



Bundesanstalt für
Landwirtschaft und Ernährung



Bundesinformationszentrum
Landwirtschaft

Zwischen- und Zweitfrüchte im Pflanzenbau



Liebe Leserinnen und Leser,

ackerbauliche Fruchtfolgesysteme sind heute aus ökonomischen, technischen und agrarpolitischen Gründen stark vereinfacht. Daher ist es wichtig, diese Systeme mit Zwischen- und Zweitfrüchten auszugestalten. Mit Zwischen- und Zweitfrüchten können die sonst vegetationslosen Zeiträume genutzt werden. Die dabei auf dem Acker verbleibenden Pflanzenreste versorgen den Boden mit organischer Substanz. Zwischen- und Zweitfrüchte tragen außerdem zum Umwelt-, Boden- und Gewässerschutz bei, denn sie vermindern unerwünschte Effekte wie Bodenerosion und Nährstoffaustrag und sorgen für mehr Biodiversität auf dem Acker.

Dieses Heft stellt Landwirtinnen und Landwirten die vielfältigen Möglichkeiten vor, wie Zwischenfrüchte in Anbausysteme integriert werden können: Durch Unter- und Stoppelsaaten, Sommer- und Winterzwischenfruchtbau oder, wie heute zunehmend im Futter- oder Energiepflanzenanbau praktiziert, in Form des Zweitfruchtanbaus. Mehr über die verschiedenen Anbauformen und Verfahren der Ansaat finden Sie in den Kapiteln 3 und 4 dieses Heftes. Pflanzenarten und -gemenge, die sich für den Zwischen- und Zweitfruchtanbau eignen, werden ausführlich in den Kapiteln 5 bis 7 dargestellt. Kapitel 8 informiert darüber, wie man Zwischenfrüchte in Pflanzenbausysteme integrieren kann: Wir erklären Ihnen, welche rechtlichen und agrarpolitischen Rahmenbedingungen es gibt, wie sich Zwischen- und Zweitfrüchte in die Fruchtfolge einbinden lassen und wie diese gedüngt werden sollten. In weiteren Kapiteln erfahren Sie mehr über den Zwischenfruchtbau in Trockengebieten und welche Zwischen- und Zweitfrüchte für die Produktion von Bioenergie geeignet sind. Abschließend beschäftigen wir uns in Kapitel 11 noch damit, wie sich der Zwischenfruchtbau im Zuge des Greenings entwickelt hat.

Ihre
Redaktion Landwirtschaft
Bundesinformationszentrum Landwirtschaft



**Bundesinformationszentrum
Landwirtschaft**

Inhalt

1	Geschichte des Zwischenfruchtbaus.....	5
2	Warum Zwischen- und Zweitfrüchte?	7
3	Formen des Anbaues.....	10
3.1	Sommerzwischenfruchtbau	10
3.2	Winterzwischenfruchtbau	11
3.3	Zweitfruchtbau	13
4	Verfahren der Ansaat.....	14
4.1	Stoppel- und Blanksaat	14
4.2	Untersaat.....	16
5	Sommerzwischenfrüchte - Pflanzenarten und Anbauhinweise.....	19
5.1	Gräser- und Kleearten.....	19
5.2	Kreuzblütler.....	25
5.3	Grobleguminosen.....	35
5.4	Sonstige Sommerzwischenfrüchte	39
6	Winterzwischenfrüchte - Pflanzenarten und Anbauhinweise	43
6.1	Gräser und Leguminosen	43
6.2	Kreuzblütler.....	47
7	Untersaaten: Pflanzenarten und Anbauhinweise.....	48
7.1	Untersaaten in Getreide	48
7.2	Untersaaten in Mais	54
7.3	Untersaaten in Körnerleguminosen.....	57
7.4	Untersaaten in Körnerraps	59
8	Integration von Zwischenfrüchten in Pflanzenbausysteme.....	60
8.1	Rechtliche und agrarpolitische Rahmenbedingungen.....	60
8.2	Förderungen für den Zwischenfruchtbau.....	61
8.3	Boden- und Klimaansprüche.....	64
8.4	Fruchtfolgegestaltung.....	67
8.5	Düngung	73
8.6	Ökologische Kriterien	77
8.7	Konservierende Bodenbearbeitung.....	87
8.8	Vorfruchtwert	89

9	Zwischen- und Zweitfrüchte für die Produktion von Bioenergie.....	91
9.1	Winterzwischenfrüchte.....	95
9.2	Anbausysteme mit Haupt- und Zweitfrucht.....	100
9.3	Sommerzwischenfrüchte.....	106
9.4	Gasausbeuten und Methanerträge.....	108
9.5	Kosten-Nutzen-Betrachtung.....	110
10	Zwischenfruchtbau in Trockengebieten.....	112
10.1	Ertragswirkung durch Zwischenfrüchte im Trockengebiet.....	112
10.2	Den gesamten Wasserkreislauf berücksichtigen.....	114
10.3	Maßnahmen für eine effiziente Wassernutzung.....	116
10.4	Fazit.....	117
11	Entwicklung des Zwischenfruchtbaus im Zuge des Greenings.....	118
11.1	Greening mit Zwischenfrüchten in der Fruchtfolge.....	119
11.2	Greening-Zwischenfrüchte als Bienenweide.....	121
11.3	Unzureichende Stickstoffversorgung.....	122
11.4	Greening-Zwischenfrüchte als „grüne Brücke“.....	123
12	Rechtsquellen, Literatur, Links.....	124
13	Autoren.....	129
14	Anhang - Zulässige Arten für Kulturpflanzenmischungen.....	130
	KTBL-Medien.....	133
	BZL-Medien.....	134
	Impressum.....	139

1 Geschichte des Zwischenfruchtbaus

Ab Mitte des 18. Jahrhunderts fanden Fruchtfolgesysteme Einzug in die mitteleuropäische Landwirtschaft, die vielseitiger waren als jene zuvor. Ein typisches Merkmal der Fruchtfolgen zu dieser Zeit war der zusätzliche Anbau von Futterpflanzen. Kulturen wie Rotklee, Luzerne oder Futterrüben brachten den Landwirten damals zwei entscheidende Vorteile: Zum einen verbesserte sich durch das zusätzlich gewonnene Futter die Leistung der Nutztiere und damit das Einkommen der Landwirte. Zum anderen konnte man durch die vielseitigere Fruchtfolge und die zusätzliche Stallmistdüngung die Bodenfruchtbarkeit verbessern.



Abb. 1: Futterrüben und andere Futterpflanzen bereichern die Fruchtfolgen in der Landwirtschaft.

Die Vielseitigkeit auf dem Acker verlor ab Mitte des 20. Jahrhunderts dann wieder an Bedeutung. Grund dafür waren drastische Veränderungen in der Landwirtschaft: Die Abwanderung von Arbeitskräften aus der Landwirtschaft und ökonomisch erzwungene Anpassungsprozesse sowie Veränderungen der Betriebsstrukturen führten zu vereinfachten Fruchtfolgen mit nur noch wenigen

Kulturpflanzen. Forciert wurden diese Entwicklungen durch landtechnische Innovationen, züchterische Erfolge und die zunehmende Verfügbarkeit von Pflanzenschutzmitteln. Der Anbau typischer Futterpflanzen wie Futterrüben oder Leguminosen wie Luzerne und Rotklee wurde weitgehend aufgegeben zugunsten des Ackerfutterbaues mit Gräsern. Ab dem Ende der 1960er Jahre begann man in Deutschland mit dem Anbau von Körner- und Silomais, der von da ab stark zunahm.



Abb. 2: Ab Mitte des 20. Jahrhunderts wurden die Fruchtfolgen in der Landwirtschaft zunehmend enger. Mais wurde zu einer wichtigen Futterpflanze.

Dass immer mehr Futterzwischenfrüchte von den Feldern verschwanden, ist auch auf die EU-Agrarreform von 1992 zurückzuführen. Geringere Erträge und Preise führten dazu, dass früh zu erntende Getreidevorfrüchte wie Wintergerste aufgegeben wurden. Damit wurde der Anbau von Sommerzwischenfrüchten erschwert. Dies bewirkte einen erheblichen Verlust an pflanzlicher Biodiversität auf dem Acker.

Mit Beginn der 2000er Jahre erkannte man, dass dem Anbau von Sommer- und Winterzwischenfrüchten sowie Untersaaten in Hauptkulturen wieder größere Bedeutung beigemessen werden muss. Mit dem „Greening“ (siehe Kapitel 8.2.1) hat die Europäische Union im Jahr 2015 ein agrarpolitisches Instrument eingeführt, um diesen Prozess voranzutreiben und für mehr Biodiversität in der Landwirtschaft zu sorgen. Aktuell werden rund 20 Prozent aller Ackerflächen in

Deutschland mit Zwischenfrüchten bestellt (Stand 2016). In den Jahren 2015 und 2016 wurden im Mittel circa 934.000 ha Zwischenfrüchte/Untersaaten als „ökologische Vorrangflächen“ im Rahmen des Greenings angebaut. Die letzte amtliche Statistik zum Zwischenfruchtanbau mit einer Differenzierung nach Pflanzenarten stammt aus dem Jahre 2007 (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Zwischenfruchtbau im Jahr 2007 (nach Pflanzenarten differenziert) und Angaben zum Umfang Ökologischer Vorrangflächen (2015/2016), nach Art der Greeningmaßnahme (in 1.000 ha)

Zwischenfrüchte 2007 insgesamt, nach Pflanzenart		Ökologische Vorrangfläche 2015/2016 nach Art der Greeningmaßnahme	
Klee und kleeartige Pflanzen	59,3	Zwischenfrucht/Untersaat	934,2
Gräser und Getreide	119,4	Brache	215,6
Grobleguminosen	25,2	Stickstoffliefernde Pflanzen	168,7
Raps	584,4	Landschaftselemente	18,7
Herbstrüben	7,8	Niederwald mit Kurzumtrieb	2,4
Sonstige Zwischenfrüchte	83,9	Aufforstungsfläche	1,5
Zusammen	880,0		

Quelle: Statistisches Bundesamt, BMEL 2016 (verändert). Anmerkungen: Von den 880.000 ha Zwischenfrüchten im Jahr 2007 entfallen 109.000 ha auf die Futternutzung. Daran haben Gräser und Kleearten einen Anteil von ca. 67 Prozent. 770.000 ha werden für den Anbau von Begrünungspflanzen genutzt.

2 Warum Zwischen- und Zweitfrüchte?

Zwischen- und Zweitfrüchte bieten verschiedene Vorteile – je nachdem, ob man sie zur reinen Ackerbegrünung oder als Futter- und Energierohstoff verwendet.

Zur Ackerbegrünung

Zwischenfrüchte ...

- » ...liefern leicht abbaubare organische Substanz, vorwiegend als Nährhumus.
- » ...verbessern die Wasserhaltefähigkeit des Bodens.
- » ...schützen den Boden vor Witterungseinflüssen und verringern die Wind- und Wassererosion.
- » ...stabilisieren den Boden durch Krümelung (Schattengare), Wurzelmasse und Wurzeltiefgang.
- » ...fördern das Bodenleben.
- » ...erschließen den Unterboden und erhöhen die Wasserinfiltration.
- » ...unterdrücken Unkraut durch Licht-, Wasser- und Nährstoffzug.



Abb. 3: Zwischenfrüchte verbessern die Bodenfruchtbarkeit...



Abb. 4: ...und verringern Nährstoffverluste, indem sie Nährstoffe in der Pflanzenmasse speichern.

- » ...ermöglichen die konservierende Bodenbearbeitung wie Mulch- und Direktsaat und das Stripp-Till-Verfahren.
- » ...verbessern die bodenbiologische Aktivität und die Selbstreinigungskraft der Fruchtfolge durch Förderung spezifischer Antagonisten von Krankheitserregern.
- » ...ermöglichen mit speziellen Arten und Sorten die biologische Bekämpfung von Rübennematoden.
- » ...speichern Nährstoffe in der Pflanzenmasse, erhöhen die Nährstoffverfügbarkeit (besonders für Stickstoff) und reduzieren damit den Düngerbedarf der Folgekulturen.
- » ...reduzieren Phosphatverluste und wirken damit der Eutrophierung von Gewässern entgegen.
- » ...reduzieren den Sickerwasseranfall im Herbst, verkürzen die Sickerwasserperiode und verringern damit die Nitratauswaschung.
- » ...fördern durch die erhöhte bodenbiologische Aktivität den Abbau von Pflanzenschutzmitteln und verringern dadurch die Rückstandsproblematik.

Zur Erzeugung von Futter und Energierohstoffen

Zwischen- und Zweitfrüchte ...

- » ...liefern hochwertiges Wirtschaftsfutter und Biomasse für die Biogaserzeugung. Dadurch muss weniger Futter und Energie auf der Hauptfruchtfläche erzeugt werden.
- » ...helfen im Herbst, die Weideperiode zu verlängern und reduzieren damit den Einsatz teurer Futterkonserven.
- » ...liefern günstiges Futter. Die Kosten je Nährstoffeinheit sind bei Frischverfütterung (Beweidung) besonders niedrig (ca. 10 Cent je 10 MJ NEL). Die Futterkonservierung erhöht die Kosten durch Futterwerbe- und Konservierungsverluste (niedrige Trockenmassegehalte).



Abb. 5: Zwischen- und Zweitfrüchte liefern wertvolles wirtschaftseigenes Futter...

- » ...sind in der Regel von hoher Futterqualität (Energiedichte, Verdaulichkeit) und enthalten viel Eiweiß.
- » ...ergänzen stärkereiche Futterkonserven. Sie enthalten viel Kalzium, wenig Phosphor und Natrium.
- » ...verkürzen durch Nutzung im Herbst die teure Winterfutterperiode und bilden Futterreserven für futterknappe Zeiten. Winterzwischenfrüchte wie Welsches Weidelgras und Futterroggen liefern hohe Trockenmasseerträge.



Abb. 6: ...und Substrat für die Biogaszeugung.

3 Formen des Anbaues

3.1 Sommerzwischenfruchtbau

Sommerzwischenfrüchte nutzen die Vegetationszeit, die nach dem Abernten der Hauptkultur (Getreide, Körnererbsen, Frühkartoffeln u. a.) bis zur Vegetationsruhe im Spätherbst zur Verfügung steht. Wachstum und Ertrag der Zwischenfruchtkultur sind abhängig von der Länge der Vegetationszeit, der Witterung, vom Saattermin der Zwischenfrucht und der Saat der Folgekultur (Herbst/Frühjahr). Frühe Saattermine (Juli/Anfang August) bringen – bei Verwendung fotoperiodisch angepasster Arten und Sorten – hohe Erträge an qualitativ wertvoller Futtertrockenmasse. Eine frühe Aussaat führt außerdem zu dichten Beständen und dient damit dem Boden- und Gewässerschutz. Die Verwendung von Arten, die zur Blüte kommen (vor allem in Saatgutmischungen) wirkt sich positiv auf die Biodiversität, die Fauna und das Landschaftsbild aus.

Besonders Regionen mit langer Vegetationszeit sind günstig für den Sommerzwischenfruchtbau. Dort lassen sich Zwischenfrüchte sehr gut in Stoppelsaat (siehe Kapitel 4.1) anbauen. Höhenlagen mit kürzerer Vegetationszeit und niedrigeren Temperaturen sind dagegen weniger geeignet. Das Verfahren der Untersaat (siehe Kapitel 4.2) ermöglicht aber auch in solchen Regionen den Sommerzwischenfruchtbau, allerdings nur bei Verwendung angepasster Arten und Sorten.

Die Bodenverhältnisse entscheiden ebenfalls über das Ansaatverfahren. Für Stoppelsaaten gut geeignet sind leichte bis mittlere Böden. Schwer zu bearbeitende Böden bereiten im Sommer häufig Probleme bei der Saatbettbereitung, lassen sich aber durch Untersaaten in Deckfrüchte wie Getreide ebenfalls dem Zwischenfruchtbau erschließen – mit dem Vorteil der längeren Vegetationszeit, da die Ansaat bei der Deckfruchternte bereits etabliert ist.



Abb. 7: Phacelia (links) und Gelbsenf (rechts) sind typische Sommerzwischenfrüchte.

Zu den Sommerzwischenfrüchten zählen alle Kulturen, deren Hauptwachstumszeit im Spätsommer/Herbst liegt und die vor Winter abgeerntet werden oder im Spätherbst/ Winter absterben. Ihre Hauptfunktion ist damit erfüllt. Daher zählen auch winterharte

Zwischenfrüchte (z. B. Gräser) dazu, die vor Winter zwar genutzt, anschließend aber zum Schutz des Bodens noch über Winter stehen gelassen werden. Die Tabelle 2 informiert über die möglichen Pflanzenarten für den Sommerzwischenfruchtbau.

Tabelle 2: Pflanzenarten des Sommerzwischenfruchtbaues

Stoppel- oder Blanksaat			
Futterkohl	Einjähriges Weidelgras	Perserklee	Futtererbsen
Stoppelrüben	Welsches Weidelgras	Alexandrinerklee	Sommerwicken
Sommer-/Winterraps	Sonnenblumen	Inkarnatklee	Ackerbohnen
Sommer-/Winterrüben	Phacelia	Erdklee	Blaue Lupinen
Ölrettich	Buchweizen	Gelbklee	Gelbe Lupinen
Senfarten	Ramtkraut	Serradella	Weißer Lupinen
	Rauhafer		
Untersaat (in Getreide, Ackerbohnen, Mais u. a.)			
Rotschwingel	Welsches Weidelgras	Rotklee	
Deutsches Weidelgras	Knautgras	Weißklee	
Bastardweidelgras		Gelbklee	

3.2 Winterzwischenfruchtbau

Winterzwischenfrüchte benötigen für die Ertragsbildung vor Winter etwa 40 bis 60, nach Winter etwa 50 bis 70 Vegetationstage mit zusagenden Temperaturen. Je nach Standort und Pflanzenart werden sie zwischen Mitte August und Ende September ausgesät und zwischen der dritten April- und der dritten Maidekade geerntet. Es gibt jedoch Ausnahmen: Manche Gräser ermöglichen durch frühe Saat im Juli bereits eine Vornutzung im Herbst. Diese Nebennutzung verbessert

zusätzlich zur Hauptnutzung im Frühjahr die Wirtschaftlichkeit des Anbaus.

Der Anbau von Winterzwischenfrüchten (siehe Tabelle 3) ist grundsätzlich relativ risikoarm: Die Winterfeuchtigkeit ist ausreichend hoch, sodass meist auf allen Bodenarten ein Anbau möglich ist. Je länger sich jedoch die Wachstumszeit der Zwischenfrucht ins Frühjahr hineinzieht, umso schwieriger werden Bodenbearbeitung und termingerechte Aussaat der Folgekultur. Außerdem beansprucht die Winterzwischenfrucht auf diese Weise erheblich die Wasservorräte des



Abb. 8: Typische Winterzwischenfrucht: Landsberger Gemenge

Bodens, was zu einem Risiko für die Folgekultur werden kann. Eine solche Anbaufolge kommt zum Beispiel beim Zweitfruchtanbau (siehe Kapitel 3.3) zur Anwendung, bei dem auf eine spät im Frühjahr geerntete Winterzwischenfrucht eine Futter- oder Energiepflanze als Zweitfrucht folgt. Diese Form des Anbaus ist jedoch nur auf Böden mit relativ hoher Wasserspeicherkapazität und ständiger Bearbeitbarkeit zu empfehlen.

Üblicherweise erreichen Winterzwischenfrüchte vor Winter etwa 5 bis 10 dt/ha

Trockenmasse. Über Winter bleiben sie assimilationsfähig und erzielen im Frühjahr bereits bei relativ niedrigen Temperaturen hohe Trockenmassezunächse. Meist ist eine Konservierung des Futters der Frischverfütterung vorzuziehen, um eine zu starke Futtermalterung und Qualitätsverschlechterung im Verlauf der Entwicklung zu vermeiden. Aufgrund der besonderen Anforderungen wie Winterhärte, Zuwachsverlauf im Frühjahr und Eignung für Futternutzung oder Bioenergie sind nur relativ wenige Pflanzenarten für den Winterzwischenfruchtanbau geeignet.

Tabelle 3: Pflanzenarten und -mischungen des Winterzwischenfruchtbaus

Welsches Weidelgras
Winterroggen
Wintertriticale
Winterraps
Winterrüben
Inkarnatklée
Winterwicken
Landsberger Gemenge (Welsches Weidelgras, Winterwicken, Inkarnatklée)
Wickroggen (Winterwicke, Winterroggen)

3.3 Zweitfruchtbau

Der Zweitfruchtbau – auch Zweikultursystem genannt – besteht aus einer Winterung, die im Frühjahr bzw. Frühsommer geerntet wird und einer darauf folgenden Zweitfrucht, die noch im gleichen Jahr geerntet wird. Auf diese Weise können zwei Ernten in einem Jahr erzielt werden. Als Winterungen kommen zum Beispiel in Frage: Welsches Weidelgras und Grünroggen oder Wintergetreide, das in der Milch- bis Teigreife als Ganzpflanzensila-

ge (GPS) für die Energiegewinnung geerntet wird. Je nach Vorfrucht folgt dann ab Mai oder Juni die Aussaat einer Zweitfrucht wie Silo- oder Energiemais, Sorghum, Sommergetreide oder Futterkohl. Voraussetzung für das Gelingen des Zweitfruchtbaus ist, dass den gewählten Kulturen genügend Niederschlags- oder Bodenwasser zur Verfügung steht und die Vegetationszeit ausreichend lang ist.

Mehr Informationen über den Zweitfruchtbau in der Bioenergieerzeugung enthält Kapitel 9.2.



Abb. 9: Der Anbau von Zweitfrüchten, hier Sorghum bei der Ernte, kommt meist bei der Futterproduktion oder Erzeugung von pflanzlicher Biomasse für die Biogasanlage zur Anwendung.

4 Verfahren der Ansaat

Zwischenfrüchte lassen sich nicht nur nach der Nutzungsform, sondern auch nach dem Ansaatverfahren unterscheiden. Für die Anlage von Zwischenfruchtbeständen kommen sowohl Stoppelsaaten (und Blanksaaten) als auch Untersaaten (und Beisaaten) zum Einsatz. Zweitfrüchte erfordern je nach Vorkultur meist den Pflugeinsatz oder eine intensive Mulchsaattechnik. Bei Direktsaat spielen Bodenart und Vorkultur (z. B. Gräser oder Leguminosen) eine entscheidende Rolle. „Strip-Till“, ein neues Verfahren für Reihendirektsaat (z. B. Mais nach Winterzwischenfrucht) mit wurzelnaher Düngung, findet gerade Einzug in die Praxis. Erfahrungen dazu liegen bisher jedoch kaum vor.

Bei Untersaaten ist es wichtig, dass die auszusäenden Arten und Sorten auch die Eignung für die Untersaat in einen Deckfruchtbestand (Getreide, Körnerleguminosen u. a.) aufweisen. Nur wenige Gräser und Kleearten erfüllen diese Anforderungen (siehe Kapitel 7).

4.1 Stoppel- und Blanksaat

Die Aussaat von Zwischen- und Zweitfrüchten nach einer Hauptfrucht (Körnergetreide, GPS, Körnererbsen, Frühkartoffeln u. a.) erfolgt meist in Form der **Stoppelsaat** in einen mehr oder weniger tief bearbeiteten Boden, teilweise mit Reststoffen (Stroh, Stoppeln) auf der Bodenoberfläche. Nach tiefer Bodenwendung mit dem Pflug und zügiger Saatkorbereitung liegt hingegen ein „blanker Tisch“ vor. Die Aussaat in einen solchen Boden wird deshalb auch als **Blanksaat** bezeichnet.

Unabhängig von der Art der Primärbodenbearbeitung: Wichtig ist ein feinkrümeliges, rückverfestigtes Saatkorbett, das ausreichenden Bodenschluss und damit die Wasserzufuhr durch das Kapillarsystem zum Saatkorn gewährleistet. Dies sichert den Feldaufgang und eine zügige, gleichmäßige Jugendentwicklung des Bestandes.



Abb. 10: Stoppelsaat einer Zwischenfrucht in einen grob bearbeiteten Boden. Getreidestroh und -stoppel verbleiben an der Oberfläche.

Eine hohe Aussaatqualität und zügige Jugendentwicklung machen sich durch eine zufriedenstellende Entwicklung der Bestände und eine gute Konkurrenzfähigkeit gegenüber Unkräutern und Ausfallgetreide bemerkbar. Wenn diese Voraussetzungen nicht erfüllt werden, kann der Zwischen- und Zweitfruchtbau zur Futternutzung oder Gründüngung sowie als Energielieferant seine Leistungen nicht erbringen.

Die Saatgutablage der Zwischen- und Zweitfrüchte sollte mit der gleichen Genauigkeit und Exaktheit wie bei anderen Kulturen erfolgen. Viele Zwischenfrüchte zählen zu den Feinsämereien und sind in ein bis zwei Zentimeter Tiefe auszusäen. Grobleguminosen erlauben dagegen eine gröbere Bodenoberfläche und Ablagetiefen von zwei bis vier Zentimetern bei Lupinen (epigäische Keimung) und vier bis fünf Zentimetern bei Ackerbohnen, Erbsen und Wicken (hypogäische Keimung). Zweitfruchtpflanzen (Mais, Sorghum u. a.) haben ähnliche Anforderungsprofile an die

Saatgutablage wie die Verwendung der Arten im Hauptfruchtbau.

Begrünungspflanzen wie Ölrettich, Senf und Rübsen werden häufig auch mit Düngerstreuern oder ähnlicher Verteiltechnik (zum Teil auf Geräte zur Bodenbearbeitung montiert) ausgesät und danach oder zeitgleich flach eingearbeitet. Diese groben Verfahrensweisen sind zwar kostengünstiger, aber unsicher im Erfolg. Die Folge sind häufig zu geringe und ungleichmäßige Feldaufgänge, lückige Bestände mit starker Verunkrautung und unbefriedigende Zwischenfruchtleistungen. Der Bodenschluss durch Walzen der Flächen verbessert meist sehr deutlich den Feldaufgang und die Entwicklung der Bestände. Die Aussaat von Zwischenfrüchten während des Mähdruschs ist eine Option, die weitere Arbeitsgänge einspart. Voraussetzung ist eine entsprechende Sävorrichtung am Mähdrösch. Das Verfahren liefert bislang allerdings noch keine befriedigenden Ergebnisse.



Abb. 11: In der Praxis setzen sich zunehmend sogenannte Grubbersaaten durch. Dabei wird ein Pneumatikstreuer auf einen Grubber oder eine Scheibenegge aufgesattelt. Das Saatgut wird über breit streuende Säaggregate bzw. Säschläuche in den Bodenstrom meist vor oder in die nachlaufende Packerwalze gleichmäßig über die Arbeitsbreite verteilt.

Stoppel- und Blanksaaten sind gut geeignet für Gebiete mit langer Vegetationsperiode und für Kulturen mit variablen Saatterminen, wie zum Beispiel einige Kreuzblütler für die Futternutzung und/oder Gründüngung. Die Mindestvegetationsdauer für Zwischenfrüchte nach der Aussaat beträgt sieben bis neun Wochen. Wird ein starker Aufwuchs für Futternutzung oder Bioenergie angestrebt, sind längere Wachstumszeiten erforderlich. Saatzeitempfindliche Arten wie Gräser, Klee oder Grobleguminosen müssen möglichst früh ausgesät werden (bis Ende Juli). Spätsaatverträgliche Arten wie Raps, Senf oder Ölrettich vertragen auch spätere Aussaaten – dann allerdings mit verzögerter Entwicklung und geringerer Trockenmassebildung. Hinsichtlich der Ertragsbildung von Zwischenfrüchten gilt auch heute noch die alte Faustregel: Ein Tag im Juli ist besser als eine Woche im August. Eine Woche im August ist besser als der ganze September.



Abb. 12: Zwischenfruchtbau ermöglicht den Einsatz des Strip-Till-Verfahrens. Dabei handelt es sich um eine Streifensaat, bei der lediglich ein schmaler Bodenbereich gelockert wird.

Zweitfrüchte erfordern ebenfalls eine vollständige Ausschöpfung der Vegetationszeit, um hohe Leistungen zu erbringen. Saatzeit und Wahl der Pflanzenarten werden sehr stark vom Erntezeitpunkt der Vorfrucht und der Anzahl möglicher Wachstumstage bestimmt.



Abb. 13: Untersaat von Rotklee in Getreide

4.2 Untersaat

Als Untersaat bezeichnet man die Saat einer zweiten Frucht zusätzlich zu einer früher erntereifen Hauptfrucht. Die Untersaat von Zwischenfruchtkulturen (siehe Tabelle 2) in Deckfrüchte wie Getreide, Ackerbohnen oder Mais sind kostengünstiger als Stoppelsaaten, erfordern aber die logistische Einbindung in das gesamte Pflanzenbausystem. Hier gilt es, die Anforderungen der Deckfrucht (Pflanzenbestand, Düngung, Herbizideinsatz) hinsichtlich hoher Ertragsleistung und die Etablierung der Untersaat gleichzeitig im Blick zu haben. Dies fordert vom Landwirt vertiefte Kenntnisse in Bestandesführung, Arten- und Sortenwahl, Untersaatverträglichkeit, Deckfruchteignung und Herbizidstrategie.

Untersaaten werden in der Praxis noch wenig akzeptiert. Viele Landwirte befürchten, dass zu hoch gewachsene Untersaaten die Entwicklung der Deckfrucht beeinträchtigen und die Ernte erschweren. Bei Verwendung geeigneter Arten und Sorten sowie angepassten Saatterminen sind solche Probleme jedoch nicht zu erwarten. Auch die viel

diskutierte Konkurrenz zwischen Untersaat und Deckfrucht um das Wasser ist bei sachgerechter Einbringung der Untersaat nicht zu befürchten. Ebenso stellt die chemische Regulierung der Unkräuter und Ungräser in der Deckfrucht kein grundsätzliches Problem für die Etablierung von Untersaaten dar.



Abb. 14: Erdklee-Untersaat in Mais

Vorteile von Untersaaten:

-
- + keine zusätzliche Bodenbearbeitung nötig (evtl. Striegeleinsatz)
- + geringere Saatgutkosten als bei Stoppelsaat
- + Begrünung schwerer Tonböden nach Getreideernte möglich
- + Zwischenfruchtbau auch in Gebieten mit periodischer Sommertrockenheit möglich
- + Wachstumsvorsprung gegenüber Stoppelsaaten
- + Pflanzen wurzeln tiefer und intensiver und erhöhen die Tragfähigkeit des Bodens
- + Bodengare durch intensive Bodenbedeckung

- + Lange Phasen der Bodenruhe sind günstig für das Bodenleben
- + Schutz vor Wind- und Wassererosion
- + Festlegen von Nährstoffen in der Biomasse und damit Schutz vor Nährstoffeintrag ins Grundwasser
- + Ausbringung begrenzter Mengen an Gülle und Gärsubstrat (Biogasanlage) im Sommer und im zeitigen Frühjahr möglich, da es sich meist um winterfeste Pflanzenarten handelt (z. B. Gräser)

Aus produktionstechnischer Sicht sind einige Besonderheiten zu beachten, die das System Deckfrucht mit Untersaat betreffen:

- » Die chemische Unkrautbekämpfung in der Deckfrucht muss die Einbringung von Untersaaten berücksichtigen. Die „Untersaatverträglichkeit“ kann über die Mittelwahl und Applikationstermine gewährleistet werden, sowie über Untersaattermine. Die Bekämpfung der Ungräser und breitblättrigen Unkräuter erfordert deshalb an die Untersaat angepasste Strategien. Klee-Einsaaten reagieren empfindlicher als Kulturgräser.
- » Herbizideinsatz im Herbst im Getreide ermöglicht meist Untersaaten im Frühjahr, Herbizide im Frühjahr verzögern die Untersaat und erfordern evtl. andere Untersaatarten.
- » Starke Verungrasungen (Quecke, Trespel) erlauben keine Untersaat.
- » Lagergetreide muss unbedingt vermieden werden, weil es dadurch zur „Erstickung“ der Untersaat oder zu Durchwuchs kommen kann.

- » Untersaaten in verschlämmte und dichtlagernde Böden können durch Bodenlockerung (Striegel) erleichtert werden; vom Striegel profitiert auch die Deckfrucht.
- » Das Anbaurisiko ist größer als bei Stoppsaaten; deshalb empfiehlt es sich nicht mehr als 50 Prozent der Zwischenfrüchte als Untersaat auszusäen.

Werden Untersaat und Deckfrucht gleichzeitig gesät, spricht man von **Beisaat**. Dieses Ansaatverfahren bietet sich wegen des geringeren Risikos bei Sommergetreide an. Die Ablagetiefe ist ein Kompromiss zwischen den Ansprüchen der verschiedenen Arten. Die Konkurrenz zur Deckfrucht ist besonders bei konkurrenzstarken Untersaaten wie Welsches Weidelgras oder Rotklee zu berücksichtigen. Ein Entmischen des Saatgutes (bedingt durch sehr unterschiedliche Einzelkorngewichte) lässt sich durch geringere Füllung des Saatgutbehälters und wiederholtes Durchmischen vermeiden (siehe auch Kapitel 7).

5 Sommerzwischenfrüchte - Pflanzenarten und Anbauhinweise

5.1 Gräser- und Kleearten

Die wichtigste Grasart des Sommerzwischenfruchtbaues ist das **Einjährige Weidelgras** (*Lolium multiflorum* Lam. ssp. *alternatum*). Bei Aussaaten bis Ende Juli bringt es hohe Erträge. Grund dafür ist sowohl die Schnellwüchsigkeit dieser Grasart als auch die bei früher Aussaat noch stark wirksame Langtagreaktion (über spezielle Sorteneigenschaften informiert das Bundessortenamt). Mit zunehmender Entwicklung nimmt der Rohfasergehalt zu und die Verdaulichkeit ab. Um eine gute Futterqualität zu gewährleisten, sollte Einjähriges Weidelgras daher nach sechs bis acht Wochen beweidet werden. Eine Konservierung als Silage empfiehlt sich zu Beginn des Ährenschiebens (ca. 23 bis 25 Prozent Rohfasergehalt).

Prinzipiell fördert eine Stickstoffdüngung die Ertragsbildung. Überhöhte Stickstoffgaben gefährden jedoch den Gesundheitswert des Futters aufgrund zu hoher Nitratwerte. Diese können sich beispielsweise einstellen, wenn wegen eines mehrtägig bedeckten Himmels die Fotosyntheseleistung und Zuwachsraten gering sind, die Pflanze aber weiterhin Nitrat aufnimmt. Der Nitratgrenzwert liegt bei 0,5 mg/kg Trockenmasse.

Futtergräser wie das Einjährige Weidelgras haben einen vergleichsweise hohen Trockenmassegehalt (höher als beispielsweise Kreuzblütler). Das ist für die Futterkonservierung von Vorteil. Häufig erfolgt vor der Silierung noch ein Anwelken des Erntegutes, um Sickersaftanfall möglichst zu vermeiden und um die Silagequalität zu verbessern.



Abb. 15: Das Einjährige Weidelgras ist die wichtigste Grasart im Sommerzwischenfruchtbau.

Das **Welsche Weidelgras** (*Lolium multiflorum* Lam. ssp. *non alternativum*) ist die Winterform des Einjährigen Weidelgrases und wie dieses für die Stoppelsaat zur Futternutzung und Gründüngung geeignet. Die Tabelle 4 enthält Vergleichswerte verschiedener Futter- und Gründüpfungspflanzen, darunter auch die beiden Weidelgräser.

Welsches Weidelgras ist vernalisationsbedürftig, schießt also nicht im Sommerzwischenfruchtbau, sondern bildet über die Bestockung und Blattbildung nur vegetative Masse. Der Ertrag ist etwas geringer als beim Einjährigen Weidelgras, der Energieertrag aufgrund des geringeren Rohfasergehalts und der besseren Verdaulichkeit jedoch etwas höher. Günstig ist ein Mischanbau von Einjährigem und Welschem Weidelgras (je 50 Prozent), um die Vorteile beider Arten zu kombinieren. Eine spezielle Sortenprüfung des Bundesortenamtes für das Welsche Weidelgras im Zwischenfruchtbau wird nicht durchgeführt. Die Dienststellen der Länder haben jedoch Prüf- und Erfahrungswerte vorliegen.



Abb. 16: Das Welsche Weidelgras schießt im Sommerzwischenfruchtbau nicht und bildet daher nur vegetative Masse.

Die Wurzeltrockenmasse ist bei den Weidelgräsern mit 20 bis 25 dt/ha insgesamt sehr hoch (siehe Tabelle 4). Daher sind solche Gräser gut für die Humusversorgung des Bodens. Pflanzenrückstände werden aufgrund des relativ weiten C/N-Verhältnisses langsam umgesetzt. Die gute Vorfruchtwirkung von Weidelgräsern basiert zu etwa 80 Prozent auf den Wurzel- und Stoppelrückständen und nur zu etwa 20 Prozent auf der erntbaren oberirdischen Biomasse. Eine Darstellung der Trockenmasse- und Energieerträge von Weidelgräsern im Vergleich zu anderen Zwischenfrüchten liefert Tabelle 6. Ergebnisse eines Anbauvergleiches (Ertrag und Futterqualität) von Einjährigem und Welschem Weidelgras im Zwischenfruchtbau sind in Tabelle 7 dargestellt. Dort zeigt sich, dass bei gleichem Trockenmasseertrag die wertgebenden Parameter wie Rohfasergehalt oder Verdaulichkeit deutliche Unterschiede aufweisen.



Abb. 17: Weidelgräser sind wegen der hohen Wurzeltrockenmasse gut für die Humusversorgung des Bodens.

Tabelle 4: Produktionstechnische Daten der Gräser- und Kleearten und von Gemengen bei Stoppelsaat für den Sommerzwischenfruchtbau für Futtergewinnung und Ackerbegrünung

Art/Gemisch	Saatstärke kg/ha	TM-Erträge dt/ha	Energieerträge GJ NEL*/ha	Wurzel-TM nach Ernte dt/ha
Einjähriges Weidelgras ¹⁾	40 - 50	30 - 40	18 - 24	15 - 25
Welsches Weidelgras ¹⁾	30 - 40	30 - 40	20 - 26	15 - 25
Einjähriges Weidelgras + Welsches Weidelgras	25 + 20	30 - 40	19 - 25	15 - 25
Perserklee	18 - 20	20 - 30	13 - 19	5 - 12
Alexandrinerklee	30 - 35	20 - 30	12 - 18	5 - 12
Inkarnatklee	25 - 30	20 - 30	12 - 18	5 - 12
Bodenfrüchtiger Klee/ Erdklee	30 - 35	15 - 20	9 - 13	5 - 12
Perserklee + Einjähriges oder Welsches Weidelgras	10 + 20	25 - 35	16 - 22	10 - 18
Alexandrinerklee + Einjähriges oder Welsches Weidelgras	15 + 20	25 - 35	15 - 21	10 - 18

¹⁾ bei tetraploiden Sorten höhere Saatmenge wählen

* nach DLG-Futterwerttabelle für Wiederkäuer (z. T. interpoliert, gerundete Werte)

Tabelle 5: Erträge des Zwischenfruchtbaues bei ausgewählten Pflanzenarten

Parameter	Weidelgräser	Futtermispel	Herbstrüben	Weißer Senf	Phacelia
Aufwuchs TM dt/ha	30 - 40	35 - 45	50 - 65	30 - 40	25 - 35
Stoppel/Wurzel TM dt/ha	15 - 25	15 - 20	2	10 - 15	10 - 12
Gesamtrockenmasse dt/ha	45 - 65	50 - 65	52 - 67	40 - 55	35 - 47

Tabelle 6: Trockenmasse- und Energieerträge von Zwischenfruchtfutterpflanzen

Parameter	Weidelgräser	Futtermispel	Herbstrüben
Trockenmasse dt/ha	30	35	58
Energieertrag Frischmasse GJ NEL/ha	22	25	40
Energieertrag Silage GJ NEL/ha	18	21	34

Tabelle 7: Ertrag und Futterqualität von Einjährigem und Welschem

Weidelgras im Zwischenfruchtbau

	TM %	Rohfaser %	Verdaulich- keit org. Masse %	TM-Ertrag dt/ha	Energie- ertrag GJ NEL/ha
Einjähriges Weidelgras					
- frühe diploide Sorte	14,8	24,1	71,4	28,8	16
- späte tetraploide Sorte	11,3	22,2	79,0	28,1	18
Welsches Weidelgras					
- diploide Sorte	13,2	21,4	80,3	28,8	19

Perserklee (*Trifolium resupinatum* L.) wurde häufig in den 60er und 70er Jahren des vergangenen Jahrhunderts zur Begrünung in Zuckerrübenfruchtfolgen angebaut. Im Futterbau – egal ob Reinsaat oder im Gemisch mit Weidelgräsern – sind die frühen Saatzeitansprüche zu berücksichtigen, um hohe Erträge zu erzielen. Problematisch ist häufig die Verunkrautung der Bestände. Sie kann nur mechanisch durch Schröpfung reguliert werden. Herbizide stehen nicht zur Verfügung.

Die Wurzelmasse des Perserklees ist im Vergleich zu den Gräsern relativ gering. Der Gründungswert ist dennoch beachtlich, da die stickstoffhaltigen Rückstände (enges C/N-Verhältnis) relativ schnell umgesetzt werden. Die Saatgutversorgung ist in der Regel durch Importe sichergestellt. Produktionstechnische Daten zum Perserklee sind in Tabelle 4 zu finden.



Abb. 18: Perserklee



Abb. 19: Alexandrinerklee

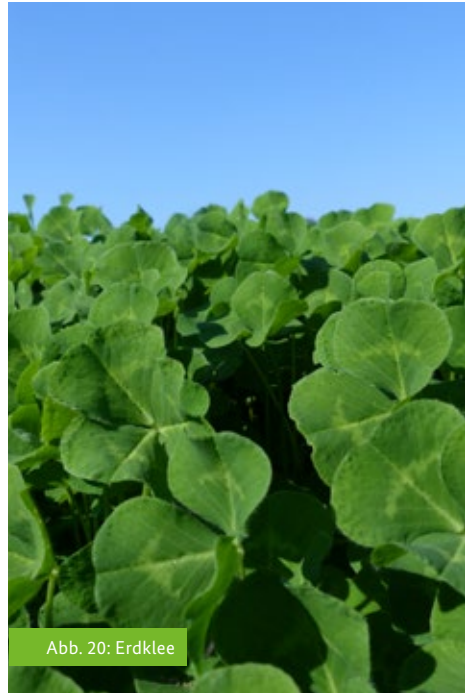


Abb. 20: Erdklee

Alexandrinerklee (*Trifolium alexandrinum* L.) ist eine bestockende Kleeart mit einer eher geringen Nachwuchslleistung. Die Pflanze wird bis zu einen Meter hoch. Die langsame Jugendentwicklung fördert das Wachstum von Unkraut, welches nur durch Schröpfen eingeschränkt werden kann. Bezüglich Saatzeit und Verwertung bestehen keine Unterschiede zum Perserklee. Die Sorteneigenschaften entscheiden über den Anbauwert. Die einschnittigen Formen sind im Zwischenfruchtbau etwas schnellwüchsiger, erlauben aber nur einen Futterschnitt. Derzeit stehen vier zugelassene Sorten für den Zwischenfruchtbau zur Verfügung. Die Rückstände an organischer Wurzelmasse sind vergleichsweise gering, durch das enge C/N-Verhältnis aber schnell mineralisierbar. Produktionstechnische Daten zum Alexandrinerklee sind in Tabelle 4 aufgeführt.

Bodenfrüchtiger Klee oder **Erdklee** (*Trifolium subterraneum* L.) stammt ursprünglich aus dem Mittelmeerraum, gelangte von dort nach Australien und entwickelte sich dort zur wichtigen Weideleguminose. Im Sommerzwischenfruchtbau ergeben sich keine besonderen Vorteile gegenüber Perser- und Alexandrinerklee. Für die Begrünung von Ackerflächen dürfte er wegen der geringen Wuchshöhe etwas besser geeignet sein. Frühe Aussaaten nach Getreide begünstigen die Entwicklung, die Unkrautregulierung erfolgt durch Schröpfen. Die Saatgutversorgung gründet sich meist auf in Australien gezüchtete Sorten. Eine Samenreife wird im Zwischenfruchtbau wegen der Kürze der Vegetationszeit nicht erreicht. Produktionstechnische Daten sind in Tabelle 4 aufgeführt.

Inkarnatklee (*Trifolium incarnatum* L.) kann im Sommerzwischenfruchtbau im Gemenge mit Gräsern zur Futternutzung und Gründüngung verwendet werden. Vorwiegend ist

es aber eine überwinternde Leguminose in Mischungen für den Winterzwischenfruchtbau (siehe Kapitel 6).



Abb. 21: Inkarnatklee

Weißklee (*Trifolium repens* L.), **Gelbklee** (*Medicago lupulina* L.) und **Rotklee** (*Trifolium pratense* L.) eignen sich im Gemenge mit Gräsern und bei früher Aussaat für die Begrünung im Sommerzwischenfruchtbau. Alle drei Kleearten sind darüber hinaus besonders

geeignet als Untersaaten – ob als Reinsaat oder im Gemenge mit Gräsern – und lassen sich in dieser Weise kostengünstig einsetzen (siehe Kapitel 7). Gezüchtete Sorten stehen zur Verfügung. Die Saatgutversorgung wird über Importe gesichert.



Abb. 22: Weißklee (links) und Rotklee (rechts)



5.2 Kreuzblütler

Kreuzblütige Zwischenfrüchte wie Senf, Ölrettich, Sommer- und Winterraps, Stoppelrüben und Winterrüben haben im Sommerzwischenfruchtbau für die Ackerbegrünung die größte Bedeutung. Die typischen Futter-

pflanzen Raps, Stoppelrüben und Winterrüben wurden jedoch von den kurzlebigen Weidelgräsern weitgehend abgelöst. Die wichtigsten produktionstechnischen Daten der Kreuzblütler sind in Tabelle 8 aufgeführt.

Die Vor- und Nachteile von Kreuzblütlern im Zwischenfruchtbau:

Vorteile

- + geringe Saatgutkosten (Ausnahme: Spezialsorten zur Nematodenbekämpfung)
- + größere Saatzeitverträglichkeit (weniger im Futterbau)
- + rasche Jugendentwicklung, hohe Ertragsleistung
- + gute Verwertung organischer Dünger (Gülle, Gärsubstrate)
- + hohe Nährstoffeinspeicherung (Gewässerschutz)
- + gute Bodenbedeckung (langandauernder Erosionsschutz)
- + leichte Umsetzbarkeit der organischen Substanz im Boden (Vorfruchtwert)

Nachteile

- hohe Stickstoffbedürftigkeit für die Bestandsbildung
- schwierigere Fruchtfolgegestaltung (Kohlhernie, Nematoden)
- im Futterbau Nitratanreicherung in den Pflanzen, besonders bei späterer Aussaat, ungünstiger Witterung und hohem Stickstoffangebot (aus Düngung oder Bodenvorrat)
- geringe Trockenmassegehalte, schwierig bei der Futterkonservierung durch hohen Sickersaftanfall
- starke fotoperiodische Reaktion (Langtag) einiger Arten mit der Folge verstärkter Stängel- und Blütenbildung

Tabelle 8: Produktionstechnische Daten von Kreuzblütlern im Sommerzwischenfruchtbau

Art	Saatstärke kg/ha	TKG g	Spätest- mögliche Saatzeit ¹⁾	TM-Ertrag bei früher Saatzeit dt/ha	Energie- ertrag GJ NEL/ha*	Wurzel-TM nach Ernte dt/ha
Sommerraps	8 - 15	3,5 - 7,0	bis Ende August	35 - 45	24 - 31	15 - 20
Winterraps	8 - 15	3,0 - 6,0	bis Ende August	35 - 45	24 - 31	15 - 20
Sommerrübsen	6 - 10	1,5 - 3,5	bis Ende August	30 - 40	19 - 25	15 - 20
Winterrübsen	8 - 12	4,0 - 5,0	bis Anf. September	30 - 40	21 - 27	15 - 20
Herbstrüben	1 - 2	1,5 - 3,3	bis Anf. August	50 - 65	38 - 49	-
Futterkohl	3 - 4	4,0 - 4,5	bis 25. Juli	50 - 60	35 - 42	10 - 20
Ölrettich	18 - 22	11 - 13	bis Anf. September	40 - 50	25 - 32	15 - 25
Weißer Senf	15 - 20	2,5 - 8,0	bis Anf. September	30 - 40	21 - 27	10 - 15

¹⁾ Bei später Saat gehen die TM-Erträge sehr stark (30 - 40 Prozent) zurück.
Für hohe Erträge an Biomasse frühe Termine einhalten.

* Nach DLG-Futterwerttabelle für Wiederkäuer (z. T. interpoliert)

Sommer- und Winterraps (*Brassica napus* L. (*partim*)) sind beides Langtagpflanzen, haben jedoch ein unterschiedliches Vernalisationsbedürfnis: Der Winterraps benötigt eine Kälteeinwirkung, um die generative Entwicklung einzuleiten, der Sommerraps nicht. Wird Winterraps als Sommerzwischenfrucht angebaut, bleibt es aufgrund des fehlenden Kältereizes folglich bei rein vegetativem Wachs-

tum. Der Sommerraps hingegen reagiert bei früher Saat sehr stark auf den Langtageinfluss mit zeitiger Blütenbildung. Spätere Aussaaten (ab Anfang August) können dies verhindern. Dieses entwicklungsphysiologische Verhalten des Sommerrapses hat Einfluss auf die Futterqualität. Wichtige Nutzungsmerkmale von Sommer- und Winterraps im Zwischenfruchtbau sind in Tabelle 9 aufgeführt.



Abb. 23: Raps

Tabelle 9: Unterschiede zwischen Winter- und Sommerraps im Zwischenfruchtbau

	Winterraps	Sommerraps
Nutzung	Sommer- und Winterzwischenfrucht	Sommerzwischenfrucht
Saatzeit	Mitte Juli bis Anfang September	Anfang August bis Anfang September
Entwicklung	keine Blütenbildung, kaum Stängelbildung	Stängel- und Blütenbildung
Wachstumszeit	für Begrünung evtl. über Winter, für Futternutzung, Beweidung, Konservierung	bei Blühbeginn Konservierung, nicht winterhart
Wuchshöhe	mittel bis lang	lang bis sehr lang
Stängel	relativ dünn, markhaltig	dick, ziemlich grob
Blattanteil (je nach Sorte)	hoch	niedrig bis mittel
Frostempfindlichkeit	sehr gering	stark
Erntezeit	spät noch möglich	früh, vor der Blüte
Weidefähigkeit	gut bis sehr gut, kaum Weidereste	gering bis mittel, große Weidereste
Fütterung	nicht als Alleinfutter anbieten	nicht als Alleinfutter anbieten
Schmackhaftigkeit	wird gerne gefressen	in jungem Zustand gut, mit zunehmender Stängelbildung schlecht
Organische Wurzelrockenmasse	15 - 20 dt/ha	15 - 20 dt/ha

Das Blatt-Stängel-Verhältnis ist ein markantes Merkmal zur Bewertung von Raps im Zwischenfruchtbau. Während Sommerraps bei früher Aussaat im Mittel der Sorten einen Stängelanteil von etwa 50 Prozent aufweist, beträgt dieser Anteil bei Winterraps nur etwa 20 bis 30 Prozent. Sortenunterschiede sind sehr deutlich ausgeprägt. Sorten mit hohen Blattanteilen sind für die Futternutzung günstiger zu beurteilen. Denn die Weideverluste sind geringer und die Verdaulichkeit ist höher. Nach dem Boniturschema des Bundesortenamtes entspricht eine Notendifferenz von Eins etwa 10 Prozent Blattanteil. Dieser ist mit etwa zwei Prozent weniger Rohfaser, zwei Prozent höherer Verdaulichkeit und ein Prozent höherem Rohproteingehalt gleichzusetzen. Die bessere Bewertung der blattreichen Sorten gilt auch, wenn eine Futterkonservierung in Form von Silage erfolgt.

Spätere Aussaaten erhöhen vor allem beim Sommerraps den Blattanteil, gehen aber auch zu Lasten des Futterertrages, während die Qualität verbessert wird.

Die für den Ölrapzanbau wichtigen Parameter Erucasäure- und Glucosinolatgehalt sind für

die Futternutzung der grünen Pflanze von untergeordneter Bedeutung. Wichtig sind der Stängelanteil und die Schmackhaftigkeit der Sorte. Sie entscheiden darüber, wie gerne die Pflanze von Rindern gefressen wird und wie hoch der Weiderest ist. Geeignetes Saatgut von Sorten steht bei Sommer- und Winterraps zur Verfügung. Zwischen den Sorten bestehen deutliche Unterschiede bezüglich Massebildung zu Wachstumsbeginn, Blühneigung bei Sommerraps und Trockenmasseertrag.

Die Ertragsbildung im Rapsanbau ist generell abhängig von Saatzeit, Sorte, Stickstoffdüngung und Wachstumszeit. So vermindert eine Verspätung der Saatzeit die Trockenmassebildung (siehe Tabelle 10), die auch durch höhere Stickstoffgaben nicht kompensiert werden kann. Daher muss bei später Saat etwa 4 bis 5 kg/ha mehr Saatgut ausgebracht werden, um dichte Bestände aufzubauen.

Eine regional oder betrieblich stärker ausgeprägte Futterproduktion mit Raps und Stoppelrüben kann zur Verseuchung der Böden mit Kohlhernie (bodenbürtiger Schleimpilz) führen. Nur Zwischenfrucht-Fruchtfolgen können das Problem langfristig lösen.

Tabelle 10: Einfluss von Saatzeit und Sorte auf den Trockenmasseertrag (dt/ha und relativ) von Raps und Rüben im Zwischenfruchtbau (Durchschnitt von drei Jahren, Ernte jeweils neun Wochen nach Aussaat)

Art	Saattermin				
	28. Juli		10. August relativ	24. August relativ	7. September relativ
	dt/ha	relativ			
Sommerraps	42	100	84	64	29
Winterraps	38	100	84	68	34
Winterrüben	37	100	89	83	55
Mittel	39	100	86	72	39



Abb. 24: Winterrüben im vegetativen Zustand

Sommer- und Winterrüben (*Brassica rapa* L. var. *silvestris* (Lam.) Briggs) verhalten sich entwicklungsphysiologisch wie Sommer- und Winterraps. Der Winterform kommt im Sommerzwischenfruchtbau die weitaus größte Bedeutung zu. Winterrüben bilden nur Blätter, die unmittelbar am Wurzelkopf ansetzen. Bei einem Schnitt fallen die Blätter auseinander, was zu Verlusten führt. Von allen Kreuzblütlern sind die Winterrüben noch am ehesten spätsaatverträglich. Auf günstigen Standorten ist eine Aussaat bis Mitte September möglich. Damit sind die Winterrüben dem Raps deutlich überlegen (siehe Tabelle 10). Frühe Saatzeiten erlauben eine erste Nutzung der Bestände nach sechs bis acht Wochen in Form der ganzflächigen Beweidung. Anschließend treiben die Pflanzen erneut aus und ermöglichen eine zweite Nutzung. Die Gesamtertragsleistung ist hoch, die preisgünstigste Verwertung ist die Beweidung. Bei

Gründüngung (winterharte Pflanze) können die Bestände leicht eingearbeitet werden. Die Wurzel (mit kleiner Rübenkörperbildung) enthält viel Stickstoff für die Nachfrucht. Die Vorfruchtwirkung beruht zu etwa 80 Prozent auf der Wurzeltrockenmasse. In der Beschreibenden Sortenliste des Bundessortenamtes sind für den Sommerzwischenfruchtbau geprüfte Sorten eingetragen. Diese unterscheiden sich in wertgebenden Eigenschaften. Erucasäure- und Glucosinolatgehalte sind bei allen Sorten nahezu gleich.

Sommerrüben gehen bei früher Aussaat (Langtagreaktion) sehr schnell zur Stängel- und Blütenbildung über und sollten deshalb zur Förderung der Blattentwicklung nicht vor Mitte August gesät werden. Die Anbaubedeutung ist sehr gering. Geprüfte und vom Bundessortenamt zugelassene Sorten stehen aktuell nicht zur Verfügung.

Herbstrüben (*Brassica rapa* L.) sind sehr ertragreiche Futterzwischenfrüchte (siehe Tabelle 8). Regional werden sie auch als Wasserrüben, Weiße Rüben oder Stoppelrüben bezeichnet. Für die Verwertung als Futter (Beweidung, Frischverfütterung im Stall, Silagebereitung) werden die Blätter und der Rübenkörper genutzt.

Herbstrüben werden mit Hilfe des Blattapparates maschinell aus dem Boden gezogen, gereinigt und im Stall verfüttert oder nach der



Abb. 25: Herbstrüben

Rodung in der Erntemaschine gehäckselt und danach siliert. Damit die maschinelle Ernte der Gesamtpflanze reibungslos funktioniert, müssen die Pflanzen eine gewisse Blattstellung aufweisen und die Blätter gesund sein. Charakteristisch sind Sorten mit eingeschnittenen und ganzrandigen Blättern. Erstere sind frühreif und frostempfindlich, also nicht für die Späterodung geeignet. Letztere sind frosthärter und lassen sich auch später im Jahr noch roden. Auch was die Rübenform angeht, gibt es sortenspezifische Unterschiede (rund, länglich, zylindrisch). Der Sitz der Rübe im Boden ist ebenfalls eine Sorteneigenschaft (ganz im Boden, zwei Drittel über dem Boden) und hat Einfluss auf die maschinelle Ernte und den Schmutzanteil. Letzteres wird allerdings auch von der Ausprägung der Seitenwurzeln beeinflusst. Die Farbe des Rübenkopfes (weiß, grün, violett) oder die Fleischfarbe sind für die Tierfütterung von untergeordneter Bedeutung. In einigen Regionen wird die Herbstrübe mit höheren Saatmengen und etwas späterer Aussaat (Anfang bis Mitte August) auch als Begrünungspflanze genutzt, die durch Frosteinwirkung im Winter abstirbt. Der Vorfruchtwert ist ähnlich wie bei den Winterrüben.

Herbstrüben sind zweijährige Pflanzen. Nach der Überwinterung erfolgt das Schossen, dann das Blühen und die Samenbildung. Landwirtschaftlich von Bedeutung ist nur das erste Vegetationsjahr mit der Rübenkörper- und Blattbildung (Rosette). Die Anfälligkeit der Herbstrüben für Kohlhernie verlangt die Einhaltung von Zwischenfrucht-Fruchtfolgen und die Verwendung toleranter Sorten. Die Krankheitsanfälligkeit (Kohlhernie) und das Blatt-Rübe-Verhältnis sind sortenspezifisch sehr unterschiedlich ausgeprägt. Sie beeinflussen die technische Aufnahme der Pflanzen bei der Ernte.

Für hohe Erträge müssen Herbstrüben schon im Juli gesät werden. Kann ein solch früher Termin nicht eingehalten werden, sind andere Futterzwischenfrüchte vorzuziehen. Die Aussaatstärke beträgt 1 bis 2 kg/ha, anzustreben sind 20 bis 25 Pflanzen/m². Je nach Art der Unkrautregulierung (mechanisch, chemisch) können Reihensaaten (45 cm Reihenabstand) oder Breitsaaten durchgeführt werden. Dabei muss allerdings auch die verfügbare Erntetechnik berücksichtigt werden. Bei der Düngung sind die hohen Entzüge bei Abfuhr des Erntegutes zu berücksichtigen. 65 dt/ha Trockenmasse entziehen etwa 200 kg/ha N, 85 kg/ha P₂O₅, 380 kg/ha K₂O und 30 kg/ha MgO.

Die Verwertung der Herbstrüben kann als Frischfutter (Beweidung, Stallfütterung) und nach der Konservierung als Nasssilage erfolgen. Feld- und Konservierungsverluste (20 bis 30 Prozent) sind hoch und verteuern das Futter. Die Trockenmasse- und Nährstoff-erträge (siehe Tabelle 5 und Tabelle 6) und die Qualität des erzeugten Futters sind dennoch hoch. Herbstrüben werden von den Tieren gerne aufgenommen und zählen wegen des hohen Zuckergehaltes zu den leicht silierfähigen Zwischenfruchtarten.

Futterkohl (*Brassica oleracea* L. convar. *acephala* (DC.) Alef. var. *medullosa* Thell und var. *viridis* L.) ist unter dem Aspekt der Ertragsbildung die saatezeitempfindlichste kreuzblütige Futterpflanze des Sommerzwischenfruchtbaues. Aussaaten nach der dritten Julidekade werden zunehmend ertragsunsicher. Von den drei Arten Blattkohl (20 Prozent Stängelanteil), Strunkkohl (25 Prozent Blattanteil) und Markstammkohl (50 Prozent Blattanteil) wird der Markstammkohl meist als Nachfrucht nach frühräumendem Getreide ausgesät und liefert dann hohe Trockenmasseerträge. Die

Verwertung erfolgt als Frischfutter und als Silage nach Häckselung und Konservierung der Aufwüchse. Futterkohl kann kurzfristig Frostgrade bis minus 10 °C vertragen, bei längerer Frosteinwirkung sterben die Pflanzen ab. Futterkohl ist häufig Bestandteil von Saatgutmischungen für die Anlage von Wildäusungsflächen. In der Beschreibenden Sortenliste des Bundessortenamtes sind fünf Sorten eingetragen. Das Sortenspektrum unterscheidet sich in der Strunkdicke, im Blattanteil, in der Frosthärte, im Trockenmasseertrag und Trockenmassegehalt.



Abb. 26: Markstammkohl



Abb. 27: Der Ölrettich mit seiner Pfahlwurzel sorgt für Auflockerung und organische Substanz im Boden.

Ölrettich (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis* Pers.) wird im Sommerzwischenfruchtbau (siehe Tabelle 8) zur Begrünung von Ackerflächen und zum Boden- und Gewässerschutz verwendet – meist vor nachfolgenden Sommerungen, bei Futterknappheit auch zur Futternutzung. Die Langtagreaktion der Pflanzen ist von Sorte zu Sorte sehr unterschiedlich ausgeprägt. Bei früher Saat (Juli/Anfang August) ist ein rascher Übergang zur generativen Entwicklung in Verbindung mit starker Stängel- und Blütenbildung zu erwarten. Teilweise wird sogar die Samenreife erreicht. Diese Entwicklung muss durch ein Mulchen rechtzeitig unterbrochen werden, um ein Aussamen zu verhindern. Die Blühneigung der Sorten ist deshalb ein wichtiges Kriterium bei der Sortenwahl.

Durch Züchtung ist es gelungen, Ölrettichsorten mit relativ geringer Blühneigung und dennoch hoher Biomasseproduktion zu entwickeln. Diese weisen insbesondere bei der biologischen Bekämpfung von Nematoden

im Zuckerrübenanbau Vorteile auf. Ölrettich ist relativ saatzzeitverträglich (bis Anfang September) und bildet auch dann – mit erhöhten Saatmengen – noch ausreichend dichte Bestände, mit allerdings deutlich reduzierter Trockenmasse. Durch die rasche Jugendentwicklung (durch Stickstoff gefördert) wird Unkraut wirksam unterdrückt. Die Ausbildung einer Pfahlwurzel mit einem stark verzweigten Nebenwurzelsystem führt zur Bodenauflockerung und versorgt diesen mit organischer Substanz.

Ölrettich ist wenig frostverträglich und stirbt im Winter sicher ab, was Mulchsaaten bei Folgekulturen erleichtert. Spät auflaufende junge Pflanzen sind allerdings relativ frosthart und können zu Durchwuchsproblemen im Frühjahr führen. Ein Wiederaustrieb aus dem Wurzelkörper (Rettich) nach milden Wintern ist ebenfalls möglich. Im Frühjahr sind dann besondere Maßnahmen zur Abtötung und Einarbeitung der Bestände zu ergreifen.



Abb. 28: Abgefrorener Ölrettich

Die meisten Sorten des Ölrettichs ermöglichen die biologische Bekämpfung des Rüben- nematoden *Heterodera schachtii*. Dazu ist die Verwendung von resistenten Sorten erforderlich. Auch gegen das Wurzelgallenälchen *Meloidogyne chitwoodi* stehen Ölrettichsorten zur Verfügung. Das Wirkungsprinzip: Nach der Einwanderung der Larven in die Ölrettichwurzeln verhindern spezielle Resistenzmechanismen die Entwicklung der Larven

zu Dauerzysten. Für beide Nematodenarten gilt: Es sind relativ frühe Saattermine anzustreben, um die Temperaturansprüche zur Entwicklung der Nematoden zu gewährleisten. Welche Bedeutung der Ölrettich für den Sommerzwischenfruchtbau hat, wird durch das große Angebot an Sorten (derzeit 78) mit unterschiedlichen Eigenschaften deutlich.

Aktuell werden vom Fachhandel spezielle Rettichsorten für den Zwischenfrucht- bau beworben: **'Tillage-Rettich'** und die Speiserettichsorte **'Deep Till'**. Sie werden für die tiefe Bodenlockerung und Bodensanierung empfohlen. Beide Sorten stammen aus den USA. 'Tillage-Rettich' ähnelt dem Ölrettich in Wurzelform und Wurzeltiefe. Das verzögerte Blühverhalten ist wie bei vergleichbaren Sorten des Ölrettichs ausgeprägt. Zur Beurteilung der Frosthärte liegen noch keine ausreichenden Erfahrungen vor.



Abb. 29: Speiserettichsorte 'Deep Till' im Zwischenfruchtbau

Weißer Senf (*Sinapis alba* L.), auch **Gelbsenf** genannt, ist die im Sommerzwischenfrucht- bau am häufigsten verwendete Begrünungs- pflanze. Sie dient, meist in Verbindung mit einer Mulchsaat der Folgekultur, dem Boden- und Gewässerschutz.

Senf ist gekennzeichnet durch eine starke fotoperiodische Reaktion (Langtagpflanze). Je früher er ausgesät wird, desto eher kommt er zur Blüte. Die Assimilate werden dann überwiegend zur Stängel- und Blütenbildung verwendet, Blatt- und Wurzelentwicklung sind benachteiligt. Um die starke Blühneigung zu unterdrücken und die Wirkung der Gründüngung (hohe Blattmasse, dichter Bestand, intensive Durchwurzelung) zu verbessern, ist eine Aussaat etwa Mitte August anzustreben. Die Spätsaatverträglichkeit von Senf erlaubt vielfältige Verwendungsmöglichkeiten in Fruchtfolgen. Dennoch ist auf eine ausreichende Trockenmasseproduktion von möglichst über 20 dt/ha zu achten, um den Gründüngungswert zu gewährleisten.

Aus dem großen Angebot von Sorten (derzeit 71) des Weißen Senfs weisen etwa 80 Prozent die Ausprägungsstufe Zwei bezüglich der Re-

sistenz gegenüber Rübennematoden auf und sind damit für die biologische Bekämpfung dieses Schaderregers geeignet. Diese Zielsetzung erfordert relativ frühe Saattermine, um die Temperaturansprüche der Nematodenentwicklung zu gewährleisten. Dies wiederum hat häufig das Mulchen der Bestände zur Verhinderung der Samenreife zur Folge. Sorten mit geringerer Blühneigung sind deshalb zu bevorzugen, werden in der Praxis aber leider noch zu wenig genutzt. Das große Angebot an Sorten mit unterschiedlichsten Sorteneigenschaften ermöglicht die Anpassung an die verschiedenen Anforderungen der Pflanzenbausysteme.

Sarepta-Senf (*Brassica juncea* (L.) Czern.) ist, wie der Weiße Senf, für den Zwischenfrucht- bau geeignet, ermöglicht aber keine biolo- gische Bekämpfung der Rübennematoden. Einige Sorten sind durch extrem geringe Blühneigung gekennzeichnet.

Schwarzer Senf (*Brassica nigra* L.) hat bisher keine Bedeutung als Zwischenfruchtplan- ze erreicht. Sortensaatgut steht nicht zur Verfügung.



Abb. 30: Gelbsenf

5.3 Grobleguminosen

Zu den Grobleguminosen zählen Gelbe, Weiße und Blaue Lupinen, Ackerbohnen, Futtererbsen und Saatwicken. Ein besonderer Vorteil dieser Pflanzengruppe ist die Selbstversorgung mit Stickstoff über die biologische Stickstofffixierung mithilfe von Knöllchenbakterien. Auf diese Weise können über 150 kg/ha Stickstoff fixiert werden. Die Fähigkeit zur Stickstoffbindung und das enge C/N-Verhältnis erklären den hohen Vorfruchtwert der Leguminosen und die leichte Umsetzbarkeit der organischen Substanz. Ein zu früher Umbruch im Herbst, ohne ausreichenden Aufwuchs der nachfolgenden Kultur vor Winter, führt deshalb häufig zu hohen Nitratauswaschungen.

Nachteile der Grobleguminosen sind ihre hohe Saatzeitempfindlichkeit, die langsame Jugendentwicklung und die damit verbundene Gefahr der Verunkrautung sowie relativ hohe Saatgutkosten. Mischungen der Leguminosen untereinander und mit anderen Arten wirken insgesamt ausgleichend. Produktionstechnische Daten der Grobleguminosen sind in Tabelle 11 aufgeführt.



Abb. 31: Knöllchenbakterien an den Wurzeln von Leguminosen, hier an einer Ackerbohnenwurzel, können Luftstickstoff fixieren und der Pflanze zur Verfügung stellen.

Tabelle 11: Produktionstechnische Daten von Grobleguminosen und von Gemengen im Sommerzwischenfruchtbau

Art/Gemenge	Saatstärke kg/ha	Ertrag Grünmasse dt/ha	Ertrag Trockenmasse dt/ha	Wurzeltrockenmasse nach Ernte dt/ha
Gelbe Lupine	160 - 180	250 - 300	35 - 45	15 - 20
Weißer Lupine	200 - 250	250 - 300	35 - 45	15 - 20
Blaue Lupine	160 - 180	250 - 300	35 - 45	15 - 20
Futtererbsen	110 - 180	300 - 400	30 - 40	8 - 10
Ackerbohnen	140 - 220	230 - 350	40 - 50	15 - 20
Sommerwicken	80 - 160	300 - 400	30 - 40	8 - 10
Ackerbohnen + Futtererbsen + Sommerwicken	80 + 60 + 40	270 - 350	35 - 45	10 - 15
Ackerbohnen + Futtererbsen	100 + 60	270 - 350	35 - 45	10 - 15

Grobleguminosen werden meist für Gründüngung verwendet. Bei Futterkonservierung liegt die Energiedichte bei 5,7 bis 6,0 MJ NEL/kg TM. Die Nährstoffträge betragen ca. 21 GJ NEL/ha. Bei Lupinen steht nur eine bitterstoffhaltige Sorte bei der Blauen Lupine zur Verfügung.

Von den Lupinenarten wird die **Blaue Lupine** (*Lupinus angustifolius* L.) im Zwischenfruchtbau für die Begrünung von Ackerflächen eingesetzt. Das Angebot an Sorten für diesen Zweck ist allerdings sehr gering. Von der **Gelben Lupine** (*Lupinus luteus* L.) und der **Weißer Lupine** (*Lupinus albus* L.) enthält die Beschreibende Sortenliste des Bundesortenamtes keine geprüften Sorten für den Zwischenfruchtbau.

Eine frühe Saat im Juli fördert die Jugendentwicklung und Unkrautunterdrückung. Das Wurzelsystem mit Pfahlwurzel und das Vermögen, tiefere Bodenschichten damit aufzuschließen, machen die Lupinenarten zu perfekten Bodenverbesserungspflanzen. Hohe Trockenmasseerträge werden nur bei früherer Saatzeit und langer Vegetationszeit erreicht.

Die Saattiefe beträgt 2 bis 4 cm. Lupinen keimen epigäisch, das heißt die Keimblätter werden durch die Streckung des Hypokotyls über den Boden angehoben.

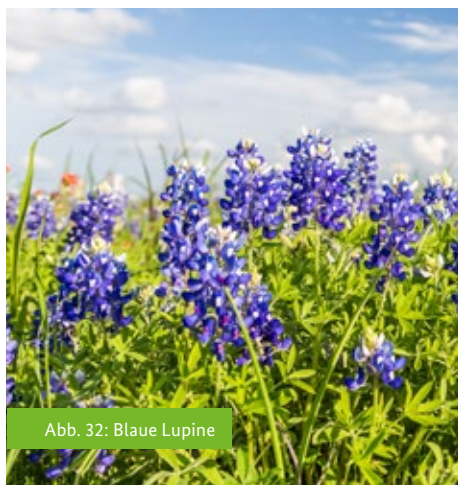


Abb. 32: Blaue Lupine



Abb. 33: Ackerbohne

Ackerbohnen (*Vicia faba* L. (partim)) werden im Zwischenfruchtbau überwiegend zur Begrünung, weniger zur Futternutzung angebaut. Vielfach sind Gemenge mit Saatwicken oder Futtererbsen sowie Rau- oder Sommerhafer zu bevorzugen, um eine bessere Bodenbedeckung zu erreichen. Ackerbohnen besitzen eine Pfahlwurzel, die tief in den Boden eindringt und damit zur Bodenverbesserung beiträgt. Eine frühe Saat nach Wintergerste führt zu hohen Erträgen. Reinsaaten sind häufig stärker verunkrautet, da die „offenen“ Bestände viel Licht auf den Boden durchlassen. Gemenge mit passenden Partnern (z. B. Futtererbsen) sind deshalb zu bevorzugen. Spezielle Sortenprüfungen für den Sommerzwischenfruchtbau werden bei Ackerbohnen nicht durchgeführt.



Abb. 34: Futtererbse

Futtererbsen (*Pisum sativum* L. (partim)), auch Felderbsen genannt, sind an ihren bunten Blüten erkennbar. Es handelt sich um schnellwachsende, eiweißreiche und massenwüchsige Pflanzen mit langen, hohlen, liegenden bis aufrechten Stängeln. Eine Wickelranke am Ende der Blattstiele ermöglicht das Hochranken an Stützpflanzen wie zum Beispiel Ackerbohnen, Mais oder auch einzelnen Sommerrapspflanzen. Diese Kombinationen sind erforderlich, da Erbsen sehr stark lagern und in Feuchteperioden schnell in Fäulnis übergehen. Erbsen sind relativ saatezeitempfindlich. Die Keimung erfolgt hypogäisch, das heißt die Keimblätter verbleiben im Boden. Die Saattiefe beträgt etwa 4 bis 6 cm. Geprüfte Sorten für den Zwischenfruchtbau unterscheiden sich im Tausendkorngewicht und weiteren produktionstechnischen Merkmalen. Kleinkörnige Sorten sollten wegen der günstigeren Saatgutkosten bevorzugt verwendet werden.



Abb. 35: Saatwicke

Die **Wicken** werden in eine Sommerform (Saatwicke, *Vicia sativa* L.) und Winterform (Zottelwicke, *Vicia villosa* Roth) unterschieden. Die Saatwicke wird ausschließlich im Sommerzwischenfruchtbau verwendet. Die Pflanzen werden bis zu 100 cm lang und lagern völlig ohne Stützfrucht. Wickelranken erlauben das Emporwachsen an Stützpflanzen. Jugendentwicklung und Ertragsleistung werden durch frühe Saattermine gefördert. Keimverhalten und Saattiefe sind identisch mit den Angaben bei Futtererbsen. Die Beschreibende Sortenliste des Bundessortenamtes weist nur zwei geprüfte Sorten auf. Dies

ist ein Hinweis auf die geringe züchterische Bearbeitung dieser Pflanzenart.

Mischungen von Grobleguminosen (siehe Tabelle 11) sind gegenüber Reinsaat im Zwischenfruchtbau für Begrünung und Futternutzung immer zu bevorzugen. So werden Futtererbsen und Saatwicken häufig in Mischung, beispielsweise mit Ackerbohnen, ausgesät. Auch Mischungen von Lupinenarten mit Futtererbsen oder Saatwicken und weiteren Arten können Vorteile bieten.

5.4 Sonstige Sommerzwischenfrüchte

Phacelia (*Phacelia tanacetifolia* Benth.), auch Büschelschön genannt, gehört zur Familie der Wasserblattgewächse (Hydrophyllaceae), stammt aus Kalifornien und ist mit keiner heimischen Kulturpflanze verwandt. Es handelt sich um eine kurzlebige, schnellwachsende, im Winter sicher absterbende Pflanze, die im Stoppelfruchtbau zur Bodenbegrünung sowie zum Boden- und Gewässerschutz angebaut wird. Hinweise zum Anbau sind in Tabelle 12 aufgeführt. Große Bedeutung hat Phacelia als Zwischenfrucht vor Sommerungen (Mais, Zuckerrüben u. a.), besonders wenn diese in Mulchsaat bestellt werden.

Vorteilhaft ist die rasche Jugendentwicklung mit unkrautunterdrückender Wirkung. Stickstoff fördert das Wachstum. Blütenbildung erfolgt praktisch während der gesamten Vegetationszeit, allerdings verstärkt bei früher Saatzeit. Für die Aussaat stehen geprüfte Sorten ausreichend zur Verfügung. Die Bewertung von Eigenschaften der Sorten liegt relativ eng beieinander. Bei der Saat ist zu beachten, dass Phacelia zu den Dunkelkeimern gehört. Die Pflanzen sterben im Spätherbst/Winter sicher ab, lagern dicht am Boden und ermöglichen dadurch eine Spätverunkrautung, die vor Sommerungen mechanisch oder chemisch reguliert werden muss.



Abb. 36: Phacelia

Tabelle 12: Produktionstechnische Daten sonstiger Pflanzenarten im Sommerzwischenfruchtbaue zur Begrünung, Futternutzung und Erzeugung von Energie

Art/Gemenge	Saatstärke kg/ha oder Körner/m ²	Saatzeit	TM-Ertrag bei früher Aussaat dt/ha	Wurzel-TM dt/ha
Phacelia	8 - 12 kg/ha	Aug. - Anf. Sep.	25 - 35	10 - 12
Sonnenblume	20 - 30 kg/ha	Juli - Anf. Sep.	40 - 70	15 - 25
Buchweizen	50 - 70 kg/ha	bis Anf. Aug.	30 - 40	4 - 6
Kulturmalve	10 - 15 kg/ha	Juli - Anf. Aug.	30 - 35	10 - 15
Ramtillkraut	8 - 12 kg/ha	Juli - Mitte Aug.	25 - 35	-
Rauhafer	400 Kö/m ²	Juli - Anf. Aug.	40 - 60	-
Sommergetreide				
Sommergerste	400 - 420 Kö/m ²	ab Anf. Jul.	50 - 80	10 - 20
Sommerhafer	400 - 450 Kö/m ²	ab Anf. Jul.	50 - 80	10 - 20
Sommerroggen	380 - 420 Kö/m ²	ab Anf. Jul.	50 - 80	10 - 20
Sommertriticale	380 - 420 Kö/m ²	ab Anf. Jul.	50 - 80	10 - 20

Ramtillkraut (*Guizotia abyssinica* L. f. Cass.) ist eine in Nordeuropa neue, einjährige Pflanzenart des Zwischenfruchtbaues, die im tropischen Afrika ihre natürlichen Verbreitungsgebiete hat. Die Samen zählen zu den ölhaltigen Saaten und haben einen hohen Fett- und Proteinanteil. In Prüfungen für die Verwendung im Zwischenfruchtbaue ist diese neue Art positiv bewertet worden. In vielseitig zusammengesetzten Gemengen findet das Ramtillkraut seinen Einsatzbereich und ergänzt wegen der späten Blüte andere Arten zur Verlängerung des Blühzeitraumes. Die Anfangsentwicklung ist im Vergleich zu Raps, Senf und Ölrettich etwas verzögert, holt dann aber in der Entwicklung auf. Frühe Aussaaten sind anzustreben. Nachteilig sind die Frostempfindlichkeit und das dadurch bedingte frühe Zusammenbrechen der Pflanzen. Dies kann zu stärkerem Durchwuchs unerwünschter Pflanzen führen. Ramtillkraut dürfte deshalb vor allem zur Futterprodukti-

on und Energieerzeugung in Biogasanlagen geeignet sein und weniger als Vorfrucht für nachfolgende Mulchsaaten von Sommerkulturen. Die Aussaat in Reinsaat erfolgt mit 8 bis 12 kg/ha. Erzielt werden Trockenmasseerträge von 25 bis 35 dt/ha (siehe Tabelle 12).



Abb. 37: Ramtillkraut

Rauhafer (*Avena strigosa* Schreb.) wurde 2010 in das Artenverzeichnis zum Saatgutverkehrsgesetz aufgenommen und nach Anerkennung des landeskulturellen Wertes für den Vertrieb in Deutschland zugelassen. Nur noch anerkanntes Saatgut vom Bundessortenamt zugelassener Sorten darf in den Verkehr gebracht werden. Rauhafer kann nach früh räumenden Hauptfrüchten (Getreide-GPS) im Sommerzwischenfruchtbau verwendet werden. Die Kultur liefert hohe Erträge, ist aber auch sehr lageranfällig. Rauhafer eignet sich vor allem für die Gründüngung (die Pflanze friert sicher ab), ist eingeschränkt aber auch für die Futternutzung und Energieerzeugung in Biogasanlagen zu verwenden. Trockenmasseertrag und Trockenmassegehalt werden stark von der Saatzeit bestimmt. Niederländischen Untersuchungen zufolge wirkt die Sorte 'Pratex' wandernden Wurzelnekrotosen (*Pratylenchus*-Arten) entgegen. Für die Aussaat werden 400 Körner/m² benötigt (siehe Tabelle 12), die Ertragsleistung erreicht 40 bis 60 dt/ha Trockenmasse.



Abb. 38: Rauhafer

Die **Sonnenblume** (*Helianthus annuus* L.) wird meist als Gemengepartner (Stützpflanze) in Aussaaten zur Begrünung verwendet. Geeignet ist sie für die Futternutzung und Gründüngung, in der Praxis aber nur wenig verbreitet. Sie stellt hohe Ansprüche an die Saatzeit (bis Ende Juli). In Reinsaat ist eine stärkere Verunkrautung zu erwarten. Das kräftig entwickelte Wurzelsystem (Pfahl- und Büschelwurzel) besitzt ein hohes Aufschlussvermögen für Nährstoffe. Grobleguminosen wie Wicken und Erbsen ergänzen sich in ihren positiven Eigenschaften mit Sonnenblumen. Spezielle Sortenprüfungen für den Zwischenfruchtbau werden kaum durchgeführt. Bei früher Aussaat werden 40 bis 70 dt/ha Trockenmasse erreicht (siehe Tabelle 12). Für eine wirtschaftliche Verwendung in Biogasanlagen sind die Trockenmassegehalte zu gering. Als Randpflanzen werden Sonnenblumen gerne wegen des Blühaspektes zur Verschönerung des Landschaftsbildes eingesetzt.



Abb. 39: Sonnenblumen, hier in einer Mischung mit anderen Zwischenfrüchten



Abb. 40: Buchweizen

Buchweizen (*Fagopyrum esculentum* L.) gehört zu den Knöterichgewächsen (Polygonaceae) und ist durch eine sehr schnelle Jugendentwicklung und Bodenbedeckung gekennzeichnet. Die Pflanze hat krautige, rotgefärbte Stängel und weiße bis rosarote Blüten, die bei Saatterminen zwischen Frühjahr und Sommer ausgebildet werden. Bereits nach den ersten Frühfrösten im Herbst sterben die Pflanzen ab. Die Bestände brechen zusammen und lassen sich leicht einarbeiten. Buchweizen eignet sich deshalb bevorzugt für kurzfristige Begrünungsmaßnahmen zwischen zwei Hauptkulturen (z. B. nach Erbsen vor Winterweizen), für Mulchsaaten von Sommerungen ist er weniger geeignet. Die Ertragsbildung wird durch Stickstoff gefördert, ist aber im Vergleich zu anderen Arten relativ gering. Gleiches gilt für die Wurzelausbildung (siehe Tabelle 12).

Die **Kulturmalve** (*Malva silvestris* L.) ist eine hochwachsende, stängelige Pflanze mit gelappten Blättern und purpurroten Blüten (siehe Tabelle 12). Die langsame Jugendentwicklung erfordert einen Mischanbau mit schnellwachsenden Arten, zum Beispiel Phacelia. Die züchterische Bearbeitung hat bisher nicht zu geeigneten Sorten geführt. Die Saatgutproduktion ist mit erheblichen

Schwierigkeiten verbunden (ungleichmäßige Abreife). Eine Bedeutung als Sommerzwischenfrucht ist dadurch nicht gegeben.



Abb. 41: Kulturmalve

Zu den im Sommerzwischenfruchtbau verstärkt nachgefragten Getreidearten (siehe Tabelle 12) zählen **Sommergerste** (*Hordeum vulgare* L. *sensu lato*), **Sommerhafer** (*Avena sativa* L.), **Sommertriticale** (*x Triticosecale* Wittm. ex A. Camus) und **Sommerroggen** (*Secale cereale* L.). Nach Untersuchungen der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen aus dem Jahr 2014 sind Sommertriticale und Sommerhafer bevorzugt für die Energieerzeugung in Biogasanlagen zu empfehlen, bei sehr früher Saat auch Sommergerste mit sicherer Abreife für die GPS-Nutzung. Zielgröße ist ein Trockenmassegehalt von 25 bis 28 Prozent. Die Trockenmasseerträge werden sehr stark von der Saatzeit, vom Standort, der Pflanzengesundheit und von der Sortenwahl bestimmt sowie durch produktionstechnische Maßnahmen wie Düngung und Pflanzenschutz abgesichert. Auf günstigen Standorten werden 50 bis 80 dt/ha Trockenmasse erzielt. Frühe Aussaaten nach Wintergetreide-GPS sind für den Anbau von Sommergetreide als Zweitfrucht gute Voraussetzungen. Das Kapitel 9 enthält Ausführungen zur Eignung von Sommergetreide zur Erzeugung von Energie in Biogasanlagen.

6 Winterzwischenfrüchte - Pflanzenarten und Anbauhinweise

6.1 Gräser und Leguminosen

Das **Welsche Weidelgras** (*Lolium multiflorum* Lam. ssp. *non alternativum*) ist die wichtigste Grasart des Winterzwischenfruchtbaues, wenn es um die Futternutzung geht. In flächenarmen Futterbaubetrieben auf günstigen Standorten (Lösslehm, lange Vegetationszeit) wird das Welsche Weidelgras als Zwischenfrucht vor Silomais angebaut, um die Flächenertragsleistung zu erhöhen. Geerntet wird zwischen letzter April- und zweiter Maidekade, was Trockenmasseerträge von 60 bis 80 dt/ha erbringt (siehe Tabelle 13). Bei einer frühen Saat nach Wintergerste ist eine Herbstvornutzung mit 30 bis 40 dt/ha Trockenmasse möglich (siehe Tabelle 14). Im

Fall einer Herbstvornutzung ist es wichtig, dass das Welsche Weidelgras etwa 10 cm hoch in den Winter geht. Ohne Herbstvornutzung erreicht man diese Wuchshöhe, je nach Standort, durch eine Aussaat zwischen Anfang und Mitte September. Für eine zügige Ertragsbildung im Frühjahr ist das Welsche Weidelgras mit 80 bis 120 kg/ha Stickstoff zu düngen. Der Stickstoffentzug in Höhe von 140 bis 150 kg/ha übersteigt das Maß der Düngung sehr deutlich. Spezielle Sortenprüfungen des Bundessortenamtes für den Winterzwischenfruchtbau werden nicht durchgeführt. Hinweise zur Sorteneignung liefern die Ergebnisse der Sortenprüfungen für den Hauptfruchtfutterbau und länderspezifische Erfahrungen.



Abb. 42: Welsches Weidelgras liefert hohe Futtererträge

Tabelle 13: Produktionstechnische Daten der Pflanzenarten und -gemische des Winterzwischenfruchtbaues

Art/Gemisch	Saatstärke kg/ha	N-Düngung kg/ha	Ertrag dt/ha		Energieertrag GJ NEL/ha*
			TM	Wurzel-TM	
Winterrüben	10 - 12	80 - 100	30 - 45	20 - 25	21 - 31
Winterraps	10 - 12	80 - 100	30 - 45	20 - 25	20 - 31
Winterroggen/Wintertriticale	160 - 180	80 - 100	50 - 70	15 - 20	35 - 50
Welsches Weidelgras	35 - 45	80 - 100	60 - 80	20 - 30	34 - 48
Winterroggen/Wintertriticale + Welsches Weidelgras	120 + 14	80 - 100	50 - 70	18 - 25	35 - 47
Winterwicken + Winterroggen/Wintertriticale	50 + 70	40 - 60	50 - 70	15 - 20	31 - 43
Landsberger Gemenge Winterwicken + Inkarnatklees + Welsches Weidelgras	20 + 10 + 30	40 - 70	50 - 70	15 - 25	32 - 45

* nach DLG-Futterwerttabelle für Wiederkäuer (z. T. interpoliert)

Tabelle 14: Ertragsleistung des Welschen Weidelgrases im Frühjahr nach verschiedener Herbstvornutzung bei gleicher Düngung (Aussaat 1. August, Mittel von drei Versuchsjahren)

Nutzungstermine	Erträge in dt/ha Trockenmasse	
	Versuchsmäßige Schnittnutzung	Beweidung im Herbst
Im Herbst		
1. Nutzung am 15. September	18,4	23,8
2. Nutzung am 20. Oktober	24,0	17,7
Gesamtertrag	42,4	41,5
Im Frühjahr		
1. Schnitt	94,2	74,5
2. Schnitt	47,9	40,3
Gesamtertrag	142,1	114,8
Gesamterträge Herbst und Frühjahr	184,5	156,3

Die möglichen weiteren Erträge des Welschen Weidelgrases aus dem 3., 4. und evtl. 5. Schnitt wurden nicht ermittelt.

* nach DLG-Futterwerttabelle für Wiederkäuer (z. T. interpoliert)



Abb. 43: Feldhäcksler beim Bergen von Grünroggen als Ganzpflanzensilage

Winterroggen (*Secale cereale* L.), auch Futterroggen oder Grünroggen genannt, und **Wintertriticale** (x *Triticosecale* Wittm. ex A. Camus) eignen sich besonders als Winterzwischenfrucht für leichte Standorte. Die Aussaat muss bis Ende September erfolgen, damit noch vor Winter eine ausreichende Bestockung erreicht wird. Je nach Standort und Versorgungslage kann eine Herbst-Stickstoffgabe von 30 bis 40 kg/ha zweckmäßig sein. Im Frühjahr muss mit 80 bis 120 kg/ha Stickstoff sehr frühzeitig gedüngt werden, um die relative kurze Vegetationszeit bis Anfang Mai ausschöpfen zu können. Winterroggen muss spätestens beim Spitzen der Grannen geerntet

werden, weil die Qualität danach sehr stark nachlässt. Das Vorwelken begünstigt den Silierprozess, ebenso das sehr kurze Häckseln und Festwalzen im Silo. Die Nutzungselastizität hinsichtlich der Futterqualität ist bei Winterroggen, wie auch bei Wintertriticale, wesentlich geringer als beim Welschen Weidelgras. Mischungen aus Winterroggen und Welschem Weidelgras (je 50 Prozent der ReinSaatstärke) haben sich vor allem auf leichten Böden bewährt, um den Energiegehalt des Futters ohne wesentliche Ertragsseinbußen zu erhöhen (siehe Tabelle 15). Produktionstechnische Daten siehe auch Tabelle 13.

Tabelle 15: Ertragsleistung von Futterroggen und Welschem Weidelgras sowie einem Gemenge in Abhängigkeit vom Erntetermin sowie vom Standort (im Mittel von zwei Jahren, Niederrhein)

Variante	TM-Ertrag dt/ha				
	Erntetermin			Standort	
	28.04.	08.05.	18.05.	Sandboden	Lösslehm
100 % Futterroggen	65	82	97	84	79
Futterroggen (60 %) + Welsches Weidelgras (40 %)	64	82	96	80	83
100 % Welsches Weidelgras	57	67	77	58	75



Abb. 44: Wickroggen

Wickroggen ist ein Gemenge aus Winterwicken (Zottelwicken, *Vicia villosa* ROTH) und Winterroggen (*Secale cereale* L.). Die Winterwicke gedeiht vor allem auf leichten Böden und ist hier eine sichere und leistungsfähige Futterpflanze. Im Gemenge werden etwa 70 kg/ha Roggen und 50 kg/ha Winterwicken verwendet. Die Wicken entwickeln sich bis zum Erntetermin, der sich am Roggen orientiert, nur bis zum Knospens Stadium, was sich positiv auf die Futterqualität auswirkt. Produktionstechnische Daten siehe Tabelle 13.

Das **Landsberger Gemenge** ist eine seit über 100 Jahren bekannte, ertrag- und eiweißreiche Winterzwischenfruchtmischung mit langer Vegetationszeit. Die Zusammensetzung der Saatgutmischung variiert: meist werden 20 kg/ha Winterwicken, 10 kg/ha

Inkarnatklee und 30 kg/ha Welsches Weidelgras verwendet. Auf Böden mit hohem Wasserspeichungsvermögen können bis zur zweiten Maidekade hohe Erträge erzielt werden. Die Winterfestigkeit ist meist ausreichend, bei Kahlfrösten ist jedoch der Inkarnatklee gefährdet. Das Welsche Weidelgras kann auf frostgefährdeten Standorten durch das winterhärtere Bastardweidelgras (*Lolium x boucheanum* Kunth.) ersetzt werden. Die Stickstoffdüngung ist abhängig von der Bestandszusammensetzung. Bei hohem Grasanteil sind ca. 60 bis 80 kg/ha Stickstoff zu empfehlen. Landsberger Gemenge sollte möglichst als Silage genutzt werden. Eine Bodentrocknung zur Heuwerbung bewirkt hohe Bröckel- und damit Qualitätsverluste. Nach der ersten Nutzung treibt nur das Welsche Weidelgras wieder aus und kann zur Futternutzung (Heu) oder Saatgutgewinnung verwendet werden. Produktionstechnische Daten siehe Tabelle 13.



Abb. 45: Landsberger Gemenge



Abb. 46: Junger Rapsbestand vor dem Winter

6.2 Kreuzblütler

Unter den Kreuzblütlern eignen sich nur die winterharten Arten Winterraps (*Brassica napus* L. (partim)) und Winterrüben (*Brassica rapa* L. var. *silvestris* (Lam.) Briggs) als Winterzwischenfrüchte für die Futternutzung und Bodenbegrünung (siehe Tabelle 13). Von diesen stehen zudem nur wenig geprüfte Sorten zur Verfügung: Es handelt sich um die Arten mit der frühesten Nutzungsreife (ab Anfang April zur Frischverfütterung). Die Entwicklung beider Arten ist weitgehend identisch: Die Überwinterung erfolgt im Rosettenstadium, im Frühjahr entsteht der Hauptspross mit Verzweigung, der für die hohen Trockenmassezuwächse verantwortlich ist. Die Aussaat beider Arten erfolgt bis Anfang September. Die Höhe der Stickstoffdüngung im Herbst ist vom Standort (Stickstoffnachlieferung) abhängig. Im Frühjahr werden sehr zeitig 80 bis

100 kg/ha Stickstoff benötigt, um Trockenmasseerträge von 30 bis 45 dt/ha aufzubauen.

Die Nutzung erfolgt frisch oder siliert, die Nutzungsspanne beträgt etwa zehn bis 12 Tage. Die Futterkonservierung schafft Futterreserven für futternknappe Zeiten sowie ein eiweißreiches Ergänzungsfutter. Nachteil für die Konservierung ist der geringe Trockenmassegehalt von 15 Prozent und weniger, der zu Nasssilagen und Auftreten von Sickerwasser führt. Winterrüben werden häufig auch zur Bodenbegrünung im Herbst und Winter vor Sommerungen eingesetzt. Die Bestände sind möglichst vor dem Schossen im Frühjahr umzubringen oder chemisch abzutöten. Bei älteren Beständen besteht erhöhte Durchwuchsfahr, da in der verdickten Wurzel (kleine Rübe) erhebliche Mengen an Reservestoffen für den Wiederaustrieb gespeichert sind. Produktionstechnische Daten zu den kreuzblütigen Winterzwischenfrüchten finden sich in Tabelle 13.

7 Untersaaten: Pflanzenarten und Anbauhinweise

7.1 Untersaaten in Getreide

Winterroggen, Wintertriticale und Winterweizen sind sehr gut als Deckfrucht für die Untersaat geeignet, Wintergerste wegen der stärkeren Beschattung und Lagerneigung dagegen weniger. Bei den Sommerungen gilt hinsichtlich der Deckfruchteignung die folgende Reihenfolge: Sommergerste > Sommerweizen > Hafer.



Abb. 47: Erbsenuntersaat in einem Roggenbestand

Bei Untersaaten ist immer die Konkurrenzskraft der Deckfrucht mit derjenigen der untergesäten Art abzustimmen. In einem gut

entwickelten Winterweizenbestand können durchaus frühzeitig durchsetzungsstarke Arten wie Welsches Weidelgras, Bastardweidelgras oder Rotklee eingesät werden. Ist der Winterweizen allerdings schwach entwickelt, sät man die Untersaat besser später oder wählt weniger konkurrenzstarke Arten aus. Beim Roggen verhält es sich ähnlich. Wintergerste dagegen ist als Deckfrucht immer konkurrenzstark. Für Hafer und Sommerweizen sind aggressive Untersaaten durchaus geeignet, während die Sommergerste empfindlich darauf reagiert. Für Sommergerste kommen Arten mit angepassten Saatterminen wie Deutsches Weidelgras und Weißklee in Betracht.

Sortenunterschiede bei den Getreide-Deckfrüchten (Wuchshöhe, Beschattung, Bestandesdichtetyp, Einzelährenertragstyp, Blatthaltung u. a.) und den Untersaaten (Tageslängenreaktion, Vernalisationsbedürfnis, Früh-, Spätreife u. a.) sowie Düngung und Herbizideinsatz zur Deckfrucht haben erheblichen Einfluss auf den Erfolg von Untersaaten. Bei der Auswahl einer geeigneten Untersaat sollte berücksichtigt werden, dass diese die produktionstechnischen Maßnahmen der Deckfrucht (Düngung, Pflege, Befahren mit Maschinen und Geräten, Ernte- und Transporttechnik) „aushalten“ muss. Sie muss also über ein hohes Regenerationsvermögen verfügen, damit sich schnell nach der Deckfruchternte ein ausreichend dichter Pflanzenbestand entwickeln kann.

Das Getreidestroh kann auch bei Untersaat nach der Ernte auf der Ackerfläche verbleiben. Es muss dann aber möglichst kurz gehäckselt und gleichmäßig über die Schnittbreite verteilt werden, damit die Untersaat den Strohteppich durchwachsen kann. Gleiches gilt für die Spreu. Spreuverteiler am Mähdröschler sind daher eine unverzichtbare Voraussetzung, damit sich die Untersaat gleichmäßig entwickeln kann.

Die Tabelle 16 zeigt, welche Erträge in unterschiedlichen Deckfrucht-Untersaat-Konstellationen erzielt werden können.



Abb. 48: Junge Kleeuntersaat durchwächst die Getreidestoppel.

Tabelle 16: Ertragsleistung verschiedener Winterweizensorten (Greif, Kontrast, Obelisk) bei Herbst- und Frühjahrsuntersaaten sowie die Erträge der Untersaaten (ohne Stickstoffdüngung, Mittel von drei Jahren und zwei Stickstoffstufen zum Weizen)

Untersaaten zu verschiedenen Untersaat-Terminen	Erträge Winterweizen dt/ha (86 % TM)			Erträge Untersaaten dt/ha TM		
	Greif	Kontrast	Obelisk	Greif	Kontrast	Obelisk
Herbstuntersaat						
Rotschwingel	89	88	94	12	12	8
Deutsches Weidelgras	93	89	93	13	11	10
Frühjahrsuntersaat						
Deutsches Weidelgras	96	88	94	9	8	7
Welsches Weidelgras	95	90	94	15	13	9
Rotklee	97	90	94	12	8	8
Kontrolle (ohne Untersaat)	96	90	95	-	-	-

Untersaaten in Getreide können sowohl im Herbst als auch im Frühjahr ausgebracht werden. Welche Vor- und Nachteile die beiden Varianten haben, wird im Folgenden dargestellt.

7.1.1 Herbstuntersaaten

Herbstuntersaaten in Getreide haben im Vergleich zu Frühljahrsaussaaten den Vorteil, dass sie sich schneller entwickeln, besser bestocken, den Boden intensiver durchwurzeln und den Boden rascher bedecken. Soll zeitgleich zur Wintergerste ausgesät werden, kommt wegen der frühen Saat und der Konkurrenzsituation nur der langsam wachsende Rotschwengel in Betracht. Nachfolgender Herbizideinsatz verlangt eine Ablagetiefe von 1 bis 2 cm. Bis zur Keimung des Rotschwengels ist der Herbizidbelag im oberen Bodenbereich dann nicht mehr schädigend.

Winterweizen bestockt sich vor Winter nicht so stark wie Wintergerste. Die Untersaat kann deshalb erst Ende November/Anfang Dezember erfolgen. Von den Gräserarten sind zum Beispiel Deutsches Weidelgras, Rotschwengel und Knaulgras als Untersaat in Winterweizen geeignet. Die Aussaat mit Pneumatik-Düngerstreuern mit exakter Verteilung des Saatguts erlaubt hohe Flächenleistungen und niedrige Kosten. Winterroggen ist hinsichtlich der Eignung für Untersaaten ähnlich wie Winterweizen einzustufen (siehe Tabelle 17).

7.1.2 Frühljahrsuntersaaten

Frühljahrsuntersaaten können in Breit- oder Drillsaat zeitgleich mit der ersten Stickstoffgabe im März/April in das Wintergetreide eingebracht werden, oder sie werden zeitgleich mit dem Sommergetreide ausgesät. Möglich ist auch das Ausbringen mit dem Pneumatik-Düngerstreuer auf den noch gefrorenen Boden. Wichtig ist es, die Aussaat mit der Herbizidstrategie abzustimmen. Als Ergänzung zur Herbstuntersaat (Gräser) kann im Frühjahr noch Klee gesät werden.

Bei späteren Untersaaten im Frühjahr empfiehlt sich wegen der schlechteren Keimbedingungen der Einsatz einer Drillmaschine. Dies gewährleistet, dass die Samen unter dem Blätterdach des Getreides sicher in den Boden eingebracht werden. In Körnergetreide eingesäte Gräser dürfen als Untersaat nur vegetativ wachsen und keine Schosstrieb ausbilden. Die Verwendung von vernalisationsbedürftigen Arten ist zu bevorzugen, denn bei Aussaaten im Frühjahr bilden diese keine generativen Pflanzenorgane. Anders ist das bei Untersaaten in GPS-Getreide. Hier kann das in der Getreide-Deckfrucht schossende Einjährige Weidelgras verwendet werden.

Grundsätzlich gilt für Frühljahrsuntersaaten: Gräser, die sich langsam entwickeln (z. B. Rotschwengel, späte Sorten Deutsches Weidelgras), müssen früh, konkurrenzstarke Untersaaten (z. B. Welsches Weidelgras, Rotklee) dagegen spät in die Deckfrucht eingesät werden. Hierbei ist allerdings immer der Entwicklungszustand – und damit die Konkurrenzkraft – der entsprechenden Deckfrucht zu berücksichtigen.

Hinweise zu Saatstärken und Aussaatterminen von Gräsern, Kleearten und Gemengen in Winter- und Sommergetreide sind in Tabelle 17 aufgeführt. Die Tabelle 18 vermittelt produktionstechnische Daten für Sommerzwischenfrüchte, die als Untersaaten in Getreide gesät werden.



Abb. 49: Frühljahrsuntersaat in spät gedrillten Winterweizen

Tabelle 17: Saatstärken und -termine für Untersaaten in Winter- und Sommergetreide (zur Futternutzung und Ackerbegrünung)

Untersaatarten Saatgutmischungen	Saatstärke kg/ha	Wintergerste	Winterroggen	Winterweizen
		Saattermin		
Herbstuntersaaten in Wintergetreide				
Deutsches Weidelgras (späte Sorten)	10 - 15	Nov.	Nov./Dez.	Nov./Dez.
Wiesenschwingel	10 - 15	Anfang Nov.	Nov.	Nov.
Knaulgras ¹⁾	8 - 10	Okt./Nov.	Nov.	Nov./Dez.
Rotschwingel (ausläufertreibend)	8 - 10	zur Saat	Nov.	Nov./Dez.
Frühjahrsuntersaaten in Wintergetreide				
Deutsches Weidelgras	10 - 15	Feb./Mär.	Feb./Mär.	Feb./Apr.
Wiesenschwingel	10 - 15	Feb./Mär.	Feb./Mär.	Feb./Mär.
Knaulgras	8 - 10	Feb./Mär.	Feb./Mär.	Feb./Apr.
Rotschwingel	8 - 10	Feb./Mär.	Feb./Mär.	Feb./Mär.
Weißklee	6 - 8	Feb./Mär.	Feb./Mär.	Mär./Apr.
Rotklee	10 - 15	Mär./Apr.	Apr.	Apr.
Deutsches Weidelgras + Weißklee	9 + 1	Feb./Mär.	Feb./Mär.	Mär.
Deutsches Weidelgras + Wiesenschwingel + Rotklee + Inkarnatklee	6 + 3 + 0,7 + 0,3	Feb./Mär.	Feb./Mär.	Feb./Apr.
Frühjahrsuntersaaten in Sommergetreide				
Art/Mischung	Saatstärke kg/ha	Sommergerste	Sommerweizen	Hafer
		Saattermin		
Deutsches Weidelgras + Weißklee	9 + 1	3 - 4 Blätter	nach Saat	nach Saat
Rotklee + Weißklee	8 + 4	3 - 4 Blätter	3 - 4 Blätter	3 - 4 Blätter
Deutsches Weidelgras + Wiesenschwingel + Rotklee + Inkarnatklee	6 + 3 + 0,7 + 0,3	3 - 4 Blätter	3 - 4 Blätter	3 - 4 Blätter

1) Im kontinentalen Klimabereich (ausgeprägte Winterruhe) sind die Untersaattermine im Herbst bis Mitte Oktober zu legen, um bis zur Vegetationsruhe das Knaulgras sicher zu etablieren.

Tabelle 18: Produktionstechnische Daten von Sommerzwischenfrüchten, die als Untersaat in Getreide gesät werden

Art/Gemisch	Saatstärke kg/ha	TM-Erträge dt/ha	Energieertrag* GJ NEL/ha	Wurzel-TM nach Ernte dt/ha
Welsches Weidelgras	15 - 20	30 - 45	19 - 28	30 - 40
Deutsches Weidelgras	10 - 15	25 - 40	16 - 26	30 - 40
Bastardweidelgras	10 - 15	25 - 40	16 - 26	30 - 40
Rotschwingel	8 - 10	20 - 30	12 - 18	15 - 25
Knaulgras	8 - 10	30 - 40	19 - 25	30 - 40
Wiesenschwingel	10 - 15	25 - 35	16 - 22	20 - 30
Weißklee	6 - 8	15 - 30	10 - 20	10 - 15
Gelbklee	15 - 20	15 - 30	10 - 20	10 - 15
Rotklee	10 - 12	20 - 35	13 - 22	15 - 25
Deutsches Weidelgras + Weißklee	12 + 4	20 - 30	13 - 20	20 - 30
Welsches Weidelgras + Weißklee	12 + 6	30 - 40	19 - 26	20 - 30
Welsches Weidelgras + Rotklee + Weißklee	12 + 4 + 4	30 - 40	19 - 26	20 - 30

* in Anlehnung an DLG-Futterwerttabelle

7.1.3 Geeignete Arten für die Untersaat in Getreide

Deutsches Weidelgras

Das Deutsche Weidelgras (*Lolium perenne* L.) wird am häufigsten für Untersaaten in Getreide verwendet. Die Aussaat erfolgt von März bis Ende April, in dichten Deckfrüchten früher, in lockeren Beständen (z. B. spät gesäter Winterweizen) entsprechend später. Eine Untersaat Ende November/Anfang Dezember, zum Beispiel in einen Anfang bis Mitte Oktober ausgesäten Winterweizen, ist ebenfalls möglich. Nach der Getreideernte bildet das Deutsche Weidelgras schnell eine dichte Narbe, die für die Begrünung und zur Futterpro-

duktion genutzt werden kann. Meist wird bei Frühjahrsuntersaaten zusätzlich Weißklee in den Saatmischungen verwendet.

Bastardweidelgras

Das Bastardweidelgras (*Lolium x boucheanum* Kunth) ist etwas konkurrenzkräftiger als das Deutsche Weidelgras, kann aber in ähnlicher Weise für Frühjahrsuntersaaten verwendet werden.

Welsches Weidelgras

Welsches Weidelgras (*Lolium multiflorum* Lam. ssp. *non alternativum*) ist eine sich schnell entwickelnde konkurrenzstarke Untersaat, die in normal entwickeltem Win-

tergetreide von März bis Ende April ausgesät werden kann. In einem bereits bestockten Winterroggen kann Welsches Weidelgras im März, in einem spät gesäten Winterweizen mit Frühjahrsbestockung darf es erst im April untergesät werden. Die Bestockung des Grases erfolgt erst nach der Ernte der Deckfrucht. Welsches Weidelgras wird meist als Futter oder für die Erzeugung von Bioenergie genutzt. Ein idealer Gemengepartner mit ähnlicher Konkurrenzkraft ist der Rotklee.



Abb. 50: Deutsches Weidelgras als Untersaat in Winterweizen

Knauelgras und Wiesenschwingel

Knauelgras (*Dactylis glomerata* L.) und Wiesenschwingel (*Festuca pratensis* Huds.) sind ausdauernde Obergräser, die als Untersaat im Herbst und Frühjahr ausgebracht werden können. Der Verwendungsschwerpunkt beider Arten liegt im Bereich der Futternutzung, wobei das Knauelgras bevorzugt auf trockenen Standorten verwendet werden sollte.



Abb. 51: Knauelgras

Rotschwingel

Der ausläuferbildende Rotschwingel (*Festuca rubra* L. *sensu lato*) ist besonders geeignet für die längerfristige Begrünung stillgelegter Ackerflächen. Das Gras eignet sich als Untersaat im Herbst oder im zeitigen Frühjahr. Es hat eine langsame Jugendentwicklung, ist konkurrenzschwach, verträgt Schatten und ist robust gegenüber Krankheiten. Die dichte Narbenbildung nach der Deckfruchternte und die lange Lebensdauer sind ideale Voraussetzungen für pflegearme Bestände mit guter Unkrautunterdrückung.

Weißklee

Weißklee (*Trifolium repens* L.) ist eine ideale Leguminose für Untersaaten, die bereits im zeitigen Frühjahr ausgesät werden kann. Die Aussaat muss allerdings mit der chemischen Unkrautbekämpfung im Getreide abgestimmt werden. Weißklee eignet sich sowohl in Reinsaat als auch im Gemenge, zum Beispiel mit Deutschem Weidelgras für die Begrünung von Ackerflächen und die Futternutzung. Gemenge, die überwiegend aus Weißklee bestehen, haben einen sehr hohen Vorfruchtwert, der auf die biologische Stickstofffixierung und die aufgebaute Bodengare zurückzuführen ist.

Rotklee

Rotklee (*Trifolium pratense* L.) ist eine frohwüchsige, konkurrenzstarke Untersaat und damit ein idealer Mischungspartner zum Welschen Weidelgras. Die Aussaat muss relativ spät in gut entwickelte Getreidebestände erfolgen, um ein zu üppiges Wachstum der Untersaat in der Deckfrucht zu vermeiden. Rotkleebestände werden zur Futternutzung und auch als Substrat für die Biogaserzeugung verwendet.

Gelbklee

Gelbklee (*Medicago lupulina* L.) ist relativ trockenheitsverträglich und für leichtere Böden geeignet. Eine Beeinträchtigung der Deckfrucht ist nicht zu erwarten. Hauptsächlich wird er als Gründüngung verwendet, da er von Rindern nicht gerne gefressen wird.

Schwedenklee

Schwedenklee (*Trifolium hybridum* L.), auch Bastardklee genannt, ist, ähnlich wie Rotklee, eine konkurrenzstarke Untersaat und deshalb spät auszusäen.

Serradella

Serradella (*Ornithopus sativus* L.) ist eine Futter- und Gründüngungspflanze mit starkem Wurzelwerk und wird deshalb vorwiegend auf Sandböden angebaut. Die Aussaat kann als Unter- und Stoppelsaat erfolgen.

Die praktische Bedeutung der Leguminösen Gelbklee, Schwedenklee und Seradella ist heute relativ gering. Es erfolgt kaum eine züchterische Bearbeitung der Arten, die Saatgutproduktion ist schwierig und die Saatgutversorgung entsprechend unsicher.

7.2 Untersaaten in Mais

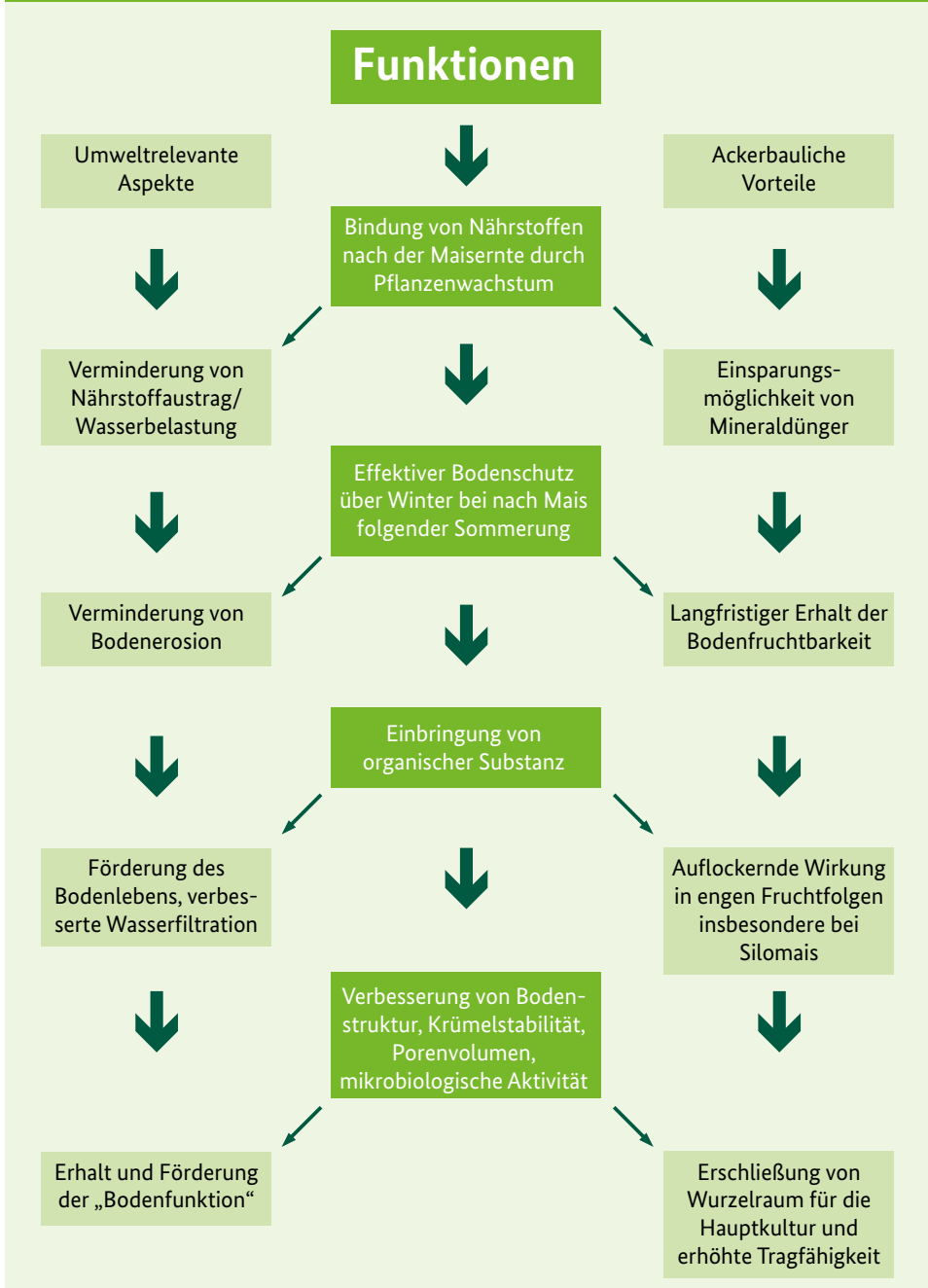
.....

Mais ist eine Kulturpflanze, deren Entwicklung sehr stark von der Temperatur abhängig ist. Sie kann erst relativ spät ausgesät werden und muss nach nur fünf bis sechs Monaten Vegetationszeit bereits wieder geerntet werden. Aus ökologischer Sicht sind die Zeiträume vor der Saat, während der Jugendentwicklung und nach der Ernte kritisch zu beurteilen. Dann ist der Boden nicht oder nur unzureichend durch die Vegetationsdecke geschützt. Untersaaten können hier Abhilfe schaffen. Sie können den Zeitraum von der Abreife des Maises bis zum Anbau der nachfolgenden Sommerung überbrücken. Während dieser Zeit bauen sie Biomasse auf, schützen den Boden vor Erosion, fördern die Bodengare und binden auswaschungsgefährdeten Stickstoff in pflanzliche Trockenmasse ein. Umweltrelevante Aspekte und ackerbauliche Vorteile von Untersaaten in Mais sind der Abbildung 53 zu entnehmen.



Abb. 52: Seradella

Abb. 53: Funktionen von Untersaaten im Mais, Rückwirkungen auf die Umwelt und den Ackerbau (nach Stemann O. J.)



Untersaatsysteme in Mais müssen dem Standort und den betrieblichen Gegebenheiten angepasst werden. Wie stabil die Erträge sind, hängt in besonderer Weise von der Terminierung der Untersaat ab. Mais benötigt gegenüber der Untersaat einen gewissen Entwicklungsvorsprung. Dies gilt besonders für kühle und nasse Jahre. Denn Gräser wachsen auch bei niedrigen Temperaturen, das Maiswachstum dagegen stagniert. Von sehr frühen Untersaaten ist daher abzuraten. Es sei denn, man verwendet konkurrenzschwache Arten wie Rotschwingel oder passt die Saatmenge entsprechend an. Sobald der Mais das Zwei- bis Dreiblattstadium erreicht hat, wird das Konkurrenzrisiko durch die Untersaat zunehmend geringer. Ab dann gesäte Gräser benötigen noch 12 bis 20 Tage zum Auflaufen, während der Mais sich weiter entwickeln kann. Späte Sorten wie das Deutsche Weidelgras sind dafür besonders geeignet. Bis die Gräser sich bestocken, ist der Mais so weit entwickelt, dass eine zunehmende Beschattung und damit Entwicklungsverzögerung der Untersaat gegeben ist. Diese wird erst bei Abreife des Mais wieder abgebaut. Konkur-

renzstarke Gräser wie das Welsche Weidelgras dürfen deshalb erst dann ausgesät werden, wenn der Mais bereits über eine ausreichende Konkurrenzkraft (ab 30 cm Wuchshöhe) verfügt (siehe Tabelle 19).

Auch die Maissorte beeinflusst über ihren Wuchshabitus (hochwüchsiger Silomais oder kurzstrohiger Körnermais) die Lichtverhältnisse im Bestand und damit die Entwicklung der Untersaat. Zusätzlich variiert die Strategie der Unkrautregulierung (Reihenhacke, Bandspritze oder rein chemisch) den möglichen Untersaatetermin. Probleme mit Ungräsern wie Hirse und Ackerfuchsschwanz verhindern häufig Gräser-Untersaaten. Dennoch ist die Kombination von chemischer Unkrautbekämpfung und Untersaaten möglich; entsprechende Informationen können bei der Pflanzenbauberatung eingeholt werden.

Frühe Untersaaten werden meist mit drei Drillreihen im Abstand von 20 bis 25 cm zu den Maisreihen eingesät. Späte Untersaaten erfordern den Einsatz von Reihendünger- und Pneumatik-Düngerstreuern (siehe Tabelle 19).

Tabelle 19: Anbauhinweise für Grasuntersaaten in Mais

Einsaattermine nach Maisentwicklung	Grasart	Saatmenge kg/ha	Technik
zur Maissaat	Rotschwingel	4	Drillsaat
Spitzen Mais	Rotschwingel	4 - 5	Drillsaat
2. - 3. Blatt	Deutsches Weidelgras	4 - 5	Drillsaat
	Knaulgras	4 - 5	Drillsaat
5. - 6. Blatt	Deutsches Weidelgras	4 - 5	Drillsaat
	Knaulgras	4 - 5	Drillsaat
ab 30 cm Wuchshöhe	Welsches Weidelgras	15 - 30	Breitsaat
Sehr frühe Untersaaten nur bei massenwüchsigen Silomaisorten. Nur bei wenig sachgerechter Terminierung der Untersaat und zu hohen Saatmengen bestehen Ertragsrisiken für den Mais (siehe auch Hinweise im Text).			



Abb. 54: Grasuntersaat in Mais

Wichtig dabei ist, das Saatgut mit Fallrohren zwischen die Reihen unter das Blätterdach des Mais zu platzieren. Durch diese gezielte Aussaat lässt sich Saatgut sparen.

Gut gelungene Untersaaten können ohne Zusatzdüngung bis zum Spätherbst nach der Maisernte etwa 10 bis 20 dt/ha Trockenmasse aufbauen und damit bis zu 60 kg/ha Stickstoff fixieren.

7.3 Untersaaten in Körnerleguminosen

Körnerleguminosen haben einen hohen Vorfruchtwert und sind wichtige Stickstofflieferanten. Besonders bemerkenswert ist die Anreicherung von pflanzenverfügbarem Stickstoff im Boden in der Zeit nach der Ernte der Körnerleguminosen. Problematisch wird es allerdings, wenn dieser Stickstoff nicht genutzt wird und während der winterlichen Auswaschungsperiode verloren geht.

Durch den Anbau von Zwischenfrüchten kann dieser Stickstoff in pflanzlicher Biomasse gebunden werden. Nach Körnererbsen verbleibt in der Regel genügend Zeit zum Anbau von Zwischenfrüchten in Stoppelsaat. Bei Ackerbohnen dagegen ist eine Stoppelsaat wegen der späten Ernte nicht mehr möglich, hier ist nur eine Untersaat sinnvoll.

Da in Körnerleguminosen die Unkrautregulierung vorwiegend auf chemischem Wege erfolgt, werden meist Gräser für die Untersaat verwendet. Im ökologischen Landbau werden auch Ölrettich oder Senf empfohlen. Diese werden erst nach der letzten Unkrauthacke in die Ackerbohnenbestände mit weiten Reihenabständen eingesät.

Gräseruntersaaten in Ackerbohnen können mit verschiedenen Arten und zu verschiedenen Terminen erfolgen. Mehrjährige Untersuchungen an langstrohigen Ackerbohnen haben ergeben, dass bei Einsaat der Gräser nach der Ackerbohnen Saat (vor dem Aufgang) bis etwa 10 bis 12 cm Wuchshöhe keine Ertragseinbußen auftreten (siehe Tabelle 20). Bewährt hat sich die Drillsaat mit 4 bis 5 kg/ha Deutschem Weidelgras oder Knautgras (späte Sorten) nach der Saat vor Aufgang

der Ackerbohnen und vor dem Herbizideinsatz. Die Grasdrillsaat kann ohne Berücksichtigung der Ackerbohnenreihen mit leichten Pflegeschleppern mit möglichst abgesenktem Reifendruck erfolgen. Die mechanische Unkrautregulierung mit Striegel oder Hacke erfordert dagegen späte Untersaaten mit dem Welschen Weidelgras, das diesen Bedingungen besser angepasst ist. Wichtig ist: Mög-

lichst ohne zusätzliche Stickstoffdüngung viel Grasbiomasse (10 bis 20 dt/ha Trockenmasse) produzieren, um den Stickstoffpool des Bodens zu entleeren. Nachfolgende Sommerungen wie Mais ermöglichen im Herbst eine längere Vegetationszeit für die Entwicklung der Gräser, die dann über Winter eine Schutzfunktion für den Boden beinhalten.

Tabelle 20: Ertragsleistung von Ackerbohnen (langstrohige Sorten) mit Untersaaten (Saattermin nach Saat der Ackerbohnen vor Aufgang, Mittel von drei Jahren)

Untersaat	Ertrag Ackerbohnen dt/ha	TKG g	TM-Ertrag Untersaat im Spätherbst*
Kontrolle (ohne Untersaat)	44,0	453	-
Deutsches Weidelgras 5 kg/ha	42,3	453	12,8
Rotschwengel 5 kg/ha	43,3	453	9,2
Knautgras 5 kg/ha	42,3	458	11,7

* ohne Stickstoffdüngung

Wie oben beschrieben, erlauben langstrohige Sorten sehr frühe Untersaaten. In Kurzstrohsorten kann dagegen erst ab einer Wuchshöhe von 10 cm Wuchshöhe Gras eingesät werden. Ähnliches gilt, wenn Reihenabstände von mehr als 15 cm gewählt werden. Entscheidend sind also immer die Lichtverhältnisse im Bestand.

Durch Grasuntersaaten kann die Stickstoffauswaschung in der winterlichen Auswaschungsperiode nach Ackerbohnen deutlich vermindert werden. Allerdings erfolgt die Stickstofffreisetzung aus der Grastrocknmasse nach Einarbeitung nur sehr langsam, sodass ohne ergänzende Stickstoffdüngung bei Folgekulturen Ertragsverluste auftreten. Dies gilt besonders dann, wenn die Untersaa-

ten über Winter erhalten bleiben und erst vor der Maisaussaat umgebrochen werden. Frühere Umbruchtermine und die Intensität der Einarbeitung sind Kriterien, um eine zügigere Stickstofffreisetzung aus der umsetzungsträgen Grasbiomasse zu forcieren.

Für Körnererbsen liegen bisher nur sehr wenige Erfahrungen mit Untersaaten vor. Erste Hinweise aus dem Grassamenanbau zeigen, dass Rotschwengel aufgrund seiner langsamen Jugendentwicklung bereits früh eingesät werden kann und keine Ertragsrisiken beinhaltet.

7.4 Untersaaten in Körnerraps

Über Untersaaten in Körnerraps wird aktuell sehr intensiv diskutiert. Erste Erfahrungen liegen aus Frankreich, England und der Schweiz vor. Das Verbot insektizider Beizen bei Raps und damit einhergehend ein höheres Schädlingsaufkommen sowie Unkrautprobleme führten zu der Überlegung, über den Anbau von Begleitpflanzen die Herbstentwicklung des Rapses zu schützen und zu begünstigen. Verwendet werden Saatgutmischungen aus Leguminosen und Nicht-Leguminosen, die im Winter mit Sicherheit absterben.

Die Untersaat von Gräsern im Frühjahr verfolgt dagegen den Ansatz, den Reststickstoff nach der Rapsernte in Graströckenmasse zu binden und so vor Verlagerung in tiefere Bodenschichten und in das Grund- und Oberflächenwasser zu schützen. Ausreichende Ergebnisse aus Versuchen und praktische Erfahrungen liegen in Deutschland bisher kaum vor. Die Ansätze scheinen aber beide interessant zu sein, um Probleme des Schad-ergerbefalles im Herbst und die Probleme der hohen Nitratgehalte im Boden nach der Ernte zu verringern.



Abb. 55: Grasuntersaat in abgeernteten Raps

8 Integration von Zwischenfrüchten in Pflanzenbausysteme

8.1 Rechtliche und agrarpolitische Rahmenbedingungen

Der Anbau von Zwischenfrüchten hat viele pflanzenbauliche und ökologische Vorteile. Es ist deshalb ein gemeinsames Anliegen der EU, der Mitgliedstaaten und der Länder der Bundesrepublik Deutschland die Verbreitung und Verwendung von Zwischenfrüchten in der landwirtschaftlichen Praxis zu fördern. Es existiert kein einheitliches Gesetz oder eine allgemeingültige Verordnung zum Zwischenfruchtbau. Allerdings ist eine Reihe rechtlicher Vorgaben zu beachten, um zum Beispiel in den Genuss finanzieller Förderungen zu kommen. In bestimmten Situationen kann der Anbau sogar zur Pflicht werden, wenn sich keine anderen Schutzmaßnahmen anbieten, so zum Beispiel bei Pflugeinsatz in Reihenkulturen auf erosionsgefährdeten Standorten.

Seit 2009 sind Direktzahlungen an die Landwirtschaft an die Einhaltung von Vorschriften in den Bereichen Umwelt, Lebensmittel- und Futtermittelsicherheit sowie Tiergesundheit und Tierschutz gebunden. Diese, unter der Bezeichnung „Cross-Compliance“ zusammengefassten Grundsätze, werden im Bundesrecht (Direktzahlungen-Verpflichtungsgesetz sowie Direktzahlungen-Verpflichtungsverordnung) konkretisiert und sind auch Gegenstand von zum Teil tiefgreifenden Veränderungen im Bereich der Fachgesetze und Verordnungen auf Bundes- und Länderebene, zum Beispiel Neufassung der Düngeverordnung (2017) und Einführung von Erosionsschutz-Verordnungen durch die Länder (2010). Auch Cross-Compliance relevante Fragen zum Zwischenfruchtbau werden in der Direktzahlungen-Verpflichtungsverordnung (DirektZahlVerpflV), im Abschnitt 2 „Anforderungen an die Erhaltung landwirtschaftlicher Flächen in einem guten land-



Abb. 56: Erosionsmindernde Maßnahme sind in erosionsgefährdeten Gebieten teilweise vorgeschrieben. Hier können Direktsaatverfahren das Mittel der Wahl sein.

wirtschaftlichen und ökologischen Zustand“ geregelt, wobei die Festlegung der konkreten Maßnahmen bei den Bundesländern liegt.

Seit 2010 sind die Länder verpflichtet, Erosionsschutzmaßnahmen nach dem Grad der Wind- und Wassererosionsgefährdung jeder einzelnen Ackerfläche vorzuschreiben. Für Ackerflächen, die in die Gefährdungskategorien CC-Wind, CC-Wasser 1 oder CC-Wasser 2 eingestuft werden, gelten besondere Regeln für den Einsatz des Pfluges. So darf beispielsweise auf Flächen der Kategorie CC-Wasser 2 vor Kulturen mit einem Reihenabstand über 45 cm (Mais, Rüben, Kartoffeln) nicht gepflügt werden. In den Erosionsschutzverordnungen der Länder finden sich jedoch von der DirektZahlVerpflV abweichende Ausnahmeregelungen, die den Pflugeinsatz auch in Reihenkulturen möglich machen, wenn im Winter vor der Aussaat Zwischenfrüchte (auch Untersaaten) oder breitverteilte Strohaufgaben auf der Fläche vorhanden waren. Unabhängig von der rechtlichen Situation sollte jedoch der Pflugeinsatz generell, und nicht nur aus Gründen des Erosionsschutzes, vermieden werden. Selbstverständlich sollten die genannten erosionsmindernden Maßnahmen auch vor allen sommerjährigen Kulturen Anwendung finden.

In der aktuellen Fassung der DirektZahlVerpflV werden auch die rechtlichen Voraussetzungen für die Anerkennung des Zwischenfruchtbaus im Zusammenhang mit der „Greening-Verpflichtung“ definiert: Mit Zwischenfrüchten genutzte Flächen können mit dem Faktor 0,3 auf die vorgeschriebene ökologische Vorrangfläche (mehr dazu siehe Kapitel 8.2.1) angerechnet werden. In den Jahren 2015 und 2016 war der Zwischenfruchtbau in Deutschland die von Landwirten mit

Abstand am häufigsten gewählte Option für die Ausweisung von ökologischen Vorrangflächen. Von den in Deutschland beantragten ökologischen Vorrangflächen – 1.367.400 ha im Jahr 2015 bzw. 1.377.800 ha in 2016 – belief sich der Zwischenfruchtanteil auf 930.200 bzw. 938.100 ha (Deutscher Bundestag, 2016).

Auch in der Düngeverordnung (DüV) werden Belange des Zwischenfruchtbaus behandelt. Diese werden in Kapitel 8.5 erläutert.

8.2 Förderungen für den Zwischenfruchtbau

8.2.1 Greening mit Zwischenfrüchten

Im Zuge der Änderungen der Direktzahlungsregelung im Jahr 2015 (GAP-Reform) hat der Zwischenfruchtbau, als eine von mehreren möglichen Greening-Maßnahmen, an Bedeutung gewonnen. Greening steht im Zusammenhang mit Direktzahlungen in der ersten Säule und bedeutet für Landwirte, dass diese 30 Prozent ihrer Direktzahlungen (Greening-Prämie) nur dann erhalten, wenn sie definierte Umweltleistungen erbringen. Nach einer Übergangszeit wird die Nichteinhaltung der Greening-Verpflichtung mit empfindlichen Prämienkürzungen bestraft, die sogar über den Anteil von 30 Prozent der Direktzahlungen hinausgehen können.

Ausgenommen von der Verpflichtung sind Betriebe mit weniger als 15 ha Ackerfläche, Betriebe mit mehr als 75 Prozent Grünland, sowie Betriebe, deren Ackerfläche mehr als 75 Prozent Ackergras, Stilllegung oder Leguminosenanbau aufweist (sofern die restliche Ackerfläche max. 30 ha beträgt). Ziel des Greenings ist der Erhalt von Dauergrünland-



Abb. 57: Damit eine Fläche als ökologische Vorrangfläche anerkannt wird, müssen Zwischenfruchtmischungen bestehend aus mindestens zwei Arten ausgesät werden.

flächen, eine verstärkte Anbaudiversifizierung (größere Vielfalt an Hauptfrüchten in der Fruchtfolge) sowie die Bereitstellung sogenannter „ökologischer Vorrangflächen“ (ÖVF) auf Ackerland, die mindestens 5 Prozent der Anbaufläche einnehmen müssen.

Zwischenfruchtbau wird nicht als Maßnahme zur Anbaudiversifizierung anerkannt, mit Zwischenfrüchten genutzte Flächen können aber mit einem Gewichtungsfaktor von 0,3 als ÖVF anerkannt werden.

Beispiel: Ein landwirtschaftlicher Betrieb mit einem Grünlandflächenanteil von weniger als 75 Prozent verfügt über 60 ha Ackerland und muss somit 3 ha (5 Prozent von 60 ha) ÖVF aufweisen. Wenn der Landwirt diese in seinem Antrag auf Betriebsprämie ausschließlich über den Anbau von Zwischenfrüchten anerkannt haben möchte, müsste er dafür

Flächen mit einer Größe von 10 ha benennen (10 ha x Gewichtungsfaktor 0,3 = 3 ha).

Wenn verschiedene Maßnahmen zur Bildung der ÖVF kombiniert werden sollen (z. B. Zwischenfruchtbau, Stilllegung, Anbau von Körnerleguminosen, Gehölzstreifen etc.), empfiehlt sich die Verwendung eines speziellen Rechners für ÖVF, der zum Beispiel auf den Internetseiten der Landwirtschaftskammern und Landesanstalten für Landwirtschaft zu finden ist.

An die Anerkennung der Zwischenfruchtbauflächen als ÖVF sind folgende Bedingungen geknüpft (Stand: September 2017):

- » Der Zwischenfruchtbau darf nur auf Flächen erfolgen, die im Antragsjahr im Flächenverzeichnis des Antragstellers aufgeführt sind.
- » Die Angaben sind im Antrag auf Betriebsprämie, also bis zum 15. Mai des Antragsjahres, zu machen.
- » Die Aussaat soll nach der Hauptfrucht, frühestens am 16. Juli, spätestens am 1. Oktober erfolgen.
- » Die Zwischenfrucht muss mindestens bis zum 15. Februar des Folgejahres auf der Fläche erhalten bleiben, das Beweiden und das Walzen, Schlegeln oder Häckseln von Zwischenfrüchten oder einer Grasuntersaat ist zulässig (bei besonderen Erfordernissen können die Länder die Frist auf frühestens den 15. Januar verkürzen).
- » Eine reguläre Futter- oder Biomassenutzung durch Schnitt darf erst nach dem

15. Februar des Folgejahres und maximal einmalig erfolgen.

- » Für den Fall, dass nach dem 15. Februar eine Nutzung erfolgt (als Futter oder Energiebiomasse) muss gewährleistet sein, dass nach der Ernte der Zwischenfrucht noch eine Hauptfrucht angebaut wird.
- » Eine nachträgliche Überführung der Zwischenfrucht in eine Hauptfrucht, bei der also die Mischung einen erheblichen Teil der Vegetationszeit auf der Fläche verbleiben würde, ist nicht zulässig.
- » Es müssen Saatgutmischungen, bestehend aus mindestens zwei Arten, ausgesät werden. Keine Art darf in einer Mischung mehr als 60 Prozent Samenanteil (bezogen auf keimfähige Samen) haben. Die Massenanteile sind also der jeweiligen Tausendkornmasse und gegebenenfalls der unterschiedlichen Keimfähigkeit der Mischungspartner anzupassen. Belege über die Zusammensetzung der Mischungen sollten mindestens sechs Jahre aufgehoben werden. Bei selbst zusammengestellten Mischungen soll eine repräsentative Probe der Saatgutmischung bis zum Ende des folgenden Kalenderjahres aufbewahrt werden.
- » Der Samenanteil von Grasarten darf in der Summe nicht über 60 Prozent liegen (ausgenommen Untersaaten, hier auch 100 Prozent Gräser möglich).
- » Die Mischungen dürfen nur bestimmte Arten enthalten. Eine Übersicht der Arten ist im Anhang (Seite 130) zu finden.

- » Mineralische Düngung, Klärschlammabbringung, sowie der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln nach der Hauptfruchternte sind nicht zulässig. (Die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln wird in Ausnahmefällen, beispielsweise zur Verhinderung der Ausbreitung gefährlicher Schadorganismen, genehmigt.)
- » Der Einsatz von organischem Dünger wie Gülle oder Festmist ist nur unter Einhaltung der Obergrenzen im Rahmen der Düngeverordnung zulässig (pro Hektar maximal 170 kg Stickstoff aus Gülle im gesamten Jahr, maximal 60 kg Gesamtstickstoff zur Zwischenfrucht mit bis zu 30 kg Ammonium-Stickstoff, siehe Kapitel 8.5).



Abb. 58: Soll ein Zwischenfruchtbestand als ÖVF anerkannt werden, muss die Zwischenfrucht mindestens bis zum 15. Februar des Folgejahres auf der Fläche erhalten bleiben. Das Schlegeln oder Häckseln, wie hier im Bild, ist zulässig.

8.2.2 Weitere Förderungen

Auf Antrag kann der Zwischenfruchtbau in vielen Bundesländern aus Mitteln für Maßnahmen zur Begünstigung von Agrarumweltflächen gefördert werden. Die Teilnahme an den Agrarumweltmaßnahmen ist freiwillig und die Zahlungen gelten als Ausgleich

für entstandene Kosten und entgangenes Einkommen.

Die maximale Förderungshöhe für Zwischenfruchtbau und die dafür zu erfüllenden Voraussetzungen sind in Deutschland nicht einheitlich geregelt, denn die Vergabepaxis wird in den einzelnen Bundesländern festgelegt. Für konventionell wirtschaftende Betriebe liegen die Förderungssummen (Stand 2017) zwischen 70 (z. B. in Sachsen-Anhalt, Saarland und Brandenburg) und 125 Euro je ha und Jahr (Schleswig-Holstein). In Hessen kann die Förderungshöhe unter bestimmten Voraussetzungen noch höher sein (je nach Förderkulisse bis 150 Euro je ha und Jahr, Stand 2017). Wie in einigen anderen Bundesländern, kann eine Förderung des Zwischenfruchtbaus in Hessen jedoch auch nur auf Flächen erfolgen, die wenigstens teilweise in wasserschutzrelevanten Gebieten liegen. Dies bedeutet also, dass nicht in allen Bundesländern flächendeckend Förderungen möglich sind. Auch bezogen auf die Aussaattermine, Nutzungsmöglichkeiten und die Bedingungen für den Umbruch bestehen unterschiedliche Anforderungen für eine Förderung.

Für ökologisch wirtschaftende Betriebe liegen die Förderungssummen meist deutlich unter denen der konventionell wirtschaftenden, um Doppelförderungen auszuschließen. Das Doppelförderungsverbot hat für alle Betriebe in Deutschland auch zur Folge, dass auf Zwischenfruchtflächen, die bereits als ÖVF (Greening) anerkannt wurden, in der Regel keine zusätzlichen Zahlungen aus Maßnahmen der Förderung von Agrarumweltflächen möglich sind. In einzelnen Bundesländern (z. B. Bayern) ist jedoch die Kombination von Zwischenfrüchten als ÖVF und als Maßnahme in Kulturlandschaftsschutzprogrammen

(z. B. KuLaP) möglich, wenn zum Beispiel über Winter eine Begrünung durch Wildpflanzen, anstelle der sonst üblichen Mischungen aus Kulturpflanzen, erfolgt.

8.3 Boden- und Klimaansprüche

Aufgrund der großen Zahl der zur Verfügung stehenden Arten, Sorten und Mischungen für den Zwischenfruchtbau kann dieser grundsätzlich auf allen Ackerböden erfolgreich durchgeführt werden. Auf Böden mit hoher Fruchtbarkeit tragen Zwischenfrüchte zum Erhalt der Produktivität bei, degradierte und schadverdichtete Böden können durch wiederholten Zwischenfruchtbau wieder saniert oder wenigstens aufgewertet werden. Auch die Humusgehalte und die Bearbeitbarkeit der Böden kann in vielen Fällen deutlich verbessert werden. Leichte und mittlere Böden sind wegen der besseren Bearbeitbarkeit und zügigen Saatbettbereitung besser für den Zwischenfruchtbau geeignet.

Zwischenfrüchten steht nur eine kurze Entwicklungszeit mit ausreichenden Temperaturen zur Verfügung, weshalb rasche Keimung und Jugendentwicklung Grundvoraussetzungen sind, insbesondere wenn eine Nutzung als Futter oder Energiebiomasse vorgesehen ist. Eine rasche Keimung der meist kleinsamigen Arten wird begünstigt durch eine gute Qualität des Saatbettes und durch ausreichend durchgängige luftführende Poren, die zur Keimung benötigte Wärme an das Saatgut lassen. Auf schwer zu bearbeitenden, tonigen Böden ist nur mit hohem Aufwand ein den Zwischenfrüchten zusagendes Saatbett zu erstellen. Zudem sind schwere Böden gerade bei einer späten Aussaat von Winterzwischenfrüchten oft zu



Abb. 59: Auf nahezu allen Böden können Zwischenfrüchte angebaut werden.

nass. Dies verlangsamt die Erwärmung und bedeutet gegebenenfalls Sauerstoffmangel. Auf leichten Böden mit hohem Sandanteil ist bei der Auswahl der Zwischenfrucht darauf zu achten, dass die Arten gegebenenfalls gut an Trockenheit angepasst sind. Geeignete Arten sind beispielsweise Rau- oder Sandhafer (abfrierend) für den Sommerzwischenfruchtbaue oder Grünroggen, Zottelwicke sowie Wickroggen und andere für den Winterzwischenfruchtbaue.

Befinden sich die Böden in guter Struktur, reicht eine flache Bearbeitung meist aus, um eine exakte Saatgutablage und hohe Feldaufgänge zu gewährleisten. Auch die Direktsaattechnik mit hoher Flächenleistung bietet sich für die sichere Saatguteinbringung in den Boden an.

Auf schweren, tonigen Böden, sowie auch auf allen anderen, kann die Untersaat als Ansaat-

verfahren vorteilhaft sein, um hohe Kosten oder auch um eine eventuell nicht termingerecht durchzuführende Zwischenfruchtausaat nach der Getreideernte zu vermeiden. In diesen Fällen beschränkt sich das verfügbare Artenspektrum auf untersaatgeeignete Gräser und Kleearten, deren Lichtansprüche nicht zu hoch sein dürfen (siehe Kapitel 4.2).

Die Klimaverhältnisse eines Standortes sowie der Witterungsablauf im jeweiligen Jahr entscheiden ebenfalls über den Erfolg des Zwischenfruchtbaues. Von Bedeutung ist die Dauer der Vegetationszeit nach Ernte der Vorfrucht. Wachstum und Ertrag der Zwischenfrüchte können zu 70 Prozent und mehr durch Witterungsfaktoren erklärt werden. Diese sind

- » fotosynthetisch aktive Strahlung
- » Temperatur der Luft und des Bodens

» Boden- und Luftfeuchtigkeit,
Niederschläge

Grundsätzlich entscheidet die Wachstumsdauer der Zwischenfruchtbestände über die Ertragsbildung und damit über die Gunst des Standortes. Sinkt die Wachstumsdauer, müssen spätsaatverträgliche Arten wie Senf, Rübsen und andere bevorzugt werden. Auf Standorten mit kurzer Vegetationsperiode sind deshalb Untersaaten den Stoppelsaaten vorzuziehen. Eine Begrenzung der Zwischenfrucht-Vegetationszeit erfolgt durch abnehmende Temperaturen. Bei 8 bis 9 °C Tagesmitteltemperatur dürfte die Grenze für deutliche Trockenmassegewinne erreicht sein. Auch unter diesem Aspekt ist es zweckmäßig, die im Juli/August noch möglichen hohen Zuwachsraten für die Etablierung der Bestände und insbesondere für die Ertragsbildung von Futter- oder Energiepflanzen auszunutzen.

Da Zwischenfrüchte in den Zeiten vor und nach den Hauptkulturen wachsen, müssen sie mit einer geringeren Lichtmenge und Lichtqualität auskommen. Die Lichtausnutzung des Bestandes ist daher ebenfalls für das Wachstum und den Ertrag entscheidend. Dafür ist vor allem eine rasche Bedeckung des Bodens mit Pflanzen erforderlich. Weil Mischungen aus mehreren Arten einen vielschichtigen Aufbau des Blattapparates haben, wird häufig daraus gefolgert, dass diese dadurch eine bessere Umsetzung in Pflanzenmasse erreichen als Reinsaaten. In umfangreichen Versuchen der Fachhochschule Südwestfalen mit Mischungen und den darin enthaltenen Arten in Reinsaaten konnte diese Theorie jedoch nicht bestätigt werden.

Je später Zwischenfrüchte ausgesät werden, desto ungünstiger werden die Voraussetzun-

gen für hohe Assimilationsleistungen oder Trockenmassegewinne. Kürzer werdende Tage und zunehmende Bewölkung reduzieren hohe Einstrahlungswerte und vermindern die Wachstumsrate, da weniger Nährstoffe aufgenommen und weniger Wasser über den Transpirationsstrom verdunstet kann. Im Zuge des globalen Klimawandels ist jedoch zu beobachten, dass auch spät gesäte Winterzwischenfrüchte bei zunehmend häufiger auftretenden milden Temperaturen im Herbst noch beträchtliche Zuwachsraten haben können. Auch im Frühjahr setzen in den letzten Jahren sehr viel zeitiger wachstumsfördernde Temperaturen ein, was auf vielen Standorten in entsprechenden Jahren die Futter- bzw. Biomassenutzung vor allem von Winterzwischenfrüchten interessanter werden lässt.

Der Klimawandel hat jedoch nicht nur positive Wirkungen auf den Zwischenfruchtbau. Es muss immer mehr mit größeren Unsicherheiten gerechnet werden. Einerseits können ausbleibende Frosttemperaturen im Winter dazu führen, dass nicht winterharte Arten möglicherweise nicht abfrieren und zur Samenreife gelangen und zusätzliche Maßnahmen im Pflanzenschutz bewirken. Andererseits besteht zunehmend die Gefahr, dass winterharte Arten, die zu weit entwickelt oder mit zu kurzer Gewöhnungszeit in den Winter gehen, durch den Abbau der Frostresistenz mangelhaft vor Frösten geschützt sind und erfrieren. Zudem sind Frostereignisse ohne schützende Schneedecke oder häufige Wechsel von Frost und Tauwetter für die überwinterten Arten in manchen Jahren kritisch. Mit dem Klimawandel treten vermehrt auch Dürreereignisse auf, was den Sommerzwischenfruchtbau und die sehr frühe Aussaat von Winterzwischenfrüchten in entsprechend gefährdeten Lagen erschwert, da sich das Anlagerisiko erhöht.

Auch hier können Direktsaatverfahren künftig an Bedeutung zunehmen. Grundsätzlich darf der Zwischenfruchtbau insgesamt aber als wichtiges Instrument gegen die Negativwirkungen des Klimawandels gesehen werden, da Zwischenfrüchte den Anteil des unproduktiv verdunsteten Wassers an der Wasserbilanz deutlich senken.

8.4 Fruchtfolgegestaltung

Rationalisierung, Spezialisierung, hohe Gewinnerwartungen für einzelne Kulturarten und steigende Nachfrage nach Mais als Futtermittel und Substrat für Biogasanlagen haben in den vergangenen Jahrzehnten zu einer deutlichen Verengung der Fruchtfolgen

geführt. Gestiegene Kosten für Flächenbereitstellung und Energie lassen Zwischenfrüchte und einige Hauptkulturarten wie zum Beispiel Körnerleguminosen bei kurzfristiger Betrachtung unwirtschaftlich erscheinen, obwohl deren ackerbaulicher Nutzen weithin bekannt ist. Pflanzenbauliche Produktionssysteme mit hoher Vielfalt an Kulturarten bieten ein hohes Potenzial für die biologische Selbstregulation, die nachhaltige Ressourceneinsparungen ermöglicht. Es sind verminderte Ausgaben für den Pflanzenschutz, nachhaltige Effekte für die Bodenfruchtbarkeit sowie vielfältigere Lebensraumfunktionen für Menschen, Flora und Fauna zu erwarten.

Aus Sicht einer umweltverträglichen und dennoch effizienten Pflanzenproduktion



Abb. 60: In den vergangenen Jahrzehnten hat die Vielfalt der Kulturen auf dem Acker extrem abgenommen.

haben Zwischenfrüchte zahlreiche positive Fruchtfolgewirkungen, auf die im Folgenden näher eingegangen wird:

- » Schutz des Bodens vor Wind- und Wassererosion,
- » Erhaltung der Bodengare,
- » Versorgung des Bodens mit organischer Substanz zur Verbesserung der Bodenstruktur und der bodenbiologischen Aktivität (damit zusammenhängend: Abbau von Pflanzenschutzmittelrückständen),
- » gezielte Bekämpfung von Fruchtfolgeschädlingen (z. B. Nematoden im Zuckerrübenanbau),
- » Unterdrückung von Problemunkräutern und -gräsern durch Beschattung und Durchbrechen anbaubedingter Entwicklungszyklen,
- » bessere Ausnutzung der Vegetationsperiode und somit
- » Bereitstellung von nachhaltig produzierter zusätzlicher Biomasse je Flächeneinheit,
- » Bereitstellung zusätzlicher heimischer Proteinquellen,
- » Nährstoffspeicher für Restnährstoffe der Vorfrucht und zur Minimierung des Nitrataustrages während der winterlichen Auswaschungsperiode,
- » Verbesserung der Stickstoffeffizienz zur Minderung des Bedarfes mineralischer Stickstoffdünger, unter anderem durch Leguminosen-Zwischenfrüchte

Die Cross-Compliance-Regelungen und besonders die Verpflichtung zu Greening-Maßnahmen sollen dazu führen, dass enge



Abb. 61: Wiederholter Zwischenfruchtbau führt zu einer nachhaltigen Verbesserung der Bodenstruktur.

Fruchtfolgen unter anderem durch Zwischenfruchtbau aufgelockert werden, um die genannten Funktionen stärker zu betonen. Dadurch hat der Zwischenfruchtbau starken Aufwind erhalten. Unabhängig von diesen umweltpolitischen Beweggründen, sehen auch Landwirte zunehmend den großen Nutzen der Zwischenfrüchte. Sie stellen unter anderem fest, dass Systeme mit engen Fruchtfolgen, Selbstfolgen (z. B. Weizen nach Weizen) und Monokulturen (z. B. Silomais) zu einem erhöhten Aufkommen von hartnäckigen Unkräutern, und vor allem Ungräsern, geführt haben. Starke Konzentrationen von Winterungen (Winteraps, Winterweizen, Wintergerste etc.) mit zum Teil frühen Aussaatterminen haben das Problem verschärft. Dem stärkeren Unkrautdruck muss häufiger mit Pflanzenschutzmitteln begegnet werden. Es treten immer häufiger Resistenzen gegenüber bewährten Wirkstoffen auf – insbesondere bei Gräsern. Auch die zunehmend praktizierten konservierenden Bodenbearbeitungssysteme können ihre deutlichen Vorteile gegenüber dem Pflugeinsatz nur in vielfältigeren Fruchtfolgen vollständig erbringen. Der wiederholte Anbau von Zwischenfrüchten – besonders Untersaaten – bewirkt für viele Unkräuter und Ungräser eine starke Konkurrenzsituation und trägt so dazu bei, das Aufkommen von Problempflanzen deutlich zu reduzieren.

Der Zwischenfruchtbau trägt auch positiv zur Pflanzengesundheit bei. So ist die biologische Bekämpfung von Rübennematoden mithilfe von resistenten Ölrettich- und Senfsorten ein besonders umweltverträgliches Verfahren mit allen zusätzlichen Vorteilen des Zwischenfruchtbaues wie Bodenschutz und Nährstoffbindung. Dabei darf jedoch nicht verschwiegen werden, dass Zwischenfrüchte auch als



Abb. 62: Enge Fruchtfolgen und zunehmende Resistenzen gegen Herbizide führen zu einem erhöhten Aufkommen von Unkräutern und Ungräsern, wie hier zum Beispiel von Ackerfuchsschwanz.

Zwischenwirte für Krankheitserreger in Frage kommen. So können nematodenresistente Kreuzblütler einerseits helfen, Schäden durch Nematoden an der Nachfrucht zu senken. Aufgrund ihrer nahen Verwandtschaft zu Raps oder Kohl können sie andererseits aber auch das Risiko für Kohlhernie erhöhen, wenn diese zu kurz nach der Zwischenfrucht folgen. Ebenso können Leguminosen als Zwischenfrüchte in Fruchtfolgen mit Körnerleguminosen oder Klee, Luzerne oder Leguminosengemengen als Hauptfrucht riskant sein. Das muss bei der Planung von Fruchtfolgen mit Zwischenfrüchten beachtet werden. Trotz dieser Einschränkungen bewirkt der Zwischenfruchtbau mittel- bis langfristig meist eine Verbesserung der Gesundheit der Hauptkulturen.

Indirekt mit der Pflanzengesundheit verbunden ist die positive Wirkung vieler Zwischenfrüchte auf den Garezustand des Bodens. Grund dafür ist die längere und zum Teil effektivere Beschattung. Durch das bessere

Mikroklima und die intensivere Durchwurzelung sind positive Effekte auf die Bildung einer echten Krümelstruktur des Bodens zu erwarten, die nur durch eine hohe bodenbiologische Aktivität zu erreichen ist. Positiver Nebeneffekt der steigenden biologischen Aktivität ist, dass Restsubstanzen vorhergehender Kulturen sowie Rückstände von Pflanzenschutzmitteln schneller abgebaut und Infektionsketten spezifischer Pflanzenkrankheiten (z. B. Halmbruch, Schwarzbeinigkeit u. a.) durchbrochen werden.

Aufgrund der positiven Wirkungen auf die Bodenstruktur besteht aus pflanzenbaulicher Sicht meist kein Grund, den nach Zwischenfrüchten im Garezzustand befindlichen Boden für die Folgekultur erneut zu pflügen oder tief zu bearbeiten. In jedem Fall lässt sich nach wiederholtem Zwischenfruchtbau bald eine bessere Bearbeitbarkeit und ein geringeres Verdichtungsrisiko erwarten. Damit kann mittelfristig ein verminderter Kraftstoffbedarf verbunden sein, der den zusätzlichen Verbrauch für zwischenfruchtspezifische Arbeiten zumindest teilweise kompensiert.

Eine wesentliche positive Fruchtfolgewirkung, die der Zwischenfruchtbau erwarten lässt, besteht somit in der Versorgung der Böden mit organischer Substanz. Viele Zwischenfrüchte dienen auf diesem Wege der Erhaltung und Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit. Ob der Zwischenfruchtbau jedoch langfristig unmittelbar den Aufbau von Humus bewirkt, ist strittig, da die Biomasse der Zwischenfrüchte meist in einem günstigen C/N-Verhältnis vorliegt und recht schnell umgesetzt werden kann. Eine unmittelbare Steigerung der Humusgehalte ist sicher nur bei wenigen Zwischenfruchtarten zu erwarten. Ein positiver Beitrag zur Humusbilanz

ist auch nur dann wahrscheinlich, wenn der Aufwuchs nicht für Futterzwecke oder in Biogasanlagen genutzt wird (vgl. Kapitel 9).

Immer mehr Landwirte erkennen, dass es notwendig ist, durch den Anbau von Zwischenfrüchten, insbesondere vor im Frühjahr ausgesäten Hauptkulturen, den Boden gegen Erosion zu schützen und die Bodenfruchtbarkeit zu verbessern. Ohne Begrünungsmaßnahmen ist der Boden in diesem Fall in der vorhergehenden Überwinterungsperiode über mehrere Monate ohne Schutz. Bei Silomais-Monokulturen können dies rund sieben Monaten sein.

Besonders bei erosionsanfälligen Kulturen wie Rüben und Mais bewirkt der Zwischenfruchtbau in Verbindung mit Mulchsaattechnik einen effektiven Bodenschutz bis zum Reihenschluss dieser Blattfrüchte. Gleiches gilt für Ackerbohnen. Untersaaten mit geeigneten Gräsern in Mais und Ackerbohnen können ab der Reife dieser Kulturen Funktionen des Boden- und Umweltschutzes ausüben.



Abb. 63: Junge Maispflanzen wachsen zwischen abgestorbenen Senfpflanzenresten. Die Direktsaat ohne Bodenbearbeitung schützt den Boden vor allem in hangigem Gelände vor Erosion.

Durch den Anbau stickstoffbedürftiger Zwischenfrüchte lassen sich auch erhebliche Stickstoffmengen vor Auswaschung schützen. Durch den Aufbau von Trockenmasse in Spross und Wurzeln wird Stickstoff organisch gebunden und wird erst durch Mineralisation wieder verfügbar. Das Potenzial zur Stickstoffbindung kann durch pflanzenbauliche Maßnahmen (Art, Sorte, Saatzeit, Stickstoffangebot u. a.) gesteuert werden und bis zu 180 kg/ha Stickstoff betragen.

Von besonderer Bedeutung sind diese Zusammenhänge bei der Gülledüngung. Dabei ist die Ausbringungsmenge an der möglichen Aufnahmekapazität des Zwischenfruchtbestandes auszurichten. Zu berücksichtigen sind hierbei das bodenbürtige Nitratangebot und die gesetzlichen Regelungen (vgl. Kapitel 8.5). Zu beachten ist: je später gesät wird, umso weniger Stickstoff können die Pflanzen aufnehmen.

Leguminosen-Zwischenfrüchte haben ein beachtliches Potenzial zur Fixierung von atmosphärischem Stickstoff. Wissenschaftler haben die Fixierungsleistung von 27 Leguminosen in Reinsaat und Mischungen mit Hafer und Phacelia unter schweizerischen Bedingungen untersucht: Von der Aussaat Anfang

August bis zur Probenahme Anfang November wurden artabhängig zwischen 0 und 143 kg/ha Luftstickstoff im Aufwuchs gebunden. Mit den ertragreichsten Artenkombinationen (Mischungen mit Wickenarten bzw. Ackerbohnen) betrug der oberirdische Stickstoffertrag über 150 kg/ha, was rechnerisch einem Proteinertrag von fast einer Tonne innerhalb der Wachstumszeit August bis November entspricht. Dieser enorme zusätzliche Proteinertrag dürfte sicher nur in Einzelfällen zu erreichen sein. Das bisher weitgehend ungenutzte Potenzial zur Produktion von Futtereisweiß im Zwischenfruchtbau wird angesichts stark gestiegener Proteinkosten in Zukunft jedoch sicher zunehmend interessanter.

Der Vorfruchtwert von Zwischenfrüchten ist abhängig von den verwendeten Arten und Sorten, sowie von der Wurzel- bzw. Sprosstrockenmasse. Zusätzlich spielt die Einarbeitungstechnik eine große Rolle. Mehrjährige Untersuchungen zeigen, dass Zwischenfruchtbau relativ sicher zu Mehrerträgen in der Folgekultur und Einsparungen bei der Stickstoffdüngung führen. Das heißt, auch aus ökonomischer Sicht spricht vieles für eine Integration von Zwischenfrüchten in das Fruchtfolgesystem.



Abb. 64: Leguminosenzwischenfrüchte, wie beispielsweise die Erbse, haben ein enormes Potenzial zur Fixierung von Luftstickstoff.

Beispiele zur Integration von Zwischenfrüchten in Fruchtfolgesysteme sind in Tabelle 21, 22 und 23 aufgeführt. Zielsetzung ist eine möglichst rotationsumfassende Bodenbedeckung mit Kultur- und Begrünungspflanzen. Zeiträume unvermeidbarer Brache sollten

vorwiegend in die Sommermonate fallen, um bei trockenen Bodenbedingungen notwendige Verfahren der Bodenbearbeitung (z. B. tiefe Lockerung) bodenschonend erledigen zu können.

Tabelle 21: Integration von Zwischenfrüchten in eine dreifeldrige Fruchtfolge (36 Monate Umlaufzeit)

Fruchtfolgesystem	Anbauzeiten (Monate)	
	ohne Zwischenfrüchte	mit Zwischenfrüchten
1. Zuckerrüben	7	7
2. Winterweizen	10	10
3. Wintergerste, danach	10	10
Stoppelsaat Senf	-	4
Summe	27	31

Hinweis: Mit Hilfe der Stoppelsaat Senf wird die Zeit der Bodenbedeckung von 27 auf 31 Monate (bis zur Pflugfurche im November) verlängert. Erfolgt die Bestellung der Zuckerrüben in Mulchsaat, wird eine Bodenbedeckung von 34 Monaten erreicht. Es verbleiben lediglich zwei Monate Brachezeit.

Tabelle 22: Integration von Zwischenfrüchten in eine vierfeldrige Fruchtfolge (48 Monate Umlaufzeit)

Fruchtfolgesystem	Anbauzeiten (Monate)	
	ohne Zwischenfrüchte	mit Zwischenfrüchten
1. Kartoffeln	5,5	5,5
2. Winterroggen mit Untersaat Kleegras	10 -	10 7
3. Hafer	5,5	5,5
4. Wintergerste, danach Stoppelsaat Ölrettich	10 -	10 8
Summe	31	46

Hinweis: Untersaat und Stoppelsaat (evtl. auch Mulchpflanzung der Kartoffel) verlängern den Zeitraum der Bodenbedeckung um 15 Monate. Von 48 Monaten Umlaufzeit verbleiben nur 2 Monate in Form der Feldbrache.

Tabelle 23: Integration von Zwischenfrüchten in eine sechsfeldrige Fruchtfolge (72 Monaten Umlaufzeit)

Fruchtfolgesystem	Anbauzeiten (Monate)	
	ohne Zwischenfrüchte	mit Zwischenfrüchten
1. Mais (nach Pflugfurche)	6	6
2. Winterweizen (nach Pflugfurche)	10	10
3. Wintergerste, danach Zwischenfrucht Senf	10	18
4. Zuckerrüben (in Mulchsaat)	7	7
5. Winterweizen (mit Untersaat oder Stoppelsaat)	10	16
6. Ackerbohnen mit Gras-Untersaat	6	12
Summe	49	69

Hinweis: Zwischenfrüchte verlängern den Zeitraum der Bodenbedeckung um 20 Monate. Brache ist begrenzt auf 3 Monate in der sechsjährigen Rotation.

8.5 Düngung

Im Idealfall nutzen Zwischenfrüchte die von der vorangestellten Hauptfrucht ungenutzten und nach der Ernte mineralisierten Nährstoffquellen für die eigene Entwicklung. Viele Arten und Mischungen erhöhen zudem die

Nährstoffeffizienz, indem sie auch schwer pflanzenverfügbare Ressourcen erschließen. Sie können so zum Beispiel zu einer verbesserten Nutzung des Bodenphosphors beitragen oder, im Falle der Leguminosen, zu einer Verfügbarmachung des Stickstoffs aus der Atmosphäre.



Abb. 65: Zwischenfrüchte, die als Futter oder als Bioenergiesubstrat verwendet werden sollen, müssen häufig gedüngt werden, um sich schneller etablieren zu können.

Wenn Zwischenfrüchte als Futter oder Substrat für Biogasanlagen genutzt werden sollen, ist eine Düngemaßnahme zur Zwischenfrucht oft zielführend. Dies betrifft vor allem Ackerbausysteme, bei denen große Mengen an Strohresten an der Oberfläche verbleiben (Mulchsaat, Direktsaat). Denn Getreidestroh ist stickstoffarm (enges C/N-Verhältnis), so dass die Bodenorganismen für die Umsetzung große Teile des verfügbaren Stickstoffs für sich beanspruchen.

Stickstoff fördert in besonderem Maße die Ertragsbildung von Zwischenfrüchten. Hohe Erträge erfordern eine entsprechende Versorgung der Bestände, wobei es unerheblich ist, aus welchen Quellen der Stickstoff zur Verfügung gestellt wird. Ist das bodenbürtige Stickstoffangebot hoch (z. B. nach Körnererbsen), kann die mineralische und organische Düngung reduziert werden. Eine Startgabe von 30 bis 60 kg/ha ist bei stickstoffbedürftigen Zwischenfrüchten – je nach Standort – häufig erforderlich, um die Jugendentwicklung und Ertragsbildung zu fördern. Eine Unterversorgung in der Anfangsentwicklung führt meist zu unbefriedigenden Beständen. Leguminosen benötigen dagegen keine Stickstoffgabe. Dies gilt auch für Mischbestände mit überwiegendem Leguminosenanteil.

Dabei ist zu beachten, dass für den Zwischenfruchtanbau als Greening-Maßnahme (ökologische Vorrangfläche) ausschließlich eine organische Düngung zulässig ist. Für alle anderen Zwischenfruchtbestände ist die Düngung nach der Düngeverordnung in der Fassung von 2017 nach Ernte der Hauptfrucht grundsätzlich sowohl mit organischen als auch mit mineralischen Düngern zulässig. Für alle Zwischenfruchtbestände (einschließlich ökologischer Vorrangflächen) ist die Düngung jedoch nur zulässig,

- » sofern die in einem Anbaujahr zulässige Gesamtmenge von 170 kg/ha Stickstoff aus organischen Düngern nicht überschritten wird,
- » wenn die Zwischenfrüchte bis zum 15. September gesät werden,
- » sofern die organische Düngung bis zum 1. Oktober erfolgt,
- » bis zu einer Höhe von 30 kg/ha Ammonium-Stickstoff bzw. 60 kg/ha Gesamtstickstoff, sofern ein tatsächlicher Düngebedarf besteht.



Abb. 66: Nach der Ernte der Hauptfrucht dürfen Zwischenfrüchte mit organischen Düngern gedüngt werden, vorausgesetzt die Bestimmungen der Düngeverordnung werden eingehalten.

Ob für eine Zwischenfrucht tatsächlich Düngbedarf besteht, muss im Einzelfall geprüft werden. Denn die Höhe der notwendigen Nährstoffzufuhr wird von zahlreichen Kriterien bestimmt, unter anderem Verwendungszweck, Bodenversorgung, Nachlieferungspotenzial, Mischungszusammensetzung und Pflanzenarten sowie Saatzeit und mögliche Ertragsbildung. Fehler in der Produktionstechnik (falsch terminierte Bodenbearbeitung, zu späte Saat) lassen sich grundsätzlich nicht durch erhöhte Stickstoffdüngung ausgleichen. Verspätete Saattermine und zu hohe Stickstoffgaben – häufig in Verbindung mit einer sehr hohen Stickstoffnachlieferung des Bodens – führen zu umweltschädlichen Nitratwerten im Grundwasser. Aber auch im Aufwuchs können die Werte den Grenzwert von 0,5 mg/ kg Trockenmasse zum Teil deutlich überschreiten und damit die Verwertbarkeit als Futter einschränken. Die Wahrscheinlichkeit für derart hohe Nitratwerte im Futter ist dann gegeben, wenn neben dem Überangebot an Stickstoff noch ungünstige Assimilationsbedingungen (bedeckter Himmel, wenig Licht, kürzer werdende Tage) vorherrschen, die eine Weiterverarbeitung des aufgenommenen Nitrates im Stoffwechsel der Pflanze verzögern und damit eine Nitratanreicherung in den oberirdischen Pflanzenteilen bewirken. Die Frischverfütterung von Futterpflanzen wie Raps, Stoppelrüben oder Gräsern mit solch hohen Nitratwerten kann zu gesundheitlichen Problemen bei den Tieren führen.

Die Düngung der Zwischenfrucht darf nicht losgelöst von der Fruchtfolge und dem betrieblichen Nährstoffmanagement erfolgen. Zur Bemessung von Düngergaben zur Zwischenfrucht und zur folgenden Hauptfrucht sowie für die gesetzlich vorgeschriebene Berechnung von Nährstoffbilanzen (Nährstoffvergleich

nach §8 der Düngemittelverordnung) ist es wichtig zu wissen, in welcher Größenordnung Zwischenfrüchte dem Boden während des Wachstums Nährstoffe entziehen und welche Nährstoffmengen sie nach der Ernte bzw. Einarbeitung der Pflanzenmasse im Boden hinterlassen. Bei Futternutzung und Abfuhr des gesamten oberirdischen Aufwuchses vom Feld werden die Entzugswerte in der Düngerbilanzrechnung der gesamten Fruchtfolge berücksichtigt. Verbleibt der Aufwuchs auf dem Feld, stehen die Nährstoffe nach der Umsetzung und Mineralisierung der organischen Substanz im Zeitverlauf wieder zur Verfügung und müssen gegebenenfalls als Abschläge bei der Berechnung des Düngedarfs für die folgende Hauptkultur berücksichtigt werden. Bei Phosphat und Kali kann man diesbezüglich von einer vollständigen Ausnutzung ausgehen. Bei Stickstoff können in Abhängigkeit vom Termin der Einarbeitung der organischen Substanz und anderen Einflussgrößen (Witterung, Saat der Folgekultur, Zeitpunkt der Einarbeitung der Zwischenfrucht, Anteil von Leguminosen in der Mischung u. a.) mehr oder weniger große Verluste (Auswaschung) auftreten. Um dies zu vermeiden, sind bei der Bemessung der Stickstoffgaben zur Hauptkultur nach Zwischenfruchtanbau unterschiedliche Mengen an nachgeliefertem Stickstoff aus der Mineralisierung der pflanzlichen Rückstände zu berücksichtigen. Die in der Düngerverordnung (2017) festgesetzten Abschläge zum Düngedarf der Hauptkultur betragen nach Zwischenfruchtanbau zwischen 0 und 40 kg Stickstoff.

Früh gesäte Futterzwischenfrüchte, mit denen hohe Erträge für eine anschließende Verfütterung oder Nutzung in der Biogasanlage erzielt werden sollen, benötigen neben der Nachlieferung aus dem Boden etwa 80 bis

100 kg/ha Stickstoff, um das volle Ertragsvermögen auszuschöpfen. Hier kann man mit dem Höchstwert der Düngeverordnung von Gaben bis maximal 60 kg/ha Gesamtstickstoff auf gewisse ertragsrelevante Grenzen stoßen. Bei Saatzeitverzögerung verringert sich die für die Biomassenutzung anzustrebende Stickstoffmenge auf 30 bis 60 kg/ha. Ähnliches gilt für Kleeertragsgemische mit Kleeanteilen von weniger als 50 Prozent. Stickstoffbedürftige Winterzwischenfrüchte benötigen im Herbst meist keinen zusätzlichen Stickstoff (Ausnahme Herbstvornutzung bei Welschem Weidelgras), im Frühjahr zu Vegetationsbeginn dann aber 80 bis 120 kg/ha Stickstoff, um die hohen Zuwachsraten an Trockenmasse abzusichern. Für stickstoffbedürftige Untersaaten, vor allem Gräser, gelten ähnliche Regeln wie für Stoppelsaaten.

In der Tabelle 24 sind Ertragsleistungen und Stickstoffentzüge des Ernteguts aufgeführt. Diese Entzugswerte erhöhen sich nach Angaben der Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau um 25 bis 30 Prozent, wenn zusätzlich der zum Aufbau der Wurzel- und Stoppelrückstände benötigte Stickstoff berücksichtigt wird. Die Tabelle 25 vermittelt Informationen über die sonstigen Nährstoffentzüge bei ausgewählten Zwischenfruchtarten. Insbesondere im Futterbau sind beachtliche Nährstoffabfuhr zu berücksichtigen, die in Fruchtfolge-Düngungsstrategien beachtet werden müssen. Die hohen Nährstoffentzüge der Stoppelrüben resultieren sowohl aus den hohen Erträgen als auch daraus, dass kaum Wurzelrückstände im Boden verbleiben.

Tabelle 24: Trockenmasseerträge und organische Wurzelrockenmasse von Zwischenfrüchten sowie Höhe der Stickstoffbindung im Erntegut

Zwischenfrucht	TM-Ertrag Erntegut dt/ha	N-Entzug Erntegut kg/ha	Organische Wurzel-TM dt/ha
Ackerbohnen	40 - 50	130 - 160	15 - 20
Futtererbsen	30 - 35	100 - 120	8 - 12
Sommerwicen	30 - 35	120 - 140	8 - 12
Lupinenarten	35 - 45	110 - 140	15 - 25
Perserklee	20 - 30	70 - 100	5 - 12
Alexandrinerklee	20 - 30	60 - 90	5 - 12
Einj./Welsches Weidelgras	30 - 40	90 - 120	15 - 25
Stoppelrüben	45 - 65	140 - 180	-
Sommerraps	35 - 45	100 - 130	15 - 22
Winterraps	35 - 45	100 - 130	15 - 20
Winterrüben	30 - 40	90 - 130	15 - 20
Phacelia	25 - 35	70 - 100	10 - 12
Ölrettich	40 - 50	110 - 140	15 - 25
Senf	30 - 40	100 - 130	10 - 15

Tabelle 25: Nährstoffentzüge ausgewählter Zwischenfrüchte bei angegebener Trockenmasse-Ertragsleistung

Zwischenfrucht	TM-Ertrag dt/ha	Nährstoffentzüge kg/ha				
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	CaO
Raps	40	115	45	125	17	150
Senf	30	100	35	90	20	110
Ölrettich	40	120	45	160	18	125
Sonnenblumen	40	120	45	180	25	175
Erbsen/Wicken	40	130	35	130	20	65
Einjähriges/Welsches Weidelgras	35	110	35	100	20	80
Stoppelrüben	50	160	65	290	23	-

Bei der Versorgung der Böden mit Grundnährstoffen steht nicht so sehr die Zwischenfrucht, sondern die gesamte Fruchtfolge im Vordergrund. Kalk wird meist nach einer Getreidevorfrucht vor der Aussaat der Zwischenfrüchte ausgebracht, Phosphat und Kali häufig im Frühjahr zur jeweiligen Hauptfrucht. Die Höhe der Düngergaben richtet sich nach den Versorgungswerten der Böden, angestrebt wird Versorgungsstufe C.

Schwefelbedürftige Kulturarten benötigen vielerorts regelmäßige Schwefelgaben. Das liegt daran, dass die Schwefeleinträge aus der Atmosphäre durch intensive Umweltmaßnahmen wie Rauchgasentschwefelungsanlagen oder Einführung schwefelarmer Kraftstoffe zwischen 1990 und 2014 um nahezu 95 Prozent abgenommen haben. Besonders bei kreuzblütigen Zwischenfrüchten wie Raps, Brassica-Rüben, Senf- oder Retticharten, deren Biomasse genutzt werden soll, kann durch Schwefeldüngung häufig ein deutlicher Mehrertrag erreicht werden. Auch Leguminosen können bei Schwefelmangel nicht ihr volles Potenzial zur Bildung von Protein

ausschöpfen. Eine mangelhafte Schwefelversorgung lässt sich bei vielen Futterpflanzen am Verhältnis von Stickstoff zu Schwefel im Aufwuchs erkennen. Liegt das Verhältnis von Stickstoff zu Schwefel bei über 15 zu eins, kann eine ertragssteigernde Wirkung von Schwefelgaben erwartet werden. Bei Kreuzblütlern sollte das Verhältnis noch deutlich enger sein.

Die Kalkzufuhr sollte den am Standort orientierten pH-Wert anstreben. Bei intensivem Raps- oder Stoppelrübenanbau ist ein höherer pH-Wert vorteilhaft, um das Auftreten der Kohlhernie (Wurzelkrankheit) einzuschränken.

8.6 Ökologische Kriterien

8.6.1 Bodenschutz

Nachhaltige Bodennutzung und Bodenschutz bedeuten in der Landwirtschaft „Erhaltung und Förderung der Bodenfruchtbarkeit“. Bewertet am Nährstoffgehalt und am Bodenzu-

stand dürfte die Fruchtbarkeit und Ertragsfähigkeit der Acker- und Grünlandflächen, die nach den Regeln der guten fachlichen Praxis bewirtschaftet werden, als hoch einzuschätzen sein. Moderne Produktionsverfahren können aber auch die Bodenfruchtbarkeit gefährden, was erkannt und möglichst vermieden werden muss. Ursachen können sein:

- » Erosionsschäden
- » Strukturschäden
- » Nährstoffunter- und übersversorgung
- » Humusschwund
- » Beeinträchtigungen des Bodenlebens
- » Schadstoffbelastungen

Unter dauerhaft vorhandenen Pflanzendecken, wie Dauergrünlandflächen, sind in der Regel keine besonderen Probleme des Bodenschutzes festzustellen. Auf Ackerflächen treten zwischen der Ernte der Kultur und der vollständigen Entwicklung der Nachfrucht längere Phasen auf, in denen der Boden gar nicht oder nur teilweise bedeckt ist. Regentropfen treffen ungebremst auf den Boden und schwemmen einzelne Bodenbestandteile heraus, in trockenen Perioden sind Bodenpartikel möglicher Winderosion ausgesetzt. Bei einigen Kulturarten sind diese Phasen erhöhter Erosionsgefahr besonders langanhaltend. Bei Silomais etwa ist der Boden nur fünf bis sechs Monate mit dieser Kultur bestellt, wobei in der Jugendentwicklung noch ein unzureichender Bodenschutz durch zu geringe und sehr langsame Pflanzenentwicklung festzustellen ist. Ähnliches gilt für Zuckerrüben und andere Reihenkulturen.



Abb. 67: Erosionsschäden treten häufig dort auf, wo der Boden lange Zeit unbedeckt ist, wie zum Beispiel in Mais.

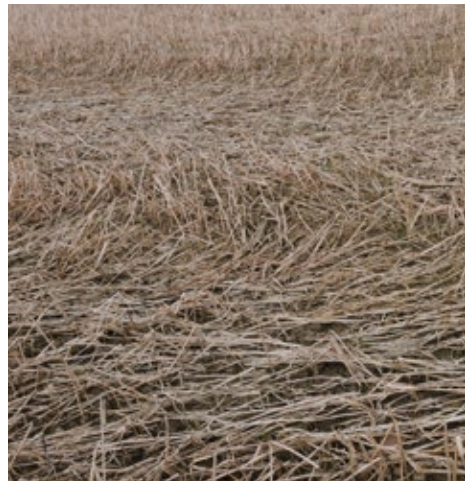


Abb. 68: Zwischenfrüchte sorgen dafür, dass der Boden auch in den Zeiträumen zwischen den Hauptfrüchten mit Biomasse bedeckt ist, wie hier zum Beispiel mit abgestorbenem Senf.

Durch die Planung von Fruchtfolgen mit dem räumlichen Nebeneinander und dem zeitlichen Nacheinander der Kulturen sind die Zeiträume mangelnder Bodenbedeckung einzugrenzen. Der Zwischenfruchtbau hat in diesem Zusammenhang eine außerordentlich wichtige Funktion. Futter- und Begrünungspflanzen füllen freie Vegetationszeiträume aus oder bedecken den Boden bereits als Untersaaten zwischen den Reihen der Deckfrucht. In beiden Fällen bedeckt idealerweise lebende und abgestorbene Biomasse den Boden und gewährleistet dadurch den Schutz vor Wind- und Wassererosion. Von derart geschützten Böden wird auch Niederschlagswasser deutlich besser aufgenommen. Außerdem vermindert sich der Oberflächenabfluss (siehe Tabelle 26), der zu Bodenabtrag und zum Eintrag von Phosphat in Oberflä-

chengewässer führt. Bodenerosion tritt immer dann verstärkt auf, wenn zusätzlich Strukturschäden wie Bodenverdichtungen und Bodenverschlammungen vorhanden sind. Selbst auf nur schwach geneigten Flächen oder bei Spätsaaten von Winterweizen können dann erhebliche Schäden durch Schicht-, Rillen- und Grabenerosion sowie Ablagerung des Bodenmaterials in Gräben und auf Straßen entstehen. Die Tabelle 27 vermittelt eine systematische Darstellung der Onsite-Schäden (Schäden auf der Ackerfläche) und Offsite-Schäden (Schäden außerhalb der Agrarflächen) durch Bodenerosion. Durch Zwischenfruchtbau und Mulchsaatechnik (meist zu Sommerungen) kann der unter Zwischenfrüchten aufgebaute Garezustand des Bodens zum Nutzen der Folgekulturen lange erhalten werden.

Tabelle 26: Wasserabfluss und Bodenabtrag bei Maisanbau mit und ohne Zwischenfrucht in Hanglage (Datenerhebung Dezember – Oktober, 634 mm Niederschlag, nach Schäfer 1986)

Messgröße Wasserabfluss in	Maisanbau			
	ohne Zwischenfrucht (Brache)	mit Zwischenfrucht		
		Senf	Klee	Gras
Wasserabfluss in				
Liter/Parzelle	130	9	6	8
relativ	100	7	5	6
Bodenabtrag in				
g/m ²	430	113	138	68
relativ	100	26	32	26

Tabelle 27: Onsite- und Offsite-Schäden durch Bodenerosion (Werner et al. 1995)

Onsite-Schäden Erosionsbereich	Offsite-Schäden Anlandungsbereich	
	Hangfuß	Weitere Anlandungsbereiche
Verlust an: <ul style="list-style-type: none"> • Nährstoffen • Pflanzenschutzmitteln • organischer Substanz • Feinbodensubstanz • Bodenfruchtbarkeit • Ertrag 	Bewirtschaftungserschwernisse durch: <ul style="list-style-type: none"> • Verschlämmung • Inhomogene Bodenstruktur 	Belastung von Vorflutern und Gewässern (z. B. Trinkwassersperren) mit Nährstoffen, Pflanzenschutzmitteln und Feststoffen
Mechanische Schäden am Pflanzenbestand	Überdeckung des Pflanzenbestandes	
Beeinträchtigung der Bodenfunktion (Speicherung, Filterung, Pufferung)	Ungleiche Pflanzenbestände	Verschlämmung von Wegen, Straßen und Gräben
Bewirtschaftungserschwernisse durch: <ul style="list-style-type: none"> • Erosionsrillen und Furchen • ungleichmäßige Abreife der Bestände • kleinräumig differenzierte Bestelltechnik und Bestandsführung 		

8.6.2 Biologische Aktivität, Humusversorgung

Für die Bodenfruchtbarkeit und die pflanzenbaulichen Anforderungen ist die Versorgung der Böden mit organischer Substanz von grundsätzlicher Bedeutung. Der Zwischenfruchtbau hat auch unter diesem Aspekt besondere Funktionen zu erfüllen, da die ober- und unterirdische Biomasse (je nach Kulturart über 50 dt/ha Trockenmasse) zum Ausgleich von Humusbilanzen beiträgt. Durch regelmäßige organische Düngung wird nicht nur physikalisch ein stabileres Bodengefüge erzeugt und bewahrt, sondern durch die intensiven stofflichen Umsetzungsvorgänge in biologisch aktiven Böden wird auch das Nährstoffangebot für die Pflanzen deutlich verbessert. Dies geschieht teils durch

Freisetzung der Nährstoffe aus organischen Bindungsformen und teils durch vermehrte Mobilisierung aus dem mineralischen Bodensubstrat. Derartig bewirtschaftete Böden lassen bei der Bodenbearbeitung, bei der Düngung und auch beim Pflanzenschutz durch günstige Wachstumsbedingungen Einsparungen erwarten.

Die leistungsfähigsten Bodentiere sind zweifellos die Regenwürmer. In biotisch aktiven Böden steigt sowohl die Zahl als auch die Biomasse dieser Tiere. Deutliche Hinweise auf intensive Regenwurmtätigkeit liefern die Regenwurmlösung an der Bodenoberfläche und die zügige Verarbeitung von Mulchmaterial in Form von Stroh- und Zwischenfruchtbiomasse. Zwischenfrüchte stellen eine Art

Futterbrücke der Kleinlebewesen im Boden zwischen den Hauptfrüchten dar. Bodentiere müssen gefüttert werden, wenn sie ihre Funktionen erfüllen sollen. Gleiches gilt für Bakterien und Pilze. Nur bei kontinuierlicher Ernährung, das heißt Zufuhr von organischer Substanz, können die Bodenstruktur und das Porenvolumen für Bodenluft und Bodenwasser sowie die Nährstoffdynamik optimiert werden. Solche Prozesse äußern sich auch in einer hohen Krümelstabilität. Wenn Bodenpartikel von Pilzmyzel, Bakterienkolonien und Haarwurzeln durchwachsen und miteinander verbunden sind, liegen „lebendverbaute, beständige Bodenkrümel“ vor, die der Verschlammung, Wind- und Wassererosion hohen Widerstand entgegensetzen. Stroh- und Gründüngung sowie verschiedene Pflanzenarten haben sehr günstige Wirkungen auf den Anteil wasserbeständiger, stabiler Krümel im Boden (siehe Tabelle 28 und Tabelle 29).



Abb. 69: Gründüngung durch Zwischenfruchtbau sorgt für mehr biologische Aktivität im Boden.

Tabelle 28: Krümelstabilität unter Sommergerste nach siebenjähriger Strohzufuhr mit und ohne Gründüngung (verändert nach Debruck)

Organische Düngung	Anteil wasserbeständiger Krümel > 5 mm	relativ
ohne organische Düngung	16,3 %	100
Gründüngung	19,0 %	117
50 dt/ha Stroh	21,9 %	134
50 dt/ha Stroh + Gründüngung	23,3 %	143
100 dt/ha Stroh	25,3 %	155

Tabelle 29: Krümelstabilität nach dem Anbau verschiedener Pflanzenarten (nach Sekera)

Kulturpflanzen	Anteil wasserbeständiger Krümel
nach Hackfrüchten	10 - 15 %
nach Getreide	15 - 20 %
nach Weißklee	30 - 35 %
nach Raps	30 - 50 %
nach Gräsern	50 - 60 %
nach Klee gras	> 70 %

8.6.3 Gewässerschutz

Nährstoffüberhänge entstehen, wenn die Mengen an gedüngten Nährstoffen den tatsächlichen Bedarf durch die Pflanzen längerfristig deutlich überschreiten. In einigen Teilen Deutschlands ist das für Phosphat und Stickstoff der Fall. Zwar konnten die durchschnittlichen Stickstoffüberhänge von 130 kg/ha im Jahr 1991 auf 98 kg/ha im Jahr 2012 reduziert werden. Die Zielvorgabe der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung von 2002, die Überhänge bis 2010 auf 80 kg/ha Stickstoff zu reduzieren, wurde bisher nicht erreicht. Dies gilt besonders für viehstarke Regionen. In der Fortschreibung der Strategie wurde 2016 ein Überschuss von maximal 70 kg/ha im Mittel der Jahre 2028 bis 2032 als Ziel festgelegt.

Um die Gewässer zu schützen, müssen die Überhänge konsequenter abgebaut werden. Stickstoff gelangt vor allem über die Auswaschung in das Grundwasser, in geringerem Umfang auch über Dränwasser und Oberflächenabfluss. Beim Phosphat sind Bodenabtrag und Oberflächenabfluss die wichtigsten Eintragspfade ins Grundwasser, ergänzt durch landwirtschaftliche Abflüsse und Abwässer sowie Dränwasser. Stickstoff und Phosphatverluste können durch Bodenbegrünung vor und nach dem Anbau von Hauptkulturpflanzen vermieden werden. Durch die Integration von Zwischenfrüchten in Form von Stoppel- und Untersaaten in Fruchtfolgen werden Nährstoffe in der pflanzlichen Biomasse festgelegt und vor Verlagerung geschützt (siehe Tabelle 30). Der fixierte Stickstoff wird nach Einarbeitung der Zwischenfruchtbiomasse wieder freigesetzt und steht für die Ertragsbildung der Folgekulturen zur Verfügung.

Weil es im Spätherbst noch zu verstärkten Nitratreisetzungen kommen kann, sollten Zwischenfrüchte – insbesondere Leguminosen – nicht zu früh eingearbeitet werden. Am besten verzichtet man ganz auf die Einarbeitung vor Winter und belässt die Pflanzenbiomasse bis zum Frühjahr auf der Bodenoberfläche. Dies ist jedoch nicht immer die optimale Lösung. Zwischenfrüchte, deren organische Masse sich nur langsam umsetzt (Gräser), sollten beispielsweise früher eingearbeitet werden. Auch der Stickstoff-Bedarfsverlauf der Folgekultur hat einen entscheidenden Einfluss auf den Zeitpunkt der Einarbeitung. Die Düngeverordnung (2017) schreibt vor, dass die Düngewirkung der Zwischenfrüchte bei der Stickstoff-Bedarfsberechnung für die folgende Zweit- oder Hauptfrucht anzurechnen ist. Wie hoch die Abschläge beim Zwischenfruchtbau ausfallen ist abhängig davon, ob die Zwischenfrucht aus Leguminosen oder Nichtleguminosen besteht, ob es sich um abfrierende Zwischenfrüchte handelt, ob die Zwischenfrüchte genutzt oder vollständig eingearbeitet werden und wann die Einarbeitung erfolgt (Frühjahr oder Herbst). Unter Berücksichtigung dieser Faktoren sind bei der Düngebedarfsberechnung Abschläge zwischen 0 und 40 kg zu berücksichtigen.

Tabelle 30: Ertragsleistung von Zwischenfrüchten und Nitratgehalt des Bodens (0 bis 90 cm Tiefe) bei Vegetationsruhe im Spätherbst (Mittel von vier Jahren)

Zwischenfrucht	Lössleimboden (Ackerbaubetrieb)		Sandboden (Viehbetrieb)	
	TM-Ertrag dt/ha	NO ₃ -N kg/ha	TM-Ertrag dt/ha	NO ₃ -N kg/ha
ohne (Brache)	-	128	-	163
Phacelia	41,3	39	33,0	30
Sommerrübsen	40,8	19	43,7	36
Welsches Weidelgras	22,5	32	16,9	52

8.6.4 Biologischer Pflanzenschutz

8.6.4.1 Unkrautregulierung

Zwischenfrüchte helfen bei der Regulierung von Unkräutern und Ungräsern. Wissenschaftliche Studien weisen auf starke Effekte von Zwischenfrüchten auf die Keimung, den Aufgang und die Jugendentwicklung vieler Problempflanzen hin. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, dass eine mit Zwischenfrüchten bedeckte Oberfläche Einfluss auf die Samenproduktion und sogar auf die Keimfähigkeit der nächsten Unkrautsamengeneration hat. Die unkrautunterdrückende Wirkung ist mit einer dichten Bodenbedeckung durch lebende Pflanzen zu erzielen.

Termingerecht ausgesäte Zwischenfruchtbestände mit idealem Saatbett und exakter Saatgutablage sowie schnellem Feldaufgang und guter Jugendentwicklung (mit Stickstoff nach Bedarf und artspezifisch gefördert) benötigen in der Regel keine Herbizide. Eine Ausnahme ist die Stoppelrübe, die entweder mechanisch oder chemisch weitgehend unkrautfrei gehalten werden muss, um eine Verschmutzung des Erntegutes durch „mitgeerntete“ Unkrautpflanzen (inklusive Wurzeln) zu vermeiden. Die Pflanzenbestände entscheiden über die Konkurrenzkraft gegenüber Unkräutern

und Ungräser. So reduzieren beispielsweise gut entwickelte Ölrettich- und Senfbestände sehr stark den Anteil von Quecken und Ausfallgetreide. Überlebende Unkrautpflanzen entwickeln sich darin außerdem nur schwach und können zum Beispiel für eine Mulchsaat im Frühjahr relativ einfach chemisch oder mechanisch beseitigt werden. Ähnliches gilt für Sommer- und Winterraps. Phacelia deckt den Boden ebenfalls sehr gut ab und unterdrückt damit Unkräuter. Wenn sich in Phaceliabeständen allerdings durch Wind- und Regeneinwirkung Lücken auftun, kann sich eine etwas kräftigere Altverunkrautung einstellen. Perser- und Alexandrinerklee ermöglichen zur Unkrautunterdrückung einen Schröpfschnitt (nicht zulässig bei Greening). Gräser in Untersaat und Stoppelsaat müssen durch Stickstoff gefördert werden, um schnell dichte Bestände zu bilden (Stickstoffobergrenzen beachten). Der Einsatz preiswerter Wuchsstoff-Herbizide an Stelle eines Schröpfschnittes ist nur möglich, wenn keine Auflagen hinsichtlich des Gebrauchs von Pflanzenschutzmitteln bestehen (z. B. auf ÖVF). Treten Gräser-Einzelpflanzen in der Nachfrucht auf, sind diese in der Regel auf eine wenig sachgerechte Zerkleinerung der Grasnarbe und unvollständiges Einarbeiten der Narbenreste zurückzuführen.



Abb. 70: Gut entwickelte Zwischenfruchtbestände, wie dieser Ackerseuf, helfen bei der Regulierung von Unkräutern und Ungräsern.

8.6.4.2 Pflanzenkrankheiten

Schwarzbeinigkeit des Getreides

Die Schwarzbeinigkeit des Getreides (*Gaeumannomyces graminis*; Synonym: *Ophiobolus graminis*) ist auf leichten und inaktiven Böden eine wichtig Fruchtfolgekrankheit, die wegen des seit Jahren steigenden Wintergetreideanteils zunehmend an Bedeutung gewinnt. Diese Pilzkrankheit erfordert Anbaupausen von mindestens einem Jahr und eine Förderung der Verrottung befallener Pflanzenreste. Durch den Zwischenfruchtbau wird die biologische Aktivität der Böden sehr stark angeregt, die Umsetzungsraten steigen und gleichzeitig wird die antagonistische Bodenmikroflora zur biologischen Bekämpfung der Schwarzbeinigkeit begünstigt.

Eisenfleckigkeit

Die virusbedingte Eisenfleckigkeit ist im Kartoffelanbau häufig zu finden. Die Krankheit wird ausgelöst durch das Tabak-Rattle-Virus (TRV), das durch Nematoden der Gattungen *Trichodorus* und *Paratrichodorus* übertragen wird und an Kartoffelknollen „eisenfleckige“ Nekrosen verursacht. Unkräuter wie Hirtentäschel, Franzosenkraut, Gänsedistel, Vogelmiere und Ackerstiefmütterchen sind ebenfalls bedeutende Virusträger. Die beiden letzteren übertragen und verbreiten den Virus auch über den Samen. Es ist daher wichtig, diese Unkräuter in der Fruchtfolge biologisch und chemisch zu bekämpfen. Der Anbau von resistenten Zwischenfrüchten ermöglicht ein biologisches Bekämpfungsverfahren. Lupinen, Ölrettich und Weidelgräser sollten in Kartoffelfruchtfolgen bevorzugt verwendet werden, Gelbsenf dagegen zeigt in der Regel einen sehr starken Tabak-Rattle-Virusbefall.



Abb. 71: Der Anbau von Örettich als Zwischenfrucht ist eine Methode, um die Eisenfleckigkeit im Kartoffelanbau zu minimieren.

Kohlhernie

Die Kohlhernie (*Plasmodiophora brassicae*) wird von einem bodenbürtigen Schleimpilz ausgelöst und beeinträchtigt das Wurzelwachstum und die Wurzelfunktionen. Geschädigt werden Körnerraps sowie Stopfelrüben, Futterraps und alle Kohlgewächse im Feldgemüsebau. Die Krankheit ist nur biologisch und über eine deutliche pH-Wert-Erhöhung in den Griff zu bekommen; befallsmindernd wirkt daher Kalkstickstoff. Von Bedeutung ist ein Artenwechsel (Gräser, Kleearten u. a.) sowie die Einhaltung von Zwischenfrucht-Fruchtfolgen.

8.6.4.3 Nematoden

Rübenzystennematoden (*Heterodera schachtii*) gehören zu den wichtigsten pflanzenparasitären Nematodenarten im Zucker- und Futterrübenbau, haben einen großen

Wirtspflanzenkreis und verursachen die seit Beginn des Zuckerrübenanbaues bekannte „Rübenmüdigkeit“ der Böden. Die wichtigste Bekämpfungsmethode ist heute das biologische Verfahren durch den Anbau nematodenresistenter Örettich- und Sensorten. Damit kann die Besatzdichte der Rübenzystennematoden erheblich reduziert werden. Eine hundertprozentige Wirkung ist jedoch nicht zu erreichen, da nicht alle Bodenbereiche gleichmäßig durchwurzelt werden. Wichtig ist, dass durch frühen Saattermin der Zwischenfrucht die Temperaturansprüche für die Entwicklung und Einwanderung der Nematodenlarven erfüllt werden und die biologische Bekämpfung regelmäßig in der Fruchtfolge erfolgt.



Abb. 72: Der Zwischenfruchtbau mit nematodenresistenten Ölrettichsorten (Foto) und Senfsorten zählt heute zu den wichtigsten Bekämpfungsmethoden gegen Rübenzystennematoden.

Zur biologischen Bekämpfung von Nematoden werden Rettich- und Senfarten sowie Raps auch in der sogenannten Biofumigation eingesetzt. Für diese Anwendung werden gezielt selektierte Kreuzblütler verwendet, die besonders reich an Glucosinolaten sind. Die Pflanzen werden im Herbst nach ausreichender Wachstumsdauer, (Bodentemperatur muss noch mindestens 8°C betragen) fein zerkleinert, flach in den Boden eingearbeitet und mit einer Walze angedrückt. Idealerweise werden im Boden dann anschließend die Glucosinolaten zu nematizid wirkenden Isothiocyanaten umgewandelt. Diese zeigen vor allem gegenüber Wurzelläsionsälchen (Nematoden der Gattung *Pratylenchus*) in verschiedenen Gemüsekulturen eine gewisse Wirksamkeit. In Mittelmeerländern hat sich das System Biofumigation mehrfach bewährt, während in Deutschland die kühlen Temperaturen im Herbst die Wirksamkeit in manchen Jahren begrenzen. Bodentemperaturen über

20°C sind für die enzymatische Bildung des Wirkstoffs optimal.

Neben Kreuzblütlern werden auch andere Zwischenfruchtarten zur Nematodenbekämpfung eingesetzt. So werden zum Beispiel auch in Wurzeln von *Tagetes* nematizide Substanzen gebildet.

Zwischenfrüchte können aber auch indirekt vor Schädlingen schützen. So können beispielsweise die positiven Effekte auf das Bodenleben dazu beitragen, dass Pflanzenreste rascher zersetzt werden und somit den darin überwinterten Schadinsektenlarven (z. B. Maiszünsler) keinen Schutz mehr bieten. Ein intensiviertes Bodenleben kann außerdem dazu beitragen, Gegenspieler von Krankheitserregern zu fördern. Einige Zwischenfrüchte wie Klee- und Wickenarten oder Buchweizen locken verstärkt räuberische Nutzinsekten an.

8.7 Konservierende Bodenbearbeitung

Bei der konservierenden Bodenbearbeitung (siehe Tabelle 31) wird auf den Pflug grundsätzlich verzichtet. Der Boden wird ganzflächig bearbeitet, meist jedoch mit geringer Bearbeitungstiefe. Pflanzenreste wie Stroh und Zwischenfrüchte sind an der Bodenoberfläche dringend erforderlich, denn sie bewirken den Schutz des Bodens vor Erosion und Verschlammung. Je weniger in das Bodengefüge eingegriffen wird, umso mehr Pflanzenreste verbleiben auf der Bodenoberfläche. Die Direktsaat stellt einen Extremfall der konservierenden Bodenbearbeitung dar. Dabei werden mit Spezialgeräten nur die Saatreihen „bearbeitet“, in die das Saatgut abgelegt wird. Je weniger Boden bei der Bodenbearbeitung bewegt wird, umso geringer sind in der Regel die Kosten. Zudem sinkt der Kraftstoffverbrauch und die Flächenleistung steigt.

wirtschaftung langfristig nicht funktionieren. Brachezeiten zwischen den Hauptkulturen sind deshalb möglichst zu vermeiden. Bewährt haben sich vor allem über Winter sicher abfrierende Zwischenfrüchte wie Phacelia, Senf und Ölrettich, die bei trockenem Restpflanzenmaterial hinsichtlich der flachen Bearbeitung und Saat der Folgekultur keine Probleme verursachen.

Zuckerrüben oder Mais können zum Beispiel als Mulchsaat mit oder ohne Saatbettbereitung in den Zwischenfruchtmulch gesät werden. Die Mulchsaat mit Saatbettbereitung bietet sich an auf schlecht erwärmbaren, dicht lagernden (schluffigen) Böden, die hinsichtlich der Temperaturführung und Durchlüftung Probleme bereiten. Außerdem auf Standorten, die eine mechanische Unkrautregulierung erfordern oder solche, die nicht besonders stark erosionsgefährdet sind. Die Mulchsaat ohne Saatbettbereitung (mit

Tabelle 31: Definition und Einordnung von Verfahren der Bodenbearbeitung

Arbeitsabschnitte	Konventionelle Bodenbearbeitung/ Bestellung	Konservierende Bodenbearbeitung/ Bestellung	Direktsaat
Grundbodenbearbeitung	+	ggf. lockern	-
Saatbettbearbeitung	+	+ -	-
Saat	+	Mulchsaat	+
Stoppelbearbeitung	+	+ -	-

+ = Ja, - = Nein, +- = Beides möglich

(Quelle: nach Sommer 1988)

Zwischenfrüchte haben im System der konservierenden Bodenbearbeitung bis hin zur Direktsaat wichtige Funktionen zu erfüllen. Ohne die ständige Bodenbedeckung und die dadurch erreichte Förderung des Bodenlebens und der Bodengare kann pfluglose Bodenbe-

spezieller Saatechnik) ist besonders geeignet für erosionsgefährdete Standorte, bei brüchigem gut abgetrocknetem Pflanzenmulch, bei günstigem Garezustand im Saathorizont und bei Bodenflächen ohne Verdichtungen und Verschlammungen.

Mäuse und Ackerschnecken fühlen sich auf Mulchsaatflächen häufig sehr wohl. Daher sind ständige Kontrollen und entsprechende Gegenmaßnahmen vor allem in der Jugendentwicklung der Pflanzenbestände wichtig. Dies gilt für alle derart bestellten Kulturen.

Konservierende Bodenbearbeitung, Zwischenfruchtbau und Mulchsaattechnik sind als ein System zu betrachten. Sie sind nicht nur auf Erosionsstandorten angebracht, sondern als eine grundsätzliche Maßnahme des Boden- und Umweltschutzes anzusehen. Vielfältige Fruchtfolgen mit dem Wechsel von Winterung und Sommerung, Blattfrüch-

ten und Halmfrüchten sowie die sinnvolle Integration von Zwischenfrüchten sind Voraussetzung für die modernen Verfahren der konservierenden Bodenbearbeitung. Die zum Teil sehr hohen Flächenleistungen der Geräte für Mulch- und Direktsaat erfordern eine entsprechende Flächenausstattung zur Auslastung der Technik. Nur so wird es möglich sein, Fixkosten zu senken und die Stückkosten je erzeugter Einheit zu reduzieren.



Abb. 73: Junge Zuckerrüben nach Mulchsaat

8.8 Vorfruchtwert

Der positive Vorfruchtwert von Zwischenfrüchten ist vielfältig und äußert sich in Komplexwirkungen vieler Effekte:

- » Verbesserung der Bodenstruktur
- » Garebildung
- » organische Substanzversorgung
- » Nährstoffixierung und -anlieferung
- » Förderung des Bodenlebens
- » Unkrautregulierung
- » Bekämpfung von Schaderregern
- » Reduzierung der Aufwendungen bei Folgekulturen
- » Ermöglichung konservierender Bodenbearbeitung
- » Bodenbedeckung (Schutz vor Witterungseinflüssen)

Je nach Zwischenfrucht sind die aufgezählten Effekte unterschiedlich ausgeprägt. Somit ist auch ein differenzierter Vorfruchtwert zu erwarten. Das heißt, die Ertragsleistung der Folgekulturen wird in unterschiedlichem Maße beeinflusst. Zunächst ist die Verwertung (Futternutzung oder Gründüngung) zu berücksichtigen. Aus Versuchen mit Sommergerste in Monokultur geht hervor, dass verschiedenste Zwischenfrüchte (siehe Tabelle 32) die Ertragsleistung der Nachfrucht am stärksten bei Gründüngung und weniger bei Futternutzung (d.h. ohne oberirdische Pflanzenmasse) verbessern. Zusätzlich ist eine Beeinflussung des Vorfruchtwertes von der Höhe der Stickstoffdüngung zur Hauptkultur zu erkennen.

Der Einfluss von Wurzel- und Stoppelrückständen bzw. des oberirdischen Aufwuchs auf den Vorfruchtwert ist bei den verschiedenen Zwischenfrüchten differenziert zu betrachten (Tabelle 33). Bei Gräsern und Winterrüben ergibt sich zum Beispiel eine ideale Kombination von Futternutzung und dennoch hohem Vorfruchtwert durch Stoppeln und Wurzeln. Bei Raps und Phacelia ist der Vorfruchtwert stärker von der oberirdischen Pflanzenmasse abhängig, bei Grobleguminosen ist beides in

Tabelle 32: Nachfruchtwirkung des Zwischenfruchtbaues auf den Kornertrag von Sommergerste bei differenzierter Stickstoffdüngung (Mittel von fünf Versuchsjahren und sieben Zwischenfrüchten)

Zwischenfrucht	Stickstoffdüngung Sommergerste			
	40 kg/ha		80 kg/ha	
	Ertrag dt/ha	relativ	Ertrag dt/ha	relativ
Brache (ohne Zwischenfrucht)	41,2	100	52,0	100
Aufwuchs abgeerntet (= Futternutzung)	45,8	112	54,2	104
Aufwuchs eingearbeitet (= Gründüngung)	49,5	120	56,2	108

Quelle: nach Berendonk

etwa gleichwertig. Die Ergebnisse verdeutlichen also, dass über die Zwischenfruchtwahl Anbausysteme beeinflusst werden können.

Dass Zwischenfrüchte Stickstoff fixieren ist vielfach nachgewiesen. Nicht hinreichend untersucht wurde dagegen bislang, wie der

freigesetzte Stickstoff bei der Bemessung von Düngergaben für die Folgekulturen zu berücksichtigen ist. So können im Frühjahr nach Zwischenfrüchten bereits hohe Nitratwerte im Boden vorliegen. Sommerungen wie Mais, Zuckerrüben und Kartoffeln sind besonders dafür geeignet, den mineralisier-

Tabelle 33: Vorfruchtwert verschiedener Zwischenfrüchte geprüft in fünfjähriger Monokultur von Sommergerste bei Futternutzung und Gründüngung im Vergleich zur Brache

Zwischenfrucht	Mehrertrag von Sommergerste bei Gründüngung dt/ha	Relativer Mehrertrag (%)	
		durch Wurzeln und Stoppeln (= Futternutzung)	zusätzlich durch den Aufwuchs
Winterrüben	8,7	74	26
Welsches Weidelgras	6,2	81	19
Erbsen/Lupinen	7,4	49	51
Senf	5,5	62	38
Ölrettich	5,9	44	56
Raps	5,3	40	60
Phacelia	5,0	40	60

ten Stickstoff aufzunehmen und in Ertrag umzusetzen. Dies gelingt aber nur, wenn diese Zusammenhänge bei der Düngung berücksichtigt werden. Das heißt, dass nach Zwischenfrüchten weniger gedüngt werden muss als nach Brache, wie das Beispiel des Zuckerrübenanbaus in Tabelle 34 zeigt. Im Maisanbau kann über späte N_{\min} -Analysen

des Bodens (Mitte bis Ende Mai) der bis dahin mineralisierte Stickstoff ermittelt werden, sodass nur noch die Differenzmenge zu einem bestimmten Sollwert zuge düngt werden muss. Diese Vorgehensweise gewährleistet eine ordnungsgemäße Düngung von Maisbeständen und eine zweckmäßige Integration des Zwischenfruchtbaues in Anbausysteme.

Tabelle 34: Bereinigte Zuckererträge (dt/ha) nach Zwischenfrüchten im Vergleich zur Brache (Standort: Erwitte-Stirpe) Versuche 1987 bis 1990, Mittel von vier Jahren

	Brache	Senf	Phacelia
Bereinigter Zuckerertrag im Mittel der N-Stufen 0, 40, 80, 120 kg/ha N	110	114	113
Maximaler Zuckerertrag in dt/ha bei ...	115	120	118
... dafür erforderlicher Stickstoffdüngung	70 kg/ha	30 kg/ha	30 kg/ha

9 Zwischen- und Zweitfrüchte für die Produktion von Bioenergie

Durch die Regulierungen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) hat die Energieerzeugung aus nachwachsenden Rohstoffen über die Vergärung von Energiepflanzen in Biogasanlagen seit der Novellierung im Jahr 2009 einen enormen Aufschwung erfahren. Im Juli 2016 wurden in 8.731 Biogasanlagen ca. 29,38 Terawattstunden Strom erzeugt. Unter den Gärsubstraten haben Bioabfälle bzw. Reststoffe aus Landwirtschaft und Industrie nur einen Anteil von fünf Prozent. Überwiegend werden Pflanzenaufwüchse (52 Prozent) sowie Gülle bzw. Mist (43 Prozent) eingesetzt (massebezogener Substrateinsatz, FNR 2014).

Der Mais, als energiereiche und ertragsstarke Kultur, hat an der Erzeugung von Biomasse einen Anteil von 73 Prozent und wird dazu auf rund 800.000 ha als sogenannter „Biogasmais“ oder „Energienmais“ angebaut. Weiterhin stammen 12 Prozent der Substrate aus Grassilagen, sieben Prozent aus Getreide-Ganzpflanzensilage und zwei Prozent aus Getreidekorn. Andere Kulturen wie Rüben oder Sorghum sowie Landschaftspflegematerial werden nur zu einem sehr geringen Anteil genutzt. Auch Aufwüchse aus dem Zwischenfruchtbau liefern nur ein Prozent der Gärmaterialien (FNR 2014).



Abb. 74: In Veredelungsregionen steht die Energiepflanzenproduktion in starker Konkurrenz zur Futterproduktion. Die Biomassegewinnung aus dem Zwischenfruchtbau könnte für Abhilfe sorgen.

Die zunehmende Energiepflanzenproduktion konkurriert in Veredelungsregionen mit der Futterproduktion um die knappen Flächen. Diese Situation könnte entschärft werden, wenn Pflanzenbiomasse für die Energieerzeugung außerhalb der Anbauzeiträume von Hauptfrüchten erzeugt würde. Dazu können klassische Zwischenfrüchte genutzt werden, die nach Wintergetreide folgen. Eine erweiterte Option ist der Zweitfruchtanbau, mit speziellen Pflanzenarten nach einer früh räumenden Ganzpflanzensilage aus Wintergetreide. Die spezifischen Anforderungen der Arbeitskette – von der Ernte, über den Transport, die Konservierung, die Verarbeitung und das Management der anbautechnischen Maßnahmen – sind dabei zu berücksichtigen. Vorteilhaft ist, dass durch den Anbau von Zwischen- und Zweitfruchtplanzen zusätzliche Zeiträume für die Verwertung von Gärsubstraten geschaffen werden, meist bei bester Befahrbarkeit der Ackerflächen.

Der Anbau von Zwischen- und Zweitfrüchten zur Energiepflanzengewinnung kann jedoch auch Nachteile mit sich bringen. Der im Vergleich zu Hauptkulturen meist hohe Wassergehalt und die geringen Trockenmasseerträge wirken sich negativ auf die Erntekosten aus. Das Anwelken „im Schwad“ ist aufgrund der hohen Luftfeuchte im Spätherbst oft nicht effizient möglich. Und das Verteilen des Erntegutes bei der Mahd samt anschließendem Zusammenschwaden verursacht erhöhte Werbeverluste sowie zusätzliche Kosten. Wenn eine dichte Grasnarbe beziehungsweise ein tragfähiger Boden nicht gegeben sind, steigen Erdanhang und Rohaschegehalt im Erntegut. Der Eintrag von Erdpartikeln kann auf Dauer zu Ablagerungen in den Fermentern und zu erhöhtem Verschleiß an den Rührwerken führen.

Über die Wirtschaftlichkeit der Biogaserzeugung entscheidet auch die Organisationsform der Biogasanlage. Wird die Anlage als Wirtschaftsunternehmen – womöglich als Betreiberanlage mit außerlandwirtschaftlichen Gesellschaftern – geführt, so werden alle Substrate als Zukaufprodukt betrachtet und mögliche Alternativen nach den Kosten je Kilowattstunde erzeugbarer Energie bewertet. Das heißt, hohe Energiedichten, optimale Transportwürdigkeit und Produktkosten stehen im Vordergrund. Wo die Produkte erzeugt werden, spielt im Fall einer Betreiber-Biogasanlage keine Rolle. Handelt es sich bei der Anlage jedoch um einen Betriebszweig eines einzelnen landwirtschaftlichen Unternehmens, spielt neben den reinen Substratkosten auch die Flächenproduktivität eine Rolle. Wird durch die Nutzung zusätzlicher Wachstumsphasen mit Zwischen- und Zweitfrüchten – insbesondere bei knapper Flächenausstattung – die Gesamtproduktivität der Fläche gesteigert, so kann eine höhere innerbetriebliche Wertschöpfung generiert werden. So kann zum Beispiel durch etwa 4 ha Zwischenfruchtaufwuchs 1 ha Mais ersetzt und die Fläche anstatt mit Mais mit anderen Hauptfrüchten bestellt werden.

Zwischenfruchtaufwüchse liefern bei einer Wachstumszeit von Juli bis Oktober Trockenmasseerträge von etwa 4 t/ha, in günstigen Fällen können 6 t/ha erreicht werden. Ausschlaggebend sind das Wasserangebot und die Länge der verbleibenden Vegetationsperiode von der Vorfruchternte bis zur notwendigen Bestellung der Nachfrucht im Herbst. Diese Faktoren sind auch entscheidend für die Auswahl der geeigneten Pflanzenarten. Aufgrund des breiten Arten- und Sortenangebotes sind bei der Auswahl spezifische Eigenschaften

wie Wüchsigkeit, Blühneigung oder Stängelbildung zu berücksichtigen.

Die Aussaat erfolgt üblicherweise in Stoppelsaat, die möglichst früh und zeitnah nach der Ernte der Vorfrucht erfolgen muss, denn jeder versäumte Tag vermindert den Zwischenfruchtertrag. Die Räumung des Strohs nach der Getreidernte gewährleistet sichere und gleichmäßige Feldaufgänge der Zwischenfrucht nach einer vorbereitenden Bodenbearbeitung mit dem Grubber. Die Strohräumung vermeidet zudem auch die häufig auftretende starke Stickstofffixierung beim Abbau des Strohs im Boden.

In einigen Fällen sind auch Untersaaten zu empfehlen. So können beispielsweise für die Erzeugung von Biomasse schnellwüchsige Weidelgräser im Frühjahr als Untersaat in Wintergetreide gesät und im Herbst geerntet werden (siehe Kapitel 9.1.1).

Für die Ertragsbildung ist eine organische oder mineralische Düngung in Höhe von 80 bis etwa 120 kg/ha Stickstoff erforderlich. Gülle bzw. Gärreste als flüssige „Volldünger“ sind preiswert und daher ideal geeignet. Es sind allerdings die Vorgaben der Düngeverordnung zu berücksichtigen. Während beim Anbau von Zwischenfrüchten zur Gründüngung die Grenze von 30 kg/ha NH_4 -Stickstoff oder 60 kg/ha Gesamtstickstoff aus organischen Düngern nicht überschritten werden darf, können Kulturen, die zur Beerntung vorgesehen sind, in der Höhe des zu erwartenden Nährstoffzuges gedüngt werden. Dazu muss nach aktueller Düngeverordnung (Stand 2017) eine Düngerbedarfsermittlung durchgeführt werden, die zu dokumentieren ist. Dabei sind weitere spezifische Bedingungen – Vor- bzw. Nachfrucht, Saatverfahren, Erntereste, langjährige organische Düngung usw. – in jedem Bundesland differenziert vorgegeben und müssen berücksichtigt werden.



Abb. 75: Gülle und Gärreste sind ideale Dünger für die Düngung von Zwischenfrüchten zur Biomasseerzeugung.



Abb. 76: Eine Saat unmittelbar nach der Wintergerstenernte bietet den größtmöglichen Anbauzeitraum für Zwischenfrüchte.

Aus der Konstellation der Vorfrucht Wintergerste und einer nachfolgenden Zwischenfrucht ergibt sich in der aktuellen Vegetationsperiode der weiteste Anbauzeitraum für Folgefrüchte. In dieser Abfolge ist der Anbau von Futtergräsern wie Welses und/oder Einjähriges Weidelgras zu bevorzugen. Sie ermöglichen eine Nutzung im Spätsommer und – besonders das Welsche Weidelgras – zusätzlich auch noch im Frühjahr des Folgejahres (siehe Kapitel 9.1.1). Milde Winter und ein früher Vegetationsbeginn wirken sich sehr positiv auf die Ertragsleistung im Frühjahr aus. Die Ernte des Welschen Weidelgrases im Frühjahr sollte zu Beginn des Ährenschiebens erfolgen. Die sich daraus zwangsläufig ergebende spätere Aussaat von Mais führt allerdings oft zu geringeren Erträgen dieser Kultur. Die Wahl des Erntetermins der Winterzwischenfrucht ist daher ein Kompromiss zwischen der Ertragsmaximierung der Vorfrucht und der Ertragsminderung des nachfolgenden Mais. Ziel ist ein möglichst hoher Gesamtertrag von Winterzwischenfrucht und

Silo- beziehungsweise Energiemais. Theoretisch betrachtet kann die Maissaat so lange verzögert werden, wie der monetäre Trockenmassezuwachs der Winterzwischenfrucht größer ist als der kalkulierte Ertragsverlust beim Silomais. Aus praktischer Erfahrung ergibt sich für die meisten Regionen, dass die Maisbestellung vor Mitte Mai abgeschlossen sein sollte.

Eine weitere Option ist der Anbau von Grünroggen nach der Körnerernte von Winterweizen. Dies verursacht jedoch die gleichen Engpässe bei der Maisbestellung im Frühjahr (siehe Kapitel 9.1.2).

Werden Sommerzwischenfrüchte nach der Körnerernte von Winterweizen, Winterroggen oder Wintertriticale angebaut, ist deren Wachstumszeit um zwei bis vier Wochen kürzer, als nach dem Anbau von Wintergerste. Entsprechend niedriger ist auch das Ertragspotenzial.

9.1 Winterzwischenfrüchte

9.1.1 Weidelgräser

Die Nutzung von Weidelgräsern ist im Feldfutterbau gängige Praxis. Verfahrensketten und Mechanisierungsvarianten sind identisch mit den Anforderungen für den Grasenanbau zur Erzeugung von Energie. Hinweise zur Nutzung der unterschiedlichen Weidelgrasarten sind im Kapitel 5.1 und 6.1 beschrieben.

Eine besondere Vorgehensweise zum Aufbau ertragreicher Bestände mit Weidelgräsern ergibt sich aus der frühen Ernte von Wintergetreide als Ganzpflanzensilage. In Wintergetreide kann schnellwüchsiges Welsches Weidelgras, Einjähriges Weidelgras oder auch Deutsches Weidelgras im Frühjahr als Untersaat ausgebracht werden. Eine Mischung von Einjährigem und Welschem Weidelgras bietet sich als Untersaat an. Gegenüber einer Stoppel- oder Blanksaat sind die Saatmengen mit etwa 12 bis 15 kg/ha vergleichsweise

niedrig. Während die mit dem Wintergetreide hochwachsenden Gräser (besonders Einjähriges Weidelgras) beim Mähdrusch Probleme bereiten, ist die Ernte als Ganzpflanzensilage mit modernen Feldhäckslern kein Problem.

Untersaaten im späteren Herbst oder im Frühjahr sichern eine frühe Etablierung der Gräser im Getreidebestand, bei niedrigen Kosten. Durch die frühzeitige und vollständige Räumung des GPS-Bestandes im Stadium der Milch- bis Teigreife, entwickelt der Grasbestand nach erneuter Düngergabe schnell eine dichte Narbe und kann die restliche Vegetationszeit ohne Zeitverlust zur Ertragsbildung nutzen.

Die GPS-Nutzung von Wintergetreide ermöglicht auch eine deutlich frühere Stoppelsaat. Die notwendige Bearbeitung und Neubestellung verursacht zusätzliche Kosten und kann bei wenig angepasster Verfahrensweise mit unproduktiver Wasserverdunstung verbunden sein. Da der GPS-Getreidebestand die Bodenwasserreserven bereits beansprucht



Abb. 77: Häckseln von Getreide als Ganzpflanzensilage. Dieses Verfahren ermöglicht eine frühe Stoppelsaat für die Zwischenfrucht.

hat, können Feldaufgang und Jugendentwicklung der Gräser bei anhaltender Trockenheit beeinträchtigt sein. Unter Berücksichtigung der genannten Aspekte hat die Untersaat geeigneter Weidelgräser in GPS-Wintergetreide eine hohe Vorzüglichkeit und verspricht eine deutlich höhere Ertragsicherheit als wenn nach der GPS-Ernte gesät wird.

In Versuchen in der Soester Börde erreichte der Fröhjahrsaufwuchs mit Welschem und Einjährigem Weidelgras als Winterzwischenfrucht (ohne Herbstvornutzung) einen Trockenmasseertrag von 50 bis 100 dt/ha.

Die Gräser wurden dabei im September des Vorjahres ausgesät. Der Trockenmassegehalt zu Beginn des Ährenschiebens lag bei unter 20 Prozent (Tabelle 35). Daher empfiehlt sich grundsätzlich ein Anwelken des Erntegutes, um Sickersaft zu vermeiden. Für die Biogasproduktion kann mit den genannten Weidelgräsern bei Herbst- und Fröhjahrsnutzung rechnerisch ein Methanertrag von 2.000 bis 4.000 m³/ha erzielt werden. Allerdings belastet der Aufwand für die zweimal ablaufende Arbeitskette für Ernte- und Silierung die Rohstoffkosten.

Tabelle 35: Ertrags- und Energieparameter von Welschem Weidelgras als Winterzwischenfrucht ohne Herbstvornutzung (Mittel von 10 Sorten und 3 Jahren; Lösslehmboden, Standort: Soester Börde)

Erntezeitpunkt	TM-Gehalt	TM-Ertrag		Biogas	Methan
	[%]	TM-Spanne [dt/ha]	Ø [dt/ha]	[NI/kg oTS*]	[%]
Herbst	22	20 bis 47	32	602	54
Fröhjahr	17	52 bis 101	73	624	55

* Normliter Methan pro Kilogramm organische Trockenmasse

9.1.2 Grünroggen

Grünroggen ist als Winterzwischenfrucht auf sandigen Standorten und bei späten Saatterminen im Herbst besser geeignet als das Welsche Weidelgras. Die Aussaat nach der Getreideernte (meist Weizen) oder auch nach frühem Silomais (Ernte zum Monatswechsel September/Okttober) bieten sich an. Da die Ernte des Grünroggens aufgrund der Saatzeitanprüche des nachfolgenden Mais spätestens in der ersten Maidekade abgeschlossen sein sollte, ist eine Förderung der Fröhjahrsentwicklung und damit der Ertragsbildung anzustreben.



Abb. 78: Grünroggen wird als Silage für die Biogaszeugung geerntet.

Die Aussaat etwa zehn bis 14 Tage vor dem ortsüblichen Bestelltermin für klassischen Winterroggen zur Körnernutzung ermöglicht dem Grünroggen eine gute Bestockung im Herbst, eine ausreichende Entwicklung vor Winter und begünstigt damit einen zügigen Start im folgenden Frühjahr. Die optimale Aussaatstärke orientiert sich an den Empfehlungen von Winterroggen zur Körnerernte. Bei späteren Saatterminen sollte die Saatstärke um fünf bis 15 Prozent erhöht werden, um einen dichteren Ausgangsbestand zu erzeugen. Eine Stickstoffdüngung im Herbst ist im Regelfall nicht erforderlich, wohl aber eine sehr zeitige Düngung kurz vor Vegetationsbeginn im Frühjahr. Je nach Ertragserswartung sind 80 bis maximal 120 kg/ha Stickstoff erforderlich. Das Austarieren von Saatzeit und Saatmenge muss zum Ziel haben, das Überwachsen der Bestände im Herbst zu vermeiden. Droht in sehr dichten Beständen erhöhte Lagergefahr im Frühjahr, so ist der Einsatz von Wachstumsreglern zu empfehlen. Denn lagernde Bestände können auch bei der Ernte „aus dem Stand“ mit modernen Schneidwerken („Direct-Disc“) oder mit Mähwerken nicht mehr verlustfrei geerntet werden. Neben der Ertragsminderung erschweren die verbleibenden langen Stoppeln die nachfolgende Bodenbearbeitung.

In Anbauversuchen (Lösslehm, Soester Börde) mit Aussaaten von Grünroggen nach einer frühen Silomaisernte (Ende September) wurden Ende April/Anfang Mai Trockenmasseerträge von 40 bis 90 dt/ha erreicht. Die Trockenmassegehalte schwankten in Abhängigkeit vom erreichten Entwicklungsstadium: Zwischen dem Beginn des Ährenschiebens und der beginnenden Kornfüllphase wurden Werte zwischen 14 und 26 Prozent festgestellt. Die Versuche zeigten, dass die Lagergefährdung nach dem Ährenschieben stetig zunimmt. Das Warten auf höhere Trockenmassegehalte birgt daher das Risiko von Ernteverlusten. Sind die Trockenmassegehalte Anfang Mai noch niedrig, kann ein absätziges Ernteverfahren mit Anwelken des Erntegutes in Erwägung gezogen werden.

Tabelle 36 zeigt, welche hohen Spannweiten beim Trockenmasseertrag von Grünroggen möglich sind. Der Einfluss der sehr unterschiedlichen Witterungsbedingungen im Winter und im zeitigen Frühjahr wird hier deutlich. Frühe Sorten wie 'Vitallo', 'Protector' und 'Borfuro' sind nicht nur durch eine zügige Entwicklung gekennzeichnet, sondern auch durch höhere Trockensubstanzgehalte und Trockenmasseerträge.

Tabelle 36: Ertrags- und Energieparameter von Grünroggen (Mittel von zehn Sorten und drei Jahren, Lösslehm Boden, Standort: Soester Börde)

Fruchtart	TM-Gehalt	TM-Ertrag		Biogas	Methan
	[%]	TM-Spanne [dt/ha]	Ø [dt/ha]	[NL/kg oTS*]	[%]
Grünroggen	18	40 bis 99	65	567	57

* Normliter Methan pro Kilogramm organische Trockenmasse

9.1.3 Maisanbau nach Winterzwischenfrüchten

Die frühzeitige Ernte von Winterzwischenfrüchten ermöglicht auf guten Standorten (Boden, Wasserversorgung) den nachfolgenden Anbau von Silo- oder Energiemais. In Regionen, in denen leichte Böden und ausgeprägte Sommertrockenheit das Ertragspotential des Maises begrenzen, kann sich Sorghum als Alternative anbieten. Dies setzt jedoch voraus, dass die noch jungen züchterischen Aktivitäten für Sorghum zu besser adaptierten Sorten führen.

Nach der Ernte der Winterzwischenfrucht müssen organische Düngung, Boden- und Saatbettbereitung möglichst ohne Zeitverlust durchgeführt werden. Dies verursacht eine hohe temporäre Arbeitsbelastung. Insbesondere die Bearbeitung der Grasnarbe nach dem Anbau von Weidelgräsern stellt hohe Anforderungen, da sich in der oberen Bodenzone ein sehr dichter Wurzelfilz ausgebildet hat. Auch wenn der Pflugeinsatz eine schnelle und saubere Lösung verspricht, stellt ein „heiler

Umbruch“ ohne vorherige Zerkleinerung der Grasnarbe ein erhebliches Risiko für die Folgekultur Mais dar. Die auf der Pflugschleife abgelegten groben Gras- und Wurzelsoden verhindern den Aufstieg von Kapillarwasser und behindern den Wurzeltiefgang des Maises. Der Einsatz schwerer Kurzscheibeneggen verringert diese Risiken durch die Zerkleinerung der Grasnarbe. Allerdings sind für ein ausreichendes Resultat meist zwei Überfahrten in versetzter, schräger Fahrtrichtung erforderlich. Intensiv arbeitende Zinkenrotoren oder Fräsen erzeugen die beste Zerkleinerungswirkung, schaffen ausreichend Feinerde und ermöglichen damit den Pflugverzicht. Diese Vorgehensweise schont auch die Wasserreserven des Bodens, die durch die Winterzwischenfrucht stark in Anspruch genommen werden. Eine Beseitigung des Wiederaustriebs einiger Graspflanzen nach dem Umbruch der Narbe durch Anpassung der Herbizidstrategien im Mais (Splittinganwendung geeigneter blattaktiver Gräsermittel) ist kein größeres Problem.



Abb. 79: Für den Umbruch von Weidelgrasbeständen vor Mais empfiehlt sich der Einsatz der Kurzscheibenegge. Sie sorgt für eine gute Zerkleinerung der Grasnarbe.

Wesentlich einfacher stellt sich die Maisbestellung nach Grünroggen dar, dessen Büschelwurzeln den Boden zwar gut durchwachsen aber die obere Bodenschicht bei weitem nicht so stark verfilzen. Kann ein stehender Bestand ohne Lager mit kurzer Reststoppel geerntet werden, ist durch den Einsatz von Kurzscheibeneggen ein ausreichendes Saatbett für den Mais herzustellen. Derzeit finden neue Maschinen den Einzug in die Praxis, die den Boden mit schmalen Zinken in ca. 20 bis 30 cm Tiefe nur streifenförmig („Strip-Till“) im Bereich der Saatreihe lockern. Zusätzlich können Zusatzgeräte zur verlustfreien Ausbringung von Gülle bzw. Gärresten mit einem Güllefass kombiniert werden. Hinter den Lockerungszinken wird ein Gülleband in definierter Tiefe abgelegt, sodass die mineralische Unterfußdüngung reduziert oder ersetzt werden kann. Nach bisherigen Erfahrungen hat sich das Verfahren auf leichten Böden nach abgestorbenen Zwischenfrüchten sehr gut bewährt und ist auch nach Grünroggen als Winterzwischenfrucht einsetzbar. Auf schwereren, grundwassernahen Böden stellt die Verfüllung des Zinkenrisses und die Rückverfestigung ein grundsätzliches Problem dar, das durch die Wurzelrückstände einer Winterzwischenfrucht zusätzlich verschärft wird.

Die Tabelle 37 zeigt einen Vergleich zwischen der Anbaukonstellation „Mais nach Mais“ und „Mais nach Winterzwischenfrucht“ auf einem tiefgründigen Lösslehmboden und einer Anbaulage mit ausreichender Niederschlagsversorgung. Im Mittel der drei Versuchsjahre wurden in der Anbaufolge „Mais nach Mais“ bei frühestmöglicher Saat knapp 30 dt/ha höhere Trockenmasseerträge erzielt als mit dem Mais nach einer Winterzwischenfrucht und einer zwangsläufig späteren Saat um den 10. Mai. Bei der Zwischenfruchtvariante kann allerdings zusätzlich noch der Ertrag der vorangehenden Winterzwischenfrucht in den Flächenertrag eingerechnet werden. Bei den Versuchsergebnissen muss berücksichtigt werden, dass das geprüfte Sortiment an Sorten in der Anbaufolge „Mais nach Mais“ in Bezug auf die Siloreifezahl (240 bis 370) weiter gespreizt war und stärker differenzierte. Dies wirkt sich entsprechend auf die Trockenmassegehalte des Sortimentsmittels aus. Auf dem Versuchsstandort in der Soester Börde erreichen Maissorten mit höherer Siloreifezahl tendenziell höhere Trockenmasseerträge mit allerdings niedrigeren, teils unter 30 Prozent liegenden Trockenmassegehalten.

Tabelle 37: Ertrags- und Energieparameter von Silomais in Abhängigkeit von der Anbaufolge bzw. der Saatzeit (Mittel von zehn Maissorten und drei Jahren, Lössboden, Soester Börde)

Anbaufolge	TM-Gehalt	TM-Ertrag		Biogas	Methan
	[%]	TM-Spanne [dt/ha]	Ø [dt/ha]	[NI/kg oTS*]	[%]
Mais nach Mais (optimale Aussaat) [Siloreifezahl 240 bis 370]	31	176 bis 283	233	659	53
Mais nach Winterzwischenfrucht (Saat 3-4 Wochen verzögert)[Siloreifezahl 200 bis 270]	35	173 bis 228	206	645	53

* Normliter Methan pro Kilogramm organische Trockenmasse

Mit Mais als Zweitfrucht nach Vornutzung der Fläche durch Winterzwischenfrüchte werden 5.600 bis 7.500 m³/ha Methan allein aus Mais erreicht. Zusätzlich ist der Methanertrag der vorangehenden Winterzwischenfrucht zu berücksichtigen. Die Summe der Trockenmasseertragsleistung von Mais und Winterzwischenfrucht (Welsches Weidelgras, Grünroggen: 60 bis 100 dt/ha Trockenmasse) erreicht auf dem guten Produktionsstandort der Soester Börde ohne Wasserknappheit das Niveau von insgesamt 260 bis 300 dt/ha Trockenmasse.

Die Wirtschaftlichkeit dieser leistungsfähigen Anbaukonstellation „Mais nach Winterzwischenfrucht“ muss im Einzelfall unter Berücksichtigung der gesamten Verfahrenskosten genauer kalkuliert werden. Neben den zweimalig anfallenden Ernte-, Transport und Konservierungskosten ist auch der Aufwand für den Anbau der Winterzwischenfrucht von Bedeutung.

9.2 Anbausysteme mit Haupt- und Zweitfrucht

Für die Erzeugung von pflanzlicher Biomasse für die Produktion von Bioenergie eignen sich sogenannte Zweikultursysteme. Bei diesen Anbausystemen folgen unmittelbar auf eine Hauptfrucht Zweitfrüchte, die in der restlichen Vegetationsperiode im Herbst genutzt werden. Die Aufwüchse können als Futtergrundlage in der Rinderhaltung dienen. Als „Hauptfrucht“ werden primär die Wintergetreidearten genutzt, deren Aufwuchs vollständig als Ganzpflanzensilage geerntet wird. Die frühzeitige Räumung des Wintergetreides im Stadium des Übergangs von der Milch- in die Teigreife schafft eine im Vergleich zur

Körnerernte um etwa vier bis sechs Wochen verlängerte Wachstumszeit für Zweitfrüchte. Insbesondere bei diesen Kulturen ist wegen der Langtagsituation die fotoperiodische Reaktion der nutzbaren Arten sowie die Auswirkung der aktiv ablaufenden Umsetzung der Wurzelrückstände der Vorkultur Wintergetreide zu berücksichtigen.

9.2.1 Hauptfrüchte

Wintergetreidearten liefern in Form der Ganzpflanzensilage hohe und sichere Erträge, da bereits die herbstliche Vegetationsperiode für die Etablierung der Bestände genutzt wird. Auf Standorten mit regelmäßiger Frühsommertrockenheit im Juni und Juli, die den Masseertrag auf 140 bis 150 dt/ha Trockenmasse begrenzt, kann GPS aus Wintergetreide wegen der besseren Wasserversorgung aus Winter- und Frühjahrsniederschlägen ebenbürtige oder sogar höhere Erträge ermöglichen.

Aussaatzstärke und Aussaatzeitpunkt des Wintergetreides orientieren sich an den ortsüblichen Empfehlungen für die Arten zur Körnerernte. Bei der Sortenwahl sind langstrohige Sorten zu bevorzugen, da der größte Ertragsanteil nicht durch die noch in der Ausbildung befindlichen Körner, sondern durch die vegetativen Teile der Pflanzen gebildet wird. Aus speziellen Sortenprüfungen des Bundessortenamtes für die GPS-Nutzung bevorzugter Wintergetreidearten können genauere Hinweise zur Struktur des Erntegutes abgeleitet werden.

Die Technik der GPS-Ernte ermöglicht es, einen geringen Besatz an Ungräsern und Unkräutern im Getreide zu tolerieren. Aufwendungen an Herbiziden können daher meist auf ein Mindestmaß beschränkt werden. Die

Toleranzgrenze wird jedoch überschritten, wenn es zum Aussamen der Wildkräuter kommt, oder ein zu hoher Besatz (z. B. Klette) Lager verursacht. Aufgrund des frühzeitigen Nachbaus der Zweitfrucht und der sehr kurzen Anbaupause sind die Persistenz der herbiziden Wirkstoffe und die Nachbauproblematik unbedingt zu berücksichtigen.

Der durch die frühe GPS-Ernte deutlich verkürzte Lebenszyklus der Getreidepflanzen ermöglicht auch die Reduktion des Einsatzes von Fungiziden. Ein langanhaltender Schutz für die Phase der Kornausbildung ist nicht erforderlich. Der letztmalige Applikationstermin zum Schutz des Blattapparates beim Erscheinen des Fahnenblattes mit günstigen Produkten ist bei üblichen Situationen des Pilzbefalls als ausreichend anzusehen.

Die Höhe der Stickstoffdüngung kann nach der üblichen Sollwert-Methode ausgerichtet werden und beläuft sich häufig auf 160 bis 180 kg/ha. Was die Verteilung der Stickstoffgaben betrifft, kann eine Betonung des frühen Termins zur Minderung der Triebreduktion und zur Förderung der Bestockungstriebe vorteilhaft sein und dichtere Bestände erzeugen. Späte und hohe Stickstoffgaben zum Ährenschieben werden meist nicht mehr in Ertrag umgesetzt. Das Lagern der Bestände muss unbedingt vermieden werden. Eine wirksame Wachstumsregulation unter Berücksichtigung der Sortenwahl ist deshalb zu prüfen.

Zur Ernte sollen die Trockenmassegehalte der Gesamtpflanze über 30 Prozent liegen. Das ist der Fall, wenn gegen Ende der Milchreife bei beginnender Teigreife die unteren Blätter im Bestand vergilben. Der Abreifefortschritt und damit die Trockenmassezunahme verläuft bei

allen Getreidearten sehr zügig, sodass nur ein kurzes Zeitfenster für die GPS-Ernte von etwa sieben bis zehn Tagen zur Verfügung steht. Bei Trockenmassegehalten über 35 Prozent steigen die Masseverluste durch Abfall vegetativer Teile der Pflanzen und die Verdichtung des Häckselgutes im Silo wird erschwert. Bei der Einstellung der Häckselaggregate ist auf kurze Häcksellängen und auf das Zerreiben der Halm- und Knotenstrukturen zu achten.

Wintergerste

Wintergerste kann bereits Ende Mai bis Anfang Juni einen Trockenmassegehalt von 30 bis 35 Prozent erreichen. Mehrjährige Versuche haben gezeigt, dass mehrzeilige Sorten der Wintergerste höhere Trockenmasseerträge erreichen als zweizeilige Sorten. Auf guten Standorten mit einem Kornertragspotenzial von 85 bis 95 dt/ha können zur Teigreife Trockenmasseerträge von 110 bis 130 dt/ha erzielt werden. Die sehr frühe Ernte ermöglicht ab Anfang Juni einen langen Anbauzeitraum für Zweitfrüchte zur Biomasseproduktion. Dazu können vorzugsweise Sorghum, Sonnenblumen oder auch Sommergetreide (Sommergerste, Sommertriticale, Sommerhafer) verwendet werden.

Winterroggen

Winterroggen erreicht Trockenmassegehalte von 30 bis 35 Prozent im Zeitraum Mitte bis Ende Juni. Neuere hochwachsende Hybridroggensorten haben mit 130 bis 180 dt/ha Trockenmasse (siehe Tabelle 38) ein sehr hohes Ertragspotenzial. Dieses Ertragsniveau wird in dieser Verwendungsform von dem speziell für den Winterzwischenfruchtbau selektierten Grünroggen nicht erreicht. Außerdem steigt die Lageranfälligkeit des Grünroggens ab dem Ährenschieben deutlich an. Daher sind Grünroggensorten für die Ernte



Abb. 80: Roggen-Ganzpflanzensilage als Substrat für die Biogasferzeugung.

in der Teigreife im Juni für die Erzeugung von Bioenergie nicht empfehlenswert. Generell muss im Winterroggen die Standfestigkeit durch wirksame Wachstumsregler abgesichert werden. Außerdem sind Maßnahmen

des Einsatzes von Fungiziden gegen stark auftretenden Mehltau und gegen Braunrostbefall unverzichtbar.

Tabelle 38: Ertrags- und Energieparameter von Wintergetreide (Mittel von zehn Sorten und drei Jahren, Lösslehm Boden, Standort Soester Börde)

Fruchtart	TM-Gehalt	TM-Ertrag		Biogas	Methan
	[%]	TM-Spanne [dt/ha]	Ø [dt/ha]	[NI/kg oTS*]	[%]
Wintergerste	30	90 bis 139	120	598	55
Wintertriticale/ Winterroggen	31	132 bis 191	156	580	55
Winterweizen	34	104 bis 170	145	570	54

* Normliter Methan pro Kilogramm organische Trockenmasse

Wintertriticale

Wintertriticale weist ein ähnlich hohes Ertragsniveau auf wie der Winterroggen. Für die Energieerzeugung geprüfte Sorten stehen zur Verfügung, aktuelle Neuzüchtungen lassen weitere Verbesserungen der Ertrags-

leistung erwarten. Wintertriticale wie auch Winterweizen folgen in der Ernte nach dem Winterroggen und sind Ende Juni bis Anfang Juli nutzungsreif für die Gewinnung von Ganzpflanzensilage.

Winterweizen

Winterweizen erbringt bei GPS-Nutzung Trockenmasseerträge von 110 bis 160 dt/ha. Die Bestrebungen der Pflanzenzüchter, durch einen günstigen Ernteindex (hoher Kornertrag bei geringem Strohanteil) einen hohen Kornertrag zu erreichen, kommen bei Weizen besonders zum Ausdruck. In dem geprüften Sortiment (Tabelle 38) sind daher auch kurzstrohige Sorten vertreten. Besonders massenwüchsige Weizensorten können durchaus das Ertragsniveau von Wintertriticale erreichen. Das hohe Kornertragspotenzial einer Getreidesorte führt nicht zwangsläufig zu einem höheren Methanertrag. Denn dieser ist eng mit dem Ertrag der gesamten Biomasse und weniger mit dem Kornertrag korreliert. Steigende Erträge an Gesamtbiomasse erbringen daher höhere Methanerträge. Aus Getreideganzpflanzensilage mit einer Trockenmasse von bis zu 170 dt/ha können ca. 5.000 m³/ha Methan erzeugt werden.

9.2.2 Zweitfrüchte

Die frühe Räumung der Flächen durch die GPS-Ernte des Wintergetreides führt zu einer verhältnismäßig langen Restvegetationszeit, die den Ansprüchen wärmebedürftiger Zweitfrüchte wie Sorghum und Sonnenblumen entgegen kommt. Damit eröffnen sich Möglichkeiten der Erzeugung von Biomasse aus Zweitfrüchten für die Erzeugung von Energie aus Biogas.

Sorghum

Sorghum wird erst seit wenigen Jahren züchterisch in Deutschland bearbeitet. Die wichtigsten Zuchtziele sind die Steigerung des Biomasseertrages, Kältetoleranz bei der Keimung und Jugendentwicklung, Frühreife (Trockenmassegehalte von mindestens 28 Prozent zur Ernte) und Standfestigkeit. Derzeit sind Sorten des Typs '*Sorghum bicolor*' und '*Sorghum sudanense*' sowie Hybriden aus diesen Formen verfügbar.



Abb. 81: Unterschiedliche Sorten von Sorghum zur Ernte (links: Zuckerhirse 'Goliath', Mitte: Sorghum-Hybride 'Piper', rechts: Sorghum-Hybride 'Maja')

Für eine schnelle Keimung und einen guten Feldaufgang sind hohe Bodentemperaturen (ab 10 bis 12 °C) erforderlich, die im Zweitfruchtanbau gewährleistet sind. Für Sorten des *Bicolor*-Typs wird eine Saatmenge von 20 bis 25 Körnern/m² empfohlen, während bei *Sudanense*-Typen und -Hybriden 30 bis 35 Körner anzustreben sind. Die geringe Triebkraft erfordert eine flache Kornablage in ein abgesetztes feinkrümeliges Saatbett, das nach der Getreideernte mit kurzer Stoppel auch in einem sorgfältig gestalteten Mulchsaatverfahren hergestellt werden kann. Die zunächst langsame Jugendentwicklung erfordert eine wirksame Unkrautbekämpfung mit geeigneten Herbiziden. Die Düngung sollte auf 100 bis 140 kg/ha Stickstoff beschränkt werden. Höhere Gaben erhöhen die Lageranfälligkeit und können die Reife verzögern.

Bei hohen Sommertemperaturen ist Sorghum (wie Mais eine C₄-Pflanze) sehr wüchsig und hat dann ein sehr hohes Potenzial zur Bildung von Trockenmasse. In dreijährigen Untersu-

chungen zum Sorghumanbau nach Wintergersten-GPS zeigte sich eine große Spanne bei den Trockenmasseerträgen (siehe Tabelle 39), die durch die hohe Variabilität der Arten und Sorten im Prüfsortiment begründet ist. Nur zwei Sorten ('Goliath' und 'Lussi') zeigten in den Versuchsjahren 2007 bis 2009 konstant hohe Trockenmasseerträge auf dem Niveau von etwa 90 bis 120 dt/ha. In allen Versuchsjahren lag der Trockenmassegehalt im Mittel des Sortimentes bei lediglich 20 Prozent. Nur einzelne Sorten des kurzen „Körnertyps“ mit geringerem Massenertrag erreichen über 25 Prozent Trockenmasse. Was den Biogas- und Methangehalt betrifft, konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den verschiedenen Sorghumtypen nachgewiesen werden. Die Leistung an Trockenmasse sowie ein möglichst hoher Trockenmassegehalt sind wichtige Auswahlkriterien. Auf der Basis der ermittelten Erträge (siehe Tabelle 39) können mit Sorghum als Zweitfrucht Methanerträge von 2.500 bis 3.000 m³/ha errechnet werden.

Tabelle 39: Ertrags- und Energieparameter von Wintergetreide (Mittel von zehn Sorten und drei Jahren, Lösslehm Boden, Standort Soester Börde)

Fruchtart	TM-Gehalt	TM-Ertrag		Biogas	Methan
	[%]	TM-Spanne [dt/ha]	Ø [dt/ha]	[NI/kg oTS*]	[%]
Sorghum	20	43 bis 125	79	594	53
Sonnenblumen	18	72 bis 102	86	568	52

* Normliter Methan pro Kilogramm organische Trockenmasse

Sonnenblumen

Sonnenblumen keimen bereits bei einer Bodentemperatur von 7 bis 8 °C und reagieren auf die Wachstumsbedingungen nach der GPS-Ernte von Wintergerste mit einem

raschen Feldaufgang und einer zügigen Jugendentwicklung. Dennoch ist die Unkrautunterdrückung aufgrund der geringen Pflanzendichte (ca. 7 bis 8 Pflanzen/m²) ohne Herbizideinsatz oft nicht ausreichend. Das



Abb. 82: Ernte von Sonnenblumen mit reihenunabhängigem Erntevorsatz

Saatgut kann in Einzelkornsaat aber auch in Drillsaat auf 4 bis 5 cm Tiefe abgelegt werden. Eine Mulchsaat ist daher einfacher zu bewerkstelligen als bei Sorghum. Bei der Düngung ist auf eine gute Versorgung mit Kalium zu achten, die Stickstoffversorgung sollte zwischen 60 und 80 kg/ha liegen. Die Spannweite der Trockenmasseerträge ist mit 72 bis 102 dt/ha (Tabelle 39) geringer als bei Sorghum, da das derzeitige Angebot an geeigneten Sorten vergleichsweise gering ist. In drei Versuchsjahren ist ein nur unzureichender Trockenmassegehalt von 18 Prozent zur Ernte Ende Oktober erreicht worden. Da Sonnenblumen zur Körnernutzung bereits ab Anfang April ausgesät werden, ist die Vegetationszeit selbst bei sehr früher GPS-Ernte der Vorfrucht Wintergerste offensichtlich zu kurz. Trockenmassegehalte über 25 Prozent

dürften auf mittel- und norddeutschen Standorten kaum erreichbar sein.

Aufgrund der niedrigen Trockenmassegehalte ist die Herstellung von Silage von gehäckselttem Sorghum aber auch von Sonnenblumen sehr schwierig und hat einen sehr hohen Sickerwasseranfall zur Folge, der bereits während des Transportes austreten kann. Die Biogas- und Methangehalte schwanken zwischen den Sorten kaum, sodass Trockenmasseertrag und ausreichende Ausreife die Kriterien für die Entscheidung zum Anbau sind. Erstaunlich ist, dass die hohen Ölgehalte der Sonnenblumenkerne (ca. 45 Prozent zur Druschreife) in den Analysen keine höhere Biogasausbeute anzeigen. Die geringen Ölgehalte der noch unreifen Körner dürften der Erklärungsansatz für diese Feststellung sein.

9.3 Sommerzwischenfrüchte

Zielsetzung eines erfolgreichen Anbaus von Sommerzwischenfrüchten für die Produktion von Biomasse ist ein möglichst hoher Trockenmasseertrag mit akzeptablen Trockenmassegehalten von über 25 Prozent und ein gut silierfähiges Häckselgut. Dies ist unter den Bedingungen einer frühen GPS-Ernte von Wintergetreide eher zu gewährleisten als beim Anbau nach der Mähdruschreife. Nach der Körnerernte steht für die Ertragsbildung nur noch eine Vegetationszeit von ca. 100 Tagen zur Verfügung.

In zweijährigen Versuchen wurde die Aufwuchsleistung von zahlreichen Sommerzwischenfruchtarten (siehe Tabelle 40) im Anbau nach Wintergerste (Mähdrusch) geprüft. Dabei konnten nur Sommergetreide und einige Gräser den gewünschten Trockensubstanzgehalt von deutlich über 25 Prozent im Erntegut erreichen. Auf der Grasnarbe bzw. der Stoppel des Sommergetreides kann der Aufwuchs, falls erforderlich, zum Anwelken abgelegt und

relativ sauber wieder aufgenommen werden. Dieses Verfahren ist ohne größere Verluste und ohne Verschmutzung bei Senf, Sommer- und Winterraps sowie Ölrettich nicht möglich. Ohnehin ist der zeitlich befristete Trocknungsprozess unter den Witterungsbedingungen im Spätherbst (Luftfeuchte, Niederschlagswahrscheinlichkeit) nur sehr schwer zu organisieren.

Tabelle 40 zeigt, dass Senf, Ölrettich und Ramtillkraut innerhalb der geprüften Arten mit über 50 dt/ha Trockenmasse das höchste Ertragsniveau erreichen, allerdings ist der Trockenmassegehalt mit ca. 14 Prozent sehr gering. Ein ähnliches Ertragspotenzial mit deutlich höheren Trockenmassegehalten von bis zu 25 Prozent erreicht das Sommergetreide. Insbesondere Sommerhafer zeigt ein sehr schnelles Massenwachstum mit einer Ertragsleistung von bis zu 55 dt/ha Trockenmasse (siehe Tabelle 41), obwohl ein erheblicher Krankheitsbefall (Mehltau, Braunrost) vorlag. Allerdings ist der Trockenmassegehalt mit unter 20 Prozent vergleichsweise gering.

Tabelle 40: Ergebnisse zweijähriger Versuche zur Überprüfung der Anbauwürdigkeit verschiedener Sommerzwischenfrüchte als Biogassubstrat (Standort Soester Börde, Aussaat nach Wintergerste)

Zwischenfrüchte nach Wintergerste, Aussaat Anfang August Ernte Mitte Oktober	TM-Gehalt	TM-Ertrag		Biogas	Methan
	[%]	TM-Spanne [dt/ha]	Ø [dt/ha]	[NI/kg oTS*]	[%]
Einjährige Weidelgräser	17	26 bis 40	34	636	58
Futtraps/Rübsen	13	23 bis 39	34	680	50
Grobleguminose/Mischungen	11	4 bis 43	28	659	57
Klee	12	7 bis 25	18	599	56
Senfe/Ölrettich/Ramtillkraut	14	27 bis 52	40	581	55
Sommergetreide GPS	21	27 bis 55	41	614	56
Welsches Weidelgras	16	28 bis 32	30	646	55

* Normliter Methan pro Kilogramm organische Trockenmasse

Tabelle 41: Ergebnisse zweijähriger Versuche mit Sorten von Sommergetreide als Sommerzwischenfrucht zur Überprüfung der Anbauwürdigkeit als Biogassubstrat (Standort Soester Börde, Aussaat nach Wintergerste)

Zwischenfrüchte nach Wintergerste, Aussaat Anfang August, Ernte Mitte Oktober	TM-Gehalt	TM-Ertrag		Biogas	Methan
	[%]	TM-Spanne [dt/ha]	Ø [dt/ha]	[NL/kg oTS*]	[%]
Sommerhafer	17	27 bis 55	40	643	56
Sommergerste	26	44 bis 49	47	599	56
Sommerroggen	23	37 bis 45	42	599	56
Sommertriticale	22	39 bis 44	41	621	55
Sommerweizen	24	34 bis 39	36	536	58

* Normliter Methan pro Kilogramm organische Trockenmasse



Abb. 83: Sommergetreide als Zwischenfrucht, Aussaat: Anfang August, Ernte: Mitte Oktober (links: Sommergerstensorte 'Ingmar'; rechts: Hafersorte 'Max').



Abb. 84: Sommergetreide als Zwischenfrucht, Aussaat: Anfang August, Ernte: Mitte Oktober (links: Sommertriticale 'Nilex'; rechts: Sommerweizen 'Samuno').

Die in Tabelle 41 aufgeführten Trockenmasseerträge und Trockenmassegehalte können durch den Anbau nach frühräumender GPS-Ernte des Wintergetreides deutlich gesteigert werden. Sommerroggen und vor allem Sommertriticale scheinen dafür die besten Voraussetzungen zu haben. Valide Versuchsergebnisse zu dieser Anbaukonstellation sind bisher nicht bekannt. Es liegt die Vermutung nahe, dass auch sehr frühe Saaten von

Sommerzwischenfrüchten mit Sommerraps und Sommerhafer durch die dann verstärkte Langtagreaktion von Ende Juni bis Ende Juli nicht unmittelbar zu höheren Trockenmasseerträgen führen. Dies bedarf aber weiterer Untersuchungen.

Bei der sehr frühen Aussaat von Sommergetreide als Sommerzwischenfrucht nach GPS-Wintergetreide führt die fotoperiodi-

sche Reaktion dazu, dass die Einzelpflanzen unter den Langtagbedingungen kaum Bestockungstriebe ausbilden. Zum Erreichen einer ausreichenden Triebdichte ist daher die Saatstärke auf ca. 400 bis 500 Körner/m² anzuheben. Dementsprechend steigen die Saatgutkosten. Außerdem ist mit einem hohen Krankheits- und Schädlingsdruck zu rechnen, sodass entsprechende Behandlungsmaßnahmen in Betracht gezogen werden müssen. Auch der Einsatz von Wachstumsreglern ist anzuraten, um Lager zu vermeiden. Vorteilhaft ist die Auswahl standfester und gesunder Sorten.

Der Ertrag der Einjährigen Weidelgräser (siehe Tabelle 40) als Sommerzwischenfrucht liegt knapp unter dem der Sommergetreidearten, ebenfalls mit unbefriedigenden Trockenmassegehalten unter 20 Prozent. Winterfestere Sorten dieser einjährigen Grasart können nach milden Wintern ohne größere Auswinterung im folgenden Frühjahr noch sehr kostengünstig einen weiteren Trockenmasseaufwuchs erzeugen. Dazu sind aber Mischungen mit dem winterfesteren Welschen Weidelgras zu empfehlen.

9.4 Gasausbeuten und Methanerträge

Der Methanertrag [m³/ha] und die Lagerfähigkeit (Konservierung) sind die entscheidenden Größen für eine hohe Anbauwürdigkeit von Haupt-, Zweit- und Zwischenfrüchten als Energiepflanzen für Biogasanlagen. Neben der Substratverschmutzung durch Ernte und Einlagerung ist vornehmlich der Trockenmassegehalt die entscheidende Größe. Beide Parameter sind nicht nur für den Prozess der Silierung von Bedeutung, sondern auch für die Handhabung in der Biogasanlage. Tro-

ckenmassegehalte von weniger als 25 Prozent führen im Fahrсило zu viel Sickerwasser, das wasserlösliche Inhaltsstoffe (Zucker, Proteine) enthält. Da diese Stoffe zur Methanbildung genutzt werden, muss das anfallende Sickerwasser auch aus Gründen des Umweltschutzes aufgefangen und in die Fermenter gepumpt werden.



Abb. 85: Verschiedene Parameter entscheiden über den Methanertrag und die Lagerfähigkeit von Energiepflanzen für die Biogaserzeugung.

Des Weiteren verursacht ein hoher Wassergehalt im Erntesubstrat hohe Transportkosten, da sowohl die Fracht zur Biogasanlage anfällt als auch ein Rücktransport der Gärreste notwendig ist. Die Verschmutzung des Substrates mit Erdanhang führt über die Zeit zu Ablagerungen in den Fermentern der Biogasanlage und kann zu höherem Verschleiß an den Rührwerken führen. Sinkschichten verringern auf Dauer das Fermentervolumen und reduzieren die Verweilzeit des Substrates im Behälter. Daher müssen Substrate möglichst verschmutzungsfrei geerntet werden.

In speziellen „Batch-Tests“ kann das Potenzial zur Methanbildung eines Substrates ermittelt werden. Die Tabelle 42 zeigt die Ergebnisse mehrjähriger Versuche (2007 bis 2009) zum Gasbildungspotenzial und der jeweiligen Ertragsleistung. Daraus ergibt sich ein kulturspezifisches Methanertragspotenzial. Es wird deutlich, dass die Spannweite der Methan- ausbeute der verschiedenen Kulturarten relativ eng beieinander liegt. Auch innerhalb einer Fruchtart ist die Varianz eher gering.

Die Abbildung 86 unterstreicht zusätzlich die Abhängigkeit des Methanertrages vom Trockenmasseertrag. Lediglich Grobleguminosen zeigen ein geringeres Potenzial zur Methanbildung, das sich auffällig von anderen Kulturen unterscheidet. Spezifische Untersuchungen erhärten den Eindruck, dass der Gehalt an Bitterstoffen (Tannine) eine negative Wirkung auf die Ausbeute an Methan hat.

Tabelle 42: Übersicht über die Ertragsleistungen, Biogasgehalte und Methanerträge (Batch-Tests) von Haupt-, Zweit- und Zwischenfrüchten mit möglichst großer Sortenvariation

Anbaustellung und Fruchtart		Batch-Tests	TM-Gehalt	TM-Ertrag	Biogas [Nl/kg oTS*]			Methanhektarertrag [m ³ /ha]		
		Anzahl	[%]	[dt/ha]	Min.	Ø	Max.	Min.	Ø	Max.
Haupt- und Zweitfrüchte	Mais (früh)	30	31	233	332	349	366	5902	7794	9613
	Mais (Spät)	30	35	206	315	340	356	5636	6734	7591
	Triticale	30	31	156	295	314	325	3982	4624	5473
	Winterweizen	31	34	145	282	305	325	3134	4172	5063
	Wintergerste	31	31	120	308	328	342	2743	3726	4313
	Sonnenblumen	29	18	86	282	311	341	1859	2405	3033
	Welsches Weidelgras	27	17	80	298	335	364	1885	2432	3064
	Sorghum	35	20	79	286	313	327	1289	2097	3027
	Grünroggen	24	18	65	276	314	344	1217	1846	2552
	Futterraps	12	17	39	303	338	357	872	1137	1450
	Welsche Weidelgras (Herbst)	30	22	32	276	332	365	597	945	1265
	Markstammkohl	6	16	29	321	324	326	698	885	1056
	Grobleguminosen/ (-gemische)	30	22	31	204	257	313	361	734	1155
	Sommerzwischenfrüchte	Sommergetreide GPS	30	21	41	278	343	394	876	1150
Futterraps/Rübsen		10	13	34	314	340	352	1040	1133	1251
Senfe/Ölrettich/Ramtillkraut		32	14	40	229	317	408	780	1095	1438
Einjähriges/Welsches Weidelgras		14	17	33	287	363	406	758	1086	1356
Diverse Mischungen		11	16	36	243	334	361	904	1070	1222
Grobleguminosen/ Mischungen		18	11	28	305	372	477	696	941	1185

* Normliter Methan pro Kilogramm organische Trockenmasse

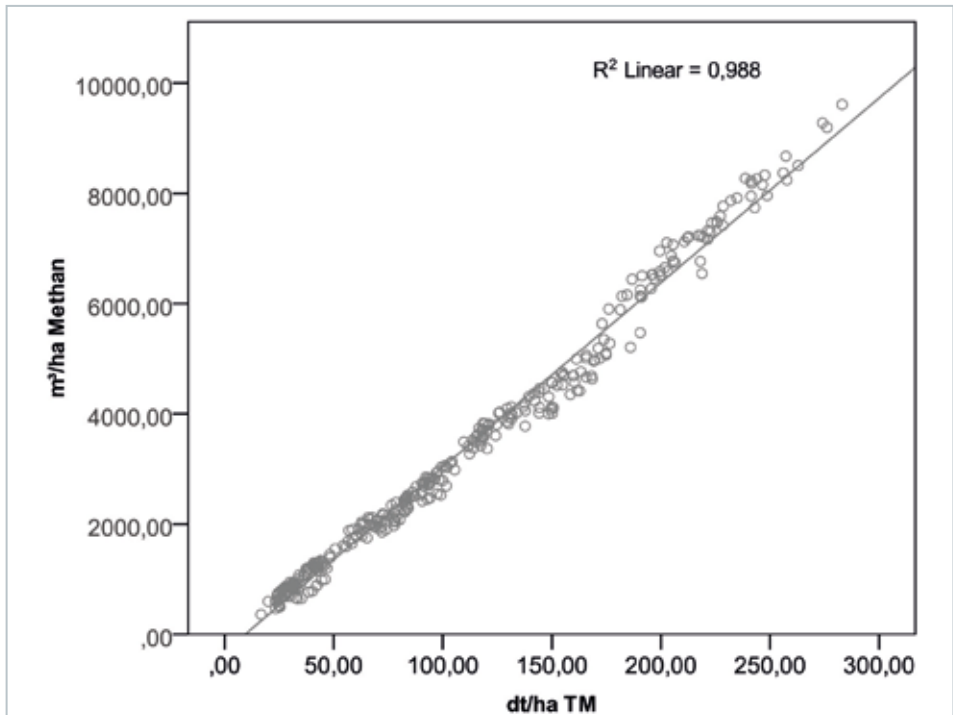


Abb. 86: Beziehung zwischen Methanertrag und dem Trockenmasseertrag von Haupt-, Zweit- und Zwischenfrüchten

9.5 Kosten-Nutzen-Betrachtung

Da die im Rahmen einer Versuchsserie durchgeführten Batch-Tests mit zahlreichen Sommerzwischenfrüchten keine signifikanten Unterschiede der Biogaspotenziale in der organischen Trockenmasse zeigen, können ökonomische Betrachtungen auf der Basis erzielbarer Trockenmasseerträge helfen. Sommerzwischenfrüchte werden in den Zeiten der Brache zwischen den Hauptfrüchten angebaut. Deshalb entfällt der Ansatz für Kosten für die Flächennutzung. Bei den Anbausysteme-

men mit Haupt- und Zweitfrüchten können die Kosten der Flächennutzung jeweils zur Hälfte angerechnet werden. Der Anbau von Sommerzwischenfrüchten ist mit hohen Kosten der Ernte und Silierung behaftet. Beim Anbau von Sommergetreide fallen des Weiteren hohe Saatgutkosten an. Insgesamt summieren sich die Gesamtkosten auf 500 bis 600 Euro/ha (siehe Tabelle 43). Unter Berücksichtigung der Kosten für den Ankauf und die Einlagerung von Silo- oder Energiemais ist die Produktion von Biomasse aus Zwischenfrüchten erst mit Trockenmasseerträgen von über 50 dt/ha wirtschaftlich interessant.

Tabelle 43: Arbeitszeit und Kosten für den Sommerzwischenfruchtbau zur Erzeugung von Bioenergie (KTBL 2014)

Arbeitsgang	Bemerkung	Arbeitszeit	Kosten
		(AKh*/ha)	Euro/ha
Stoppelbearbeitung	Kurzscheibenege	0,45	26
Gärreisteinarbeitung	Kurzscheibenege, flach	0,45	26
Dünger	Gärrestdüngung mit Schleppschlauch	0,63	48
Bestellung	Drillsaat mit Saatbettkombination	0,83	49
Saatgut	Ansatz für Sommergetreide (200 kg/ha)		112
Pflege	Ansatz für Wachstumsregler	0,11	20
Ernte	Häckselkette (Dienstleister)		250
Arbeitszeit je Hektar	Entlohnung (15 Euro/Stunde)	2,47	37
Summe:			568

* Arbeitskraftstunde

In Abbildung 87 sind die Kosten für Biomasse aus Silomais und Sommerzwischenfrüchten (Sommergetreide-GPS, Anbaukosten: 570 Euro/ha) bei unterschiedlichen Ertragsszenarien (Ertragspotenzialen) und differenzierten Zukaufkosten für Silomais dargestellt. Es wird ersichtlich, dass sich die Substratkosten ab einem mittleren Ertragsniveau von 170 dt/ha Trockenmasse Silomais bzw. 50 dt/ha Zwischenfruchtaufwuchs überschneiden, wenn die Silomaiskosten auf hohem Niveau liegen

(2.000 Euro/ha = 120 Euro/t Trockenmasse bzw. 38 Euro/t Frischmasse). Bei einem sehr hohen Sommergetreide-Zwischenfruchtertrag (70 dt/ha Trockenmasse) liegen die spezifischen Biomassekosten mit 79 Euro/t Trockenmasse unter den Kosten für hochpreisigen Silomais und sind bei niedrigem Maispreis (1.500 Euro/ha = 79 Euro/t Trockenmasse bzw. 25 Euro/t Frischmasse) annähernd deckungsgleich.

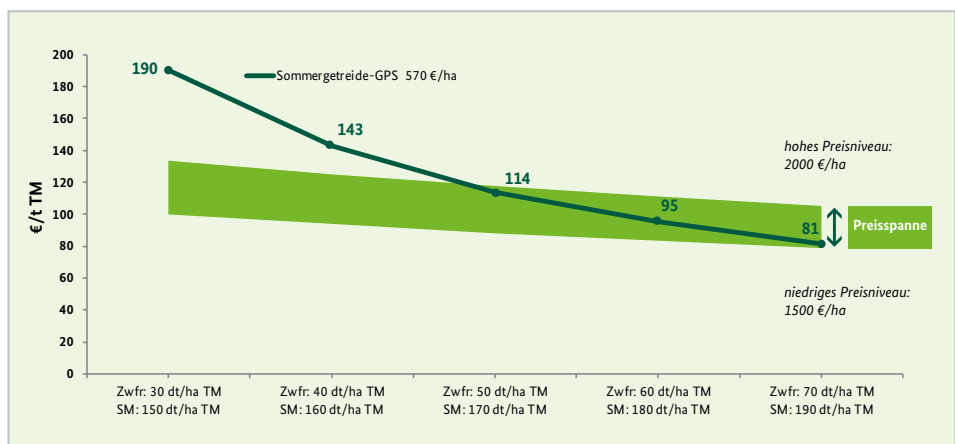


Abb. 87: Preiswürdigkeit von Biomasse aus Silomais (SM) und Zwischenfrüchten (Zwfr) in Abhängigkeit vom Ertragspotenzial bei niedrigem und hohem Preisniveau von Silomais

10 Zwischenfruchtbau in Trockengebieten

In Anbaugebieten mit Jahresniederschlägen unter 650 mm limitiert die Wasserverfügbarkeit häufig die Ertragshöhe landwirtschaftlicher Kulturen. Solche Trockengebiete im gemäßigten Klimaraum zeichnen sich zwar durch vorteilhafte Niederschlagverteilung aus, denn die Hauptfrucht kann etwa 60 Prozent ihres Wasserbedarfs aus Niederschlägen in der Vegetationszeit schöpfen. Dennoch ist die im Boden gespeicherte Winterfeuchte in manchen Jahren eine wichtige Wasserreserve. Sie stellt einen Puffer für Trockenperioden dar, der besonders in sensiblen Entwicklungsstadien (z. B. Blüte) ertragsentscheidend sein kann.

Viele Landwirte in Trockengebieten äußern Sorge, dass der Zwischenfruchtbau auf Kosten der Hauptfrucht geht. Die Zwischenfrucht ist schließlich eine zusätzliche Kultur, die Wasser braucht.

10.1 Ertragswirkung durch Zwischenfrüchte im Trockengebiet

.....

Diese Befürchtungen konnten in mehrjährigen Versuchen an den Kulturen Zuckerrübe, Körnermais und Sommergerste in österreichischen Trockengebieten (durchschnittlicher Jahresniederschlag 594 mm) wiederlegt werden. Wie in Abbildung 89 zu sehen ist, zeigten 73,5 Prozent aller Schläge mit Sommergerste, 80,7 Prozent aller Schläge mit Zuckerrübe und 85,1 Prozent aller Schläge mit Körnermais in diesen Versuchen keine eindeutigen Ertragsreaktionen. Das heißt, egal ob vor einer Kultur Schwarzbrache oder eine Zwischenfrucht stand, es hatte auf den Ertrag der Hauptkultur keinen Effekt. Bei Körnermais und Sommergerste gibt es auch in der Ertragsreaktion der Hauptkultur in Stressjahren keinen eindeutigen Unterschied zwischen Schwarzbrache und Zwischenfrucht. Das bedeutet, es lässt sich auch kein spezifischer Zwischenfruchtnachteil in Trockenjahren erkennen.



Abb. 88: Mehrjährige Untersuchungen an Zuckerrüben sowie anderen Kulturen in Trockengebieten konnten zeigen: Der Zwischenfruchtbau führt nicht zu Wassermangel und Ertragseinbußen bei der Hauptfrucht.

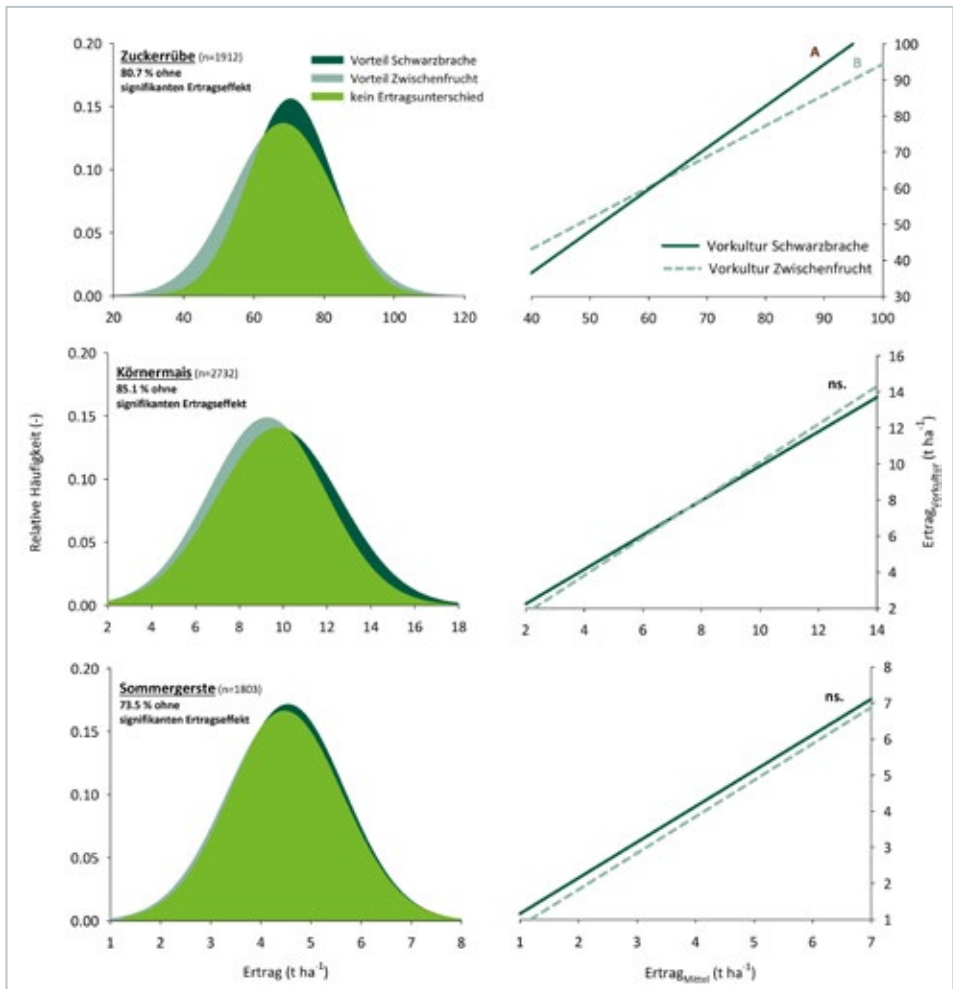


Abb. 89: Hauptfrüchtereträge auf Praxisschlägen (n = Zahl der ausgewerteten Schläge) im ostösterreichischen Trockengebiet (durchschnittlicher Jahresniederschlag 594 mm) nach Zwischenfrucht und Schwarzbrache (links). Ertragstrend zwischen Hohertragsjahren und Stressjahren nach Zwischenfrucht und Schwarzbrache (rechts). Daten der Ackerbauarbeitskreise der Landwirtschaftskammer Niederösterreich in den Bezirken Baden, Hollabrunn, Horn, Krems, Mistelbach und Wiener Neustadt zwischen 2003 und 2015. Die dominante Bodenart in diesem Gebiet ist Schwarzerde aus Löss. Quelle: Bodner

Bei Zuckerrübe liegen die Erträge der Schläge nach Zwischenfruchtbau in Stressjahren (mit mittleren Erträgen kleiner 64 t/ha) sogar tendenziell höher als nach Schwarzbrache, wie die Trendlinien in Abbildung 89 zeigen. Dies hängt offensichtlich mit der wasserspa-

renden Mulchwirkung zusammen, wie in Abbildung 90 dargestellt wird. In Jahren mit ausreichender Wasserversorgung und hohen Erträgen schnitten die Bracheschläge dagegen tendenziell besser ab.

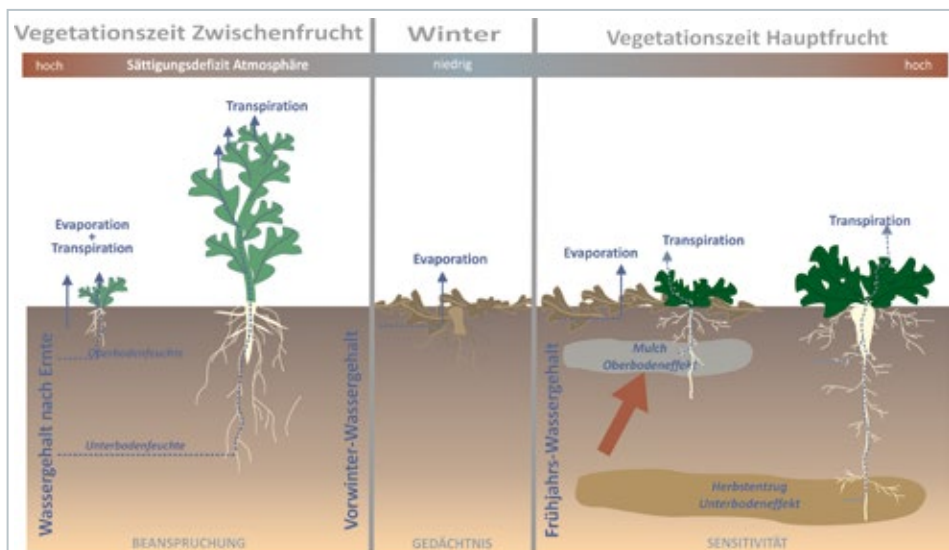


Abb. 90: Mögliche Wirkungen der Zwischenfrucht auf die Hauptfrucht Zuckerrübe. Die Zwischenfrucht produziert in der kühleren Herbstwitterung wassereffizient Biomasse, die Belastung des Bodenspeichers ist damit gering und oft bis ins Frühjahr wieder ausgeglichen. Die besseren Rübenenerträge in Trockenjahren zeigen, dass der wassersparende Effekt der Zwischenfrucht auf die Mulchdecke zurückzuführen ist. Das Risiko von anhaltenden Wasserdefiziten im Unterboden spielt offenbar eine geringe Rolle. Quelle: Bodner

10.2 Den gesamten Wasserkreislauf berücksichtigen

Damit man den Einfluss der Zwischenfrucht auf den Wasserhaushalt besser verstehen kann, muss man den gesamten Wasserkreislauf im Blick haben. Dieser beschränkt sich eben nicht bloß auf den Wasserentzug des Pflanzenbewuchses (Transpiration). Auch die restlichen Komponenten – Evaporation (Verdunstung über die unbedeckte Bodenoberfläche), Oberflächenabfluss, Wasserspeicherefähigkeit und Sickerwassermenge – werden von der Zwischenfrucht beeinflusst. Und zwar durchweg zugunsten der Wasserverfügbarkeit der Hauptfrucht.

10.2.1 Geringerer Oberflächenabfluss

Ein eindeutiger Vorteil der Zwischenfrucht im hangigen Gelände liegt im geringeren Oberflächenabfluss. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Bodenoberfläche einen Großteil der Kulturzeit durch Pflanzenbewuchs oder eine nachfolgende Mulchdecke geschützt ist. Untersuchungen zeigen: Wenn 50 Prozent der Bodenoberfläche mit Pflanzen oder Mulch bedeckt sind, kann der Oberflächenabfluss um etwa 80 Prozent gesenkt werden.

10.2.2 Weniger Verlust über Evaporation

Wie man sich leicht vorstellen kann, geht durch den Zwischenfruchtbau entscheidend weniger Wasser über Evaporation verloren. Das heißt, ein Boden unter einer Pflanzen- oder Mulchdecke trocknet weniger stark aus,

als ein brachliegender Boden. Aus Tabelle 44 wird ersichtlich, dass auch der Gesamtwasser- verlust (Evapotranspiration) eines Zwischen- fruchtbestandes, das heißt der Verlust aus Transpiration (über die Pflanzenoberfläche)

und Evaporation (über die Bodenoberfläche), geringer ist als der reine Wasserverlust über Evaporation bei einer Schwarzbrache. Dieser Effekt ist besonders auffällig im Trockenjahr 2004.

Tabelle 44: Dargestellt ist die Verdunstung durch Pflanzen (Transpiration) und die Verdunstung über den Boden (Evaporation) bei Schwarzbrache und Zwischenfrüchten in Millimeter Wasser pro Quadratmeter Fläche. Die Zahlen stellen errechnete Werte auf Basis von Wasserbilanzmessungen dar. Quelle: Bodner, 2005

Varianten	2004 (Trockenjahr)					2005				
	Schwarzbrache	Phacelia	Winterwicke	Grünroggen	Gelbsenf	Schwarzbrache	Phacelia	Winterwicke	Grünroggen	Gelbsenf
Transpiration	0	36,2	18,6	23,4	79,6	0	19,5	33,7	32,7	42,2
Evaporation	133,7	71,8	81,0	102,4	53,0	93,7	77,7	55,8	75,8	63,5
Evapotranspiration	133,7	108,0	99,6	125,8	132,6	93,7	97,2	89,5	108,5	105,7

10.2.3 Weniger Sickerwasserverluste

Auch die Sickerwasserverluste werden durch den Zwischenfruchtbau reduziert. Böden mit einer geringen Profiltiefe und leichte Stand- orte können nur einen Teil der Winterfeuchte speichern, der Rest geht als Sickerwasser ins Grundwasser verloren. Auch wenn der Boden im Herbst nach einer Zwischenfrucht stärker ausgetrocknet sein sollte als nach Schwarz- brache: die Winterniederschläge reichen auf solchen Standorten problemlos aus, um den Boden bis ins Frühjahr auf Feldkapazität aufzufüllen.

Eine Verbesserung der Wasserspeicherung durch Zwischenfruchtbau über Anreicherung von Humus und Bodenstrukturverbesserung ist besonders für gering speicherfähige Böden

wichtig. Versuchsergebnisse zeigen, dass nach Zwischenfruchtbau das Porenvolumen im Vergleich zu Schwarzbrache um bis zu 15 Prozent höher ist. Dabei nehmen sowohl die Grobporen (wichtig für die Regenverdaulich- keit) als auch die Mittelporen (wichtig für die Wasserspeicherung) zu.

10.2.4 Sonstige positive Einflüsse

Besonders an windigen Standorten kommt es auf mit Zwischenfrüchten bewachsenen Flächen zu einer stärkeren Ablagerung von Schnee, was sich positiv auf den Boden- wasserhaushalt auswirkt. Ebenso positiv ist die Taubildung im Pflanzenbestand zu beurteilen.

10.3 Maßnahmen für eine effiziente Wassernutzung

Bei einer Vegetationszeit von Mitte August bis Mitte Dezember liegt der Wasserverbrauch von Zwischenfrüchten bei etwa 120 mm. Wichtig für einen wassereffizienten Zwischenfruchtbau ist die rasche Bodenabdeckung durch die eingesäte Kultur. Denn gerade der Spätsommer ist ein verdunstungsintensiver Zeitraum, in dem das meiste Wasser verloren geht. Vom gesamten Wasserverbrauch der Zwischenfrucht (120 mm) können bis zu 60 Prozent über unproduktive Bodenverdunstung verloren gehen. Daher ist es besonders in Trockengebieten wichtig, über die Wahl geeigneter Pflanzenarten und Sorten, sowie angepasste Sätechnik für eine schnelle Etablierung des Zwischenfruchtbestandes zu sorgen.



Abb. 91: Wichtig ist eine rasche Bodenabdeckung durch die eingesäte Zwischenfrucht, denn in geschlossenen Beständen geht kaum Wasser über unproduktive Bodenverdunstung verloren.

Im Herbst sind Temperatur und Einstrahlung dann geringer und es kommt nur noch zu einer sehr geringen Verdunstung im Pflanzenbestand. Ein geschlossener Zwischenfruchtbestand im Herbst ist entsprechend wassereffizient. Das heißt, pro Einheit assimiliertem CO_2 wird nur wenig Wasser

abgegeben. So liegt die Wassernutzungseffizienz einer Zwischenfrucht wie Senf bei etwa 4 g Trockenmasse je Liter verbrauchtem Wasser. Dies ist eine um etwa 40 Prozent höhere Wassernutzungseffizienz als bei Raps. Grund dafür ist in erster Linie die Tatsache, dass Zwischenfrüchte und Hauptkulturen zu unterschiedlichen Jahreszeiten kultiviert werden.

Bei einer abgefrorenen Zwischenfrucht reduzieren die Pflanzenrückstände an der Bodenoberfläche im Frühjahr die Bodenverdunstung. Die höheren Wassergehalte im Oberboden führen allerdings zu einer geringfügig langsameren Bodenerwärmung. Bei einer winterharten Begrünung dagegen kommt es bereits frühzeitig zu einer Austrocknung der oberen Bodenschichten, sobald im Frühjahr die Transpiration einsetzt.



Abb. 92: Die Bodenverdunstung im Frühjahr wird durch die Pflanzenrückstände des abgefrorenen Senfs reduziert.

Die Bilanz aus wasserverbrauchenden und wassersparenden Effekten der Zwischenfrucht auf die zu erwartende Bodenfeuchte im Frühjahr zeigt Abbildung 93. Die Frühjahrswassermenge nach einer Zwischenfrucht im Vergleich zu Schwarzbrache unterscheidet sich im zehnjährigen Mittel durchschnittlich nur um 15 mm.

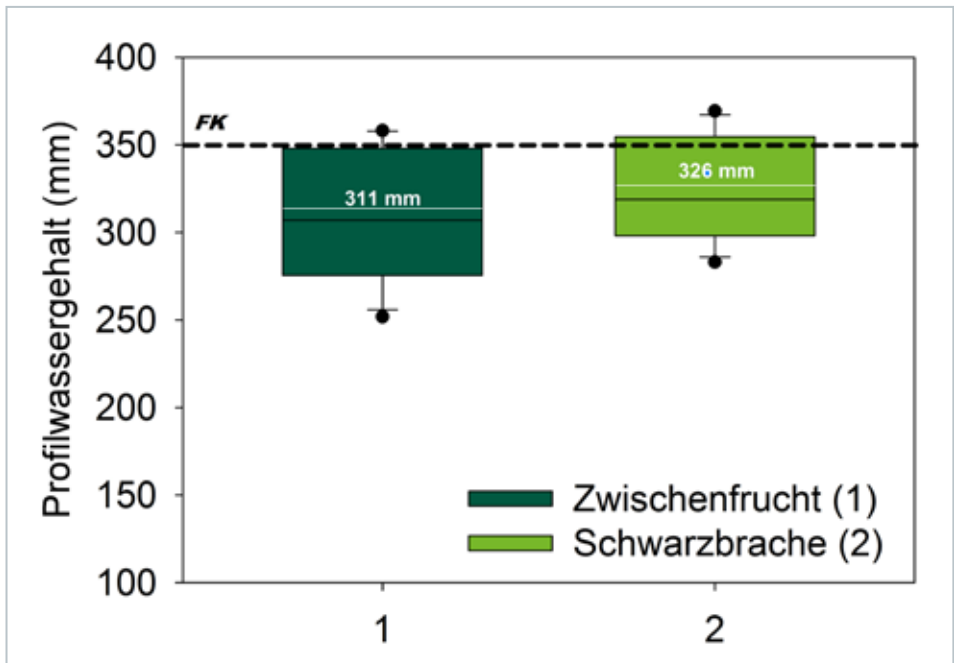


Abb. 93: Abschätzung des Unterschiedes im Profilwasser zu Vegetationsbeginn (1. März) nach Zwischenfrucht und Schwarzbrache. Die Werte geben über ein Simulationsmodell errechnete 10-jährige Mittel für einen tiefgründigen Standort (Löss-Schwarzerde) im Trockengebiet (520 mm Jahresniederschlag) an. Quelle: Bodner

10.4 Fazit

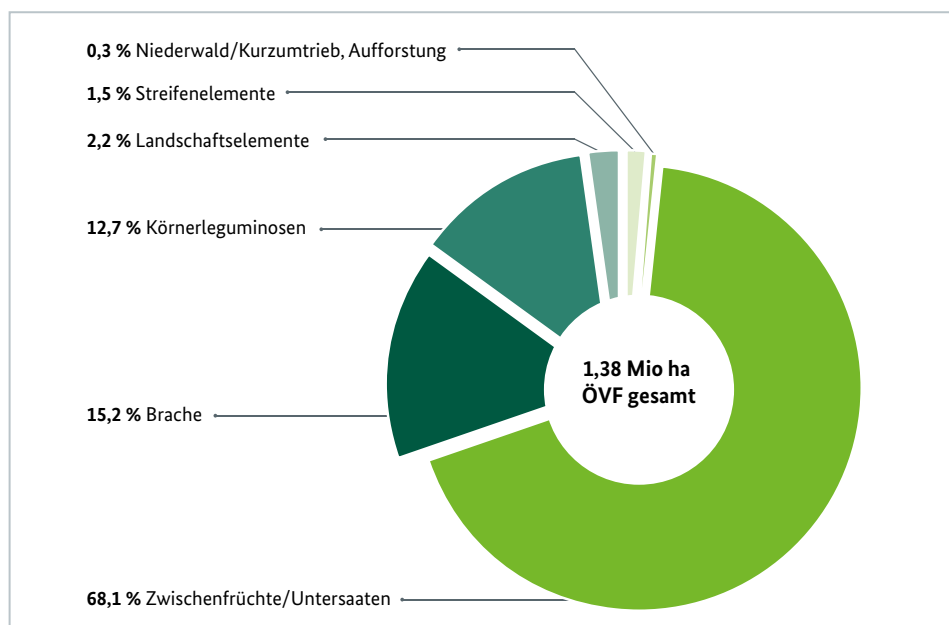
Zusammenfassend kann gesagt werden, dass Zwischenfrüchte als zusätzliche Kultur zwischen zwei Hauptfrüchten auch in Trockengebieten ohne erhöhtes Ertragsrisiko angebaut werden können. Ein Großteil des pflanzlichen Wasserentzugs wird über die Verringerung von Verlustquellen wie Bodenverdunstung,

Sickerverluste und Oberflächenabfluss kompensiert. Durch eine hohe Wassernutzungseffizienz in der herbstlichen Vegetationszeit sind Zwischenfrüchte zu einer sehr wassersparenden Biomassebildung in der Lage. Die Zwischenfrucht ist damit ein sinnvoller Systembaustein für ein wassereffizientes Managementsystem in niederschlagsarmen Ackerbauregionen.

11 Entwicklung des Zwischenfruchtbaus im Zuge des Greenings

Im Rahmen der GAP-Reform im Jahr 2015 wurden Maßnahmen zur Schaffung von „ökologischen Vorrangflächen“ beschlossen, mit dem Ziel, die biologische Vielfalt in der Agrarlandschaft zu verbessern („Greening“).

Von den verschiedenen Umsetzungsoptionen wurde in der Praxis mit weit überwiegendem Anteil der Zwischenfruchtanbau genutzt (siehe Abbildung 94 und Kapitel 8.2.1).



	2015	2016	Veränderung	Anteil in %
Zwischenfrüchte / Untersaaten	930,2	938,1	7,9	68,1
Brache	221,8	209,3	- 12,5	15,2
Körnerleguminosen	161,8	175,6	13,8	12,7
Landschaftselemente	33,2	30,5	- 2,7	2,2
Streifenelemente	16,5	20,9	4,4	1,5
Niederwald mit Kurzumtrieb	2,2	2,5	0,3	0,2
Aufforstungsfläche	1,9	1	- 0,9	0,1
ÖVF insges.	1.367,40	1.377,80	10,4	100

Abb. 94: Anteile der Maßnahmen zur Schaffung von Ökologischen Vorrangflächen nach GAP, Quelle: Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) 2016, Bundesdrucksache Nr. 18/10569

Im Zuge der politischen Beratungen zur Umsetzung des Greenings wurde versucht, die Landwirtschaft mit den altbekannten positiven Wirkungen der Zwischenfrüchte hinsichtlich Nährstoffbindung, Wasser- und Bodenschutz, Bodenfruchtbarkeit, Unkrautunterdrückung, Nematodenbekämpfung und anderem zu überzeugen. Schon immer waren dies vorrangig ackerbauliche Ziele, die „Biodiversität“ hingegen stand bisher nicht im Vordergrund sondern war stets ein sekundärer positiver Begleiteffekt. Im Rahmen des Greenings verschiebt sich diese Wertigkeit, woraus sich bestimmte Vorgaben beziehungsweise Auflagen erklären. So ist zum Beispiel der Anbau von Reinkulturen nicht mehr zulässig. Gefordert werden Zwischenfruchtmischungen aus mindestens zwei Arten. Die Saatgutbranche entwickelte eine große Kreativität bei der Gestaltung von vielfältigen Mischungen mit meist drei bis hin zu 14 Komponenten.

Für den Landwirt ist zunächst entscheidend, wie sich die Maßnahmen des Greenings aus ökonomischer und arbeitswirtschaftlicher Sicht in den Betriebsablauf und die Fruchtfolge integrieren lassen. Der Aufwand für die Aussaat der Bestände, festgelegte Zeiten für den Umbruch nach Ablauf der Greening-Zeit, sowie Nutzungsaufgaben und der Aufwand für Beantragung und Dokumentation dürften eine größere Rolle spielen als die Effizienz der Maßnahmen hinsichtlich der Biodiversität, die zweifelsfrei durch Feldrandstreifen und anderes mehr in höherem Maße erreicht werden kann.

Die zu eng greifende Vorstellung, dass „Biodiversität“ sich vorrangig in einem möglichst bunten Blütenmeer spiegelt, das von Hummeln, Wild- und Kulturbienen,

Schmetterlingen und anderen Insekten aufgesucht wird, weckte vielfach Hoffnungen und Erwartungen. Nach nun dreijährigen Erfahrungen erweisen sich jedoch bereits auch negative Auswirkungen der ausgelösten „Zwischenfrucht-Euphorie“.

11.1 Greening mit Zwischenfrüchten in der Fruchtfolge

Zwischenfruchtbau für das Greening mit vielen Wahlmöglichkeiten an Arten (siehe Anhang, Seite 130) ergibt sich nach frühräumender Wintergerste, da dann ein ausreichendes Zeitfenster für notwendige ackerbauliche Arbeiten (Stoppelbearbeitung, Grunddüngung, Kalkung usw.) gegeben ist. Der Anspruch vieler Arten an eine zeitige Saatzeit zwischen Juli und Anfang August kann damit also erfüllt werden. Aus dem Anteil der Hauptfrüchte an der bundesweiten Anbaufläche und den Fruchtfolgeregeln ergibt sich jedoch, dass nur etwa 30 Prozent der Zwischenfrüchte nach Wintergerste angebaut werden können, da in dieser Anbaufolge der Körnerraps Vorrang hat. Etwa 70 Prozent der Zwischenfrüchte müssen also nach Weizen angebaut werden, der Anfang bis Mitte August das Feld räumt. Selbst wenn anstehende Ackerarbeiten schnellstmöglich erledigt werden, können die Zwischenfrüchte erst gegen Ende August, oft erst Anfang September gedrillt werden. Die Qualität der Stoppelbearbeitung kann insbesondere bei der Einarbeitung des häufig auf dem Feld verbleibenden Stroh nicht optimal durchgeführt werden. Die Anforderungen an eine sorgfältige Saatgutablage, insbesondere der Feinsämereien, sind dann zur Erreichung hoher Feldaufgänge nur unzureichend erfüllbar und erfordern gegebenenfalls höhere Saatgutmengen.



Abb. 95: Für den Anbau nach Gerste stehen wegen der langen Vegetationsperiode vor Winter die meisten Zwischenfruchtarten zur Verfügung. Leider werden in Deutschland jedoch nur 30 Prozent der Zwischenfrüchte nach Gerste angebaut, da in dieser Anbaufolge der Körnerraps Vorrang hat.

Auch die Auswahl geeigneter Zwischenfruchtarten ist bei späteren Aussaaten sehr stark eingeschränkt, wenn die genannten wichtigen Funktionen erreicht werden sollen. Weiterhin ist wegen der Kürze der verbleibenden Vegetationszeit nicht mehr mit einer wesentlichen Blütenbildung im Sinne einer Förderung der „Biodiversität“ zu rechnen.

Das massive Blühen von früh gesäten Zwischenfrüchten ist aus pflanzenbaulicher Sicht kontraproduktiv, da der Eintrag von Samen in und auf den Boden in den nachfolgenden Kulturen Probleme bereiten kann. Die Bekämpfung von unerwünscht auflaufenden Zwischenfrüchten in nachfolgenden Kulturen ist bereits Gegenstand spezifischer Gegenstrategien durch Einsatz von Herbiziden geworden. Als weitere Reaktion wurde zum Beispiel auch früh reifender und später schwer bekämpfbarer Buchweizen aus Saatgutmischungen für das Greening vor Zuckerrüben herausgenommen. Andere Zwischenfrüchte reduzieren in der Phase vor und nach der Blüte den Blatt-

apparat und lichten zunehmend aus, sodass Unkräuter und Ausfallgetreide wieder bessere Entwicklungschancen bekommen. Parallel zu der Veränderung der Pflanzenstruktur vieler Zwischenfrüchte sinkt auch die Stickstoffaufnahme mit der fortschreitenden generativen Entwicklung.



Abb. 96: Aus pflanzenbaulicher Sicht ist das Blühen von früh gesäten Zwischenfrüchten wie Buchweizen (Foto) häufig kontraproduktiv, da der Sameneintrag in und auf den Boden zu Problemen in den Folgekulturen führen kann.

Das Mulchen der Zwischenfrüchte im Herbst zur Verhinderung der Samenbildung sollte grundsätzlich nur eine Notmaßnahme sein und wird zusätzlich durch Greening-Regelungen eingeschränkt. In Mulchsaatverfahren von Zuckerrüben oder Mais kann die frühzeitige Zerkleinerung der Zwischenfruchtaufwüchse zu einer schnellen intensiven Rotte mit unerwünscht schneller Nährstoffmineralisierung führen. Außerdem ist die erosionsmindernde Wirkung vermindert, da nur noch wenige schützende grobe Pflanzenteile vorhanden sind. Eingeschränkt gilt dies auch für das Niederwalzen der Bestände mit scharfkantigen Werkzeugen.

11.2 Greening-Zwischenfrüchte als Bienenweide

Die Blüten vieler Zwischenfruchtarten können für Hummeln, zahlreiche Bienenarten, Schwebfliegen und viele andere Insektenarten als Quelle für Pollen und Nektar dienen. Diverse Kleearten (Weiß- und Rotklee) und

Kreuzblütler (Senf und Ölrettich) sowie Sonnenblumen und vor allem Phacelia gelten als hervorragende Bienenweide. Nach früherer Saat im Juli kann ab der zweiten Septemberhälfte mit Blüten gerechnet werden. Spätere Saaten, wie sie sich nach Winterweizen ergeben, kommen gar nicht oder erst Mitte Oktober zur Blüte. Die späte Blütenpracht ist jedoch nicht nur positiv zu bewerten. Imker berichten, dass die Bienen sich bereits etwa Anfang September auf die Winterruhe vorbereiten, das heißt das Brutgeschäft einstellen und die Flugaktivitäten stark einschränken. Auf ein spätes reichliches Blütenangebot reagieren die Bienen mit dem Eintrag von Pollen, der späten Honigproduktion und der Wiederaufnahme des Brutgeschäftes. Der „normale“ Lebenszyklus ist gestört, das Bienenvolk wird geschwächt und das Risiko des Befalls mit Varoamilben ist deutlich erhöht. Dieses künstlich erzeugte, von der Natur nicht vorgesehene, sehr späte überreichliche Angebot an Blüten, wird von Experten daher als „anachronistisch“ und „wenig förderlich“ bezeichnet.



Abb. 97: Gelb und blau blühende Felder im Spätherbst sind schön für das Auge, aber für Honigbienen können die spätblühenden Zwischenfrüchte wie Senf, Phacelia und Co. zu einem Problem werden.

11.3 Unzureichende Stickstoffversorgung

Ein gut entwickelter Zwischenfruchtbestand ist in der Lage, mit dem oberirdischen Aufwuchs 40 bis 60 dt/ha Trockenmasse zu bilden. Bei einem durchschnittlichen Stickstoffgehalt von etwa 2 kg/dt werden also – ohne Berücksichtigung der Wurzelmasse – etwa 80 bis über 120 kg/ha Stickstoff für die Bildung dieses Aufwuchses benötigt. Stehen diese Stickstoffmengen nicht über die Düngung und die Mineralisation im Boden nach der Hauptfruchternte zur Verfügung, reduziert sich die Wüchsigkeit und Konkurrenzkraft der Zwischenfrüchte. Zu berücksichtigen ist ebenfalls, dass eingearbeitetes Häckselstroh nennenswerte Stickstoffmengen temporär fixieren kann. Unterbleibt eine schnelle und dichte Bodenbedeckung durch die Zwischenfrucht, können sich Unkraut und Ausfallgetreide etablieren. Auch die Effizienz der biologischen Nematodenbekämpfung durch den Anbau spezieller Senf- und Ölrettichsorten kann durch zu geringe Stickstoffverfügbarkeit deutlich vermindert sein.

Nach der aktuellen Düngeverordnung (Stand 2017) dürfen Greening-Zwischenfrüchte nur

mit 30 kg/ha NH_4 -Stickstoff beziehungsweise 60 kg/ha Gesamtstickstoff aus organischen Wirtschaftsdüngern (Gülle und Gärresten) gedüngt werden. Eine mineralische Stickstoffdüngung ist nicht zulässig. Insbesondere in Ackerbaubetrieben ohne Einsatz von Wirtschaftsdünger und wenig ausgeglichener Düngung der Hauptkultur kann die Stickstoffverfügbarkeit zum limitierenden Faktor für die Entwicklung einer funktionellen Zwischenfrucht werden. Kümmernde Bestände jedoch dürften weder den ackerbaulichen Aspekten noch der Biodiversität dienen.

Die Nutzung von Zwischenfruchtmischungen mit hohen Leguminosenanteilen (Erbsen, Lupinen, Wicken, ggf. Ackerbohnen, Kleearten) haben zwar ihren Preis und sind arbeitswirtschaftlich durch die hohen Saatmengen der Grobleguminosen belastet. Diese Arten sind jedoch unter dem Aspekt der Stickstoffverfügbarkeit absolut zu favorisieren, da sie über die Rhizobien selbst Stickstoff fixieren können. Sie erfordern jedoch zwingend möglichst frühe Saattermine bis spätestens Mitte August. Aufgrund des zusätzlichen Stickstoffinputs sind Leguminosen keine Option für viehstarke Betriebe. Auch in Wasserschutzgebieten sollte die Verwendung dieser Arten nur nach Beratung erfolgen.

Abb. 98: Zwischenfruchtmischung mit hohem Leguminosenanteil: Seradella, Lupine, Erbse und verschiedene Kleearten



11.4 Greening-Zwischenfrüchte als „grüne Brücke“

Schon immer mussten bei der Auswahl der Zwischenfruchtart phytopathologische Folgewirkungen beachtet werden. Dies gilt insbesondere für Fruchtfolgen mit Kartoffeln, Zuckerrüben und Raps während der Mais diesbezüglich kaum Ansprüche stellt. Diese Aspekte waren in den „klassischen“ Reinsaaten von Senf, Ölrettich und Phacelia überschaubar und bekannt. Bei heutigen vielfältigen Artenmischungen sind diese Zusammenhänge erheblich schwieriger zu durchschauen, zumal die Wirkungen „neuer“ Arten (z. B. Ramtillkraut, Rauhafer) als Brücke für die Überdauerung unerwünschter Schaderreger noch nicht hinreichend bekannt sind. Es mehren sich Hinweise, dass zunehmend größere Probleme mit bodenbürtigen Schaderegern auftreten. Insbesondere Blattläuse, die in artenreichen Zwischenfruchtbeständen viele Wirtspflanzen (Süßgräser wie Hafer) vorfinden und hier besonders gute Rückzugs- und Überwinterungsmöglichkeiten finden, können zum Problem werden. Die Bekämpfung von Läusen, die bereits im Herbst oder in milden winterlichen Wetterphasen auf die frisch auflaufenden Getreide- oder auch Rapsbestände übersiedeln, ist aufgrund der Übertragung gefährlicher Viroser daher von zunehmender flächendeckender Bedeutung. Erschwert wird die Bekämpfung von Blattläusen noch zusätzlich durch eine nur schmale Palette insektizider Wirkstoffe, durch eine drohende Resistenzbildung bei den Blattläusen und durch die derzeit fehlende Möglichkeit der insektiziden Saatgutbeizung.

Im Zusammenhang mit der biologischen Bekämpfung freilebender oder wandernder Nematoden (Pratylenchen) hat Rauhafer (auch „Sandhafer“ genannt) eine nachgewiesene reduzierende Wirkung. Diese Schädlinge treten in stärkerem Maße auf leichten, sandigen Böden in intensiven Mais-, Kartoffel- und Gemüsefruchtfolgen auf und können insbesondere im Getreide zu Wurzelschäden und damit zu schlechtem Feldaufgang und Entwicklungsstörungen führen. In Zwischenfruchtmischungen für das Greening ist Rauhafer häufig Partner von Senf und Ölrettich und wird als wirksame Komponente gegen freilebende Nematoden beworben. Bei Mischungen mit Anteilen unter 20 Prozent Samenanteilen in der Saatgutmischung kann der Rauhafer von den sehr konkurrenzstarken Arten Senf und Ölrettich schnell unterdrückt werden. Zudem stellt sich die Frage, ob ein nennenswerter Effekt auf die Reduzierung freilebender Nematoden vom Rauhafer zu erwarten ist, wenn dieser nur mit wenigen Prozenten im Bestand vorkommt. Was im Reinbestand als Zwischenfrucht einen Effekt hat, wird sich bei geringen Ertragsanteilen im Bestand nicht in gleicher Weise realisieren lassen.

12 Rechtsquellen, Literatur, Links

Rechtsquellen

Saatgutverkehrsgesetz (SaatG), in der Fassung der Bekanntmachung vom 16. Juli 2004 (BGBl. I S. 1673), „Saatgutverkehrsgesetz, das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 20. Dezember 2016 (BGBl. I S. 3041) geändert worden ist“

Gesetz zur Durchführung der Direktzahlungen an Inhaber landwirtschaftlicher Betriebe im Rahmen von Stützungsregelungen der Gemeinsamen Agrarpolitik (Direktzahlungen-Durchführungsgesetz - DirektZahlDurchfG), „Direktzahlungen-Durchführungsgesetz vom 9. Juli 2014 (BGBl. I S. 897), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 21. Oktober 2016 (BGBl. I S. 2370) geändert worden ist“

Verordnung zur Durchführung der Direktzahlungen an Inhaber landwirtschaftlicher Betriebe im Rahmen von Stützungsregelungen der Gemeinsamen Agrarpolitik (Direktzahlungen-Durchführungsverordnung - DirektZahlDurchfV), „Direktzahlungen-Durchführungsverordnung vom 3. November 2014 (BGBl. I S. 1690), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 23. März 2018 (BANZ AT 29.03.2018 V1) geändert worden ist“

Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung - DüV), „Düngeverordnung vom 26. Mai 2017 (BGBl. I S. 1305)“

Literatur

Baetzel R., Tillman P., 2010: Abschlussbericht des Verbundvorhabens „Bewertung nachwachsender Rohstoffe zur Biogaserzeugung für die Pflanzenzüchtung“. www.fnr-server.de, S.184

Berendonk Cl., 2013: Wenn noch Futter fehlt. Exoten sorgen für Vielfalt. Landw. Wochenblatt Westf.-Lippe, 27, S. 22-25

Berendonk Cl., 2013: Mal eben 7 t Biomasse. Landw. Wochenblatt Westf.-Lippe, 28, S. 26-28

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, 2015: Umsetzung der EU-Agrarreform in Deutschland, www.bmel.de

Dersch G., Duboc O., s.a.: Entwicklung der Humusversorgung der Ackerböden. www.ages.at

Deutscher Bundestag, 2016: Drucksache 18/10746 vom 21.12.2016. URL: <http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/18/107/1810746.pdf>

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., 2014: Basisdaten Bioenergie 2014. www.mediathek.fnr.de

Felgentreu C., Engelke K., 2010: Ihr Boden – Ihr größtes Kapital. Konzepte zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit. Innovation 3

- Fischer, D. von, 1994: Empfehlungen für den Feldfutter- und Zwischenfruchtbau sowie für die Brachebegrünung. Landwirtschaftskammer Rheinland, 17. Auflage. 58 S.
- Frede H.G. und Dabbert St. (Hrsg.), 1999: Handbuch zum Gewässerschutz in der Landwirtschaft. ecomed Verlagsgesellschaft Landsberg, 451 S.
- Frühwirth P., 2015: Spätblühende Zwischenfrüchte – für die Honigbiene ein gefährlicher Anachronismus. Landwirtschaftskammer Oberösterreich, Abteilung Pflanzenproduktion
- Gebhard C.A., Büchi L., Liebisch S., Ramseier H., Charles R., 2013: Beurteilung von Leguminosen als Gründüngungspflanzen. Stickstoff und Begleitflora. Agrarforschung Schweiz 4 (9), 384-393
- Graß R., Wachendorf M., 2014: Biomasseerzeugung im Zweikulturnutzungssystem. Z. Landwirtschaft ohne Pflug (LOP), 9, S. 38-43
- Greif J.M., Pfitzner C.H., 2010: Abschlussbericht des Verbundvorhabens „Bewertung nachwachsender Rohstoffe zur Biogaserzeugung für die Pflanzenzüchtung, 2010 www.fnr-server.de, S. 211
- Gröblichhoff F. F., Lütke Entrup N., 1993: Die N-Freisetzung besser steuern. DLG-Mitteilungen/agrar-inform 1, S. 34-36
- Heinicke, D., 1999: Bei starkem Befall Ölrettich anbauen. Land und Forst 28, S. 10-12
- Heß J., 1990: Acker- und pflanzenbauliche Strategien zum verlustfreien Stickstofftransfer beim Anbau von Klee gras im organischen Landbau. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss, 3, S. 241-244
- Hoegen B., Werner W., 1998: Düngungskonzepte für viehhaltende Betriebe auf Ackerbaustandorten in Nordrhein-Westfalen. Forschungsbericht Heft Nr. 58, Universität Bonn, 55 S.
- Hofmann D., Simon R., 2014: Gestaltung einer nachhaltigen Biogasfruchtfolge. Z. praxisnah, 1, S. 14-16
- Hütsch B.W., Augustin J., Merbach W., 2002: Plant rhizodeposition – an important source for carbon turnover in soils. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 165, 307-407
- Kalmar T., Bottlik L., Kiscic I., Gyuricza C., Birkas M., 2013: Soil protecting effect of the surface cover in extreme summer periods. Plant, Soil and Environment 59, 404-409
- Kanders M.J., Berendonk Cl., 2013: Zwischenfruchtpass. Landwirtschaftskammer NRW, 3. Auflage, 31 S.
- Keller R., Hanus H., Heyland K.-U., 1997: Handbuch des Pflanzenbaues. Band 1: Grundlagen der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion. Verlag E. Ulmer, Stuttgart, 862 S.
- Keller R., Hanus H., Heyland K.-U., 2000: Handbuch des Pflanzenbaues. Band 3: Knollen- und Wurzelfrüchte, Körner- und Futterleguminosen. Verlag E. Ulmer, Stuttgart 852 S.

- Kivelitz H., Mühlen W., 2017: Imker mögen keine Spätblüher. Landwirtschaftliches Wochenblatt Westfalen-Lippe, 29/2017, S. 32-35.
- Kivelitz H., 2017: Mehr Biodiversität im Boden – den Zwischenfruchtanbau greeningkonform gestalten. LOP 6/2017, S. 21-27.
- Kivelitz H., 2017: Welche Zwischenfrucht wählen? Rheinische Bauernzeitung, 29/2017, S. 12-17.
- Kivelitz H., 2017: Zwischenfrucht wie eine Hauptfrucht behandeln. LZ Rheinland, 31/2017, S. 24-29.
- Kivelitz H., 2016: Greening im Ackerbau – Möglichkeiten und Risiken für Fruchtfolgen. Agrar-Timer 2017, S.258-264. Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster.
- Kivelitz H., 2016: Ein Plus für mehr Biodiversität. Landwirtschaftliches Wochenblatt Westfalen-Lippe, 27/2016, S. 19.
- Kivelitz H., 2016: Zwischenfruchtanbau und die Tücken des Greenings. LZ Rheinland, 23/2016, S. 22-24.
- Kivelitz H., 2015: Betrachtungen aus der Sicht von Fruchtfolgegestaltungen unter der Einbindung von Zwischenfrüchten und/oder Untersaaten sowie von Bodenbearbeitungsintensität und -tiefe. In: <http://www.gkb-ev.de/publikationen/2015>
- König M., 1991: Fünfjährige Flächenstilllegung in Deutschland. AID-Informationen, 40Jg.,44, 24 S.
- Kutschera L., Lichtenegger E., Sobotik M., 2009: Wurzelatlas der Kulturpflanzen gemäßiger Gebiete mit Arten des Feldgemüsebaus. DLG-Verlag
- Laser H. 2004: Abhängigkeiten zwischen Schwefel und Selen im System Boden/Pflanzenbestand. Arbeitsgem. Grünland und Futterbau d. Ges. Pflanzenbauwiss. Tagungsband Ettelbrück., 131-134
- Landwirtschaftskammer NRW, 2014: Ratgeber Pflanzenbau und Pflanzenschutz. 19. Auflage, 608 S.
- Leisen E., 1993: Grünbracheversuche. Bericht über Feldversuche der LWK Westfalen-Lippe, 260-275
- Laurenz L., 2010: Grünfütterroggen/Zweikultursysteme mit Getreide-GPS/Sommerzwischenfrüchten. Energie Pflanzentagung: Biogas - Alternativen zum Mais. Landwirtschaftszentrum Haus Düsse
- Lütke Entrup N., Beckhoff J., 1978: Gemengeanbau von Futterroggen und Welschem Weidelgras als Winterzwischenfrucht. 1. Mitteilung: Ertragsleistung und Nährstoffgehalt. Das wirtschaftseigene Futter, H. 2
- Lütke Entrup N., Schulte-Sienbeck H., 1991: Zwischenfrüchte mit vielfältigem Nutzen. Saaten-Union, Hannover, 63 S.
- Lütke Entrup N., 1991: Zwischenfrüchte im integrierten Pflanzenbau. Auswertungs- und Informationsdienst (aid), Bonn, H. 1060, 31 S.
- Lütke Entrup, N., 1993: Grünbrache - Acker- und pflanzenbauliche Überlegungen und Hinweise zur Integration der Grünbrache im Fruchtfolgen. Deutsche Saatveredelung, Lippstadt, 73 S.

Lütke Entrup N., Gröblichhoff F.F., Stemann G., 1993: Untersuchungen zur Effizienz von Untersaaten in Ackerbohnen. Z. Gesunde Pflanzen, 45, H. 5, S. 178-182

Lütke Entrup N., Tigges U., Stemann G., Gröblichhoff F.F., 1994: Ökologische und ökonomische Bewertung von Untersaaten und Mulchsaaten beim Anbau von Mais im Sinne einer umweltverträglichen Pflanzenproduktion. Abschlussbericht des Forschungsprojektes, 122 S.

Lütke Entrup N., Schlautmann Chr., Gröblichhoff F.F., 1998: Umweltverträglicher Anbau von Körnerleguminosen (Ackerbohnen) zur Extensivierung der Pflanzenproduktion durch Untersaat von Gräsern für die Herbst- und Winterbegrünung, zur Verminderung des Nitrataustrages, zum Schutz des Bodens und des Grundwassers sowie Untersuchungen zur Integration und Bewertung in Anbausystemen. Forschungsbericht. Auftrag des BMEL, 123 S.

Lütke Entrup N., Brodowski N., Dörendahl A., 1998: Integration von spezifischen Begrünungsverfahren in Bodennutzungssysteme durch Untersaaten in Getreide als Bausteine umweltverträglicher Produktionsverfahren zum Schutz des Bodens und der Gewässer. Abschlussbericht des Forschungsprojektes. Förderung: Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück, 111 S.

Lütke Entrup N., Öehmichen J., 2006: Lehrbuch des Pflanzenbaues. Band 1, Grundlagen, AgroConcept, Bonn, 823 S.

Lütke Entrup N., Gröblichhoff F.F., Hötte S., 2010: Abschlussbericht des Verbundvorhabens „Bewertung nachwachsender Rohstoffe

zur Biogaserzeugung für die Pflanzenzüchtung“. www.fnr-server.de, S.51

Lütke Entrup N., Schäfer B.C., 2011: Lehrbuch des Pflanzenbaues. Band 2, Kulturpflanzen, AgroConcept, Bonn, 1036 S.

Lütke Entrup N., Breitschuh T., Messner H., 2011: Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Betriebe mit Maisanbau. Deutsches Maiskomitee e.V., 46 S.

Lütke Entrup N., 2011: Nachhaltige Landwirtschaft – das Leitbild für den standortgerechten und umweltverträglichen Pflanzenbau. In: Lütke Entrup N., Schäfer B.C., Lehrbuch des Pflanzenbaues, Band 2, Kulturpflanzen, AgroConcept, Bonn

Lütke Entrup N., Schwarz F., Heilmann H., 2013: Handbuch Mais. Deutsches Maiskomitee e.V., DLG-Verlag GmbH, Frankfurt am Main

Maidl X., Brunner H., 1998: Strategien zur gewässerschonenden Landwirtschaft in Bayern. KTBL-Arbeitspapier 252, Darmstadt, 230 S.

Moritz H., 2014: Auf Partnersuche für Raps. Z. top agrar, 7, S. 68-71

Pekrun C., Knechtges H., Hubert S., Weiß J., Pflaum S., 2009: Einfluss der Stoppelbearbeitung auf den Bodenwasserhaushalt – Umdenken bei der Stoppelbearbeitung? Landwirtschaft ohne Pflug, 6, 28-32

Renius W., Lütke Entrup E., Lütke Entrup N., 1992: Zwischenfruchtbau zur Futtergewinnung und Gründüngung. DLG-Verlag, Frankfurt (Main), 244 S.

Schmidt A., Böttcher F., Schmidt M., 2013: Gründüngung mit vielen Vorteilen. Landw. ohne Pflug (LOP), 6, S. 28-35

Schmidt A., Nancy E., 2013: Regenwürmer als Feinschmecker. Landwirtschaft ohne Pflug (LOP), 7, S. 36-40

Schmidt M. W., Torn M. S., Abiven S., Dittmar T., Guggenberger G., Janssens I. A., Kleber M., Kögel-Knabner I., Lehmann J., Manning D. C. A., Nannipieri P., Rasse D.P., Weiner S., Trumbore S. E., 2001: Persistence of soil organic matter as an ecosystem property. Nature, 478, 49-56

Schultheiß U., 1991: Zur Effizienz von Untersaaten für die Begrünung von Ackerbrachen. Diss. Justus-Liebig-Universität Gießen, 174 S.

Stemann G., Lütke Entrup N., Gröblichhoff F.F., 1993: Maisanbau mit Gras-Untersaat – ein Baustein zu mehr Umweltschutz. Gesunde Pflanzen, Jg. 45, H. 5., 171-177

Teasdale J.R., Brandsaeter L.O., Calegari A., Skora Neto F., 2006: In: Mahesh K., Upadhyaya R., Blackshaw E., (Herg.): Non-chemical Weed Management: Principles, Concepts and Technology

Trnka M., Eitzinger J., Semerádová D., Hlavinka P., Balek J., Dubrovský M., Kubu G., Štěpánek P., Thaler S., Mozyň M., Zalud Z., 2011: Expected changes in agroclimatic conditions in Central Europe. Climatic Change 108, 261-289

Vetter H., Lichtenstein H., 1968: Die biologische Auflösung von Unterbodenverdichtungen. Landwirtschaftliche Forschung, Sonderheft 22

Wiegand St., 2013: Qualitätsbestimmende Merkmale von perennierenden Gräser-Leguminosen-Mischungen und Zwischenfrüchten für optimierte Biogaserträge. Dissertation Gießen, Verlag Dr. Köster, Hamburg

Links

www.landwirtschaftskammer.de
(Landwirtschaft > Ackerbau und Grünland > Zwischenfrüchte)

Die Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen informiert über den Zwischenfruchtbau. Unter anderem ist dort auch ein Link zur App „Saatstärkenrechner Greening“ zu finden, mit deren Hilfe das richtige Saatgut-Mischungsverhältnis nach Greeningvorgaben berechnet werden kann.

www.lksh.de
(Landwirtschaft > Pflanze > Zwischenfrüchte)

Informationen der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein zum Thema Zwischenfrüchte

13 Autoren

Prof. Dr. Norbert Lütke Entrup

Fachhochschule Südwestfalen
Fachbereich Agrarwirtschaft
Lübecker Ring 2, 59494 Soest
n.luetke-entrup@gmx.de

Dr. Gernot Bodner

Universität für Bodenkultur Wien
Department für Nutzpflanzenwissenschaften
Abteilung Pflanzenbau
Konrad-Lorenz Straße 24, A-3430 Tulln
gernot.bodner@boku.ac.at

Dipl. Ing. Sebastian Hötte

Fachhochschule Südwestfalen
Fachbereich Agrarwirtschaft/Versuchsgut
Merklingsen
Im Südfeld 1, 59514 Welver-Merklingsen
sebastian.hoette@dsv-saaten.de

Hubert Kivelitz

Landwirtschaftskammer
Nordrhein-Westfalen
Fachbereich 61 – Landbau,
Nachwachsende Rohstoffe
Gartenstr. 11, 50765 Köln-Auweiler
hubert.kivelitz@lwk.nrw.de

Prof. Dr. Harald Laser

Fachhochschule Südwestfalen
Fachbereich Agrarwirtschaft
Lübecker Ring 2, 59494 Soest
laser.harald@fh-swf.de

Dipl. Ing. Günter Stemann

Fachhochschule Südwestfalen
Fachbereich Agrarwirtschaft (Versuchsgut
Merklingsen)
Im Südfeld 1, 59514 Welver-Merklingsen
stemann.guenter@fh-swf.de

14 Anhang - Zulässige Arten für Kulturpflanzenmischungen

Zulässige Arten für Kulturpflanzenmischungen auf Flächen mit Zwischenfruchtbau oder Gründecke, für Ökologische Vorrangflächen (Anlage 3 zu § 31 Absatz 1, DirektZahlDurchfV)

Grasarten	
Botanischer Name	Trivialname
<i>Avena strigosa</i>	Rauhafer
<i>Dactylis glomerata</i>	Knautgras
<i>Festulolium</i>	Wiesenschweidel, Festulolium
<i>Lolium multiflorum</i>	Einjähriges und Welsches Weidelgras
<i>Lolium perenne</i>	Deutsches Weidelgras
<i>Lolium x boucheanum</i>	Bastardweidelgras
<i>Sorghum bicolor</i>	Mohrenhirse
<i>Sorghum bicolor</i> x <i>Sorghum sudanense</i>	Hybriden aus der Kreuzung von <i>Sorghum bicolor</i> x <i>Sorghum sudanense</i>
<i>Sorghum sudanense</i>	Sudangras
Leguminosen (Fabaceae)	
<i>Glycine max</i>	Sojabohne
<i>Lathyrus</i> spp. ohne <i>Lathyrus latifolius</i>	alle Arten der Gattung Platterbsen außer breitblättrige Platterbse
<i>Lens culinaris</i>	Linse
<i>Lotus corniculatus</i>	Hornschatenklees
<i>Lupinus albus</i>	Weißer Lupine
<i>Lupinus angustifolius</i>	Blaue Lupine, Schmalblättrige Lupine
<i>Lupinus luteus</i>	Gelbe Lupine
<i>Medicago lupulina</i>	Hopfenklees (Gelbklee)
<i>Medicago sativa</i>	Luzerne
<i>Medicago scutellata</i>	Einjährige Luzerne
<i>Melilotus</i> spp.	alle Arten der Gattung Steinklee
<i>Onobrychis</i> spp.	alle Arten der Gattung Esparsetten
<i>Ornithopus sativus</i>	Seradella
<i>Pisum sativum</i> subsp. <i>arvense</i>	Futtererbse (Felderbse, Peluschke)
<i>Trifolium alexandrinum</i>	Alexandriners Klee
<i>Trifolium hybridum</i>	Schwedenklees (Bastardklees)

<i>Trifolium incarnatum</i>	Inkarnatklee
<i>Trifolium michelianum</i>	Michels Klee
<i>Trifolium pratense</i>	Rotklee
<i>Trifolium repens</i>	Weißklee
<i>Trifolium resupinatum</i>	Persischer Klee
<i>Trifolium squarrosum</i>	Sparriger Klee
<i>Trifolium subterraneum</i>	Erdklee (Bodenfrüchtiger Klee)
<i>Trifolium vesiculosum</i>	Blasenfrüchtiger Klee
<i>Trigonella caerulea</i>	Schabzigerklee
<i>Trigonella foenum-graecum</i>	Bockshornklee
<i>Vicia faba</i>	Ackerbohne
<i>Vicia pannonica</i>	Pannonische Wicke
<i>Vicia sativa</i>	Saatwicke
<i>Vicia villosa</i>	Zottelwicke

Sonstige Arten

<i>Agrostemma githago</i>	Kornrade
<i>Anethum graveolens</i>	Dill
<i>Beta vulgaris</i> subsp. <i>cicla</i> var. <i>cicla</i>	Mangold
<i>Borago officinalis</i>	Borretsch
<i>Brassica carinata</i>	Äthiopischer Kohl, Abessinischer Senf
<i>Brassica juncea</i>	Sareptasenf
<i>Brassica napus</i>	Raps
<i>Brassica nigra</i>	Schwarzer Senf
<i>Brassica oleracea</i> var. <i>medullosa</i>	Futterkohl (Markstammkohl)
<i>Brassica rapa</i>	Rübsen, Stoppelrüben
<i>Calendula officinalis</i>	Ringelblume
<i>Camelina sativa</i>	Leindotter
<i>Carthamus tinctorius</i>	Färberdistel, Saflor
<i>Carum carvi</i>	Kümmel
<i>Centaurea cyanus</i>	Kornblume
<i>Coriandrum sativum</i>	Koriander
<i>Crepis</i> spp.	alle Arten der Gattung Pippau
<i>Crotalaria juncea</i>	Indischer Hanf
<i>Daucus carota</i> subsp. <i>carota</i>	Wilde Möhre
<i>Dipsacus</i> spp.	alle Arten der Gattung Karden
<i>Echium vulgare</i>	Gewöhnlicher Natternkopf
<i>Eruca sativa</i>	Rauke, Rucola
<i>Fagopyrum</i> spp.	alle Arten der Gattung Buchweizen
<i>Foeniculum vulgare</i>	Fenchel
<i>Galium verum</i>	Echtes Labkraut
<i>Guizotia abyssinica</i>	Ramtillkraut
<i>Helianthus annuus</i>	Sonnenblume

<i>Hypericum perforatum</i>	Echtes Johanniskraut
<i>Lamium</i> spp.	alle Arten der Gattung Taubnesseln
<i>Lepidium sativum</i>	Gartenkresse
<i>Leucanthemum vulgare</i>	Margerite
<i>Linum usitatissimum</i>	Lein
<i>Malva</i> spp.	alle Arten der Gattung Malven
<i>Nigella</i> spp.	alle Arten der Gattung Schwarzkümmel
<i>Oenothera</i> spp.	alle Arten der Gattung Nachtkerzen
<i>Origanum</i> spp.	alle Arten der Gattung Dost
<i>Papaver rhoeas</i>	Klatschmohn
<i>Petroselinum crispum</i>	Petersilie
<i>Phacelia tanacetifolia</i>	Phazelie
<i>Plantago lanceolata</i>	Spitzwegerich
<i>Prunella</i> spp.	alle Arten der Gattung Braunellen
<i>Raphanus sativus</i>	Ölrettich, Meliorationsrettich
<i>Reseda</i> spp.	alle Arten der Gattung Reseden
<i>Salvia pratensis</i>	Wiesensalbei
<i>Sanguisorba</i> spp.	alle Arten der Gattung Wiesenknopf
<i>Silene</i> spp.	alle Arten der Gattung Leimkräuter
<i>Silybum marianum</i>	Mariendistel
<i>Sinapis alba</i>	Weißer Senf
<i>Spinacia</i> spp.	alle Arten der Gattung Spinat
<i>Tagetes</i> spp.	alle Arten der Gattung Tagetes
<i>Tanacetum vulgare</i>	Rainfarn
<i>Verbascum</i> spp.	alle Arten der Gattung Königskerzen



KTBL-Medien



Ökologischer Landbau

Daten für die Betriebsplanung im ökologischen Landbau

Maschinenkosten kalkulieren, Arbeitseinsätze planen oder Produktionsverfahren bewerten. Die 2. Auflage dieses KTBL-Werkes bietet zu jedem Anlass der betrieblichen Planung umfassende Informationen zur ökologischen Tierhaltung und ökologischen Pflanzenproduktion. 2017, 2. Aufl., 808 S., Best.-Nr. 19522



Gemüsebau

Freiland und Gewächshaus

Die Datensammlung Gemüsebau beinhaltet Produktionsverfahren für eine Vielzahl an Kulturen, die mit den relevanten Verfahrensschritten beschrieben werden. Vom Anbau über Ernte bis hin zum Transport zur jeweiligen Verwertung - für jede Kultur werden Anbauhinweise mit Angaben zu Maschinenkosten, Arbeitszeitbedarf und Dieselbedarf gegeben. 2017, 652 S. Best.-Nr. 19521



Körnerleguminosen anbauen und verwerten

Das Heft bietet für den konventionellen und ökologischen Anbau von Körnererbsen, Ackerbohnen, Lupinen, Sojabohnen, Saatwicken und Linsen wertvolle Entscheidungs- und Planungshilfen. Es richtet sich vor allem an die Praxis, Beratung und Ausbildung. 2013, 60 S., Best.-Nr. 40100

Bestellung an: KTBL, Bartningstraße 49, D-64289 Darmstadt
Tel.: 49 6151 7001-189
E-Mail: vertrieb@ktbl.de; www.ktbl.de

Weitere Medien des BZL



Die neue Düngeverordnung

Die Düngeverordnung wurde 2017 grundlegend überarbeitet, mit dem Ziel, die Effizienz der Düngung zu erhöhen, die Gewässerbelastungen zu verringern und die Ammoniakemissionen zu reduzieren. Was das für die Praxis bedeutet, erläutert diese Broschüre. Sie stellt die aktuelle Rechtslage vor und zeigt wie bei der Düngebedarfsermittlung vorzugehen ist. Sie informiert über Aufbringungsbeschränkungen, Sperrzeiten und Lagerkapazitäten und gibt einen detaillierten Überblick über die verschiedenen Aufbringungstechniken. Die Autoren gehen darüber hinaus auf die betriebliche Obergrenze für Stickstoff ein, erläutern den Nährstoffvergleich und geben Hinweise zu den Aufzeichnungspflichten und Ordnungswidrigkeiten.

Heft, Din A4, 56 Seiten, 2. Auflage 2018, Bestell-Nr. 1756



Agrarmeteorologie

Die Agrarmeteorologie beschäftigt sich mit dem Einfluss von Wetter und Klima auf die Kulturpflanzen und gibt Empfehlungen für die Arbeit auf dem Feld. Die vorliegende Broschüre zeigt, welche Bedeutung diese Empfehlungen für den Agrarbereich haben. Das gilt zum Beispiel für die Düngung oder für den Pflanzenschutz. Grundlagen sind die Entwicklungsprognosen der Pflanzen und der Schaderreger, zum anderen die Vorhersage von Witterung und Kleinklima. Die Agrarmeteorologie verbindet all diese Faktoren, so dass daraus konkrete Empfehlungen für den Landwirt abgeleitet werden können. Hier werden die theoretischen Grundlagen und die praktischen Anwendungen für Landwirtschaft und Gartenbau, Weinbau, Obstbau und Sonderkulturen vorgestellt. Der Download dieser Veröffentlichung steht kostenlos zur Verfügung.

Broschüre, Din A4, 184 Seiten, Erstauflage 2017, Bestell-Nr. 1651



Integrierter Pflanzenschutz

Durch die Verfahren des integrierten Pflanzenschutzes können Ertrags- und Qualitätsverluste durch Schädlinge, Krankheiten und Unkräuter weitgehend verhindert werden. Das Heft macht dem Praktiker das Konzept des integrierten Pflanzenschutzes verständlich. Neben den Acker- und pflanzenbaulichen Maßnahmen werden Schutz, Förderung und Einsatz von Nützlingen sowie der sachgerechte chemische Pflanzenschutz nach dem Schadensschwellenprinzip vorgestellt.

Heft, DIN A5, 52 Seiten, 7. Auflage 2018, Bestell-Nr. 1032



Gute fachliche Praxis Bodenbewirtschaftung und Bodenschutz

In dieser Broschüre sind die neuesten Erkenntnisse für die Bodenbearbeitung, den Erosionsschutz und den Erhalt der organischen Substanz umfassend dargestellt. Zum Erhalt und zur Stärkung der Leistungsfähigkeit unserer Böden wendet die Landwirtschaft ein komplexes System der Bewirtschaftung an. Es beginnt mit der Bodenbearbeitung, die erfolgen soll, wenn die Böden gut befahrbar sind. Bodenschadverdichtungen können so vermieden werden. Dazu gehört eine angepasste Bewirtschaftung, so dass es nicht zu Bodenerosion und dem Abtrag des wertvollen Oberbodens kommt. Wichtig ist darüber hinaus eine ausreichende Versorgung der Böden mit organischer Substanz, dem Humus. Zur guten fachlichen Praxis gehören zudem eine ausgewogene, am Bedarf der Pflanzen orientierte Düngung und ein verantwortungsvoller Einsatz von Pflanzenschutzmitteln. Daraus resultieren zahlreiche Hinweise für eine gute fachliche Praxis. Diese Broschüre ist damit eine wertvolle Grundlage für Praktiker, die Ausbildung des landwirtschaftlichen Nachwuchses, die landwirtschaftliche Fachberatung und insgesamt für Befürworter einer effizienten und zugleich nachhaltigen Landwirtschaft.

Broschüre, DIN A4, 120 Seiten, 2. Auflage 2015, Bestell-Nr. 3614



Gute fachliche Praxis - Bodenfruchtbarkeit

Bodenfruchtbarkeit ist mehr als der Ertrag in Dezitonnen: Dazu gehören auch der Umgang mit Pflanzenschutzmitteln, die Düngung, die Fruchtfolge und ackerbauliche Maßnahmen. Die komplexen Zusammenhänge werden in der Broschüre erläutert und zwar mit Blick auf eine Verbesserung der guten fachlichen Praxis. Sie ist definiert im Bundesbodenschutzgesetz. Im §17 steht, dass die Bodenfunktionen, wie der Luft-, Wasser-, Nährstoffhaushalt, erhalten werden sollen. Mehr als 20 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler haben den Stand des aktuellen Wissens zum Thema Bodenfruchtbarkeit zusammengetragen. Ihre Erkenntnisse sollen mit der Broschüre in die Praxis getragen werden. Sie dient als Grundlage für Landwirte, Beratungskräfte, Vertretungen der Fachbehörden und der Ausbildung im Agrarbereich.

Broschüre, DIN A4, 144 Seiten, Erstauflage 2016, Bestell-Nr. 1585



Mein Essen - unser Boden

Der Boden ist für uns so wichtig wie Sonne und Wasser. Das Heft zeigt, was Boden so elementar für unsere Ernährung macht, woraus er besteht und welche Bedeutung Regenwürmer, Pilze oder Algen für seine Fruchtbarkeit haben. Zudem wird erklärt, wie Landwirte ihre Böden pflegen, düngen und bearbeiten und welche Mengen an Lebensmitteln sie ernten. Auch zum Boden im Garten gibt es wertvolle Infos, z. B. einen Test zur Überprüfung der Bodengüte, Tipps zur Bodenbearbeitung und zur Verbesserung der Fruchtbarkeit. Weitere Infos zu Kompost, Blumenerde und zu den Ansprüchen verschiedener Obst- und Gemüsearten machen das Heft zu einer idealen Wissensquelle für alle, die mehr über unseren Boden erfahren wollen.

Heft, DIN A5, 52 Seiten, Erstauflage 2015, Bestell-Nr. 1627



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.

Heft, DIN A5, 3. Auflage 2012, Bestell-Nr. 1499



Ohne Bienen keine Früchte

Unsere kleinsten Nutztiere liefern nicht nur Wachs und Honig, sie bestäuben auch fast 80 % der Nutzpflanzen. Ein großer Teil unserer Nahrungsmittel hängt indirekt mit den Bienen zusammen. Sie sorgen auch für eine Vielfalt in der Natur. Das Heft vermittelt einen Einblick in die faszinierende Welt der Bienen, ihre soziale Organisation und ihre Fähigkeit miteinander zu kommunizieren. Es gibt jedoch immer weniger lohnende Blüten für sie. Jeder Garten- und Balkonbesitzer kann dazu beitragen, Bienen Nahrungspflanzen vom zeitigen Frühjahr bis zum Herbst zur Verfügung zu stellen. Bienenschutz geht alle an.

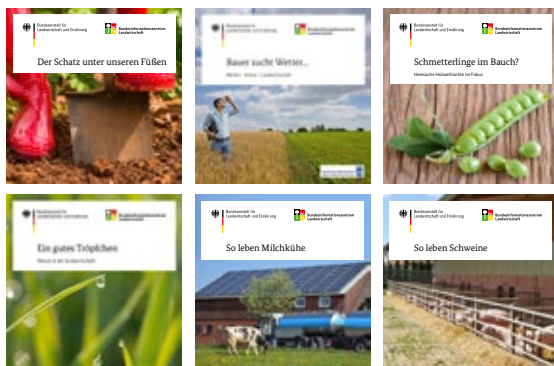
Heft, DIN A5, Erstauflage 2017, Bestell-Nr. 1567

Pockets – Maxi-Wissen im Mini-Format

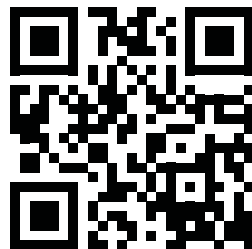
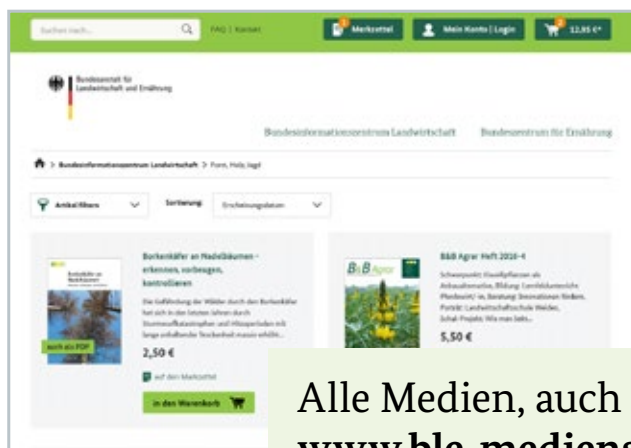
Nicht nur für Verbraucherinnen und Verbraucher gibt das BZL Printmedien im Pocket-Format heraus: Die Hefte (10,5 x 10,5 cm, 28 Seiten) sind bequem einzustecken und schnell zur Hand. Auf zwölf Fragen zu einem bestimmten landwirtschaftlichen Thema geben sie spannende und teils überraschende Antworten. Die Pockets sind kostenlos gegen eine Versandkostenpauschale über den BLE-Medienservice zu beziehen (www.ble-medienservice.de).

Folgende Pockets sind bisher erschienen:

- » **Der Schatz unter unseren Füßen**
2018, Bestell-Nr. 0401
- » **Bauer sucht Wetter**
2018, Bestell-Nr. 0411
- » **Schmetterlinge im Bauch?**
2018, Bestell-Nr. 0421
- » **Ein gutes Tröpfchen**
2018, Bestell-Nr. 0433
- » **So leben Milchkühe**
2017, Bestell-Nr. 0457
- » **So leben Schweine**
2017, Bestell-Nr. 0458



Der BLE-Medienservice



Alle Medien, auch als Download:
www.ble-medienservice.de

Impressum

1060/2018

Herausgeberin

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
Präsident: Dr. Hanns-Christoph Eiden
Deichmanns Aue 29
53179 Bonn
Telefon: +49 (0)228 6845-0
Internet: www.ble.de

Redaktion

Wilfried Henke und Volker Bräutigam, BZL in der BLE, Referat 421 - Redaktion Landwirtschaft
Jörg Planer, Redaktionsbüro Planer, Meckenheim

Text

Prof. Dr. Norbert Lütke Entrup (Kapitel 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7)
Dr. Gernot Bodner (Kapitel 10)
Dipl.-Ing. Sebastian Hötte (Kapitel 9)
Dipl.-Ing. Hubert Kivelitz (Kapitel 11)
Prof. Dr. Harald Laser (Kapitel 8)
Dipl.-Ing. Günter Stemann (Kapitel 9, 11)

Layout

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
Referat 422 – Medienkonzeption und -gestaltung

Bilder

Titel: Kivelitz; **Agrarfoto:** Seite 19, 35, 60, 62, 74, 81, 95, 96; **Hötte:** 30, 50, 53 links, 103, 105, 107 links, 107 rechts; **iStock.com:** 24 oben Andyworks, 24 unten links Mantonature, 24 unten rechts Imperia, 36 kanonsky, 37 links Grahamphoto23, 67 ollo, 91 Jan-Otto, 120 oben DieterMeyrl; **Kivelitz:** 2, 10 rechts, 12, 20 links, 20 rechts, 22, 23 links, 23 rechts, 27, 29, 32, 33 unten, 34, 37 rechts, 39, 40, 42 links, 54, 57, 59, 71, 85, 122; **Landpixel:** 13, 14, 16 links, 16 rechts, 17, 33 oben, 38, 41 links, 41 rechts, 43, 45, 46 links, 47, 48, 49, 53 rechts, 63, 65, 68, 69, 70, 73, 78 links, 78 rechts, 84, 86, 88, 93, 94, 98, 102, 108, 112, 116 links, 116 rechts, 120 unten; **Laser:** 7 rechts, 42 rechts, 46 rechts; **PH Petersen:** 31; **stock.adobe.com:** 5 links TR Design, 5 rechts Maksym Dragunov, 9 oben Peter Maszlen, 10 links Vera Kuttelvaserova, 121 fotomomentfoto; **Väderstad:** 15

Umschlagseite 4: alle stock.adobe.com: links oben und links unten: Countrypixel; rechts oben: rightdx; rechts unten: Kletr

Druck

MKL Druck GmbH & Co., KG, Graf-Zeppelin-Ring 52, 48346 Ostbevern

Nachdruck oder Vervielfältigung – auch auszugsweise – sowie Weitergabe mit Zusätzen, Aufdrucken oder Aufklebern nur mit Zustimmung der BLE gestattet.

2. Auflage
ISBN 978-3-8308-1328-6
© BLE 2018



BZL



Das Bundesinformationszentrum Landwirtschaft (BZL) ist der neutrale und wissenschaftsbasierte 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.

www.praxis-agrar.de

Bestell-Nr. 1060

Preis: 4,00 €



9 783830 813286