herbizidresistenzen sorgte für höhere Besatzdichten und verschaffte den Hirsen dadurch zusätzliche Konkurrenzvorteile.

Generell ist festzustellen, dass Fruchtfolgen mit hohem Maisanteil (gebietsweise bis 100 %) längerfristig das Auftreten von Hirsearten fördern. Bezogen auf die Hirsearten verursacht ein hoher Maisanteil in der Fruchtfolge ähnliche Effekte wie ein hoher Wintergetreideanteil auf das Vorkommen von Ackerfuchsschwanz und Windhalm.

3.2.4 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Die Intensität der Herbizidanwendung befindet sich mit einer jährlichen Applikation von ca. 15.000 t herbizider Wirkstoffe und den daraus resultierenden Behandlungsindeizes (Winterweizen ca. 2,0, Wintergerste ca. 1,7, Winterwaps ca. 1,8, Winterroggen ca. 1,4, Mais ca. 2,0, Kartoffeln ca. 2,5, Zuckerrüben ca. 3,0 nach ANONYM, 2017) auf hohem Niveau. Dennoch gab und gibt es Probleme bei der Bekämpfung der verschiedensten Unkräuter und Ungräser. Sie betrafen anfangs die Selektion schwer bekämpfbarer Arten innerhalb der Unkrautflora. Diese waren zunächst durch die Entwicklung neuer herbizider Wirkstoffe, Herbizidkombinationen, Tankmischungen und Herbizidfolgen lösbar.

Die aktuellen Pflanzenbauverfahren verstärken die Probleme bei der Unkrautkontrolle, weil sie die Konkurrenzkraft von Getreide und Waps vermindern und der Unkrautentwicklung mehr Raum lassen. Der Anbau von Sorten mit geringer Bestandshöhe, die Einkürzung der Bestände mit Wachstumsregulatoren, Dünnsaaten und der Ersatz des konkurrenzstarken Winterroggens durch den konkurrenzschwachen Weizen, selbst auf Grenzstandorten, seien hier beispielhaft genannt. Diese Problematik wird durch pfluglose Bodenbearbeitung (z. Z. ca. 40 % der Ackerfläche (ANONYM, 2021b) noch verschärft, insbesondere, wenn dauerhaft auf den Pflug zur Grundbodenbearbeitung verzichtet wird.

Die wichtigste Ursache für die derzeit bestehenden Probleme bei der Bekämpfung von Ackerfuchsschwanz und Windhalm ist die Erhöhung des Getreideanteils in der Fruchtfolge. Dieser Effekt wird in erster Linie durch die Zunahme des Anbaus von Winterungen bei gleichzeitigem Rückgang des Sommergetreides noch verstärkt. Gleichzeitig ist der Anbau von Feldfutter (Klee, Luzerne und deren Gemische mit Gras) insgesamt in die Bedeutungslosigkeit gesunken. Auch der Anbau von Körnerleguminosen (Erbse, Ackerbohne, Lupine) hat mit derzeit ca. 250.000 ha fruchtfolge-technisch keinen relevanten Stellenwert (ANONYM 2021a). Hinzu kommt, dass die veränderten Essgewohn-

Abb. 3.11: Ackerfuchsschwanz in Winterweizen
(Foto: M. Landschreiber)



heiten, verbunden mit den Ertragssteigerungen im Kartoffelanbau zu einer drastisch verringerten Anbaufläche von Kartoffeln führte (1987 wurden in der DDR noch 435.000 ha Kartoffeln angebaut, ANONYM, 1988; gegenwärtig sind es in Deutschland nur noch ca. 250.000 ha, ANONYM 2021a).

Die einseitigen Fruchtfolgen mit lokalen Tendenzen zur Monokultur führen zu einer einseitigen Verunkrautung mit gräserdominierender Unkrautflora. Für die Bekämpfung dieser Unkrautflora steht nur eine eingeschränkte herbizide Wirkstoffpalette zur Verfügung. Infolge begrenzter Wirkungsmechanismen führt die häufige Anwendung der entsprechenden Präparate zwangsläufig zu Herbizidresistenz. Freihandel und Marktwirtschaft zwingen die Landwirtschaft, nachfragegerecht zu produzieren, um das notwendige Einkommen zu erwirtschaften. Dies verursacht eine entsprechende Spezialisierung (vorrangig nur Tierproduktion oder nur Pflanzenproduktion) und Konzentration auf wenige Fruchtarten. Damit sind wintergetreidebetonte bzw. unter Einbeziehung von Winterraps winterungsbetonte Fruchtfolgen mit den dargelegten Problemen bei der Unkrautbekämpfung entstanden.

Die Gestaltung von ausgewogenen Fruchtfolgen ist daher eine wirksame Maßnahme zur Lösung der beschriebenen Probleme. Idealerweise sollten Halm- und Blattfrüchte, sowie Winterungen und Sommerungen jährlich oder jedes 2. Jahr wechseln. Dies wird in den meisten Fällen kaum zu erreichen sein. Ohne die stärkere Einbeziehung von Som-

merungen (Sommergetreide, Körnerleguminosen) und dem teilweisen Ersatz von Mais durch Feldfutter (Luzerne, Klee-grasmischungen) sind die gegenwärtigen Bekämpfungsprobleme vor allem bei Ackerfuchsschwanz und Windhalm nicht mehr zu lösen - was in Betrieben mit Tierhaltung, insbesondere Rinderhaltung und Biogaserzeugung prinzipiell möglich ist.

Auch aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten sollte auf Grenzstandorten der Weizenanbau standortspezifisch durch konkurrenzstärkere Kulturen - Roggen bzw. bedingt auch Raps - ersetzt werden.

Der aus arbeitswirtschaftlichen Gründen und zur Erosionshemmung gestiegene Anteil an Flächen, die dauerhaft pfluglos bewirtschaftet werden, ist wieder zu reduzieren. Es gilt standortspezifische, schlagkräftige Verfahren zur Grundbodenbearbeitung zu etablieren, um den Unkrautdruck zu reduzieren und den erwartbaren Verlust von Glyphosat aufzufangen.

Eine stärkere Betonung von vielseitigen Fruchtfolgen (mit entsprechendem Anteil an Körnerleguminosen) im Rahmen der Flächenbeihilfe könnte die Anbauwürdigkeit der Körnerleguminosen mittelfristig verbessern. Dieser Trend würde verstärkt, wenn die Züchtung künftig Sorten mit höherer Krankheitsresistenz und höherem Ertragspotenzial zur Verfügung stellt.

Literatur

ANONYM, (1988): Statistisches Taschenbuch der Deutschen Demokratischen Republik 1988

ANONYM, (2017): Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz, Jahresbericht 2017 Ergebnisse der Jahre 2007 bis 2017.

ANONYM, (2021a): Access: 14. November 2021, <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Feldfruechte-Gruenland/Tabellen/ackerland-hauptnutzungsarten-kulturarten.html>

ANONYM, (2021b): Acces: 20. November 2021, <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Produktionsmethoden/Tabellen/bodenbearbeitungsverfahren-landwirtschaftliche-betriebe.html>

ARLT, K.; ENZIAN, S., PALLUTT, B., (1995): Verbreitung landwirtschaftlich wichtiger Unkrautarten in den östlichen Bundesländern. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Heft 312, 77 S.

AUGUSTIN, B., MENNE, H.J., (2014): Herbizidresistenz von Flughäferherkünften aus Rheinland-Pfalz. Julius-Kühn-Archiv 443, 320-323.

BRÜCKNER, P., (1958): Untersuchung über die Verbreitung des Ackerfuchsschwanzes im Kreis Soest und die Möglichkeiten zu seiner Bekämpfung. Diss. Bonn

COLBACH et. al. (2010): zitiert in Voßhennrich, H.-H., Landschreiber, M., Henne, U., Schleich-Saidfar, C., Epperlein, J., Olderog-Enge, K., Matthiesen, H., (2018): Entwicklung nachhaltiger Methoden zur Ackerfuchsschwanzbekämpfung. Thünen Working Paper 99, 163 S:

FREYER, J. B., (1979): Key factors effecting important weed problems and their control. Proc. EWRS-Symp. „The influence of different Factors of the Development and Conrol of Weeds“, Mainz, S. 13-23

HERZOG, R., (1979): Möglichkeiten der mechanischen Bekämpfung der Gemeinen Quecke. Tagungsbericht Quecke, S.30-33

KARCH, K., SPERI, P., (1979): Unkrautauftreten und Unkrautbekämpfung im Versuch „Ewiger Roggenbau“. Kongress- und Tagungsbericht der Martin Luther Universität Halle Wittenberg, S. 72-81

KOCH, W., (1970): Unkrautbekämpfung. Eugen Ulmer Stuttgart, S. 50-53

MENCK, B. H., (1968): Biologie des Ackerfuchsschwanzes (*Alopecurus myosuroides* Huds.) und seine Verbreitung in

Schleswig-Holstein. Inaugural-Diss. Christian-Albrechts Universität zu Kiel, 142 S.

PALLUTT, B. (1989): Beiträge zur integrierten Unkrautbekämpfung im Getreidebau. Diss. B Akademie der Landwirtschaften der Deutschen Demokratischen Republik zu Berlin, 129 S.

PALLUTT, B, HAASS, J. (1992): Beiträge zur integrierten Unkrautbekämpfung im Getreidebau. 1. Mechanisch-chemische Unkrautbekämpfung im Rahmen von Fruchtfolgen. Gesunde Pflanzen 44, S. 109-120

PALLUTT B., (1999): Einfluss von Fruchtfolge, Bodenbearbeitung und Herbizidanwendung auf Populationsdynamik und Konkurrenz von Unkräutern in Wintergetreide. Gesunde Pflanzen (51) Heft 4, S. 109-120

PALLUTT, B., (2001): Unveröffentlichter Versuchsbericht. Glaubitz 2001.

PALLUTT, B., (2002): Maßnahmen zur Unkrautbekämpfung. In Zwerger, P., Ammon, H. U.: Unkraut Ökologie und Bekämpfung. Eugen Ulmer Stuttgart, S. 105-117

PALLUTT, B., GRÜBNER, P., (2004): Langzeitwirkung ausgewählter Bewirtschaftungsmaßnahmen auf die Verunkrautung am Beispiel des Getreides. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderheft 14, S. 969-979

PALLUTT, B., (2010): 30 Jahre Dauerfeldversuche zum Pflanzenschutz. Journal für Kulturpflanzen 62(7), S. 230-237

PALLUTT, B., AUGUSTIN, B. (2022): Einfluß der Fruchtfolge auf die Verunkrautung. Julius-Kühn-Archiv 468, S.147-154

RADEMACHER, B., KOCH, W., WÜRZER, B., (1969): Gramineous weeds in cereals in West Germany and their control, Proc. 7th. British Weed Control Conference 1, S. 146-152
Schwarz, J., Pallutt, B. 2020: Historie – Ein Blick zurück oder wie alles begann. Journal für Kulturpflanzen 72(7), S.259-261

STEMANN, G. , (2020): FRUCHTFOLGEN IM UMBRUCH. VORTRAG RAPOOL FACHTAGUNG, WARBURG, 28.02.2020

VOSSHENNRICH, H.-H., LANDSCHREIBER, M., HENNE, U., SCHLEICH-SAIDFAR, C., EPPERLEIN, J., OLDROGG-ENGE, K., MATTHIESEN, H., (2018): Entwicklung nachhaltiger Methoden zur Ackerfuchsschwanzbekämpfung. Thünen Working Paper 99, 163 S.

ZELLER, A. K., KAISER, Y.I., GERHARDS, R., (2018): Suppressing *Alopecurus myosuroides* Huds. in Rotations of Winter-Annual and Spring Crops, *Agricultur* 2018, 8, 91; doi: 103390/agriculture8070091

4 Bodenbearbeitung

Autor:

Dr. Norbert Uppenkamp

Der Boden dient der Verankerung der Pflanze am Standort, der eine sichere Nährstoffversorgung und ein ungestörtes Wachstum garantieren soll. Um das zu erreichen, muss er in den meisten Fällen bearbeitet werden. Das erforderliche Bearbeitungsverfahren ist von zahlreichen Faktoren abhängig. Die Haupteinflussfaktoren sind Bodenart und -typ, Witterung, Ansprüche der Kultur und Sätechnik.

4.1 Aufgaben, Ziele und Technik der Bodenbearbeitung

Die klassischen Aufgaben der Bodenbearbeitung sind

- Einarbeitung von Ernterückständen
- Vermischung von Ernterückständen mit dem Boden
- Lockern der Bodenkrume
- Zerkleinern von Bodenschollen
- Rückverfestigen des Bodens
- Entmischen und Sortieren von Boden und organischem Material

Damit werden folgende Ziele verfolgt:

- Schaffung eines optimalen Saatbettes für eine sichere Keimung und ein ungestörtes Auflaufen der Kulturpflanzen
- Vorbereitung des Bodens, so dass die nachfolgende Sätechnik ohne Störung optimal arbeiten kann
- Schaffung eines optimalen Wurzelraums zum ungehinderten Wurzelwachstum, um die Versorgung der Pflanzen mit Wasser und Nährstoffen sicherzustellen

- Minderung der unproduktiven Wasserverluste
- Minderung der Wind- und Wassererosion
- Bekämpfung von Unkräutern, Ungräsern, Schädlingen und pilzlichen Schaderregern
- Einarbeitung von Nährstoffen in den Boden
- Minimierung von Nährstoffverlusten

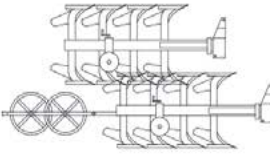
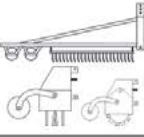


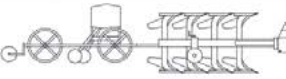
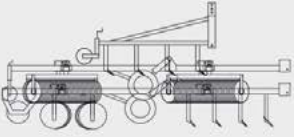


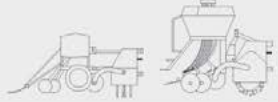

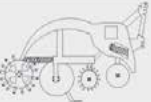
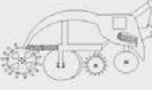

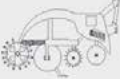

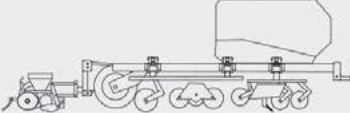
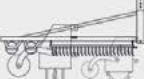

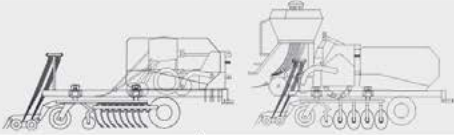
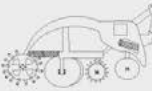

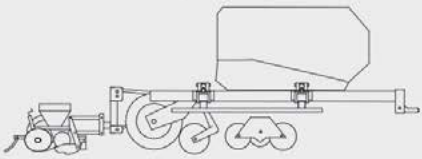
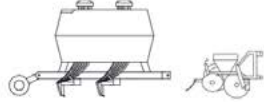
Zwischen diesen Zielen gibt es Konflikte, wie z.B. zwischen Erosionsschutz und Bekämpfung pilzlicher Schaderreger: Während für den Erosionsschutz Ernterückstände auf der Bodenoberfläche gewünscht werden, sind sie für eine Vermeidung von Pilzinfektionen in der Folgefrucht zu vermeiden. Für die Auswahl des optimalen Bodenbearbeitungssystems müssen daher Prioritäten gesetzt werden, welche Ziele vorrangig erreicht werden sollen. Aus Sicht der Feldhygiene ist die Unterdrückung von Unkräutern, Ungräsern, Schädlingen und pilzlichen Schaderregern vorrangiges Ziel. Üblicherweise wird das breite Feld der Bodenbearbeitung in folgende Bereiche untergliedert:

- Stoppelbearbeitung direkt nach der Ernte der Vorfrucht
- Primärbodenbearbeitung oder Grundbodenbearbeitung zur krumentiefen Lockerung und Mischung
- Sekundärbodenbearbeitung oder Saatbettbereitung zur Vorbereitung der Saat (siehe Kapitel 7, Bestandes-/Kulturführung)

Diese Einteilung ist aber nicht zwingend. Insbesondere in pfluglos arbeitenden Bodenbearbeitungssystemen sind nicht immer alle drei Bereiche vertreten und die Übergänge sind fließend. Eine Übersicht über die Vielzahl von Varianten mit unterschiedlichen Geräten findet sich im KTBL-Fachartikel „Definition von Bodenbearbeitungs- und Bestellsystemen“ (Abb.4.1).

Direktsaat von Ackerbohnen nach
Grassamenvermehrung
(Foto: F. Käufer)



Verfahren	Grundbodenbearbeitung (intensive Lockerung)	Saatbettbereitung	Saat	Ablauf der Arbeitsvorgänge
Wendende Bodenbearbeitung				Grundbodenbearbeitung, Saatbettbereitung und Saat getrennt
				Grundbodenbearbeitung getrennt, Saatbettbereitung und Saat kombiniert
				alle Arbeitsgänge kombiniert
Nicht wendende Bodenbearbeitung				Grundbodenbearbeitung, Saatbettbereitung und Saat getrennt
				Grundbodenbearbeitung getrennt, Saatbettbereitung und Saat kombiniert
				alle Arbeitsgänge kombiniert
				partielle ¹⁾ Grundbodenbearbeitung, Saatbettbereitung und Saat getrennt
				partielle ¹⁾ Grundbodenbearbeitung und Saatbettbereitung kombiniert, Saat getrennt
				alle partiellen ¹⁾ Arbeitsgänge kombiniert
Nicht wendende Bodenbearbeitung				ohne Grundbodenbearbeitung, Saatbettbereitung und Saat getrennt
				ohne Grundbodenbearbeitung, Saatbettbereitung und Saat kombiniert
			ohne Grundbodenbearbeitung, partielle ¹⁾ Saatbettbereitung und Saat getrennt	
				ohne Grundbodenbearbeitung, partielle ¹⁾ Saatbettbereitung und Saat kombiniert
Direkt-saat				ohne Bodenbearbeitung, Eingriff des Särschars bis zur Saatgutablagertiefe auf weniger als 1/3 der Reihenweite

¹⁾ Es werden weniger als 50 % der Gesamtfläche bearbeitet. Pflanzenreste bleiben ganzjährig auf der nicht bearbeiteten Bodenoberfläche.

Abb. 4.1: Übersicht der Bodenbearbeitungs- und Bestellverfahren, aus: *Mechanische Maßnahmen zur Feldhygiene in Maisfruchtfolgen. Schutz vor Maiszünsler und Fusarien. KTBL (2023)*
 Darmstadt, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (KTBL)

4.2 Stoppelbearbeitung

Die Aufgaben der Stoppelbearbeitung sind

- das Einmischen von Ernterückständen in den Boden,
- Ausfallgetreide und Unkrautsamen zum Auflaufen bringen,
- es anschließend abtöten und evtl. einer Zwischenfrucht das Saatbett bereiten.

Die Stoppelbearbeitung dient dazu, den Unkrautbesatz und Schaderreger vor allem in der Folgefrucht wirksam zu verringern. Wird die Stoppelbearbeitung auf das Keimen vorherrschender Unkräuter und Ungräser hin optimiert, spricht man auch von einer „Scheinsaat“ oder vom „falschen Saatbett“. Dabei wird eine Aussaat simuliert, was insbesondere Ackerfuchsschwanzsamen im Keimbett zum Auflaufen anregt, die dann mit der nachfolgenden Aussaat der Kultur vernichtet werden. Bei passenden Rahmenbedingungen (ausreichende Bodenfeuchte, keimbereite Ackerfuchsschwanzsamen) ist die Scheinsaat ein effektives Verfahren, um insbesondere auf Standorten mit hohem Ackerfuchsschwanzbesatz den Wirkungsgrad der nachfolgend zum Einsatz kommenden Ungrasmittel zu sichern. Das Stoppelbearbeitungsgerät mit dem geringsten Eingriff in den Boden ist der Strohstriegel (Abb. 4.2).



Abb.4.2: Strohstriegel mit Zinken in einem Strichabstand von 6 cm (Foto: N. Uppenkamp)



Abb. 4.3: Arbeitseffekt des Striegels auf der Getreidestoppel (links: unbearbeitet, rechts: bearbeitet) (Foto: N. Uppenkamp)

Die gefederten Zinken greifen je nach Bodenart und –zustand nur wenige cm in den Boden ein. Das reicht oftmals, um Ausfallgetreide und Ausfallraps zum Auflaufen zu bringen. Gerade unter trockenen Verhältnissen ist die geringe Bearbeitungsintensität von Vorteil, da nur wenig Boden austrocknet und der Wasserverlust daher gering ist. Da keine ganzflächige Bearbeitung erfolgt, ist der Bekämpfungserfolg bei weit entwickelten Unkräutern begrenzt.

Die sicherste Methode zum Abtöten des Stoppelbewuchses ist, die Wurzeln oberhalb der Hauptwurzelzone zu durchtrennen, anschließend die Wurzeln von der Erde zu befreien und an der Oberfläche abzulegen, so dass das Pflanzenmaterial austrocknet. Gefragt sind also sehr flach und ganzflächig arbeitende Werkzeuge, die das Pflanzenmaterial vom Boden trennen und es locker an der Oberfläche belassen. Ein starkes Anwalzen muss vermieden werden, da sonst die Wurzeln nicht austrocknen und wieder austreiben. Andererseits sollen bei der Stoppelbearbeitung Ausfallsamen zum Keimen gebracht werden. Diese benötigen Wasser, also einen ausreichenden Bodenschluss. Hier besteht also ein Zielkonflikt.

Es gibt mittlerweile eine breite Palette flach arbeitender Geräte, die sich in der Bauart stark unterscheiden. Die nachfolgend vorgestellten Geräte stellen nur eine Auswahl dar ohne Anspruch auf Vollständigkeit. Neben zapfwellengetriebenen Spezialgeräten dominieren passive Werkzeuge in Form von Zinken- oder Scheibengeräten. Für die meisten Betriebe bietet sich der Einsatz des meist vorhandenen Grubbers an. Über Schnellwechselsysteme können die Schare dem jeweiligen Einsatzgebiet angepasst werden. Dennoch ist bei den meisten Geräten eine Arbeitstiefe von mindestens 5 cm nötig, um eine ganzflächige Arbeit zu gewährleisten. Für den hier geforderten Effekt sind Schare mit geringem Anstellwinkel von Vorteil, da ein intensives Mischen nachteilig ist. Für ein sicheres Durchschneiden der Wurzeln ist außerdem ein Überschneit von mindestens 3 cm, bei schwierigen Verhältnissen wie z.B. Kleegrasumbruch, auch 6 cm empfehlenswert. Die Schare müssen also 3 bzw. 6 cm breiter sein als der Strichabstand, auch bei fortschreitendem Verschleiß.



Abb. 4.4: Bei herkömmlichen Grubbern können für die flache Bearbeitung die Schare ausgetauscht oder wie hier mit Flügelcharen ergänzt werden. (Foto: N. Uppenkamp)

Abb. 4.5: Spezialgrubber für die flache Bodenbearbeitung mit Teilrahmen, die einzeln durch pendelnde Tandemräder in der Tiefe geführt werden (Werkbild Treffler)



Bei großen Arbeitsbreiten wird die Boden Anpassung schnell zum Problem. Möglichst schmale Teilrahmen, die einzeln in der Tiefe geführt werden, sind Voraussetzung, um auch bei etwas unebener Bodenoberfläche eine gleichmäßige Arbeitstiefe zu gewährleisten.

Groß-Federzinkeneggen oder auch Feingrubber zeichnen sich durch einen engen Strichabstand von 10 bis 13 cm aus. Bei der üblichen Ausrüstung mit relativ schmalen Scharen ist eine ganzflächige Bearbeitung in einem Arbeitsgang nicht möglich. Mehrmalige Überfahrten oder die Ausrüstung mit Gänsefußscharen sind dafür nötig.



Abb. 4.6: Herkömmlicher Federzinkengrubber mit Standardscharen (Foto: N. Uppenkamp)



Abb. 4.7: Federzinkengrubber mit Gänsefußscharen (Foto: N. Uppenkamp)

Neben den Zinkenwerkzeugen werden auch abrollende Werkzeuge für die flache Bodenbearbeitung angeboten. Herkömmliche Kurzscheibeneggen setzen für eine ganzflächige Bearbeitung eine Arbeitstiefe von mindestens 5 cm voraus. Günstig sind Scheiben mit großem Durchmesser und steilem Anstellwinkel.



Abb. 4.8: Kurzscheibenegge mit stark gewellten Scheiben für die ultraflache Bodenbearbeitung (Foto: N. Uppenkamp)

Speziell für die ultraflache Bearbeitung mit 2 bis 3 cm wird ein Gerät angeboten, das statt der herkömmlichen Scheiben mit sehr stark gewellten Scheiben ausgerüstet ist. Die 11,5 cm breite Wellung in Kombination mit dem Anstellwinkel von 16° ergibt eine ganzflächige Bearbeitung. Die Intensität der Bodenbearbeitung ist vom Bodenzustand und von der Struktur, sowie der Menge an organischem Material abhängig. Die Pflanzen werden aber nicht zwangsweise horizontal durchgeschnitten.

Eine besondere Bauform der abrollenden Werkzeuge ist der in Abb. 4.9 abgebildete Ringschneider. Hier steht das horizontale Schneiden der Wurzeln im Vordergrund. Der große Durchmesser der versetzt angeordneten Schneidringe sichert eine ganzflächige Bearbeitung ab einer Arbeitstiefe von 5 cm. Die Schneidringe sind schräg zur Fahrtrichtung angeordnet, damit sie sich durch den Bodenwiderstand

drehen und den Verschleiß gleichmäßig auf den Umfang des Ringes verteilen. Durch die offene Bauweise wird aber kaum Erde seitlich bewegt.



Abb. 4.9: Ringschneider. (Foto: N. Uppenkamp)

Große Aufwuchsmengen müssen vor der Bodenbearbeitung zerkleinert werden, um Verstopfungen zu vermeiden. Walzende oder schneidende Werkzeuge können in der Fronthydraulik oder auch integriert in das Bodenbearbeitungsgerät diese Aufgabe übernehmen.



Abb. 4.10: Werkzeugkombination mit vorlaufenden Schneidelementen, Gänsefußscharen, Doppelwalze und Striegel für die Arbeitsschritte Vertikalschnitt, Horizontalschnitt, Tiefenführung und Trennung der Pflanzenteile vom Boden mit Auflockerung der Bodenoberfläche. (Foto: N. Uppenkamp)

4.3 Grundbodenbearbeitung

Das klassische Gerät für die Grundbodenbearbeitung ist der Pflug. Die Pflugkörper in Verbindung mit Vorschälern sichern eine sehr gute Bodenwendung mit entsprechend zuverlässiger Bekämpfung aufstehender Unkräuter und erzielen eine von Ernterückständen freie Bodenoberfläche.



Abb. 4.11: Arbeitsbild des Pfluges (Foto: N. Uppenkamp)

Unkrautsamen werden über die gesamte Arbeitstiefe in den Boden eingemischt. Bei großen Mengen an Ernterückständen und falsch eingestellten Vorschälern besteht die Gefahr, dass die organische Masse als Schicht auf der Furchensohle abgelegt wird und dort nicht verrottet. Beim nächsten Pflugeinsatz wird diese Schicht wieder teilweise an die Bodenoberfläche geholt und auf der unzersetzten organischen Masse überlebende Pilzsporen können die Folgefrucht infizieren.

Diese Gefahr besteht beim Einsatz tief arbeitender Grubber nicht. Allerdings bleiben in Abhängigkeit von der Art und der Einstellung der zusätzlichen Einebnungs- und Mischwerkzeuge unterschiedlich viele Ernterückstände auf der Bodenfläche. Dies erhöht zwar die Gefahr von Infektionen in der Folgefrucht, senkt aber die Erosionsgefahr.



Abb. 4.12: Grundbodenbearbeitung mit dem Pflug (Foto: N. Uppenkamp)

Die Vielzahl an unterschiedlich geformten Werkzeugen und Werkzeuganordnungen machen den Grubber zu einem sehr variabel einsetzbaren Gerät. Schmale Werkzeuge in Kombination mit einem großen Strichabstand minimieren die Mischwirkung, so dass insbesondere auf schweren Böden eine tiefe Bodenlockerung mit geringer Bodendurchmischung möglich ist. Dadurch wird der Bodenaufbau nur wenig gestört und es gelangen nur wenige Unkrautsamen und organisches Material aus dem Bearbeitungshorizont an die Bodenoberfläche. Bei dauerhaft pflugloser Bewirtschaftung kann somit der Unkrautsamenvorrat im Boden und die Menge an befallenen Ernterückständen im nur flach durchmischten Bodenhorizont auf die Dauer verringert werden. Die phytosanitäre Wirkung dieser Strategie ist allerdings davon abhängig, dass aufstehendes Unkraut nicht aussamt und die Ernterückstände durch geeignete Maßnahmen zuverlässig schnell abgebaut werden.

Das tiefe Einarbeiten von Ernterückständen sowohl mit Pflug als auch mit dem Grubber löst allerdings nicht alle Probleme dauerhaft. Dies gilt insbesondere für Unkrautsamen. Durch das Vergraben fallen sie in eine sekundäre Keimruhe und verlängern dadurch ihre Keimfähigkeit. Im Laufe der Zeit kann das zu einer Vergrößerung der Unkrautsamenbank im Boden und damit letztlich zu einem wachsenden Unkrautdruck in der Fruchtfolge führen.

4.4 Fazit

Die Bodenbearbeitung ist von zentraler Bedeutung für den Anbau von Kulturpflanzen. Der Boden dient nicht nur der Verankerung der Pflanzen, sondern ist auch das wichtigste Medium zur Wasser- und Nährstoffversorgung. Zahlreiche Einflussfaktoren (Bodenbeschaffenheit, Witterung, Kulturansprüche, verfügbare Technik) verlangen eine standortangepasste Bearbeitung, um den Kulturpflanzen ein möglichst optimales Wachstum zu ermöglichen. Dabei sind Zielkonflikte nicht zu vermeiden. Einerseits dienen beispielsweise Pflanzenrückstände auf der Bodenoberfläche dem Schutz vor Erosion und unerwünschten Wasserverlusten, andererseits beherbergen sie häufig Schaderreger (insbesondere Pilzkrankheiten), die in der Folgekultur verstärkt Probleme bereiten können.

Abgesehen von der Beseitigung bereits vorhandener Schaderreger haben Bodenbearbeitungsmaßnahmen im Hinblick auf die Feldhygiene vor allem vorbeugenden Charakter. Die Grundbodenbearbeitung hat einen mehr oder weniger ausgeprägten Mischeffekt innerhalb des Bearbeitungshorizontes. Die Pflanzenrückstände werden entsprechend eingemischt, was die nachfolgende Kultur von anhaftenden Schaderregern entlastet. Dabei besteht die Gefahr, das Samenpotenzial im Boden auf Dauer zu erhöhen. Dem kann mit einer geeigneten Stoppelbearbeitung entgegen gewirkt werden, um möglichst viele Unkrautsamen und die Ausfallkulturen zum Keimen zu bringen, damit sie durch die anschließende Saat oder zusätzliche Maßnahmen sicher abgetötet werden.

Die Scheinsaats, auch „Falsches Saatbett“ genannt, ist eine Sondermaßnahme, mit der versucht wird, vor allem auf Flächen mit hohem Ackerfuchsschwanzbesatz gezielt die Keimung des Problemungrases anhand der Saatbettbereitung zu beschleunigen, um es anschließend mit Glyphosat sicher kontrollieren zu können. Dieses Verfahren hat sich in der Vergangenheit vermehrt durchgesetzt und dazu beigetragen, den Bodensamenvorrat des Ackerfuchsschwanzes zu reduzieren. Mit Inkrafttreten der geänderten Pflanzenschutzanwendungsverordnung (8. September 2021) ist der Glyphosateinsatz als Vorsaatanwendung nach Pflugeinsatz nicht mehr möglich. Zusätzlich steht der Wirkstoff auf breiter EU-Ebene in der Kritik, sodass eine Wirkstoffverlängerung fraglich erscheint. Somit kommt der Bodenbearbeitung, sei es als Nacherntemanagement auf der Stoppel, als Vorsaatsbearbeitung oder zur Beseitigung von Zwischenfrüchten vor einer Sommerung, verstärkte Bedeutung zu. Dabei sind die Anforderungen an die Gestaltung der Bodenbearbeitung aufgrund der zahlreichen Einflussfaktoren sehr unterschiedlich. Daher gibt es keine Patentrezepte. Es gilt standortangepasste Verfahren zu praktizieren, die fruchtfolgeübergreifend ein optimales Kulturwachstum ermöglichen.

Literatur

BLEISTEINER N., BAUER B. (2020): Bodenbearbeitung Nicht zu flach, Lohnunternehmen Nr. 4, S. 30-33

DENCKER C. H. (1961): Handbuch der Landtechnik; Verlag Paul Parey

DRÜCKER H. (2016): Die optimale Arbeitstiefe, Land & Forst Nr. 6, S. 53-55

HÄNSEL M., MÜLLER E., SCHMIDT W. (2013): Optimierung der Stoppelbearbeitung im pfluglosen Ackerbau, Schriftenreihe des LfULG, Heft 19

HÖNER G. (2004): Besser pflügen und 30 % Diesel sparen, top agrar Nr. 10, S. 70-76

HÖNER G. (2016): Spielend pflügen, top agrar Nr.4, S112-113

KNECHTGES H.J., KOCH F., MEYER T., SCHEIT S. (2010): Stoppelbearbeitung mit Grubber oder Kurzscheibenegge im Vergleich, Landtechnik 65 Nr. 1, S. 51-53

KÖLLER K., LINKE C. (2001): Erfolgreicher Ackerbau ohne Pflug, 2. neu überarbeitete und erweiterte Auflage, DLG-Verlag Frankfurt am Main

LÜTKE-ENTRUP N., SCHÄFER B. C. (2011): Lehrbuch des Pflanzenbaues, Band 2: Kulturpflanzen, 3. Auflage, Agro-Concept Bonn

RUHL M. (2020): Krümelmonster, agrarheute Nr. 6, S. 86-90

5 Nachernte-/ Samenmanagement

Autorin:
Manja Landschreiber

Ein funktionierendes System und somit auch ein Ackerbausystem beginnt aus dem Ruder zu laufen, wenn das Gleichgewicht einseitig gestört ist, das heißt ein Faktor nach oben oder unten ausbricht. Besonders deutlich wird das im Gesamtbereich der Feldhygiene am Faktor Unkraut- bzw. Ungrassamenmanagement.

Solange der Samenvorrat von Unkräutern und Ungräsern im Boden gering ist:

- funktionieren bestehende Herbizidstrategien,
- ist die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von resistenten Individuen geringer,
- kommen Bekämpfungslücken in einer Kultur, aufgrund von fehlenden Zulassungen, kaum zum Tragen.

Das Potenzial von Unkraut- und Ungrassamen im Boden ist daher von entscheidender Bedeutung für das gesamte Herbizidmanagement und in letzter Konsequenz für die Zukunft des Ackerbaus.

Welche Faktoren beeinflussen aber das Potenzial von Unkraut- und Ungrassamen, kurz um, die Samenbank im Boden? Welche Möglichkeiten zur Regulierung bestehen?

5.1 Dormanz/Keimruhe - Begriffsklärung

Um das System Nacherntemanagement und die im Anschluss erläuterten Maßnahmen verstehen und umsetzen zu können, lohnt ein kurzer Einstieg in die Biologie. Ausgefallene Samen können nur keimen, wenn sie sich in Keimstimmung befinden. Das heißt, die Dormanz (lat. „dormire = schlafen“ = Keimruhe) ist aufgehoben. Nach HARPER (1959) bedeutet Dormanz: „Das Ausbleiben der Keimung eines lebensfähigen Samens unter Bedingungen, die für die Keimung günstig sind.“ Vereinfacht gesagt ist Dormanz, die „innere Ruhe“ des Samens, die trotz optimalen äußeren Keimbedingungen den Keimvorgang verhindert.

Es wird zwischen Primärer Dormanz (Keimruhe) und Sekundärer Dormanz (Keimruhe) unterschieden. Der Einfachheit halber wird im Verlauf des Textes der Begriff Keimruhe verwendet.

Primäre Keimruhe: Die Primäre Keimruhe ist genetisch fixiert. Sie schützt den Samen vor einer vorzeitigen Keimung, dem sogenannten Auswuchs. Das heißt, bis zur Ernte der Kulturpflanze ist die Primäre Keimruhe durchaus erwünscht. Nach der Ernte verständlicherweise nicht mehr.

Sekundäre Keimruhe: Die Sekundäre Keimruhe setzt nach dem Samenfall, also nach der Ernte, ein und wird durch Umwelteinflüsse gesteuert, wie beispielsweise Dunkelheit, Temperatur oder Trockenheit. Die Sekundäre Keimruhe verhindert eine Keimung unter ungünstigen Umweltbedingungen. Erst nach spezifischen Umweltreizen wie z.B. Licht und Feuchtigkeit entwickeln die Samen wieder Keimbereitschaft.

Was bedeutet dies für das Nachernte- und Samenmanagement?

Das wird im Folgenden an den Beispielen Raps, als Ausfallkultur, und Ackerfuchsschwanz, als Problemungras, verdeutlicht.

5.2 Beispiel Ausfallraps

Besonders in langjährigen Rapsanbaugebieten sieht man vor der Ernte in größerem Umfang unruhige Schotendächer bis hin zu unterschiedlich stark ausgebildetem Lager, das ohne ersichtliche Witterungseinflüsse entstand. Hier hat sich über die Jahre ein Problem entwickelt, das landläufig als „Durchwuchsraps“ oder „Monsterpflanzen“ bekannt geworden ist. Diese Pflanzen sind deutlich länger, als der restliche Bestand und weisen eine Entwicklungsverzögerung von ca. 2–3 Wochen auf. Besonders während der Blüte sind sie sehr gut im Bestand zu erkennen.



Abb. 5.1: Auffällige grüne Pflanzen zum Zeitpunkt der Rapsblüte – Durchwuchsraps, auch bekannt als „Monsterpflanzen“ (Foto: M. Landschreiber)

Abb. 5.2: Unruhiges Schotendach aufgrund von Durchwuchsrap. Die Durchwuchspflanzen überragen den „normalen Bestand“. (Foto: M. Landschreiber)



Bei diesen Pflanzen handelt es sich um Rapspflanzen, die sich aus dem angereicherten Bodensamenvorrat entwickelt haben. Der Rapsdurchwuchs basiert auf Samenverlusten, dem sogenannten Ausfallraps. Diese entstehen durch natürliche Verluste vor der Ernte (im Extremfall durch Hagel) und technische Verluste während der Ernte. Nach CRAMER (1990) belaufen sich die normalen Verluste während der Ernte auf ca. 2–3 dt/ha oder 4000–6000 Samen pro m². Gelangen diese Samen nach der Ernte in den Boden, fallen sie in eine, mehr oder weniger stark ausgeprägte, Sekundäre Keimruhe und tauchen Jahre später als sogenannter Durchwuchs wieder in den Rapsbeständen auf.

Dabei kann die Lebensdauer der Rapssamen im Boden über 10 Jahre andauern (LUTMANN et al. 2003). Dies deckt sich durchaus mit Beobachtungen aus der Praxis, wo auf einem Schlag nach 15 Jahren Weizenmonokultur erst in den letzten Jahren kaum noch Ausfallraps aufgelaufen ist. Dieses



Abb. 5.3: Auf einer bekannten Problemfläche wurde 2014 in einem Fenster von 1m² der gedrillte Raps entfernt, und neuer Auflauf aus dem Boden zugelassen. Im Ergebnis sind mehr Pflanzen als die angestrebte Aussaatstärke als Auflaufraps aufgelaufen. (Foto: M. Landschreiber)

Beispiel zeigt deutlich die Langlebigkeit von Rapssamen im Boden.

Fruchtfolge (Anbauhäufigkeit von Raps), Sortenunterschiede (genetische Faktoren beeinflussen Sekundäre Keimruhe) und die Art der Stoppelbearbeitung haben Einfluss auf die Menge des Durchwuchsrapses.

Ein Rapsbestand kann dabei ohne Probleme die doppelte Pflanzenzahl der Drillmenge aufgrund von Durchwuchsraps aufweisen. Dadurch steigt die Gefahr von Lager und zusätzlicher phytosanitärer Probleme. So gesehen ist es nicht weiter verwunderlich, dass vielerorts Krankheiten wie Kohlhernie und Verticillium Einzug gehalten haben.



Abb. 5.4: Besonders nach der Ernte fallen die krankheitsbedingt abgereiften Stängel ins Auge – Verticillium nimmt vielerorts zu. (Foto: M. Landschreiber)



Abb. 5.5: *Verticillium* ist äußerlich an der „pergamentpapierähnlichen Epidermis“ zu erkennen. (Foto: M. Landschreiber)



Abb. 5.6: Im Inneren weisen die Stängel schwärzliche Verfärbungen auf, die an Eisenspäne erinnern. (Foto: M. Landschreiber)

Bei einem hohen Bodensamenvorrat von Raps sind Infektionsketten in der gesamten Fruchtfolge geschlossen, sodass die Ausbreitungsgeschwindigkeit der beiden Krankheiten sehr hoch ist. Die Verschleppung durch Maschinen und Geräte (Bodenbearbeitung) tut ihr Übriges.

Trockenheit und Dunkelheit induzieren eine Sekundäre Keimruhe der Rapssamen. Für die Praxis bedeutet dies, dass eine bodenbedeckende Stoppelbearbeitung bei trockener Sommerwitterung sofort nach der Ernte eine ausgeprägte Sekundäre Keimruhe der Rapssamen auslöst.

Der aktuelle Ausfallraps keimt nicht, der Samenvorrat im Boden wird angereichert und führt so zu den beschriebenen Problemen.

Zusätzlich konnte in Versuchen festgestellt werden, dass eine Sortenabhängigkeit in Bezug auf die Ausprägung der Sekundären Keimruhe besteht (GRUBER et al. 2008). Für das aktuelle Sortenspektrum fehlt allerdings die Datenbasis, sodass diesbezüglich kein Handlungsspielraum gegeben ist.



Abb. 5.7 – 5.9: Legt man die Verkaufszahlen Kohlhernie-resistenter Rapsorten zugrunde, dann sind regional mittlerweile bis zu 50 % der Flächen betroffen. Die Ausprägung der Deformationen im Wurzelbereich sind vielschichtig. Frühe Rapsaussaaten, warme feuchte Herbst und pH-Werte unter 6 begünstigen zusätzlich den Befall. (Fotos: M. Landschreiber)

So gesehen, muss der Übergang von der normalen kaum ausgeprägten Primären Keimruhe in die Sekundäre Keimruhe der Rapssamen direkt nach der Ernte verhindert werden. Dabei ist Ausfallraps nicht gleich Ausfallraps. Es treten unterschiedliche Szenarien auf:

Mögliche Szenarien von Ausfallraps:

1. Reife ausgefallene Rapssamen besitzen eine normale Keimruhe.
2. Rapssamen in noch unreifen grünen Schoten, sogenannten „Gummischoten“, müssen erst nachreifen, die Schoten müssen aufplatzen, um die Samen freizugeben. Folglich verstärkt sich die Keimruhe. Dieser Fall tritt häufig in der Praxis auf, wenn der Erntetermin zu früh gewählt wurde. Das heißt, das oberste Schotenpaket ist reif, aber die nachgelagerten Seitentriebe noch nicht.
3. Unreife Schoten von Durchwuchsrapspflanzen bereiten besondere Probleme. Die unreifen Samen besitzen eine stark ausgeprägte Keimruhe und reifen nur an der Erdoberfläche nach.

Wie kann man der Durchwuchsproblematik im Raps vorbeugen?

Grundsätzlich gilt:

Bodenbedeckung führt zur Sekundären Keimruhe der Rapssamen. Diese verstärkt sich bei gleichzeitiger Trockenheit. Ausfallsamen mit ausgeprägter Sekundärer Keimruhe führen zur Anreicherung der Samenbank im Boden und letztendlich zu massiven Durchwuchsrapsproblemen. Daher müssen ausgefallene Rapskörner vorher zum Keimen gebracht werden.

Das bedeutet, nach der Ernte des Winterrapses darf die Stoppel keinesfalls sofort „schwarz“ gearbeitet werden, wie es häufig in der Vergangenheit gängige Praxis war. Ein deutlich sichtbarer Bodenbearbeitungsgang, vorzugsweise mit einer Kurzscheibenegge, galt landläufig als positives Ergebnis. In Wahrheit führte diese Form der aggressiven Stoppelbearbeitung **direkt nach der Ernte** zu einer 3–4 cm tiefen Bodenbedeckung der ausgefallenen Rapskörner, infolgedessen die unreifen Samen in die schon beschriebene ausgeprägte Sekundäre Keimruhe fielen. Was kurzfristig optisch gut aussah, führte langfristig zu massiven Problemen, sodass ganze Anbausysteme in Frage gestellt wurden.

Dabei ist Ausfallraps vermeidbar. Gefragt sind die richtige Technik und deren zielgerichteter Einsatz.

- Die Vermeidung von Ausfallraps beginnt mit der Ernte. Der Raps muss reif sein! Arbeitsbetriebliche Zwänge, schlechte Wetterphasen oder schlichtweg Ungeduld sind ursächlich für zu frühe Erntetermine. Zur Ermittlung des richtigen Erntezeitpunktes reicht es nicht, die Feuchtigkeit der obersten Schoten zu ermitteln, auch das mittlere und untere Schotenpaket muss in die Betrachtung mit einbezogen werden.

Darüber hinaus darf die richtige Einstellung des Mähdreschers nicht vernachlässigt werden. Ein gewisser Verbleib von Rapskörnern auf dem Acker ist technisch bedingt unvermeidbar. Gehen aber zu viele Körner über die Siebe, landen sie auf dem Acker. Durch eine nachlässige Einstellung des Mähdreschers verbleiben somit etliche Dezi-tonnen Raps zusätzlich auf der Fläche.

- Durch die Wahl geeigneter Stoppelbearbeitungsgeräte lassen sich Probleme mit Ausfallraps erheblich reduzieren. Vordergründiges Ziel ist nicht, ein Saatbett für Ausfallraps zu schaffen, sondern zu verhindern, dass ausgefallene Körner durch Bodenbedeckung in eine ausgeprägte Sekundäre Keimruhe fallen.

Abb. 5.10: Hier wurde der optimale Bearbeitungstermin verpasst. Der Ausfallraps (am 01.09.2016) ist inzwischen fast stiefelhoch. Somit steigt das Infektionsrisiko mit Kohlhernie enorm. (Foto: M. Landschreiber)



Maßnahmen zur Stoppelbearbeitung:

Die althergebrachte Stoppelbearbeitung direkt nach der Ernte mit der Kurzscheibenegge führt zu einer 3–4 cm tiefen Bodenbedeckung der ausgefallenen Rapskörner. Die unreifen Samen fallen somit in eine ausgeprägte Sekundäre Keimruhe, die durchaus mehrere Wochen (6–8 Wochen) anhalten kann. So gesehen, ist dieser Einsatz der Kurzscheibenegge direkt nach der Rapsernte nicht geeignet!

Eine flache Arbeitstiefe von 1–2 cm kann ein Vergraben der Samen größtenteils verhindern. Das bedeutet, die Kurzscheibenegge darf nur über den Acker rollen, so dass die Oberfläche „angekratzt“ wird. Ist das nicht möglich und ist kein alternatives Gerät vorhanden, ist es besser, den Acker vorerst unbearbeitet zu lassen, um dann, nach dem Auflauf der ersten Ausfallpflanzen, flach mit der Kurzscheibenegge den Bewuchs zu zerstören und gleichzeitig Platz für weitere Keimung zu bieten. Dem schließt sich eine mehrmalige Bearbeitung der Stoppelfläche an, um neu aufgelaufene Pflanzen zu bearbeiten.

Ausfallraps sollte nicht länger als 10 Tage auf der Fläche stehen. Sonst steigt das Risiko für die Fruchtfolgekrankheit Kohlhernie an. Bei ca. 20°C und Feuchtigkeit im Boden ist ein Infektionsrisiko für **Kohlhernie** schon nach ca. 7–10 Tagen gegeben.

Alternative Geräte zur Bekämpfung des Ausfallrapses⁷:

Mit Änderung der Pflanzenschutzanwendungsverordnung (BGBl I Nr. 62 v. 07.09.2021) und der damit verbundenen Einschränkung des Wirkstoffs Glyphosat rückt die mechanische Stoppelbearbeitung stark in den Fokus. Bundesweit wurden dazu Versuchsaktivitäten durchgeführt⁸.

Geräte mit ganz flachem Bodeneingriff (Beispiele siehe nachfolgende Bilder 5.11–5.18) sorgen für den für die Keimung nötigen Lichtreiz und zusätzlich für eine optimale Strohverteilung. Allerdings kann nur der Strohsriegel, die richtige Fahrgeschwindigkeit von 15–18 km/h vorausgesetzt, Kaffschwaden ausschütteln, ohne gleichzeitig die Rapssamen zu verschütten. Der Einsatz sollte allerdings vor allem bei besonders grünen Stoppeln nicht sofort nach der Ernte erfolgen. Besser ist es, die Stoppeln ein paar Tage Wind und Wetter auszusetzen, damit sie mürbe werden. Sonst bleibt zu viel Kaff an den harten Stängeln hängen und Haufenbildung ist die Folge. Alternativ kann für diese Situation ein Mulcher oder Schlegelhäcksler eingesetzt werden. Oberstes Ziel beim Einsatz aller Geräte ist es aber immer, die Erdbedeckung der Rapssamen zu verhindern. Befinden sich nach der Ernte besonders viele „Gummischoten“ auf dem Acker, beispielsweise durch vorherigen Rapserrdflohbefall und der daraus resultierenden extremen Verzweigung, ist die Walze das Gerät der Wahl. Diese bricht Gummischoten auf und legt Samen frei.

Bei allen durchgeführten Versuchen wurde Folgendes deutlich:

1. Der Zeitpunkt der Bearbeitung ist von essenzieller Bedeutung und muss an die Arbeitsweise des Geräts angepasst werden. So bedingt der Strohsriegel einen früheren Einsatztermin als beispielsweise ein Grubber mit Gänsefußscharen. Generell aber gilt, je größer die Pflanzen, desto schwieriger ist, ein sauberes Bearbeitungsbild zu erzielen.
2. Je geringer der Bodeneingriff war, umso höher war die Anzahl der Überfahrten, um einen vergleichbaren Bekämpfungserfolg im Vergleich zu Glyphosat zu erzielen.
3. Je intensiver die Bodenbearbeitung war, desto höher waren die N_{\min} -Werte.



Abb. 5.11: Claydon Strohsriegel (Foto: M. Landschreiber)



Abb. 5.12: Dreibalkiger Grubber mit Flügelscharen (Foto: M. Landschreiber)

⁷ unvollständige Auswahl, kein Anspruch auf Vollständigkeit

⁸ (z.B. Landesprojekt „Minimierung des Einsatzes von Glyphosat in Thüringen“ 2017–2019:

<https://www.isip.de/isip/servlet/resource/blob/307350/8bc9d2d71a91ba41e78b224b4c6f1ab5/ewert-fs-ps-ab-2020-data.pdf> oder Feldtag zur Ausfallrapsbekämpfung am 13.09.2018 in Buseck <https://youtu.be/t-llbIEgKg>).



Abb. 5.13: Großfederzinkenegge mit Gänsefußscharen und Doppelkrümmer (Foto: M. Landschreiber)



Abb. 5.14: Federzinken normalschare (Foto: M. Landschreiber)



Abb. 5.15: Kurzscheibenegge Väderstad Crosscutter Disc (Foto: M. Landschreiber)



Abb. 5.16: Ultraflachgrubber mit Messerwalze (Foto: M. Landschreiber)



Abb. 5.17 a/b: Heko-Ringwalze mit Schneidmesserwalze (Foto: M. Landschreiber)





Abb. 5.18: Mulcher (Foto: M. Landschreiber)

Fazit:

Ein „Liegenlassen“ der Fläche nach der Ernte oder eine sehr flache Bodenbearbeitung in Form des Striegels verhindern ein Ansteigen der Durchwuchsraps-Problematik. Durch eine sofortige samenbedeckende Stoppelbearbeitung nach der Ernte fallen ausgefallene Rapssamen in eine ausgeprägte Sekundäre Keimruhe. Die Folge sind Durchwuchsraps-Probleme.

Mit der Einschränkung des Wirkstoffs Glyphosat steigen einerseits die Bearbeitungsgänge. Andererseits bestehen höhere Anforderungen an deren exakte Terminierung. Das Wetter ist dabei der stark limitierende Faktor.

Literatur

ANONYM (1992):

Pflanzenschutzanwendungsverordnung v. 10.11.1992, zuletzt geändert durch Art. 2 V v. 1.6.2022 I 867

CRAMER, N. (1990): Raps: Züchtung - Anbau und Vermarktung von Körnerapps. Ulmer Verlag, S. 127.

GRUBER, S., EMRICH, K., CLAUPEIN, W. (2008): Management der Bodensamenbank von Raps durch Bodenbearbeitung und Genotypenwahl – Bilanz aus drei Projektjahren. Die Bodenkultur 59 (1-4), S. 67-75.

HARPER, J. L. (1959): The ecological significance of dormancy. In: Proceedings of the IV International Congress of Crop Protection, 415-420, Hamburg.

LUTMANN, P. J. W., FREEMAN, S., PEKRUN, C. (2003): The long-term persistence of seeds of oilseed rape (*Brassica napus*) in arable fields. Journal of Agricultural Science 141: 231-240.

5.3 Beispiel Ackerfuchsschwanz

Die zunehmende Spezialisierung des Ackerbaus mit dem Schwerpunkt Winterkulturen, gepaart mit ackerbaulichen Fehlern (z.B. frühe Aussaaten Anfang bis Mitte September, hoher Winterweizenanteil, mit Einführung der Blattherbizide Verzicht auf die teuren Bodenherbizide), haben nach und nach zu einem Problem mit Ungräsern geführt. Unter den Ungräsern ist Ackerfuchsschwanz (*Alopecurus myosuroides*) zweifelsohne das Bekannteste. Ackerfuchsschwanz steht exemplarisch dafür, dass Ackerbausysteme nicht mehr funktionieren, wenn die Samenbank im Boden gut gefüllt ist. Nach Dr. Stephen Moss, dem englischen Ackerfuchsschwanzexperten, wird der Bodensamenvorrat nicht weiter erhöht, wenn ein Bekämpfungserfolg von mindestens 97 % erzielt wird (MOSS 2012). Auf vielen Flächen ist das selbst mit einer Herbizidspritzfolge aus Bodenwirkstoffen und nachfolgenden Blattherbiziden nicht mehr möglich. Das heißt, der Samenvorrat im Boden baut sich weiter auf. Mit Ansteigen der Samenmenge erhöht sich gleichzeitig die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Resistenzen.



Abb. 5.19 bis 5.21: Nach der Blattherbizidmaßnahme kann man anhand der Ackerfuchsschwanz-Pflanzen häufig erkennen, wie der Resistenzstatus auf der Fläche ist. (Fotos: M. Landschreiber) Pflanze in Abb. 5.19 wurde erfolgreich bekämpft.



Abb. 5.20: Hier sieht die Pflanze aus wie unbehandelt. Das bietet einen Hinweis auf Wirkort-Resistenz (target-site-Resistenz).



Abb. 5.21: Hier wirkt die Pflanze angeslagen, der Wuchs ist gedungen, die Blätter sind aufgehell. Das lässt eine metabolische Resistenz vermuten.

„Die Entstehung von Herbizidresistenzen ist ein ganz natürlicher Prozess [...]“ GEHRING (2003). Herbizidresistenz bedeutet, vereinfacht ausgedrückt, die Widerstandskraft der Pflanze gegen eingesetzte Herbizide. Beim Ackerfuchsschwanz ist diese Entwicklung inzwischen schon sehr weit fortgeschritten. Besonders die Blattherbizide sind betroffen. Nach einem Blattherbizideinsatz mit Sulfonylharnstoffen im Frühjahr kann man diese Entwicklung anhand des Erscheinungsbildes der Ackerfuchsschwanzpflanzen relativ einfach ablesen.

Eine Wirkort-Resistenz (target-site-Resistenz) kann man so umschreiben: „Der Schlüssel = das Herbizid passt nicht mehr in das Schloss = Gegenstück in der Pflanze.“ Die Pflanze wirkt nach dem Herbizideinsatz wie unbehandelt. Bei der Metabolischen Resistenz dagegen, wird der „Wirkstoff beschleunigt abgebaut“. Die Pflanze wirkt angeschlagen, grünt aber wieder durch und bildet Samen. Die Resistenzentwicklung geht umso schneller, je häufiger die betroffenen Wirkstoffgruppen eingesetzt werden (s. Abb. 5.19 bis 5.21).

Fallen aufgrund dieser Entwicklung anschließend ganze Herbizidgruppen aus (Wirkungslosigkeit), steigt der Ungrasbesatz weiter kontinuierlich an. Weiter ansteigende Be-

kämpfungprobleme, bis hin zum völligen Kontrollverlust, sind dann vorprogrammiert.

Somit wird deutlich, dass Herbizide die Ungrasproblematik nicht lösen, sondern ackerbauliche Faktoren eine zunehmend wichtigere Rolle spielen. Da Ackerfuchsschwanz ein winterannuelles = einjährig überwinterndes, im Herbst keimendes und im darauffolgenden Jahr blühendes Süßgras ist und sich ausschließlich über Samen vermehrt, kommt dem Ausfallsamenmanagement besondere Bedeutung zu.

Kurze Biologie des Ackerfuchsschwanzes

Ackerfuchsschwanz reagiert oberirdisch empfindlich auf starke Konkurrenz. Er kann sich in Lücken aber enorm bestocken (Abb. 5.22 und Abb. 5.23). Je nach Konkurrenz werden 2–20 Ähren pro Ackerfuchsschwanzpflanze gebildet, mit bis zu 100 Samen pro Ähre (MOSS 1990). Freistehende Einzelpflanzen können allerdings sehr viel mehr Triebe bilden, da der Ackerfuchsschwanz sich auch an den oberirdischen Halmknoten bestocken kann. Dann sind bis 200 Ähren pro Ackerfuchsschwanzpflanze durchaus möglich (MENCK 1968).



Abb. 5.22: In einem lückigen Kulturbestand haben Ackerfuchsschwanzpflanzen Platz und bestocken sich sehr stark. Diese Pflanze hat 42 Nebentriebe. Rechnet man mit 100 Samen/Ähre und einer 55%igen Lebensfähigkeit (MOSS 1990) kommt man bei dieser Pflanze auf 2310 keimfähige Samen und potenzielle Pflanzen. (Foto: M. Landschreiber)

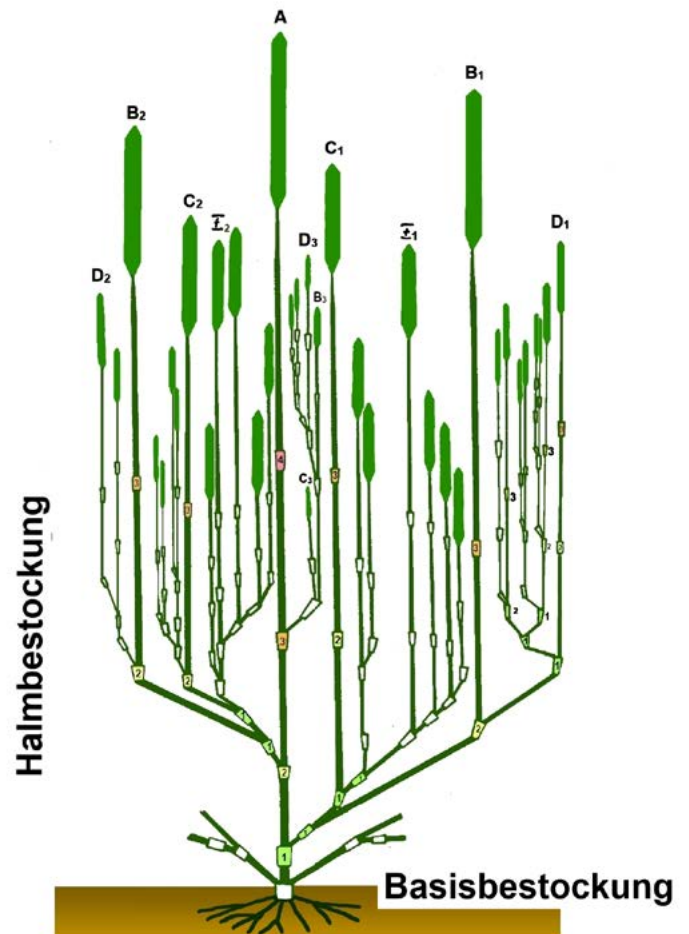


Abb 5.23: Der Ackerfuchsschwanz hat die Fähigkeit, sich an oberirdischen Halmknoten zu bestocken (nach MENCK 1968).

Sie finden Zusatzinformationen zur Berechnung des Samenbankpotenzials unter diesem Link: dort unter „Kapitel 5“

<https://www.praxis-agrar.de/feldhygiene>



Die optimale Keimtemperatur für Ackerfuchsschwanz-Samen liegt bei 10–25 °C. Ackerfuchsschwanz ist ein ausgesprochener Lichtkeimer. Im Herbst reichen 1/1000 sec. Lichtreiz für die Keimung (Infrarot-Licht) (MENCK 1968).

80 % der Keimung erfolgt im Herbst, besonders im September/Okttober bei 10–15 °C Bodentemperatur, danach nimmt die Keim- und Auflaufrate ab. Im Frühjahr erfolgt bei günstigen Gegebenheiten eine kleinere neue Auflaufwelle (MENCK 1968). Der Herbsttermin wird auch dadurch begünstigt, dass sich in der Regel genügend Feuchtigkeit im Boden befindet, um die Keimung zu ermöglichen.

Außerdem wird der Ackerfuchsschwanz durch die Bodenbearbeitung zur Saatbettbereitung und durch die Aussaat zum Keimen angeregt (Lichtreiz).

Unter dicken Strohmatte keimt Ackerfuchsschwanz mangels Licht im Herbst zögerlicher, z. T. erst, wenn das Stroh abgebaut wird. Besonders in Mulchsaaten findet daher ein verzettelter Ackerfuchsschwanzauflauf im Herbst und auch im Frühjahr statt (Abb. 5.24)

Der essenzielle Punkt beim Ausfallsamenmanagement ist die Keimruhe. Frisch ausgefallene Ackerfuchsschwanzsamen müssen nachreifen, ehe sie keimen (MENCK 1968). Ackerfuchsschwanz besitzt eine Primäre und eine Sekun-



Abb. 5.24: Unter dicken Strohmatte wird die Keimung der Ackerfuchsschwanzsamen, aufgrund von Lichtmangel, erschwert. Besser wäre, das Stroh abzufahren. (Foto: M. Landschreiber)

däre Keimruhe. Die Primäre Keimruhe kann theoretisch von 0-8 Wochen dauern. Sie ist genetisch geprägt und zusätzlich abhängig von den Temperaturen während der Zeit der Samenreife: je wärmer es in dieser Phase ist, desto kürzer ist die Primäre Keimruhe.

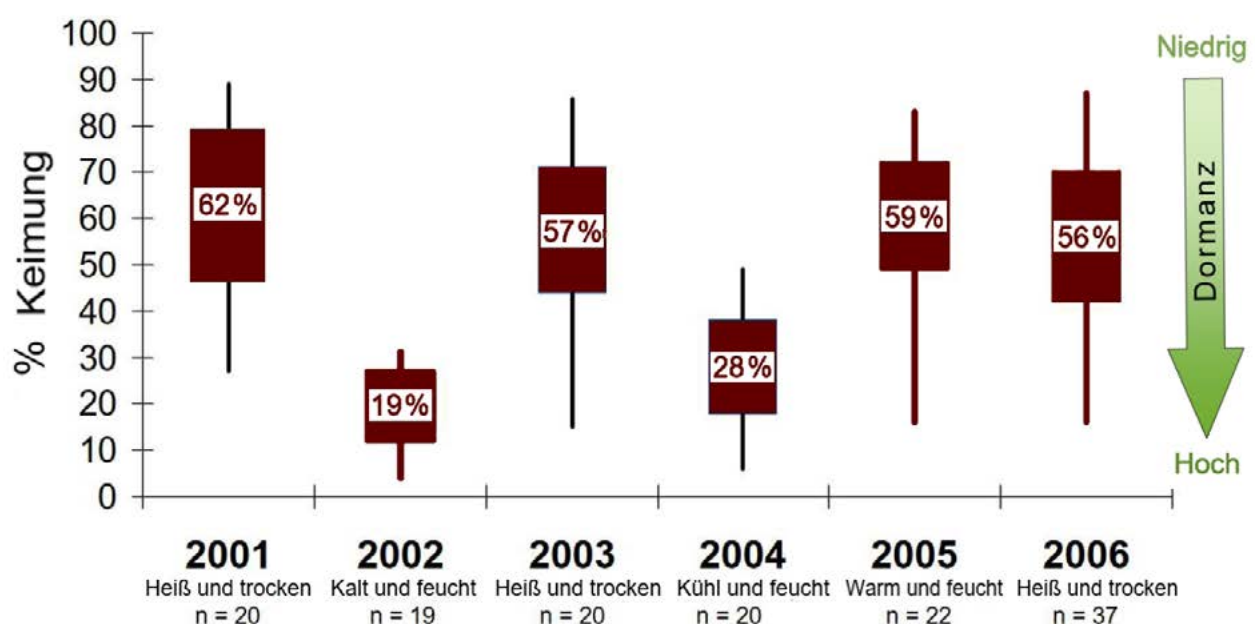


Abb. 5.25: Primäre Keimruhe des Ackerfuchsschwanzes von 2001-2006 von Standorten aus Großbritannien in Abhängigkeit des Wetters (Landschreiber, nach COOK et. al. 2006)

Entscheidend für die Ausprägung der Primären Keimruhe ist somit der Zeitraum Juni-Juli. So wiesen die Jahre 2001, 2003 und 2005 in dieser Phase höhere Temperaturen auf, mit einer kürzeren Primären Keimruhe, als die Jahre 2002 und 2004, die deutlich kühler waren, was zu einer längeren Keimruhe führte (COOK et. al 2006).

Die Bestimmung der Primären Keimruhe wird umso schwieriger, je bestockter die Ackerfuchsschwanzpflanzen sind. Die Abreife der Nebentriebe findet verzögert statt. Somit verlängert sich der relevante Zeitraum dieser Phase und das Risiko von Temperaturschwankungen steigt, was wiederum Einfluss auf die Länge der Primären Keimruhe hat. So findet man in der Praxis häufig Ackerfuchsschwanz-Ähren zum gleichen Zeitpunkt in unterschiedlichen Entwicklungsstadien. (Abb. 5.26)

Durch Dunkelheit gelangen frisch ausgefallene Ackerfuchsschwanz-Samen in die Sekundäre Keimruhe. Das bedeutet, dass diese Samen im aktuellen Herbst nicht mehr keimfähig sind und die Samenbank im Boden aufgefüllt wird (COLBACH et. al. 2002). Eine in den Boden eingreifende bzw. mischende Bodenbearbeitung erzielt diesen unerwünschten Effekt. Je tiefer Samen vergraben werden, desto länger ist die Sekundäre Keimruhe. Ursachen sind die dort herrschenden gleichmäßigeren Temperatur- und Feuchteverhältnisse und ein höherer CO₂-Gehalt in Verbindung mit weniger O₂ in der Bodenluft (MENCK 1968).

Handlungsempfehlungen basierend auf der Biologie des Ackerfuchsschwanzes

Dr. Stephen Moss bezeichnete die standardmäßige Stoppelbearbeitung als „waste of time“ (= Zeitverschwendung) (MOSS 2012). Mit Kenntnis der Biologie des Ackerfuchsschwanzes wird schnell klar warum. Die gängigen Geräte, wie Kurzscheibenegge und Grubber, arbeiten in einer Tiefe,



Abb. 5.26: Ackerfuchsschwanz-Ähren in unterschiedlichen Entwicklungsstadien auf einem Feld zu einem Zeitpunkt. Von rechts nach links: vor der Blüte, Ende der Hauptblüte, beginnender Samenausfall. (Foto: M. Landschreiber)

die zwangsläufig zu einer Bodenbedeckung des ausgefallenen Ackerfuchsschwanzsamens führt. Bodenbedeckung bedeutet Dunkelheit, somit keine Keimung aufgrund der Sekundären Keimruhe und in dessen Folge Anreicherung des Bodensamenvorrates.

In dem langjährigen Ackerfuchsschwanzprojekt (Kooperation von GKB e. V.⁸ und Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein) am Standort Fehmarn wurden als Versuchs-

Tabelle 5.1: Merkmale Keimruhe des Ackerfuchsschwanzes (MENCK 1968) (Glaubitz, 6.-8. Versuchsjahr)

Art der Keimruhe	Merkmale
Primäre Keimruhe	<ul style="list-style-type: none"> ■ einerseits genetisch festgelegt, andererseits temperaturabhängig ■ konstant warmes Wetter von der Blüte bis zur Abreife des Ackerfuchsschwanzes führt zur kurzen Primären Keimruhe, bei Ausfall des Samens, Lichtreiz und bestehender Bodenfeuchtigkeit, kann eine Keimung innerhalb von 4-6 Wochen erfolgen ■ im Gegensatz dazu verlängert kühles Wetter (unter 20°C) in dem beschriebenen Zeitfenster die Keimruhe deutlich ■ bei stark bestocktem Ackerfuchsschwanz mit vielen Nebentrieben verlängert sich automatisch die Keimruhe. Über die lange Phase des Abreifens ist das Wetter selten stabil
Sekundäre Keimruhe	<ul style="list-style-type: none"> ■ durch Bodenbedeckung fällt der Samen in die Sekundäre Keimruhe ■ aus dieser kann er im aktuellen Jahr nicht mehr keimen ■ hochgearbeiteter Ackerfuchsschwanzsamen (in Vorjahren ausgefallen), aus der sekundären Keimruhe kommend, keimt bei Licht und Feuchtigkeit

⁸ Gesellschaft für Konservierende Bodenbearbeitung; <https://www.gkb-ev.de>

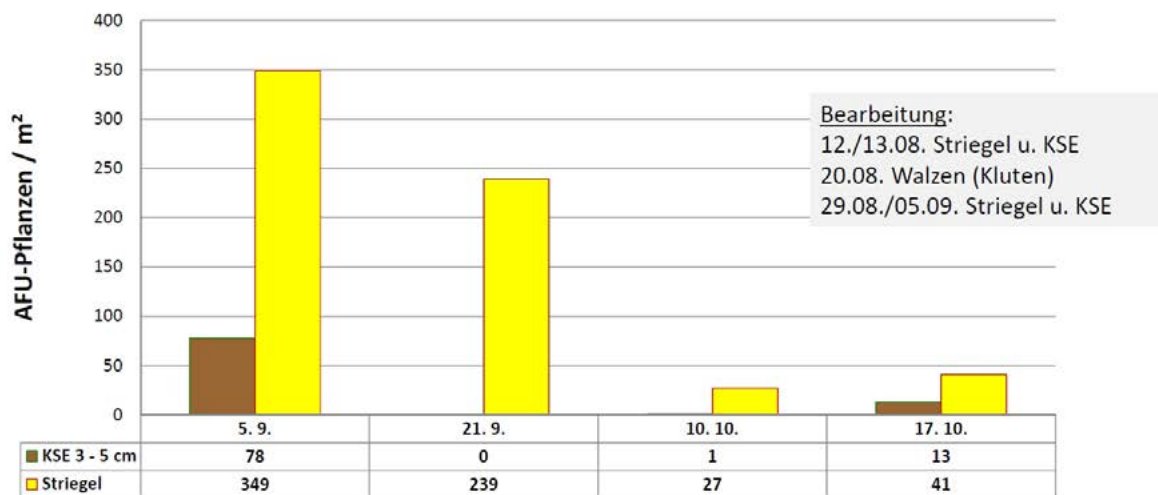
frage Striegel und Kurzscheibenegge gegenübergestellt (VOSSHENRICH 2018). Bei kurzer Primärer Keimruhe führte der flach arbeitende Striegel zu deutlich höheren Auflaufraten des aktuell ausgefallenen Samens. Im Gegensatz dazu vergrub die Kurzscheibenegge, trotz flacher Einstellung (2 cm), teilweise den Samen, so dass eine Keimung im aktuellen Herbst kaum möglich war.

Somit zeigte dieser Versuch, was auf den Praxisflächen regelmäßig zu beobachten ist. Die klassische Bodenbearbeitung mit einer Kurzscheibenegge, flach und stark wühlend, führt in den meisten Jahren zu keinem wesentlichen Auf-
lauf von Ackerfuchsschwanz. Mit Ausnahme von Flächen, die für Sommerungen vorgesehen sind. Da kann die flache

Bearbeitung mit der Kurzscheibenegge einen Ackerfuchsschwanz-Auf-
lauf herbeiführen, der aber größtenteils erst im Oktober geschieht. Höchstwahrscheinlich werden die keimten Pflanzen aus dem flachen Bodensamenvorrat kommen, also aus der Sekundären Keimruhe. Der Faktor Zeit hat entscheidenden Einfluss.

Was bedeutet das?

Hat die Herbizidmaßnahme nicht den gewünschten Erfolg erzielt und der Ackerfuchsschwanz überragt flächig die Kultur, liegen Unmengen von Ackerfuchsschwanzsamen zum Zeitpunkt der Ernte auf der Bodenoberfläche. (Abb. 5.28 und 5.29)



Daten: Henne, Landschreiber 2012
(veröffentlicht: VOSSHENRICH et al. 2018)

Abb. 5.27: Angepasste Stoppelbearbeitung basierend auf Primärer Keimruhe



Abb. 5.28 und 5.29: Bei diesem flächig starken Besatz fallen viele Samen auf die Bodenoberfläche. Mit einer zu tiefen Stoppelbearbeitung würde der Bodensamenvorrat sehr stark ansteigen. (Fotos: M. Landschreiber)

Abb. 5.30a und 5.30b:
Am 15.07.2021 war ein Großteil
des Ackerfuchsschwanzes im
Winterraps ausgefallen.
Am selben Tag konnten aus
den ausgefallenen Samen erste
aufgelaufene Ackerfuchs-
schwanzpflanzen beobachtet
werden. (Fotos: M. Landschreiber)



Diese Samen dürfen nicht in den Boden eingearbeitet werden. Ziel ist es, diese zum Keimen zu bringen. Das geschieht nur durch eine sehr flache Bodenbearbeitung (Striegeln), womit eine Bedeckung der Samen verhindert wird. Bei kurzer Primärer Keimruhe und Niederschlägen zwischen den Striegelgängen (Feuchtigkeit ist zwingend notwendig für die Keimung) wird der Erfolg innerhalb von ca. 3–5 Wochen sichtbar. Eine lange Primäre Keimruhe verschiebt diesen Prozess zeitlich nach hinten. Das bedeutet: Auch die nachfolgende Grundbodenbearbeitung und die Aussaat verschieben sich, unter Umständen auch mit der Option auf eine Sommerkultur, da die Winterung unter Umständen nicht mehr guten Gewissens gedrillt werden kann.

Untermauert wird diese These (Bodenbearbeitung/Primäre Keimruhe) durch mehrere Praxisbeobachtungen, von denen zwei dargestellt werden:

Der Frühsommer 2021 war in Schleswig-Holstein geprägt durch eine warme Witterung, die Tageshöchsttemperaturen lagen über einen längeren Zeitraum stabil über 20 °C (Abb. 5.31). Dies ließ, basierend auf den biologischen Eckdaten des Ackerfuchsschwanzes, eine kurze Primäre Keimruhe vermuten. So konnte erster Auflauf von ausgefallenen Ackerfuchsschwanzsamen auf einer Fläche im Winterraps schon am 15.07.2021 beobachtet werden. Damit bestätigte sich die Vermutung einer kurzen Primären Keimruhe.

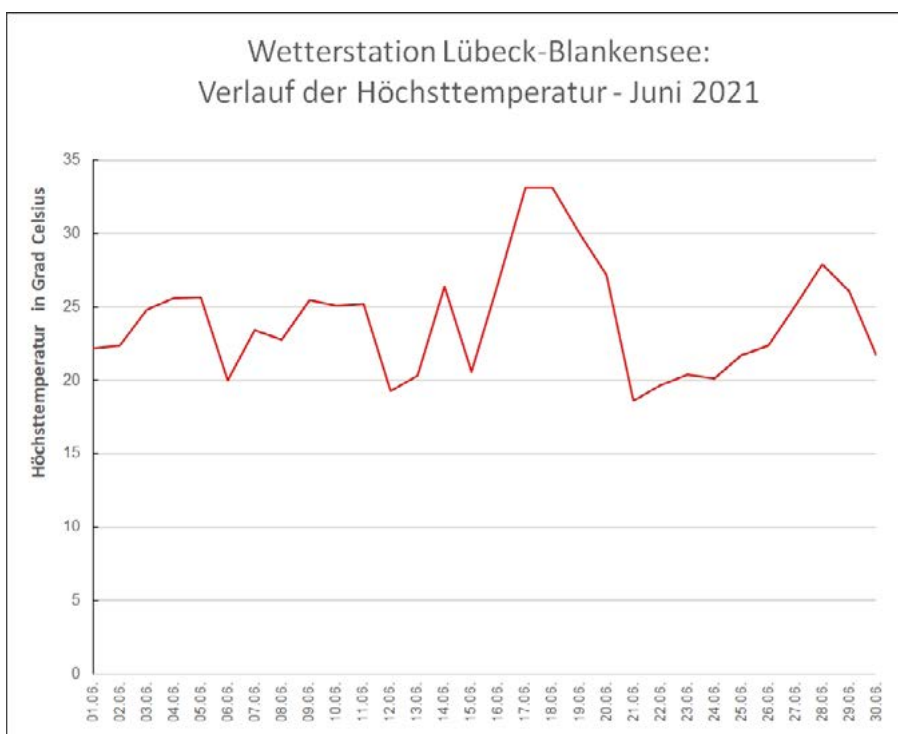


Abb. 5.31: Ausfallsamenmanagement – Einfluss der Temperatur auf die Primäre Keimruhe (Quelle: Deutscher Wetterdienst - Stündliche Stationsmessungen der Lufttemperatur und Luftfeuchte)

Dieser positive Effekt konnte auch auf einer Winterweizenfläche festgestellt werden. Eine geplante, sich aber durchaus negativ auswirkende Bodenbearbeitung fand witterungsbedingt nicht statt. Stattdessen wurde Mitte August massiver Auflauf von Ackerfuchsschwanz festgestellt. Das bedeutet, dass hier der auf der Bodenoberfläche liegende Ackerfuchsschwanzsamen durch Licht und Feuchtigkeit keimen konnte. Somit wurde die Anreicherung des Bodensamenvorrates glücklicherweise verhindert.

Kann man selbst die Keimruhe bestimmen?

Wenn der Ackerfuchsschwanz auf der eigenen Fläche den Kulturbestand überragt, stellt sich die Frage, wie ausgeprägt die Primäre Keimruhe zum aktuellen Zeitpunkt ist. Dazu bietet ein einfacher Test wichtige Anhaltspunkte. Dafür wird Ackerfuchsschwanzsamen, nicht nur vom Haupttrieb, sondern auch von den Nebentrieben gesammelt. Zu Hause in einen mit Erde gefüllten Blumenkasten streuen, es eignet sich im Übrigen auch eine Gelbschale dafür, angießen, im Freien platzieren und warten. Je nach Sammeldatum und Ausprägung der Primären Keimruhe dauert das Ganze zwischen 3 und 8 Wochen, bis sich die ersten Pflanzen zeigen. Dieser relativ einfach durchzuführende Test bietet dem Praktiker eine Hilfestellung zur Einschätzung der Länge der Primären Keimruhe auf seiner Fläche.



Abb. 5.32: Ackerfuchsschwanzauflauf am 17.08.2021 im Winterweizen aufgrund kurzer Primärer Keimruhe. Es erfolgte keine Bearbeitung, da der Fokus auf der Ernte lag. Wärme und kurze Regenschauer boten zusätzlich gute Bedingungen für die Keimung. (Foto: M. Landschreiber)



Abb. 5.33 bis 5.35:

Am 18. Juli 2021 wurde Ackerfuchsschwanzsamen von 2 Feldern (1x Rapsschlag, 1x Winterweizenschlag) in einem mit Erde gefüllten Blumenkasten ausgesät.

Am 2. August konnten erste Ackerfuchsschwanzpflanzen im 1-Blattstadium festgestellt werden.

Am 11. August 2021 ist der überwiegende Teil der Ackerfuchsschwanzsamen aufgelaufen. (Fotos: M. Landschreiber)

5.4 Fazit

Somit bleibt abschließend festzuhalten:

1. Bei aktuell stärkerem Besatz mit Ackerfuchsschwanz und folglich einem höheren Samenausfall sorgt der Einsatz eines flach arbeitenden Gerätes, vorzugsweise eines Striegels, für den erforderlichen Lichtreiz und fördert bei vorhandener bzw. ausreichender Bodenfeuchtigkeit die Keimung oberflächennaher Ackerfuchsschwanzsamen. Die Länge der Primären Keimruhe ist dann ausschlaggebend für den zeitlichen Prozess und somit für die entscheidende Frage, spätere Saat oder doch eine Sommerkultur. Wenn bei langer Primärer Keimruhe mit einem tiefen oder vergrabenen Bearbeitungsgang der Samen vorher vergraben wird, wird der Bodensamenvorrat angereichert. Somit muss es besonders bei hohem Ackerfuchsschwanzbesatz erstrebenswert sein, den ausgefallenen Samen im aktuellen Jahr zum Auflaufen zu bringen. Die Samenbank wird so nicht weiter aufgefüllt. Auflauftermin, basierend auf der Länge der Primären Keimruhe, und Auflaufstärke geben das Zeitfenster für die nachfolgende Bodenbearbeitung und den Saattermin bzw. den Anbau einer Sommerkultur vor.

Das Thema Strohverteilung kommt zusätzlich erschwerend dazu. Strohschwaden sind ein Problem. Die Gefahr steigt mit zunehmender Schneidwerkbreite, gute Strohhäcksler sind zwingend erforderlich. Im Zweifel muss das Stroh abgefahren werden. Denn unter einer Strohmatte keimt Ackerfuchsschwanz wenig bzw. stark zeitverzögert.

2. Bei einer aktuell Ackerfuchsschwanzfreien Kultur (Ackerbau- und Herbizidmaßnahmen mit sehr hohem Wirkungsgrad), aber Samenpotenzial im Boden, erfüllt die Stoppelbearbeitung einerseits den Zweck zur Förderung der Strohrotte. Andererseits sollte sie die im Boden befindlichen vorjährigen Ackerfuchsschwanzsamen aus der Sekundären Keimruhe zum Leben erwecken. Durch Lichtreiz und Feuchtigkeit (kurze Niederschläge) wird die Keimung dieser Samen angeregt. Die Wahl des Bearbeitungsgerätes und die Bearbeitungstiefe hängen auch davon ab, wo sich der Großteil der Samen befindet. Die klassische Kurzscheibenegge ist besonders gut geeignet für Samenpotenzial in den oberen 5 cm Boden. Ein mehrmaliger Einsatz bietet neue Lichtreize und somit neue Auflaufwellen. Somit besteht die Möglichkeit, die Ackerfuchsschwanz-Samenbank im Boden zu reduzieren.

Literatur

- COLBACH, N., CHAUVEL, B., DÜRR, C., RICHARD, G. A. (2002):** Effect of environmental conditions Alopecurus myosuroides germination. I. Effect of temperature and light. In: Weed Research 42 (2002), S. 210-221.
- COOK, S. K., BROOKE, R. (2006):** Collection and dormancy testing of black-grass seed. HGCA Project Report No. 404.
- GEHRING, K. (2003):** Pflanzenschutz – Ungrasbekämpfung im Wintergetreide. In: Kartoffelbau 54 (2003), S. 12-15.
- LANDSCHREIBER, M. (2017):** Eigene Zählungen im Rahmen des Ackerfuchsschwanzprojektes am Standort Koberg.
- MARECHAL, P.-Y., HENRIET, F., VANCUTSEM, F., BODSON, B. (2012):** Ecological review of black-grass (Alopecurus myosuroides Huds.) propagation abilities in relationship with herbicide resistance. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 2012 16(1), 103-113.
- MENCK, B.-H. (1968):** Biologie des Ackerfuchsschwanzes (Alopecurus myosuroides, Huds.) und seine Verbreitung in Schleswig-Holstein. Dissertation, CAU Kiel.
- MOSS, S. (1980):** The agroecology and control of black-grass, Alopecurus myosuroides Huds. ADAS quarterly review: the journal of the Agriculture Development and Advis. S. 170-191.
- MOSS, S. (1990):** The seed cycle of Alopecurus myosuroides in winter cereals: A quantitative analysis. In: Proceedings of EWRS Symposium 1990 Integrated weed management in cereals, Helsinki, S. 27-35.
- MOSS, S. (2012):** Herbicide weeds in the UK: problems and solutions. Vortrag in Monheim am 26.11.2012.
- VOSSHENRICH, H.-H., LANDSCHREIBER, M., HENNE, U., SCHLEICH-SAIDFAR, C., EPPERLEIN, J., OLDEROG-ENGE, K., MATTHIESEN, H. (2018):** Entwicklung nachhaltig wirkender Methoden zur Ackerfuchsschwanzbekämpfung. Thünen Working Paper 99, Braunschweig.

6 Sortenwahl, Aussaat, Pflanzung

Autor:
Johannes Roeb

6.1 Sortenwahl

6.1.1 Grundlagen

Der Anbau von gegenüber Krankheiten, Schädlingen und anderen Stressfaktoren resistenten und/oder toleranten **Sorten** kann dazu beitragen, einen Kulturpflanzenbestand leistungsfähig zu erhalten.

Resistenz beschreibt (im wissenschaftlichen Sprachgebrauch) das Maß, in dem eine Sorte den Befall, die Entwicklung und/oder die Vermehrung einer Krankheit oder eines Schädlings reduzieren kann.

Toleranz hingegen beschreibt die Fähigkeit einer Sorte, auch unter Einfluss von biotischem oder abiotischem Stress stabile Erträge und Qualitäten zu erzielen.

Resistenz und Toleranz sind grundsätzlich quantitative Merkmale, die in unterschiedlicher Ausprägung auftreten können. Auch wenn viele resistente Sorten zugleich tolerant gegenüber der entsprechenden Krankheit oder dem Schädling sind, sollten beide Merkmale stets getrennt beschrieben werden (COOPER und JONES, 1983).

Sorten, die durch eine schnelle Jugendentwicklung, eine flache Blattstellung oder andere Merkmale eine höhere **Konkurrenzkraft** gegenüber Unkräutern aufweisen, können ebenfalls zur Feldhygiene beitragen.

6.1.2 Züchtung

Grundlage für eine gezielte Sortenwahl ist die Verfügbarkeit von resistenten und/oder toleranten Kulturpflanzen.

Bis in das 20. Jahrhundert hinein basierte die Züchtung fast ausschließlich auf der Selektion und Weitervermehrung von mehr oder weniger zufällig auftretenden Pflanzen mit positiven Eigenschaften. Dies erfolgte meist nach dem Prinzip der **Massenauslese**, bei der aus einem Pflanzenbestand eine größere Anzahl an Individuen isoliert und weiter vermehrt wird (ZIRNSTEIN, 1976). Bereits in antiken Quellen wird beschrieben, dass diese Selektion nicht nur die Steigerung der Ertragsleistung zum Ziel hatte. Unterschiede in der Resistenz von verschiedenen Gerstenvarietäten gegenüber Rostpilzen oder der Toleranz von Weinreben gegenüber Hagel waren bereits bekannt (SIEDE, 2009).

Als eine der ersten gezielt auf ihre Widerstandsfähigkeit gegenüber Krankheiten selektierten Sorten gilt die gegen Kraut- und Knollenfäule tolerante Kartoffelsorte „Magnum Bonum“ von 1876 (GLENDINNING, 1983). Die systematische **Kreuzung** und Individualauslese zur Entwicklung

neuer Sorten gewann allerdings erst mit der Wiederentdeckung der Mendelschen Regeln ab 1900 an Bedeutung (MELCHINGER et al., 2008). Als einer der ersten größeren Erfolge gilt die Züchtung von gegenüber Gelbrost resistenten Weizensorten durch Kreuzfertilisation von anfälligen und resistenten Sorten (ZIRNSTEIN, 1976).

Bei fremdbefruchtenden Kulturpflanzen (z.B. Roggen, Mais, Raps, Zuckerrüben) hat sich ab etwa 1930 die **Hybridzüchtung** etabliert. Dabei wird durch Kreuzung von zwei genetisch möglichst unterschiedlichen Inzuchtlinien eine F1-Sorte erzeugt, die in ihren Eigenschaften den beiden Elternlinien überlegen ist (Heterosisseffekt). Hybridsorten zeichnen sich oft durch eine höhere Toleranz gegenüber ungünstigen Boden- und Witterungsbedingungen aus (MELCHINGER et al., 2008). Die positiven Eigenschaften der F1-Hybriden gehen allerdings bereits in der F2-Generation wieder verloren, sodass Hybridsorten nicht weitervermehrt werden können.

Die sogenannte **Mutationszüchtung** wird besonders bei Kulturpflanzen angewandt, die überwiegend vegetativ vermehrt werden und nur selten oder spät fertile Blüten bilden (z.B. Kartoffeln, viele Obst- und Gemüsearten). Bereits um 1930 wurden Methoden entwickelt, um auch bei diesen Pflanzen die Variation innerhalb des Zuchtmaterials zu erhöhen (ZIRNSTEIN, 1976). Dabei werden durch den Einsatz von chemischen Substanzen oder physikalischen Reizen (z.B. Hitze, Kälte, Strahlung) zufällige Mutationen begünstigt, die unter normalen Umweltbedingungen nur sehr selten vorkommen würden. Auch einige bereits seit Jahrhunderten etablierten Kulturpflanzen (z.B. Kopf-, Rosen- und Blumenkohl) sind durch zufällige Mutationen entstanden.

Die meisten durch Auslese, Kreuzung oder Mutation entstandenen Zuchtstämme weisen nicht nur positive, sondern auch neue negative Eigenschaften auf. Diese müssen durch weitere Selektion oder durch nachfolgende Aus- oder Rückkreuzungen wieder aus dem Zuchtmaterial entfernt werden, um eine leistungsfähige Sorte zu erhalten.

Auch deshalb werden die vorgenannten Methoden der klassischen Züchtung zunehmend durch molekulargenetische Instrumente ergänzt. Beispielsweise ermöglichen es **molekulare Marker**, bekannte Resistenz- oder Toleranzgene in einem Zuchtstamm zu identifizieren, ohne dass dazu weitere Versuche durchgeführt werden müssen. Dies ist insbesondere für Sorteneigenschaften, die sich nur schwer diagnostizieren lassen, von großer Bedeutung. Durch intensive Forschung wurden inzwischen zahlreiche molekulare Marker für Resistenz- oder Toleranzgene entwickelt (BUERSTMAYR et al., 2009; BROWN et al., 2015; YOUNIS et al., 2020). Durch dieses „SMART Breeding“ lässt sich der Zuchtfortschritt auch in der klassischen Züchtung deutlich beschleunigen.

Davon auch rechtlich zu unterscheiden sind Methoden, die gezielt in die genetische Information einer Pflanze eingreifen. Ein bekanntes Beispiel dafür ist die gentechnische Transformation unter Einsatz des Bakteriums *Agrobacterium tumefaciens*. Dieses ermöglicht es, einen zuvor definierten Genabschnitt aus einem anderen Organismus in die DNA einer Pflanze zu übertragen. Mit dieser Methode wurden beispielsweise Maissorten gezüchtet, die durch mehrere aus dem Bakterium *Bacillus thuringiensis* übertragene Gene resistent gegenüber wichtigen Schädlingen sind (ÁLVAREZ-ALFAGEME et al., 2022). Auch bei der Züchtung von trocken-toleranten Kulturpflanzen wurden bereits Erfolge erzielt. Die durch die Übertragung von genetischen Informationen aus einem anderen Organismus erzeugten Pflanzen werden als **transgene Pflanzen** bezeichnet.

Die wahrscheinlich neueste Methode der gentechnischen Züchtung ist das „Genome Editing“. Dabei werden durch spezielle Enzyme gezielte Änderungen an der DNA vorgenommen, ohne dass dafür ein Vektor erforderlich ist. Mit dem **CRISPR/Cas-System** lassen sich sowohl genetische Informationen zwischen verschiedenen Organismen übertragen als auch bestimmte Gene ein- und ausschalten oder verändern. Mit dieser Methode wurden in den letzten Jahren zahlreiche Stämme mit verbesserten Resistenz- oder Toleranzeigenschaften entwickelt, von denen einige kurz vor der Zulassung am globalen Markt stehen (JAGANATHAN et al., 2018; SCHENKE und CAI, 2020).

Damit gegenüber Krankheiten oder Schädlingen resistente und/oder tolerante Sorten erfolgreich in den Anbau gelangen, ist ein schneller **Zuchtfortschritt** erforderlich. Bei der klassischen Züchtung werden neben den erwünschten Resistenz- oder Toleranzeigenschaften allerdings fast immer auch genetische Informationen übertragen, die den Ertrag oder die Qualität einer Pflanze negativ beeinflussen. Da diese erst mit oft großem Aufwand wieder aus dem Zuchtmaterial entfernt werden müssen, kann die Züchtung einer neuen Sorte mit klassischen Methoden leicht 10-15

Jahre beanspruchen. Darüber hinaus können sich einige Krankheiten und Schädlinge relativ schnell an bestimmte Resistenzen anpassen. Daher ist nicht auszuschließen, dass eine auf den Markt gebrachte resistente Sorte bereits nach wenigen Jahren anfällig für neue Varianten eines bestimmten Schadorganismus wird (NELSON et al., 2018). Züchtung und Evolution befinden sich also in einem ständigen Wettlauf.

Der Anteil der Züchtung am Ertragszuwachs in Getreide hat mit der weitgehenden Optimierung der Bodenbearbeitung und den zunehmenden Beschränkungen hinsichtlich Düngung und Pflanzenschutz zugenommen. Bedingt durch den fortschreitenden Verlust an Wirkstoffen und die unter anderem daraus resultierenden Probleme bei der chemischen Bekämpfung von Schadorganismen ist zu erwarten, dass die gezielte Sortenwahl zukünftig eine noch größere Bedeutung für den integrierten Pflanzenschutz erlangen wird. Der zunehmende Einfluss des anthropogenen Klimawandels macht es zudem erforderlich, Sorten von Kulturpflanzen zu züchten, die tolerant gegenüber Trocken- und Hitzestress sind und auch bei extremen Witterungsverläufen stabile Erträge erzielen (BÖSE, 2020).

Damit nur leistungsfähige Sorten in den Anbau gelangen, werden in Deutschland jährlich hunderte Zuchtstämme durch das **Bundessortenamt** (www.bundessortenamt.de) geprüft. Davon werden nur die Stämme als neue Sorten zugelassen, die in ihren Eigenschaften den bestehenden Sorten überlegen sind. Die Ergebnisse der Versuche werden in Beschreibenden Sortenlisten zusammengefasst, in denen neben anderen für den Anbau relevanten Sorteneigenschaften auch die Anfälligkeit gegenüber wichtigen Krankheiten angegeben wird. Da sich die Ansprüche an eine Kulturpflanze je nach Anbaugebiet unterscheiden, werden die wichtigsten Sorten darüber hinaus in regionalen **Landessortenversuchen** geprüft. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse unterstützen die Landwirte bei einer gezielten Sortenwahl.

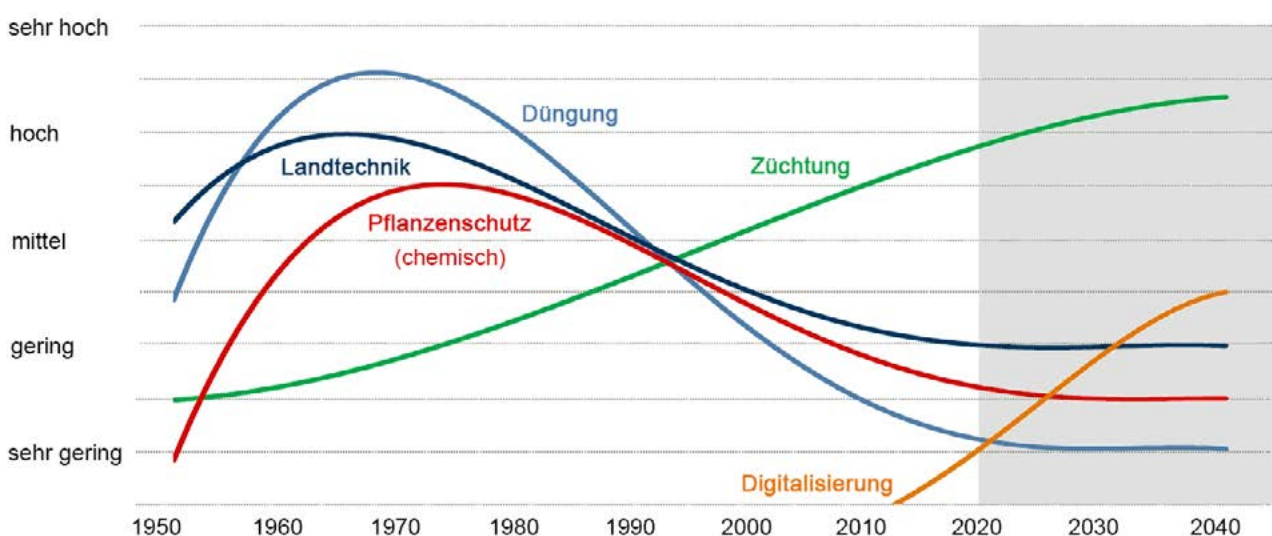


Abb. 6.1: Anteil verschiedener Themen am Ertragszuwachs in Getreide (nach BÖSE, 2020, verändert).

An den nachfolgenden Beispielen werden verschiedene Möglichkeiten dargestellt, durch den Anbau von gegenüber Krankheiten oder Schädlingen resistenten und/oder toleranten Sorten einen Beitrag zur Feldhygiene zu leisten.

6.1.3 Getreide

Durch das Bundessortenamt sind aktuell mehr als 200 Weizensorten zugelassen. Da auch Sorten mit EU-Zulassung in Deutschland vertrieben werden, ist das tatsächlich im Anbau befindliche Sortiment sehr umfangreich. Abgesehen von den Ertrags- und Qualitätseigenschaften sind im Hinblick auf die Feldhygiene besonders die Lagerneigung und die Anfälligkeit gegenüber Krankheiten und Schädlingen von Bedeutung. Zu den wichtigsten pilzlichen Krankheiten im Weizen zählen Halmbbruch, Echter Mehltau (*Blumeria graminis*), Blattseptoria (*Septoria tritici*), DTR (*Drechslera tritici-repentis*) sowie Gelb- und Braunrost. Ährenfusarien können nicht nur den Ertrag, sondern durch die Produktion von giftigen Mykotoxinen auch die Qualität der Ernte reduzieren.

Die Auswinterungs- und Lagerneigung sowie die Anfälligkeit einer Sorte gegenüber den genannten Krankheiten werden in der vom Bundessortenamt jährlich aktualisierten **Beschreibenden Sortenliste** (Bundessortenamt, 2022a) dargestellt. Die dort verwendeten Boniturnoten fallen



Abb. 6.2: Die für den Anbau relevanten Sorteneigenschaften werden in nach wissenschaftlichen Kriterien angelegten Feldversuchen geprüft. Abgebildet sind die Landessortenversuche mit Winterweizen (links) und Wintergerste (rechts) an einem Standort in Nordrhein-Westfalen. (Foto: LWK NRW)

umso höher aus, je anfälliger eine Sorte ist. Dabei werden sowohl die Häufigkeit als auch die Intensität der Merkmalsausprägung berücksichtigt. Darüber hinaus wird die Ertragsleistung bei geringem (extensiv) oder hohem Pflanzenschutzinsatz (intensiv) angegeben. Sorten, die auch bei reduziertem Einsatz von Pflanzenschutzmitteln hohe Erträge erzielen, können meist auch als relativ standfest und tolerant gegenüber Krankheiten bewertet werden.

Tabelle 6.1: Eigenschaften einiger aktueller Winterweizensorten (Quelle: Beschreibende Sortenliste 2022 und eigene Angaben)

Sorte	Qualität	Zulassung	Reife	Auswinterung	Lagerneigung	Anfälligkeit							Ertrag extensiv	Ertrag intensiv
						Halmbbruch	Mehltau	Gelbrost	Blattseptoria	DTR	Braunrost	Ährenfusarium		
Akasha	B	DE 2021	6	4	5	6	2	4	3	5	2	3	7	7
Asory	A	DE 2018	5		6	5	2	5	4	6	2	4	7	7
Benchmark	B	DE 2015	5	6	4	4	3	7	5	5	6	5	4	8
Chevignon	B	EU 2016	4	5	5	5	3	2	4	6	4	5	8	8
Complice	B	EU 2016	3		5	6	3	2	5	5	4	4	7	7
Hyvega (Hy)	A	DE 2020	5	4	6	5	3	3	4	4	3	4	9	9
Informer	B	DE 2018	6	4	4	5	2	1	3	4	4	5	7	7
KWS Emerick	E	DE 2018	5	4	4	5	3	2	4	4	4	4	6	6
KWS Imperium	A	DE 2021	5	5	7	5	2	2	4	5	4	4	7	7
LG Initial	A	DE 2018	6	5	3	3	2	1	4	5	6	5	6	6
Revolver	C	DE 2021	6		5	5	3	2	3	5	1	4	9	8
RGT Reform	A	DE 2014	5	4	4	5	3	4	5	5	3	4	6	6
SU Jonte	A	DE 2021	5		4	3	3	2	4	5	4	4	7	7
Tobak	A	DE 2011	6	4	5	6	5	3	6	6	8	7	4	6

1 = sehr früh, sehr niedrig, sehr gering; 9 = sehr spät, sehr hoch, sehr stark; Hy = Hybride.



Abb. 6.3: Blattseptoria befällt auch gesündere Winterweizensorten, breitet sich in diesen aber nicht so schnell auf die oberen Blättetagen aus. (Foto: J. Roeb)

Blattseptoria (*Septoria tritici*) kann besonders in feuchten Jahren zu hohen Ertragsverlusten führen. Abgesehen von Fruchtfolgemeasuresnahmen und einer möglichst späten Aussaat lässt sich der Befall vor allem durch eine geeignete Sortenwahl reduzieren. Die aktuell zugelassenen Sorten sind allerdings nur gegenüber bestimmten Stämmen von *S. tritici* vollständig (qualitativ) resistent und nicht gegenüber allen in Deutschland vorkommenden Isolat. Die tatsächliche Anfälligkeit einer Sorte ist daher auch von den an einem Standort auftretenden Stämmen abhängig. Darüber hinaus sind viele Resistenzen gegen *S. tritici* quantitativ ausgeprägt und verhindern weniger den Ausgangsbefall, sondern die spätere Ausbreitung auf die oberen Blättetagen. Die meisten Sorten enthalten viele bekannte und unbekannte Resistenzgene, die alle zu einer mehr oder weniger hohen physiologischen Resistenz gegenüber

S. tritici beitragen. Bei langstrohigen Sorten kommt eine morphologische Resistenz hinzu, die darauf basiert, dass die Sporen eine größere Distanz zwischen den Blättetagen überwinden müssen (ARRAIANO et al., 2009). Sorten, die in der Beschreibenden Sortenliste mit einer Anfälligkeit für Blattseptoria von 3 angegeben werden, sind durchschnittlich resistenter und reagieren weniger empfindlich auf *S. tritici* als Sorten mit einer Einstufung von 6.

Rostpilze (Gelbrost, Braunrost, Schwarzrost) zählen global zu den wichtigsten Krankheiten in Weizen. Aufgrund der unterschiedlichen Temperaturansprüche sind in Deutschland vor allem Gelbrost (*Puccinia striiformis* f.sp. *tritici*) und Braunrost (*Puccinia triticina*) relevant. Gelbrost kann in anfälligen Sorten zu Ertragsverlusten von bis zu 50% führen. Den drei genannten Rostpilzen gemeinsam ist, dass diese als Hauptwirt fast ausschließlich Weizen und eng verwandte Kulturen befallen. Die unterschiedliche Anfälligkeit verschiedener Sorten basiert überwiegend auf einem oder mehreren Resistenzgenen, die eine qualitative Resistenz gegenüber bestimmten Rassen vermitteln. Die sehr hohe Sporenproduktion, die Ausbreitung der Sporen über weite Distanzen und die Möglichkeit einer geschlechtlichen Fortpflanzung an in Deutschland vorkommenden Zwischenwirten führen allerdings dazu, dass viele Sortenresistenzen bereits nach relativ kurzer Zeit überwunden werden. Beispielsweise breitete sich ab 2011 in Europa die sogenannte „Warrior-Rasse“ des Gelbrosts aus, die 2014 in Deutschland zu einer großflächigen Pandemie führte. Daraufhin mussten viele zuvor als relativ resistent beschriebene Sorten neu bewertet werden. Allerdings gab es auch Sorten, die sich aufgrund von Resistenzgenen, die von der neuen Rasse nicht überwunden werden konnten, weiterhin als kaum anfällig präsentierten (HOVMØLLER et al., 2016). Obwohl die meisten Resistenzen gegenüber Gelbrost nicht sehr dauerhaft sind, kann die Auswahl resistenter Sorten einen wichtigen Beitrag zum integrierten Pflanzenschutz leisten. Weizensorten mit dem bereits in den 1960er Jahren gegen Schwarzrost (*Puccinia graminis* ssp. *graminis* f. sp. *tritici*) eingekreuzten Resistenzgen Sr21 tragen bis heute dazu bei, die globale Weizenproduktion zu sichern. Der an der Züchtung beteiligte Agrarwissenschaftler Norman

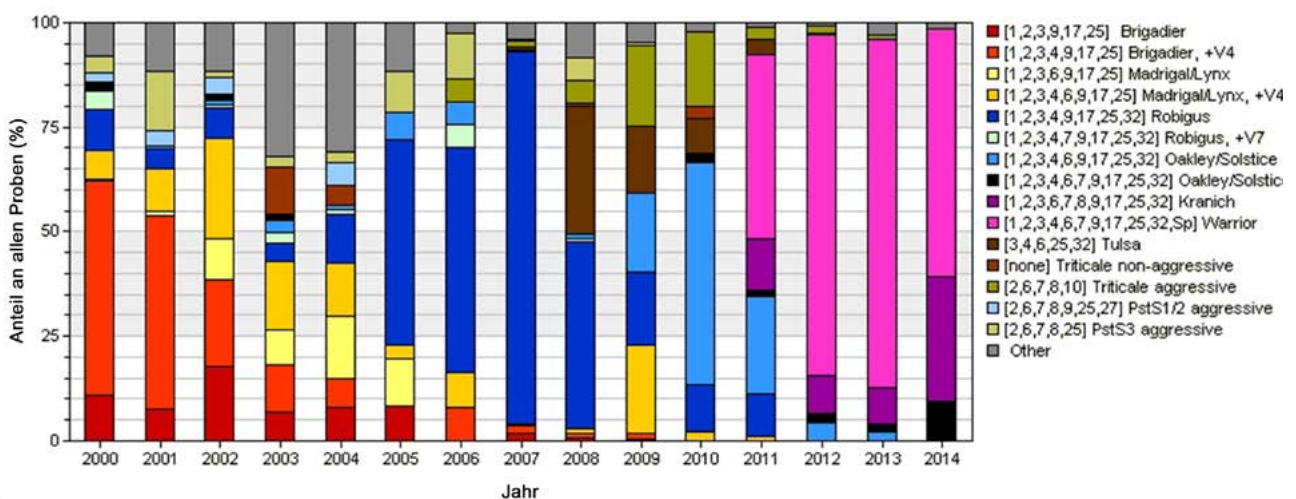


Abb. 6.4: Anteil verschiedener Gelbrostrassen in Europa von 2000 bis 2014 (nach Hovmöller et al., 2014, verändert)



Abb. 6.5 a/b: Unterschiede im Befall einer gegenüber Gelbrost anfälligen (links) und einer resistenten Winterweizensorte (rechts). (Fotos: J. Roeb)

Borlaug (1914-2009) erhielt unter anderem für diese Arbeit den Friedensnobelpreis. Seit 1999 breitet sich von Ostafrika aus die neue und besonders aggressive Schwarzrostrasse Ug99 aus, die fast alle bis zu diesem Zeitpunkt genutzten Resistenzgene überwinden kann. Durch intensive Züchtung konnten inzwischen auch gegenüber Ug99 weniger anfällige Sorten entwickelt werden (ELLIS et al., 2014).

Ährenfusarien (*Fusarium* sp.) in Getreide können nicht nur den Ertrag reduzieren, sondern bilden darüber hinaus Mykotoxine, die sowohl für den Menschen als auch für einige Nutztiere ausgesprochen giftig sein können. Da entsprechend strenge Grenz- und Richtwerte bestehen, sollten alle erforderlichen Maßnahmen getroffen werden, um eine zu hohe Mykotoxinbelastung zu vermeiden. Dazu zählt neben einer geeigneten Fruchtfolge und einem angepassten Nachernte- und Bodenmanagement auch die Sortenwahl. Bisher gibt es keine Weizensorten mit einer vollständigen Resistenz gegen Ährenfusarien. Allerdings existieren Sorten, in denen mehrere eng zusammenliegende Resistenzgene mit geringer Wirkung (*QTL = Quantitative Trait Loci*) eine quantitative Resistenz gegenüber Ährenfusarien vermitteln. Relativ langstrohige Sorten mit lockeren Ähren scheinen ebenfalls weniger anfällig zu sein. Da der sichtbare Befall und die tatsächliche Mykotoxinbildung nicht immer korrelieren, ist eine Sortenwahl nur auf Grundlage der Boniturnoten in der der Beschreibenden Sortenliste nicht immer ausreichend zuverlässig. Darüber hinaus ist die Witterung zur Blüte und während der Abreife meist von größerer Bedeutung für den Befall als die genetische Resistenz. Besonders früh oder spät blühende Weizensorten können in einzelnen Jahren deutlich bevorzugt oder benachteiligt sein (BUERSTMAYR et al., 2009).



Abb. 6.6: Ährenfusarien können giftige Mykotoxine produzieren. (Foto: J. Roeb)



Abb. 6.7 a/b: Gelbverzwergungsviren in Wintergerste können in anfälligen Sorten (links) zu erheblichen Ertragsverlusten führen. Bei toleranten Sorten (rechts) treten kaum Symptome auf. (Fotos: J. Roeb)

Gelbverzwergungsviren (BYDV = *Barley Yellow Dwarf Virus*) können vor allem in Wintergerste zu erheblichen Ertragsverlusten führen. Die Viren werden meist im Herbst durch Blattläuse als Vektoren übertragen und im Bestand verbreitet. Stark befallene Pflanzen bleiben deutlich im Wuchs zurück und bilden häufig keine Ähren aus. Bis vor einigen Jahren ließ sich der Befall nur durch den gezielten Einsatz von Insektiziden gegen Blattläuse zuverlässig verhindern. 2019 wurde in Deutschland die erste gegenüber Gelbverzwergungsviren tolerante Gerstensorte zugelassen. Sorten mit einer genetischen Toleranz reagieren selbst bei starkem Befallsdruck kaum mit Ertragsverlusten (SCHEURER, 2001). Allerdings konnten sich die ersten gegenüber Gelbverzwergungsviren toleranten Sorten aufgrund des im Vergleich zu anderen Sorten geringeren Ertragspotenzials und der relativ schlechten Anbau- und Qualitätseigenschaften nicht am Markt durchsetzen. Mittlerweile gibt es gegen Gelbverzwergungsviren tolerante Sorten mit deutlich verbesserten Eigenschaften.

Durch den Anbau von konkurrenzkräftigen Getreidesorten lassen sich bestimmte **Unkräuter** gut unterdrücken. Sorten

mit einer schnellen Jugendentwicklung, einem hohem Bestockungsvermögen und einer flachen Blattstellung scheinen dafür besonders geeignet, da diese den Boden früh und intensiv beschatten. Auch wenn gegen niedrig wachsende Unkräuter positive Effekte erzielt werden können, ist die Wirkung gegenüber Ungräsern und kletternden Unkräutern begrenzt (DREWS, 2005). Daher sind für eine erfolgreiche Bestandesführung fast immer zusätzliche Bekämpfungsmaßnahmen erforderlich.

Standfestigkeit und Strohstabilität sind in allen Getreidearten wichtige Eigenschaften. Besonders beim langstrohigen Roggen und bei Gerste können Sorten mit einer geringen Lagerneigung und hohen Halmstabilität erheblich dazu beitragen, die Ernte auch bei schwieriger Witterung abzusichern.

Besonders in trockenen und wärmeren Anbaugebieten lassen frühreife Getreidesorten eine höhere Toleranz gegenüber Wassermangel und Hitzestress erwarten. Andererseits sollten in Mittel- und Höhenlagen vorwiegend Sorten mit einer ausreichenden Winterhärte angebaut werden.



Abb. 6.8 a/b: Reaktion einer lageranfälligen (links) und einer standfesten (rechts) Winterweizensorte auf ein starkes Niederschlagsereignis. (Fotos: J. Roeb)

Der Zeitraum der Rapsblüte beeinflusst die Empfindlichkeit gegenüber bestimmten Schädlingen. (Foto: J. Roeb)



6.1.4 Raps

Raps ist im Vergleich zu anderen Kulturen relativ anfällig gegenüber Krankheiten und Schädlingen. Daher erhöht ein Verzicht auf bestimmte chemische Pflanzenschutzmaßnahmen oft das Ertragsrisiko. Durch den Anbau von frohwüchsigen und früh blühenden Sorten lassen sich die durch bestimmte Schädlinge verursachten Ertragsverluste reduzieren.

Sorten mit einer qualitativen Resistenz gegenüber Kohlhernie (*Plasmiodiophora brassicae*) können auch auf Befallsstandorten angebaut werden. Da allerdings alle aktuell

zugelassenen Sorten das gleiche Resistenzgen enthalten, ist zu befürchten, dass die rassenspezifische Resistenz relativ bald gebrochen werden kann, wenn keine zusätzlichen Maßnahmen ergriffen werden (BORNHÖFT und STREHLOW, 2018).

Auch hinsichtlich der Anfälligkeit gegenüber der Wurzelhals- und Stängelfäule (*Phoma lingam*), der Weißstängeligkeit (*Sclerotinia sclerotiorum*) und der Rapswelke (*Verticillium longisporum*) gibt es Sortenunterschiede, die sich aufgrund der schwierigen Bonitur aber nicht immer zuverlässig ermitteln lassen.

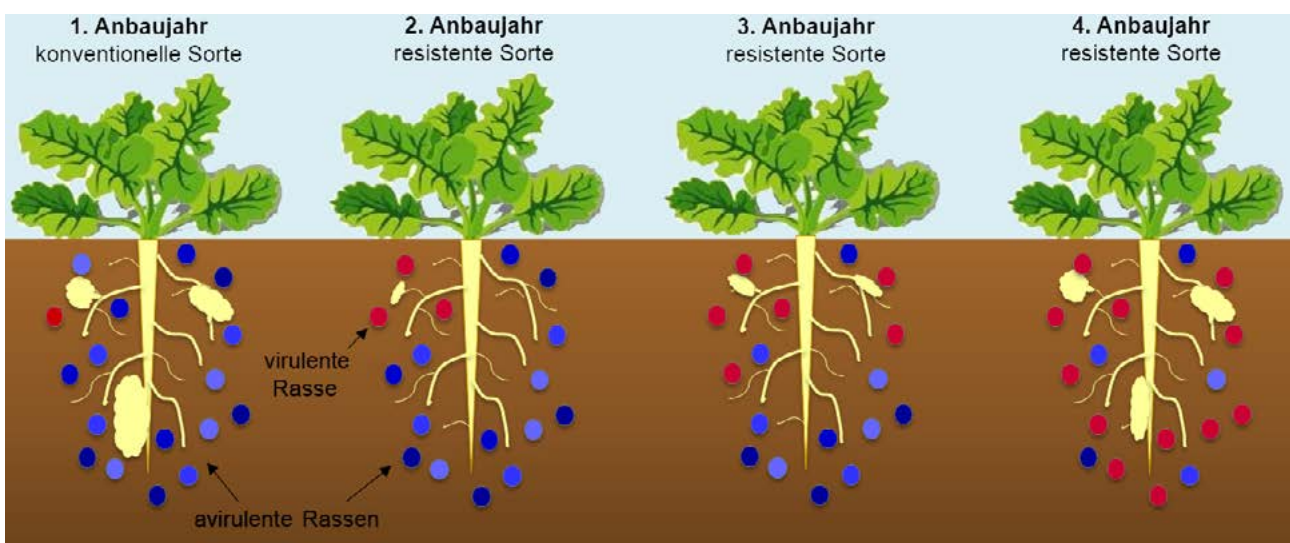


Abb. 6.9: Schematische Darstellung einer Rassenverschiebung bei Kohlhernie durch den wiederholten Anbau von Rapssorten mit den gleichen Resistenzeigenschaften (nach Bornhöft und Strehlow, 2018, verändert)

6.1.5 Mais

Mais zählt in Deutschland zu den relativ gesunden Kulturen. Bei der Sortenwahl stehen neben der Ertragsleistung eine rechtzeitige Abreife sowie eine geringe Kälteempfindlichkeit und ausreichende Standfestigkeit im Vordergrund. Krankheiten treten vor allem bei dauerhaftem Verzicht auf einen Fruchtwechsel und schlechtem Nacherntemanagement auf.

Der aktuell wichtigste Schädling ist der **Maiszünsler** (*Ostrinia nubilalis*), dessen Raupen sich durch den Stängel der Maispflanzen fressen und dabei nicht nur Ertragsverluste bewirken, sondern auch die Lageranfälligkeit und das Risiko für einen sekundären Befall mit Schimmelpilzen erhöhen. Aufgrund der befürchteten und später auch erfolgten Ausbreitung des Schädlings in Deutschland wurde bis 2008 in den betroffenen Regionen der Anbau von gegen den Maiszünsler resistenten Sorten vom Typ „MON810“ empfohlen. Diese enthalten DNA-Abschnitte des Bakteriums *Bacillus thuringiensis*, die eine Vorstufe des für den Maiszünsler giftigen Bt-Toxins produzieren. Das Protein wird im Darm der Schädlinge aktiviert und verhindert den weiteren Fraß. Aufgrund veränderter rechtlicher Bedingungen werden die gentechnisch veränderten „Bt-Sorten“ in Europa aktuell nur noch in Spanien und Portugal angebaut. Dort tragen sie er-

heblich dazu bei, die Ertragsverluste durch den Maiszünsler zu reduzieren. Durch ein geeignetes Resistenzmanagement konnten sich bisher scheinbar keine resistenzbrechenden Populationen des Schädlings entwickeln (ÁLVAREZ-ALFAGEME et al., 2022).

6.1.6 Zuckerrüben

Zuckerrübensorten unterscheiden sich unter anderem in der Anfälligkeit gegenüber verschiedenen Blattkrankheiten (Mehltau, *Cercospora*, *Ramularia*, Rost), der Späten Rübenfäule (*Rhizoctonia solani*) und der Virösen Wurzelbärtigkeit (*BNYVV = Beet Necrotic Yellow Vein Virus*).

Darüber hinaus sind Unterschiede in der Reaktion gegenüber dem **Weißem Rübenzystennematoden** (*Heterodera schachtii*) von besonderer Bedeutung. Die erste gegenüber *H. schachtii* resistente Sorte kam 1998 auf den Markt. Diese war zwar fast vollständig (qualitativ) resistent, erzielte aber deutlich geringere Erträge und Qualitäten. Darüber hinaus zeigte sich bereits früh, dass sich einzelne Populationen von *H. schachtii* relativ schnell an die Resistenz anpassen und diese überwinden können. Ab 2005 wurden erste Sorten zugelassen, die weniger auf eine starke Resistenz, sondern auf eine hohe Ertragsleistung unter Befall mit *H. schachtii* gezüchtet wurden. Diese toleranten Sorten reagieren

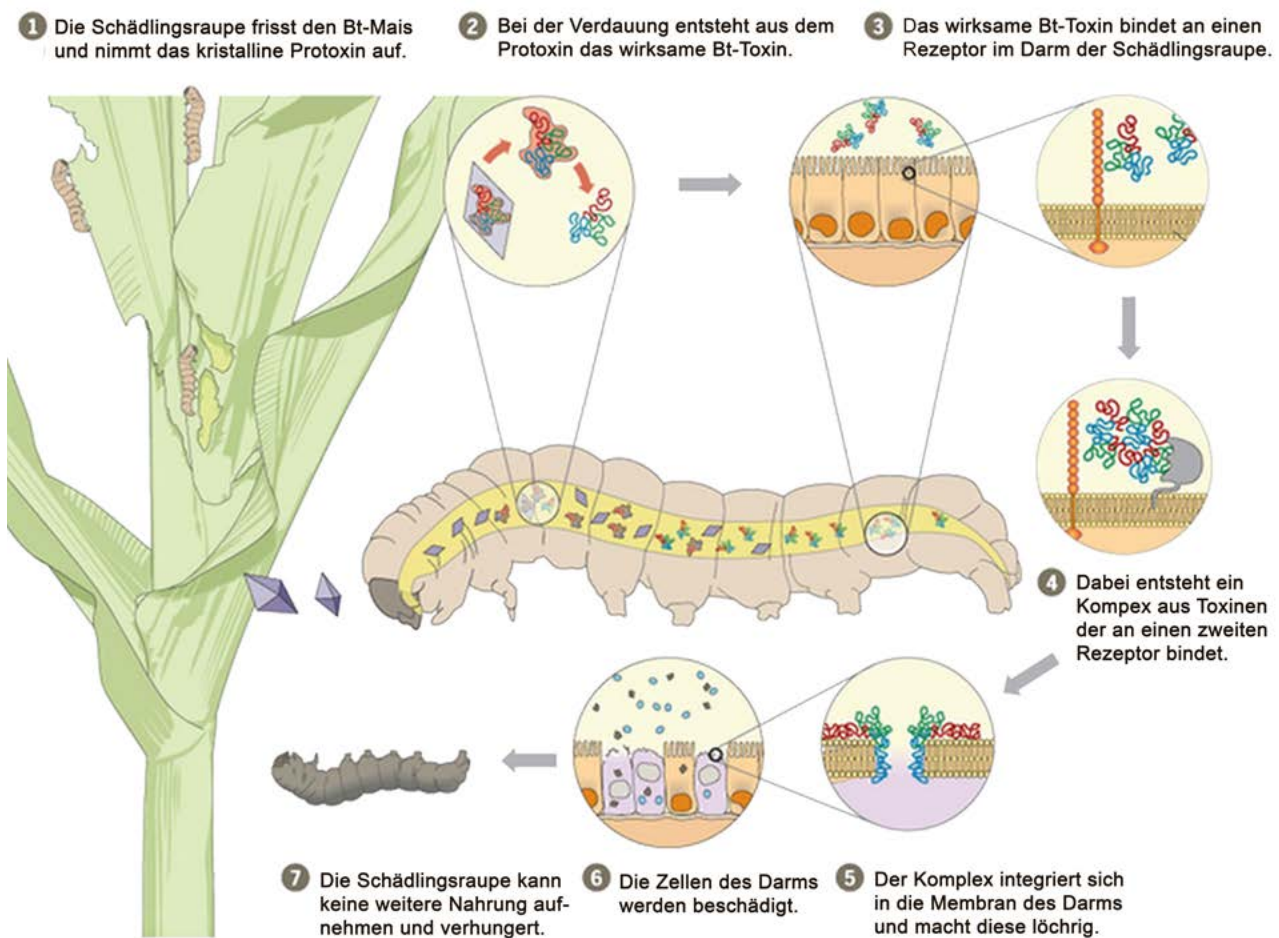


Abb. 6.10: Wirkmechanismus der Bt-Resistenz gegen den Maiszünsler (nach Meili, 2013, verändert)

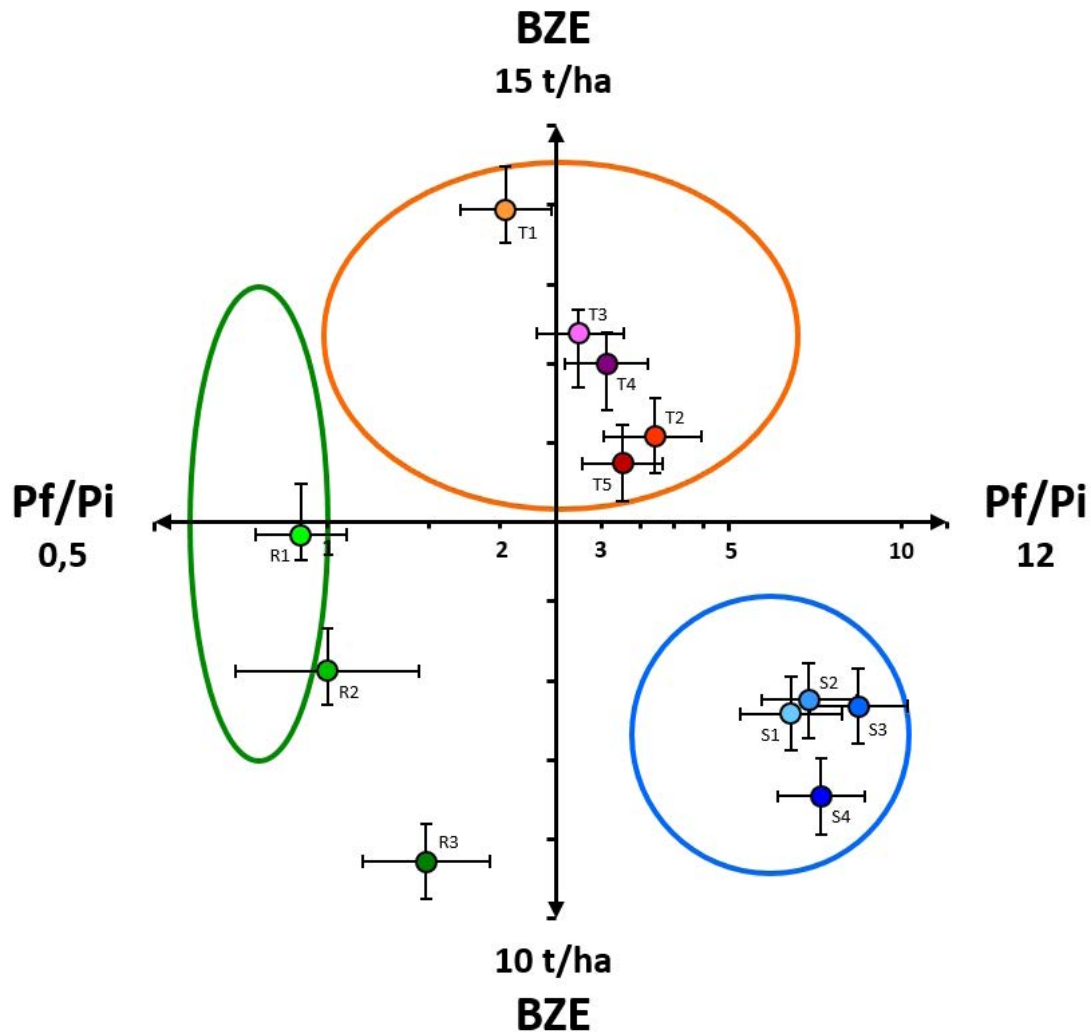


Abb. 6.11: Resistenz-Ertrag-Diagramm zur Vermehrungsrate des Weißen Rübenzystennematoden (Pf/Pi) und dem Bereinigten Zuckerertrag (BZE) von anfälligen (S1-S4), resistenten (R1-R3) und toleranten (T1-T5) Zuckerrüben (nach ROEB und HALLMANN, 2020, verändert).

nicht nur weniger empfindlich auf eine Infektion, sondern besitzen auch eine quantitative Resistenz, die zu einer reduzierten Vermehrung von *H. schachtii* führt (ROEB und HALLMANN, 2020). Auf Standorten mit bekanntem oder vermutetem Befall mit dem Weißen Rübenzystennematoden werden inzwischen fast ausschließlich tolerante Sorten angebaut. Durch den kontinuierlichen Zuchtfortschritt erreichen diese auch unter Nichtbefall fast das Ertragsniveau von anfälligen Sorten.

6.1.7 Kartoffeln

Bei Kartoffeln gestaltet sich die Sortenwahl äußerst komplex. Dies liegt einerseits an den besonderen Anforderungen des Marktes, andererseits an der hohen genetischen Variabilität sowohl der Sorten als auch der Krankheiten und Schädlinge, von denen einige zudem als Quarantäneschadorganismen eingestuft sind. Beispielsweise existieren bei Kartoffelkrebs (*Synchytrium endobioticum*) mindestens 5 verschiedene Pathotypen, gegenüber denen eine Sorte entweder anfällig, qualitativ oder quantitativ resistent sein kann. Ähnlich kompliziert gestaltet sich die Sortenreak-

tion gegenüber den verschiedenen Pathotypen der beiden Kartoffelzystennematoden (*Globodera rostochiensis* und *Globodera pallida*). Die Anfälligkeit gegenüber dem Kartoffelvirus Y (PVY = *Potato Virus Y*) ist besonders relevant, weil dieses nicht nur über Blattläuse, sondern auch über das Pflanzgut übertragen werden kann.

Die wichtigste und bekannteste Kartoffelkrankheit ist die **Kraut- und Knollenfäule** (*Phytophthora infestans*), die im 19. und frühen 20. Jahrhundert zu großen Hungersnöten in Europa geführt hat. Bis heute ist es durch klassische Züchtung nicht gelungen, eine ausreichend resistente Sorte zu entwickeln. Durch den Anbau von möglichst wenig anfälligen Sorten lassen sich der Fungizideinsatz beziehungsweise der Ertragsverlust zumindest reduzieren. Die in Deutschland mit gentechnischen Methoden entwickelte Kartoffelsorte „Fortuna“ ist durch die Übertragung von zwei Genen aus der Wildkartoffel *Solanum bulbocastanum* vollständig resistent gegenüber *P. infestans*, kam aber nie auf den Markt (HAVERKORT et al., 2009).

Tabelle 6.2: Eigenschaften einiger aktueller Kartoffelsorten
(Quelle: Beschreibende Sortenliste 2022 und eigene Angaben)

Sorte	Reife	Zulassung	Resistenz gegen Kartoffelkrebs ¹		Resistenz gegen Kartoffelzysten-nematoden ²⁺³						Anfälligkeit ³			Knollenertrag ³ (in Reifegruppe)	
			quali- tativ	quanti- tativ	Ro1	Ro2/3	Ro4	Ro5	Pa2	Pa3	Y-Virus	Kraut- fäule	Schorf		
Agria	mfr	DE 1985	-	1	R	-	-	-	-	-	-	3	4	7	7
Annabelle	sfr	EU 2002	-	-	R	R	-	-	-	-	-	5	5	6	
Belana	fr	DE 2000	-	-	R	-	R	-	-	-	-	1	6	3	5
Gala	fr	DE 2002	1	2,6	R	-	R	-	-	-	-	1	6	3	6
Gunda	fr	DE 1999	1	2,6, 18	R	-	R	-	-	-	-	6	4	3	5
Juventa	mfr	DE 2017	-	-	9	9	-	9	8	8	9	9	5	3	6
Linda	mfr	DE 2010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	4	3	
Olivia	mfr	DE 2019	-	-	9	9	-	9	8	8	1	4	2	6	
Otolia	mfr	EU 2014	1,6, 18	-	9	8	-	-	-	-	-	1	3	3	6
Ricarda	mfr	DE 2014	1	-	9	5	9	4	-	-	-	1	5	3	

1: Resistenz (qualitativ/quantitativ) gegen Pathotypen von Kartoffelkrebs (1,2,6,18);

2: Resistenz(-grad) gegen Pathotypen von Kartoffelzysten-nematoden (R = resistent);

3: 1 = sehr früh, sehr niedrig, sehr gering; 9 = sehr spät, sehr hoch, sehr stark

6.1.8 Leguminosen

Ackerbohnen werden in Deutschland sowohl als Sommerung als auch als Winterung angebaut. Da die Kultur als auswinterungsgefährdet gilt, sollten Winterackerbohnen eine ausreichende Kältetoleranz mit sich bringen. Sommerackerbohnen sind aufgrund der späteren Aussaat eher durch Trockenheit und Hitze gefährdet. Sortenunterschiede gibt es nicht nur bei der Standfestigkeit, sondern auch bei der Anfälligkeit gegenüber Blattkrankheiten (Ascochyta, Botrytis, Rost) und dem Nanovirus (PNYDV).

Körnererbsen lassen sich in drei **Wuchstypen** einteilen.

„Blatttypen“ sind konkurrenzstark, allerdings lageranfällig und empfindlich für Wassermangel. „Halbblattlose“ Sorten sind standfester und weniger anfällig für Blattkrankheiten, da die Bestände besser durchlüftet werden. „Rankentypen“ haben einen sehr geringen Wasserbedarf, sind aber relativ konkurrenzschwach und erzielen aufgrund der fehlenden Blätter nur geringe Erträge. Aktuell werden in Deutschland fast nur halbblattlose Sorten angebaut, da diese den besten Kompromiss zwischen Ertrag, Standfestigkeit und Blattgesundheit darstellen.



Abb. 6.12 a/b: Die Anthraknose-Brennfleckenkrankheit kann in anfälligen Sorten der Weißen Lupine (links) zu einem Totalverlust führen. Erst seit kurzem gibt es tolerante Sorten (rechts). (Fotos: J. Roeb)

Weißer Lupinen waren seit den 1990er Jahren aufgrund der **Anthraknose-Brennfleckenkrankheit** (*Colletotrichum lupini*) fast vollkommen aus dem Anbau verschwunden. Das änderte sich erst 2019 mit der Zulassung von zwei in einem speziellen Zuchtprogramm entwickelten toleranten Sorten. Diese erzielten auch bei Befall mit Anthraknose noch relativ gute Ertragsleistungen, während bei anfälligen Sorten selbst mit Einsatz von Fungiziden ein totaler Ernteverlust stattfinden kann (HAHN, 2019).

Blaue Lupinen sind gegenüber Anthraknose tolerant und lassen sich auch auf trockeneren Standorten mit geringem pH-Wert anbauen. Bei den Blauen Lupinen lassen sich endständige Wuchstypen mit einer gleichmäßigeren Abreife und verzweigte Sorten mit einer besseren Unkrautunterdrückung und höheren Ertragsleistung unterscheiden.

Sojabohnen werden in Deutschland erst seit einigen Jahren zunehmend angebaut und gelten hier als relativ gesund gegenüber Krankheiten und Schädlingen. Allerdings ist es für einen erfolgreichen Anbau zwingend erforderlich, ausreichend frühreife und kältetolerante Sorten zu wählen.

6.1.9 Obst und Gemüse

Auch beim (feldmäßigen) Anbau von Obst und Gemüse hat die Auswahl von resistenten und/oder toleranten Sorten eine große Bedeutung. Dies liegt nicht nur in der Produktion, sondern auch in den Anforderungen des Handels an die Qualität und geringe Pflanzenschutzmittelrückstände begründet.

6.2 Saat-/Pflanzzeit

Der optimale Saat- oder Pflanztermin einer Kultur wird maßgeblich durch die bodenklimatischen Bedingungen eines Anbaugesbietes beeinflusst. Abhängig vom Bodenzustand, dem Witterungsverlauf und dem Zeitpunkt der Ernte der Vorfrucht gibt es stets einen mehr oder weniger langen Zeitraum, in dem über die Aussaat oder Pflanzung entschieden werden kann. Dabei ist es fast immer erforderlich, Kompromisse zwischen einer optimalen Bestandesentwicklung und der Vermeidung von verschiedenen Krankheiten, Schädlingen oder Unkräutern sowie Ertragsrisiken durch Witterungsereignisse zu finden.

Winterweizen ist das Getreide mit der höchsten Saatzeitflexibilität. Abhängig vom Anbaugesbiet und den individuellen Standortbedingungen ist eine Aussaat von September bis Dezember möglich.

Frühsaaten zielen darauf ab, bereits im Herbst einen gut entwickelten und bestockten Bestand zu etablieren. Vorteile einer frühen Aussaat sind die zu diesem Zeitpunkt oft günstigen Boden- und Witterungsbedingungen und die aufgrund der intensiveren Durchwurzelung höhere Toleranz gegenüber späteren Trockenphasen.

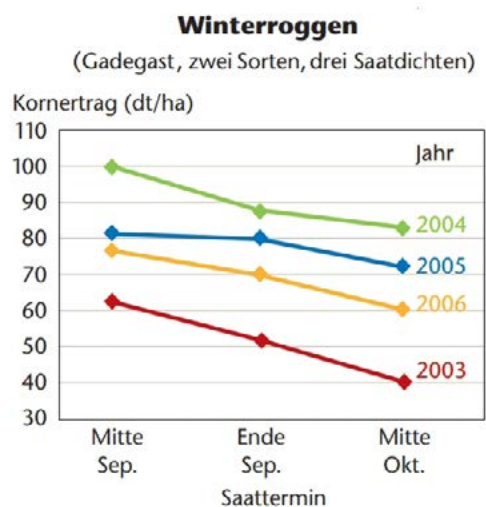
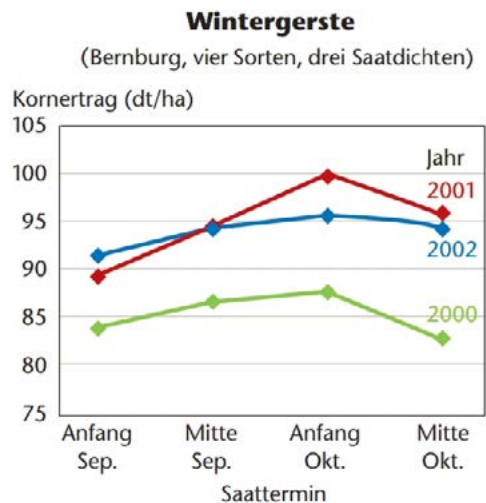
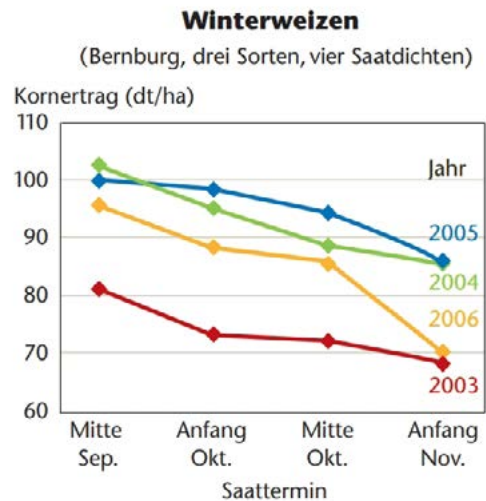


Abb. 6.13: Einfluss des Saattermins auf den Kornertrag in Wintergetreide in Versuchen in Sachsen-Anhalt. Die Ergebnisse aus anderen Anbaugesbietes und bei reduziertem Pflanzenschutz können deutlich anders ausfallen (nach Boese, 2007, verändert).

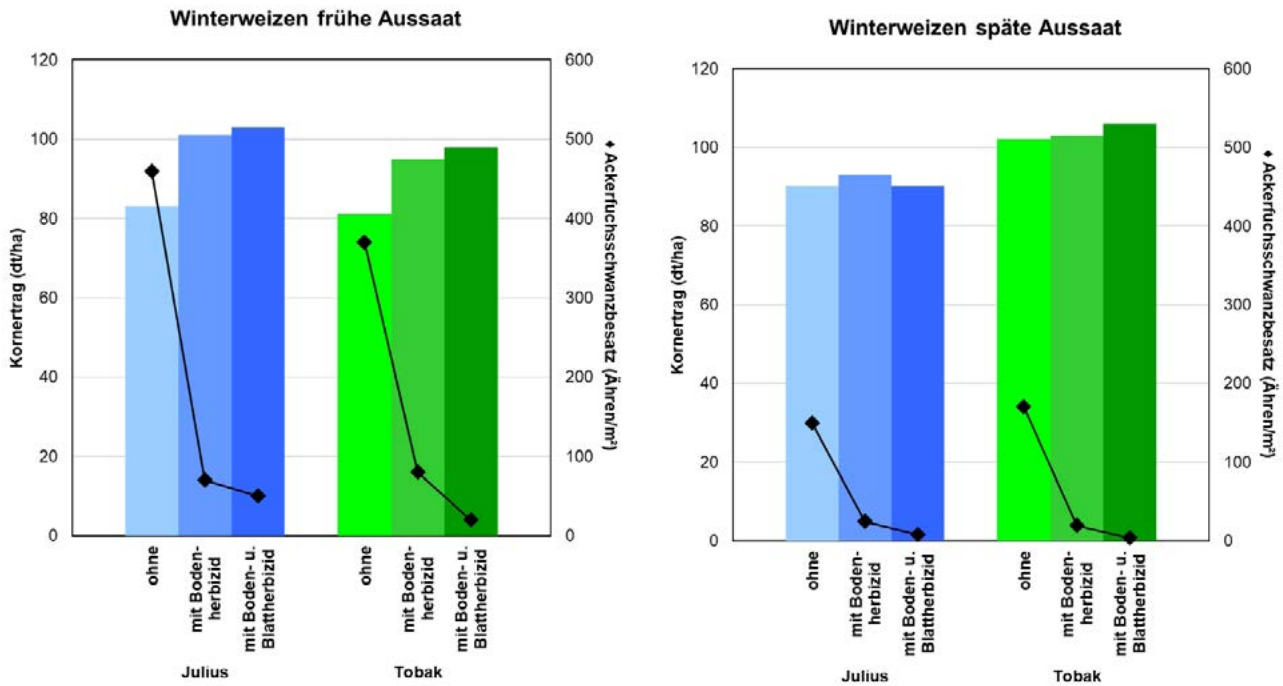


Abb. 6.14: Einfluss des Aussaattermins und des Herbizideinsatzes auf den Ertrag und den Ackerfuchsschwanzbesatz von zwei Winterweizensorten in einem Versuch in Schleswig-Holstein (nach LANDSCHREIBER, 2014).

Frühsaaten besitzen ein hohes Ertragspotenzial. Nachteilig ist die höhere Anfälligkeit für Krankheiten wie Mehltau, Blattseptoria, Halmbruch und Schwarzbeinigkeit, die von der oft warmen und feuchten Witterung im Herbst profitieren. Darüber hinaus besitzen Frühsaaten häufig eine geringere Winterhärte und Standfestigkeit. Sorten mit einer guten Fuß- und Blattgesundheit sowie einer langsamen Jugendentwicklung und geringen Auswinterungs- und Lagerneigung können diese Nachteile teilweise ausgleichen. Der bei Frühsaaten meist höhere Aufwuchs von Ungräsern kann allerdings zu erheblichen Problemen bei der Bekämpfung von herbizidresistenten Ackerfuchsschwanz- oder Windhalmpopulationen führen.

Durch die Aussaat zu einem für das Anbaugesbiet normalen oder etwas späteren Zeitpunkt lassen sich der Krankheits- und Ungrasdruck deutlich reduzieren, ohne dass dabei große wirtschaftliche Nachteile zu erwarten sind. Das gegebenenfalls etwas geringere Ertragspotenzial wird häufig bereits durch die geringeren Pflanzenschutzkosten ausgeglichen. Normalsaaten haben durchschnittlich das geringste Auswinterungsrisiko, da die Bestände meist weder überwachsen noch zu schwach entwickelt sind.

Spätsaaten erfolgen überwiegend nach späträumenden Vorfrüchten (z.B. Mais, Zuckerrüben) oder weil die Boden- und Witterungsbedingungen im Herbst eine frühere Aussaat nicht ermöglicht haben. Je später die Aussaat und je kälter die Witterung, desto eher können späte Aussaattermine zu Ertragsverlusten führen. Problematisch sind extreme Spätsaaten in Anbaugesbieten zu bewerten, in denen ein hohes Auswinterungsrisiko besteht. Auf Standorten mit Ackerfuchsschwanzbesatz können späte Aussaattermine

trotzdem ein wichtiger Bestandteil einer integrierten Ungrasbekämpfung sein. Sorten mit einer schnellen Jugendentwicklung, einer guten Winterhärte und einem hohen Bestockungsvermögen sind am ehesten für Spätsaaten geeignet.

Wintergerste wird früher gesät als Winterweizen. Da sich Wintergerste bereits im Herbst ausreichend bestocken sollte, ist der optimale Aussaatzeitraum relativ kurz. Dies führt dazu, dass bei geeigneten Aussaatbedingungen eher zu früh als zu spät gesät wird. Frühsaaten erhöhen allerdings nicht nur das Risiko für einen Befall mit verschiedenen pilzlichen Krankheiten (Mehltau, Rhynchosporium, Halmbruch, Schneeschimmel) und Gelbmosaikviren (BaYMV, BaMMV), sondern auch mit den von Blattläusen übertragenen Gelbverzwergungsviren (BYDV). Bestände, die zu einem normalen oder etwas späteren Termin gesät wurden, erzielen bei angepasster Saattiefe meist vergleichbare Erträge, sind aber durchschnittlich gesünder und weniger auswinterungsgefährdet.

Winterroggen wird meist früher als Winterweizen, aber später als Wintergerste gesät. Aufgrund des möglichen Befalls mit Fuß- und Blattkrankheiten sowie im Hinblick auf die Ungrasbekämpfung werden auch hier eher normale bis späte Aussaattermine empfohlen.

Winterraps benötigt für hohe Erträge eine optimale Vorwinterentwicklung und sollte daher weder zu früh noch zu spät gesät werden. Da Raps außerdem sehr hohe Ansprüche an das Saatbett stellt, richtet sich der Aussaattermin zusätzlich nach dem aktuellen Bodenzustand. Frühsaaten erhöhen das Risiko, dass der Raps bereits im Herbst in die

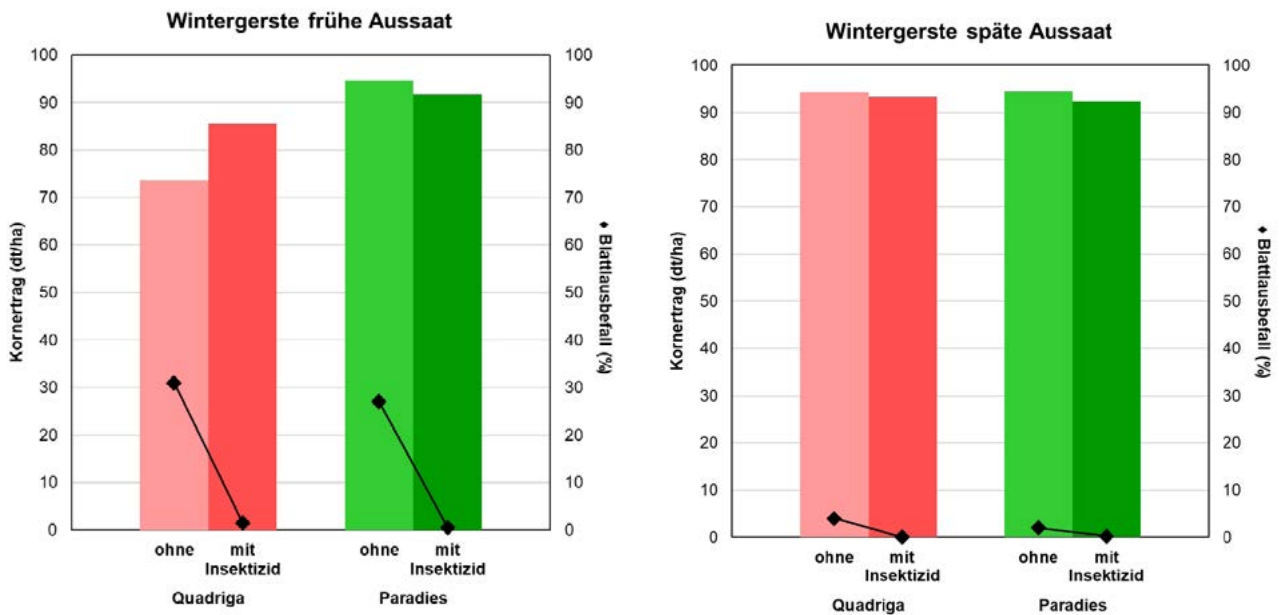


Abb. 6.15: Einfluss des Aussaattermins und des Insektizideinsatzes auf den Ertrag einer gegenüber Gelbverzwergungsviren anfälligen (Quadriga) und einer toleranten Wintergerstensorte (Paradies) in einem Versuch in Nordrhein-Westfalen (nach FURTH, 2022).

Streckungsphase geht und damit an Winterhärte verliert. Darüber hinaus werden früh gesäte Bestände häufiger von Schädlingen (Rapserrdflöhe, Kleine Kohlfliege, Schwarzer Kohltriebrüssler) befallen. Sehr spät gesäte Bestände hingegen können sich im Herbst nur noch schwach entwickeln und sind empfindlich gegenüber Auflaufkrankheiten. Der ideale Rapsbestand besitzt zum Vegetationsende etwa 8-12 Laubblätter, hat einen Wurzeldurchmesser von 10-15 mm und noch keinen Stängel gebildet. Der optimale Aussaattermin wird vom Anbaugebiet, dem Krankheits- und Schädlingsdruck und der Sortenwahl beeinflusst.

Bei den meisten **Sommerungen** gilt, dass die Aussaat so früh wie möglich erfolgen sollte, wenn die Aussaatbedingungen es zulassen. Unterschiede zwischen den einzelnen Sommerkulturen ergeben sich vor allem aus den verschiedenen Ansprüchen an Tageslänge, Temperatur und Wasserversorgung.

Sommergetreide geht ab einer bestimmten Tageslänge von der vegetativen in die generative Phase über. Daher begünstigen frühe Aussaattermine die Bestockung und resultieren meist in einer höheren Bestandesdichte. Die nach einer frühen Aussaat oft günstigeren Witterungsbedingungen während der Kornanlage und Kornfüllung können die Ertragsleistung deutlich verbessern. Krankheiten und Schädlinge, die auf höhere Temperaturen angewiesen sind, befallen die Pflanzen oft erst zu einem Zeitpunkt, in dem diese bereits eine gewisse „Alterstoleranz“ entwickeln konnten. Unkräuter, die erst später im Frühjahr auflaufen, werden von einem früh gesäten Bestand besser unterdrückt.

Mais ist relativ wärmebedürftig und sollte daher nicht zu früh gesät werden. Witterungsbedingt verzögert auflaufende Bestände reagieren, auch aufgrund des abnehmenden Beizschutzes, empfindlicher auf Auflaufkrankheiten und sind anfälliger für Vogelfraß. Andererseits steigt bei einer späten Aussaat von Sorten mit einer hohen Reifezahl das Risiko, dass sich die Abreife so weit nach hinten verschiebt, dass eine Ernte unter trockenen Bedingungen nicht mehr zuverlässig möglich ist.



Notreifer Maisbestand (Foto: F. Käufler)

Tabelle 6.3: Ertragsverluste durch verspätete Aussaat von Zuckerrüben (nach WINNER, 1981)

Aussaattermin	täglicher Ertragsverlust	summierter Ertragsverlust
Mitte März	(gegenüber einer Aussaat Mitte März)	
Ende März	<0,45 %	0-5 %
1. Hälfte April	0,65 %	5-15 %
2. Hälfte April	0,90 %	10-30 %
Anfang Mai	1,15 %	20-40 %

Zuckerrüben erzielen umso höhere Erträge, je länger sie die Vegetationszeit nutzen können. Daher profitiert die Kultur grundsätzlich von einer frühen Aussaat und ebenso von einer späten Ernte. Früh gesäte Bestände reagieren weniger empfindlich auf einen Befall mit Rübenzysten-nematoden. Darüber hinaus können sie einen Vorsprung gegenüber wärmeliebenden Unkräutern entwickeln, der dazu beiträgt diese zu unterdrücken. Probleme durch eine zu frühe Aussaat können unter anderem aus einer erhöhten Anfälligkeit gegenüber Auflaufkrankheiten und -schädlingen resultieren. Bei längeren Kaltphasen während der Jugendentwicklung steigt das Risiko für das Auftreten von Kulturschossern.

Kartoffeln werden meist so früh gepflanzt, wie es einerseits die Boden- und Witterungsbedingungen erlauben und andererseits die geplante Vermarktung erfordert. Durch eine Vorkeimung des Pflanzguts kann die Jugendentwicklung beschleunigt und die Anfälligkeit gegenüber Krankheiten und Schädlingen reduziert werden.

Ackerbohnen als Sommerform sollten grundsätzlich möglichst früh gesät werden, da zunehmende Tageslängen und Temperaturen zwar das vegetative Wachstum fördern, nicht aber den Kornertrag. Spät gesäte Bestände sind aufgrund der größeren Wuchshöhen weniger standfest und stärker durch Hitze und Trockenheit im Frühling und Sommer gefährdet.

Körnererbsen und **Lupinen** werden meist später gesät als Ackerbohnen, da sie empfindlicher auf Kälte reagieren. Körnererbsen sind bei einer späteren Aussaat weniger durch Auflaufkrankheiten gefährdet.

Sojabohnen sind sehr kälteempfindlich. Bei zu früher Aussaat und nachfolgend geringen Temperaturen verzögert sich nicht nur der Feldaufgang, sondern es steigt auch das Risiko für Schäden durch die Bohnensaattiege und Vogelfraß. Darüber hinaus können Unkräuter mit einem geringen Anspruch an die Temperatur einen Konkurrenzvorteil erlangen, der die spätere Bekämpfung erschwert. Abhängig vom Anbaugebiet und vom Aussaattermin sollten stets ausreichend frühreife Sorten gewählt werden.

Besonders bei älteren Angaben zu empfohlenen Saat- oder Pflanzzeiten ist zu beachten, dass sich die durchschnitt-

lichen Temperaturen in Deutschland durch den fortschreitenden Klimawandel allein in den letzten 30 Jahren um fast 1,0 °C erhöht haben. Damit verlängert sich nicht nur die maximale Vegetationszeit, sondern es verschieben sich auch die optimalen Aussaattermine der Kulturpflanzen.

6.3 Saat-/Pflanzverfahren

Das gewählte Saat- oder Pflanzverfahren beeinflusst nicht nur die Jugendentwicklung einer Kultur, sondern auch die spätere Bestandesdichte und die Anfälligkeit gegenüber bestimmten Krankheiten und Schädlingen sowie Witterungsereignissen. Durch eine an den Standort angepasste Aussaat oder Pflanzung lässt sich ein leistungsfähiger Kulturpflanzenbestand etablieren.

6.3.1 Saat-/Pflanzbettbereitung

Abhängig von der vorhergehenden Bodenbearbeitung wird grundsätzlich zwischen Pflug-, Mulch- und Direktsaat unterschieden. Das durch die Saatbettbereitung erzeugte Saatbett sollte ausreichend feinkrümelig und gut rückverfestigt sein. Bei einem zu fein bearbeiteten Saatbett ohne Mulch- oder Krümschicht steigt allerdings das Risiko für Erosion und Verschlammung. Andererseits ist bei einem zu groben oder schlecht rückverfestigten Saatbett der Wasseranschluss des Saatguts und damit dessen Keimung gefährdet. Um einen optimalen Feldaufgang zu erzielen, sollte sich die Bearbeitungsintensität an den Ansprüchen der Kultur sowie den aktuellen Boden- und Witterungsbedingungen ausrichten. Bei einem zu nassen oder durch falsche Bearbeitung verdichteten Saatbett steigt das Risiko für einen Befall mit Auflaufkrankheiten und die Wurzelentwicklung wird reduziert.

Besondere technische Verfahren wie die Streifenfrässaat bei Mais oder Zuckerrüben haben sich bisher kaum etabliert, bieten aber Vorteile, wenn ein Kompromiss zwischen intensiver Bodenlockerung und Erosionsschutz gefunden werden muss. Bei der Streifenfrässaat wird nur ein schmaler Bereich um die Saatreihe gelockert, während der übrige Boden unbearbeitet bleibt.

Bei der Aussaat wird grundsätzlich zwischen Drillsaat und Einzelkornsaat unterschieden. Obwohl sich die Aussaat-

qualität von Drillmaschinen inzwischen deutlich verbessert hat, werden Kulturen, in denen die Standraumverteilung einen sehr großen Einfluss auf die Bestandesentwicklung hat (z.B. Mais, Zuckerrüben), fast ausschließlich mit Einzelkornsätechnik gesät. Bei Raps und Leguminosen kann eine Einzelkornsäat besonders bei einem nicht optimalen Bodenzustand oder trockener Witterung dazu beitragen, den Feldaufgang zu verbessern und gleichmäßige Bestände mit kräftigen und gegenüber Krankheiten und Schädlingen widerstandsfähigen Einzelpflanzen zu etablieren.

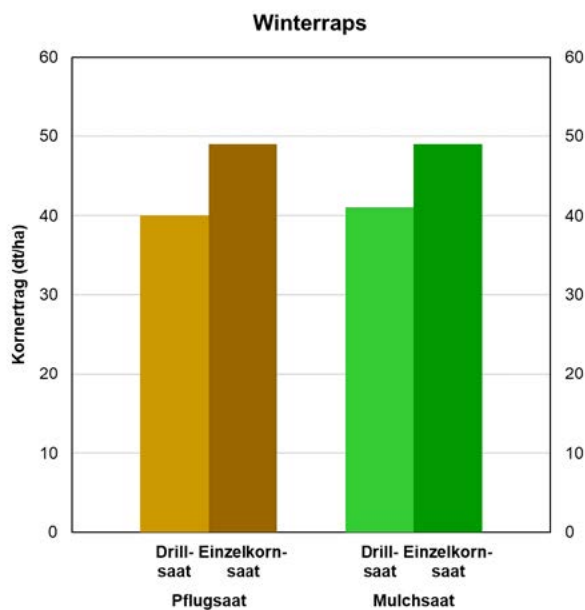


Abb. 6.16: Einfluss der Bodenbearbeitung und des Saatverfahrens auf den Ertrag von Winterraps in Versuchen in Sachsen-Anhalt (nach BISCHOFF, 2013).

Kartoffeln werden meist in Dämmen gepflanzt. Da sich der Boden in den Dämmen schneller erwärmt, trägt dieses Verfahren dazu bei, dass die Kartoffeln schneller auflaufen und früher einen geschlossenen Bestand entwickeln. Die geringere Bodenfeuchte in den Dämmen verzögert die Ausbreitung von Phytophthora, Rhizoctonia, Erwinia und anderen bodenbürtigen Krankheiten. Darüber hinaus erleichtert der Dammanbau die mechanische Unkrautbekämpfung durch Striegeln und Häufeln. Der größte Nachteil dieses Anbauverfahrens ist die sehr intensive Bodenbearbeitung, die zu einer Abnahme der Bodenstabilität und des Humusgehalts führen kann.

6.3.2 Saat-/Pflanzdichte

Die Saat- oder Pflanzdichte beziehungsweise die daraus resultierende Standraumverteilung hat in fast allen Kulturen einen deutlichen Einfluss auf die Bestandesentwicklung und Ertragsleistung.

Bei Getreide orientiert sich die optimale Saatedichte nicht nur an der angestrebten Bestandesdichte, sondern auch am geschätzten Feldaufgang und der erwarteten Bestockung - abhängig vom Saattermin und den bodenklimatischen Bedingungen. Grundsätzlich bieten hohe Saatedichten den Vorteil, dass die sich entwickelnden Bestände den Boden schneller abdecken und Unkräuter besser unterdrücken können. Andererseits erhöhen dichte Bestände das Risiko für die Ausbreitung von pilzlichen und bakteriellen Krankheiten, da sich in diesen häufig ein feuchtes Mikroklima bildet. Darüber hinaus neigen sehr dichte Bestände dazu, früher und stärker in die Länge zu wachsen und sind daher oft weniger winterhart und standfest.



Abb. 6.17: Der Dammanbau von Kartoffeln begünstigt ein schnelles Auflaufen der Pflanzen und reduziert das Auftreten von Staunässe. Dies kann die Ausbreitung von bodenbürtigen Krankheiten verzögern. (Foto: J. Roeb)

Abb. 6.18: Mängel im Feldaufgang (hier durch geringe Keimkraft des Saatgutes) können die Bestandesentwicklung und das Unkrautunterdrückungsvermögen negativ beeinflussen (Foto: J. Roeb)



Besonders beim Anbau von Winterraps ist eine gute Einzelpflanzenentwicklung wichtiger als eine hohe Bestandesdichte, da kräftige Pflanzen weniger empfindlich auf Krankheiten und Schädlinge reagieren. Bei sehr dichten Beständen erhöht sich zudem die Wahrscheinlichkeit des Aufstängelns im Herbst und damit das Risiko für Auswinterungsverluste.

Bei Mais ist die optimale Bestandesdichte von der Wasserversorgung des Standorts abhängig. Zu dichte Bestände erhöhen das Risiko für Trockenstress und bei ausreichender Wasserverfügbarkeit die Konkurrenz um Licht und Nährstoffe. Deutlich zu dünne Bestände erzielen keine optimalen Erträge und sind anfälliger für Erosion, Wildschäden und Spätverunkrautung.

Zuckerrüben besitzen ein relativ hohes Lückenausgleichsvermögen und können Abweichungen von der optimalen Bestandesdichte relativ gut kompensieren. Aufgrund

schwankender Feldaufgänge und weil dünn stehende Bestände ein deutlich geringeres Unkrautunterdrückungsvermögen haben, sollten die Saatlängen aber nicht zu weit reduziert werden.

Bei Kartoffeln orientiert sich die Pflanzdichte überwiegend an der geplanten Vermarktung. Zwar könnten größere gewählte Pflanzabstände dazu beitragen, die Ausbreitung von pilzlichen Krankheiten im Bestand geringfügig zu reduzieren, andererseits würde sich damit das Risiko einer Spätverunkrautung und gegebenenfalls der Produktion von nicht vermarktungsfähigen Übergrößen erhöhen.

Leguminosen sind im Vergleich zu den meisten anderen Kulturen relativ anfällig für Vogel- und Wildfraß. Aufgrund der begrenzten Möglichkeiten bei der chemischen Unkrautbekämpfung wird zudem eine konkurrenzkräftige Bestandesdichte angestrebt. Die Saatlänge sollte daher nicht zu gering gewählt werden.

Tabelle 6.4: Aussaatempfehlungen für Mais in Nordrhein-Westfalen (nach ERHARDT, 2022)

Sortengruppe	Wasserversorgung der Böden		
	schlecht	mittel	gut
	anzustrebende Bestandesdichte (Pflanzen/m ²)		
Massenwüchsige Sorten	von ← → bis		
↑ I: ES Inventive, KWS Shako, LG 30258	6		8,5
II: Amavit, RGT Exxon, SY Impulse	7		9,5
↓ III: DKC 2978, Santimo, Tonifi CS	8		10
Kleinwüchsige Sorten			

6.3.3 Saat-/Pflanztiefe

Auch die Saat- oder Pflanztiefe ist ein Kompromiss zwischen verschiedenen Zielsetzungen, die abhängig von der Kultur und den Standortbedingungen eine unterschiedliche Bedeutung haben können. Grundsätzlich kann eine flache Aussaat den Feldaufgang und die Jugendentwicklung beschleunigen, da der Keimling weniger Zeit und Energie zum Erreichen der Bodenoberfläche benötigt. Voraussetzung für einen hohen Feldaufgang ist, dass der Samen ausreichend Wasser für die Keimung aufnehmen kann. Aufgrund der unterschiedlichen Ansprüche an die Wasseraufnahme sollten großkörnige Samen (Mais, Körnerleguminosen) tiefer gesät werden als Getreide und kleinkörnige Samen. Aussaaten mit einer größeren Saattiefe sind besser vor Mäuse- und Vogelfraß geschützt, bei kalten und nassen Bedingungen aber häufiger von Auflaufkrankheiten betroffen. Die optimale Saat- oder Pflanztiefe hängt daher auch von den tatsächlichen Boden- und Witterungsverhältnissen und dem erwarteten Krankheits- und Schädlingsdruck ab.

6.3.4 Untersaaten

Untersaat beschreibt verschiedene Anbauverfahren, bei denen mit oder nach der Aussaat der Hauptkultur eine untergeordnete zweite Kultur gesät wird. Untersaaten sind grundsätzlich sowohl im Getreide als auch in Reihenkulturen möglich. Die Aussaat erfolgt abhängig vom Entwicklungsstand der Hauptkultur mit klassischer Sätechnik oder als Streusaat. Untersaaten können unter anderem der Erosionsvermeidung, der Unkrautunterdrückung und der Humusbildung dienen. Darüber hinaus lassen sich geeignete Untersaaten nach der Ernte der Hauptkultur als Zweitkultur nutzen. Bei einzelnen Gemüsekulturen (z.B. Porree) können Untersaaten dazu beitragen, den Schädlingsbefall in der Hauptkultur zu reduzieren (IMHOF et al., 1996). Allerdings ergeben sich bei der Nutzung von Untersaaten auch Probleme: Besonders bei trockenen Bedingungen und in extensiven Anbausystemen kann die Konkurrenz der Untersaat um Wasser und Nährstoffe zu deutlichen Ertragsverlusten in der Hauptkultur führen. Darüber hinaus bestehen in einer Hauptkultur mit etablierter Untersaat kaum noch Möglichkeiten einer weiteren chemischen oder mechanischen Unkrautbekämpfung. Standorte mit einer eingeschränkten Wasser- und Nährstoffversorgung oder Besatz mit (mehrjährigen) Problemunkräutern sind daher nur selten für den Untersaatanbau geeignet.

Literatur

ÁLVAREZ-ALFAGEME, F.; DAVOS, Y.; CAMARGO, A. M.; ARPAIA, S.; MESSÉAN, A. (2022): Managing resistance evolution to transgenic Bt maize in corn borers in Spain. *Critical Reviews in Biotechnology* 42(2), 201-219.

ARRAIANO, L. S.; BALAAM, N.; FENWICK, P. M.; CHAPMAN, C. ET AL. (2009): Contributions of disease resistance and escape to the control of septoria tritici blotch of wheat. *Plant Pathology* 58, 910-922.



Abb. 6.19: Maisbestand mit einer Grasuntersaat. (Foto: LWK NRW)



Abb. 6.20: Vogelfraß kann besonders in Leguminosen, hier Sojabohnen, zu erheblichen Bestandesverlusten führen. Durch eine ausreichend tiefe Saatgutablage lässt sich das Risiko von Schäden reduzieren (Foto: J. Roeb)

BISCHOFF, J. (2013): Starke Einzelpflanzen wurzeln tief. *Landwirtschaft ohne Pflug* 2013(7), 30-35.

BOESE, L. (2007): Frühe Saat bringt Vorteile – und Risiken! *praxisnah* 2007(3), 4-5.

BORNHÖFT, D.; STREHLOW, B. (2018): Kohlhernie: Der Rassenverschiebung gegensteuern. *Raps* 36(2), 24-27.

- BÖRNER, H.; SCHLÜTER, K.; AUMANN, J. (2009):** Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, 8. Auflage. Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg.
- BÖSE, S. (2020):** Grenzen des Wachstums erreicht? praxisnah 2020(1), 4-7.
- BROWN, J. K. M.; CHARTRAIN, L.; LASSERE-ZUBER, P.; SAINTENAC, C. (2015):** Genetics of resistance to *Zymoseptoria tritici* and applications to wheat breeding. *Fungal Genetics and Biology* 79, 33-41.
- BUERSTMAYR, H.; BAN, T.; ANDERSON, J. A. (2009):** QTL mapping and marker-assisted selection for *Fusarium* head blight resistance in wheat: a review. *Plant Breeding* 128, 1-26.
- BUNDESSORTENAMT (2022a):** Beschreibende Sortenliste - Getreide, Mais, Öl- und Faserpflanzen, Leguminosen, Rüben, Zwischenfrüchte. Selbstverlag, Hannover.
- BUNDESSORTENAMT (2022b):** Beschreibende Sortenliste - Kartoffeln. Selbstverlag, Hannover.
- COOPER, J. I.; JONES, A. T. (1983):** Responses of plants to viruses: Proposals for the use of terms. *Phytopathology* 73(2), 127-128.
- DREWS, S. (2005):** Unkrautkontrolle im ökologischen Winterweizenanbau: Sortenwahl, Reihenabstand und Drillrichtung. Dissertation, Universität Bonn.
- ELLIS, J. G.; LAGUDAH, E. S.; SPIELMEYER, W.; DODDS, P. N. (2014):** The past, present and future of breeding rust resistant wheat. *Frontiers in Plant Science* 5, 641.
- ERHARDT, N. (2022):** Bestandsdichte und Reihenabstände. In: Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): Ratgeber Pflanzenbau und Pflanzenschutz, 27. Auflage. Selbstverlag, Münster.
- FURTH, U. (2022):** D+I Virusvektoren bekämpfung. In: Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): Ratgeber Pflanzenbau und Pflanzenschutz, 27. Auflage. Selbstverlag, Münster.
- GLENDINNING, B. (1983):** Potato introductions and breeding up to the early 20th century. *New Phytologist* 94, 479-505.
- HAHN, L. (2019):** Die heimische Eiweisskönigin ist zurück. *Innovation* 2019(3), 14-15.
- Haverkort, A. J.; Struik, P. C.; Visser, R. G.; Jacobsen, E. (2009):** Applied biotechnology to combat late blight in potato caused by *Phytophthora infestans*. *Potato Research* 52, 249-264
- HOVMØLLER, M. S.; WALTER, S.; BAYLES, R. A.; HUBBARD, A. ET AL. (2016):** Replacement of the European wheat yellow rust population by new races from the centre of diversity in the near-Himalayan region. *Plant Pathology* 65, 402-411.
- IMHOF, T.; BAUMANN, D. T.; STÄDLER, E.; WYSER-HAMMEL, I. (1996):** Untersaat in Herbstlauch reduziert die Thripspopulation. *Agrarforschung* 3(7), 337-340.
- JAGANATHAN, D.; RAMASAMY, K.; SELLAMUTHU, G.; JAYABALAN, S.; VENKATARAMAN, G. (2018):** CRISPR for crop improvement: An update review. *Frontiers in Plant Science* 9, 985.
- LANDSCHREIBER, M. (2014):** Untersuchungen zum Aufnahmeverhalten von Ackerfuchsschwanz (*Alopecurus myosuroides* Huds.) in Abhängigkeit des Aussaattermins und der Winterweizensorte in Norddeutschland. *Julius-Kühn-Archiv* 443, 324-333.
- LIM, K. B. (2020):** Molecular markers improve abiotic stress tolerance in crops: A review. *Plants* 9, 1374.
- MEILI, M. (2013):** Die Super-Schädlinge kommen. Online unter (zuletzt aufgerufen am 04.04.2023): <https://www.tagesanzeiger.ch/die-super-schaedlinge-kommen-364352872557>
- MELCHINGER, A. E.; OETTLER, G.; LINK, W. (2008):** Entwicklung der Zuchtmethoden. In: Gesellschaft für Pflanzenzüchtung (Hrsg.): Die Entwicklung der Pflanzenzüchtung in Deutschland (1908-2008): 100 Jahre GFP e.V. - eine Dokumentation. Selbstverlag, Göttingen.
- NELSON, R.; WIESNER-HANKS, T.; WISSNER, R.; BALINT-KURTI, P. (2018):** Navigating complexity to breed disease-resistant crops. *Nature Reviews Genetics* 19, 21-33.
- ROEB, J.; HALLMANN, J. (2020):** Monitoring der Pathogenität von Rübensystemnematoden zur Absicherung der Bereitstellung von Rohstoffen mit toleranten Zuckerrüben genotypen.
- SCHENKE, D.; CAI, D. (2020):** Applications of CRISPR/Cas to improve crop disease resistance: Beyond inactivation of susceptibility factors. In: *Science* 23, 101478.
- SCHEURER, K. S. (2001):** Genetische Analyse der Vererbung von Toleranz der Gerste (*Hordeum vulgare* L.) gegenüber Barley Yellow Dwarf Virus (BYDV). Dissertation, Justus-Liebig-Universität Gießen.
- SIEDE, M. (2009):** Phytomedizin in der Antike, Phytopathogene Einflüsse und ihre Wirkungsgeschichte in der griechisch-römischen Literatur von Homer bis Boethius. Dissertation, Universität Trier.
- WINNER, C. (1981):** Zuckerrübenbau. DLG-Verlag, München.
- YOUNIS, A.; RAMZAN, F.; RAMZAN, Y.; ZULFIQUAR, F.; AHSAN, M. (2020):** Molecular Markers Improve Abiotic Stress Tolerance in Crops: A Review. In: *Plants* 2020, 9(10), 1374; <https://doi.org/10.3390/plants9101374>
- ZIRNSTEIN, G. (1976):** Zur Geschichte der Beziehungen von Pflanzenzüchtung und Biologie von den Anfängen bis in die dreißiger Jahre des 20. Jahrhunderts. Dissertation, Universität Jena.

7 Bestandes-/Kulturführung

Autoren:

Frank Käufler (Einführung, Kap. 7.2.1)

Prof. Dr. Franz Wiesler (Kap. 7.1)

Dr. Bernd Augustin (Kap. 7.2.2)

Ekkehard Fricke (unter Mitwirkung von Angela Riedel und Henning Gödeke) (Kap. 7.3)

Aufbauend auf den bereits beschriebenen Kapiteln 3 bis 6 (Fruchtfolge, Bodenbearbeitung, Nacherntemanagement, Sortenwahl, Aussaat, Pflanzung) kommt der Bestandesführung eine besondere Bedeutung zu. Sie verknüpft alle Disziplinen und leitet daraus die erforderlichen Pflanzenschutz- und Düngungsmaßnahmen ab. Ackerbauliche Fehlentwicklungen können damit allerdings nicht mehr korrigiert werden (pers. Mitteil. Balgheim, 2009).

Bestandesführung beschreibt die situative Gestaltung einer Vielzahl von möglichen Maßnahmen auf Basis der aktuellen Witterungseinflüsse am jeweiligen Standort.

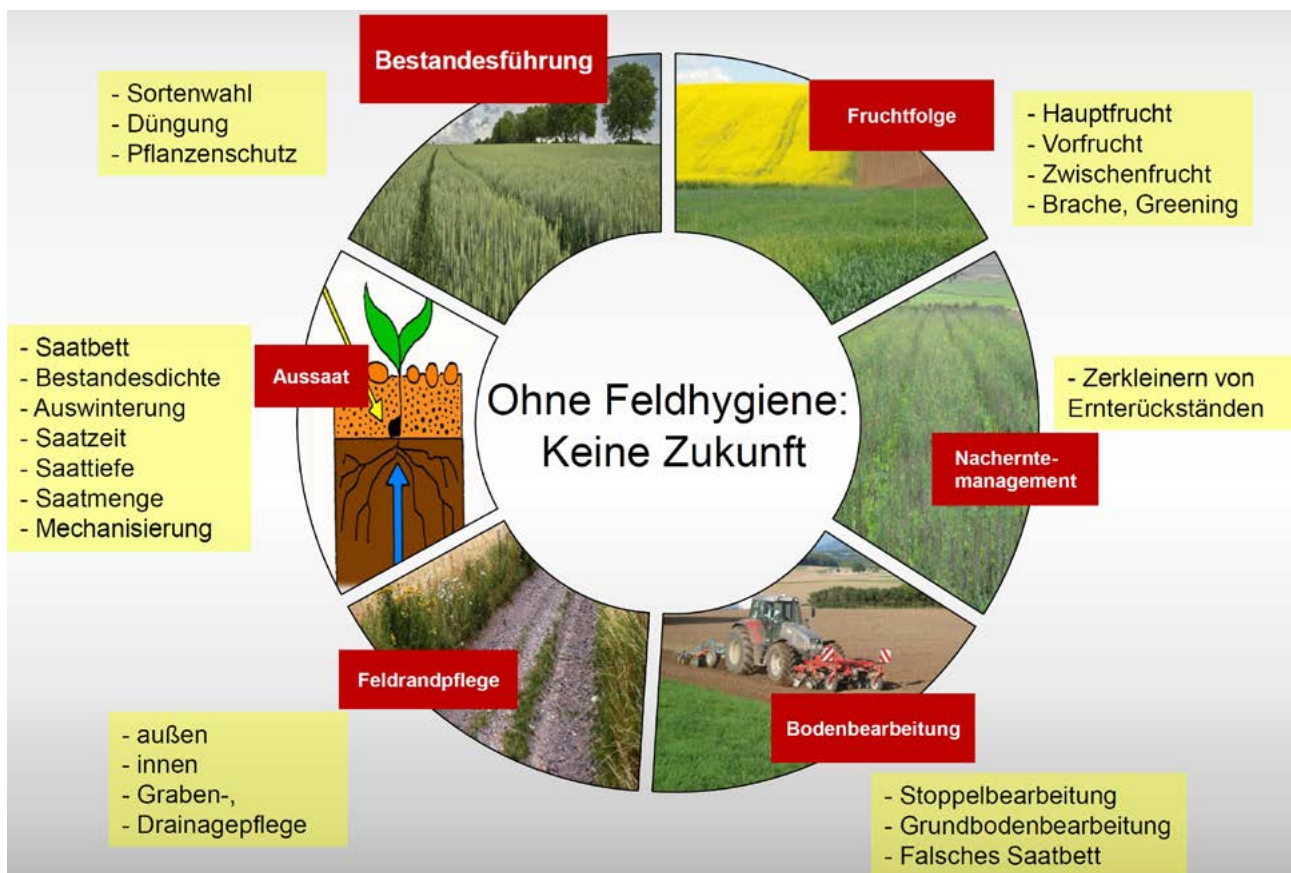
Grundlage für Maßnahmen der Bestandesführung ist das Beobachten der Bestände durch Feldbegehungen des Entscheiders.

Nach DIERKS/HEITEFUSS (1994) gehört die exakte Erfassung und Bewertung der örtlichen Befallsituation zu den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis (integrierter Pflanzenbau). Dabei geht es nicht nur um die Frage ob, sondern wie und zu welchem Zeitpunkt eine Maßnahme im Sinne einer optimalen Bestandesführung vorgenommen werden kann (DIERKS/HEITEFUSS, 1994).

Neben der Ausrichtung auf Naturalertrag und Direktkosten ermöglicht die konsequente Umsetzung von Maßnahmen zur Feldhygiene eine auf Nachhaltigkeit ausgerichtete Bewirtschaftungsstrategie.

Fruchtfolgekrankheiten, Verungrasung, Problemunkräuter, Resistenzen, aber auch die Kosten der Mechanisierung (einschließlich digital farming) basieren auf strategischen Entscheidungen (z.B. der Fruchtfolge).

Nachhaltigkeit verbessert auch die Belastbarkeit gegenüber Markt- und Umwelteinflüssen und mindert Risiken in der Produktion durch Ertragsstabilität. Fruchtfolge, Art der Bodenbearbeitung, Sortenwahl und Aussaattermin verlangen eine individuelle, standortorientierte und an den jeweiligen Gegebenheiten orientierte Bestandesführung.



Grafik: F. Käufler

7.1 Düngung

Autotrophe Pflanzen benötigen für Wachstum und Ertragsbildung Licht, Wasser, Kohlendioxid, Sauerstoff und Mineralstoffe. Dabei werden von der Pflanze Makronährstoffe wie Stickstoff (N), Phosphor (P), Kalium (K), Schwefel (S), Calcium (Ca) und Magnesium (Mg) in hohen, Mikronährstoffe wie Eisen (Fe), Zink (Zn), Mangan (Mn), Bor (B), Kupfer (Cu), Molybdän (Mo), Chlor (Cl) und Nickel (Ni) in vergleichsweise geringen Mengen benötigt.

Alle Mineralstoffe werden landwirtschaftlich und gartenbaulich genutzten Flächen mit den Ernteprodukten entzogen. Sie können weiterhin durch Auswaschung, Oberflächenabfluss, mit erodiertem Bodenmaterial oder gasförmig in die Atmosphäre verloren gehen. Für die Pflanze verfügbare Nährstoffe werden in natürlichen Ökosystemen durch Verwitterung des Ausgangsgesteins freigesetzt, durch Nährstoffeinträge aus der Luft oder mit Überschwemmungswasser zugeführt oder mit Hilfe von Mikroorganismen fixiert (N₂-Bindung).

7.1.1 Düngung und Ertrag

In landwirtschaftlichen Produktionssystemen werden Mineralstoffe zusätzlich über die Düngung zugeführt. Abbildung 7.1 zeigt, dass auf nährstoffverarmten Böden durch Nährstoffzufuhr mit Hilfe der Düngung Wachstum und Ertrag zunächst stark ansteigen. Mit zunehmender Düngungshöhe vermindert sich der Ertragszuwachs und geht schließlich in ein breites Plateau über. Bei sehr hoher Düngung kann die Ertragsbildung, z.B. durch Mineralstofftoxizität oder Lagerbildung bei Getreide wieder zurückgehen. Dieser Kurvenverlauf spiegelt das Gesetz vom abnehmenden Ertragszuwachs nach Mitscherlich wider.

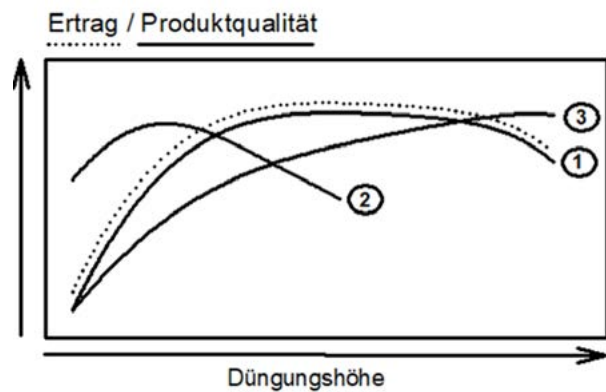


Abb. 7.1: Schematische Darstellung des Einflusses der Düngungshöhe auf den Ertrag (gestrichelte Linie) und die Qualität pflanzlicher Produkte (durchgezogene Linien):
 (1) Ertrags- und Qualitätskurve verlaufen parallel
 (2) die maximale Qualität wird vor dem maximalen Ertrag erreicht
 (3) die maximale Qualität wird nach dem maximalen Ertrag erreicht.
 [nach MARSCHNER, H., 1995]

Die wichtigsten Nährstoffquellen bei der Düngung waren jahrhundertlang tierische Exkremente (Mist, Einstreu, Jauche, Gülle) und Pflanzenreste. Andere organische (z.B. Kompost, Gärrückstände) und anorganische Verbindungen, sowie die gezielte Einführung von N₂-fixierenden Leguminosen in die Fruchtfolge, kamen mit der Zeit hinzu. Die größten Ertragssteigerungen durch Pflanzenernährung wurden, als Folge der Entwicklung der Mineralstofftheorie durch Carl Sprengel und Justus von Liebig in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts, mit der Entwicklung und Einführung synthetischer Düngemittel in der Landwirtschaft erzielt. Dies betrifft insbesondere Makronährstoffdünger. Die Mikronährstoffernährung der Pflanzen erfolgte in der Regel aus dem Bodenvorrat, sowie durch Zufuhr mit

Tabelle 7.1: Mineraldüngeraufwand und durchschnittlicher Kornertrag von Weizen in Deutschland seit 1878 [STATISTISCHES BUNDESAMT (2015) und andere Quellen]

Jahr	Mineraldüngeraufwand (kg ha ⁻¹)			Kornertrag (dt ha ⁻¹)
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
1878/80	1	2	1	12
1900/04	3	9	4	18
1920/24	8	8	23	16
1930/34	13	15	23	20
1950/51	27	24	50	25
1960/61	42	43	74	32
1970/71	83	66	91	40
1980/81	124	67	91	50
1993/94	93	24	37	62
2000/01	108	21	32	76
2010/11	107	17	26	72
2014/15	109	18	27	83

organischen und anorganischen Düngern und auch mit bestimmten Pflanzenschutzmitteln. Im Gegensatz zur Düngung mit Makronährstoffen erfolgt eine gezielte Düngung mit Mikronährstoffen auch heute noch in wesentlich geringerem Umfang.

Insgesamt steht die Einführung moderner Düngemittel in Zusammenhang mit beeindruckenden Ertragssteigerungen im 19./20. Jahrhundert (Tabelle 7.1), ohne die die Ernährung der Weltbevölkerung heute nicht mehr gewährleistet wäre. Allein das Haber-Bosch-Verfahren zur Herstellung von N-Düngern (1913) gewährleistet heute die Ernährung von fast der Hälfte der Weltbevölkerung (ERISMANN et al., 2008).

Im Zuge der Forderung nach einem Recycling von Mineralstoffen werden in Zukunft entsprechende Dünger wieder eine größere Rolle in der Landwirtschaft spielen. Der Einsatz dieser Dünger wird mit besonderen Herausforderungen im Hinblick auf Homogenität, Nährstoffverfügbarkeit und Schadstofffreiheit verbunden sein.

7.1.2 Düngung und Pflanzenqualität

Nachhaltige pflanzliche Produktionssysteme erfordern neben der Berücksichtigung der Ertragsbildung der Kulturpflanzen auch deren äußere, ernährungsphysiologische, sensorische und technische Qualität (Produktqualität) und schließlich die Auswirkungen der Produktion auf die Umwelt (Produktionsqualität). Zwischen diesen drei Größen bestehen häufig komplexe Beziehungen. Wie der Ertrag wird die Qualität pflanzlicher Produkte durch den Standort (Klima, Boden, Immissionen), die Produktionstechnik (Sorte, Bodenbearbeitung, Düngung, Beregnung, Pflanzenschutz, Ernteverfahren) und schließlich durch die Lagerung und Verarbeitung beeinflusst.

Der Einfluss der Düngung auf die Qualität ist wesentlich komplizierter als auf die Ertragsbildung. Abb. 7.1 zeigt, dass die maximale Qualität bei steigender Düngung in einigen Fällen schon vor dem maximalen Ertrag erreicht werden kann (z.B. Zuckergehalt und Melassebildner in Zuckerrüben), in anderen Fällen aber erst nach dem maximalen Ertrag (z.B. Klebergehalt in Backweizen). Im ersteren Fall muss bei der Düngung ggf. auf das Ertragsmaximum verzichtet, im zweiten Fall zur Erreichung der maximalen Qualität über das Ertragsmaximum hinaus gedüngt werden, was wiederum erhebliche Auswirkungen auf die Umwelt haben kann.

Unter welchen Bedingungen bei der Düngung heute die Qualität tatsächlich berücksichtigt wird und welche Herausforderungen sich für die Zukunft ergeben, ist in Tabelle 7.2 zusammengefasst und soll im Folgenden näher erläutert werden.

Tabelle 7.2: Von der Mineralstoffernährung beeinflusste Qualitätskriterien mit Einfluss auf die Düngungspraxis (basierend auf WIESLER, 2012; WIESLER, 2022)

■ Äußere Qualität und Vermarktungsmöglichkeiten
■ Verarbeitungsqualität, die von der abnehmenden Hand bei der Bezahlung berücksichtigt wird
■ Ernährungsphysiologische Qualität von Lebens- und Futtermitteln → im Hinblick auf <i>wertgebende Inhaltstoffe</i> (Mineralstoffe, Proteine, Vitamine, bioaktive Substanzen etc.) → im Hinblick auf Rückstände und Kontaminanten (Nitrat, Schwermetalle, Perchlorat, perfluorierte Chemikalien, dl PCB etc.)
■ Gesundheit der Pflanzen

Äußere Erscheinung als wesentliches Qualitätskriterium bei Obst, Gemüse und Kartoffeln

Eine der wichtigsten Triebfedern für die Berücksichtigung der Qualität bei der Düngung ist die Beeinflussung der äußeren Erscheinung (Beispiele s. Tabelle 7.3) und damit der Vermarktungsmöglichkeiten, insbesondere bei Obst und Gemüse, wo Größe, Größensortierung, Farbe und die Freiheit von Fehlern den Marktwert wesentlich bestimmen. So werden im Gemüsebau gleichmäßige Größensortierungen, dunkelgrüne Blätter und feste weiße Köpfe bei Blumenkohl u.a. durch eine hohe Stickstoffdüngung gefördert. Dies ist einer der Gründe für die in Gemüsebauregionen ausgeprägte N-Überschussituation, mit den bekannten Problemen hoher N-Verluste in die Umwelt.

Die Landwirtschaft ist hier gefordert, durch ein integriertes N-Management die Umweltbelastungen zu reduzieren (Einbeziehung von Maßnahmen wie treffsichere Ermittlung des Düngebedarfs, Wahl geeigneter N-Dünger, Fruchtfolgegestaltung, Management der Ernterückstände). Allerdings sind auch überzogene Forderungen von Handel und Verbrauchern an die äußere Qualität zu hinterfragen (z.B. dunkelgrüne Blätter von Kohlrabi, Pflanzengröße), zumal diese in keiner Beziehung zur ernährungsphysiologischen Qualität stehen.

Komplizierter als bei Gemüse ist der Einfluss der N-Düngung auf die Qualität von Obst, z.B. Äpfeln. Hier fördert Stickstoff zwar das Größenwachstum der Früchte, wirkt sich aber ungünstig auf die Rotfärbung der Schale, die Fruchtfleischfestigkeit und das Auftreten von Stippigkeit aus. Allein die Berücksichtigung mehrerer Qualitätsparameter zwingt im Obst- im Gegensatz zum Gemüsebau zu einer moderaten N-Düngung.

Tabelle 7.3: Beispiele für den Einfluss der Mineralstoffernährung auf die äußere Qualität (basierend auf WIESLER, 2012; WIESLER, 2022)

Parameter	Dominanter Mineralstoff	Bedarf
■ Frucht- / Pflanzengröße und Größenverteilung bei Obst und Gemüse	N	● ● ●
■ Grüne Blattfärbung bei Gemüse	N	● ● ●
■ Rote Fruchtfärbung bei Äpfeln	N	●
■ Fruchtfleischfestigkeit bei Früchten wie Äpfeln	Ca / N	● ● ● / ●
■ Nekrosen und Verbräunungen bei Obst, Gemüse und Zierpflanzen	Ca / B	● ● ● / ● ● ●
■ Knollendehformationen (Kindelbildung, Zwiewuchs) bei Kartoffeln	N	● ●
■ Verfärbungserscheinungen wie Schwarzfleckigkeit, Rohbreiverfärbung, Kochdunklung, Braunfärbung bei Kartoffeln und Kartoffelprodukten	K / N	● ● ● / ●
■ Tausendkorngewicht bei Getreide	Mg / N	● ● / ● ●

- Düngbedarf niedriger als für das Ertragsmaximum,
- ● mittlerer Düngbedarf,
- ● ● Düngbedarf höher als für das Ertragsmaximum

Neben Stickstoff ist im Gemüse- und Obstbau eine ausreichende Calcium-Versorgung zur Vermeidung von Fehlern wie Stippigkeit bei Äpfeln, Blattrand- und Innenblattnekrosen bei Salat und Kopfkohl, Aufplatzen von Früchten wie Kirschen oder Blütenendfäule bei Tomaten eine wichtige Voraussetzung für die Produktion von einwandfreier Ware. Zur Verhinderung von Ca-Mangel ist eine Ca-Bodendüngung (z.B. durch Kalkung) in aller Regel wirkungslos, sie wird vielmehr durch die Vermeidung hoher Konzentrationen mit Calcium konkurrierender Ionen in der Bodenlösung (insbesondere Kalium, Magnesium, Ammonium) und auch durch eine Ca-Blatt- bzw. Fruchtdüngung erreicht. Ähnliche dramatische Auswirkungen auf die äußere Qualität wie Calcium- kann Bor-Mangel haben, der sich z.B. in Herz- und Trockenfäule bei Roter Bete und Sellerie, „Wasserfleckigkeit“ des Gewebes bei Sellerie und Salat, aufgelockerten und verbräunten Köpfen bei Blumenkohl, Stengelrissigkeit bei Kohlrabi und Sellerie oder Hohlraum-bildung bei Blumenkohl und Brokkoli äußert. Im Gegensatz zu Calcium-Mangel ist Bor-Mangel durch Bodendüngung einfach zu vermeiden, wobei allerdings auf den sehr engen Bereich zwischen Bor-Mangel und Bor-Toxizität geachtet werden muss.

Unter den landwirtschaftlichen Kulturen ist der Einfluss der Düngung auf die äußere Erscheinung bei Kartoffeln am ausgeprägtesten. Hier trägt ein gleichmäßiges N-Angebot (Vermeidung von N-Schüben) zur Vermeidung von Knollendehformationen wie Kindelbildung und Zwiewuchs bei. Entscheidend für die Kartoffelqualität ist, dass durch

ein hohes Kalium- und ein moderates Stickstoff-Angebot stark qualitätsmindernden Verfärbungserscheinungen wie Schwarzfleckigkeit, Rohbreiverfärbung, Kochdunklung und der Braunfärbung von Kartoffelfrittierprodukten entgegen-gewirkt wird. Bei anderen landwirtschaftlichen Produkten wie Getreidekörnern ist der Einfluss der Düngung auf die äußere Qualität bei praxisüblichem Düngenniveau eher gering.

Abhängigkeit der Verarbeitungsqualität von der Düngepaxis

Ähnlich wie die äußere Erscheinung von Obst und Gemüse wird die Verarbeitungsqualität (Beispiele s. Tabelle 7.4) einiger landwirtschaftlicher Produkte wie Backweizen und Zuckerrüben maßgeblich durch die Düngung beeinflusst. Bei der Produktion von Backweizen werden aufgrund ihres Einflusses auf das Backvolumen hohe Proteingehalte (Klebergehalte) gefordert und bei der Bezahlung durch den Handel honoriert. Darauf hat sich die Düngungspraxis durch eine höhere N-Düngung als für die Maximierung der Erträge erforderlich wäre eingestellt. Die Maximierung der Proteingehalte ist allerdings mit einer Abnahme der N-Ausnutzung und einem Anstieg der N-Bilanzüberschüsse im Qualitätsweizenanbau verbunden.

In jüngerer Zeit wird die starke Betonung der Proteingehalte für die Backqualität deshalb immer mehr in Frage gestellt. Stattdessen werden die erheblichen Sortenunterschiede in der Backqualität unabhängig vom Proteingehalt

herausgestellt. Es wird gefordert, dass zur Optimierung der Backqualität zukünftig auf die Maximierung der Proteingehalte verzichtet und stärker sortentypische Unterschiede in der Backqualität bei vergleichbarem (niedrigerem) Proteingehalt genutzt werden sollten. Die Umsetzung dieser Forderung scheitert im Moment noch am Fehlen von Schnellmethoden (im Gegensatz zur Ermittlung der Rohproteingehalte mittels NIRS) zur Ermittlung der Backeigenschaften von Sorten.

Im Gegensatz zu Backweizen hatte die Qualitätsbeziehung bei Zuckerrüben eine erhebliche Einschränkung der N-Düngung und eine Verbesserung der Rübenqualität seit den 1980er Jahren zur Folge. Ein moderates N-Angebot führt zwar häufig zu niedrigeren Rübeneträgen, aber gleichzeitig zu einer überproportionalen Erhöhung des Zuckergehalts und einem überproportionalen Rückgang des wichtigsten Melassebildners „schädlicher Stickstoff“. So konnte in umfangreichen Feldversuchen in Niedersachsen gezeigt werden, dass das optimale N-Angebot (N_{\min} -Vorrat im Boden + Düngung) für den maximalen Rübenetrug bei 230 kg N pro Hektar, für den maximalen bereinigten Zuckerertrag aber bei 160 kg N pro Hektar lag (ENGELS, 1993). Neben der Steuerung des N-Angebots konnte unter starken Schwefelmangelbedingungen in Großbritannien die Gehalte an schädlichem Stickstoff durch eine S-Düngung weiter gesenkt werden (THOMAS et al., 2003). In Feldversuchen des Instituts für Zuckerrübenforschung an mehreren Standorten in Deutschland konnte dagegen, vermutlich aufgrund hier allenfalls sehr moderaten S-Mangels, durch S-Düngung kein Effekt auf den Rübenetrug und die Rübenqualität festgestellt werden (HOFFMANN et al., 2004).

Ähnlich wie bei Zuckerrüben bewirken die Qualitätsanforderungen der abnehmenden Hand bei Braugerste und Backroggen eine moderate N-Düngung.

Im Weinbau erlangte eine optimierte N-Düngung in den letzten beiden Jahrzehnten große Aufmerksamkeit, weil sie erheblichen Einfluss auf Gehalt und Zusammensetzung der Aminosäuren im Traubenmost hat und dadurch Gärverhalten und Gärverlauf, sowie die Konzentration an Fruchtaromen beeinflusst.

Von untergeordneter praktischer Bedeutung erwies sich dagegen der moderat negative Einfluss der N-Düngung auf die Ölgehalte, z.B. in Raps oder Sonnenblumen. In vielen N-Steigerungsversuchen stimmte das optimale N-Angebot für den maximalen Biomasseertrag mit dem optimalen N-Angebot für den maximalen Ölertrag nahezu überein. Auf die Fettsäurezusammensetzung, die für die Industrie einen sehr wichtigen Qualitätsparameter darstellt, ist von der Düngung kein direkter Einfluss zu erwarten.

Kaum Berücksichtigung ernährungsphysiologisch wertgebender Inhaltsstoffe bei der Düngung

Trotz erheblicher Einflüsse der Pflanzenernährung auf die ernährungsphysiologische Qualität von pflanzlichen Lebens- und Futtermitteln (Beispiele s. Tabelle 7.5) wird die Beeinflussung wertgebender Inhaltsstoffe in der praktischen Düngung in Deutschland kaum berücksichtigt. In der Humanernährung setzt man viel mehr auf die positiven Effekte einer vielseitigen Ernährung, auf die Anreicherung von Nahrungsmitteln mit essenziellen Mineralstoffen (z.B. jodiertes Speisesalz, mit Calcium angereicherte Fruchtsäfte) bzw. auf Nahrungsergänzungsmittel wie Mineralstoff- oder Vitaminpräparate.

Tabelle 7.4: Beispiele für den Einfluss der Mineralstoffernährung auf die Verarbeitungsqualität (basierend auf WIESLER, 2012; WIESLER, 2022)

Parameter	Dominanter Mineralstoff	Bedarf
■ Gehalt und Qualität des Klebers in Backweizen	N / S	● ● ● / ● ●
■ Gehalt und Qualität von Stärke und Quellstoffen in Backroggen	N	●
■ Proteingehalt und Mälzeignung von Braugerste	N	●
■ Zuckergehalt in Zuckerrüben	N	●
■ „Schädlicher Stickstoff“ in Zuckerrüben	N / S	● / ● ●
■ Ölgehalt in Raps, Sonnenblumen etc.	N	●
■ Gehalt und Zusammensetzung der Aminosäuren in Traubenmost für die Weinbereitung	N	● ●
■ Asche- und N-Gehalt in biogenen Brennstoffen	N, P, K, Mg, Cl	●

- Düngbedarf niedriger als für das Ertragsmaximum,
- ● mittlerer Düngbedarf,
- ● ● Düngbedarf höher als für das Ertragsmaximum

Tabelle 7.5: Beispiele für den Einfluss der Mineralstoffernährung auf die ernährungsphysiologische Qualität von Nahrungs- und Futtermitteln (basierend auf WIESLER, 2012; WIESLER, 2022)

Parameter	Dominanter Mineralstoff	Bedarf
■ Gehalt an essenziellen Mineralstoffen	Mg, Fe, Zn, Se etc.	● ● ●
■ Proteingehalt und Proteinverdaulichkeit	N / S	● ● ●
■ Biologische Wertigkeit von Proteinen	N / S	● / ● ●
■ Gehalt an β -Glucanen in Haferkörnern	N	● ● ●
■ Gehalt an Vitaminen (Provitamin A, B-Vitamine)	N / P	● ● ● / ● ● ●
■ Gehalt an Vitaminen (Vitamin C)	N	●
■ Gehalt an bioaktiven Substanzen wie Glucosinolaten, Carotinoiden	N / S	● ● ● / ● ● ●
■ Gehalt an bioaktiven Substanzen wie Phenole	N	●
■ Gehalt an potenziell toxischen N-Verbindungen (Nitrat, Alkaloide etc.)	N	●
■ Gehalt an reduzierenden Zuckern und Asparagin als Ausgangssubstanzen für Acrylamid in Kartoffelfrittierprodukten und Getreidebackerzeugnissen	K / S / N	● ● ● / ● ● / ●
■ Gehalt an anorganischen Kontaminanten wie Schwermetallen, Perchlorat etc.	s. Text	
■ Gehalt an organischen Kontaminanten wie perfluorierten Chemikalien, dioxinähnlichen PCB etc.	s. Text	

- Düngbedarf niedriger als für das Ertragsmaximum,
- ● mittlerer Düngbedarf,
- ● ● Düngbedarf höher als für das Ertragsmaximum

Noch stärker hat sich in der Ernährung von Hochleistungstieren die Supplementierung der Futtermitteln mit Mineralstoffen, mikrobiell erzeugten Aminosäuren, Vitaminen etc. auf der Basis umfassender Futteruntersuchungen durchgesetzt.

Eine gezielte Beeinflussung von Mineralstoffen, Aminosäuren oder Vitaminen durch agronomische Maßnahmen (z.B. Selendüngung) dürfte auch in Zukunft eher die Ausnahme bleiben. Dessen ungeachtet bleibt im weltweiten Maßstab die Bereitstellung von Nahrungs- und Futtermitteln mit hohen Konzentrationen wertgebender Inhaltsstoffe zur Vermeidung von „verstecktem Hunger“ eine große Herausforderung für die Landwirtschaft.

Kontaminanten und Rückstände als Qualitätsparameter von großer Bedeutung für den Verbraucherschutz

Im Gegensatz zur Erhöhung wertgebender Inhaltsstoffe wird die Vermeidung unerwünschter Stoffe in der Nahrungskette bei der Beurteilung der Pflanzenqualität viel stärker berücksichtigt. Diese können durch Düngung in ihrer Speicherung (z.B. erhöhte Nitratgehalte durch hohe N-Düngung) oder Synthese (z.B. reduzierende Zucker

(K-Mangel) und Asparagin (hohe N-Düngung, S-Mangel) als Vorläufer des bei hohen Prozesstemperaturen in Kartoffelfrittierprodukten und Gebäcken entstehenden Acrylamids) beeinflusst werden oder über Düngemittel direkt in die Nahrungskette eingetragen werden.

So sind wichtige Quellen für Cadmium in der Nahrungskette sowohl Dünge- und Bodenverbesserungsmittel aus organischen Reststoffen (z.B. Klärschlamm, Kompost) als auch alle mineralischen P-Düngemittel, die Cadmium in sehr unterschiedlichen Konzentrationen enthalten können (WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT FÜR DÜNGUNGSFRAGEN, 2015). Im Jahre 2013 riefen Perchloratfunde in vielen Gemüseprodukten, die vermutlich über mit Perchlorat belastete Düngemittel wie Chilesalpeter eingetragen wurden, erhebliche Besorgnis hervor (QS QUALITÄT UND SICHERHEIT GmbH, 2013; LTZ AUGUSTENBERG, 2014).

Mit dem – grundsätzlich begrüßenswerten – Bestreben des Stoffrecyclings u.a. in Form von Dünge- und Futtermitteln steigt auch das Risiko des Eintrags von organischen Schadstoffen in die Nahrungskette. So führten im Jahre 2006 Belastungen mit perfluorierten Chemikalien im Wasser

und in Fischen des Möhnesees zu umfangreichen Untersuchungsaktivitäten und dem Ausschluss vieler mit dieser persistenten Chemikalie belasteten Klärschlämmen aus der landwirtschaftlichen Nutzung.

Im Bestreben einer Risikominimierung hat der Gesetzgeber festgelegt, dass die bodenbezogene landwirtschaftliche Verwertung von Klärschlamm in Deutschland stark eingeschränkt werden soll (Bundesgesetzblatt, 2017). Es ist unschwer vorherzusagen, dass bei vergleichbaren Maßstäben immer mehr Düngemittel in den Blickpunkt des Spannungsfeldes zwischen angestrebter Ressourcenschonung durch Nährstoffrecycling und Verbraucherschutz gelangen werden.

7.1.3 Düngung und Pflanzengesundheit

Sowohl das Pflanzenschutzgesetz als auch der Aktionsplan der Bundesregierung zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln aus dem Jahre 2013 fordern von der Pflanzenproduktion die Einhaltung der allgemeinen Grundsätze des integrierten Pflanzenschutzes (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT, 2017). Dabei soll unter vorrangiger Berücksichtigung biologischer, biotechnischer und pflanzenzüchterischer Verfahren sowie anbau- und kulturtechnischer Maßnahmen die Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel auf das notwendige Maß beschränkt werden. Im Instrumentarium der Feldhygiene gibt es eine ganze Reihe indirekter Maßnahmen, um die Schadenswahrscheinlichkeit herabzusetzen, wie die Standortwahl, die Bodenpflege, die Saatzeit und die Saattechnik, der Anbau resistenter Sorten, die Fruchtfolge und die Düngung.

Pflanzenernährung und pilzliche Schaderreger

Die Pflanzenernährung kann die Anfälligkeit gegenüber pilzlichen Schaderregern über eine Modifikation von Pflanzeigenschaften beeinflussen, die unabhängig von

Krankheitserregern ausgebildet werden. Dazu gehören zum Beispiel die Dicke der Cuticula, die Integrität der Biomembranen, die Stärke und Lignifizierung der Zellwände oder die Konzentration verschiedener Pflanzeninhaltsstoffe, die in Beziehung zu den Nährstoffansprüchen des Pathogens stehen.

Zusätzlich spielen Abwehrreaktionen eine große Rolle, die durch den Befall mit dem Pathogen ausgelöst werden, z.B. Hypersensitivität, Bildung von antimikrobiell wirkenden Verbindungen in der Pflanze (Phytoalexine) oder der Abbau bzw. die Inaktivierung von für den Krankheitserreger essenziellen Stoffen.

Einige Beispiele für Faktoren mit Einfluss auf die Anfälligkeit von Pflanzen gegen pilzliche Schaderreger und deren Abhängigkeit von der Mineralstoffernährung sind in Tabelle 7.6 aufgeführt. So wird die Widerstandsfähigkeit gegen das Eindringen von Pilzhyphen durch **physikalische Barrieren**, insbesondere die Lignifizierung der Zellwände und durch Siliziumeinlagerungen gefördert. Die Biosynthese von Lignin erfordert eine ausreichende Kupfer-, Bor- und Manganversorgung. Der Siliziumgehalt in den Zellwänden kann durch Kieselsäuredüngung erhöht werden.

Unter den Pflanzeninhaltsstoffen, die den Krankheitserregern als Nahrungsquelle dienen, spielen **Zucker und freie Aminosäuren** eine große Rolle. Deren Konzentration in den Zellen und den die Zellen umgebenden Raum (Apoplast) wird durch ein moderates Stickstoffangebot (weitgehende Nutzung der Aminosäuren für die Proteinbiosynthese) und eine ausreichende Kaliumernährung (ungestörte Biosynthese von Proteinen) vermindert. Dabei ist jedoch zu beachten, dass Kalium sich ausschließlich positiv auswirkt, wenn Mangel behoben wird. Zusätzliches K-Angebot hat keinen zusätzlichen positiven Effekt, sondern kann z.B. Calciummangel induzieren, mit entsprechend negativen Effekten auf Abwehrreaktionen von Pflanzen (s.u.).



Abb. 7.2: Mehltau in Zuckerrübe
(Foto: B. Augustin)

Ebenfalls wichtig ist eine ausreichende Mikronährstoffversorgung, insbesondere von Mangan (Mangel erhöht die Konzentration an löslichen N-Verbindungen) und Zink (Mangel erhöht die Konzentration an Zuckern und wirkt sich hemmend auf die Proteinbiosynthese aus). Durch niedrige Gehalte an Zuckern und freien Aminosäuren vermindert sich die Anfälligkeit gegenüber obligaten Parasiten wie Rosten oder Mehltau (diese sind auf das Assimilatangebot lebender Zellen angewiesen).

Dagegen wirkt sich ein knappes Stickstoffangebot eher fördernd auf die Krankheitsanfälligkeit gegenüber fakultativen pilzlichen Erregern (diese sind semisaprophytisch und bevorzugen seneszenten Gewebe) wie *Alternaria* oder *Fusarium oxysporum* aus. **Phenolische Verbindungen**, die als Phytoalexine und als Vorstufe für Lignine wirken, werden durch einen guten Bor-, Kupfer-, Mangan- und Silizium-Ernährungsstatus gefördert. Dagegen verringert ein hohes Stickstoffangebot eher die Konzentration dieser Stoffklasse in den Pflanzen. Eine ähnliche hemmende Wirkung auf Krankheitserreger können Alkaloide und Senföle (werden durch Schwefel gefördert) haben.

Zusätzlich zu den bisher genannten Faktoren, die unabhängig vom Erreger ausgebildet werden, gibt es eine Vielzahl von **Abwehrreaktionen** von Pflanzen, die sich gegen den Parasiten oder dessen Stoffwechselprodukte richten. So werden durch Pilze abgegebene Enzyme, die Pektine auflösen, durch Calcium gehemmt. Calcium spielt ebenfalls als Botenstoff eine wichtige Rolle im Krankheitsgeschehen bzw. bei der Entwicklung von Abwehrreaktionen.

Tabelle 7.6: Einflussfaktoren auf die Anfälligkeit von Pflanzen gegen pilzliche Schaderreger in Abhängigkeit von der Mineralstoffernährung (basierend auf HUBER et al., 2012; WIESLER, 2022)

Faktor	Beeinflussung
■ Bildung physikalischer Barrieren	Grad der Lignifizierung der Zellwand (B, Cu, Mn), Siliziumeinlagerungen
■ Konzentration an Zuckern und freien Aminosäuren in den Zellen bzw. im Apoplasten	Verminderung durch moderaten N- und guten K-, Mn- und Zn-Ernährungsstatus
■ Konzentration phenolischer Verbindungen	Erhöhung durch guten B-, Cu-, Mn- und Si-Ernährungsstatus und moderaten N-Ernährungsstatus
■ Abgabe pektolytischer Enzyme durch den Pilz	Teilweise Inaktivierung durch Ca
■ Aktivität von sekundären Messengern	Ca
■ Direkte toxische Effekte auf die Pilze	Cu, S, H ₃ PO ₃ (Phosphonsäure)

Nicht zuletzt können Mineralstoffe bzw. deren Verbindungen aufgrund ihrer fungiziden Wirkungen direkt gegen pilzliche Schaderreger eingesetzt werden (z.B. Kupfer, Schwefel, Mangan).

Pflanzenernährung und tierische Schaderreger

Bei den tierischen Schaderregern, die durch die Mineralstoffernährung beeinflusst werden, kann zwischen saugenden und beißenden Insekten unterschieden werden. Saugende Parasiten werden durch hohe Konzentrationen an freien Aminosäuren gefördert, d.h. wie bei vielen pilzlichen Schaderregern insbesondere durch ein hohes Stickstoffangebot bzw. Kalium- oder Zink-Mangel. Beißende Insekten werden durch hohe Konzentrationen an Phenolen und Flavonoiden etc. gehemmt, was ein ausreichendes Bor-Angebot erfordert. Sowohl saugende als beißende Insekten werden durch Silizium gehemmt, da Silizium eine mechanische Barriere in den epidermalen Zellwänden bildet.

Ermittlung des Mineralstoffversorgungsstatus erforderlich

Die genannten Effekte der Pflanzenernährung auf die Pflanzengesundheit erfordern nicht zwingend eine Düngung mit den betreffenden Mineralstoffen. Mit Hilfe einer Pflanzenanalyse kann der Ernährungsstatus der Pflanzen ermittelt werden. Bei suboptimaler Versorgung sollten, insbesondere bei den Mikronährstoffen, zunächst alle acker- und pflanzenbaulichen Maßnahmen in Betracht gezogen werden, die die Mikronährstoffverfügbarkeit im Boden verbessern können. Das sind vor allem der pH-Wert (beeinflussbar u.a. durch die verwendete Stickstoffform, Kalkung), die Bodenfeuchtigkeit (Beregnung, Humusgehalt), die Zufuhr leicht zersetzbarer organischer Substanz (organische Düngung, Gründüngung) oder die Bodenbearbeitung (Bodenlockerung bzw. Bodenverdichtung).

Sind acker- oder pflanzenbauliche Maßnahmen nicht möglich oder wirkungslos, kann die Versorgung mit den meisten Mikronährstoffen sowohl durch eine Boden- als auch durch eine Blattdüngung verbessert werden. Zu niedrige Calciumgehalte werden in aller Regel durch induzierten Mangel (z.B. durch zu hohe Kaliumgehalte im Boden) hervorgerufen. Induzierter Mangel kann nicht durch eine Bodendüngung, sondern allenfalls durch eine Blattdüngung behoben werden.

7.1.4 Düngung und Umwelt

Ungeachtet der erzielten großen Erfolge im Hinblick auf Produktivitätssteigerungen der Landwirtschaft steht die Düngung in den industrialisierten Ländern seit den 1970er Jahren aufgrund von Nährstoffüberschüssen und dadurch verursachten Umweltwirkungen zunehmend in der Kritik von Umweltwissenschaften, Umweltpolitik, Umweltbehörden und Nichtregierungsorganisationen (WIESLER, 1998; SUTTON et al., 2011; UMWELTBUNDESAMT, 2014). In der Presse und der Öffentlichkeit werden positive Aspekte der Düngung heute weit weniger wahrgenommen als ungünstige Umwelteffekte (z.B. BADISCHE ZEITUNG, 2017, SÜDDEUTSCHE ZEITUNG, 2014).

Nährstoffüberschüsse können zu einer Nährstoffakkumulation im Boden, Verschwendung von knappen Ressourcen (P), Nährstoffeinträgen in das Grundwasser (Nitrat), Fließgewässer, Seen, Küstengewässer und Meere (Nitrat, Phosphat) sowie Belastung der Atmosphäre (Ammoniak, Lachgas) führen. In Zusammenhang mit diesen Nährstoffüberschüssen verfehlt Deutschland verschiedene Umweltziele, wie sie in der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung, der EU-Nitrat-Richtlinie, der EU-Wasser-Rahmenrichtlinie, der EU-NEC-Richtlinie und der EU-Meresstrategie-Richtlinie formuliert sind.

Besonders problematisch im Hinblick auf hohe Stickstoffbilanzüberschüsse sind Betriebe und Regionen mit intensiver Tierhaltung ohne ausreichende Flächenausstattung, intensive Tierhaltung in Kombination mit Biogasproduktion, ein hoher Qualitätsweizen- oder Rapsanteil in der Fruchtfolge und ein hoher Gemüseanteil in der Fruchtfolge.

Die Landwirtschaft ist hier gefordert, durch ein integriertes Nährstoffmanagement die Umweltbelastungen zu reduzieren (WIESLER et al., 2008; ARMBRUSTER et al., 2014).

Wichtige Bausteine für ein integriertes Stickstoffmanagement zur Reduzierung von N-Austrägen im Gemüsebau sind beispielsweise

- die treffsichere Ermittlung des Düngerbedarfs mit etablierten (N_{min} , N-Expert) bzw. alternativen Verfahren (z.B. SPAD-Chlorophyllmetermessungen, berührungslose Lichtreflexionsmessungen),
- die Gestaltung der Fruchtfolge, z.B. durch Wechsel von Flach- und Tiefwurzlern, Kulturen mit kurzer und langer Vegetationszeit, Kulturen mit hohen und niedrigen N-Mengen in den Ernterückständen, Integration von landwirtschaftlichen Kulturen in gemüsebauliche Fruchtfolgen und
- das Management der Ernterückstände, z.B. Abfuhr von Zwischenfruchtbiomasse und deren Nutzung in Biogasanlagen (Bioenergie-/Gemüsefruchtfolgen).

7.1.5 Fazit

Nachhaltige landwirtschaftliche Produktionssysteme sollten Ertrag und Qualität der Ernteprodukte, die Pflanzengesundheit sowie den Schutz der Umwelt gleichermaßen berücksichtigen. Die Ausführungen zeigen, dass die Ertragserwartung und die Anforderungen an die **äußere Erscheinung und die Verarbeitungsqualität** pflanzlicher Produkte einen wesentlichen Einfluss auf die Düngepraxis in der Pflanzenproduktion haben.

Durch Entwicklung integrierter Nährstoffmanagementsysteme und Schnellmethoden zur Qualitätsbeurteilung von Sorten können zukünftig hohe Nährstoffbilanzüberschüsse und damit verbundene unbefriedigende Produktionsqualitäten vermieden werden. Dessen ungeachtet sollten auch Handel und Verbraucher von überzogenen Qualitätsanfor-

derungen Abstand nehmen und so zu einer umweltverträglichen Pflanzenproduktion beitragen.

Im Hinblick auf die **ernährungsphysiologische Qualität** werden Human- und Tierernährung vermutlich auch in Zukunft alle Möglichkeiten einer bedarfsgerechten Ernährung nutzen. Dazu gehört die Nutzung der Vielseitigkeit unserer Nahrungsmittel sowie die Anreicherung bzw. Ergänzung der Nahrungs- und Futtermittel mit essenziellen Nährstoffen. Die Erhöhung der Gehalte mit wertgebenden Inhaltsstoffen durch die Düngung wird nur eine unter vielen möglichen Maßnahmen bleiben. Die Vermeidung düngungsbedingter unerwünschter Stoffe in der Nahrungskette wird mit zunehmendem Einfluss des Verbraucherschutzes in Zukunft eher noch an Bedeutung gewinnen.

Die **Pflanzengesundheit** wird durch Umweltfaktoren, das Vorkommen und die Virulenz von Schaderregern und die Widerstandsfähigkeit der Pflanzen beeinflusst. Alle drei Größen stehen in Wechselwirkung zueinander und werden u.a. durch die Pflanzenernährung beeinflusst. Unter den Makronährstoffen ist in Zusammenhang mit der Pflanzengesundheit insbesondere auf eine ausreichende Versorgung mit Kalium, Calcium und Schwefel zu achten, während ein hohes Stickstoffangebot die Krankheitsanfälligkeit eher erhöht.

Von großer Bedeutung für die Widerstandsfähigkeit gegen pilzliche und tierische Schaderreger ist eine ausreichende Versorgung mit den Mikronährstoffen Bor, Mangan, Zink und Kupfer. Ähnliches gilt für die Versorgung mit Silizium. Dieses Element ist für die Pflanze nicht essenziell, übt aber verschiedene positive Effekte aus. Neben direkten beeinflussen auch indirekte Effekte der Pflanzenernährung (z.B. auf das Kleinklima oder die Lichtinterzeption) das Auftreten von Krankheiten in Pflanzenbeständen. Insgesamt ist eine ausgewogene Nährstoffversorgung ein wichtiges Element des integrierten Pflanzenschutzes. Sie wird künftig noch an Bedeutung gewinnen, da sich immer größere Engpässe bei der Bereitstellung wirksamer Pflanzenschutzmittel abzeichnen und deren Anwendung zunehmend kritisch bewertet wird.

Um durch die Düngung verursachte **Umweltbelastungen** wie Nitratauswaschung sowie Ammoniak- und Lachgasemissionen zu vermindern, müssen Nährstoffbilanzüberschüsse in der Landwirtschaft abgebaut werden. Ein Schlüssel dafür ist die Entwicklung integrierter Nährstoffmanagementsysteme.

Weitere Informationen zur Bestandesführung: Tiefer gehende, wissenswerte Details zur Bestandesführung sind in den Ratgebern „Getreide-Guide“ und „SPEZIAL Raps“ (beide top agrar) enthalten.



Sie finden Zusatzinformationen zur Bestandesführung unter diesem Link: dort unter „Kapitel 7.1“: Tiefer gehende, wissenswerte Details zur Bestandesführung sind in den Ratgebern „Getreide-Guide“ und „SPEZIAL Raps“ (beide top agrar) enthalten. Beispiele finden Sie in den angegebenen Links:

<https://www.praxis-agrar.de/feldhygiene>

Literatur

- ARMBRUSTER, M.; HEGER, A.; LAUN, N.; WIESLER, F. (2014):** Integriertes Stickstoff-Managementsystem als Maßnahme zur Verbesserung der N-Effizienz in der Pflanzenproduktion – dargestellt am Beispiel Gemüsebau. VDLUFA-Schriftenreihe Bd. 69/2014, 182-191.
- BADISCHE ZEITUNG (2017):** Das Trauerspiel ums Düngen (Ausgabe 17.02.2017: 78
- BUNDESGESETZBLATT (2017):** Verordnung über die Verwertung von Klärschlamm, Klärschlammgemisch und Klärschlammkompost (Klärschlammverordnung – AbfKlärV) v. 27.09.2017, zuletzt geändert durch Art. 137 V v. 19.6.2020, BGBl I 1328
- BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT (2017):** Nationaler Aktionsplan zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln.
- DIERKS, R. /HEITEFUSS, R. (HRSG.) (1994)** Integrierter Landbau. Zweite, überarbeitete und erweiterte Auflage: Systeme umweltbewusster Pflanzenproduktion, Grundlagen – Praxiserfahrungen – Entwicklungen, Seite 157 und 213, Verlagsunion Agrar, München Wien Zürich.
- ENGELS, T. (1993):** Nitratauwaschung aus Getreide- und Zuckerrubenflächen bei unterschiedlichem N-Angebot. Dissertation, Universität Hannover.
- ERISMAN, J.W.; SUTTON, M.A.; GALLOWAY, J.; KLIMONT, Z., WINIWARTNER, W. (2008):** How a century of ammonia synthesis changed the world. Nature Geoscience 1, 636-639.
- HOFFMANN, CH.; STOCKFISCH, N.; KOCH H.-J. (2004):** Influence of sulfur supply on yield and quality of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) – determination of a threshold value. Eur. J. Agronomy 21, 69 – 80.
- HUBER, D.; RÖMHELD, V.; WEINMANN, M. (2012):** Relationship between Nutrition, Plant Diseases and Pests. In: Marschner, P. (ed.) Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants, pp. 283 - 298, Elsevier, Amsterdam.
- LTZ AUGUSTENBERG (2014):** Fundaufklärung Perchlorat. Abschlussbericht.
- MARSCHNER, H. (1995):** Mineral Nutrition of Higher Plants, Academic Press, London
- QS QUALITÄT UND SICHERHEIT GMBH (2013):** Beispiel Perchlorat – Zeitschiene (2013). In: Risikominimierung
- durch stufenübergreifende Qualitätssicherung, Präsentation zum Bayerischen Industriegemüsestag; online unter: <https://www.lwg.bayern.de/mam/cms06/gartenbau/dateien/2014-g3-2a.pdf>
- SÜDDEUTSCHE ZEITUNG: (2014):** Die Erde erstickt (Ausgabe 01.03.2014).
- SUTTON, M.A.; HOWARD, C.M.; ERISMAN, J.W.; BILLEN, G.; BLEEKER, A. (Herausgeber) (2011):** The European Nitrogen Assessment. Cambridge University Press, 664 Seiten.
- THOMAS, S.G.; HOCKING, T.J.; BILSBORROW, P.E.(2003):** Effect of sulfur fertilisation on the growth and metabolism of sugar beet grown on soils of differing sulfur status. Field Crops. Res. 83, 223 – 235.
- UMWELTBUNDESAMT (2014):** Reaktiver Stickstoff in Deutschland.
- UMWELTBUNDESAMT (2015):** Umweltbelastende Stoffeinträge aus der Landwirtschaft - Möglichkeiten und Maßnahmen zu ihrer Minderung in der konventionellen Landwirtschaft und im ökologischen Landbau.
- WIESLER, F. (1998):** Comparative Assessment of the Efficacy of Various Nitrogen Fertilizers. In: Rengel, Z. (ed.) Nutrient Use in Crop Production, pp. 81-114, Food Products Press, New York.
- WIESLER, F.; LAUN, N.; ARMBRUSTER, M.: (2008):** Integriertes Stickstoffmanagement – eine Strategie zur wirksamen Verringerung der Gewässerbelastung im Gemüsebau: Agrarspectrum 41, 95 - 108.
- WIESLER, F. (2012):** Nutrition and Quality. In: Marschner, P. (ed.) Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants, pp. 271 - 282, Elsevier, Amsterdam.
- WIESLER, F. (2022):** Materialien zu den Vorlesungen „Plant Quality“ (Universität Hohenheim); Pflanzenernährung und Düngung (TH Bingen) sowie „Unerwünschte Stoffe in der Nahrungskette (TH Bingen).
- WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT FÜR DÜNGUNGSFRAGEN BEIM BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT (2015):** Anwendung von organischen Düngern und organischen Reststoffen in der Landwirtschaft. https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Ministerium/Beiraete/duengung/OrgDuengung.html

7.2. Pflanzenschutz

7.2.1 Kontrolle von Pilzkrankheiten

Das Auftreten von Pilzkrankheiten ist je nach Erreger abhängig von:

- Wetter
- Fruchtfolge
- Bodenbearbeitung
- Sorte
- Saatzeit
- Pflanzenernährung und Düngung

Die Faktoren Fruchtfolge, Bodenbearbeitung, Sorte, Saatzeit, Pflanzenernährung und Düngung sind vom Anbauer beeinflussbar, das Wetter nicht!

Falls bei Pilzbefall ein Fungizideinsatz wirtschaftlich geboten ist, sollte dieser infektionsbezogen erfolgen, d.h. zeitlich orientiert an den witterungsbedingten Infektionswahrscheinlichkeiten.

Besonders die Krankheit Septoria-Blattdürre ist diesbezüglich sehr gut erforscht. Anhand eines Infektionsereignisses (mindestens 3 mm Niederschlag und je nach Sorte 24-48 Stunden Blattnässedauer) kann die Fungizidmaßnahme sehr gut terminiert werden. Der Fungizideinsatz kann vorbeugend (protektiv), also vor der Infektion, oder heilend (kurativ), nach einem Infektionsereignis durchgeführt werden. Für den vorbeugenden Einsatz besteht die Möglichkeit, ein resistenzungefährdetes Produkt einzusetzen. Infektionen können durch den Landwirt („Gummistiefeltest“ = Regenereignis, dann 24 bis 36 Stunden später durch den Bestand gehen, um evtl. Blatfeuchte zu erfassen) oder anhand von Prognosemodellen festgestellt werden.

Prognosemodelle (z.B. proPlant expert.classic, www.proplant.de) informieren über die Infektionsbedingungen von Pilzkrankheiten und optimieren Mittelwahl und Anwendungstermin. Pflanzenschutz-Beratungssysteme

(wie z.B. proPlant expert.classic) werten auch diese Informationen für Landwirte und Berater aus. Reduzierte Aufwandmengen zum optimalen Zeitpunkt eingesetzt, erreichen oftmals einen höheren Wirkungsgrad als 100 % (= volle zugelassene Aufwandmenge) zu einem falschen Zeitpunkt.

Nicht alle Pilzkrankheiten benötigen Niederschläge für ihre Verbreitung, beispielsweise reichen für Braun- und Gelbrost Tauphasen bei höheren Nachttemperaturen aus. Nicht jede Krankheit kann ausschließlich durch Fungizide bekämpft werden. Fusariosen im Weizen gehören beispielsweise dazu. Der größte Einfluss erfolgt über ackerbauliche Maßnahmen, wie Fruchtfolge, Sorte und Bodenbearbeitung. Die Fungizide leisten nur einen geringen Teil in der Bekämpfungsstrategie (s. 7.2.1.1).

Wegen des speziellen Infektionspfades muss über einen Fungizideinsatz gegen Fusariosen in der Blüte des Weizens entschieden werden, bevor ein sichtbarer Befall auftritt. Falls das Wetter während der Blüte für den Erreger ungünstig sein sollte, kann auf diese Maßnahme verzichtet werden. Andernfalls (Niederschläge, hohe Temperaturen, gewittrig) müssen zusätzliche, risikobasierte Faktoren bewertet werden (z.B. Vorfrucht: Mais, nicht-wendende Bodenbearbeitung nach Mais, Fusarium-Anfälligkeit der Sorte).

Die Handhabung eradikativer Fungizide ist vergleichsweise einfach, weil ein bereits vorhandener Pilzbefall sicher kontrolliert wird. Im Weizen ist dies nur bei Mehltau der Fall.

Der infektionsbezogene/prognosegestützte Fungizideinsatz hat sich auch in den Blattfrüchten bewährt. Bei der in Deutschland wichtigsten Zuckerrüben-Pilzkrankheit *Cercospora* kommt es besonders in engen Fruchtfolgen (Zuckerrüben alle 3 Jahre) und anfälligen Sorten zu einem vergleichsweise früheren Befall. Auch hier sollten Fungizide heilend (kurativ) nach infektionsförderndem Wetter (Niederschläge bei hohen Temperaturen) eingesetzt werden.



Abb. 7.3: *Cercospora*-Starkbefall mit Austrieb neuer Blätter. Bei starkem *Cercospora*-Befall kommt es zum Absterben des kompletten Blattapparates und nachfolgend zum Neuaustrieb. (Foto: M. Lenz)



Abb. 7.3 a: Befallsbild Cercospora - Detail (Foto: M. Lenz)

Es gibt bekanntermaßen große Sortenunterschiede, was die Anfälligkeit gegenüber Pilzkrankheiten betrifft. Viele Landwirte betreiben daher Risikostreuung, indem sie mehrere Sorten anbauen. Der Fungizideinsatz muss grundsätzlich sortenspezifisch erfolgen, z.B.:

- mehrmaliger Fungizideinsatz gegen Pilzkrankheiten im Weizen (Gelbrost, Mehltau, Septoria) in einer anfälligen Sorte bei entsprechendem Infektionswetter
- eingesparter Fungizideinsatz in einer gering anfälligen Sorte

Von allen Faktoren hat das Wetter die größte Bedeutung für die Wirtschaftlichkeit von Fungizidmaßnahmen. Bei der Krautfäule der Kartoffel wird dies besonders deutlich: In einem Jahr mit überwiegend trockenem, heißem Wetter spielt diese Pilzkrankheit nahezu keine Rolle und der Landwirt kann Fungizide und damit Geld einsparen. Dagegen

muss er in einem Jahr mit ständigen Niederschlägen und moderaten Temperaturen alle 7-10 Tage Fungizide einsetzen. Eine Beregnung der Kartoffel steigert den Bedarf an Fungizidanwendungen ebenfalls.

Der Klimawandel hat je nach Erreger fördernde oder hemmende Auswirkungen. Beispielsweise profitieren Gelbrost und Septoria im Weizen von milderen Wintern, weil dadurch bis zum beginnenden Frühjahr mehr Generationen (und damit Infektionsmaterial) gebildet werden können als in der Vergangenheit.

Mit in Kraft treten der Verordnung über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln - VO (EG) Nr.1107/2009 und der damit verbundenen Änderung in der Wirkstoffgenehmigung, was Auswirkungen auf das gesamte Zulassungsverfahren hat, sind innerhalb kürzester Zeit Wirkstoffe weggefallen. Die Verfügbarkeit wirkungssicherer Wirkstoffe ist in den letzten Jahren somit geringer geworden, zum einen durch zunehmende Resistenzen und zum anderen durch Verschärfung der Zulassungsbedingungen. Daher hat die optimale Terminierung der verbliebenen Produkte noch mehr an Bedeutung gewonnen.

7.2.1.1 Beispiel: Fusarium

Die partielle Weißährrigkeit im Weizen wurde 1884 von W.G. Smith in England zum ersten Mal beschrieben. Prinzipiell können mehr als 19 verschiedene Fusarienspezies Getreideähren besiedeln. Seit den neunziger Jahren werden *Fusarium culmorum* und vor allem *Fusarium graminearum* als Hauptverursacher der partiellen Weißährrigkeit angesehen (Abb. 7.5 und 7.6).

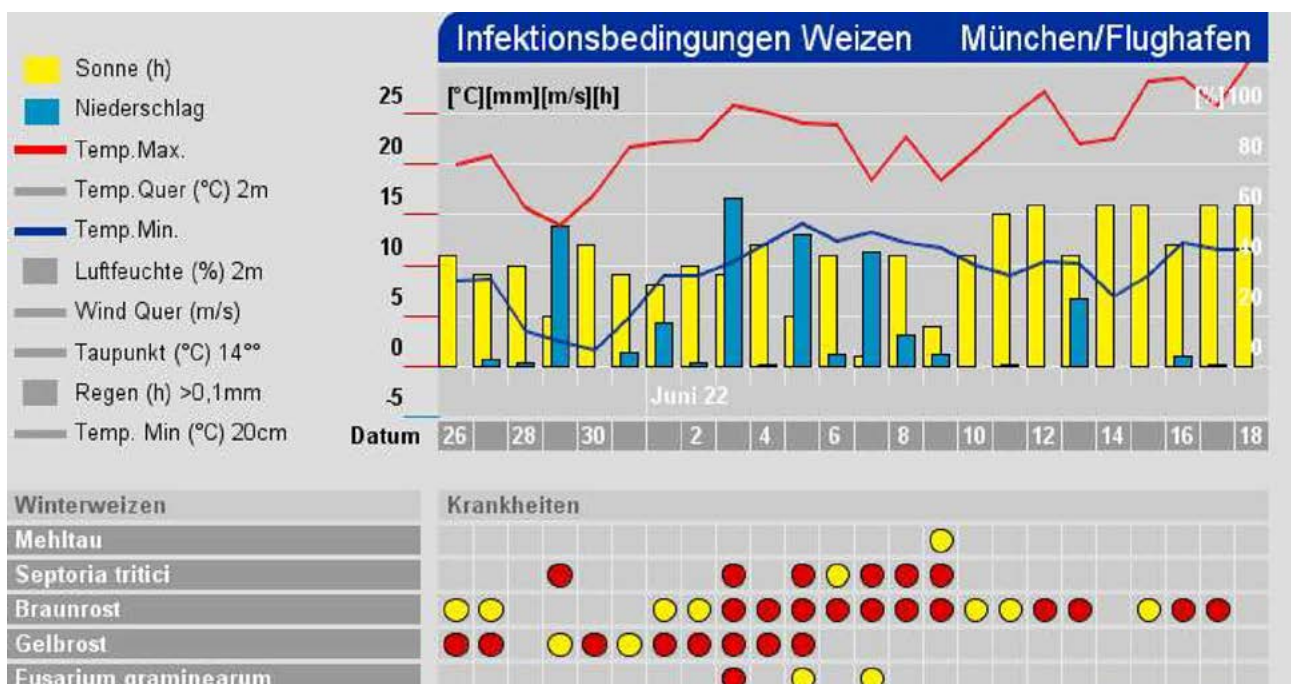


Abb. 7.4: Prognose von Weizenkrankheiten (Quelle: ProPlant) (rote Punkte: optimales Infektionswetter/Infektionsrisiko, gelbe Punkte: schwaches Infektionswetter/Infektionsrisiko)



Abb. 7.5 a/b: Partielle Weißährigkeit im Winterweizen zum Stadium der Milchreife (Foto: R. Gödecke)



Abb. 7.6: Vollinfektion Winterweizensorte Rosa; Sporenlager der Ährenfusarien zur Ernte (Foto: R. Gödecke)

Fusariosen reduzieren nicht nur den Ertrag (partiell taube Ähren), sondern mindern auch die Qualität des Erntegutes durch Produktion verschiedener warmblütertoxischer Toxine, sogenannter Mykotoxine¹⁰. Seit 2006 gelten in der EU sehr niedrige Grenzwerte für Mykotoxine wie Deoxynivalenol (DON) oder Zearalenon (ZEA) für Rohgetreide und deren Verarbeitungsprodukte. Belastete Partien mit überschrittenen Grenzwerten sind weder für die menschliche noch für die tierische Ernährung verwertbar (Tabelle 7.7).

Tabelle 7.7: Höchstgehalte für Fusarientoxine; Auszug aus der EU-Verordnung 1881/2006

Erzeugnis	DON (µg/kg)	ZEA (µg/kg)
Unverarbeitetes Getreide (außer Hartweizen, Hafer und Mais)	1.250	100
Unverarbeiteter Hartweizen und Hafer	1.750	100
Unverarbeiteter Mais	1.750	350
Zum unmittelbaren menschlichen Verzehr bestimmtes Getreide, Getreidemehl	750	75
Getreidebeikost und andere Beikost für Säuglinge und Kleinkinder	200	20

Höchstgehalte für Fusarientoxine in Getreide und Getreideprodukten zur Verwendung als Lebensmittel nach EU-Verordnung 1881/2006 ¹¹

¹⁰ Miller, J.D., 2008: Mycotoxins in small grains and maize: Old problems, new challenges. *Food Additives and Contaminants* 25, 219-230.

¹¹ VERORDNUNG (EG) Nr. 1881/2006 DER KOMMISSION vom 19. Dezember 2006 zur Festsetzung der Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln

Um effektive Maßnahmen gegen Fusariosen identifizieren zu können, ist ein Blick in die Biologie dieser Pilze erforderlich:

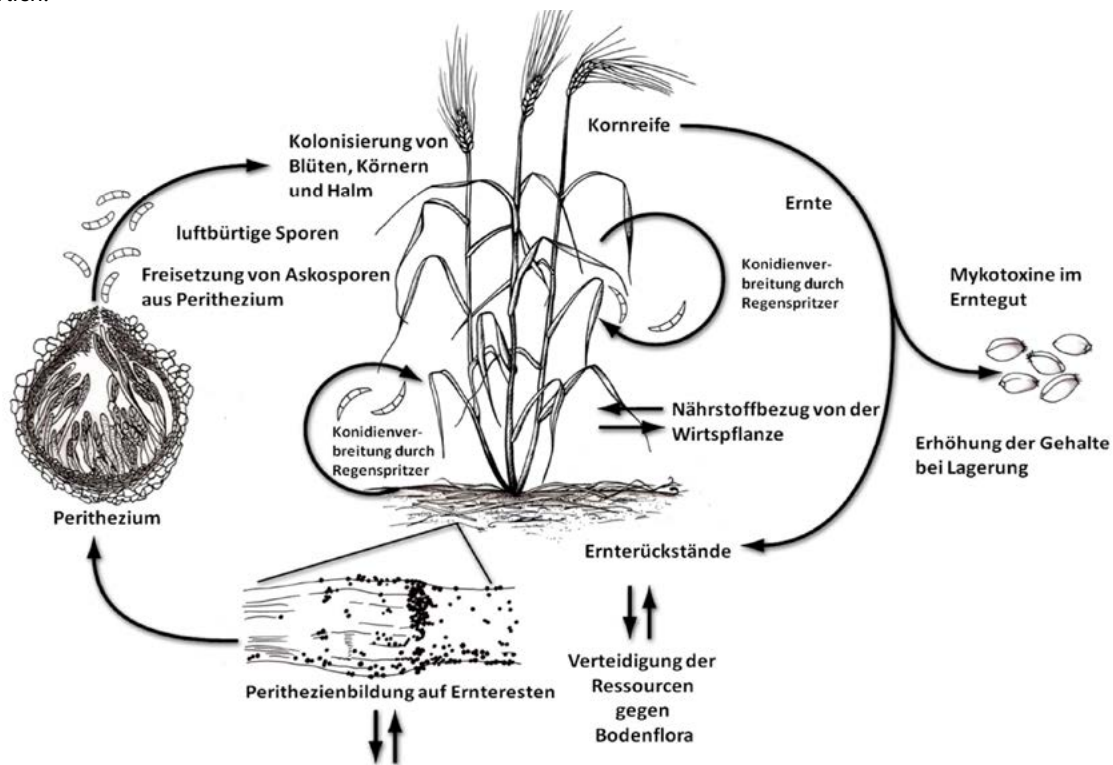


Abb. 7.7: Entwicklungskreislauf von *Fusarium graminearum* (Quelle: M. Tillmann, 2013, nach Trail, 2009, verändert)

Als typischer DON-Produzent bildet *Fusarium graminearum* auf den Resten der Vorfrüchte schwarze, kugelige Überdauerungsformen, die sogenannten Perithezien. Diese entlassen bei einer entsprechend günstigen Wetterlage flugfähige Ascosporen, welche dann in der Folgefrucht Winterweizen in die blühenden Ährchen geschleudert werden. Der Pilzbefall führt zu einer Anreicherung von Mykotoxinen in den Kornanlagen unterhalb der Infektionsstelle. Die Ährchen oberhalb der Primärinfektion werden vom Nährstoffstrom abgetrennt. Es entsteht die typische partielle Weißährigkeit (Abb. 7.5).

Bereits seit den zwanziger Jahren des letzten Jahrhunderts wurden ackerbauliche Anbaufaktoren identifiziert, die das Auftreten der partiellen Weißährigkeit beeinflussen:

■ Fruchtfolge bzw. Vorfrucht

Im Jahr 2007 kam es witterungsbedingt in Teilen Deutschlands zu einem ungewöhnlich starken Auftreten von *Fusarium graminearum*. Untersuchungen der Universität Göttingen (FAEN, 2007-2013, FAEN Verbundprojekt Nachhaltige Produktion tierischer Nahrungsmittel in Hochverdichtungsräumen der Nutztierhaltung in Niedersachsen des Forschungsverbunds Agrar- und Ernährungswissenschaften Niedersachsen) ergaben, dass bei nicht wendender Bodenbearbeitung nach Vorfrucht Winterweizen und Zuckerrübe die Mykotoxinbelastung des Weizens um mehr als 80% niedriger lag im Vergleich zur Vorfrucht Mais. Maisstoppeln sind daher ein sehr günstiges Substrat für Fusariosen, insbesondere *F. graminearum*. Die Ausdehnung des Maisanbaus im Zuge des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) in

der letzten Dekade, insbesondere in Grenzlagen, in denen er zuvor kaum zu finden war, erhöht die Wahrscheinlichkeit möglicher Infektionen.

■ Stoppel- bzw. Bodenbearbeitung

Abhängig von der Vorfrucht (Mais und Weizen) fördert eine Nichtwendende Bodenbearbeitung den Infektionsdruck mit Fusariosen in der Folgefrucht. Ziel muss es daher sein, die Erntereste vollständig zu beseitigen, was am einfachsten mit einer sauberen Pflugfurche zu erreichen ist. Auf vielen Standorten ist der Pflugeinsatz allerdings ackerbaulich nicht sinnvoll (Bodenstruktur, Wasser- oder Winderosion). Hier muss nach Möglichkeiten gesucht werden, die Stoppen möglichst fein zu zerkleinern und oberflächlich gleichmäßig einzuarbeiten. Nur auf tätigen Böden ist mit einer ausreichenden Rotte und somit mit einem vollständigen Abbau der Stoppelreste bis zur Weizenblüte zu rechnen. Die nichtwendende Stoppelbearbeitung, insbesondere nach Mais, erfordert ein hohes Maß an ackerbaulichem Geschick mit effektivem Maschineneinsatz. Nach Ergebnissen der Landesanstalt für Landwirtschaft in Bayern genügt bereits **eine** intakte Maisstoppel pro Quadratmeter, um Grenzwertüberschreitungen in mittel-anfälligen Sorten hervorzurufen (Abb. 7.8).

■ Sortenresistenz

Alle in Deutschland zugelassenen Winterweizensorten werden vom Bundessortenamt (BSA) auf ihre Anfälligkeit gegenüber Ährenfusariosen getestet und jährlich in der Beschreibenden Sortenliste veröffentlicht (Abb. 7.9).



Abb. 7.8: Unzerkleinerte Maisstoppel in der Folgefrucht Winterweizen, die wichtigste Inokulumquelle für Ährenfusariosen (Foto: R. Gödecke)

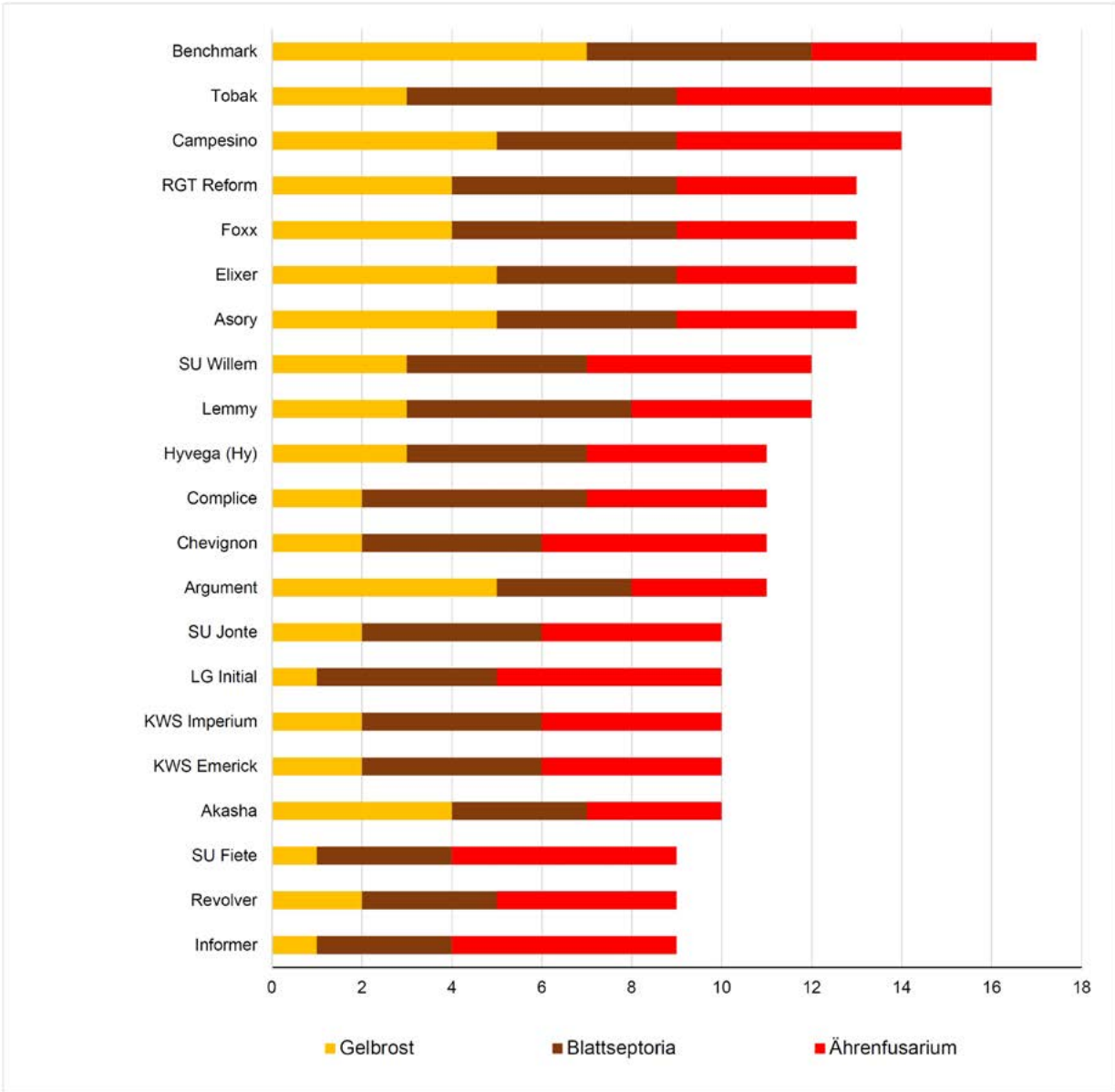


Abb. 7.9: Einstufung der aktuellen Winterweizensorten gegenüber Gelbrost, Blattseptoria und Ährenfusarium (Quelle: F. Käufler, in Anlehnung an Beschreibende Sortenliste, Stand 2022, www.bundessortenamt.de)

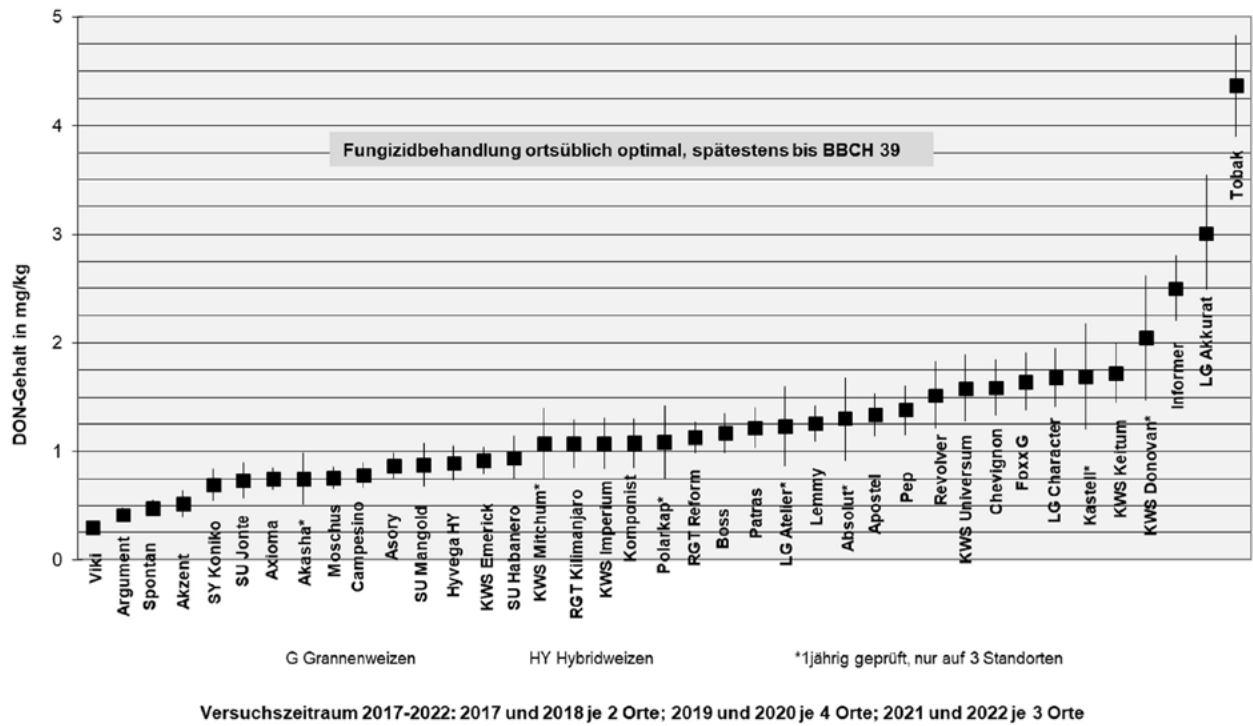


Abb. 7.10: Sortenversuch DON-Gehalt der Winterweizensorten in Bayern. Mehrjährige Auswertung DON nach Hohenheim-Gülzower Methode; (Quelle: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), IPZ 2a, Ulrike Nickel).
Erklärung: Basis bildet die Blattbehandlung in EC 39

Die Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft untersucht bereits langjährig den Zusammenhang zwischen Fusarium-Sortenanfälligkeit und den tatsächlich nach der Ernte gemessenen Mykotoxinmengen im Erntegut. Daraus lässt sich folgende Erkenntnis ableiten:

- mit jeder BSA Notenstufe verringert sich der Mykotoxingehalt um knapp 25 %, d.h. resistenter Sorten werden weniger stark von Fusariosen befallen und akkumulieren in der Regel geringere Mengen an Mykotoxinen.
- Die Auswahl resistenter Sorten ist eines der wichtigsten Instrumente zur Risikominimierung im Hinblick auf Ährenfusariosen.

Eine Fungizidmaßnahme, die sogenannte „Fusarium-Spritzung“ zum Zeitpunkt der beginnenden Vollblüte (BBCH 63

= 30 % der Staubbeutel sichtbar) kann die Mißachtung der ackerbaulichen Faktoren nicht kompensieren.

Selbst bei einem Einsatz zum optimalen Termin mit vollen Aufwandmengen ist eine Reduktion der Mykotoxinbelastungen nur von maximal 50–80 % zu erreichen. Insbesondere bei Fusarium begünstigenden Ackerbauverfahren und pilzwachstumsförderndem Witterungsverlauf ist eine vollständige Verhinderung von Mykotoxinbelastungen nicht möglich.

Eine Entscheidungshilfe der LWK Niedersachsen ermöglicht dem Praktiker, schlagbezogen das Mykotoxinrisiko zu ermitteln und entsprechende Maßnahmen bereits vor der Aussaat einzuplanen (Abb. 7.11).

Tabelle 7.9: Auswahl geeigneter Fungizide zur Ährenfusariosenbekämpfung

Wirkstoffe	Konzentration in g/l	Aufwandmenge in l/ha	Wirkung gegen Fusariosen	Abstände Gewässer*	Hangneigung (>2%)
Prothioconazol + Tebuconazol	125	1,0	xxx	4 m (90%)	10 m
Prothioconazol	250	0,8	xx(x)	4 m (90%)	10 m
Tebuconazol + Difenconazol	250 100	1,0	xx(x)	4 m (90%)	5 m
Prothioconazol + Metconazol	250 60	0,5 + 1,0	xx(x)	4 m (90%)	10 m

Vorfrucht		Boden- bearbeitung		Fusarium-Sortenanfälligkeit (nach BSA)					Sonderfall
				2	3	4	5	6	Tobak
Raps		Pflug		0,1	0,3	0,4	0,6	0,7	1,1
Zuckerrübe		Pflug		0,2	0,3	0,5	0,6	0,8	1,2
Raps		ohne P.		0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,5
Getreide		Pflug		0,3	0,5	0,8	1,0	1,3	2,0
Zuckerrübe		ohne P.		0,5	0,9	1,4	1,8	2,3	3,6
Getreide		ohne P.		0,5	0,9	1,4	1,8	2,3	3,6
Vorfrucht	Stoppel- zerkleinerung	Boden- bearbeitung	Maisreste auf Oberfläche						eigene Einstufung
Mais	mit	Pflug	KEINE !!!	0,3	0,5	0,8	1,0	1,3	
Mais	intensiv	ohne P.	zerkleinert /wenig	0,5	0,9	1,4	1,8	2,3	
Mais	ohne	Pflug	vereinzelt	0,6	1,1	1,7	2,3	2,9	
Mais	ohne	ohne P.	viele	1,5	3,1	4,6	6,1	7,6	

rel. DON-Risiko

0 - 0,5	DON-Risiko unbedenklich
0,5 - 1	Fusarium spezifische Blütenbehandlung nur als Ausnahme
1 - 2	Blütenbehandlung einplanen - nach Witterung entscheiden
2 - 2,5	Blütenbehandlung nur bei hoher Fungizid-Wirkung ausreichend
2,5 - 8	Fungizidwirkung bei ungünstiger Witterung ungenügend

Abb. 7.11 : Bewertungsrahmen des Mykotoxinrisikos anhand ackerbaulicher Parameter. Dieser Bewertungsrahmen vereint in idealer Weise die acker- und pflanzenbaulichen Parameter und stellt damit ein wichtiges Werkzeug in der Feldhygiene dar.
(Quelle: Dr. Chr. Brandfaß & Dr. J. Weinert, LWK Niedersachsen)

Hierfür erforderlich sind die bereits beschriebenen Parameter: Sorte, Vorfrucht, Bodenbearbeitung und der Grad der Stoppelzerkleinerung der Maisstoppel (Inokulumquelle für Neuinfektionen). Ab einem Risikofaktor >1 ist eine Blütenspritzung angezeigt. Ein Unsicherheitsfaktor ist die Witterung.

Grundsätzlich gilt:

**keine Niederschläge – keine Infektionen – kein Fusarium
– keine Gefahr**

Die partielle Weißährigkeit im Getreidebau ist keine regelmäßig auftretende Krankheit wie Mehltau oder Blattseptoria. Studien auf dem amerikanischen Kontinent zeigten, dass in den vergangenen 60 Jahren etwa alle 9 Jahre mit einem Ährenfusariosenproblem zu rechnen war. Ursache ist die Abhängigkeit des Pathogens von einer infektionsfördernden Witterung als Voraussetzung für eine ausreichende Inokulumproduktion. Darüber hinaus muss der Hauptsporenflug mit der Weizenblüte zusammentreffen (Abb. 7.7). Erst diese Konstellation führt dann in größerem Umfang zu den bekannten Primärinfektionen in den Ähren.

Sie finden Zusatzinformationen zum Resistenzmanagement unter diesem Link: dort unter „Kapitel 7.2“

<https://www.praxis-agrar.de/feldhygiene>



Abb. 7.12: Mäusefraß an Winterraps
(Foto: B. Augustin)



7.2.2 Kontrolle tierischer Schaderreger

Das Auftreten tierischer Schaderreger ist von vielen Faktoren abhängig. Im Unterschied zu den meisten Pilzkrankheiten sind sie in der Regel weniger mobil. In Abhängigkeit von der Biologie der jeweiligen Art wird ihre Populationsdynamik nicht nur von der Witterung, sondern von spezifischen Standortfaktoren entscheidend beeinflusst. Falls diese Rahmenbedingungen beeinflussbar sind, ergeben sich damit Möglichkeiten, um entgegen zu wirken. Da die Anzahl der verfügbaren Pflanzenschutzmittel für eine gezielte Behandlung tierischer Schaderreger kontinuierlich abnimmt, gilt es bewusst diese Maßnahmen der Feldhygiene umzusetzen. Die nachfolgenden Beispiele sollen dies verdeutlichen.

Mäuse haben einen Aktionsradius von einigen hundert Metern. Unter pflugloser Bewirtschaftung können sie im ungestörten Bodenprofil problemlos auf der gesamten Fläche ihre Nester anlegen. In Gradationsjahren (hohe Besatzzahlen) ist es daher sinnvoll, die Grundbodenbearbeitung gefährdeter Flächen eher mit dem Pflug durchzuführen.



Abb. 7.13: Schneckenfraß nach Rapsdirektsaat (Foto: B. Augustin)

Schnecken sind nur sehr eingeschränkt mobil (wenige Meter) und benötigen ausreichende Bodenfeuchte für ihre Entwicklung. Bei Zuwanderung vom Feldrand (Wegschnecken) genügt in der Regel eine Randbehandlung gefährdeter Kulturen, wie beispielsweise Raps. Auf der Fläche müssen sich Schnecken (z.B. Ackerschnecken) in den Boden zurückziehen können, um sich vor Austrocknung zu schützen. Da sie nicht graben können, sind sie auf eine krümelige Bodenstruktur oder Risse und Spalten im Boden angewiesen. Im Gemüsebau sind sie trotz häufiger Bewässerung eher von untergeordneter Bedeutung, da er häufig auf sandigen Standorten auf Böden ohne ausgeprägte Krümelstruktur praktiziert wird. In den Ackerbaukulturen können sie dagegen insbesondere bei feuchter Witterung erhebliche Probleme bereiten. Ein hoher Anteil an organischem Material auf der Bodenoberfläche erhöht die Gefahr von Schäden (z.B. Mulch- und Direktsaat). Der Einsatz einer Walze kann nach der Saat auf gefährdeten Flächen bei trockener Witterung das Schadrisko spürbar reduzieren, weil dadurch ein Großteil der Rückzugsmöglichkeiten verschlossen wird.

Nematoden sind klassische Fruchtfolge-Schaderreger, d.h. je vielgestaltiger (weiter) die Fruchtfolge ist, desto geringer ist das Schadrisko. Die sogenannten Zysten-nematoden können allerdings bis zu 10 Jahre im Boden überleben. Bei entsprechenden Problemen sind Schäden mit einer erweiterten Fruchtfolge alleine nicht immer zu vermeiden.

Neben den in Kapitel 8.2b beschriebenen Maßnahmen ist es sinnvoll, auf Befallsflächen und bei vorhandenem Besatz gegen Rübenzysten-nematoden tolerante Rübensorten anzubauen. Sie erlauben dem Schaderreger eine gewisse Entwicklung (Vermehrung). Aufgrund des stärkeren Wurzelwerkes reagieren tolerante Sorten ertraglich nicht auf den Nematodenbesatz.

Der Einsatz von Insektiziden orientiert sich im Ackerbau an artspezifischen Bekämpfungsschwellen. Nur wenn die ent-

sprechende Befallshäufigkeit oder Befallsstärke überschritten wird, ist eine Behandlung wirtschaftlich sinnvoll. Ausnahmen gibt es nur bei Gefahr von mittelbaren Schäden. Dies ist der Fall, wenn Insekten als Vektoren (Überträger) von Krankheiten dienen, gegen die keine Pflanzenschutzmittel oder resistenten Sorten verfügbar sind.

Das Gerstengelverzweigungsvirus beispielsweise wird von Blattläusen übertragen und verursacht bei Wintergerste und Winterweizen massive Ertragsausfälle. Die Pflanzenschutzdienste der Länder informieren über das Gefährdungspotenzial. Sofern eine Virusausbreitung in Befallsgebieten zu erwarten ist, kann nur eine rechtzeitige Bekämpfung der Vektoren Ertragsverluste verhindern oder zumindest reduzieren. Vergleichbare Rahmenbedingungen gibt es bei den Vergilbungsviren der Zuckerrübe. Überträger ist die grüne Pfirsichblattlaus (*Myzus persicae*).



Abb. 7.14: Befallsherde mit Rübenzystennematoden – mit der Wahl einer toleranten Rübensorte werden auf Befallsflächen Ertragsverluste vermieden. (Foto: B. Augustin)



Abb. 7.15: Massive Erkrankung des Winterweizens mit dem Gerstengelverzweigungsvirus, das aus dem Ausfallgetreide von Blattläusen eingeschleppt wurde (Foto: B. Augustin).

7.2.2.1 Beispiel: Maisschädlinge

Der Maiszünsler (*Ostrinia nubilalis*) und der Westliche Maiswurzelbohrer (*Diabrotica virgifera virgifera*) sind die wirtschaftlich bedeutendsten Schädlinge im Maisanbau in Deutschland. Während sich der Maiszünsler kontinuierlich vom Süden weiter Richtung Norden und Nordwesten ausgebreitet hat, beschränkt sich das Vorkommen des Maiswurzelbohrers derzeit auf den Südwesten und den Südosten Deutschlands.

Westlicher Maiswurzelbohrer

Der Wurzelbohrer ist für seine Entwicklung auf Mais angewiesen, da sich vor allem die Larven fast ausschließlich von Mais ernähren. Er durchläuft eine Generation pro Jahr. Die Eier werden im Sommer in den Boden abgelegt und überdauern dort den Winter. In Deutschland ist ab Juni das erste von drei Larvenstadien zu erwarten. Die Larven richten durch den Fraß an den Maiswurzeln den größten Schaden an, da es zu einer reduzierten Nährstoff- und Wasseraufnahme und zu geringerer Standfestigkeit kommt. Nach der Verpuppung im Boden schlüpfen ab Juli die ersten Käfer. Diese fressen an den Narbenfäden, wodurch es zu einer reduzierten Kornausbildung kommen kann, sowie an Maispollen und -blättern.

Zugelassene Insektizide stehen nicht zur Verfügung. Eine wirksame und langfristige Bekämpfung des Maiswurzelbohrers ist somit nur durch eine schlagbezogene Fruchtfolge möglich, bei der der Maisanbau unterbrochen wird. Der Erfolg dieser Maßnahme, die von den Landwirten in den Befallsgebieten konsequent umgesetzt wird (obwohl wirtschaftlich gleichwertige Alternativkulturen häufig nicht zur Verfügung stehen), zeigt sich in der Reduzierung der Populationsdichten auf ein derzeit geringes, unschädliches Niveau.

Maiszünsler

In weiten Teilen Deutschlands wird von Jahr zu Jahr eine Zunahme des Befalls mit dem Maiszünsler festgestellt. Die Larve des Zünslers verursacht Bohr- und Fraßschäden, sowie Fahnen- und Stängelknicken. Bei massivem Befall bleiben Ertrags- und Qualitätsverluste nicht aus.

Die effektivste Bekämpfung ist durch die mechanische Zerkleinerung der Maisstoppeln direkt nach der Ernte möglich. Hierdurch wird die Entwicklung der Maiszünslerlarven in ihren Überwinterungsquartieren gestört und eine Ausbreitung verhindert. Eine geeignete Maisstoppelbearbeitung ist daher die optimale Feldhygienemaßnahme zur Kontrolle des Maiszünslers. Erfolge sind aber nur dann zu erwarten, wenn diese Maßnahmen von allen Landwirten durchgeführt werden. So lässt sich der Schädlingsdruck auf Dauer minimieren. Einen Überblick über die Eignung verschiedener Geräte in Abhängigkeit des Einsatzes gibt die Tabelle 7.10. Neueste Entwicklungen konzentrieren sich auf die Integration der Stoppelzerkleinerung bereits in den Ernte-

vorsatz, um das Problem niedergefahrener Stoppeln in den Fahrspuren zu lösen und die Anforderungen der Feldhygiene zu optimieren.

Um eine Antwort auf die Frage nach dem Wirkungsgrad gegen den Maiszünsler zu geben, wurden im Jahr 2015 die Demonstrationsparzellen einer Maschinenvorführung zur Stoppelzerkleinerung des Deutschen Maiskomitees und der Gesellschaft für konservierende Bodenbearbeitung (GkB) bonitiert (SCHNEIDER UND LENZ, 2017). Die ersten Bonituren zur Maisernte ergaben einen hohen Zünslerbefall. In fast jeder befallenen Pflanze wurde eine lebende Zünslerlarve gefunden. Zu diesem Zeitpunkt befanden sich 60 % aller Zünslerlarven unterhalb des zweiten Knotens, was dem Bereich des Maisstängels entspricht, der als Stoppel auf dem Acker verbleibt.

Entscheidend für die Bewertung der eingesetzten Geräte bzw. der Arbeitsverfahren zur Stoppelzerkleinerung ist, wie viele Zünslerlarven im folgenden Frühjahr noch vorhanden sind (Abb. 7.16). Mit den Schlegelmulchgeräten konnte unabhängig vom Arbeitswerkzeug der Ausgangsbefall um 90 Prozent gesenkt werden. Dies ist ein gutes Ergebnis, fast auf dem Niveau von Insektiziden. Aber auch der Sichelmulcher reduzierte den Ausgangsbefall des Maiszünslers deutlich. Die eingesetzte Quetschwalze brachte bei der Auszählung dagegen nur etwa 50 Prozent Wirkungsgrad.

Literatur

BAUFELD, P. (2014): Raus aus der Quarantäne, mais 2/2014

DEUTSCHES MAISKOMITEE e.V. (2017): Stroh- und Stoppelmanagement nach Mais

GLAS, M. & HÜSGEN, K. (2019): Situation des Maiswurzelbohrers in Baden-Württemberg, in: mais 1/2019

Tabelle 7.10: Geeignete Geräte zur Maisstoppelbearbeitung für unterschiedliche Einsatzfälle (UPPENKAMP, 2017)

	Silomais	Körnermais / CCM
mit Pflug	Schneidwalze Kettenscheibenegge Sichelmulcher Schlegelmulcher	Schneidwalze Kettenscheibenegge bei sprödem Material und geringer Strohmenge Sichelmulcher Schlegelmulcher
pfluglos	(Sichelmulcher mit Gegenschneide) Schlegelmulcher mit Gegenschneide	Schlegelmulcher mit schweren Schlegeln und Gegenschneiden

SCHNEIDER, M. UND LENZ, M. (2017): Möglichkeiten zur Bekämpfung von Maiszünsler und Fusarium – Vorteile der Strohzerkleinerung und Stoppelbearbeitung nutzen. In: Deutsches Maiskomitee e.V.: Sonderheft Stroh- und Stoppelmanagement nach Mais; Online: https://www.maiskomitee.de/web/upload/pdf/produktion/Sonderheft_Strohmanagement.pdf

TILLMANN, M. (2013): Fusarium-Artenspektren an Halmbasis und Körnern von Weizen in unterschiedlichen Weizenfruchtfolgen. Dissertation, Uni Göttingen.

UPPENKAMP, N. (2017): Technische Lösungen zum Stroh- und Stoppelmanagement bei und nach der Maisernte. In: Deutsches Maiskomitee e.V.: Sonderheft Stroh- und Stoppelmanagement nach Mais; Online: https://www.maiskomitee.de/web/upload/pdf/produktion/Sonderheft_Strohmanagement.pdf

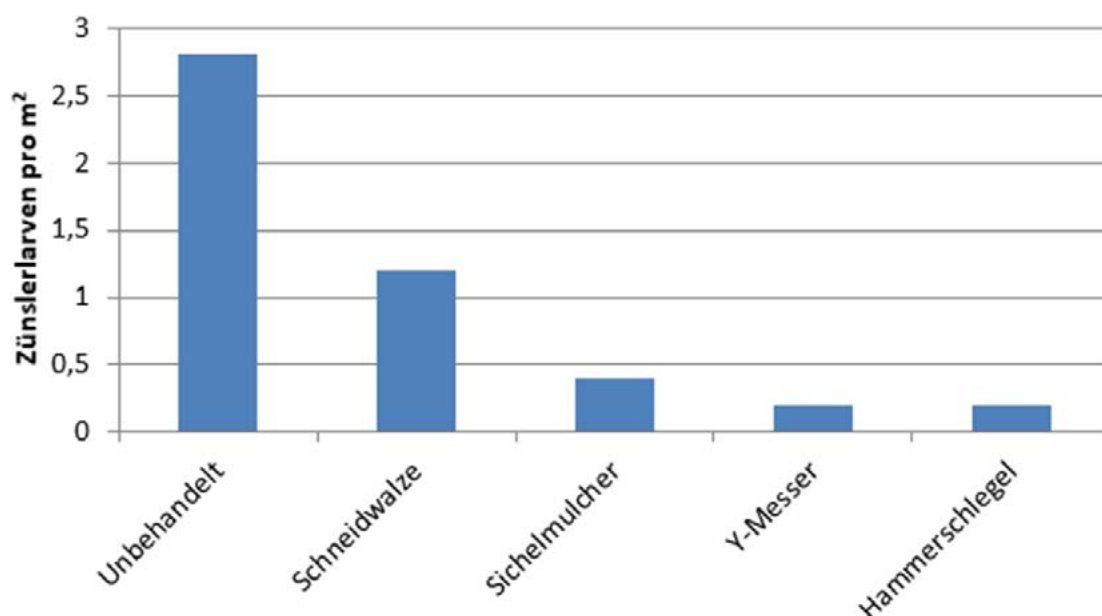


Abb. 7.16: Zünslerlarven pro m² nach unterschiedlicher Maisstoppelbearbeitung im Frühjahr (nach SCHNEIDER UND LENZ, 2017)

Tabelle 7.11: Beispiele für eine Verbesserung bzw. Absicherung von Produktqualitäten durch Bewässerung

Kultur	Qualitätsparameter
Kartoffeln	Knollengrößen, Knollenmissbildungen, Schorf, Stärkegehalt, Lagerfähigkeit
Braugerste	Proteingehalt, Vollgerstenanteil, Keimenergie
Zuckerrüben	Zuckergehalt
Silomais	Energiegehalt (Kolbenanteil), Silierbarkeit

7.3 Bewässerung

Wasser enthält einerseits wichtige Nährstoffe für das Pflanzenwachstum und ist andererseits unerlässlich als Transportmittel für die meisten essenziellen Pflanzennährstoffe.

Wassermangel führt daher zu einer eingeschränkten Vitalität und Nährstoffaufnahme und damit letzten Endes zu einer verringerten Photosyntheseleistung. Dadurch vermindert sich das Wachstum und die Ausnutzung der gedüngten Nährstoffe. Die Folge sind Ertragseinbußen bei den Kulturpflanzen. Außerdem kann sich die Qualität der Ernteprodukte durch Trockenstress so verschlechtern,

dass sie für die Erfordernisse der Abnehmer nicht mehr ausreicht. Mithilfe der Bewässerung als Maßnahme der Bestandesführung hat der Landwirt die Möglichkeit, bei Wassermangel regulierend einzugreifen und die Versorgung der Pflanzen zu optimieren. Entscheidend für den Einsatz dieser pflanzenbaulichen Maßnahme ist dabei die Absicherung der Erträge und der Produktqualitäten. Eine kontinuierliche Marktbelieferung sowie eine gute Nährstoffausnutzung sind weitere wichtige Vorteile.

7.3.1 Einfluss der Bewässerung auf Ertrag und Qualität

Langjährige Feldversuche der Landwirtschaftskammer Niedersachsen in Hamerstorf (LK Uelzen) in Ackerkulturen belegen, dass größere Ertragszuwächse durch Bewässerung insbesondere bei Winterweizen, Sommerbraugerste, Wintergerste und Kartoffeln zu erwarten sind, während Raps, Winterroggen, Zuckerrüben und Mais in den Versuchen weniger stark reagierten (siehe nachfolgende Abbildung).

7.3.2 Faktoren zur Ermittlung des Bewässerungsbedarfes

Zusatzwassergaben sind in der Regel dann erforderlich, wenn das natürliche Wasserangebot, bestehend aus Niederschlägen, pflanzenverfügbarem Bodenwasser und kapillar aufsteigendem Grundwasser nicht ausreicht, um den Verdunstungsanspruch der Kulturen zu decken, und Mindererträge oder Qualitätsverschlechterungen zu erwarten sind. Bei negativen klimatischen Wasserbilanzen

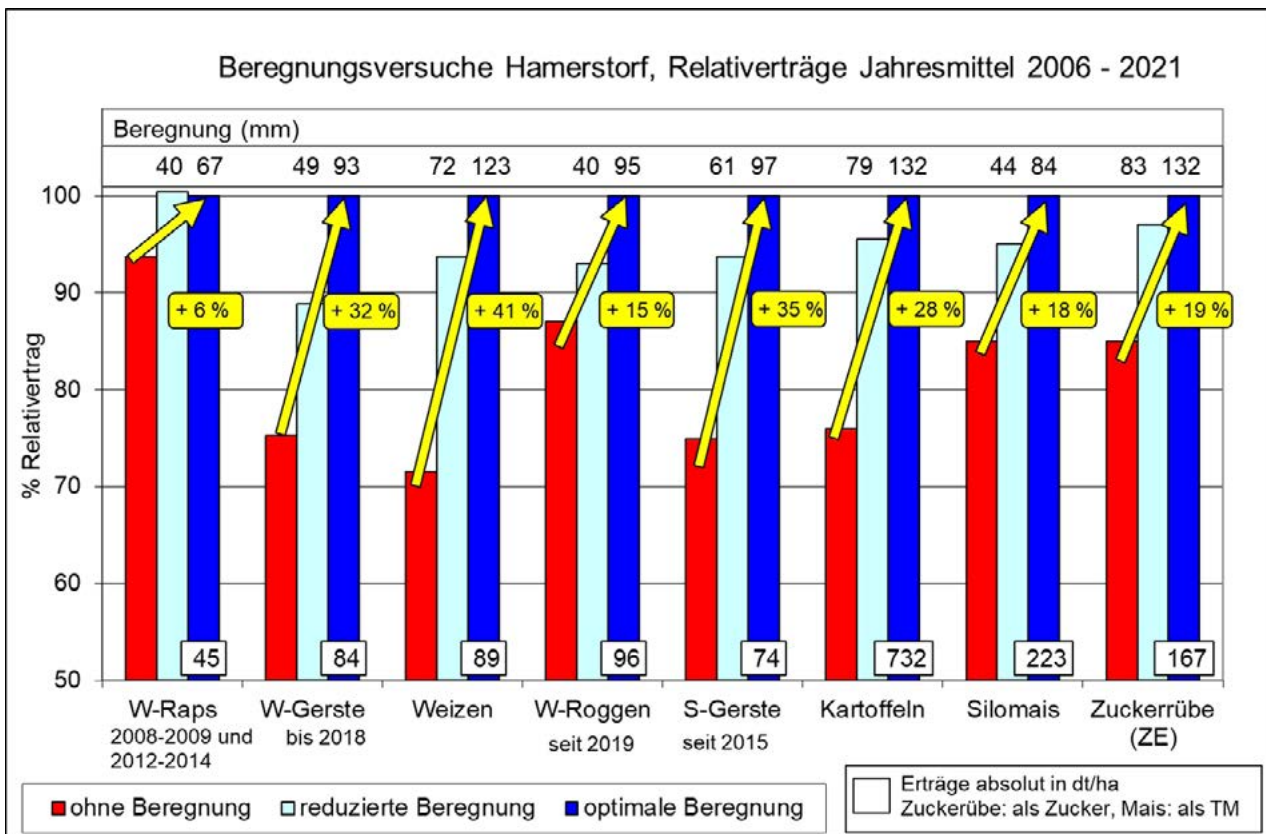


Abbildung 7.17: Ertragssteigerungen bei Ackerbaukulturen durch Beregnung (Hamerstorf 2006-2021, LWK Niedersachsen)

in der Vegetationszeit besteht ein Bewässerungsbedarf, besonders auf grundwasserfernen Standorten mit geringer nutzbarer Feldkapazität des Bodens oder bei Kulturen mit geringem Wasseraneignungsvermögen, wie Kartoffeln oder flach wurzelnden Gemüsearten.

Der Bewässerungsbedarf eines Standortes bzw. der Kulturart hängt also in erster Linie von den klimatischen Voraussetzungen, den Bodenbedingungen und den im jeweiligen Jahr angebauten Kulturen ab.

Klima

Als hilfreiche Messgröße hat sich die klimatische Wasserbilanz (KWB) bewährt. Sie wird als Differenz zwischen Niederschlagshöhe und potenzieller Verdunstungshöhe für ein bestimmtes Zeitintervall ermittelt. Für die Bewässerung von Feldfrüchten ist vor allem die klimatische Wasserbilanz während der Vegetationsperiode (KWB_v) in mm/v von April bis September zu betrachten. Je negativer die KWB_v ist, desto trockener ist eine Region. In Abhängigkeit der angebauten Kultur ergibt sich daraus auch ein entsprechend höherer Zusatzwasserbedarf. Im DWA-Merkblatt M 590 (DWA, 2019) wird Deutschland im Betrachtungszeitraum von 1981 bis 2010 in sechs unterschiedliche Klimaräume aufgeteilt. Die Spanne geht dabei von Klimaraum A mit >50 mm/v bis Klimaraum F mit <-150 mm/v (siehe Abbildung 7.18). Durch den fortwährenden Klimawandel, in Verbindung mit der Verlagerung der Niederschläge in die Wintermonate, ist von zunehmend negativeren klimatischen Wasserbilanzen während der Vegetationsperiode sowie steigenden Zusatzwasserbedarfen in den meisten Regionen Deutschlands auszugehen (DWA, 2019).

Boden

Die Wassermenge, die ein Boden pflanzenverfügbar speichern kann, wird als nutzbare Feldkapazität (nFK) bezeichnet. Diese hängt hauptsächlich von der Bodenart ab. Sie

Tabelle 7.12: Einstufung von Ackerböden nach ihrer aufsummierten nutzbaren Feldkapazität (nFK) im gesamten effektiven Wurzelraum (nFKWe) und der entsprechende Zusatzwasserbedarf

nFKWe in mm	Einstufung	Beregnungsbedarf
< 50 – 90	sehr gering bis gering	sehr hoch
90 - 140	mittel	hoch
140 - 200	hoch	mittel bis gering
> 200	sehr hoch	gering bis sehr gering

wird häufig in mm oder Volumen % je dm Bodentiefe angegeben. Häufig liegt die nFK von Ackerböden im Bereich zwischen 10 und 20 mm/dm.

Zur Erfassung der gesamten Wasserspeicherkapazität eines Bodens werden die Mengen der einzelnen Schichten bis zur jeweils durchwurzelten Tiefe addiert. Daher ist der mögliche Wurzelteufgang entscheidend für die pflanzenverfügbare Gesamtwassermenge, die von den Pflanzen entnommen werden kann. Auch dieser Faktor ist abhängig von der Bodenart. So weisen Sandböden generell eine niedrigere effektive Wurzelteufe (We) auf als ton- oder schluffreiche Böden. Wichtig für die aktuelle nFK sind aber auch die unterschiedlichen Durchwurzelungstiefen der Kulturarten bei ihrem jeweiligen Entwicklungsstand.

Die Einstufung von Ackerböden nach ihrer aufsummierten nFK im gesamten effektiven Wurzelraum (nFKWe) und ihrem Zusatzwasserbedarf kann nach den Kriterien in der Tabelle 7.12 erfolgen (AD-HOC-AG BODEN, 2005).

Der Humusgehalt und die Bodenstruktur beeinflussen ebenfalls die Höhe der nFK.

Organische Substanz wirkt sich positiv aus. Ein Humusgehalt von 1-2 % ergibt eine Erhöhung der nFK um 1-2 mm je 10 cm humoser Boden.

Eine gute Bodenstruktur unterstützt die Wassernachlieferung aus dem Boden. Starke Bodenverdichtungen wie Pflugsohlen sollten unbedingt vermieden werden. Sie führen nicht nur zu einer Verringerung der nutzbaren Feldkapazität, sondern vor allem zu einer verringerten Durchwurzelung des Bodens, wodurch das Bodenwasser schlechter erschlossen werden kann.

Landwirtschaftskammer
Niedersachsen

Einfluss der Bodenart auf die Wasserspeicherefähigkeit

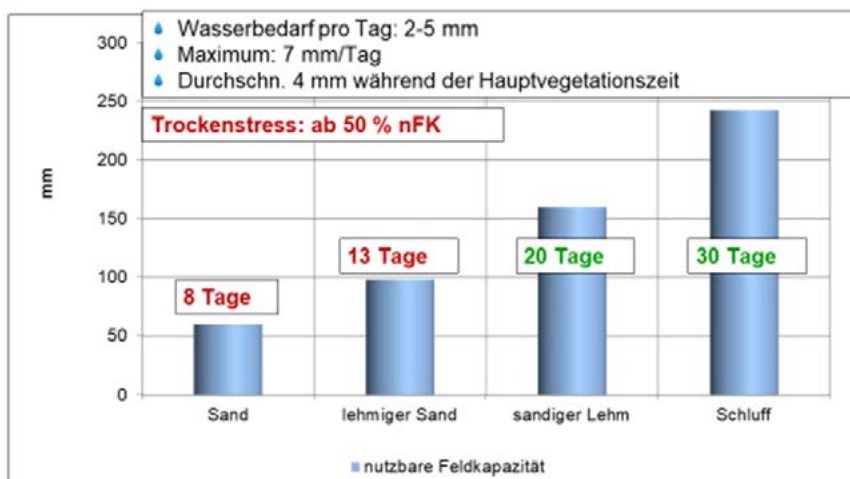


Abbildung 7.18: Einfluss der Bodenart auf die Wasserspeicherefähigkeit (Grafik: LWK Niedersachsen)

Klimatische Wasserbilanz im Sommerhalbjahr (April bis September) für Deutschland im Zeitraum 1981 - 2010

LBE Landesamt für
Bergbau, Energie
und Geologie

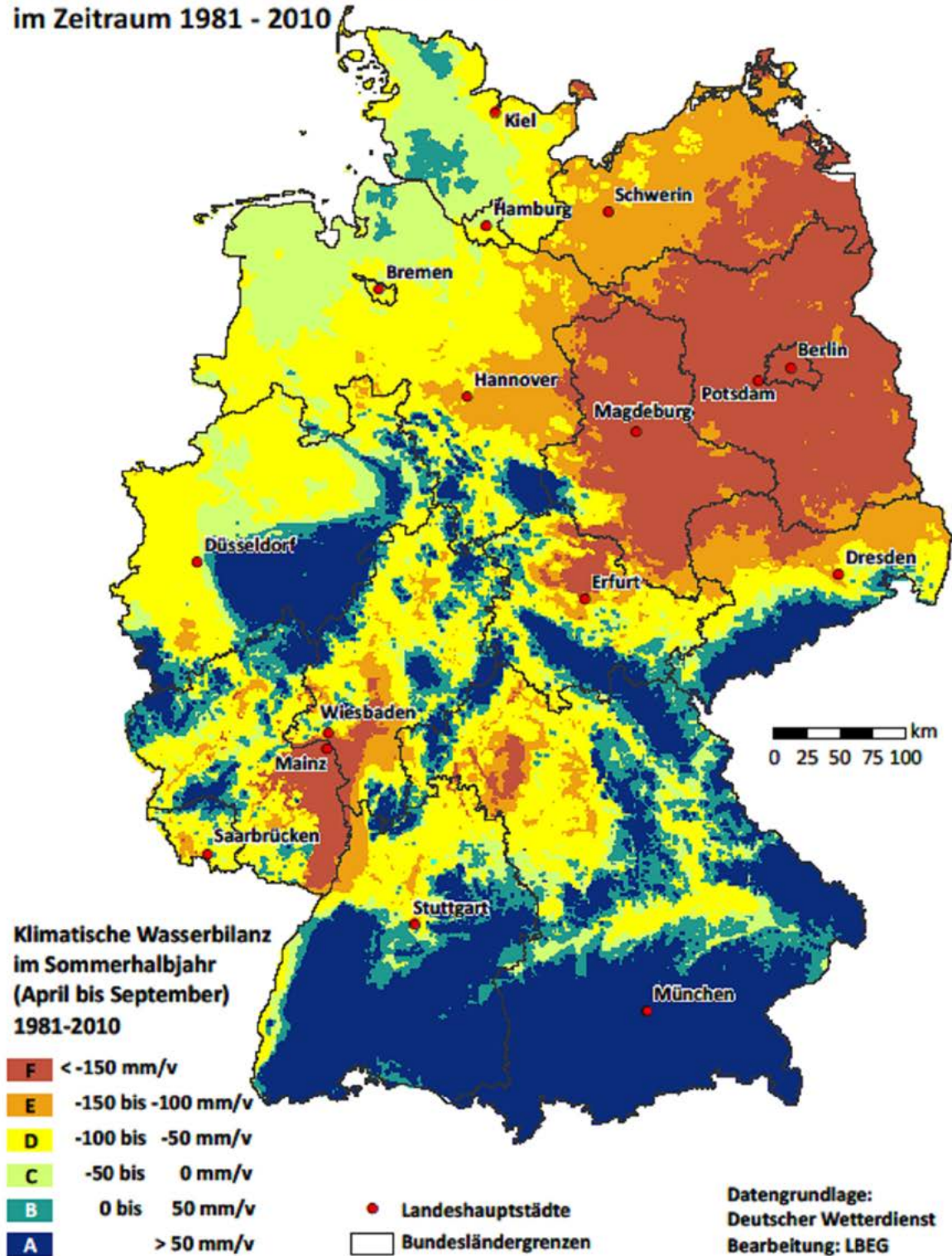


Abbildung 7.19: Klimatische Wasserbilanz in Deutschland im Sommerhalbjahr (April bis September 1981-2010) (Quelle: Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Hannover)

Tabelle 7.13: Nutzbare Feldkapazität von unterschiedlichen Böden und die daraus errechneten Wassermengen zur Auffüllung auf optimale Bodenwassergehalte (WESSOLEK et al., 2009)

Bodenart	nFK [Vol-%]	Humusstufe und Humusgehalt			Nutzbare Wassermenge je 30 cm Bodentiefe [mm]	
		h2 1 % - < 2 %	h3 2 % - < 4 %	h4 4 % - < 8 %	40- 90 % nFK	60- 90 % nFK
		Zuschlag zur nFK [Vol-%]				
Sand (S)	9	2	4	7	14	8
lehmiger Sand (lS)	15	1	3	5	23	14
sandiger Lehm (sL)	15	1	3	5	23	14
Ton (T)	13	1	2	3	20	12
Schluff (U)	25	1	2	4	38	23

Dem Landwirt steht als einfachste Methode zur Beurteilung seiner Böden die Bodenzahl (Bodenpunkte) aus der Bodenschätzung zur Verfügung. Als Faustzahl zur Abschätzung der nFK-Summe eines Bodens kann angenommen werden, dass die nFKWe der Bodenzahl multipliziert mit 3 entspricht. Weitere Daten können allgemein zugänglichen Bodenkarten entnommen werden. Für eine detaillierte Einschätzung der Bodenarten im Einzelbetrieb sind eigene Bodenanalysen, die bei zertifizierten Laboren untersucht wurden, oder ein flächendeckendes Scannen mit bodenphysikalischen Messverfahren nötig.

Kultur

Neben den klimatischen Verhältnissen und den Bodeneigenschaften eines Standortes hat auch die angebaute Kultur einen wesentlichen Einfluss auf die Beregnungsbedürftigkeit und damit die Wirtschaftlichkeit der Bewässerung.

Der Gesamtwasserverbrauch eines Pflanzenbestandes ist eng mit der Länge seiner Wachstumsperiode korreliert. Die Höhe der Transpiration eines Pflanzenbestandes ist zudem abhängig vom Verdunstungsanspruch der Atmosphäre, der Bodenfeuchte, sowie dem Pflanzenbestand selbst (Entwicklungsstadium, Bestandesdichte). Der mittlere Tageswasserverbrauch der gängigen Kulturarten liegt bei etwa

4 mm, kann jedoch erheblichen Schwankungen unterliegen. Die Ausprägung des Wurzelsystems entscheidet darüber, wieviel Wasser die Pflanzen dem Boden entziehen können. Tief wurzelnde Kulturen wie Zuckerrüben, Raps und Winterroggen können einen erheblich größeren Anteil des pflanzenverfügbaren Bodenwassers ausnutzen als z.B. die flacher und schwächer wurzelnden Kartoffeln.

7.3.3 Techniken der Bewässerung

Welche Bewässerungstechnik in den landwirtschaftlichen Betrieben zum Einsatz kommt, ist von vielen Faktoren abhängig, v.a. von der Betriebsgröße, den Schlaggrößen und -formen, der Topografie, den angebauten Kulturen, der Organisationsform (Verband oder Einzelregner) und der arbeitswirtschaftlichen Situation im Betrieb.

Die wichtigsten Verfahren zur Wasserverteilung werden nachfolgend kurz vorgestellt und bewertet.

Reihenregner-Verfahren (Rohrberegnung): Im Gartenbau, Freilandgemüsebau und zur Frostschuttberegnung werden vielfach Reihenregner eingesetzt. Diese ermöglichen es, eine größere Fläche zur gleichen Zeit mit Wasser zu versorgen. Bei diesem Verfahren werden in der Regel ein oder mehrere Regnerleitungen an eine Hauptleitung angeschlossen.



Abb. 7.20a: Reihenregner (Foto: E. Fricke)



Abb. 7.20b: Mobile Beregnungsanlage (Foto: E. Fricke)

sen. Je nach Verfahrensablauf werden entweder mehrere Regner direkt auf der Regnerleitung angekoppelt oder die Regner werden mit Schläuchen mit der Regnerleitung verbunden. Sie können dann ohne die Regnerleitung umzusetzen mal links und mal rechts von der Regnerleitung arbeiten. Die Regner sind Mittelstark- oder Schwachregner und erfordern bei einer Beregnungsintensität von 7 bis 20 mm/h einen Wasserdruck von etwa 5 bar am Hydranten. Damit ist der Energiebedarf mittel, aber der Arbeitszeitbedarf für den Auf- und Abbau der Rohre ist hoch. Das Ausbringen auch kleiner Wassermengen unter 15 mm ist möglich.

Mobile Beregnungsmaschinen: In der Praxis werden heute zum überwiegenden Teil mobile Beregnungsmaschinen mit Großflächen- bzw. Starkregnern („Beregnungskanone“) in unterschiedlicher Größe eingesetzt. Es gibt sie mit Rohrlängen von 200 bis 1 000 m und Rohrdurchmessern bis zu 140 mm. Die nutzbare Arbeitsbreite reicht bis zu 80 m. Ihre Vorteile sind die hohe Flexibilität im Einsatz und die Eignung für alle Schlaggrößen und -formen. Nachteilig sind Wasserverluste durch unproduktive Verdunstung bei hoher Sonneneinstrahlung und schlechte Wasserverteilung bei Wind. Der Energiebedarf für den notwendigen Eingangsdruck in die Maschine ist mit 7-9 bar hoch. Der Arbeitsaufwand für das Aufstellen und Umsetzen der Maschinen ist zu berücksichtigen. Für eine Maschine wird je nach Rohrquerschnitt, Düsendgröße und Druck eine Wassermenge von 40-80 m³/h benötigt. Unter den vorherrschenden Klimabedingungen mit einer angenommenen Verdunstung in der Hauptwachstumszeit der Kulturen von durchschnittlich 4 mm/Tag ergibt sich ein Beregnungsturnus in Trockenphasen von 6-7 Tagen. Daher rechnet man als Einsatzbereich für eine Beregnungsmaschine je nach Größe etwa 25 bis 30 ha. Bei einer optimierten Fruchtfolge, in der mehr als eine Kultur in einem Jahr beregnet werden kann (z.B. zuerst Getreide, im Anschluss Mais) reicht eine Maschine für bis zu 60 ha aus.

Anstelle des Starkregners ist auch ein Düsenwagen möglich, wodurch die Verteilgenauigkeit des Wassers verbessert und der Eingangsdruck in die Maschine um etwa 2 bar reduziert werden kann. Dadurch kann eine Energieeinsparung von etwa 20 % realisiert werden. Die Anschaffungskosten und der Arbeitszeitbedarf sind jedoch höher. Bei der Verwendung kleiner Düsen zur Verringerung der Beregnungsintensität kann die Bodenverschlammung und der oberflächliche Wasserabfluss bei leichter Hangneigung verringert werden.

Stand der Technik bei mobilen Beregnungsmaschinen sind GPS-Sender und Drucksensoren zur Überwachung der Standort- und Betriebsdaten der Maschine über Smart-



Abb. 7.21: Düsenwagen mit Trommel (Foto: E. Fricke)



phone.

Kreis- und Linearberegnungsmaschinen: Mit zunehmenden Schlaggrößen werden die Kreis- und Linearberegnungsmaschinen für die Betriebe interessant. Sie zeichnen sich durch niedrige Wasserverluste, gute Verteilgenauigkeit und einen geringen Energieaufwand aus. Besonders die Kreisberegnungsmaschinen benötigen außerdem einen sehr geringen Arbeitsaufwand durch die kontinuierliche Arbeitsweise und eine gute Automatisierbarkeit. Sie stellen aber größere Anforderungen an die Schlaggröße und -form und sind daher nicht überall einsetzbar. Linearmaschinen beregnen rechteckige Flächen vollständig (im Gegensatz zum Kreis), sind aber arbeitsaufwändiger und teurer. Je größer eine Anlage ausgelegt werden kann, desto geringer fallen die spezifischen Investitionskosten pro ha aus. Die minimale Schlaggröße für eine Kreisberegnungsanlage beträgt etwa 25 ha. Eigentumsflächen oder lange Pachtverträge sind notwendig, weil es sich um stationäre Anlagen handelt.

Tropfbewässerung: Eine Technik die sich im Gemüse- und Sonderkulturanbau erfolgreich durchgesetzt hat. Vorteile sind der niedrige Energieaufwand wegen des geringeren Druckes, die sehr gute Verteilgenauigkeit, die sehr geringen Wasserverluste und die Nichtbenetzung von oberirdischen Pflanzenteilen. Außerdem wirkt die Tropfbewässerung durch die langsame und schonende Durchfeuchtung des Bodens direkt an der Pflanze der Verschlammung des Oberbodens entgegen. Gleichzeitig mit der Wassergabe können den Pflanzen kontinuierlich Nährstoffe über das Wasser zugeführt werden (Fertigation). Ein früher Start der Bewässerung ohne Bodenschäden durch Verschlammung und eine Automatisierung des Betriebes sind möglich. Nachteilig sind der hohe Investitionsaufwand (hohe Festkosten) und der hohe Arbeitsaufwand für die Verlegung. Auch kann die Tropfbewässerung nicht oder nur eingeschränkt zur Auflauf- bzw. Anwachsbebewässerung genutzt werden.



Abb. 7.23: Tropfbewässerung (Foto: E. Fricke)

Da die Beregnungszeit für den Landwirt eine Hauptarbeitsspitze im Jahr darstellt, sollte möglichst eine Technik gewählt werden, die wenig Arbeitskraft bindet und energetisch günstig betrieben werden kann. Alle Verfahren werden auch in der Praxis eingesetzt, je nach Betriebsgröße und -ausrichtung, der Kulturen im Betrieb und arbeitswirtschaftlicher Situation. Auf großen Flächen ist nach Möglichkeit immer der Großflächenberegnungstechnik (Kreis- und Linearberegnungsmaschinen) der Vorrang einzuräumen, weil sie aus Kosten- und arbeitswirtschaftlichen Gründen die günstigste Beregnungstechnik darstellt.

7.3.4 Die Steuerung der Bewässerung

Steuerung der Bewässerung bedeutet, den optimalen Zeitpunkt für den Bewässerungseinsatz und die richtige Gabenhöhe nach objektiven Kriterien zu bestimmen. Das ist notwendig, um die begrenzten Wasserrechte einzuhalten und die Wirtschaftlichkeit der Beregnungsmaßnahmen zu gewährleisten. Dabei sollten die Zusatzwassergaben möglichst genau an die Bedürfnisse der Kulturen in Abhängigkeit vom Wetter und der Bodenwassermenge angepasst werden. Auch die Rangfolge in der Bewässerungswürdigkeit sollte dabei Beachtung finden. Es gibt verschiedene Methoden, die dem Praktiker dabei helfen, die Beregnung möglichst effizient einzusetzen.

In der nachfolgenden Tabelle sind die verschiedenen Faktoren zusammengestellt, die zur effektiven Steuerung einer Bewässerung genutzt werden können.

Klimatische Wasserbilanz

Die einfachste Möglichkeit ist die Berechnung der Wasserbilanz, die durch eine regelmäßige tägliche Bilanzierung von Niederschlag und aktueller Verdunstung z.B. nach der Methode der Geisenheimer Steuerung erfolgen kann. Hierbei wird nach Erreichen eines vorher festgelegten negativen Bilanzsaldos beregnet. Der Tageswert für die potentielle Verdunstung (erhältlich über Wetterdienste oder aus eigener Wetterstation) wird mit einem pflanzenspezifischen

Korrekturfaktor für das jeweilige Entwicklungsstadium, dem k_c -Wert, multipliziert, um die aktuelle Verdunstung der Kultur zu bestimmen. Die Regenmengen sollten am besten selbst gemessen werden, weil ihre Verteilung regional sehr unterschiedlich sein kann. Die Vorgehensweise und die benötigten k_c -Werte sind in der Anleitung zur Geisenheimer Bewässerungssteuerung beschrieben (HOCHSCHULE GEISENHEIM, 2021).

Bestimmung des Bodenwassergehalts

Die pflanzenverfügbare Bodenwassermenge sollte in die Beregnungsentscheidung mit einbezogen werden. Hierbei ist zu beachten, dass eine weitestgehende Ausnutzung des im Boden vorhandenen Wassers nicht ohne erheblichen Trockenstress und damit verbundene Ertragsverluste möglich ist. Daher sollten kulturspezifische Schwellenwerte der Bodenfeuchte für den Beregnungseinsatz beachtet werden. Diese liegen zwischen 35 und 60 % der nFK im aktuell durchwurzelten Bodenraum. In anspruchsvollen Kulturen wie Feldgemüse und Kartoffeln sind eher die höheren Grenzwerte anzusetzen. Genügsamere Kulturen mit hohem Wasseraneignungsvermögen wie Zuckerrüben oder Winterroggen kommen mit Grenzwerten im unteren Bereich zurecht (FRICKE & RIEDEL 2019a). Mit Hilfe der Wasserbilanzmethode kann abgeschätzt werden, wann der Schwellenwert für den Beregnungsbeginn erreicht ist, wenn die nFK zu Beginn der Berechnung bekannt ist.

Tabelle 7.14: Steuerungsfaktoren zur Optimierung der Wassergaben bei Bewässerungsanlagen

Steuerungsfaktor	Erläuterung	Bemerkungen
Klimatische Wasserbilanz	tägliche Bilanzierung von NS und Verdunstung	z.B. Geisenheimer Bewässerungssteuerung mit pflanzenspezif. Korrektur (k_c -Wert) (HOCHSCHULE GEISENHEIM, 2021)
Bestimmung des Bodenwassergehaltes	pflanzenverfügbare Bodenwassermenge in Abhängigkeit von der Bodenart	unter Berücksichtigung der kulturspezif. (Trockenstress-) Schwellenwerte zwischen 35-60 % nFK (FRICKE & RIEDEL 2019a)
Messung des Bodenwassergehaltes	mittels verschiedener Bodenfeuchtesensoren	wichtig: <ul style="list-style-type: none"> ■ sorgfältiger Einbau ■ unterschiedl. Bodentiefen ■ repräsentative Messstellen Probleme bei heterogenen Böden, insbesondere bei Reihen- o. einj. Kulturen. Empfehlenswert bei Tropfbewässerung zur Kontrolle der Wassergaben.
Berechnung des Bodenwassergehaltes	mittels Berechnungsprogrammen	Vorteil: ganzflächige Betrachtung der Bodenfeuchtwerte und Angabe von konkreten Bewässerungsempfehlungen Nachteil: Abhängigkeit von der Güte der verwendeten Daten (Überprüfung mit Spatendiagnose sinnvoll)

Beispiel: Ein Sandboden mit 60 cm Wurzeltiefe hat 60 mm nFK bei voller Auffüllung zu Vegetationsbeginn. Der Schwellenwert für Kartoffeln wird mit 50 % nFK angenommen. Die verfügbare Wassermenge ist dann: 50 % von 60 mm = 30 mm. Bei durchschnittlich 4 mm aktueller Verdunstung pro Tag und ohne Niederschlag sind nach 7 Tagen 28 mm verbraucht und die Beregnung sollte spätestens am Folgetag beginnen.

Am genauesten funktioniert die Beregnungssteuerung, wenn der aktuelle Bodenwassergehalt bestimmt wird. Das ist sowohl durch Messung als auch durch Berechnung möglich.

Messung des Bodenwassergehalts

Es gibt eine Vielzahl von Bodenfeuchtesensoren, die auf verschiedenen Messprinzipien beruhen. Die Geräte unterscheiden sich unter anderem in der Art der Messung, der Ausgabe der Messwerte, dem Messbereich, der Genauigkeit, dem Pflegeaufwand, dem Einbau und im Preis. Der Vorteil von Messungen ist, dass konkrete Daten zur Bodenfeuchtigkeit vorliegen. Daraus ergeben sich Erkenntnisse über die aktuellen Wasserverhältnisse im Boden, die von außen betrachtet nicht immer ersichtlich sind. Voraussetzung für realistische Werte ist jedoch die Auswahl von repräsentativen Messstellen im Schlag in unterschiedlichen Tiefen und ein sorgfältiger Einbau der Sensoren. Ein wesentlicher Nachteil ist, dass eine Messung stets nur an einem einzelnen Punkt erfolgt und die Heterogenität im Boden oder im Pflanzenbestand daher nicht ausreichend berücksichtigt wird. Besonders gravierend ist das in Reihenkulturen. Die Aussagefähigkeit von Bodenfeuchtemessungen zur Beregnungssteuerung ist in der Praxis daher sehr begrenzt. Zudem ist der Ein- und Ausbau der Sensoren besonders in einjährigen Kulturen recht zeitaufwändig. Zu empfehlen ist die Bodenfeuchtemessung hauptsächlich bei Verwendung der Tropfbewässerung zur Kontrolle der Wassergaben.

Berechnung des Bodenwassergehalts

Die Anwendung von Berechnungsprogrammen hat den großen Vorteil, dass eine Fläche insgesamt beurteilt werden kann, ohne dass Unterschiede im Boden oder im Pflanzenbestand stören. Für den Einsatz in der Bewässerungspraxis bieten die Programme meistens nicht nur Bodenfeuchtwerte an, sondern geben auch konkrete Empfehlungen zum Einsatz der Bewässerung. Es gibt internetbasierte Plattformen, Apps, Beratungssysteme und käufliche Programme. Sie unterscheiden sich im Umfang der berücksichtigten Kulturen und Parameter, der Genauigkeit, dem Aufwand für den Anwender und in den Kosten. Ein Nachteil der Bodenfeuchteberechnung ist die Abhängigkeit von der Güte der verwendeten Daten als Eingangsparameter. Per Spatendiagnose sollten die Berechnungen hin und wieder überprüft und abgesichert werden.

Ermittlung der Gabenhöhe

Die Höhe der einzelnen Zusatzwassergabe sollte so bemessen sein, dass der Boden in ausreichender Tiefe durchfeuchtet wird, es aber nicht zu Sickerwasserverlusten durch

Überbewässerung kommt. Sie muss sich daher nach dem Aufnahme- und Wasserspeichervermögen des Bodens und der Durchwurzelungstiefe im jeweiligen Entwicklungsstadium orientieren.

Generell sollte ein Boden nur bis höchstens 80 – 90 % der nFK aufgefüllt werden und keinesfalls bis zur Sättigung, um bei stärkeren Überlappungen oder möglichen nachfolgenden Niederschlägen eine Sickerwasserbildung zu vermeiden.

Um z.B. einen leichten Sandboden (nFK von 60–80 mm) um 30 %-Punkte der nFK, also z.B. von 50 % auf 80 % aufzufüllen, bedarf es nur einer Beregnungsmenge von 18–24 mm, während es auf einem besseren Standort auch 30 mm sein können. Die maximale Gabenhöhe ist jedoch durch die Infiltrationsleistung des Bodens begrenzt, damit Oberflächenabfluss vermieden wird. Sie sollte 35–40 mm nicht überschreiten. Deutlich geringere Gabenhöhen sind notwendig bei Hangneigungen über 4 % und geringer Bodenbedeckung, besonders bei verkrusteten und verdichteten Oberflächen sowie bei schluffigen oder lehmigen Böden. Zu gering sollte eine Gabe aber auch nicht ausfallen, weil dann nur die oberste Bodenschicht durchfeuchtet würde. Die Wasserverluste durch Verdunstung von den Blättern und der Bodenoberfläche wären dann unverhältnismäßig hoch und die nächste Gabe müsste in sehr kurzem Zeitabstand erfolgen.

7.3.5 Kosten und Wirtschaftlichkeit der Bewässerung

Kosten

Die Kosten der Bewässerung (hier sind ausschließlich die Überkopf-Beregnungsverfahren gemeint, nicht die Tropfbewässerung) teilen sich auf in die Festkosten der Anlage und in die variablen Kosten. Die Festkosten sind investitionsabhängig und in jedem Jahr zu berücksichtigen, auch wenn in einem Jahr nicht beregnet wurde. Der Investitionsaufwand für eine komplette Beregnungsanlage – bestehend aus Brunnen, Pumpe, Erdleitungen, Hydranten und Beregnungsmaschine – liegt je Hektar meistens zwischen 2.000 und 4.000 Euro. Daraus ergeben sich jährliche Festkosten von 200 bis 300 Euro je Hektar. Die variablen Kosten sind verbrauchsabhängig und setzen sich aus den Energie-, den Reparatur- und den Arbeiterledigungskosten sowie der Wasserentnahmegebühr zusammen. Ob eine Wasserentnahmegebühr erhoben wird, ist in den jeweiligen Länder-Wassergesetzen geregelt. In Niedersachsen beträgt die Gebühr für Bewässerungswasser z.Zt. 1,4 ct/m³. Die variablen Kosten liegen zwischen 2,50 und 3,00 Euro je mm. Bei Kreisberegnungsanlagen liegen die Kosten auf Grund des deutlich niedrigeren Energiebedarfs und der günstigen Arbeiterledigungskosten deutlich darunter.

Der Frage der Energiequelle zum Betreiben der Pumpen sollte besonderes Augenmerk geschenkt werden. Ob der Einsatz von Diesel- oder Elektromotoren gewählt wird, ist in erster Linie eine Frage der Bedingungen und Kosten des jeweiligen Stromversorgungsunternehmens. Wo immer möglich, sollte dem Strom Vorrang eingeräumt werden, da

hinsichtlich der Arbeitswirtschaft, der Wartung, der Steuerung und der Umweltbeeinflussung der Elektroantrieb deutliche Vorteile bietet.

Der Einsatz der Beregnung ist in jedem Fall mit hohen Kosten und hohem Arbeitsaufwand verbunden. Deshalb sollte die Beregnungsanlage für jeden Einzelbetrieb sorgfältig geplant werden und vor allem im Bereich der Dimensionierung genau auf die Bedürfnisse des jeweiligen Betriebes abgestimmt werden. Überdimensionierung oder falsche Pumpenauswahl können über die Lebenszeit der Anlage gerechnet sehr teuer werden.

Wirtschaftlichkeit

Damit eine Beregnungsanlage rentabel ist, müssen die gesamten festen und variablen Kosten für Beschaffung und Betrieb der Anlage sowie weitere Kosten, wie z.B. der Ausgleich für höhere Nährstoffentzüge, durch die Mehrerträge bzw. Mehrerlöse mindestens ausgeglichen werden. Weil Investitionen in eine Beregnungsanlage immer langfristig sind, ist für die Abschätzung der Wirtschaftlichkeit nicht ein einzelnes Trockenjahr entscheidend, sondern ein mehrjähriger Durchschnitt.

Ist eine Beregnungsbedürftigkeit gegeben, steigt die Wirtschaftlichkeit der Beregnung in der Regel mit zunehmender Wertschöpfung der angebauten Kultur. Unter den flächenmäßig bedeutsamsten Ackerkulturen in Deutschland ist vor allem die Kartoffel sehr wirtschaftlich zu beregnen, wie die Versuchsergebnisse der Landwirtschaftskammer Niedersachsen zeigen. Bei der langjährigen Versuchsauswertung ergibt sich folgende Reihenfolge in der Beregnungswürdigkeit der untersuchten Ackerkulturen:

Kartoffel → Braugerste → Winterweizen → Silomais → Wintergerste → Zuckerrübe → Winterraps → Winterroggen

Diese Reihenfolge hängt entscheidend vom erzielbaren Produktpreis ab und kann sich in Abhängigkeit von den Vermarktungsbedingungen unter Umständen von Jahr zu Jahr ändern.

Bevor die Entscheidung zum Bau einer Beregnungsanlage fällt, muss einzelbetrieblich erst einmal die Frage der Wirtschaftlichkeit genau beleuchtet werden. Die für die

Entscheidungsfindung wichtigsten Fragestellungen sind folgende:

- Ist der Standort vom Boden und vom Klima her beregnungsbedürftig?
- Welche beregnungswürdigen Kulturen werden bzw. sollen angebaut werden?
- Welche Erträge wurden im Mittel der letzten Jahre ohne Beregnung erzielt?
- Mit welchen festen bzw. variablen Kosten ist der Bau bzw. der Betrieb einer Beregnungsanlage verbunden?
- Wie hoch ist der zusätzliche Wasserbedarf?
- Woher und aus welcher Tiefe kann das Wasser bereitgestellt werden?
- Wie stellt sich die innerbetriebliche Flurlage dar?
- Welche Wassermenge erteilt die Erlaubnisbehörde und mit welchen Auflagen?

Eine Investition in Bewässerungsanlagen ist nur dann sinnvoll, wenn sie auch wirtschaftlich ist. Die Bewässerungswürdigkeit einer Kultur ergibt sich aus der ökonomischen Betrachtung mit und ohne Bewässerung. Sie ist dann gegeben, wenn den durch die Bewässerung entstehenden Kosten höhere Mehrerlöse aus der vermarktungsfähigen Ware gegenüberstehen.

7.3.6 Rechtliche Grundlagen

Die gesetzliche Grundlage für die Bewässerung ist das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) des Bundes und das jeweilige Landeswassergesetz in der aktuellsten Fassung. Danach ist jede Benutzung eines Oberflächengewässers sowie des Grundwassers genehmigungspflichtig. Für die Bewässerung wird in aller Regel nach der Beantragung durch den Landwirt oder einen Verband eine wasserrechtliche Erlaubnis erteilt. Diese ist häufig befristet mit Laufzeiten von 10 bis 20 Jahren. Dabei ist zu beachten, dass auch unbefristete Erlaubnisse grundsätzlich jederzeit widerruflich sind.

Zuständig für jede Wasserentnahme ist die untere Wasserbehörde des jeweiligen Landkreises, die die wasserrechtliche Erlaubnis zum Zwecke der Bewässerung erteilt. Die Wasserbehörde sollte von Beginn an durch eine formlose Bauvoranfrage mit in die Planung der Bewässerungsanlage einbezogen werden, damit Fehlinvestitionen, z.B. ein

Brunnenbau an kritischen Standorten, vermieden werden können. Auch kann damit rechtzeitig der Umfang der notwendigen Unterlagen für den Antrag auf Erteilung einer wasserrechtlichen Erlaubnis ermittelt werden.

Ob und in welchem Umfang eine Wasserentnahme genehmigungsfähig ist, richtet sich auch nach der verfügbaren Wasserdargebotsreserve im jeweiligen Grundwasserkörper.

7.3.7 Einfluss der Bewässerung auf Krankheiten, Schädlinge und Umwelteinflüsse

Die Pflanzengesundheit kann durch Bewässerung beeinflusst werden. Ein vitaler Pflanzenbestand mit guter Wasser- und Nährstoffversorgung hat allgemein eine höhere Widerstandskraft gegen Krankheiten und Schädlinge als unter starkem Trockenstress leidende Pflanzen. Bei bestimmten Krankheiten, die für ihre Ausbreitung eine hohe Luftfeuchtigkeit oder Blattnässe benötigen, kann Beregnung jedoch auch den Befall fördern. Das wird noch verstärkt, wenn die Abtrocknung der Blätter nur langsam erfolgt, wie bei einer Beregnung in den Abend- und Nachtstunden. Beispiele hierfür wären die Krautfäule (*Phytophthora infestans*) bei Kartoffeln oder Cercospora-Blattflecken (*Cercospora beticola*) bei Zuckerrüben. Bei Schaderregern, die einen trockenen Boden bevorzugen, kann die Bewässerung dagegen gezielt zur Vorbeugung eingesetzt werden. Das ist z.B. bei dem durch Bakterien hervorgerufenen Kartoffelschorf (*Streptomyces scabies*) oder gegen Drahtwurmbefall möglich.

Eine Besonderheit ist die Frostschutzberegnung, mit der Kulturschäden insbesondere durch Spätfröste im Frühjahr verhindert werden können. Diese Maßnahme wird vor allem in Frühkartoffeln und im Obstbau eingesetzt.

7.3.8 Fazit

Die Bewässerung kann als Maßnahme der Bestandesführung gezielt genutzt werden, um das Pflanzenwachstum zu optimieren und Ertrag und Qualität zu sichern. Ein Bewässerungsbedarf ist von zahlreichen Faktoren abhängig (Klima, Boden, Kultur), ebenso wie die optimale Bewässerungstechnik und -steuerung (Betriebs- u. Schlaggröße, Topografie, Kulturen, Betriebsorganisation).

Die Beregnungswürdigkeit einer Kultur ergibt sich einerseits aus dem durch Beregnung erzielbaren Mehrertrag, andererseits aus den Produktpreisen und den Kosten für die Bewässerung. Die genannten Beregnungsversuche der Landwirtschaftskammer Niedersachsens lassen Rückschlüsse darauf zu, welche Kulturart besonders empfindlich auf Trockenstress reagiert und welche bereits mit geringen Zusatzwassergaben ihr Ertragsziel erreichen kann. In Abbildung 7.17 sind die Mehrerträge und die dafür benötigten Beregnungsmengen dargestellt. Kartoffeln weisen einen vergleichsweise hohen Zusatzwasserbedarf auf, während Raps, Roggen und Silomais am wenigsten benötigen.

Eine suboptimale Wasserversorgung kann negative Auswirkungen auf die Umwelt haben. Die verringerte Nährstoffabfuhr vom Feld durch niedrigere Erträge nach einem zu trockenen Jahr kann nachfolgend Nährstoffüberschüsse nach sich ziehen. Diese können durch Versickerung, wie z.B. das leicht verlagerbare Nitrat, über Winter zu einer Beeinträchtigung der Grundwasserqualität führen.

Das nutzbare Wasserangebot für das Pflanzenwachstum beeinflusst auch die Pflanzengesundheit. Trockenstress mindert im Allgemeinen die Widerstandskraft gegen Krankheiten und Schädlinge. Pilzkrankheiten, die von hoher Luftfeuchtigkeit und Blattnässe profitieren (*Phytophthora infestans*, *Cercospora beticola*) werden durch Überkopfberegnung gefördert. Schaderreger (z.B. *Streptomyces scabies*, Drahtwürmer) die trockene Böden bevorzugen, werden durch Bewässerung zurückgedrängt.

Literatur

AD-HOC-AG BODEN (HRSG.) (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung (5. Aufl.)

DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E.V. (DWA) (2019): Merkblatt DWA-M 590 - Grundsätze und Richtwerte zur Beurteilung von Anträgen zur Entnahme von Wasser für die Bewässerung - Juni 2019; Stand: korrigierte Fassung Oktober 2019.

FRICKE, E., RIEDEL, A. (2019a): „Für wen lohnt das Zusatzwasser?“, top agrar Ratgeber Beregnung, S. 8-11, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup.

FRICKE, E., RIEDEL, A. (2019b): „Das kostet eine Beregnungsanlage“, top agrar Ratgeber Beregnung S. 12-15, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup.

FRICKE, E., RIEDEL, A. (2019c): „Gezielter Einsatz der Durstlöcher“, top agrar Ratgeber Beregnung S. 16-21, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup.

HOCHSCHULE GEISENHEIM (HRSG.) (2021): Geisenheimer Bewässerungssteuerung. Hochschule Geisenheim – Institut für Gemüsebau, online unter (zuletzt aufgerufen am 15.08.2023): <https://www.hs-geisenheim.de/gemuesebau/bewaesserung/geisenheimer-bewaesserungssteuerung/>

SCHUMANN, P. (2014): „Bedeutung der Wasserversorgung für die Pflanzen“. Bewässerung in der Landwirtschaft S.26-33, ERLING Verlag.

WESSOLEK, G., KAUPENJOHANN, M., RENGER, M. (2009): „Bodenphysikalische Kennwerte für die Praxis“. Rote Reihe Heft 40, online unter (zuletzt aufgerufen am 15.08.2023), https://www.researchgate.net/publication/294427537_Bodenphysikalische_Kennwerte_und_Berechnungsverfahren_fur_die_Praxis

8 Wechselwirkung zwischen Schaderreger und Anbau

Autor:
Dr. Bernd Augustin

8.1 Verschleppung von Schaderregern

Maßnahmen der Feldhygiene können erheblich dazu beitragen, einer Verschleppung von Schaderregern vorzubeugen und damit verbundene Probleme zu vermeiden. Welche Maßnahmen dafür geeignet sind, hängt maßgeblich von der Biologie des Schaderregers ab.

In jeder Fruchtfolge entwickelt sich ein spezifisches Schaderegerspektrum, das von vielen Einflussfaktoren abhängig ist (z.B. Anzahl, Abstand und Art der Fruchtfolgeglieder, Sortenwahl, Bodenbearbeitung). Es gilt die Ein-/Verschleppung zusätzlicher Arten zu verhindern, insbesondere, wenn diese gut an die örtlichen Rahmenbedingungen angepasst und daher schwer kontrollierbar sind.

8.1.1. Überbetrieblicher Maschineneinsatz

Der überbetriebliche Einsatz von Maschinen und Geräten birgt ein nicht zu unterschätzendes Risiko der Verschleppung von problematischen Schaderregern.

Durch Lohndrusch kann es zur Verschleppung von Unkrautarten kommen, die mit dem Erntegut durch den Mähdrescher wandern und auf nachfolgende Flächen verschleppt werden. Kritisch ist dies vor allem, wenn es sich um Arten handelt, die dort schwer bekämpfbar sind, wie beispielsweise Raukearten in Rapsfruchtfolgen. Bei den Ungräsern (Ackerfuchsschwanz, Windhalm) muss eine Verschleppung herbizidresistenter Biotypen unbedingt vermieden werden. Daher sollte, insbesondere nach der Beerntung stark verunkrauteter Flächen, eine gründliche Reinigung (Druckluft) erfolgen, um den unerwünschten Eintrag von Unkrautsamen auf nachfolgende Flächen zu verhindern. Bodenbürtige Schaderreger (z.B. Rizomania bei Zuckerrüben, Kartoffelbakteriosen, Kohlhernie, Zystennematoden) werden leicht mit Bodenbearbeitungs- oder Erntemaschinen auf zuvor befallsfreie Flächen transportiert. Dies ist besonders gravierend, wenn es sich um besonders langlebige Erreger handelt, deren Auftreten gesetzlich verankerte Reglementierungen zur Folge haben. Dies ist beispielsweise der Fall für Kartoffelkrebs und Kartoffelzystennematoden, deren Auftreten massive Einschränkungen für den Kartoffelanbau zur Folge hat. Daher müssen bei der Bearbeitung/Beerntung bekannter Befallsflächen besondere Vorkehrungen getroffen werden, um eine Verschleppung zu verhindern und befallsfreie Flächen zu schützen.

8.1.2. Ernte- und Verarbeitungsrückstände

Bei der Beerntung und Verarbeitung von Wurzelfrüchten (Kartoffeln, Rüben, Gemüse) kommt es häufig lokal zur Anhäufung bodenbürtiger Schaderreger in Putzabfällen, Erdresten und Waschwasser. Daher gilt es, für diese Hotspots geeignete Behandlungen zu finden, um einer Verschleppung vorzubeugen.

Eine längere Lagerung großer Rückstandsmengen aus der Kartoffel- u. Rübenverarbeitung in Gärteichen hat sich in dieser Hinsicht bewährt. Unter den anaeroben Bedingungen werden beispielsweise Zystennematoden sicher abgetötet.

Welche weiteren Möglichkeiten zur Dekontaminierung nutzbar sind, hängt von der Art des Materials und den örtlichen Gegebenheiten ab. Das Spektrum reicht von thermophilen Behandlungen, über Vergärung (Milchsäure) und Fermentierung (Biogasanlagen) bis zu Langsam-Sandfiltration und UV-Bestrahlung von Waschwasser.

8.2 Praxisbeispiele und Diskussion

a) Schadpflanzen

Im Rahmen des konventionellen Pflanzenbaues erfolgt die Unkrautbekämpfung meist über den Einsatz von Herbiziden, die in der Regel die meisten der auftretenden Unkrautarten sicher erfassen.

Während die Verschleppung von Klettenlabkraut mit dem Mähdrescher wegen der hohen Wirksamkeit der Herbizide noch als vergleichsweise harmlos zu bewerten ist, sind Trespenarten sehr kritisch. Dies gilt insbesondere für die Roggentrespe. Im Gegensatz zur Sterilen Trespe, die vor dem Getreide abreift, wird sie mit dem Getreide abgeerntet und daher leicht auf nachfolgende Ernteflächen verschleppt. Dort ist sie in Weizen nur mit geeigneten Sulfonylharnstoffen und in Gerste gar nicht kontrollierbar. Aufgrund ihrer biologischen Eigenschaften wird sie insbesondere auf Flächen mit reduzierter Bodenbearbeitung schnell zu einem begrenzenden Faktor.

Auch auf betriebseigenen Flächen kann es zur Einwanderung/Verschleppung kritischer Unkrautarten kommen. Es sind hauptsächlich Samenunkräuter, die aus dem Feldrain in die Flächen einwandern. Durch rechtzeitige Pflegemaßnahmen vor der Samenreife kann verhindert werden, dass sich schwer bekämpfbare Arten wie z.B. Rauken oder Trespen auf den Flächen ausbreiten (siehe auch Kapitel 2.3 b). Die Feldrainpflege hat dagegen keinen nennenswerten Effekt auf Wurzelunkräuter (Ackerkratzdistel, Ackerwinde). Auch windbürtige Samenunkräuter sind damit wegen der

Reinigung des Mädeschers mit Hochdruckreiniger beugt Verschleppung von Unkrautsamen vor. (Foto: landpixel)



begrenzten Bearbeitungsbreite kaum zu reduzieren. Die Einwanderung kritischer Kreuzkrautarten aus benachbarten Flächen (im Umkreis von ca. 200 m) in gefährdete Grünlandflächen ist beispielsweise nur durch geeignete Pflegekonzepte (Objektschutz) zu erreichen.

b) Krankheiten und Schädlinge

Ein wichtiges Ziel einer weiten Fruchtfolge ist die Reduzierung langlebiger, bodenbürtiger Schaderreger wie Kohlhernie oder Zystennematoden. Falsche Managementmaßnahmen können dies aber verhindern.

Die Kohlhernie vermehrt sich ausschließlich an kreuzblütigen Wild- und Kulturpflanzen. In Rapsfruchtfolgen ist daher darauf zu achten, dass im Rahmen von Begrünungsmaßnahmen keine Ansaaten mit Anteilen kreuzblütiger Arten gemacht werden, um den gefährdeten Raps in der Fruchtfolge zu entlasten.

Wegen der Erhöhung des Blattfruchtanteiles ist eine Integration von Raps in Rübenfruchtfolgen durchaus begrüßenswert. Da der Raps eine Wirtspflanze des Rübenzystennematoden ist, war diese Fruchtfolgeerweiterung lange Zeit tabu. Intensive Untersuchungen zeigten allerdings, dass sich die Nematoden nicht an der eigentlichen Rapskultur, sondern vielmehr am Ausfallraps vermehren. Ein gezieltes Ausfallrapsmanagement (Bekämpfung nach Temperatursumme) kann sogar genutzt werden, um den Nematodenbesatz zu verringern und damit insbesondere in Trockengebieten den unsicheren Anbau von nematodenresistenten Zwischenfrüchten (Senf- oder Ölrettichsorten, die wiederum die Kohlhernie fördern) zu ersetzen.

Was den Rübenzystennematoden betrifft, kann auch der erwünschte Effekt einer weitgestellten Rübenfruchtfolge durch ungünstige Stoppelbearbeitung des Getreides verringert werden. Der verbreitete Einsatz glyphosathaltiger Mittel führte zu einer Verzögerung der Stoppelbehandlung (beispielsweise in der Sommergerste), um auch die möglicherweise vorhandenen Wurzelunkräuter mit zu erfassen. Diese zeitliche Verzögerung ermöglicht den Nematoden, an geeigneten Wildkräutern auf der Getreidestoppel eine zusätzliche Generation zu vollenden und dadurch das

Schadpotenzial in den Rüben zu erhöhen. In Rübenfruchtfolgen muss daher die Stoppelbearbeitung der Fruchtfolgeglieder zeitnah erfolgen, um eine Zwischenvermehrung der Nematoden (und in Raps/Rüben-Fruchtfolgen auch der Kohlhernie) zu verhindern.

Im Unterschied zu den Rübenzysten- entwickeln die Kartoffelzystennematoden nur eine Generation pro Jahr. Trotz der Langlebigkeit ist das eigentlich eine optimale Voraussetzung, um ihnen mit einer weitgestellten Fruchtfolge entgegen wirken zu können. Der Erfolg kann allerdings durch sogenannte „Überhälterpflanzen“ erheblich geschwächt werden. Das sehr enge Wirtspflanzenspektrum umfasst Unkräuter aus der Familie der Nachtschattengewächse und eben die Kartoffel. In der Fruchtfolge müssen daher der Schwarze und Bittersüßer Nachtschatten (Problemarten des Gemüsebaus) und Ausfallkartoffeln intensiv bekämpft werden.

Stängelnematoden (*Ditylenchus dipsaci*) zeichnen sich durch ein sehr breites Wirtspflanzenspektrum aus und gefährden daher auch zahlreiche Kulturen. Es ist die einzige Nematodenart in unseren Breiten, die auch mit dem Saatgut bestimmter Kulturen übertragen werden kann (z.B. Erbse, Ackerbohne, Luzerne, Rotklee, Zwiebeln). Im Rahmen der Diversifizierung und der Bodenverbesserung wird verstärkt der Anbau insbesondere von Leguminosen gefordert. Damit erhöht sich die Gefahr der Einschleppung. Einmal eingeschleppt, können sie an zahlreichen Unkrautwirlen überleben, bis sie auf eine geeignete Kulturart in der Fruchtfolge treffen, die teilweise sehr sensitiv auf den Befall reagieren (Rüben, Mais, Zwiebeln). Da auch zertifiziertes Saatgut in der Regel nicht auf Befallsfreiheit kontrolliert wird, empfiehlt es sich, Saatgut der genannten Kulturarten nicht nur aus eigenem Nachbau auf Stängelnematodenbesatz untersuchen zu lassen.

Literatur

DEUTSCHE LANDWIRTSCHAFTLICHE GESELLSCHAFT (2017): Nematoden im Saatgut, DLG-Mitteilungen 8/2017

Tabelle 8.1: Einfluss der Feldhygiene auf Schaderreger (Quellen: B. Augustin und zahlreiche andere)

Einfluss der Feldhygiene auf Schaderreger (Beispiele)							
Schaderreger	Maßnahmen zur Reduzierung						
	Fruchtfolge	Bodenbearbeitung	Sortenwahl	Düngung	sonstige pfl.bauliche Maßnahmen	weitere Maßnahmen	PSM
Mikroorganismen							
Virosen							
Gelbmosaikviren der Gerste (BaYMV)	+		+++			+ Maschinenhygiene	
Gerstengelbverzwergung (BYDV)			+++		++ späte Aussaat von Winterungen, Kontrolle von Ausfallgetreide		++ ¹
Weizengelbverzwergung (CYDV)					++ späte Aussaat von Winterungen, Kontrolle von Ausfallgetreide		+ ¹
Wasserrübenvergilbungsvirus (TuYV)			+++		+ Kontrolle von Ausfallraps und anderen Wirtspflanzen	+ Anbau in großem Abstand zu potenziellen Befallsflächen	++ ¹
Rizomania (BNYVV)			+++				
Rübenvergilbungsviren (BYV, BMYV)					+ frühe Aussaat		+++ ¹
Nanoviren an Leguminosen (PNYDV...)					+ frühe Aussaat von Sommerungen	+ Anbau in großem Abstand zu potenziellen Befallsflächen, Mischkulturen	++ ¹
Phytoplasmen							
Stolburkrankheit an Kartoffeln			+		++ Kontrolle von Unkräutern als Wirtspflanzen	+ Anbau in großem Abstand zu potenziellen Befallsflächen	+ ¹
Bakteriosen							
Knollennassfäule an Kartoffeln (<i>Pectobacterium carotovorum</i> , <i>Dickeya spp.</i>)	+++				+++ gesundes Pflanzgut, Durchwuchskartoffeln bekämpfen, keine Ernte bei Nässe, Beschädigungen bei Ernte und Einlagerung vermeiden	+++ schnelle Kühlung und trockene Lagerung des Erntegutes, Maschinen- und Lagerhygiene	
Syndrom Basse Richesses (SBR) an Zuckerrüben (<i>Arsenophonus phytopathogenicus</i>)			+			+ Anbau in großem Abstand zu potenziellen Befallsflächen. Fruchtfolge in Region	
+ schwacher Effekt, ++ mittlerer Effekt, +++ starker Effekt, 1=Einsatz von PSM zur Vektorbekämpfung							

Schaderreger	Maßnahmen zur Reduzierung						
	Fruchtfolge	Bodenbearbeitung	Sortenwahl	Düngung	sonstige pfl.bauliche Maßnahmen	weitere Maßnahmen	PSM
Pilzkrankheiten und durch ähnliche Schaderreger verursachte Krankheiten							
Kohlhernie an Raps (<i>Plasmodiophora brassicae</i>)	++	+	+++	++	++ Kontrolle von Ausfallraps und anderen Wirtspflanzen	++ Maschinenhygiene	
Weißstängeligkeit an Raps (<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>)	+++		++		Kontrolle von Unkräutern als Wirtspflanzen	+ biologische Bekämpfung	++
Ährenfusariosen in Getreide	+++	++	++			++ Zerkleinerung von Ernterückständen bei Vorfrucht Getreide oder Mais	++
Cercospora-Blattflecken	++		++			Anbau in großem Abstand zu potenziellen Befallsflächen	++
Getreidemehltau (<i>Blumeria graminis</i>)			+++	+	+ späte Aussaat von Winterungen, frühe Aussaat von Sommerungen, Kontrolle von Ausfallgetreide		+++
Getreideroste (<i>Puccinia spp.</i>)			++		+ Kontrolle von Ausfallgetreide		+++
Blattseptoria (<i>Septoria tritici</i>)	+	+	+++		+ späte Aussaat von Winterungen, Kontrolle von Ausfallgetreide		+++
Schwarzbeinigkeit (<i>Gaeumannomyces graminis</i>)	+++	+	+		+ späte Aussaat von Winterungen		++
Kraut- und Knollenfäule (<i>Phytophthora infestans</i>)			+/(+++) ²		+++ gesundes Pflanzgut, Kontrolle von Durchwuchskartoffeln, frühzeitige Krautabtötung, trockene Ernte	+ schnelle Trocknung des Erntegutes, Maschinen- und Lagerhygiene	+++
+ schwacher Effekt, ++ mittlerer Effekt, +++ starker Effekt, 2 = Sorten mit gentechnisch erzeugter Resistenz							

Schaderreger	Maßnahmen zur Reduzierung						
	Fruchtfolge	Bodenbearbeitung	Sortenwahl	Düngung	sonstige pfl.bauliche Maßnahmen	weitere Maßnahmen	PSM
Schädlinge							
Rübenzystennematoden	+++		+++		++ Ausfallrapskontrolle Anbau von resistenten Zwischenfrüchten, frühe Aussaat	+ Maschinenhygiene, keine Rückführung von Reinigungserde auf landwirtschaftliche Flächen	
Kartoffelzystennematoden	+++		+++		++ Kontrolle von Durchwuchskartoffeln	+ Maschinenhygiene, keine Rückführung von Reinigungserde auf landwirtschaftliche Flächen	+
Stängelnematoden	+				+++ befallsfreies Saat- und Pflanzgut, Kontrolle von Unkräutern als Wirtspflanzen	+ Maschinenhygiene	
Ackerschnecken		+++ Pflug			++ Walzen vor der Saat		+++
Wanderschnecken					++ Walzen vor der Saat	Randbehandlungen	+++
Blattläuse					++ Kontrolle von Ausfallgetreide	Förderung von Nützlingen, Randbehandlungen	+++
Maiszünsler	++		(+++) ²				
Feldmäuse	+	+++ Pflug				++ Ablenkfütterung, Randbehandlungen	+++
+ schwacher Effekt, ++ mittlerer Effekt, +++ starker Effekt, 2 = Sorten mit gentechnisch erzeugter Resistenz							

Schaderreger	Maßnahmen zur Reduzierung						
	Frucht- folge	Bodenbe- arbeitung	Sorten- wahl	Dün- gung	sonstige pfl.bauliche Maßnahmen	weitere Maßnahmen	PSM
Samenunkräuter/ -ungräser							
Ackerfuchsschwanz	+++	++ Pflug	+		++ späte Aussaat, Scheinsaat,	++ Wirkstoffwechsel	+++
Windhalm	+++	++ Pflug	+		+	++ Wirkstoffwechsel	+++
Flughafer	+++						+++
Sterile Trespe		+++ Pflug			+ sorgfältige Stoppelbearbeitung +++ Feldrainpflege	++ Randbehandlung	++
Roggentrespe		+++ Pflug			+ sorgfältige Stoppelbearbeitung +++ Feldrainpflege	+ Maschinenhygiene (Mährescher)	++
Hirsearten	+++						+++
Raukenarten	++				+++ Feldrainpflege		+++
Storchschnabelarten	++						+++
Gänsefußarten	++						+++
Klette, Kamille Amarant, Hundspetersilie							+++
Dauerunkräuter							
Ackerkratzdistel*	++	++ Pflug	+	+++*		+ Randbehandlung	+++
Ackerwinde		++ Pflug				+ Randbehandlung	+++
Quecke	++	++ Grubber	+			+ Randbehandlung	+++
+ schwacher Effekt, ++ mittlerer Effekt, +++ starker Effekt, * besonders im ökologischen Landbau							

9 Feldhygiene und Klimawandel

Autor:
Dr. Bernd Augustin

Die Auswirkungen des Klimawandels sind im vergangenen Jahrzehnt auch in Deutschland immer sichtbarer geworden. Durch vielfältige politische Aktivitäten wird versucht, das globale Problem des Klimawandels, das auf anthropogene Aktivitäten zurückzuführen ist, zumindest zu verlangsamen. Bisher nimmt die CO₂-Konzentration jedoch weiterhin deutlich zu, wobei die aktuellen, jährlichen Zuwachsraten die höchsten seit Beginn der Messungen (1958) sind. Angesichts der Geschwindigkeit der Klimaveränderung darf bezweifelt werden, dass die bisherigen Maßnahmen ausreichen werden. Wir werden daher global in allen Bereichen, auch in der Landwirtschaft, mit den Auswirkungen leben müssen. Erste Anzeichen für den Klimawandel sind in der Nahrungsmittelproduktion bereits erkennbar.

Die Klimamodelle stellen einen Zusammenhang zwischen langanhaltenden Hitzeperioden in Europa und der Abschwächung des Jetstreams aufgrund des menschengemachten Klimawandels her. Diese Abschwächung führt zu häufigeren stabilen (stationären) Wetterlagen mit längeren Verweilzeiten von Tief- (Dauerregen) und Hochdruckgebieten (Hitzeperioden, Dürren). Vor dem Hintergrund der zu erwartenden Entwicklung mit großen jährlichen Varianzen eine resiliente, also widerstandsfähige landwirtschaftliche Produktion zu sichern, stellt Landwirtschaft, Beratung und Wissenschaft vor schwierige Aufgaben.

Da das Ausmaß der Veränderungen in den kommenden Jahren noch nicht vorhersehbar ist, können die möglichen Auswirkungen auf die landwirtschaftliche Produktion nur grob abgeschätzt werden. Es muss davon ausgegangen werden, dass vermutlich alle Elemente der Feldhygiene betroffen sein werden.

9.1 Klimawandel

Nichts bleibt, wie es war.

Dies trifft im Klimawandel ganz besonders auf den Pflanzenbau und speziell auf die Feldhygiene zu. In kaum einem anderen Bereich werden sich die Bedingungen so gravierend ändern.

Denn nahezu alle Randbedingungen des Pflanzenbaus sind bereits jetzt Veränderungen unterworfen und werden sich voraussichtlich weiter verändern:

Klima und Witterung:

- Höhe der Niederschläge und vor allem die Verteilung der Niederschläge über das Jahr
- Mitteltemperatur genauso wie Temperaturextreme
- Auftretende Dürren und die Länge der Dürreperioden
- Häufigkeit und Umfang von Starkniederschlägen und Überschwemmungen
- Spätfroste
- Ausbleibender Winterfrost



Abb. 9.1: Sonnenbrand an Tomate
(Foto: B. Augustin)

Pflanzenwachstum/-Schäden:

- Vorzeitige Pflanzenentwicklung im Frühjahr, Verlängerung der Vegetationsperiode
- Vorverlegung des Vegetationsbeginns in stark frostgefährdete Zeiträume
- Wassermangel in wesentlichen Abschnitten der Vegetationsentwicklung, z. B. Verdorrender Auflauf bei Frühjahrstrockenheit, schlechtere Kornfüllung
- Lagerschäden nach Starkregen/Hagel
- Verschlechterung der Qualität des Erntegutes
- Verzerrung der Maßnahmen in der Bestandesführung – schwierige Planbarkeit (Pflanzenschutz, Düngung, Bodenbearbeitung)
- Verstärkung der regionalen Differenzierung (Standort, Niederschlag)

Schadorganismen

- Verstärktes Auftreten von wärmeliebenden Schadorganismen (Insekten, Nematoden, pilzlichen und mikrobiellen Schaderregern genauso wie von invasiven Pflanzenarten)

Durch die global steigenden Durchschnittstemperaturen wird ein verstärktes Abschmelzen der Gletscher Grönlands und der Antarktis erwartet, was zu einem Anstieg der Meeresspiegel weltweit führen wird – mit entsprechenden Auswirkungen: Die Besiedelungseignung wie auch die landwirtschaftliche Nutzung der Küstenregionen werden dadurch nachhaltig eingeschränkt werden.

Aber auch küstenferne Gebiete werden von den Klimaveränderungen betroffen sein. Zunehmende Hitzeperioden werden im Sommer verstärkt zu Trockenheit führen. Es werden vermehrt Extremniederschlagsereignisse vor allem im Winterhalbjahr erwartet (IPCC, 2022 ; www.de-ipcc.de). Dadurch wird viel Niederschlag oberflächlich abfließen und für die Grundwasserneubildung verloren gehen. Gleichzeitig steigt die Erosionsgefahr sowohl durch Wind wie auch durch Starkniederschläge.

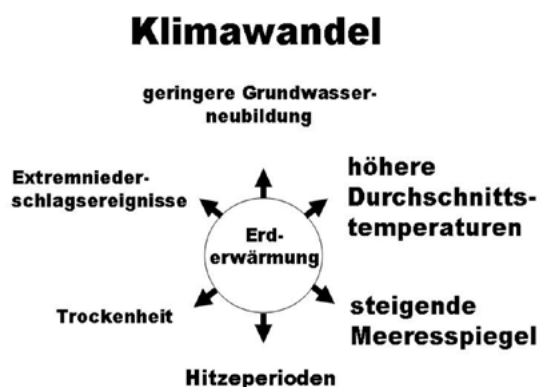


Abb. 9.2: Absehbare Auswirkungen des Klimawandels auf wichtige Rahmenbedingungen der landwirtschaftlichen Produktion (Grafik: B. Augustin)

Einige mögliche Konsequenzen für die betriebliche Praxis und die Feldhygiene werden in den folgenden Abschnitten skizziert. Sie sind Beispiele und natürlich weder abschließend noch hinsichtlich der unterstellten Bedingungen sicher. Es geht um die Verdeutlichung der notwendigen Flexibilität in der Anpassung betrieblicher Planung, wie auch der Abläufe und Aktivitäten.

Gefordert ist die Bereitschaft, sich auf sich verändernde Grundbedingungen vorzubereiten und Handlungsoptionen zu entwickeln und „vorzuhalten“.

9.2 Kultur- und Sortenwahl, Fruchtfolge

Der Klimawandel verändert die Rahmenbedingungen für die landwirtschaftliche Produktion. Es sind Verschiebungen der Anbauregionen für die Kulturen in Abhängigkeit von Temperatur- und Niederschlagsverteilung zu erwarten. Die Fruchtfolgen werden dementsprechend angepasst werden müssen. Kulturarten, die zu den sogenannten C₄-Pflanzen gehören, können unter ariden Bedingungen effektiver Photosynthese betreiben (z.B. Mais, Hirsen, Chinaschilf), was zu einer Ausdehnung der Anbaufläche führen dürfte. C₃-Pflanzen können aufgrund des steigenden CO₂-Gehaltes der Atmosphäre mit Zuwachssteigerungen reagieren, wenn Wasser und Nährstoffe ausreichend verfügbar sind.

Im Sommerhalbjahr könnten weitere, trockenresistente Kulturen wie Grannenweizen und Durum in den Ackerbaueregionen und Luzerne zur Futtergewinnung an Bedeutung gewinnen.

Der Anbau alternativer, wassergenügsamer Kulturen wie Linsen, Sojabohnen, aber auch Kichererbsen u.ä. wird sich abhängig von den Vermarktungsmöglichkeiten entwickeln. Auch andere Nutzpflanzenarten könnten sich auf trockenwarmen Standorten mittelfristig zu möglichen Nischen-Alternativen entwickeln, z. B. Dauerkulturen wie Rosmarin, Lavendel oder Agaven, im Bereich der Agroforstwirtschaft z. B. auch Feige, Maulbeere oder Mispel.

Gleichzeitig könnten wasserbedürftige Kulturen wie Rüben oder Kartoffeln in feuchtere Regionen verdrängt werden.

Die Flächenstilllegung wäre als Beitrag zum Naturschutz eine weitere Option nach Witterungsextremen oder auf problematischen Standorten (sandige oder flachgründige Standorte).

Sofern die Erwärmung künftig auch zu mildereren Wintern ohne stärkere Temperatureinbrüche führt, sind neue Kulturverfahren, wie beispielsweise der Winterrübenanbau, vorstellbar. Dadurch ließe sich der Trockenstress im Sommer vermeiden und der Winterwasservorrat könnte besser genutzt werden. Voraussetzung hierfür ist allerdings, dass entsprechend schossresistente Rübensorten verfügbar sind.

Bei den Ackerbaukulturen wird die Trockenresistenz erheblich an Bedeutung gewinnen und bei der standortangepas-

ten Sortenwahl oberste Priorität erlangen. In der Pflanzzüchtung werden bereits erhebliche Anstrengungen in dieser Hinsicht unternommen.

In Obst- und Weinbau kann die Trockenresistenz durch die Wahl geeigneter Unterlagen möglicherweise verbessert werden. Die Weinbauregionen werden sich voraussichtlich sowohl in der Fläche wie auch in der Höhenlage ausdehnen bzw. hinsichtlich der Sorteneignung verschieben. Die Wahl wärmeliebender Sorten (z.B. Merlot, Sauvignon Blanc, Syrah) kann künftig zur Ertragsstabilisierung beitragen.

9.3 Bodenbearbeitung

Trockenperioden und Extremniederschlagsereignisse werden künftig verstärkt erosionsmindernde Maßnahmen erforderlich machen, um Bodenabtrag durch Wind oder Wasser zu verhindern. Im Ackerbau kann eine reduzierte Bodenbearbeitung (soweit ohne Glyphosat-Anwendung möglich) in dieser Hinsicht eine geeignete Maßnahme darstellen. Eine Weiterentwicklung von Mulch- und Direktsaat wäre hier vorstellbar mit dem Ziel, den Boden möglichst lange zu bedecken, um die Sonneneinstrahlung und die passive Verdunstung einzuschränken.

In Obst- und Weinbau sind die Ziele ähnlich. Hier sind mechanische Verfahren zur Pflege der Pflanzstreifen in Hanglagen wegen der Begünstigung der Wassererosion nur begrenzt möglich. Die Entwicklung von Pflanzstreifenabdeckungen ist in dieser Hinsicht erfolgversprechend. Geeignete Untersaaten oder ein Aufbringen von organischem/anorganischem Material können hier helfen. Allerdings gilt es unerwünschte Nebenwirkungen zu vermeiden, wie verstärkten Mäusefraß oder mögliche Probleme mit Wurzelpilzen.

9.4 Bestandesführung

Maßnahmen der Bestandesführung werden sich künftig verstärkt an den aktuellen Witterungsverhältnissen am Standort orientieren.

Unsicher scheint die zukünftige Niederschlagsentwicklung im Frühjahr zu sein. So hat in den letzten zwölf Jahren die Frühjahrstrockenheit immer wieder zu Problemen, besonders auf leichten Böden und bei Sommerungen, geführt (bis zum Komplettausfall von Kulturen).

Aufgrund von Trockenperioden könnte sich der Aussaattermin von Winterungen verzögern. Durch das Warten auf eine höhere Bodenfeuchte im Oberboden kann der Auflauf verbessert werden. In Abhängigkeit von der Triebkraft der Kulturen kann auch eine standortabhängige, maximale Ablagetiefe dazu beitragen, dieses Ziel zu erreichen.

Düngungsmaßnahmen dürften sich künftig weniger an Entwicklungsstadien der Kulturen, sondern verstärkt an den Aufnahmebedingungen für den Dünger orientieren. Eine

platzierte Düngung im Wurzelbereich würde die Aufnahme erleichtern und Nährstoffverluste minimieren.

Bei schwindenden Wasservorräten ist zu erwarten, dass die Bewässerungsmöglichkeiten eingeschränkt werden und sich verteuern. In Reihenkulturen wird daher nach Möglichkeit eine Tropfbewässerung zum Einsatz kommen, um die hohen Wasserverluste der Kreisregner zu vermeiden. Mit zunehmender Erwärmung verlängern sich tagsüber die Phasen mit niedriger Luftfeuchte. Notwendige Pflanzenschutzmittel-Anwendungen sollten sich daher künftig verstärkt an der Luftfeuchtigkeit am Standort orientieren. Eine höhere Luftfeuchtigkeit (früh morgens oder später am Abend) reduziert Verdunstungsverluste und erleichtert die Aufnahme der Wirkstoffe. Durch den Tagesgang der Windgeschwindigkeit sind diese Zeiträume meist verbunden mit einer geringeren Windgeschwindigkeit, was gleichzeitig zu einer Verringerung von Abdrift führt.

9.5 Schaderreger

Das Auftreten von Schaderregern ist von vielen Faktoren abhängig. Klimatische Veränderungen sind dabei von großer Bedeutung.

Die feuchtigkeitsaffinen pilzlichen Krankheitserreger (z.B. *Cercospora* in Rüben, *Rhynchosporium* an Gerste, Falscher Mehltau, Krautfäule der Kartoffel, Apfelschorf) dürften an Bedeutung verlieren. Zunehmen könnten Probleme mit pilzlichen Erregern, die weniger feuchtigkeitsabhängig und hoch mobil sind, wie beispielsweise Mehltäupilze und Schwarzrost. Ausgeprägte Trockenphasen sollten Schneckenprobleme minimieren.

Auch unter den tierischen Schaderregern, deren Entwicklung temperatur- oder wärmeabhängig ist, sind Verschiebungen zu erwarten. Diese Verschiebungen können das regionale Auftreten und das Auftreten innerhalb der Vegetationsperiode betreffen. Die Entwicklung der Schadereger beschleunigt sich und kann dazu führen, dass mehr Generationen im Jahr gebildet werden.

Wärmeliebende Arten profitieren von den höheren Temperaturen. So sind Rübenzystennematoden Problemschädlinge im Rübenanbau, die mehrere Generationen im Jahr bilden können, im Vorteil. Die Entwicklung beginnt ab einer Bodentemperatur von 8° C. Jede Generation benötigt eine Temperatursumme von 465° C. Derzeit bringen sie es auf etwa 3 Generationen pro Rübensaison. Durch den Klimawandel könnte sich die Entwicklung beschleunigen und eine zusätzliche 4. Generation gebildet werden. Das kostet Ertrag und erhöht den Selektionsdruck bei den toleranten Rübensorten. Langfristig kann das dazu führen, dass Zuckerrüben in einer weiteren Fruchtfolge angebaut werden müssen.

Wurzelgallenälchen sind als besonders wärmebedürftig bekannt. Sie könnten sich mit steigenden Temperaturen im Acker- und Gemüseanbau schneller und intensiver aus-

breiten. Besonders kritisch sind in diesem Zusammenhang gesetzlich geregelte Arten (Quarantänearten), wie die Nematodenarten *Meloidogyne chitwoodi* oder *M. fallax*, deren Auftreten mit weitreichenden, verpflichtenden Gegenmaßnahmen verbunden ist. Diese wären auch anzuwenden, wenn sich der Kiefernholznematode in unseren Wäldern ausbreitet. Er benötigt für eine optimale Entwicklung im Juli/August eine Durchschnittstemperatur von über 20° C und hat sich von Nordamerika aus bereits in zahlreiche Länder ausgebreitet, u.a. nach Portugal und Mallorca.

In den letzten Jahren war eine zunehmende Ausbreitung eingewanderter, wärmeliebender Insektenarten zu beobachten. Ein Beispiel dafür ist der Maiszünsler, der sich immer weiter in die höher gelegenen Maisanbaugebiete ausbreitet. Auch bei den Insekten gibt es sog. „Geregelte Schädlinge“, insbesondere Quarantäne-Schädlinge, die nach EU-Recht einer strikten Kontrolle unterliegen. Besonders kritische Arten sind z. B. der Japankäfer, die Platanen-netzwanze, der Asiatische Laubholzbockkäfer (ALB) oder der Maiswurzelbohrer.

Auch unter den Wildpflanzen gibt es Arten, die besonders von höheren Temperaturen profitieren und gegebenenfalls die eher kältetoleranten einheimischen Arten verdrängen. Beispiele dafür sind die Hirsearten, der Stechapfel, die Samtpappel oder das Orientalische Zackenschötchen.

Sehr kritisch zu bewerten sind insbesondere Arten, die nicht nur in der Landwirtschaft Probleme bereiten können, sondern zusätzlich ein negatives Potenzial für die menschliche Gesundheit besitzen. Das Schmalblättrige Kreuzkraut wurde ursprünglich aus Südafrika eingeschleppt und ist jetzt bereits bundesweit entlang von Autobahnen und Schienenwegen, wegen der dort höheren Temperaturen, zu finden. Im Zuge der Klimaerwärmung könnte es sich von

dort flächendeckend ausbreiten. Es enthält leberschädigende Pyrrolizidin-Alkaloide, die nicht nur Weidetiere schädigen, sondern u.U. auch über kontaminierten Honig in die menschliche Nahrungskette gelangen können.

Ein weiteres Beispiel für eine, für die menschliche Gesundheit kritische, wärmeliebende und invasive Pflanzenart ist die Beifussblättrige Ambrosie, die aus Nordamerika eingeschleppt wurde. Ihre aggressiven Pollen führen bereits in niedrigen Konzentrationen nicht nur bei Allergikern zu heftigen allergischen Reaktionen.

9.6 Fazit

Der Klimawandel als globales Problem gewinnt immer mehr an Bedeutung. Die Geschwindigkeit, mit der die Veränderungen stattfinden und die zukünftigen Auswirkungen, die sie mit sich bringen werden, können nur abgeschätzt werden.

Wir müssen davon ausgehen, dass der Klimawandel erheblichen Einfluss auf die Landbewirtschaftung, das Spektrum der Schaderreger und damit auch auf die Feldhygiene haben wird.

Auch wenn im Moment die Tendenz deutlich in Richtung „wärmer“, „höherer Wasserbedarf“, „längere Vegetationszeit“ geht, bleibt auf der anderen Seite das Risiko einer (bislang noch nicht kalkulierbaren) verstärkt kontinentaleren, winterkälteren Klimavarianz, und dies durchaus im jährlichen Wechsel mit trocken-heißen Jahren ohne Frost und extrem niederschlagsreichen Jahren.



Abb. 9.3: Stechapfel in Maiskultur
(Foto: B. Augustin)

10 Feldhygiene und Biodiversität

Autoren:

Dr. Rolf Balgheim

Dr. Bernd Augustin

Als Biodiversität bezeichnet die Biodiversitätskonvention der Vereinten Nationen¹² die Vielfalt aller lebenden Organismen, Lebensräume und Ökosysteme unseres Planeten. Dazu gehören besonders die Vielfalt unterschiedlicher Arten, die genetische Vielfalt innerhalb einzelner Arten, sowie die Vielfalt an Biotopen und Ökosystemen, sowie an Ökosystemfunktionen wie Bestäubung und Samenverbreitung.

Wesentlicher Inhalt des Abkommens ist auch die gerechte und nachhaltige Nutzung dieser Ressourcen durch den Menschen. Eine Bewirtschaftung von Flächen, gleich welcher Art, führt allerdings immer zu Veränderungen bzw. Reduzierungen gegenüber dem natürlich vorkommenden Artenspektrum. Dies ergibt sich aus der Zielsetzung, einzelne Nutzpflanzenarten oder -artengruppen ertragreich anzubauen. Daher ist dort eine ähnliche Artenvielfalt wie auf Naturflächen nicht zu erreichen. Agrarflächen gehören grundsätzlich zu den mäßig stark bis stark menschlich beeinflussten Lebensräumen (sog. Hemerobiestufe H5 bis H8) (KRATOCHWIL/SCHWABE, 2002)¹³.

Auf der Ebene ackerbaulicher Ökosysteme liegt der Schwerpunkt der Biodiversitätsförderung auf der – im Rahmen der Nutzung möglichen – Erhaltung des Artenspektrums charakteristischer Lebensgemeinschaften. Dies lässt sich etwa durch Sicherung von Rückzugsbereichen erreichen, von denen aus z.B. eine Wiederbesiedlung von Ackerflächen erfolgen kann. Diese Rückzugsbereiche dienen nicht zuletzt auch der Erhaltung und Förderung von Nützlingen resp. nützlichen Organismen (Funktionelle Biodiversität).

Die Ausführungen der vorhergehenden Kapitel zum Themenkomplex Feldhygiene beziehen sich auf eine Landbewirtschaftung im Rahmen eines Integrierten Landbaues mit ökonomischer Zielsetzung, d.h. der Produktion von Erntegut (Nahrungs- u. Futtermittel, Rohstoffe) in ausreichender Menge und Qualität. Dazu gehört auch, sofern erforderlich, der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln im Rahmen der Zulassung und nach klaren Regeln (z.B. Anwendungsbestimmungen, Bekämpfungsschwellen). Die Umsetzung der verschiedenen Möglichkeiten im Rahmen der Feldhygiene muss Standort bezogen in Abhängigkeit von den jeweiligen Rahmenbedingungen erfolgen, mit dem Ziel, nachhaltig gesunde und ertragreiche Bestände zu erhalten.



Abb. 10.1: Spontan begrünter artenreicher Feldrand bietet Nahrungs-, Lebens- und Rückzugsraum für zahlreiche Nützlinge und auch für bodenbrütende Vogelarten (Foto: B. Augustin)

Ein Beispiel für den Ersatz von Pflanzenschutzmitteln wäre die mechanische Unkraut- und Ungrasbeseitigung (Striegel, Hacke). Sie ist sehr witterungsabhängig und daher in der Regel weniger effizient als der Einsatz von Herbiziden. Gegen Ackerfuchsschwanz, einem der wichtigsten Problemungräser im Ackerbau, ist auch mit mehrfachem Striegeleinsatz im Schnitt nur ein Wirkungsgrad von 50 % zu erreichen (ANONYM, 1990-93). Daraus resultiert eine höhere Unkrautkonkurrenz mit nicht zu unterschätzendem negativem Einfluss auf das Ertragsgeschehen. Die Wirkung beruht überwiegend auf dem Verschütten und weniger auf einem Ausreißen der Schadpflanzen. Dadurch ergibt sich auch bei den mechanischen Maßnahmen zur Unkrautkontrolle eine selektive Wirkung. Ältere und großsamige Schadpflanzen werden schlechter erfasst.

Eigene Beobachtungen zeigen, dass sich das Artenspektrum auch bei mechanischem Pflanzenschutz auf letztlich einige wenige dominante, standortspezifische Wildkrautarten reduziert. Die Folge ist daher eher eine Veränderung des Wildkrautspektrums mit begrenzter Auswirkung auf die pflanzliche Artenvielfalt. Nicht unerwähnt bleiben sollten die möglichen Kollateralschäden, die ein Striegeleinsatz auf Bodenbrüter (z.B. Feldlerche, Rebhuhn) und Niederwild (junge Feldhasen) haben kann.

¹² Vgl. hierzu

„Convention on Biological Diversity“ (Rio de Janeiro, 1992), United Nations Environment Programme, 1992: <https://www.cbd.int/convention/> sowie

BMU: Das Internationale Übereinkommen über die biologische Vielfalt; <https://www.bmu.de/themen/naturschutz-artenvielfalt/naturschutz-biologische-vielfalt/biologische-vielfalt-international/das-internationale-uebereinkommen-ueber-die-biologische-vielfalt>

¹³ Kratochwil, A./Schwabe, A.: Ökologie der Lebensgemeinschaften – Bioökologie, VTB, 2002

In Tabelle 10.1 sind die Modelle und Maßnahmen zusammengefasst, die versuchen pflanzliche Produktion und Naturschutz bzw. Förderung der Artenvielfalt mit einander zu verbinden. Durch eine reduzierte Intensität von Düng- und Pflanzenschutzmitteln ist sicherlich eine Umweltentlastung zu erwarten. Der Einfluss auf die Biodiversität dürfte dagegen nach Einschätzung der Autoren von untergeordneter Bedeutung sein.

Maßnahmen zur Förderung der Biodiversität

Zur Erhöhung der Biodiversität bedarf es eher gezielter Fördermaßnahmen. Auf den Produktionsflächen können durch angepasste Maßnahmen gezielt seltene Arten gefördert werden, die von landwirtschaftlicher Bewirtschaftung abhängig sind, wie beispielsweise seltene Ackerwildkrautarten, Feldhamster oder Feldlerche.

Möglichkeiten zur Förderung der Artenvielfalt werden z.B. von der Stiftung Rheinische Kulturlandschaft in ihrem AgrarNatur-Ratgeber¹⁴ vorgestellt. Er enthält einen umfangreichen Teil mit Maßnahmen-Steckbriefen für unterschiedliche Bereiche.

Das Verbundprojekt „Lebendige Agrarlandschaften – Landwirte gestalten Vielfalt“ bietet in einem Praxis-Handbuch eine Maßnahmen-Übersicht konkreter Umsetzungsbeispiele von Blühstreifen bis zu Saumstrukturen im Weinbau:

https://www.bauernverband.de/fileadmin/user_upload/dbv/themendossiers/Umwelt_Artenschutz/Interaktives_Praxis-Handbuch_20201208_compressed.pdf

Auch im Rahmen des F.R.A.N.Z.-Projektes („Für Ressourcen, Agrarwirtschaft & Naturschutz mit Zukunft“ wurde mit der Steckbrief-Sammlung „Naturschutzmaßnahmen in der Landwirtschaft“ ein Überblick über verschiedene Maßnahmen mit Empfehlungen und Hinweisen zur Umsetzung herausgegeben:

https://www.franz-projekt.de/uploads/Downloads/Ma%C3%9Fnahmenbuch_F.R.A.N.Z._154x216.pdf

Durch Schaffung zusätzlicher Nahrungs- und Rückzugsangebote im Rahmen eines Vertragsnaturschutzes (z.B. Blühstreifen, Abb. 10.1) kann die Artenvielfalt (insbesondere der Insekten) außerhalb der Produktionsflächen gezielt gefördert werden.

In Kapitel 2 - Feldhygiene und Standortfaktoren - wurde bereits auf die an landwirtschaftlich unmittelbar angrenzenden Flächen (Feldraine) eingegangen. Nur in wenigen Ausnahmefällen gelingt es bestimmten Schadorganismen, aus den Feldrainen in die Produktionsflächen einzuwandern, d.h. es gibt ein begrenztes Schadpotenzial, das im Blick behalten werden muss.

Aus der Sicht des Naturschutzes sind die Feldraine sehr vielgestaltige Habitate, die auch noch miteinander vernetzt sind. Eine angepasste Bewirtschaftung fördert daher die Artenvielfalt.

Das segregative Modell von Produktions- und Naturschutzflächen mit entsprechender Bewirtschaftung der Weg- und

Tabelle 10.1: Pflanzliche Produktion und Förderung der Artenvielfalt

Modell	Maßnahmen	Auswirkungen/Ziel
Integrativ (einschließend)	<p>Produktion und Artenschutz auf derselben Fläche</p> <p><i>allgemein:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Anlage von Blühstreifen ■ Reduzierung der Düngung und des Pflanzenschutzmitteleinsatzes im Integrierten Landbau ■ Förderung des Biologischen Landbaues <p><i>selektiv:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ■ gezielte Programme zum Schutz seltener Arten von Bewirtschaftungsflächen (Kulturfolgern), wie beispielsweise Feldhamster oder seltene Ackerwildkrautarten. 	<p>Ausweitung des Biologischen Landbaues: Ertragsrückgang bis zu 40 %, Kompensation der Ertragsrückgänge durch Ausweitung der Produktionsflächen notwendig</p> <p>Vertragsnaturschutz</p>
Segregativ (trennend)	<p>Produktion und Artenschutz auf getrennten Flächen</p> <p><i>Produktion:</i> auf Basis des Integrierten Pflanzenbaues (einschl. Feldhygiene)</p> <p><i>Artenschutz:</i> Rückführung und Aufbereitung ausgewählter Flächen und Öffnung der Bodenoberfläche, also Schaffung entsprechender Habitate oder Nutzung vorhandener Habitate</p>	<p>Förderung der Artenvielfalt durch Schaffung entsprechender Lebensräume</p> <p>Keine Ausweitung der Produktionsflächen notwendig</p> <p>Regelung einer Entschädigung für Flächen, die aus der Produktion genommen werden</p>

Tabellarische Teilzusammenfassung (geändert) aus: KUNZ, W. (2019): Eine Aufgabe für Landwirte - Insekten brauchen gepflegte Habitate - Naturschutz allein genügt nicht (Vortrag zum 50. Hessischen Imkertag 2019)

¹⁴ Stiftung Rheinische Kulturlandschaft (Hrsg.): AgrarNatur-Ratgeber: Arten erkennen, Maßnahmen umsetzen, Vielfalt bewahren; Bonn, 2019; online: https://www.dbu.de/OPAC/ab/DBU-Abschlussbericht-AZ-34951_01-Hauptbericht.pdf

Feldraine, auch unter Gesichtspunkten der Feldhygiene, bietet dazu Anknüpfungspunkte. Ein Praxisleitfaden für eine artenreiche Gestaltung von Weg- und Feldrainen wurde beispielsweise vom Landesamt für Natur-, Umwelt- und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) veröffentlicht¹⁵.

Das gilt nicht nur für die Feldraine, sondern auch für die zahlreichen „Randvegetationen“ im Siedlungsbereich (z.B. entlang von Wohn-, Gewerbe- und Industriegebieten, Straßen, Feld- u. Waldwegen). Etwa 17 % der Fläche Deutschlands werden als Siedlungs-, Verkehrs- und sonstige Flächen genutzt – mit steigender Tendenz. Hier gibt es noch erheblichen Handlungsspielraum im Sinne des Naturschutzes. Mit einer naturfreundlichen Pflege/Bewirtschaftung dieser Flächen lassen sich vernetzte Strukturen mit vielfältigen Habitaten schaffen (Abb. 10.2). Ein Praxisleitfaden für die Anlage und Pflege („Eh da-Flächen nutzen – Artenvielfalt fördern“), sowie aktive Unterstützung, bietet das Institut für Agrarökologie (IfA) der AgroScience in Neustadt/W..

Literatur

ANONYM (1990-93): Berichte aus dem Fachgebiet Herbolgie der Universität Hohenheim, Heft 40-43, 1990-1993.

ANONYM (2020): Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung, Statistisches Bundesamt, FS 3 Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, R.5.1.

ANONYM (1992): „Convention on Biological Diversity“ (Rio de Janeiro, 1992), United Nations Environment Programme, 1992: <https://www.cbd.int/convention/>

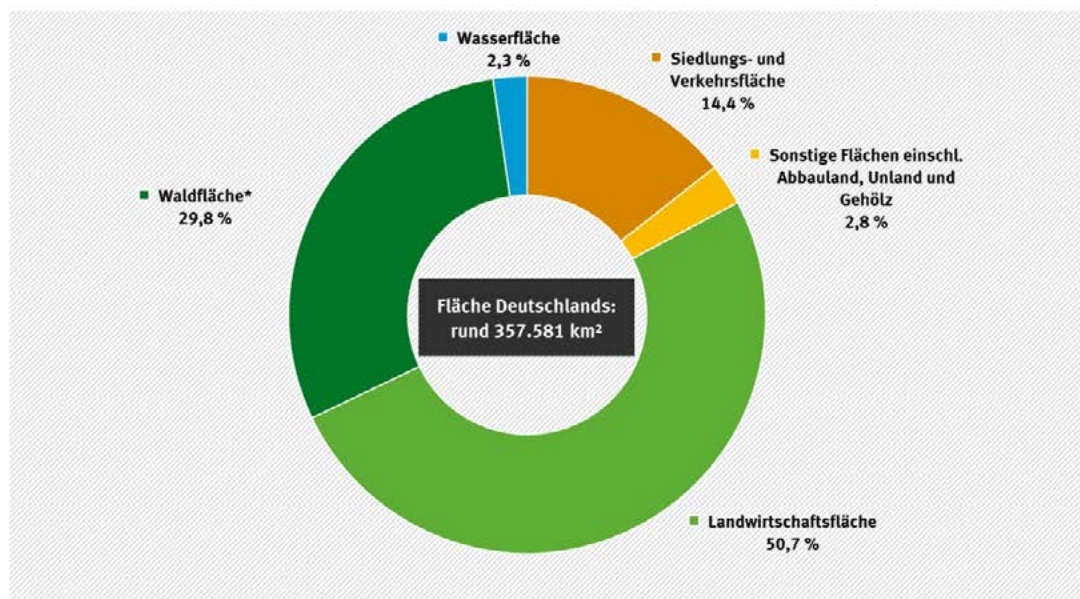
DBV (Hrsg.) (2020): PRAXIS-HANDBUCH Produktionsintegrierte Naturschutzmaßnahmen; Verbundprojekt Lebendige Agrarlandschaften (Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF), Deutscher Bauernverband (DBV), Stiftung Rheinische Kulturlandschaft, Stiftung Westfälische Kulturlandschaft, Bauern- und Winzerverband Rheinland-Nassau), Berlin 2020. https://www.bauernverband.de/fileadmin/user_upload/dbv/themendossiers/Umwelt_Artenschutz/Interaktives_Praxis-Handbuch_20201208_compressed.pdf

DBV (Hrsg.) (2019): Naturschutzmaßnahmen in der Landwirtschaft“, Aktueller Überblick über Maßnahmen aus dem Projekt „F.R.A.N.Z.“, Berlin 2019. https://www.franz-projekt.de/uploads/Downloads/Ma%C3%9Fnahmenbuch_F.R.A.N.Z._154x216.pdf

LANUV (Hrsg.) (2017): „Blühende Vielfalt am Wegesrand – Praxis-Leitfaden für artenreiche Weg- und Feldraine. LANUV-Info 39, https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuvpubl/1_infoblaetter/info39_Broschuere_Wegrain.pdf

STIFTUNG RHEINISCHE KULTURLANDSCHAFT (HRSG.) (2019): AgrarNatur-Ratgeber: Arten erkennen, Maßnahmen umsetzen, Vielfalt bewahren; Bonn, 2019; online: https://www.dbu.de/OPAC/ab/DBU-Abschlussbericht-AZ-34951_01-Hauptbericht.pdf

Flächennutzung in Deutschland (Stand 31.12.2019)

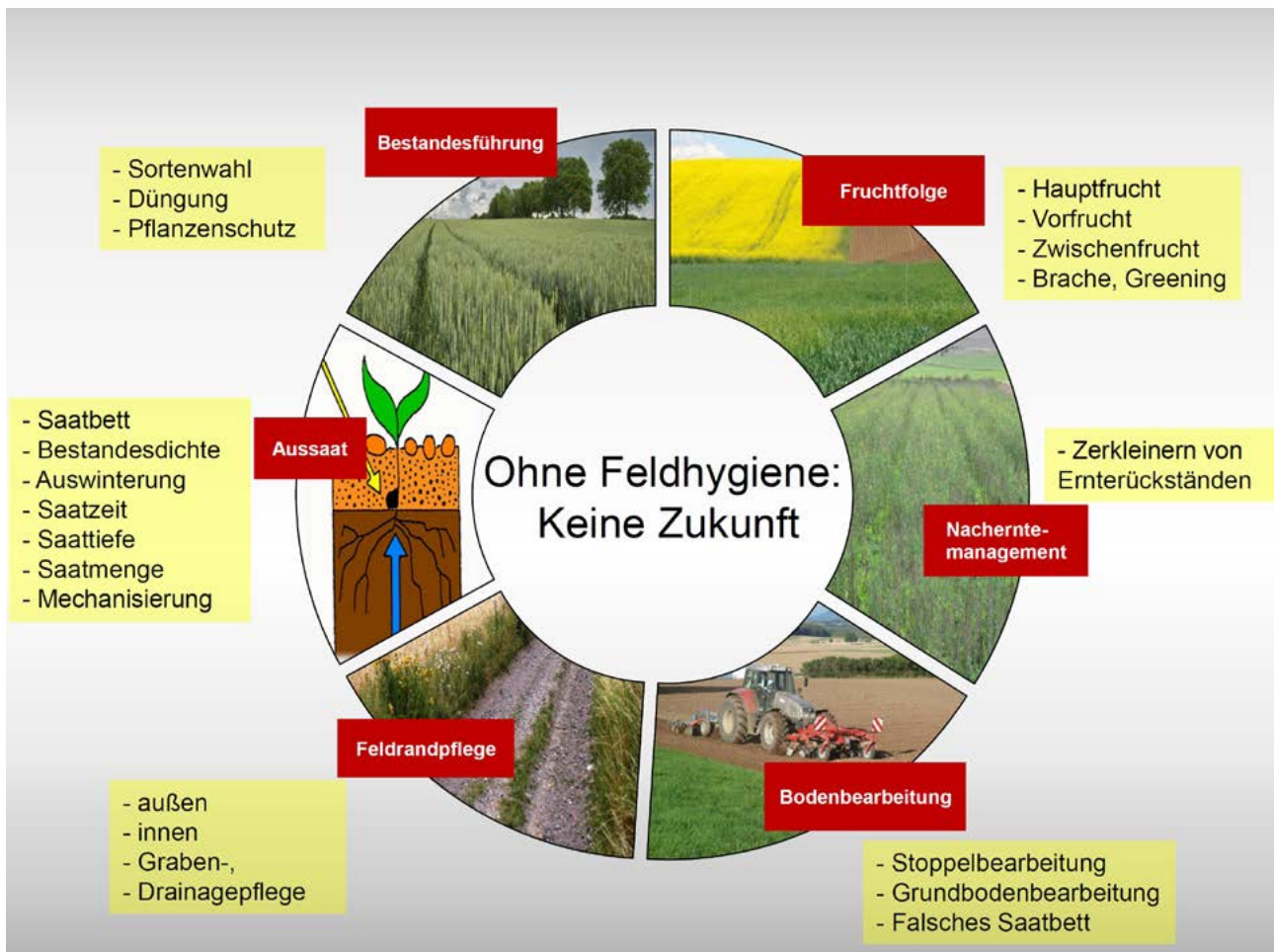


* Seit 2016 werden Waldflächen in der Statistik ohne Gehölze ausgewiesen. Gehölz wird getrennt unter „sonstige Flächen“ erfasst. Inklusive Gehölze läge der Anteil der Waldfläche bei 31,0 %.

Quelle: Statistisches Bundesamt 2020, FS 3 Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, R. 5. 1 Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung 2019

Abb. 10.2: Flächennutzung in Deutschland 2019 (Quelle: Destatis 2020)

15 LANUV: „Blühende Vielfalt am Wegesrand – Praxis-Leitfaden für artenreiche Weg- und Feldraine. LANUV-Info 39, https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuvpubl/1_infoblaetter/info39_Broschuere_Wegrain.pdf



(Grafik: F. Käufler)

Der Erfolg der Feldhygiene liegt in der Verknüpfung aller oben dargestellten Bausteine im Sinne des integrierten Pflanzenbaus.

Nur die Beachtung und das abgestimmte Zusammenwirken aller Aspekte der Feldhygiene sichern die Nachhaltigkeit und den wirtschaftlichen Erfolg für die landwirtschaftliche Praxis.



Mitglieder der Autorengruppe



Dr. Bernd Augustin (LR i.R.)
 Koordinator der Autorengruppe
 Vormals:
 Dienstleistungszentrum Rheinhessen
 Nahe Hunsrück
 Rüdesheimerstr. 60,
 55545 Bad Kreuznach
 dlr-rnh@dlr.rlp.de



Manja Landschreiber
 Landwirtschaftskammer
 Schleswig-Holstein
 Meesenring 9
 23566 Lübeck
 mlandschreiber@lksh.de



Dr. Rolf Balgheim (LD i. R.)
 Vormals:
 Regierungspräsidium Gießen
 Dez. 51.4 -Pflanzenschutzdienst-
 Schanzenfeldstr. 8,
 35578 Wetzlar
 psd-wetzlar@rpgi.hessen.de



Dr. agr., Dr. sc. Bernhard Pallutt (i.R.)
 Vormals:
 Julius-Kühn-Institut für Kulturpflanzen (JKI)
 Erwin Baur Str. 27,
 06484 Quedlinburg
 poststelle@julius-kuehn.de



Ekkehard Fricke
 Sachgebietsleiter Beregnung und
 Wassermanagement
 Geschäftsführer Fachverband
 Feldberegnung e.V. bei der
 Landwirtschaftskammer
 Niedersachsen
 Fachbereich 3.15 Wassermanagement,
 Wasser- und Bodenschutz
 Wunstorfer Landstr. 9, 30453
 Hannover
 ekkehard.fricke@lwk-niedersachsen.de



Johannes Roeb
 Landwirtschaftskammer
 Nordrhein-Westfalen
 Fachbereich 61 - Landbau,
 Nachwachsende Rohstoffe
 Gartenstraße 11,
 50765 Köln-Auweiler
 johannes.roeb@lwk.nrw.de



Mario Hehne
 Dipl. Geogr.
 Apus Systems
 Geschäftsführer (Mario Hehne und
 Fabian Naumann GbR)
 Am Eiswurmlager 5
 01189 Dresden
 hehne@apus-systems.com



Dr. Norbert Uppenkamp (i.R.)
 Vormals:
 Landwirtschaftskammer
 Nordrhein-Westfalen
 Nevinghoff 40, 48147 Münster
 Fachbereich 61
 Referent für Technik in der
 Außenwirtschaft
 info@lwk.nrw.de



Frank Käufler
 Dipl. Ing. Landbau
 Arbeitskreis Ackerbau
 Rudolf-Harbig-Str. 4
 34576 Homberg/Efze
 Frank.Kaeufler@ackerexperte.de
 frank.kaeufler@rbv-kurhessen.de



Prof. Dr. Franz Wiesler (i.R.)
 Vormals:
 LUFA Speyer
 Obere Langgasse 40
 67346 Speyer
 info@lufa-speyer.de

KTBL-Veröffentlichungen



Drohnen in der Landwirtschaft

Übersicht und Potenzial
(Grenzdörffer, G)

In dieser Schrift erfahren Landwirtinnen und Landwirte sowie potenzielle Dienstleister - auch für Einsteiger gut verständlich - wie landwirtschaftliche Fernerkundung funktioniert und welche Drohnentechnik zur Verfügung steht. Kosten und Flächenleistungen werden genauso beschrieben wie die besonderen rechtlichen Anforderungen.

Erscheinungsjahr 2022

124 Seiten · Schrift, 23 €

Bestell-Nummer: 11527 · ISBN 978-3-945088-86-9



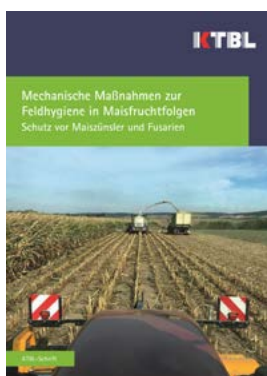
Streifenbodenbearbeitung

Eine Bestandsaufnahme aus Forschung und Beratung
(Grube, J.)

Die Schrift richtet sich an Vertreter der landwirtschaftlichen Beratung sowie an praktische Landwirte und Lohnunternehmer. Sie gibt einen Überblick über den Stand der Versuche zum Thema Streifenbodenbearbeitung in Forschung und Beratung.

Erscheinungsjahr 2021, 116 Seiten, 22 €

Bestell-Nr. 11521 · ISBN 978-3-945088-79-1



Mechanische Maßnahmen zur Feldhygiene in Maisfruchtfolgen

Schutz vor Maiszünsler und Fusarien

Die Überlebensräume der Schädlinge werden durch die mechanischen Maßnahmen vernichtet und Infektionsketten unterbrochen. Die Wirkung geht aber darüber hinaus: Die bearbeiteten Stoppeln und Erntereste verrotten schneller und fördern so das Bodenleben. In dieser Schrift werden verschiedene Nacherntetechnologien vorgestellt und ihre Wirkung auf die Maisstoppel und Ernterückstände bewertet.

Erscheinungsjahr 2023, 50 Seiten, 19 €

Bestell.-Nr. 111536, ISBN 978-3-949930-00-3

Bestellhinweise

Besuchen Sie auch unseren Internet-Shop <https://www.ktbl.de>

Porto- und Verpackungskosten werden gesondert in Rechnung gestellt.

Preisänderungen vorbehalten. Wir freuen uns auf Ihre Bestellung. Senden Sie diese bitte an:

KTBL, Bartningstraße 49, D-64289 Darmstadt | Tel.: +49 6151 7001-189 |

Fax: +49 6151 7001-123 | E-Mail: vertrieb@ktbl.de | www.ktbl.de

Weitere BZL-Medien



Gute fachliche Praxis - Bodenbearbeitung und Bodenschutz

In dieser Broschüre sind die neuesten Erkenntnisse der Bodenbearbeitung und -bewirtschaftung dargestellt, um schädliche Bodenverdichtungen und Erosion zu vermeiden und die organische Substanz zu erhalten. Zur guten fachlichen Praxis gehören auch eine ausgewogene, am Bedarf der Pflanzen orientierte Düngung und ein verantwortungsvoller Einsatz von Pflanzenschutzmitteln. Wichtig ist darüber hinaus eine ausreichende Versorgung der Böden mit organischer Substanz zur Humuserhaltung. Die Broschüre gibt dazu Hinweise für eine gute fachliche Praxis.

Broschüre, DIN A4, 144 Seiten, 2. Auflage 2022, Art.-Nr. 3614



Gute fachliche Praxis - Bodenfruchtbarkeit

Bodenfruchtbarkeit ist mehr als der Ertrag in Dezitonnen. Die komplexen Zusammenhänge werden in der Broschüre erläutert und zwar mit Blick auf eine Verbesserung der guten fachlichen Praxis. Mehr als 20 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler haben den Stand des aktuellen Wissens zum Thema Bodenfruchtbarkeit zusammengetragen. Sie dient als Grundlage für Landwirte, Beratungskräfte, Vertretungen der Fachbehörden und der Ausbildung im Agrarbereich.

Broschüre, DIN A4, 144 Seiten, 2. Auflage 2022, Art.-Nr. 1585



Zwischen- und Zweitfrüchte im Pflanzenbau

Zwischen- und Zweitfrüchte verbessern den Boden durch verbleibende Pflanzenreste auf dem Acker. Außerdem schützen sie Umwelt und Gewässer, weil durch sie Bodenerosion und Nährstoffaustrag vermindert und Biodiversität erhöht wird. In dieser Broschüre lesen Sie, wie Sie Zwischenfrüchte in Ihre Anbausysteme integrieren können: durch Unter- und Stoppelsaaten, Sommer- und Winterzwischenfruchtbau oder durch Zweitfruchtanbau. Dieser wird heute zunehmend durch den Anbau von Futter- oder Energiepflanzen praktiziert.

Broschüre, 140 Seiten, 2. Auflage 2018, Art.-Nr. 1060



Integrierter Pflanzenschutz

Das Heft macht das Konzept des integrierten Pflanzenschutzes verständlich. Sie lesen nicht nur, wie man Pflanzenschutz durch acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen realisieren kann. Auch wie Sie Nützlinge schützen, fördern und einsetzen, kommt zur Sprache. Ebenfalls ein wichtiges Thema: der sachgerechte chemische Pflanzenschutz nach dem Schadensschwellenprinzip.

Broschüre, 52 Seiten, 7. Auflage 2018, Art.-Nr. 1032



Hecken und Raine in der Agrarlandschaft – Bedeutung – Anlage – Pflege

Seit Jahrhunderten prägen Feldraine und Hecken die Agrarlandschaft. Unzählige Tiere und Pflanzen finden hier ihren Lebensraum. Es lohnt sich also, diese Saumbiotope zu erhalten oder sie als Lebensraum neu zu schaffen. Die Broschüre will Landwirtschaft, Beratung und Naturschutz zu gemeinsamem Handeln aufrufen. Praktische Beispiele führen die vielfältigen Funktionen von Hecken und Rainen vor Augen. Das Heft zeigt auch, wie man Saumbiotope anlegt und was bei Erhalt und Pflege zu beachten ist.

Broschüre, 100 Seiten, Erstauflage 2018, Art.-Nr. 1619



Bodentypen – Nutzung, Gefährdung, Schutz

Ausgehend von der Entstehungsgeschichte der Bodentypen informiert das Heft über deren Eigenschaften wie zum Beispiel die Korngrößenverteilung, den pH-Wert und den Humusgehalt. Farbfotos von Bodenprofilen veranschaulichen die wichtigsten Merkmale 25 ausgewählter Bodentypen. Landwirte und Berater erfahren, für welche Art der Bewirtschaftung der jeweilige Typ am besten geeignet ist und wo er seine Stärken und Schwächen hat. Außerdem erhalten sie darauf abgestimmte Tipps zur Bodenbearbeitung und zur Düngung.

Broschüre, 92 Seiten, 6. Auflage 2019, Art.-Nr. 1572



Nützlinge in Feld und Flur

Einige sind unscheinbar, andere fallen sofort ins Auge. Alle Nützlinge sind jedoch in Agrarlandschaften wichtig bei der natürlichen Regulation von Schädlingen der Kulturpflanzen. Doch wie groß ist ihre Bedeutung und wer zählt überhaupt zu den Nützlingen? Von Fadenwürmern bis zur Spitzmaus beschreibt das Heft die Biologie und das Beutespektrum der wichtigsten Arten verschiedener Nützlingsgruppen. Ihre Leistung und die komplexen Zusammenhänge zwischen Nützlingen und Schädlingen werden am Beispiel des Lebensraums „Weizenfeld“ erläutert. Landwirte, Gärtner und Naturschützer erhalten Informationen über die Stellung der natürlichen Feinde im integrierten Pflanzenschutz und im ökologischen Landbau und Tipps zur Förderung der Nützlinge.

Broschüre, 76 Seiten, 4. Auflage 2023, Art.-Nr. 1499



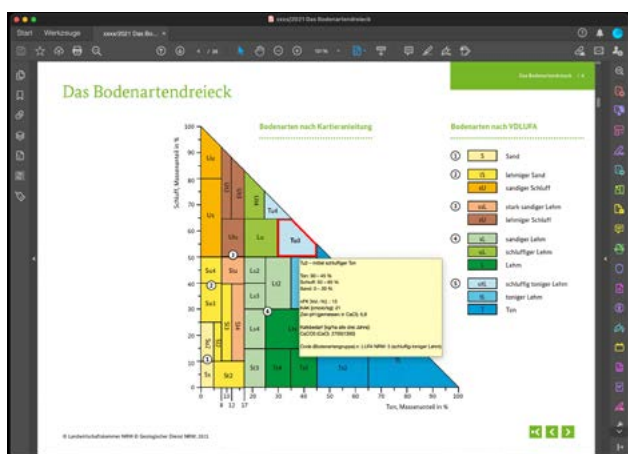
GAP kompakt 2023

Das Heft startet mit einem Vergleich des alten und des neuen Direktzahlungssystems. Im Anschluss erläutert es die deutlich verbesserte Einkommensstützung für Junglandwirte, die Ökoregelungen und die Zahlungen für die Haltung von Mutterkühen, -schafen und -ziegen. Zentraler Bestandteil sind die Inhalte der Konditionalität. Das sind die Grundanforderungen an die Betriebsführung (GAB) und die neun Standards für den guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand von Flächen (GLÖZ). Sie sind Voraussetzung für die Zahlungen aus den sogenannten ersten und Maßnahmen der zweiten Säule.

Broschüre, 1. Auflage 2022, Art.-Nr. 0530

Das Bodenartendreieck

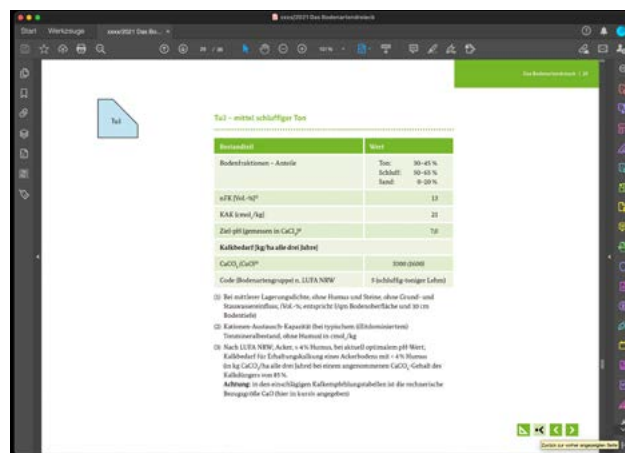
Die interaktive Download-Version (pdf) bietet grundlegende Informationen zu jeder Bodenart. Die Bodenart beschreibt die Zusammensetzung des Feinbodens und ist damit ein wesentlicher Indikator für die Bodeneigenschaften. Größe und Zusammensetzung der Bodenpartikel bestimmen entscheidend die Bodeneigenschaften und die Möglichkeiten für die landwirtschaftliche Nutzung. Ein Klick auf das Segment liefert detaillierte Infos zur Bodenart. Die komplexen Zusammenhänge wurden vereinfachend zusammengefasst und anhand etablierter Regelwerke für NRW aufgearbeitet. Die Buttonleiste unten rechts ermöglicht komfortable Navigation.



Bewegung des Mauszeigers über das jeweilige Segment zeigt bereits Infos als Quickinfo an. Diese gelten für eine einfache Standardsituation.

Als ergänzende Information werden in der Download-Version ein Bestimmungsschlüssel sowie wichtige Hinweise zur Durchführung einer Fingerprobe vorgestellt. Mit ihr lässt sich eine Bodenprobe vor Ort ohne weitere Hilfsmittel einer Bodenart zuordnen.

Interaktive pdf, Erstauflage 2021, Art.-Nr. 0244



BZL - Videos

Ackerbaustrategie 2035 - wie geht's ganz praktisch

Nachhaltiger Ackerbau mit stabilen Erträgen, ökologisch verträglich und ökonomisch tragfähig – wie das funktioniert, beschreibt die „Ackerbaustrategie 2035“. In 12 Handlungsfeldern werden dazu konkrete Maßnahmen beschrieben. Der Film zeigt am Beispiel des Handlungsfelds Düngung, wie mit modernster Technik umweltschonend und effizient Gülle ausgebracht werden kann. Dadurch wird schließlich die Akzeptanz der Landwirtschaft in der Gesellschaft gefördert.



Ackerbaustrategie 2035 - Kulturpflanzenvielfalt erhöhen und Fruchtfolgen erweitern

Das Handlungsfeld Kulturpflanzenvielfalt hat zum Ziel, durch vielfältige Fruchtfolgen die Biodiversität zu fördern und damit auch die Stabilität der Anbausysteme zu stärken und die Bodenfruchtbarkeit zu erhalten. Das Video zeigt anhand von Beispielfruchtfolgen, wie dies in der Praxis gelingen kann. Es weist auch auf die Bedeutung des Leguminosenanbaus und auf Fördermöglichkeiten hin.



Ackerbaustrategie 2035 - Bodenschutz stärken und Bodenfruchtbarkeit erhöhen

Das Handlungsfeld Boden hat zum Ziel, den Bodenschutz zu stärken und die Bodenfruchtbarkeit zu erhöhen. Dazu gehört vor allem, den Humusaufbau zu fördern, mit einer vielfältigen Fruchtfolge, dem Anbau von Zwischenfrüchten, dem Belassen von Ernteresten auf dem Feld oder mit organischer Düngung.



Ackerbaustrategie 2035 - Integrierten Pflanzenschutz stärken - unerwünschte Umweltwirkungen reduzieren

Das Video zeigt an Beispielen, wie durch Hecken und Blühstreifen Nützlinge gefördert werden können, mit modernen sensorgesteuerten Hackmaschinen und Striegeln eine effiziente Unkrautbekämpfung erfolgen kann und durch den Einsatz von computergestützten Wetter- und Prognosemodellen der Einsatz chemischer Pflanzenschutzmittel reduziert werden kann. Auch werden Pflanzenschutzverfahren für die konservierende und erosionsmindernde Bodenbearbeitung vorgestellt.



Leguminosen lohnen sich! – Anbau und Ernte von Erbsen

Der Anbau von Erbsen und anderen Körnerleguminosen zahlt sich gleich mehrfach aus! Sie liefern Eiweißfutter von eigenen Flächen, sind wertvoll in der Fruchtfolge und helfen die Greeningverpflichtungen der EU zu erfüllen. Ein Landwirt erklärt im Video, worauf es beim Anbau von Erbsen ankommt - von der Aussaat bis zur Ernte.



Heimische Hülsenfrüchte – was sie so besonders macht

Erbse, Bohne & Co - Hülsenfrüchte oder Leguminosen sind ganz besondere Kulturpflanzen. Sie liefern wertvolles Eiweiß für die menschliche und tierische Ernährung. Aber nicht nur das! Das Video erklärt wie Leguminosen Stickstoff aus der Luft sammeln, warum sie gut für den Boden sind und was sonst noch dafürspricht, wieder mehr heimische Hülsenfrüchte anzubauen.



Nachhaltige Landwirtschaft: Mit gutem Boden fängt alles an

Gute Böden sind die Grundlage für eine nachhaltige Landwirtschaft. Aber woran erkennt man guten Boden? Wie lassen sich Qualität und Fruchtbarkeit des Bodens erhalten? Was ist dafür bei der Bodenbearbeitung zu beachten? Welche Rolle spielt die Fruchtfolge und was ist bei Düngung und Pflanzenschutz zu beachten. Diese und viele weitere Fragen rund um den Boden beantwortet der Video-Clip.



Das BZL im Netz...

Internet

www.landwirtschaft.de

Vom Stall und Acker auf den Esstisch – Informationen für Verbraucherinnen und Verbraucher

www.praxis-agrar.de

Von der Forschung in die Praxis – Informationen für Fachleute aus dem Agrarbereich

www.bzl-datenzentrum.de

Daten und Fakten zur Marktinformation und Marktanalyse

www.bildungsserveragrar.de

Gebündelte Informationen zur Aus-, Fort- und Weiterbildung in den Grünen Berufen

www.nutztierhaltung.de

Informationen für eine nachhaltige Nutztierhaltung aus Praxis, Wissenschaft und Agrarpolitik

www.oekolandbau.de

Das Informationsportal rund um den Öko-Landbau und seine Erzeugnisse

Social Media

Folgen Sie uns auf:



Unsere Newsletter

www.landwirtschaft.de/newsletter

www.oekolandbau.de/newsletter

www.praxis-agrar.de/newsletter

www.bmel-statistik.de/archiv/newsletter-bzl-agrarstatistik

Medienservice

Alle Medien erhalten Sie unter
www.ble-medienservice.de



Impressum

1014/2023

Herausgeberin

Bundesanstalt für Landwirtschaft
und Ernährung (BLE)

Präsidentin: Dr. Margareta Büning-Fesel

Deichmanns Aue 29

53179 Bonn

Telefon: +49 (0)228 6845-0

Internet: www.ble.de, www.landwirtschaft.de,
www.praxis-agrar.de

Redaktion

Dr. Volker Bräutigam

Rainer Schretzmann

Wilfried Henke (i.R.)

alle Bundesinformationszentrum

Landwirtschaft in der BLE,

Referat 412 – Fachkommunikation Landwirtschaft

Text

Kapitel 1: Dr. Rolf Balgheim

Kapitel 2: Dr. Bernd Augustin (Kap. 2.1 bis 2.3)
Mario Hehne (Kap. 2.4)

Kapitel 3: Dr. Rolf Balgheim u. Frank Käufler (Kap. 3.1)
Dr. Bernhard Pallutt (Kap. 3.2)

Kapitel 4: Dr. Norbert Uppenkamp

Kapitel 5: Manja Landschreiber

Kapitel 6: Johannes Roeb

Kapitel 7: Frank Käufler (Einführung und Kap. 7.2.1)
Prof. Dr. Franz Wiesler (Kap. 7.1)
Dr. Bernd Augustin (Kap. 7.2.2)
Ekkehard Fricke (Kap. 7.3)

Kapitel 8: Dr. Bernd Augustin

Kapitel 9: Dr. Bernd Augustin

Kapitel 10: Dr. Rolf Balgheim, Dr. Bernd Augustin

Gestaltung

Bundesinformationszentrum Landwirtschaft (BZL),
Referat 411 – Mediengestaltung

Bilder

Frank Käufler: Titelbild, Bild S. 114

Umschlagseite hinten:

© Krzysztof – stock.adobe.com: U4

© rightdx – stock.adobe.com: U4

© Countrypixel – stock.adobe.com: U4

© Kletr – stock.adobe.com: U4

Druck

Kunst- und Werbedruck GmbH & Co. KG

Hinterm Schloss 11

32549 Bad Oeynhausen

Das Papier besteht zu 100 % aus Recyclingpapier.

Nachdruck und Vervielfältigung – auch auszugsweise – sowie
Weitergabe mit Zusätzen, Aufdrucken oder Aufklebern nur mit
Genehmigung der BLE gestattet.

Stand: Februar 2023

© BLE 2023



Art.-Nr.: 1014

Das Bundesinformationszentrum Landwirtschaft (BZL) ist der neutrale und wissensbasierte Informationsdienstleister rund um die Themen Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, Imkerei, Garten- und Weinbau – von der Erzeugung bis zur Verarbeitung.

Wir erheben und analysieren Daten und Informationen, bereiten sie für unsere Zielgruppen verständlich auf und kommunizieren sie über eine Vielzahl von Medien.



BZL

www.praxis-agrar.de