



Bundesanstalt für  
Landwirtschaft und Ernährung

# Körnerleguminosen und Bodenfruchtbarkeit

Strategien für einen erfolgreichen Anbau



## Grußwort

Der Boden ist eine der wichtigsten Grundlagen unseres Lebens. Das erkannte bereits der Bodenkundler und Jurist Friedrich Albert Fallou, der im Jahr 1862 schrieb: „Es gibt in der ganzen Natur keinen wichtigeren, keinen der Betrachtung würdigeren Gegenstand als den Boden! [...] Eine Nation, die ihren Boden zerstört, zerstört sich selbst.“

Um der großen Bedeutung des Bodens gerecht zu werden, schrieb das „Bundesprogramm Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft“ (BÖLN\*) im Jahr 2006 eine interdisziplinäre Bekanntmachung zum Thema aus. Damit wurde das Ziel verfolgt, praxisnahe Anbaustrategien zu entwickeln, um die Bodenfruchtbarkeit und Pflanzenernährung zu verbessern.

Besonders an diesem Forschungsprojekt war, dass das BÖLN erstmals einen interdisziplinären Forschungsansatz wählte, bei dem verschiedene Fachbereiche zusammenarbeiteten. Das ermöglichte es, Denkansätze, Methoden und Ergebnisse zu vernetzen und die komplexen Wechselwirkungen der praktischen Landwirtschaft besser abzubilden. Vor allem für den ökologischen Landbau ist eine solche systemische Lösungsfindung von großer Bedeutung.

Landwirte und Berater wurden von Anfang an in das Projekt eingebunden. Insgesamt nahmen 32 Praxisbetriebe aus unterschiedlichen Regionen Deutschlands teil. So konnten die Fragestellungen eng an den Anforderungen der Landwirte ausgerichtet werden. Zudem ermöglicht diese Vorgehensweise eine schnellere Umsetzung der aus den Ergebnissen abgeleiteten Empfehlungen in die Praxis.



Für das Projekt wurde ein interdisziplinäres Konsortium gebildet, das die Bereiche Wissenschaft, Beratung und Praxis eng verzahnte und das durch seine zielführende Zusammenarbeit überzeugte.

Die Wissenschaftler verfolgten mit dem Projekt vor allem das Ziel, die Bodenfruchtbarkeit langfristig zu erhalten und damit die Wertschöpfung ökologisch erzeugter Marktfrüchte zu steigern. Im Wesentlichen sollten Ansätze entwickelt werden, mit denen speziell der Körnerleguminosenanbau, die Nährstoffversorgung und die Boden- und Pflanzengesundheit verbessert werden können. Auch ökonomische Aspekte wurden berücksichtigt.

Im Laufe des fünfjährigen Projektes kristallisierten sich viele praxisrelevante Erkenntnisse heraus, die wir in dieser Praxisbroschüre vorstellen möchten. Die Broschüre soll den Anreiz und die Möglichkeit geben, Anbaustrategien zu überdenken und zu optimieren.

Wir wünschen Ihnen viel Spaß beim Lesen.

Ihre Geschäftsstelle BÖLN, Forschungsmanagement, BLE

**[www.bundesprogramm.de](http://www.bundesprogramm.de)**

*\*Im Jahr 2010 wurde das BÖL um den Bereich „andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft“ erweitert. Seitdem lautet die offizielle Abkürzung BÖLN.*

# Inhaltsverzeichnis

- 2 Grußwort
- 6 Körnerleguminosen – Einfluss des Anbausystems auf Bodenfruchtbarkeit und Wertschöpfung
- 7 Ziel des Bodenfruchtbarkeitsprojektes und dieser Broschüre
- 8 Wer war am Projekt beteiligt?
- 8 Was erwartet mich in dieser Broschüre?

## **1** 9 **Schlagauswahl**

- 9 Aus der Praxis: Einfluss der Standortbedingungen
- 11 Aus der Praxis: Einfluss der Bewirtschaftungsgeschichte
- 12 Fazit: Das gilt es bei der Schlagauswahl zu beachten
- 13 Differenzialdiagnose: Praktische Entscheidungshilfe für die Schlagauswahl

## **2** 16 **Bodenstruktur und Bestellung**

- 16 Aus der Forschung: Einfluss der Radlast – je niedriger, desto besser
- 18 Positive Effekte einer guten Bodenstruktur
- 19 Aus der Praxis: Verdichtungen vermeiden
- 19 Optimierungsmöglichkeiten
- 21 Aus der Forschung: Reduzierte Bodenbearbeitung verbessert die Tragfähigkeit des Bodens
- 22 Aus der Praxis: Mit der Aussaat die Basis für gute Erträge schaffen

## **3** 24 **Wie kann die Pflanzengesundheit von Erbsen und Ackerbohnen beeinflusst werden?**

- 24 Wodurch werden Leguminosenkrankheiten beeinflusst?
- 25 Aus der Praxis: Ein Überblick über die Leguminosengesundheit
- 29 Was bleibt für den Praktiker zu tun?
- 30 Aus der Forschung: Direkte Einflussmöglichkeiten zur Gesundheitshaltung von Leguminosen – Grüngutkomposte können Fußkrankheiten in Erbsen einschränken

## **4 34 Die Nährstoffversorgung von Leguminosenbeständen sichern**

- 34 Aus der Praxis: Status quo der Nährstoffversorgung
- 35 Aus der Forschung: Betriebsfremde organische Düngemittel
- 36 Aus der Forschung: Verbesserung der Nährstoffaufnahme
- 39 Fazit: So kann die Nährstoffversorgung optimiert werden

## **5 40 Unkräuter regulieren**

- 40 Aus der Praxis: Die richtige Vorbewirtschaftung legt den Grundstein
- 41 Was die Aussaat beiträgt
- 41 Aus der Forschung: Gemengeanbau hält das Unkraut in Schach
- 43 Aus der Praxis: Auch der Klassiker wirkt – mechanische Unkrautregulierung
- 44 Aus der Forschung: Eine neue Option für die Praxis – Gehölzhäcksel zu Körnerleguminosen
- 46 Fazit: Altbekannte Strategien optimieren – Unkräuter wirkungsvoll reduzieren

## **6 47 Aus der Forschung: Sommer- oder Wintererbse?**

- 47 Welche Erbse für welchen Standort?
- 48 Welcher Wuchstyp für welche Ansprüche?
- 49 Anbau in Reinsaat oder Gemenge?
- 49 Unkraut, Krankheiten und Schädlinge
- 50 Normalblättrige Wintererbsen sind starke Stickstofffixierer
- 51 Höhere Erträge insbesondere im Gemenge
- 51 Wann lohnt sich die Wintererbse aus ökonomischer Sicht?
- 52 Fazit

## **7 53 Die Vorfruchtwirkung von Leguminosen optimieren**

- 53 Aus der Forschung: Vorfruchtwirkungen von Erbsen-Reinsaaten und Gemengen
- 54 Aus der Praxis: Einfluss von Bestandesentwicklung und Düngung der Leguminosen
- 55 Fazit

## **56 Körnerleguminosen und Bodenfruchtbarkeit bleiben im Fokus der Forschung**

## Körnerleguminosen – Einfluss des Anbausystems auf Bodenfruchtbarkeit und Wertschöpfung

Im ökologischen Landbau ist der Anbau von Leguminosen für die Bodenfruchtbarkeit unverzichtbar. Durch ihre Fähigkeit, Luftstickstoff zu binden, machen sie diesen elementaren Nährstoff für sich selbst und Folgefrüchte verfügbar. Darüber hinaus haben Leguminosen weitere wertvolle Eigenschaften, die sich positiv auf die Bodenfruchtbarkeit auswirken. So können sie zum Beispiel schwer verfügbare Phosphorverbindungen im Boden aufschließen und in den Unterboden verlagerte Nährstoffe aufnehmen, bevor diese ausgewaschen werden. Auch die intensive Durchwurzelung und die damit verbundene Lockerung des Bodens kommen der Krume zugute.

Besonders günstig wirkt sich aufgrund der langen Standzeit ein mehrjähriger Feldfutterbau mit Feinleguminosen auf die Bodenfruchtbarkeit aus. Aber auch der Anbau von Körnerleguminosen als Druschfrüchte ist ein wichtiger Bestandteil der Fruchtfolge im ökologischen Landbau. Denn Leguminosen sind zudem sehr gute Eiweißlieferanten für Mensch und Tier. Insbesondere für vieharm bzw. viehlos wirtschaftende Biobetriebe sind Körnerleguminosen wie Körnererbse, Ackerbohne und zum Teil auch Lupine und Sojabohne deshalb wirtschaftlich interessante Kulturen. Denn ohne Vieh ist es oft schwierig, die anfallenden Mengen an Schnittgut bei mehrjährigen Futterleguminosen zu verwerten.

Allerdings ist der Anbau von Körnerleguminosen anspruchsvoller als beispielsweise der Getreideanbau. Das gilt zum Beispiel für die Wahl eines geeigneten Standortes und die Kulturführung. Auch die vergleichsweise geringe Selbstverträglichkeit der meisten Leguminosen ist ungünstig, da Biolandwirte einen größeren Anbauabstand in der Fruchtfolge einhalten müssen. Neben auftretenden Fruchtfolgekrankheiten ist auch die allgemeine Gesundheit von Leguminosen häufiger ein Problem. So berichten Praktiker immer wieder von Bodenmüdigkeitssymptomen, für die es keine klar erkennbaren Ursachen gibt.

Aufgrund der besonderen Bedeutung von Körnerleguminosen im ökologischen Anbau konzentrierten sich die Forscherinnen und Forscher im Bodenfruchtbarkeitsprojekt auf mögliche Ursachen und Lösungen für bestehende Probleme. Die in fünf Jahren Projektlaufzeit gesammelten Erfahrungen und Möglichkeiten zur praktischen Umsetzung möchten wir Ihnen in dieser Praxisebroschüre vorstellen.



## Ziel des Bodenfruchtbarkeitsprojektes und dieser Broschüre

Das Projekt war so angelegt, dass ein möglichst breites Spektrum an Optimierungsmöglichkeiten rund um den Körnerleguminosenanbau abgedeckt werden konnte. Der Fokus lag auf dem Zusammenhang zwischen Anbau und Boden und den Einflussmöglichkeiten des Landwirts. Eine Besonderheit des Projektes war der große Umfang der gesammelten Daten. Erstmals wurden im deutschsprachigen Raum vier Jahre lang (2008 bis 2012) Erfahrungen und Daten von 32 Praxisbetrieben gesammelt und ausgewertet. Dabei berücksichtigten die Wissenschaftler alle Bereiche, die den Anbau von Körnerleguminosen beeinflussen. Dazu gehörten Zahlen zur Bodenchemie, -physik und -biologie, aber auch Informationen zur Saatgut- und Pflanzengesundheit sowie zur Ertragsleistung. Mithilfe des umfangreichen Datenmaterials konnten viele bisher nur vermutete Zusammenhänge zum Körnerleguminosenanbau bestätigt, zum Teil aber auch widerlegt werden. Vor allem durch Exakt- und Praxisversuche gewannen die Forscher zahlreiche neue Erkenntnisse, etwa zur Wirkung kohlenstoffreicher Düngemittel. Darüber hinaus prüften sie, wie sich unterschiedlich zusammengesetzte Grünguthäcksels auf Körnerleguminosen und deren Nachfrucht auswirken. Zudem versuchten sie die Frage zu beantworten, ob Grüngutkompost die Pflanzengesundheit unterstützt und inwieweit sich die Wirkung durch eine gezielte Ausbringung verbessern lässt.

Das Thema Pflanzengesundheit stand auch bei der Entwicklung eines neuen Diagnoseverfahrens im Mittelpunkt. Das Verfahren ermöglicht eine Prüfung, ob eine Fläche für den Anbau von Leguminosen geeignet ist und welche Eigenschaften bei ungünstigen Böden gegen die Aussaat von Leguminosen sprechen. Das im Labor erarbeitete Modell entwickelten die Forscher weiter zu einer einfachen Methode, die auch Landwirte bei der Auswahl von Schlägen für den Erbsenanbau anwenden können.

Weitere Versuche wurden zum optimalen Anbausystem für Körnerleguminosen durchgeführt. Dabei testeten die Wissenschaftler verschiedene Mischfruchtvarianten auf ihre Ertragsstabilität. Daneben prüften sie auch die Auswirkungen einer reduzierten Bodenbearbeitung und den Einfluss mechanischer Bodenbelastungen auf Boden und Kultur. Aus den Ergebnissen leiteten die Experten anschließend Verbesserungsvorschläge für die Praxis ab. Um Landwirten eine betriebswirtschaftliche Einschätzung zu ermöglichen, wurden die Empfehlungen zur Gründüngung und Bodenbearbeitung auch ökonomisch bewertet.

### Wer war am Projekt beteiligt?

Beteiligt waren die Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), das Thünen-Institut für Ökologischen Landbau (TI), das Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL), die Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (HTW) mit dem Fachgebiet Ökologischer Landbau, die Naturland Fachberatung, die Stiftung Ökologie & Landbau (SÖL) sowie die Universität Kassel mit dem Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften.

### Was erwartet mich in dieser Broschüre?

Wir stellen Ihnen in dieser Broschüre die Projektergebnisse vor, die für die landwirtschaftliche Praxis relevant sind. Mit dem Hinweis „Aus der Praxis“ versehene Texte fassen die Ergebnisse zusammen, die auf den beteiligten Praxisbetrieben gewonnen wurden. Die Resultate aus den wissenschaftlichen Versuchsanordnungen finden Sie unter dem Hinweis „Aus der Forschung“.

Wir möchten dem gesamten Projektteam für die großartige Zusammenarbeit danken. Unser besonderer Dank gilt auch dem Bundesprogramm Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft für die Finanzierung dieses Projektes.

Das Redaktionsteam

*Ann-Kathrin Spiegel, Werner Vogt-Kaute, Klaus-Peter Wilbois*





# Kapitel 1: Schlagauswahl

Autoren: Harald Schmidt, Jacques Fuchs, Detlef Möller und Daniel Wolf

Die Schlagauswahl trägt wesentlich zum Erfolg oder Misserfolg im Anbau von Körnererbsen und Ackerbohnen bei. Das zeigten vergleichende Untersuchungen auf über 120 Leguminosenschlägen auf Biobetrieben, bei denen Ackerbohnen und weißblühende Sommererbsen geprüft wurden. Die Ergebnisse machen deutlich, dass auf vielen Schlägen zwei wichtige Einflüsse einzeln oder in Kombination ertragslimitierend wirken können: die Standortbedingungen und die langfristige Bewirtschaftungsgeschichte. Wenn Praktiker diese Punkte bei der Auswahl der Schläge berücksichtigen, kann der Anbau deutlich optimiert werden.

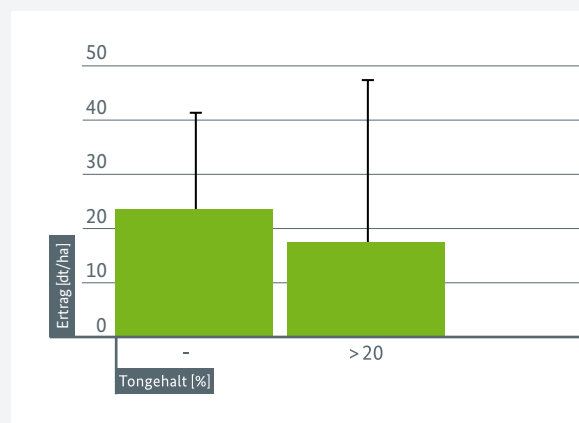
Welche Einflussfaktoren für den Ertrag konnten auf den Praxis schlägen gefunden werden?

## Aus der Praxis: Einfluss der Standortbedingungen

### Boden

Auf Böden mit einem Tongehalt von über 20% waren die Erbsenerträge im Mittel geringer als auf leichteren Böden. Das heißt, schon bei schwereren sandigen Lehmen können die Erträge zurückgehen. Sind alle anderen Bedingungen günstig, können aber auch bis zu einem Tonanteil von 30% hohe Erträge erreicht werden. Ackerbohnen sind gegenüber hohen Tongehalten etwas unempfindlicher, aber auch hier besteht ab 25% Ton (toniger Lehm) das Risiko von Ertragsrückgängen.

Flachgründige Böden und Böden mit verdichtetem Unterboden sind für die meisten Kulturpflanzen ungünstig. Das gilt auch für Erbse und Ackerbohne: In der Praxis fielen die Erträge auf solchen Böden geringer aus. Auch die Wasserhaltefähigkeit eines Bodens kann den Ertrag wesentlich beeinflussen. So wurden hohe Erträge bei der Ackerbohne vor allem auf Böden erreicht, die im Frühjahr große Mengen Wasser gespeichert hatten. Bei der Erbse war dieser Effekt weniger stark ausgeprägt.



Praxisertrag von weißblühenden Öko-Körnererbsen in Abhängigkeit vom Tongehalt des Bodens (Mittel und Spannweite)



Flachgründiger und schwerer Boden: schlechte Erbsen (Bild: H. Schmidt, SÖL)



Vor allem an Standorten mit hohem Trockenheitsrisiko ist der Anbau von Ackerbohne und Erbse auf flachgründigen Böden mit geringer Wasserhaltefähigkeit nur bei Beregnungsmöglichkeiten sinnvoll.

### Humusgehalt

Im Allgemeinen wird ein hoher Humusgehalt des Bodens im Ackerbau positiv bewertet. Bei der Ackerbohne ließ sich insgesamt auch ein ertragssteigernder Einfluss durch hohe Humusgehalte feststellen. Das kann auf eine verbesserte Bodenstruktur und eine höhere Wasserhaltefähigkeit zurückzuführen sein. Jedoch zeigte sich auch, dass humusreiche Böden bei Körnerleguminosenanbau oft eine höhere N-Nachlieferung aufweisen und damit das Unkraut stärker gefördert wird (siehe auch Kapitel 5 und 7). Während sich dieser Effekt bei der Ackerbohne kaum im Ertrag niederschlug, waren die Erbsenerträge auf humusärmeren Böden häufig höher.

### Nährstoffe

Ein Ertragseffekt der unterschiedlichen Mineralnährstoffgehalte (Makro- und Mikro-nährstoffe) war in der Praxis kaum zu erkennen. Allerdings wiesen nur sehr wenige der untersuchten Schläge Nährstoffgehalte in der Versorgungsstufe A auf. Nur der Phosphorgehalt hatte in den Untersuchungen Einfluss auf den Erbsenertrag: Im Durchschnitt waren bei Versorgungsstufe C (oder größer) die Erträge höher als bei Stufe A und B.

## Aus der Praxis: Einfluss der Bewirtschaftungsgeschichte

Die Vorbewirtschaftung auf einem Schlag kann den Ertrag der angebauten Körnerleguminose auf vielfältige Weise beeinflussen. Die folgenden Informationen beschränken sich auf den Einfluss des Leguminosenanbaus in der Vorgeschichte. Effekte, die über den Unkrautdruck und die damit zusammenhängende N-Verfügbarkeit wirken, sind in den Kapiteln 5 und 7 nachzulesen.

### Selbstunverträglichkeit

Beim Erbsenanbau war, wie erwartet, vor allem die Vorgeschichte des Schlages ertragsentscheidend. Je häufiger auf einem Schlag Erbsen angebaut wurden und je kürzer der Abstand zum vorherigen Anbau von Erbsen war, umso geringer war im Mittel der Ertrag. Ein negativer Effekt zeigte sich bereits bei einem Anbauabstand, der größer war als die bisher empfohlenen sechs Jahre. Die Ursache für das höhere Risiko von Mindererträgen waren vor allem Fußkrankheitsprobleme.

Bei der Ackerbohne war die Selbstunverträglichkeit weniger stark ausgeprägt. Das Risiko für das Auftreten fruchtfolgebedingter Fußkrankheiten ist zwar geringer als bei der Erbse, kann aber auch zu deutlichen Mindererträgen führen. Ein Anbauabstand von mindestens sechs Jahren sollte eingehalten werden.



Praxisertrag von weißblühenden Öko-Körnererbsen in Abhängigkeit von Anbauhäufigkeit (in 25 Jahren)

### Unverträglichkeit mit anderen Leguminosen

Auch der Anbau anderer Leguminosenarten in der Vorgeschichte kann zu Mindererträgen führen. Bei der Erbse konnte ein negativer Effekt auf Ertrag und Gesundheit beim Anbau von Rotklee und Luzerne in der Fruchtfolge nachgewiesen werden. Der Einfluss ist jedoch deutlich geringer als die Selbstunverträglichkeit. Da Rotklee und Luzerne auf den meisten Schlägen zusammen in einer Kleeegrasmischung angebaut wurden, war eine klare Differenzierung zwischen den beiden Arten nicht möglich. Der Anbau von Weißklee und Ackerbohne hat nach den vorliegenden Ergebnissen dagegen keinen Einfluss auf den Erbsenertrag oder das Auftreten von Fußkrankheiten.

Bei der Ackerbohne zeigte sich neben der Selbstunverträglichkeit nur ein negativer Effekt des Erbsenanbaus in der Anbaugeschichte. Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass auch beim Ackerbohnenanbau zur Erbse ein Anbauabstand von mindestens sechs Jahren eingehalten werden sollte.

Weitere mögliche Anbaurisiken durch Unverträglichkeiten von Erbse und Ackerbohne mit anderen Leguminosenarten müssen weiter untersucht werden.



Gesunde Öko-Erbse auf leichtem Boden ohne Erbsen- oder Kleeegrasanbau in den letzten 25 Jahren und bei guter Wasserversorgung (Bild: H. Schmidt, SÖL)

### Fazit: Das gilt es bei der Schlagauswahl zu beachten

Faktor	Erbse	Ackerbohne
Tongehalt des Bodens	Maximal 20%	Maximal 24%
Tiefgründigkeit	Wichtig	Wichtig
Wasserhaltefähigkeit	Hoch	Hoch
Nährstoffversorgung	Phosphor-Versorgungsstufe C	–
N-Verfügbarkeit	Wenig N <sub>min</sub>	Wenig N <sub>min</sub>
Selbstunverträglichkeit	Wenig Erbse in der Anbaugeschichte, mindestens 9 – 10 Jahre Anbauabstand	Wenig Ackerbohne in der Anbaugeschichte, mindestens 6 Jahre Anbauabstand
Unverträglichkeit mit anderen Leguminosen	Wenig Rotklee oder Luzerne in der Anbaugeschichte	Wenig Erbse in der Anbaugeschichte

■ Mäßig starker Einfluss auf Ertrag möglich  
 ■ Starker Einfluss auf Ertrag  
 ■ Essenziell wichtig für guten Ertrag

## Differenzialdiagnose: Praktische Entscheidungshilfe für die Schlagauswahl

Die Differenzialdiagnose ist ein einfacher Test zur Prüfung der biologischen Bodenmüdigkeit und kann dabei helfen, ungeeignete Schläge für den Körnerleguminosenanbau vor der Aussaat zu erkennen. Die Prüfung von 22 Böden in Laborversuchen ergab, dass Fußkrankheiten die häufigste Ursache für Mindererträge bei Erbsen sind. Bodenbürtige Schädigungen von Erbsen wurden zu 70 % durch biologische Ursachen hervorgerufen, vor allem durch Pilzkrankheiten. Nährstoffmangel und Schadstoffe im Boden, die ursprünglich auch als mögliche Ursachen für die Bodenmüdigkeit in Betracht gezogen wurden, spielten kaum eine Rolle. Eine biologische Bodenmüdigkeit kann nicht mit physikalischen und chemischen Beobachtungen oder Analysen vorhergesagt werden. Mit einer vereinfachten Differenzialdiagnose ist es jedoch für jedermann möglich, beim Erbsen- oder Ackerbohnenanbau das Risiko von Mindererträgen durch fruchtfolgebedingte Fußkrankheiten abzuschätzen. Mit dieser Information können geeignete Schläge mit geringer Schaderregerbelastung ausgewählt werden.

So funktioniert die Differenzialdiagnose: Vor dem Erbsenanbau wird eine repräsentative Bodenprobe des Schlages in zwei Portionen geteilt, wovon eine unbehandelt und die andere nach Hitzebehandlung mit Erbsen besät wird. Wenn die Pflanzen im erhitzten Boden deutlich besser wachsen als im unbehandelten Boden, sind biologische Bodenmüdigkeitssymptome wie Fußkrankheiten im Feld zu erwarten.



Selbstverständlich spielen im Feld auch die Witterungsbedingungen eine große Rolle für das Krankheitsgeschehen und die Pflanzenentwicklung. Der Prognosetest erlaubt es, das Risiko eines Ernteausfalls bei nicht optimalen Wetterbedingungen vorherzusagen und dadurch mit der Wahl des Schlages die Gefahr größerer Ertragsverluste zu minimieren. Bei optimalen Wetterverhältnissen ist es allerdings möglich, dass die Erbse auch auf negativ bewerteten Böden erfolgreich angebaut werden kann.

### So wird der Test durchgeführt

Mit der Testdurchführung soll drei Monate vor Feldbestellung begonnen werden. Folgendes Material wird benötigt:

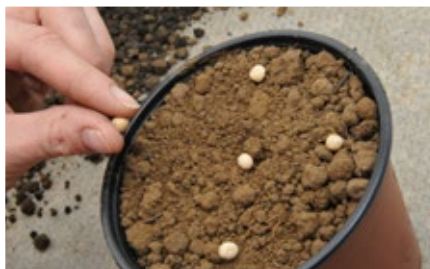
- 10 Liter feuchter Boden. Dieser soll eine repräsentative, gesiebte (10 mm) Bodenprobe des Schlages sein.
- 4 Aluschalen (1 Liter) mit Alufolie zum Abdecken.
- 8 Töpfe (1 Liter) mit Untersetzern.
- 40 gesunde Erbsensamen.
- 1 Ofen (Küchenbackofen ausreichend).
- 1 Waage (auf 0,1 g genau).

Die Feuchtigkeit des gesiebten Bodens muss kontrolliert und der Boden bei Bedarf befeuchtet werden. Dann wird der Boden gut durchmischt und in vier Aluschalen gefüllt.

Diese werden mit Alufolie gut abgedeckt und im Ofen platziert. Dort werden sie bei 70 bis 100 °C für mindestens zwölf Stunden erhitzt.



Erhitzen des Bodens im Backofen (Bilder: J. Fuchs, FiBL Schweiz)



Aussaat der Erbsen (Bild: J. Fuchs, FiBL Schweiz)

Es werden dann jeweils vier Töpfe mit einem wasserfesten Stift mit „K“ und vier Töpfe mit „H“ beschriftet („K“ steht für Kontrolle und „H“ für Hitzebehandlung). Die mit „H“ beschrifteten Töpfe werden nach ca. 24 Stunden mit der abgekühlten, gut durchmischten Erde aus den Aluschalen befüllt. Die vier Kontrolltöpfe (K) werden mit der gut durchmischten, unbehandelten Erde befüllt. In jeden Topf

(K und H) werden nun je fünf Erbsen- oder Ackerbohnsensamen ausgesät. Die Töpfe werden dann auf die Unterteller platziert und leicht angegossen. Die Töpfe müssen geschützt, ausreichend warm (mindestens 18 °C) und mit Tageslicht oder Pflanzenleuchte aufgestellt werden. Während des Wachstums muss die Erde feucht gehalten werden, dazu am besten von unten wässern.



Aufwuchs im Topfversuch.  
Links: Kontrolltöpfe mit unbehandeltem Boden.  
Rechts: erhitzter Boden. Auf dem getesteten Boden ist Bodenmüdigkeit zu erwarten.  
(Bilder: J. Fuchs, FiBL Schweiz)

Nach ca. sechs Wochen wird die Auswertung des Tests durchgeführt. Falls die Pflanzen der Kontrollvariante deutliche Krankheitssymptome zeigen, kann die Auswertung auch

früher erfolgen. Dazu werden die Sprosse zwei Zentimeter über der Erde abgeschnitten, und es wird mit einer Waage das Pflanzenfrischgewicht pro Topf bestimmt.

#### Das sagt der Test aus

- Gewicht der Pflanzen im unbehandelten Boden > 80% des Gewichtes der Pflanzen im hitzebehandelten Boden: kaum biologisch bedingte Bodenmüdigkeit zu befürchten.
- Gewicht der Pflanzen im unbehandelten Boden zwischen 20 und 80% des Gewichtes der Pflanzen im hitzebehandelten Boden: Bei schlechten Wetterbedingungen (feucht und kühl) ist biologisch bedingte Bodenmüdigkeit zu befürchten. Je kleiner diese Zahl, desto größer ist die Gefahr bei schlechten Witterungsbedingungen. Je größer sie ist, desto größer ist die Chance, bei guten Witterungsbedingungen eine leistungsfähige Kultur zu erhalten.
- Gewicht der Pflanzen im unbehandelten Boden < 20% des Gewichtes der Pflanzen im hitzebehandelten Boden: Unabhängig von den Wetterbedingungen ist mit starken Bodenmüdigkeitssymptomen zu rechnen.

#### Lohnt sich der Aufwand für die Differenzialdiagnose?

Was kostet die Durchführung einer Differenzialdiagnose? Angenommen man entnimmt den Boden für den Test aus einem homogenen Schlag, zu dem man mit dem Auto fährt, so kostet das je nach Entfernung und Größe des Schlages rund 7 bis 9 Euro. Außerdem kosten die Materialien zur Durchführung des Tests rund 4 Euro, dazu kommen Stromkosten für den Ofen von etwa 3 Euro. Dazu müssen noch die Arbeitskosten addiert werden, welche den größten Posten ausmachen. Von der Probennahme bis zur Auswertung fallen insgesamt vier bis fünf Stunden Arbeitszeit an. Kalkuliert man eine Arbeitsstunde mit 15 Euro, dann ergeben sich Arbeitskosten in Höhe von 60 bis 75 Euro. Insgesamt kostet eine Differenzialdiagnose also zwischen 74 und 91 Euro. Diese Kosten beziehen sich auf die Durchführung der Differenzialdiagnose auf einem Schlag. Will man mehrere Schläge testen, so erhöhen sich zwar mit der Anzahl der Schläge auch die Kosten für die Probenahme und das Material entsprechend, die Arbeitszeit und damit die Arbeitskosten steigen allerdings in nur geringem Umfang an.

Was bringt diese Erkenntnis? Einerseits können durch den Test zur Schlagauswahl starke Ertragsdepressionen durch Fußkrankheiten vermieden werden, da Erbsen nur auf geringer mit Schaderregern belasteten Schlägen angebaut werden. Allerdings muss ein höherer Ertrag auf einem anderen Schlag die Kosten für den Test auffangen. Dafür reicht bei einem Preis von 40 Euro pro Dezitonne schon ein um etwa zwei Dezitonnen höherer Ertrag aus. Langfristig ist der Nutzen aber noch weitaus größer. Denn ein missglückter Anbau ist nicht nur mit schlechten Erträgen verbunden, sondern führt auch zu einer starken Vermehrung von Unkräutern und Erregern von Fußkrankheiten. Deshalb sollte man auf ungeeigneten Standorten besser auf den Anbau von Erbsen und Ackerbohnen verzichten.

#### Kontakt für Fragen zu diesem Kapitel

Harald Schmidt, Mail: [schmidt.aw@online.de](mailto:schmidt.aw@online.de), Telefon: 02641 912205

## Kapitel 2: Bodenstruktur und Bestellung

*Autoren: Melanie Wild, Robert Brandhuber, Markus Demmel, Annkathrin Gronle, Detlef Möller, Harald Schmidt, Daniel Wolf*

Bodenverdichtungen zu vermeiden, ist für Biobetriebe ein wichtiges Ziel bei der Bodenbearbeitung. Pflanzenwurzeln und Bodenlebewesen sollen den Bodenraum uneingeschränkt erschließen und nutzen können. Dazu ist eine gute Bodenstruktur wichtig. Sie hat entscheidenden Einfluss auf die Bodenfruchtbarkeit. Insbesondere beim Anbau von Körnererbse und Ackerbohne kann ein verdichteter Boden ertragslimitierend wirken, denn diese Kulturen reagieren besonders sensibel auf eine schlechte Bodenstruktur. Das bestätigen die Ergebnisse aus dem Bodenfruchtbarkeitsprojekt.

### Was ist eine Bodenverdichtung und wie entsteht sie?



Im verdichteten Boden sind die Versorgungsleitungen, die Sauerstoff in den Boden führen und die Wasserdränung gewährleisten, eingengt oder gar zerstört. Bodenverdichtungen entstehen, wenn zu feuchte Böden befahren werden und die vom Fahrzeug verursachten Bodendrücke zu hoch sind.

Poröses Gefüge in der oberen Krume (Saatbett) und verdichtete untere Krume (Bild: LfL)

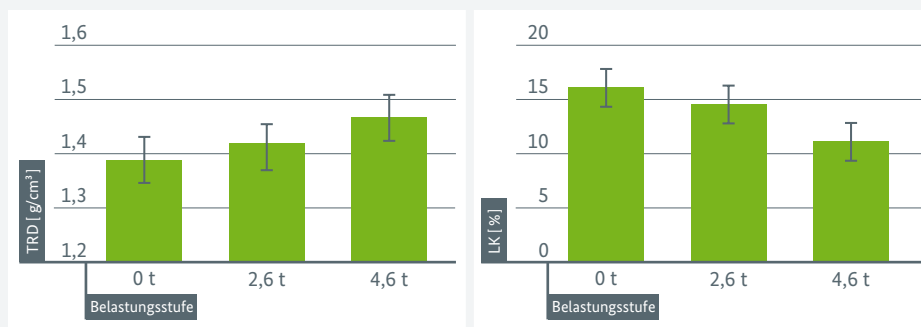
### Aus der Forschung: Einfluss der Radlast – je niedriger, desto besser

Um festzustellen wie sich unterschiedliche Radlasten auf die Bodenstruktur und das Wachstum der Körnerleguminosen auswirken, wurde in Exaktversuchen der Boden mit verschiedenen Radlasten – 2,6 t (0,6 bar) und 4,6 t (1,6 bar) – mit einem Radialreifen (650/65 R 38) überrollt. Dies geschah auf fünf Standorten deutschlandweit auf langjährig ökologisch bewirtschafteten Flächen. Die getestete Radlast von 4,6 t entspricht in etwa der Last, die bei einer angebauten aktiven Bestellkombination mit drei Meter Arbeitsbreite auf einem Hinterrad eines 120-kW-Traktors lastet. Eine Radlast von 2,6 t tritt bei einem identischen Traktor mit einer aufgesattelten Bestellkombination auf.



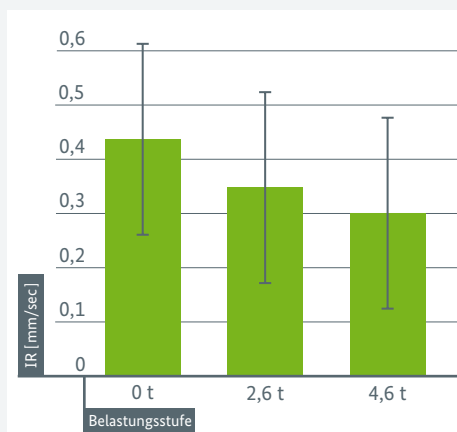
Der Reifeninnendruck wurde nach Reifendrucktabelle der Radlast angepasst. Geprüft wurden beide Varianten im Vergleich zu einer unbefahrenen Kontrolle in Erbsen und Hafer in Reinsaat sowie im Gemenge beider Kulturen.

Bei der Bodenstruktur zeigte sich, dass der Boden mit zunehmender Radlast immer kompakter lagert. Erkennbar ist dies an der Trockenrohdichte in 10 bis 15 cm Tiefe, die mit höherer Radlast deutlich ansteigt. Umgekehrt nahm die Luftkapazität, die den Anteil an luftführenden Grobporen widerspiegelt, mit steigender Radlast deutlich ab. Diese Ergebnisse lassen erkennen, dass selbst unter Bedingungen der guten fachlichen Praxis, also wenn der Boden nur in tragfähigem Zustand sowie mit niedrigem bzw. nicht extrem hohem Reifeninnendruck befahren wird, geringere Radlasten bei der Bearbeitung eine deutlich bessere Bodenstruktur hinterlassen.



Trockenrohdichte (TRD) und Luftkapazität (LK) in einer Tiefe von 10 bis 15 cm im unbelasteten Zustand (0 t) und nach Überrollung mit 2,6 t und 4,6 t Radlast. Mittelwerte der Jahre 2009 bis 2012 gerechnet über alle fünf Versuchsstandorte

Wird der Boden im Frühjahr unter ungünstigen Umständen und zu hohen Radlasten für die Aussaat befahren, kann dies zu einer verminderten Wasserinfiltration in den Boden führen. Die Versuche zeigten, dass eine Überfahrt zur Frühjahrssaat mit einer Radlast von 2,6 t das Wasserinfiltrationsvermögen des Bodens um etwa 20% verringert, eine Überfahrt mit 4,6 t Radlast sogar um 30%. Eine gute Wasserinfiltration verhindert Staunässe im Wurzelraum und garantiert, dass Wasser in den Unterboden dringen kann. Das ist in den trockenen Monaten wichtig für die Pflanzen. Im Frühjahr sollten also immer gute Saatbedingungen mit tragfähigem Boden abgewartet werden.



Wasserinfiltrationsrate (IR) in Parzellen im unbelasteten Zustand (0 t) und nach Überrollung mit 2,6 t und 4,6 t Radlast

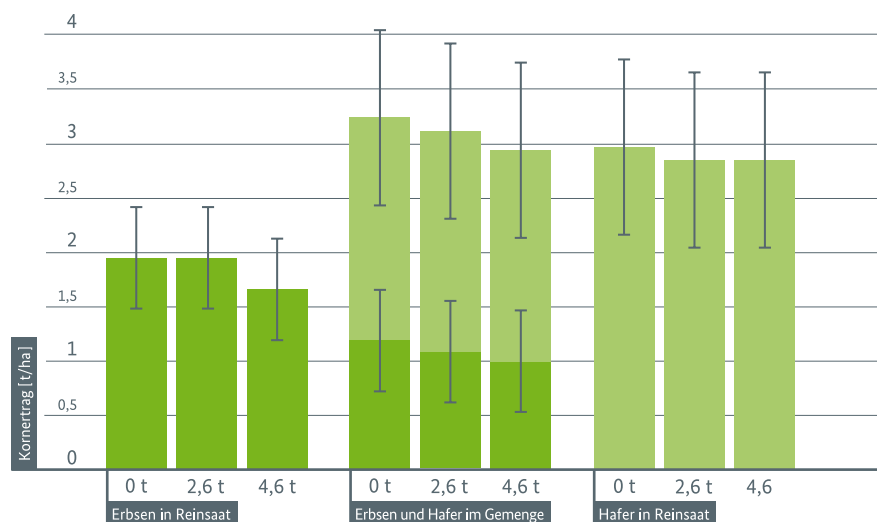
## Positive Effekte einer guten Bodenstruktur

Vor allem bei der Bodenbearbeitung vor dem Erbsenanbau sollten Verdichtungen unbedingt vermieden werden. Denn neben Fuß- und Wurzelkrankheiten ist hier die Bodenstruktur und der damit verbundene Luft- und Wasserhaushalt des Bodens ein ertragsbeeinflussender Faktor. Neben der Radlast sollte auf eine gute Kalkversorgung der Böden geachtet werden. Dies ist die Grundvoraussetzung für eine gute Bodenstruktur.

Die Ergebnisse aus vier Versuchsjahren zeigen, dass der Ertrag in Reinsaat mit steigender Radlast deutlich abnimmt. Dieser Effekt war auf allen untersuchten Bodenarten – vom lehmigen Sand bis zum schluffigen Lehm – festzustellen. Das Befahren des Bodens mit einer Radlast von 4,6 t führte im Mittel der Jahre zu einem Minderertrag von 17%. Hafer in Reinsaat reagierte deutlich weniger auf mechanische Bodenbelastung. Hier zeigte sich im Mittel der vier Jahre ein leichter Ertragsrückgang von 3%. Auch beim Gemengeanbau von Erbse und Hafer wird der Ertrag im Mittel durch die hohe Radlast um 3% gemindert. Besonders interessant ist die Tatsache, dass die Ertragsminderung durch die mechanische Bodenbelastung in den Versuchen noch größer war, wenn die Erbsen von Fuß- und Wurzelkrankheiten befallen waren.



Im Sinne der Ertragssicherheit im Körnerleguminosenanbau sollte darauf geachtet werden, bei der Bodenbearbeitung so wenig Druck wie möglich auf den Boden auszuüben. Geringe Radlasten und ein angepasster Reifeninnendruck bei der Feldfahrt leisten hier einen wichtigen Beitrag.



Kornertrag (t/ha) der Erbse (grün) in Reinsaat und im Gemenge mit Hafer sowie des Hafers (hellgrün) in Reinsaat und im Gemenge mit Erbse

### Aus der Praxis: Verdichtungen vermeiden

Beobachtungen auf Praxisschlägen bestätigen den deutlich negativen Effekt einer stark geschädigten Bodenstruktur auf das Wachstum von Erbsen, etwa auf Vorgewenden und in Fahrspuren. Die Untersuchungsareale der Praxiserhebung lagen jedoch nicht in solchen extrem geschädigten Bereichen. Zwar wurden auch dort Unterschiede in der Qualität der Bodenstruktur ermittelt, jedoch kein deutlicher Einfluss auf den Erbsenertrag. Bei der Ackerbohne zeigte sich auf den Praxisschlägen ein starker Effekt der Unterbodenstruktur auf den Ertrag. Neben einer direkten Störung des Wachstums wurden bei Verdichtungen in der Bearbeitungssohle auch vermehrt Schädigungen an den Wurzeln festgestellt. Ackerbohnen benötigen zwar eine gute Wasserversorgung, reagieren aber empfindlich auf schadverdichtete und damit schlecht durchlüftete, staunasse Böden. Insgesamt wurden in der Praxiserhebung negative Bodenstruktureigenschaften wie ein geringes Porenvolumen, wenig Grob- und Mittelporen oder ein hoher Eindringwiderstand einer Bodensonde sowohl in der Krume als auch im Bereich der Bearbeitungssohle und dem Unterboden erfasst. Die Standortbedingungen und vor allem die Bodenart hatten großen Einfluss auf die Ausprägung der Bodenstruktur.

### Optimierungsmöglichkeiten

In unseren Praxiserhebungen wurde auch ein Einfluss der Bewirtschaftung festgestellt. Es gibt somit Steuergrößen, über die Landwirte aktiv die Bodenstruktur erhalten und damit die Grundlage für hohe Körnerleguminosenerträge schaffen können:

Steuergröße	Positiv für Bodenstruktur	Negativ für Bodenstruktur
<b>Landtechnik</b>	Breite Bereifung	Schwere, leistungsstarke Schlepper
<b>Leguminosen in der Fruchtfolge</b>	→ Hoher Leguminosenanteil allgemein → Hoher Luzerneanteil → Hoher Körnerleguminosenanteil	
<b>Hackfrüchte in der Fruchtfolge</b>		→ Hoher Anteil an Knollen- und Wurzelfrüchten → Hoher Maisanteil
<b>Vorfrüchte</b>	Vorfrucht Ackerbohne	Vorfrucht Körnererbse
<b>Organische Düngung</b>	Mistdüngung	Gülldüngung



Beeinträchtigte Erbsen bei starker Bodenverdichtung; Bodenblock mit Verdichtungen in der unteren Krume und daraus stammende schwarz verfärbte Ackerbohnenwurzel (Bilder: H. Schmidt, SÖL)

### Bodenschonende Landtechnik

Für die Landtechnik empfiehlt es sich, möglichst leichte Fahrzeuge mit modernen Radialreifen und möglichst niedrigem Reifeninnendruck zu verwenden, um den Boden so wenig wie möglich zu belasten. Viele der genannten Steuergrößen sind allerdings entweder mit weitreichenden Änderungen der Bewirtschaftungsabläufe verbunden oder erfordern kostspielige Investitionen in neue Landtechnik. Außerdem sind Aussaat und Bearbeitung unweigerlich mit einer gewissen Radlast verbunden. Welche einfach zu realisierenden Möglichkeiten gibt es also, um bodenschonend zu arbeiten? Ein Faktor, der besonders einfach, schnell und vergleichsweise kostengünstig beeinflusst werden kann ist der Reifeninnendruck. Er hat einen großen Einfluss auf die Stärke der mechanischen Bodenbelastung.



Je niedriger der Reifeninnendruck, umso größer die Aufstandsfläche des Reifens und umso kleiner der Druck, der auf die Bodenoberfläche wirkt.

Bei modernen Radialreifen ist ein Druck von deutlich unter 1 bar bei der Saat anzustreben. Die Reifendrucktabelle des Herstellers gibt genauere Auskunft über den abhängig von der Radlast minimal einstellbaren Reifeninnendruck.

Eine Reifeninnendruckregelanlage kann deshalb eine sinnvolle Investition sein, um den Luftdruck von Straßefahrt schnell auf Feldfahrt absenken zu können. Die Anschaffungskosten betragen rund 4.500 Euro. Eine etwas günstigere Variante ist ein Schnellentlüfter-Set, bei dem man aber selbst Hand anlegen muss. Diese vergleichsweise überschaubaren Investitionen können sich schnell lohnen, denn ...

- es sind beim Erbsenanbau Mehrerträge von 8 bis 10 % möglich, wenn Bodenverdichtungen bei der Saat vermieden werden.
- es können bei höherem Erbsenertrag auch bis zu 10 % Diesel eingespart werden. Der Deckungsbeitrag pro Hektar Erbsen steigt dadurch um rund 100 Euro.

- eine Reifendruckregelanlage spart auch Arbeitszeit, die in der monetären Bewertung noch nicht enthalten ist.
- auch andere Kulturen profitieren von einer besseren Bodenstruktur.
- eine ökonomische Bewertung auf Betriebsebene hat ergeben, dass durch Steigerung des Erbsenertrags und Dieseleinsparung der Deckungsbeitrag für den Betriebszweig Ackerbau im Durchschnitt über alle Betriebe um 14 Euro gesteigert werden kann.

Aus Wirtschaftlichkeitsgründen sollten zuerst die Maßnahmen angepackt werden, die einen hohen Beitrag zur Problemlösung bei niedrigen Kosten leisten. Dieser Effizienzgedanke führt schnell zur Überlegung, einen Beitrag zur Bodenschonung über eine Reifeninnendruckregelanlage zu leisten.

### Aus der Forschung: Reduzierte Bodenbearbeitung verbessert die Tragfähigkeit des Bodens

Nicht nur der auf den Boden gebrachte Druck, sondern auch Bearbeitungstiefe und -intensität haben entscheidenden Einfluss auf die Bodenstruktur. Denn mit sinkender Bearbeitungstiefe und -intensität steigt die Tragfähigkeit der Böden. Zwar erhöht eine flachwendende Bodenbearbeitung mit dem Stoppelhobel bis in eine Tiefe von 8 bis 12 cm die Trockenrohdichte insbesondere im unbearbeiteten Oberboden im Vergleich zu einer tiefwendenden Pflugbearbeitung (25 bis 27 cm). Allerdings tritt bei flachwendender Bearbeitung im ungestörten Oberboden eine natürliche Gefügebildung ein, die ein durchgehendes Porensystem bei vergleichsweise kompakter Lagerung schafft. Durch diese kompaktere Struktur, die in keinster Weise mit einer Verdichtung gleichzusetzen ist, können mechanische Bodenbelastungen, die während der Saatbettbereitung und der Saat von Erbsen entstehen besser abgefedert werden. Sie beeinträchtigen die Leistungsfähigkeit des Erbsenanbaus kaum.

In Feldversuchen hat ein Befahren eines tiefwendend bearbeiteten Bodens in tragfähigem Zustand mit einer Radlast von 4,6 t den Erbsenertrag um 28 % reduziert, während es bei einem flachwendend bearbeiteten Boden nur 15 % waren.



Eine geringere Tiefe und Intensität der Bodenbearbeitung kann außerdem die Stickstofffixierleistung von Erbsen fördern. So wurde bei Wintererbsen nach flachwendender Bearbeitung im Vergleich zu einer tiefwendenden Bodenbearbeitung eine um 20 bis 25 % höhere Stickstofffixierleistung nachgewiesen. Eine flachwendende Bearbeitung führt in der Regel jedoch zu einer Erhöhung des Unkrautaufkommens. Auch die Intensität der Stoppelbearbeitung und der Termin der Grundbodenbearbeitung beeinflussen den Unkrautdruck in der Folgekultur (siehe Kapitel 5). Davon sind vor allem schwach Unkraut unterdrückende Kulturen wie etwa halbblattlose Erbsen betroffen. Baut man Erbsen im Gemenge mit Getreidepartnern an, lässt sich die Unkraut unterdrückende Wirkung verbessern.

Bei einmaliger tiefwendender Pflugbearbeitung nach mehrjähriger flachwendender Bodenbearbeitung konnten keine negativen Auswirkungen auf die Biomasseproduktion, den Ertrag oder die Kornqualität von halbblattlosen oder normalblättrigen Sommer- und Wintererbsen festgestellt werden. Um Verdichtungen unterhalb der Bearbeitungstiefe zu vermeiden, sollte man dennoch auf bodenschonendes Befahren (geringe Radlasten, angepasste Reifeninnendrucke) achten.

### Fazit

- Reduzierte Bodenbearbeitung erhöht das Unkrautaufkommen, weshalb der Anbau von Erbsen im Gemenge vorzuziehen ist.
- Reduzierte Bodenbearbeitung erhöht die Tragfähigkeit des Bodens. Bodenverdichtungen, die trotz bodenschonendem Fahren auftreten, wirken sich daher bei reduzierter Bodenbearbeitung in geringerem Maße auf die Leistungsfähigkeit des Erbsenanbaus aus.

## Aus der Praxis: Mit der Aussaat die Basis für gute Erträge schaffen

### Ablagetiefe

Die auf den Praxisbetrieben gesammelten Daten lassen interessante Rückschlüsse zu, wie bereits mit der Aussaat der Grundstein für einen erfolgreichen Leguminosenanbau gelegt werden kann. Die großen Unterschiede in der Praxis lassen zudem darauf schließen, dass bei der Saat ein erhebliches Optimierungspotenzial für den Körnerleguminosenanbau besteht. Denn auf den 74 untersuchten Erbsenschlägen variierte die Saattiefe von 1,7 bis 6,0 cm und lag im Mittel bei 4,3 cm. Der Vergleich der jeweiligen Ablagetiefen mit den resultierenden Erträgen zeigt, dass sich eine möglichst tiefe Saat deutlich positiv auswirkte. Unterschiede in der Bodenart – sandige oder lehmige Böden – spielten dabei keine Rolle. Die Saattiefe auf den 48 Ackerbohenschlägen reichte von knapp 3 bis 7 cm bei durchschnittlich 4,7 cm. Ein Einfluss der Saattiefe auf den Ertrag zeigte sich wider Erwarten nicht, obwohl für Ackerbohnen mit 6 bis 10 cm häufig eine größere Saattiefe empfohlen wird. Für beide Körnerleguminosen ist eine tiefere Saat günstig. So können Unkrautregulierungsmaßnahmen im Voraufbau sicher durchgeführt werden, und es wird eine bessere Wasserversorgung des Korns nach der Saat erreicht. Mit Saattiefen von rund 6 cm liegt man bei beiden Kulturen auf der sicheren Seite.

### Homogene Bestände

Bei Erbse und Ackerbohne wurden die höchsten Erträge mit kleinräumig homogenen Beständen erreicht. Das bedeutet, dass eine gleichmäßige Verteilung der Pflanzen ohne Lücken eine wichtige Voraussetzung für einen geringen Unkrautdruck und hohe Erträge ist. Beobachtungen in der Praxis haben jedoch gezeigt, dass häufig die verwendete Saat-



technik oder die Durchführung der Saat nicht zu einer gleichmäßigen Verteilung der Körner führt. Bei der Saat von Körnerleguminosen sollten deshalb alle Möglichkeiten genutzt werden, um eine gleichmäßige Ablage in der Reihe zu erreichen. Bei Ackerbohnen erwiesen sich Einzelkornsäugeräte als optimal.

### Saatstärke

Die Ergebnisse der Praxiserhebung zeigen auch, dass dichte, homogene Leguminosenbestände mit einer hohen Unkrautunterdrückung meist nur mit hohen Aussaatstärken erreicht werden. Bei der Erbse sollte man im oberen Bereich der Empfehlungen von 80 bis 100 keimfähigen Körnern pro  $\text{m}^2$  bleiben. Bei der Ackerbohne sollte die empfohlenen 40 bis 45 keimfähigen Körnern pro  $\text{m}^2$  als Untergrenze gesehen werden. Bei Bestandesdichten unter 35 bis 40 Trieben pro  $\text{m}^2$  wurden auf den Praxis schlägen häufig eine hohe Verunkrautung und niedrige Erträge ermittelt.

Bei beiden Leguminosen müssen die Einstellungen des Säugerätes bei jeder Saatgutcharge neu ermittelt werden, da sowohl die Tausendkornmasse als auch die Keimfähigkeit bei gleicher Art und auch bei gleicher Sorte stark variieren kann.

Daraus ergeben sich folgende Empfehlungen: Erbsen und Ackerbohnen sollten immer mindestens 6 cm tief abgelegt werden. Bei der Aussaat ist auf eine geeignete Technik und eine gleichmäßige Saatgutablage zu achten. Hohe Aussaatstärken sind für eine gute Unkrautunterdrückung sinnvoll.



Heterogener (links) und homogener (rechts) Ackerbohnenbestand im Mai (Bilder: H. Schmidt, SÖL)

### Kontakt für Fragen zu diesem Kapitel

*Melanie Wild*

*Mail: melanie.wild@lfl.bayern.de*

*Telefon: 08161 714485*

## Kapitel 3: Wie kann die Pflanzengesundheit von Erbsen und Ackerbohnen beeinflusst werden?

*Autoren: Christian Bruns, Björn Bohne, Maria Finckh, Annkathrin Gronle,  
Oliver Hensel, Harald Schmidt, Dagmar Werren*

Nur ein gesunder Leguminosenbestand kann in der Fruchtfolge ausreichend Stickstoff sammeln, gute Erträge liefern und die Bodenfruchtbarkeit verbessern. Im Bodenfruchtbarkeitsprojekt wurden auf den Praxisbetrieben Faktoren erhoben, die sich auf die Gesundheit von Erbsen- und Ackerbohnenbeständen auswirken. In Feldversuchen wurden außerdem neue Ansätze zur Verbesserung der Pflanzengesundheit von Erbsen getestet.

### **Wodurch werden Leguminosenkrankheiten beeinflusst?**

Krankheiten in Leguminosenbeständen können durch eine große Anzahl verschiedener biotischer und abiotischer Faktoren beeinflusst werden. Diese Faktoren haben auch großen Einfluss darauf, wie sich Krankheiten auf den Ertrag auswirken. Es ist jedoch schwierig, wenige konkrete Ursachen für einen kranken Bestand zu benennen, weil oft mehrere Faktoren zusammenspielen oder sich überlagern. Deshalb können keine einfachen Rezepte für das Gesundheitsmanagement von Leguminosenbeständen entwickelt werden. Die Projektergebnisse können aber für wichtige Problemstellungen sensibilisieren und Anregungen für Verbesserungen in Erbsen- und Ackerbohnenkulturen geben.

Grundsätzlich gilt, dass der Ausbruch einer Krankheit nicht nur davon abhängt, ob der Erreger im Boden oder am Saatgut vorhanden ist, sondern auch, ob die Umwelt-, Standort- und Bewirtschaftungsbedingungen eine Ausbreitung fördern oder begrenzen. Es ist zum Beispiel immer möglich, dass durch extreme Wetterbedingungen wie langanhaltende Nässe und/oder Kälte, möglicherweise gefolgt von Trockenstress und in Kombination mit ungenügender Bodenqualität (etwa Verdichtungen) Krankheiten stärker gefördert werden und sich innerhalb kurzer Zeit ausbreiten.





Über die Auswahl eines geeigneten Standorts und angepasster Anbauverfahren kann in der Praxis negativen Auswirkungen von Wettereinflüssen in gewissem Umfang vorgebeugt werden. Entscheidend ist vor allem, sauberes, gesundes Saatgut zu nutzen und ausreichend lange Anbaupausen einzuhalten, insbesondere bei Erbsen.



Zu diesen indirekten Pflanzenschutzmaßnahmen gibt es zurzeit keine Alternativen, da kaum Sorten verfügbar sind, die eine Toleranz oder Resistenz gegenüber den wichtigsten Erregern aufweisen.

### Aus der Praxis – Ein Überblick über die Leguminosengesundheit

Im Projekt wurden Erbsen- und Ackerbohlenbestände untersucht und verschiedene Faktoren in Beziehung zum Ertrag gesetzt. Dazu gehörten neben Witterungs-, Boden- und Bewirtschaftungsdaten auch die Schlaggeschichte und Erhebungen zum Besatz mit Erregern an Saatgut und Wurzeln. Auch Blattkrankheiten und die Schädigung der Wurzeln durch Fußkrankheiten sowie die Bonitur wichtiger Schadinsekten wurden berücksichtigt. In statistischen Analysen konnten 13 Parameter herausgearbeitet werden, die etwa 80% der Ertragsunterschiede erklären können. Bei Ackerbohlen sind die Zusammenhänge weniger komplex. Hier gibt es nur etwa halb so viele starke Einflussfaktoren. Die große Zahl an Faktoren zeigt, wie schwer es ist, die Ursachen von Ertragsbeeinträchtigungen zu identifizieren oder sogar zu prognostizieren.

Drei wesentliche Faktoren des Erbsenertrags lagen im Bereich Pflanzengesundheit: die Länge der Wurzelläsionen an den Pflanzen (hervorgerufen durch Fußkrankheiten), der Besatz der Wurzeln mit *Fusarium*

*oxysporum* und *Fusarium avenaceum* sowie der Blattlausbesatz im Juni. In Ackerbohlen wurden der Besatz mit *Fusarium solani* (samen- und bodenbürtig), der Grad der Wurzelläsionen sowie Pilzkrankheiten am Spross, vor allem die Schokoladenfleckenkrankheit, als wichtigste Einflussfaktoren identifiziert.



Die Erbsenwelke hinterlässt im Bestand deutliche Symptome  
(Bild: M. Finckh, Universität Kassel)



Welche Krankheiten bzw. Erreger wurden gefunden und haben sich als bedeutsam erwiesen?

#### Erbsen

- Erreger der Fuß- und Brennfleckenkrankheit, die auch als Vertreter des Ascochyta Komplexes bekannt sind
- *Mycosphaerella pinodes*: überdauert im Boden und auf Pflanzenresten, befällt vom Boden aus die Wurzeln, Blattapparat, Hülse und Samen, kann auch an Saatgut vorkommen.
- *Phoma medicaginis*: überdauert im Boden und auf Pflanzenresten, befällt vom Boden ausgehend die Wurzeln, Blattapparat, Hülse und Samen, kann auch an Saatgut vorkommen.
- *Ascochyta pisi*: klassisch samenbürtig, bildet typische Blatt- und Stängelsymptome.

sowie

- *Fusarium solani*: boden- und samenbürtig, Befall der Stängelbasis, Vergilben und Welke von oben.
- *Fusarium oxysporum*: bodenbürtig, verursacht die klassische Welke der gesamten Pflanzen.
- *Fusarium avenaceum*: boden- und samenbürtig, scheint an Bedeutung zuzunehmen, verursacht Wurzelfäulen und Welke, hat einen breiten Wirkkreis, unter anderem Getreide, Mais und Brassicaceen.

#### Ackerbohnen

- *Ascochyta fabae*: samenbürtig, bildet typische Blatt- und Stängelsymptome.
- *Fusarium solani* (und andere Fusarien): meist bodenbürtig, aber zum Teil auch samenbürtig verursachen Wurzelfäulen.
- Seltener wurden auch *Rhizoctonia solani* und *Sclerotinia sclerotiorum* gefunden.



Wichtige weitere Informationen zu den Krankheiten in Erbsen finden sich in der Broschüre „Pilzkrankheiten und Schädlinge bei Körnerfuttererbsen“ der UFOP ([www.ufop.de/files/4213/3935/5877/RZ\\_UFOP\\_0854\\_Broschur\\_web1.pdf](http://www.ufop.de/files/4213/3935/5877/RZ_UFOP_0854_Broschur_web1.pdf))

#### Saatgutkrankheiten

Anders als erwartet war das auf den untersuchten Praxisbetrieben verwendete Saatgut überwiegend gesund. Im Durchschnitt waren weniger als 10% des untersuchten Saatguts mit kritischen Erregern belastet. Der von der Arbeitsgemeinschaft der Anerkennungsstellen für landwirtschaftliches Saat- und Pflanzgut festgelegte Grenzwert von 30% mit *Ascochyta*-Pilzen befallenen Körnern wurde nur in 4 von 71 untersuchten Erbsenproben und in keiner der 48 Ackerbohnenproben erreicht. Entsprechend war auch kein enger Zusammenhang zwischen dem Erregerbesatz am Saatgut und dem Ertrag der

Leguminosen nachzuweisen. Trotzdem ist es von großer Bedeutung, in der Praxis nur gesundes Saatgut einzusetzen, um die Einschleppung bzw. Vermehrung von Krankheitserregern zu verhindern. Vor allem beim Einsatz von Nachbauseaatgut ist Vorsicht geboten, da auf den Betrieben in diesen Saatgutpartien meist ein deutlich höherer Erregerdruck auftritt als bei Z-Saatgut.

In der Saatgutenerkennung müssen Partien gebeizt werden, wenn mehr als 10% der Körner befallen sind. Eine solche Beizauflage besteht für konventionell und ökologisch vermehrtes Saatgut bei Befallswerten zwischen 10 und 30%. Im Ökolandbau bedeutet dies praktisch die Aberkennung bei einem Befall von mehr als 10% des Saatguts, da die Beizauflage nicht erfüllt werden kann. Ein Viertel des auf den Praxisbetrieben eingesetzten Erbsensaatguts lag über der Schwelle von 10% Befall.



Mit *Mycosphaerella pinodes* infiziertes Saatgut im Labortest  
(Bild: M. Finckh, Universität Kassel)

### Fußkrankheiten

Die Ergebnisse zum Wurzelbesatz mit Krankheiten bestätigten, dass bei Erbsen und Ackerbohnen Fußkrankheiten die Ertragsleistung stark beeinträchtigen. Zum Zeitpunkt der Blüte wurden auf 70% der untersuchten Erbsenschläge deutliche Wurzelschädigungen festgestellt, die mit zunehmender Schwere auch zu Mindererträgen führten. Bei der Ackerbohne wiesen nur 12% der Bestände starke Schäden auf. Liegt eine Schädigung vor, sind jedoch auch bei Ackerbohnen deutliche Ertragseinbußen zu erwarten. Auch der Besatz mit *Fusarium*-Arten mindert den Ertrag von Erbsen und Ackerbohnen.

Die Gesundheit der Erbsen- und Ackerbohnenwurzeln wird stark durch den Anteil einiger Leguminosenarten in der Fruchtfolge beeinflusst. Selbst bei mehr als sechs Jahren Anbauabstand tritt bei Erbsen häufig noch Selbstunverträglichkeit auf. Die Ackerbohne ist weniger empfindlich, sollte aber auch nicht enger als alle sechs Jahre stehen. In geringerem Maße hat bei der Erbse auch der Anbau von Luzerne oder Rotklee einen negativen Effekt auf die Wurzelgesundheit, bei der Ackerbohne auch der Erbsenanbau. Bei den ermittelten *Fusarium*-Pilzen konnte jedoch kein Zusammenhang zum Leguminosenanteil in der Fruchtfolge ermittelt werden. Das erklärt sich möglicherweise durch das breite Wirtsspektrum von *Fusarien*, die neben Leguminosen etwa auch Getreidearten befallen.

Ein weiterer wesentlicher Faktor der Wurzelgesundheit ist die Witterung. Auf Praxis-schlägen wurden bei Erbse und Ackerbohne bei günstigen Temperaturen nach der Saat und einer guten Wasserversorgung bis zur Blüte weniger Schädigungen gefunden. Andererseits profitieren jedoch speziell *Fusarien* bei Erbsen von einer guten Wasserversorgung. Bei der Ackerbohne können dagegen Phasen extrem hoher Temperaturen in der Vegetationszeit das Auftreten von Wurzelschädigungen fördern. Unsere Ergebnisse deuten darauf hin, dass sich bei beiden Leguminosen eine spätere Saat positiv auf die Wurzelgesundheit auswirkt. Das widerspricht zum Teil den üblichen Empfeh-

lungen und muss vor allem wegen möglicher Probleme mit der Wasserverfügbarkeit abgewogen werden. Denn bei einer Aussaat im späteren Frühjahr steigt das Risiko für Wassermangel.

Verdichtungen im Boden förderten bei Erbse und Ackerbohne den Schadpilz *Fusarium solani*. Auf leichten Böden und bei guter Phosphorversorgung wies die Ackerbohne weniger Schädigungen an den Wurzeln auf.

Unsere Ergebnisse weisen auch darauf hin, dass starker Blattfraß durch Blattrandkäfer Fußkrankheiten fördert. Die Larven der Blattrandkäfer fressen an Wurzeln und Knöllchen der Leguminosen und können so die Wurzeln direkt schädigen und/oder Eintrittspforten für Krankheitserreger schaffen.



Bei der Ackerbohne treten Fußkrankheiten seltener auf als bei der Erbse. Wenn sie zum Ausbruch kommen, können sie aber empfindliche Ertragseinbußen verursachen (Bilder: H. Schmidt, SÖL)

### Krankheiten und Schädlinge am Spross

Es gibt viele Krankheiten, die Stängel, Blätter und Hülsen von Erbse und Ackerbohne befallen können. Auf insgesamt 122 Praxisschlägen wurde zum Ende der Blüte der Besatz mit Krankheiten am Spross bonitiert. Beide Leguminosenarten zeigten zu diesem Zeitpunkt im Mittel nur einen geringen Krankheitsdruck am Spross. Bei der Erbse war keine deutliche Ertragsbeeinflussung festzustellen. Dagegen hatte bei Ackerbohnen vor allem der Befall mit der Schokoladenfleckenkrankheit einen leicht negativen Einfluss auf den Ertrag.

Die Bonitur des Blattrandkäferfraßes an den Blättern im Mai zeigte eine deutlich stärkere Schädigung der Blätter der Ackerbohne im Vergleich zur Erbse. Bei der Ackerbohne wurde jedoch nur bei starker Schädigung ein leicht negativer Einfluss auf den Ertrag festgestellt.

Beim Blattlausbefall bestätigen die Ergebnisse der Praxiserhebung die Erfahrungen, dass ein hoher Läusebesatz den Erbsenertrag deutlich reduzieren kann. Bei der Ackerbohne war der Blattlausbefall hingegen meist auf Einzelpflanzen beschränkt. Relevante Schädigungen im Bestand waren nur selten festzustellen. Zum Zeitpunkt der Blüte traten die höchsten Blattlausbefallswerte im norddeutschen Raum auf.

Schäden durch den Bohnenkäfer traten je nach Region und Untersuchungsjahr sehr unterschiedlich stark auf. Während in einzelnen Jahren auf Schlägen an der Ostseeküste der Anteil angebohrter Bohnen unter 2% lag, waren auf anderen Standorten bis über 50% der geernteten Bohnen geschädigt. Im Mittel lag die Schädigung bei 22%. Starke Schäden an Erbsen durch Erbsenwickler oder Erbsenkäfer waren dagegen selten, konnten jedoch nicht detailliert untersucht werden.



Ackerbohnen sind vom Blattrandkäferfraß stärker betroffen als Erbsen (Bild: H. Schmidt, SÖL)

### Was bleibt für den Praktiker zu tun?

Auch wenn die Gesundheit von Erbsen und Ackerbohnen auf einige unwägbare Faktoren wie etwa Witterung, Blattlausbefall und Fusarien an den Wurzeln empfindlich reagiert, gibt es eine Reihe von Maßnahmen, die die Gesundheit der Bestände fördern können:

Kultur	Maßnahme
Erbsen und Ackerbohnen	Gesundes Saatgut verwenden, bei Zweifel oder bei Nachbau testen lassen
	Späte Aussaat bzw. hohe Bodentemperatur
	Kein Anbau auf verdichteten Böden
	Kompostgabe
Erbsen	Wenig Rotklee- und Luzerneanbau in der Schlaggeschichte bzw. möglichst großer Abstand
	Anbaupause mindestens 9 bis 10 Jahre

- Körnerleguminosen und Bodenfruchtbarkeit –
- Strategien für einen erfolgreichen Anbau

Kultur	Maßnahme
Ackerbohnen	Anbaupause mindestens 6 Jahre
	Wenig Erbsenanbau in der Schlaggeschichte bzw. mindestens 6 Jahre Abstand
	Phosphordüngung bei geringen Gehalten im Boden (ideal: Versorgungsstufe C)

### Aus der Forschung: Direkte Einflussmöglichkeiten zur Gesundheitshaltung von Leguminosen – Grüngutkomposte können Fußkrankheiten in Erbsen einschränken

In Feldversuchen wurde der Einfluss des Gemengeanbaus von Erbsen mit Hafer und von Grüngutkomposten auf Fußkrankheiten an der Erbse überprüft. Es stellte sich heraus, dass Gemengeanbau sich nicht auf den Befall mit Fußkrankheiten auswirkt.

Dagegen kann der Einsatz von Komposten aus der getrennten Sammlung organischer Abfälle den Befall mit bodenbürtigen Krankheiten an Erbsen verringern. Dies zeigte sich zunächst in umfangreichen Gefäßversuchen (Foto). Es wurden gütegesicherte Grüngutkomposte getestet, die zumeist aus Kompostanlagen stammen, die gemäß FiBL-Betriebsmittelliste für den Ökolandbau anerkannt sind. Je nach Infektionsdruck und Kompostmenge sowie in Abhängigkeit von der Anfälligkeit der Erbsen wurde eine Befallsreduzierung von bis zu 80% bei den Erregern *Mycosphaerella pinodes*, *Phoma medicaginis*, *Fusarium solani* und *Fusarium avenaceum* erzielt.



Erbsen im Topfversuch: Block links ohne Kompostgabe und mit zunehmender Phoma-Infektion, Block rechts mit Kompost und zunehmender Phoma-Infektion (Bild: D. Werren, Universität Kassel)

Auch in natürlich infizierten, zum Teil auch als leguminosenmüde einzustufenden Böden zeigte sich, welches Potenzial Komposte für die Bodenbelebung und Stärkung einer antagonistischen Bodenflora gegenüber Krankheitserregern haben. Diese Effekte konnten auch im Feld gezeigt werden, wobei in der Tendenz ein Einfluss der Kompostmenge festzustellen war. Bereits ab 100 dt pro Hektar Frischmasse ließen sich Wirkungen nachweisen. Dies entspricht etwa einer Menge von 5 t Trockenmasse, die für Naturland- und Biolandbetriebe als Mengen pro Hektar und Jahr zulässig sind. Wurde die Menge verdoppelt, also eine kumulative Ausbringung angewendet, was auch zulässig ist, steigerte das die Wirkung. Bei Aufwandmengen von bis zu 400 dt Grüngutkompost pro Hektar war nicht nur teilweise der Besatz der Erreger reduziert, sondern vor allem die Länge der Wurzelläsionen im Mittel um 5 bis 15 % verringert, vereinzelt sogar bis zu 50 % (siehe untenstehende Tabelle). Dies traf im Vergleich zur Kontrolle auch für andere Dünger wie strohreicher Pferdemist oder frischer Grünguthäcksel zu. Die Komposte waren jedoch am erfolgreichsten und wirkten in Versuchen auf mehreren Standorten in den meisten Fällen befalls-mindernd. In den Kompostversuchen stiegen die Erträge der Leguminosen um bis zu 15 %.

Die Kompostausbringung verbessert die Gesundheit aber nicht nur durch Unterdrückung der Krankheitserreger und Intensivierung des Bodenlebens. Sie liefert auch wichtige Nährstoffe wie Phosphor und Kalium nach, die speziell für Öko-Ackerbaubetriebe von großer Bedeutung sind. Die Kombinationswirkung der Komposte wirkt sich anregend auf das Bodenleben, die Nährstoffaufnahme und die Krankheitsreduktion in den Erbsen aus. Als weiterer positiver Nebeneffekt zeigte sich, dass mit Kompostgaben eine deutlich höhere  $N_2$ -Fixierung einherging. Das führte in der Folgefrucht Winterweizen zu statistisch nachweisbaren Ertragssteigerungen. Dabei ist aber zu berücksichtigen, dass in Böden mit höheren Tongehalten die Ertragswirkung und Krankheitsunterdrückung geringer waren oder gar nicht auftraten.

Beispiel zur Pflanzengesundheit bei Gabe verschiedener Düngemittel:  
Läsionen an Erbsenwurzeln zur Blüte (Juni) aus einem Feldversuch der HTW Dresden

Variante	Mittelwert der Läsionsboniturnote (1 = beste Note)	Mittelwert der Läsionslänge in Millimetern
Kontrolle	6,37	80,33
Kalk	5,74	78,21
Mineralische Düngung	5,83	70,41
Pferdemist	5,33	49,53
Grünguthäcksel	5,40	49,64
Grüngutkompost	4,81	38,35



Künstliche Infektion von Erbsen mit *Phoma medicaginis* in der Kontrollvariante (oben), mit geringer (Mitte) und hoher (unten) Infektionsstufe: Bei gleicher Infektionsstärke ist deutlich zu sehen, dass die Stängelbasis und die Wurzelhäuse in den Varianten ohne Kompost (links) wesentlich stärker befallen sind als in den Varianten mit 30 Volumenprozent Kompost (rechts) (Bilder: D. Werren, Universität Kassel)

### Komposte zur Verbesserung der Pflanzengesundheit ausbringen

Eine krankheitsunterdrückende Wirkung konnte mit der zulässigen Kompostmenge von 5 t TM pro Hektar und Jahr erzielt werden. Die Komposte wurden vor der Saat ausgebracht und mit einer Kreiselegge eingearbeitet.

Da die Krankheitsunterdrückung mit steigender Aufwandmenge zunimmt, wurden Versuche zur konzentrierten Ausbringung der Komposte in der Reihe direkt zur Saat vorgenommen. Ziel war es, den Kompost konzentriert auszubringen, um die Wirkung gegen



Pilzkrankheiten dicht am Keimling zu optimieren. Dazu wurde ein Prototyp für eine Maschinenkombination bestehend aus Kompostbunker und Drillmaschine entwickelt und mit entsprechenden Ausbringungsaggregaten versehen, die einen ununterbrochenen Kompoststrom erlaubten. Das Drillaggregat wurde so erweitert, dass der Kompost aus dem Bunker in die gezogene Furche rieselte. Darauf folgten die Saatschare, eine Zureichschiene und eine Andruckwalze.

Wir konnten in Feldversuchen zeigen, dass die Reihenapplikation einen etwa dreifach stärkeren Effekt erzielen kann im Vergleich zu einer Flächenapplikation. Mit der Maschine ist es möglich, 5 bis 15 t pro Hektar Trockenmasse an Kompost auszubringen. Mit 5 t Trockenmasse wurden gute Ergebnisse erzielt, mit höherem Aufwand stieg sowohl in der Fläche als auch in der Reihenapplikation die Wirkung der Komposte an.



Erbse mit gesundem Wurzelhals bei konzentrierter Kompostausbringung in der Saatschare  
(Bild D. Werren, Universität Kassel)



Prototyp einer Maschinenkombination aus Kompostbunker und Drillmaschine zur Kompostausbringung der Saatreihe und eine Detailabbildung der Saatschare des Prototyps (Bild: D. Werren, Universität Kassel)

### Kontakt für Fragen zu diesem Kapitel

*Christian Bruns*

*Mail: [ch.bruns@uni-kassel.de](mailto:ch.bruns@uni-kassel.de)*

*Telefon: 05542 981543*

## Kapitel 4: Die Nährstoffversorgung von Leguminosenbeständen sichern

Autoren: Guido Lux, Harald Schmidt, Knut Schmidtke

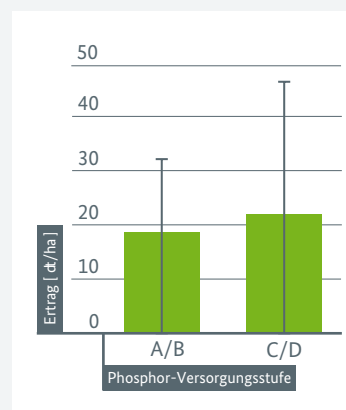
### Aus der Praxis: Status quo der Nährstoffversorgung

In einer Praxiserhebung wurden bundesweit auf über 150 Ökoschlägen die Gehalte an verfügbaren Makro- und Mikronährstoffen und der pH-Wert in der Ackerkrume gemessen. Nur sehr wenige dieser Schläge wiesen Nährstoffgehalte in der Versorgungsstufe A auf (Tabelle). Da die unterschiedliche Nährstoffversorgung kaum einen Effekt auf den Kornertrag von Erbsen und Ackerbohnen hatte, kann man davon ausgehen, dass Versorgungsstufe B im Allgemeinen für durchschnittlich hohe Erträge ausreicht.

Eine Ausnahme ist der Gehalt an pflanzenverfügbarem Phosphor im Boden, der den Erbsenertrag deutlich beeinflusste. Bei einer Phosphorversorgungsstufe C wurden im Durchschnitt höhere Erbsenerträge erreicht als bei den Stufen A und B. Bei niedrigen Phosphorgehalten im Boden und geeigneten pH-Werten ( $\text{pH} < 6,2$ ) zur Düngung von Rohphosphaten kann somit eine Phosphordüngung von Erbsen sinnvoll sein.

Nährstoffversorgungsstufen (VDLUFA) im Boden auf 156 Öko-Ackerschlägen

Nährstoff	Anzahl der Ackerschläge in Versorgungsstufe		
	A [%]	B [%]	> B [%]
pH	3	40	57
P	8	41	51
K	2	26	72
Mg	0	9	91
Mn	6		94
Cu	2		98
B	1		99
Zn	3		97



Erbsenertrag bei verschiedenen Phosphor-Versorgungsstufen

Neben den Grundnährstoffen wurden im Frühjahr auch die  $N_{\min}$ - und  $S_{\min}$ -Mengen im Boden bestimmt. Während ein Einfluss der  $S_{\min}$ -Menge auf den Leguminosenertrag nicht nachgewiesen werden konnte, hatten hohe  $N_{\min}$ -Mengen aufgrund der Förderung von Unkräutern einen negativen Effekt, vor allem auf den Kornertrag der Erbse (siehe Kapitel 1 und 5).

### Einfluss der Bewirtschaftung

Ein Einfluss der Bewirtschaftung auf die Nährstoffgehalte im Boden war in der Praxiserhebung nur in einzelnen Fällen erkennbar. Die Dauer seit der Umstellung auf den ökologischen Landbau – im Mittel 13 und maximal 34 Jahre – war bei keinem Nährstoffgehalt im Boden relevant. Eine Abnahme der Nährstoffe im Boden war also für diesen Zeitraum nicht zu erkennen. Auf Betrieben mit Viehhaltung wurden oft höhere Kalium- und Zinkgehalte im Boden gefunden. Zu einer Anreicherung beider Nährstoffe kann es durch relativ hohe Frachten an Mist und Gülle kommen. Deshalb ist anzunehmen, dass bereits eine hohe Intensität der Tierhaltung vor der Umstellung auf ökologische Bewirtschaftung Einfluss auf die Gehalte im Boden hatte.

### Aus der Forschung: Betriebsfremde organische Düngemittel

Um auf viehlos oder vieh schwach wirtschaftenden Ökobetrieben Nährstoffe zu ersetzen, die dem Boden mit dem Erntegut entzogen werden, können neben den im ökologischen Landbau zugelassenen mineralischen Düngemitteln auch betriebsfremde organische Düngemittel eingesetzt werden. Diese enthalten – im Gegensatz zu vielen mineralischen Düngemitteln – in der Regel alle für das Pflanzenwachstum benötigten Makro- und Mikronährstoffe. Bei regelmäßiger Anwendung können sie außerdem dazu beitragen, den Humusgehalt im Boden langfristig zu erhöhen. Je nach Struktur und C/N-Verhältnis der organischen Düngemittel wird das organische Material unterschiedlich schnell im Boden umgesetzt und die enthaltenen Nährstoffe für die Pflanzen verfügbar. In der nachfolgenden Tabelle sind wichtige Eigenschaften der im Projekt in Feldversuchen verwendeten betriebsfremden organischen Düngemittel angegeben.

Eigenschaften betriebsfremder organischer Düngemittel

	Zustand / Alter	Kohlenstoff in TM	C/N
<b>Grüngutkompost</b>	Gesiebt / > 4 Monate	~ 20 %	~ 18
<b>Pferdemist</b>	Strohreich / < 4 Wochen	~ 40 %	~ 34
<b>Gehölzhäcksel</b>	Gesiebt / < 2 Wochen	~ 45 %	~ 52



Struktur und Beschaffenheit von Grüngutkompost (links), Pferdemist (Mitte) und Gehölzhäcksel (rechts)  
(Bild: G. Lux, HTW Dresden)

Die Aufwandmengen dieser organischen Düngemittel richten sich nach der Verfügbarkeit des jeweiligen Materials, den Gehalten an Stickstoff und dem C/N-Verhältnis. Legt man die in der folgenden Tabelle angegebenen Eigenschaften zugrunde, können Aufwandmengen für Pferdemist und Grüngutkompost von etwa 250 dt Frischmasse sowie für Gehölzhäcksel von etwa 150 dt je Hektar und Jahr als Richtwerte angesehen werden. Mit einer Ausbringung von 250 dt dieser Düngemittel je Hektar werden die in der Tabelle angegebenen Mengen an Phosphor, Kalium und Schwefel ausgebracht.

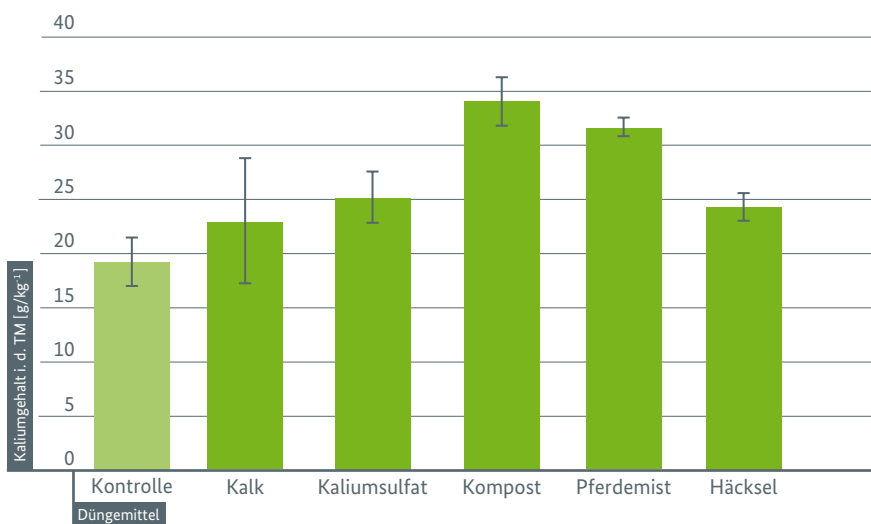
Gedüngte Mengen an P, K und S mit einer Aufwandmenge von 250 dt Frischmasse pro Hektar

	Phosphor [kg/ha]	Kalium [kg/ha]	Schwefel [kg/ha]
<b>Grüngutkompost</b>	30	150	24
<b>Pferdemist</b>	16	170	19
<b>Gehölzhäcksel</b>	14	70	13

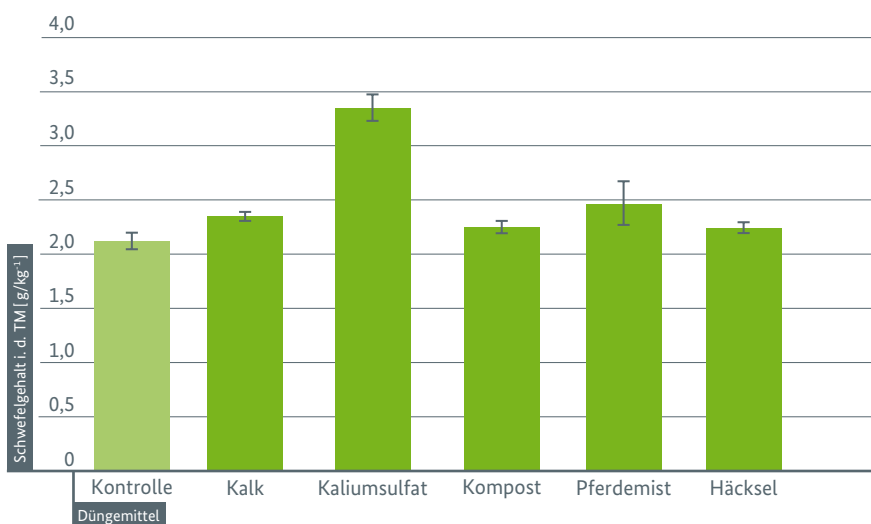
### Aus der Forschung: Verbesserung der Nährstoffaufnahme

Im Projekt wurde auch geprüft, welche Düngemittel die Nährstoffversorgung und den Vorfruchtwert von Körnerleguminosen verbessern. Dazu wurden neben den mineralischen Düngemitteln kohlenaurer Kalk und Kaliumsulfat/Dolophos drei organische Düngemittel getestet: Frischer Pferdemist, Grüngutkompost und Gehölzhäcksel wurden vor der Saat der Ackerbohne ausgebracht und flach eingearbeitet. Nach organischer Düngung konnten hohe Gehalte von Kalium im Blatt der Ackerbohne zum Zeitpunkt der Blüte nachgewiesen werden, insbesondere bei Grüngutkompost und Pferdemist (Abbildung oben). Der Gehalt an Schwefel war nach der Düngung von Kaliumsulfat und weicherdigem Rohphosphat am höchsten. Bei Molybdän, einem Mikronährstoff, der vor allem für die symbiotische Stickstofffixierung benötigt wird, wurden bei allen drei organischen Düngemitteln gegenüber dem Einsatz mineralischer Düngemittel deutlich

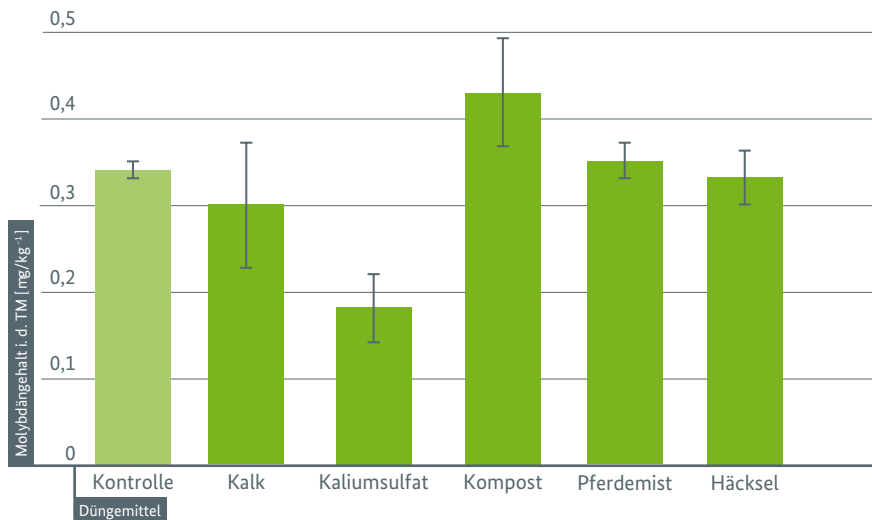
höhere Gehalte im Blatt der Ackerbohne festgestellt. Direkte Effekte der organischen Düngung auf den Kornertrag der Körnerleguminosen, die sich auf eine veränderte Nährstoffversorgung zurückführen lassen, wurden nicht festgestellt. Jedoch konnten nach Düngung der Ackerbohne mit Grüngutkompost signifikant höhere Kornerträge eines nachfolgenden Winterweizens gegenüber einer rein mineralischen oder unterlassenen Düngung der Vorfrucht ermittelt werden.



Kaliumgehalt im Blatt der Ackerbohne zum Zeitpunkt der Blüte nach mineralischer und organischer Düngung zur Saat im Jahr 2010



Schwefelgehalt im Blatt der Ackerbohne zum Zeitpunkt der Blüte nach mineralischer und organischer Düngung zur Saat im Jahr 2010



Molybdängehalt im Blatt der Ackerbohne zum Zeitpunkt der Blüte nach mineralischer und organischer Düngung zur Saat im Jahr 2010

### Gesetzliche Vorgaben und Herkunft der organischen Düngemittel

Grüngutkompost in verschiedenen Rottegraden (Frischkompost, Fertigkompost) und Gehölzhäcksel sind in Kompostieranlagen erhältlich und sollten durch die Bundesgütegemeinschaft Kompost nach RAL gütegesichert sein. Mit einer RAL-Gütesicherung für organische Düngemittel werden die Vorgaben der Düngemittelverordnung (DüMV) und der Bioabfallverordnung (BioAbfV) eingehalten. Sämtliche Gehalte an Nährstoffen und an Schwermetallen bzw. Schadstoffen sind in den Prüfzeugnissen aufgeführt. Besonders bei Gehölzhäcksel ist auf Verunreinigungen des Materials durch Beimengungen (etwa Kunststofffolien) zu achten.

Grundsätzlich richtet sich die Verwendung von organischen Düngemitteln nach den EG-Rechtsvorschriften für den ökologischen Landbau (Verordnung EG Nr. 834/2007) und den Durchführungsbestimmungen (Verordnung EG Nr. 889/2008) bzw. nach der Düngemittelverordnung (DüV). Vor dem Einsatz betriebsfremder organischer Düngemittel sollte mit der zuständigen Kontrollstelle und gegebenenfalls mit dem Anbauverband Rücksprache gehalten werden.

### Fazit: So kann die Nährstoffversorgung optimiert werden

- Erbse & Phosphor: Zur Ertragssicherung bei unterversorgten Beständen kann bei einem pH-Wert im Boden von unter 6,2 Rohphosphat gedüngt werden.
- Stickstoff & Unkraut: Um einen hohen Besatz mit Samenunkräutern zu vermeiden und die symbiotische  $N_2$ -Fixierung zu begünstigen, sollten hohe  $N_{\min}$ -Vorräte im Boden zur Saat vermieden werden.

Vorteile organischer Düngung:

- Kurzfristig: Eine deutlich verbesserte Nährstoffversorgung der gedüngten Leguminosen konnte nachgewiesen werden.
- Mittelfristig: Die nachfolgenden Kulturen profitieren von verbessertem Vorfruchtwert der organisch gedüngten Körnerleguminose.
- Langfristig: positive Wirkungen auf den Humushaushalt im Boden.

### Kontakt für Fragen zu diesem Kapitel

*Knut Schmidtke*

*Mail: schmidtke@htw-dresden.de*

*Telefon: 0351 4623017*

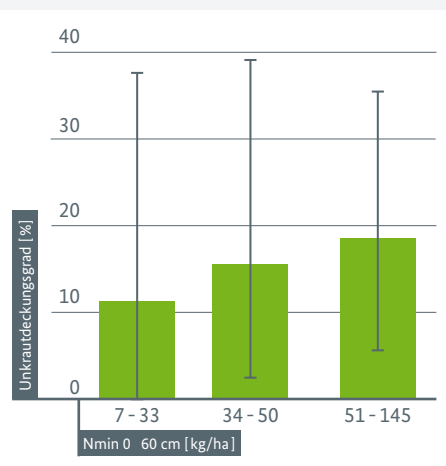
## Kapitel 5: Unkräuter regulieren

Autoren: Herwart Böhm, Annkathrin Gronle, Guido Lux, Harald Schmidt, Knut Schmidtke

Die Verunkrautung hat auf Ökobetrieben wesentlichen Einfluss auf den Erbsen- und Ackerbohnenenertrag. Das zeigen die Ergebnisse der Praxiserhebung auf über 120 Acker-schlägen. Wenn der Unkrautdeckungsgrad im Mai um 10 % höher lag, konnten in beiden Kulturen im Mittel 4 dt pro Hektar weniger geerntet werden. Durch die Optimierung des Unkrautmanagements kann also der Anbauerfolg dieser Körnerleguminosen deutlich verbessert werden. Von der Schlagauswahl (siehe Kapitel 1) über die Stoppel- und Grundbodenbearbeitung (siehe Kapitel 2) bis zur Vorbewirtschaftung der Flächen und der Qualität der Aussaat gibt es zahlreiche Managementfaktoren, die einen deutlichen Einfluss auf die Bestandesetablierung und somit auf das Unkrautgeschehen haben. Eine weitere Möglichkeit der indirekten Unkrautregulierung stellt der Gemengeanbau dar. Zur direkten Bekämpfung der Unkräuter kommen in erster Linie mechanische Verfahren zum Einsatz. Ein weiterer, neuer Ansatz ist die Ausbringung von Gehölzhäcksel.

### Aus der Praxis: Die richtige Vorbewirtschaftung legt den Grundstein

#### Stickstoffverfügbarkeit



Unkrautdeckungsgrad in Erbsen- und Ackerbohnenbeständen im Mai (mit Spannweite) in Abhängigkeit von der  $N_{\min}$ -Menge im Frühjahr.

Die Vorbewirtschaftung kann sich auf unterschiedliche Weise auf den Unkrautdruck im aktuellen Körnerleguminosenbestand auswirken. Vor allem die  $N$ -Verfügbarkeit macht sich deutlich bemerkbar. Leguminosen profitieren von einer geringen  $N$ -Versorgung im Boden, da sie den Luftstickstoff nutzen können und so einen Vorteil gegenüber nichtleguminösen Unkräutern haben. Die  $N_{\min}$ -Menge in 0 bis 60 cm Tiefe im Frühjahr war auf den Praxis-schlägen ein wesentlicher Faktor für den Unkrautdeckungsgrad. Nach Ergebnissen dieser Praxiserhebung können hohe  $N_{\min}$ -Mengen vermieden werden durch ...

- einen möglichst großen Abstand zum vorherigen Leguminosenanbau.
- eine Fruchtfolge, in der Körnerleguminosen nicht nach Kartoffeln stehen, da nach Kartoffeln und teilweise auch nach anderen Hackfrüchten oft höhere  $N_{\min}$ -Mengen auftreten.



- einen möglichst großen zeitlichen Abstand zur letzten Düngung mit N-reichen Substraten (z. B. Gülle).
- einen Anbauverzicht auf Böden mit hoher natürlicher N-Nachlieferung, wie z. B. bei hohem Humusgehalten und einem engen C/N-Verhältnis.
- Zwischenfruchtanbau vor Körnerleguminosen mit einer Nichtleguminose.

### Stoppelbearbeitung

Neben dem N-Effekt war die Intensität der Stoppelbearbeitung der zweite wichtige Vorbewirtschaftungsfaktor, der deutlichen Einfluss auf den Unkrautdeckungsgrad im Mai nahm. Die Bearbeitungstiefe reichte auf den untersuchten Schlägen von 5 bis 25 cm. Je tiefer bearbeitet wurde, desto geringer war im Mittel der Unkrautdruck im Folgejahr. Vor allem auf Schlägen mit hohem Unkrautdruck ist deshalb eine intensive Stoppelbearbeitung zu empfehlen.

### Pflugtermin und Fruchtfolgeeffekte

An dritter Stelle steht der Pflugtermin. Obwohl nach einer Herbstfurche im Frühjahr meist höhere  $N_{\min}$ -Mengen im Boden gefunden wurden als nach der Frühjahrsfurche, wirkte sich eine Herbstbodenbearbeitung oft unkrautreduzierend aus.

Fruchtfolgeeffekte auf den Unkrautdeckungsgrad zeigten sich erst im Juni. So war der Unkrautdruck im Mittel geringer auf Schlägen mit langfristig hohem Anteil an Wurzel- und Knollenfrüchten und bei vermehrtem Anbau von Winterfrüchten in den vorherigen drei Jahren. Bei häufiger Strohdüngung trat ein höherer Unkrautdruck auf. Die Ursache hierfür ist bisher nicht geklärt. Ein Effekt des Kleeernteanteils auf den Unkrautdruck war nicht nachzuweisen.

### Was die Aussaat beiträgt

Der Einfluss der Bestandeshomogenität und der Pflanzendichte auf den Unkrautdeckungsgrad ist im Mai noch relativ gering, ab Juni werden sie aber zu den wesentlichen Faktoren. Lückige und lockere Bestände sind häufig stärker verunkrautet als gleichmäßig dichte Bestände. Beobachtungen bei der Durchführung des Projektes ergaben, dass eine unzureichende Saattechnik und/oder Saatchdurchführung auf vielen Betrieben für heterogene Bestände verantwortlich waren (siehe Kapitel 2).

### Aus der Forschung: Gemengeanbau hält das Unkraut in Schach

Körnerleguminosen, insbesondere Erbsen, sind schwach Unkraut unterdrückende Kulturen. Werden sie in Reinsaat angebaut, kann das zu einem hohen Unkrautauflkommen führen. Dies ist vor allem dann der Fall, wenn man halblattlose Wuchstypen wählt und eine reduzierte Bodenbearbeitung durchführt. Gründe für die hohe Verunkraut-

tungsgefahr sind die langsame Jugendentwicklung und insbesondere bei halbblattlosen Erbsen eine hohe Lichtdurchlässigkeit der Bestände. Der Gemengeanbau von halbblattlosen Erbsen und Nichtleguminosen kann dagegen Unkräuter bei tief- und flachwendender Bodenbearbeitung gut unterdrücken (siehe Tabelle 1). Aber auch der Anbau normalblättriger Erbsen mit einem Getreidepartner unterdrückt Unkräuter an Standorten mit einem hohen Unkrautdruck besser als eine Reinsaat normalblättriger Erbsen. Als Ursachen kommen dafür eine stärkere Beschattung des Bodens und eine größere Konkurrenz um Wasser und Stickstoff im Vergleich zu Erbsen-Reinsaaten in Frage. Bei einigen Gemengepartnern, wie etwa beim Hafer, spielt auch die Abgabe von Wurzelabscheidungen, die auf Unkräuter wachstumshemmend wirken, eine große Rolle.



Ein Gemenge aus Sommererbsen und Hafer kann dabei helfen, Unkräuter zu unterdrücken (Bild: A. Gronle, TI)

Tab. 1: Unkrautauftreten (dt Trockenmasse/ha) in Reinsaaten von halbblattlosen Sommer- und Wintererbsen und im Gemenge mit Getreidepartnern nach tief- und flachwendender Bodenbearbeitung

	Sommererbse + Hafer		Wintererbse + Triticale	
	2009	2010	2010	2011
<b>Reinsaat Erbse, tiefwendend</b>	8,9	6,3	5,9	18,9
<b>Gemenge, tiefwendend</b>	5,9	3,1	2,8	2,9
<b>Reinsaat Erbse, flachwendend</b>	10,5	8,8	9,4	21,5
<b>Gemenge, flachwendend</b>	5,3	5,5	3,7	7,1

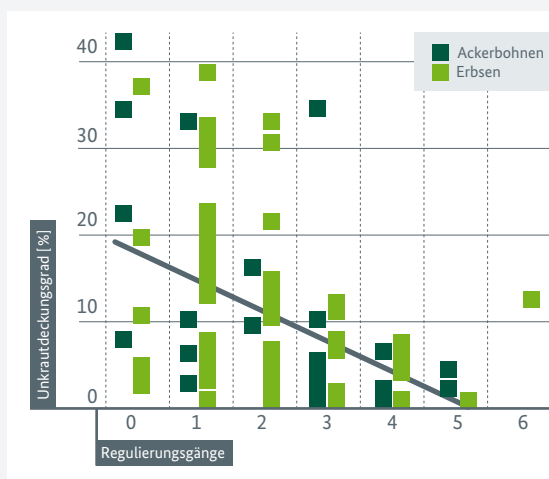


Verunkrautung in Beständen einer normalblättrigen Erbsen-Reinsaat (links) und eines normalblättrigen Erbsen-Triticale-Gemenge (rechts) (Bild: A. Gronle, TI)

### Aus der Praxis: Auch der Klassiker wirkt – mechanische Unkrautregulierung

Die Praxiserhebungen zeigen auch, dass die mechanische Unkrautregulierung bei Erbsen und Ackerbohnen erfolgreich ist. Bei mehrfachem Striegeln vor und nach Auflaufen der Leguminosen wurden deutlich geringere Unkrautdeckungsgrade ermittelt. Dies gilt auch für die in einigen Fällen bei der Ackerbohne eingesetzte maschinelle Hacke. Häufig wurden ein bis vier Arbeitsgänge mit Striegel oder Hacke durchgeführt, selten auch keiner oder fünf bis sechs. Der Effekt der Unkrautregulierung konnte nachgewiesen werden, obwohl

die für eine Wirksamkeit der Einzelmaßnahmen wichtigen Faktoren Einsatztermin und Wahl des Gerätes sowie Qualität der Arbeitsausführung nicht berücksichtigt werden konnten. Beobachtungen im Laufe des Projektes haben jedoch gezeigt, dass bei geeigneten Bodenbedingungen ein möglichst früher Einsatz den Regulierungserfolg erhöht. Bei ausreichender Saattiefe zeigte auch das Blindstriegeln im Voraufbau gute Erfolge.



Unkrautdeckungsgrad in Erbsen- und Ackerbohnenbeständen im Mai in Abhängigkeit von der Anzahl der Striegel- oder Hackeinsätze mit Tendenzlinie

### Aus der Forschung: Eine neue Option für die Praxis – Gehölzhäcksel zu Körnerleguminosen

In Ackerbohnen- und Erbsenbeständen besteht die Möglichkeit, durch eine Applikation von Gehölzhäcksel Samenunkräuter zu regulieren. Die Gehölzhäcksel werden direkt vor der Saat ausgebracht und in einer Tiefe von etwa 5 cm flach eingearbeitet. Durch die Umsetzung des Materials im Boden werden organische Verbindungen freigesetzt, die eine keimhemmende Wirkung in der Zone der Einarbeitung entfalten. Einfluss auf die Wirksamkeit hat ...

- die Baum- bzw. Gehölzart,
- die Einarbeitungstiefe in den Boden,
- die Partikelgröße bzw. der Zerkleinerungsgrad des Gehölzhäcksel,
- die Aufwandmenge,
- der Witterungsverlauf,
- die mikrobielle Aktivität des Bodens,
- zusätzliche mechanische Regulierungsmaßnahmen.

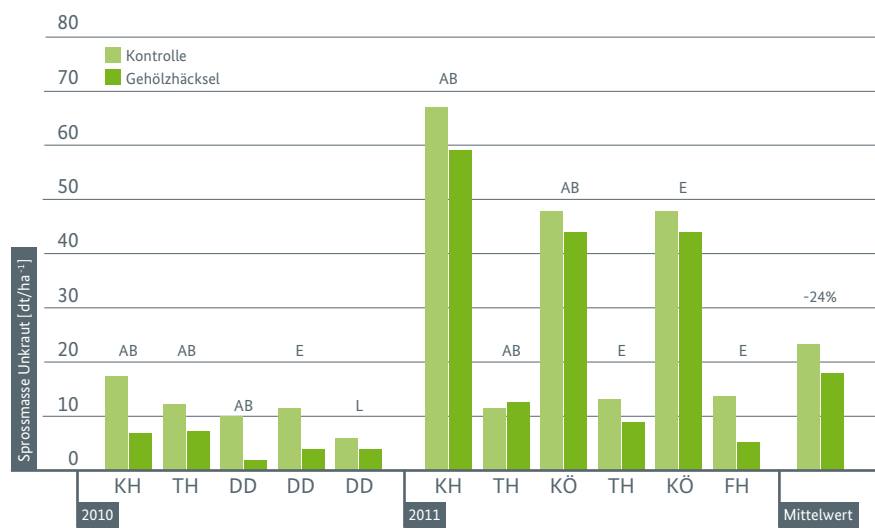
Bei Untersuchungen auf Praxis schlägen wurden in den Jahren 2010 und 2011 an verschiedenen Standorten vor der Saat Gehölzhäcksel mit einer Ausbringmenge zwischen 114 und 480 dt Frischmasse pro Hektar zu Ackerbohne, Körnererbse und Schmalblättriger Lupine getestet. Im Mittel konnte die Unkrautmasse um 24 % gegenüber der Kontrolle ohne Gehölzhäckselausbringung reduziert werden (siehe nebenstehendes Diagramm). Insbesondere bei einjährigen Samenunkräutern zeigte Gehölzhäcksel eine gute Wirkung. Verantwortlich für die keimhemmende Wirkung von Gehölzhäcksel sind möglicherweise Phenole und Phenolverbindungen, die durch den Abbau des Materials im Boden frei werden.

Durch Kombination von Gehölzhäckselapplikation und mechanischer Unkrautregulierung kann die Verunkrautung gegenüber einer Einzelmaßnahme nochmals deutlich vermindert werden. Eine mechanische Unkrautregulierung ist jedoch nach der Gehölzhäckselausbringung nur dann möglich, wenn Ausbringmenge, Siebgröße (< 40 mm), Einarbeitung und der Reihenabstand (> 25 cm) angepasst sind und den Einsatz einer Hacke erlauben. Günstig für eine keimhemmende Wirkung des Gehölzhäcksel ist ein hoher Anteil an Nadelgehölz. In Gefäßversuchen konnte durch Gehölzhäcksel mit Nadelbaumarten eine fast vollständige Keimhemmung der ausgebrachten Unkrautsamen erzielt werden. Bei hohen Aufwandmengen an Gehölzhäcksel und flach abgelegtem Saatgut, wie etwa bei Lupine und Sojabohne, kann es aber auch zu einem geringeren Feldaufgang kommen, da hier die Keimhemmung auch auf die Leguminosensamen wirkt.



### Empfehlungen zur Anwendung von Gehölzhäcksel:

- Ausbringung vor der Saat von Körnerleguminosen.
- Vorsicht bei flacher Saat der Körnerleguminose (Lupine, Sojabohne).
- möglichst flache Einarbeitung (Kreiselegge, Feingrubber).
- Applikationsmenge maximal 450 dt Frischmasse pro Hektar alle drei Jahre.



Unkraut-Sprossmasse in Ackerbohne (AB), Erbse (E) und Schmalblättriger Lupine (L) ohne und mit Ausbringung von Gehölzhäcksel an verschiedenen Standorten in Deutschland (KH, TH, DD, KÖ, FH)



Verunkrautung in Ackerbohne ohne (links) und mit Ausbringung von Gehölzhäcksel (rechts)  
(Bild: G. Lux, HTW Dresden)

### **Fazit: Altbekannte Strategien optimieren – Unkräuter wirkungsvoll reduzieren**

Insgesamt sind die meisten aus den Praxiserhebungen vorgestellten Zusammenhänge von Unkrautdruck und Bewirtschaftung im Ökolandbau bekannte Effekte. Da sie in den Praxiserhebungen den Ertrag aber nachweislich beeinflussten, sind sie trotzdem wichtige Stellschrauben. Wird an ihnen gedreht, kann der Leguminosenanbau in der Praxis deutlich verbessert werden. Dies gilt sowohl für vorbeugende Maßnahmen als auch für direkte Regulierungsmaßnahmen. Mit dem Gemengeanbau steht zudem ein Instrument zur Verfügung, mit dem der Unkrautdruck deutlich reduziert werden kann. Insbesondere auf Böden mit hoher Stickstoffnachlieferung kann dieser vom Getreidepartner sehr gut verwertet werden. Dadurch wird gleichzeitig die Entwicklung der Unkräuter gehemmt und die Körnerleguminose gefördert. In der Summe trägt der Gemengeanbau zu einer höheren Ertragssicherheit bei.

Wenn Gehölzhäcksel günstig bezogen werden kann, ist es eine weitere, effektive Option. Die damit zugeführte organische Substanz verhilft gerade viehschwachen Betrieben zu einer ausgeglicheneren Humusbilanz. Im Einzelfall sollte jedoch stets geprüft werden, ob auf Schlägen mit hohem Unkrautdruck auf den Anbau konkurrenzschwacher Kulturen, wie Erbsen in Reinkultur, verzichtet werden kann.

#### **Kontakt für Fragen zu diesem Kapitel**

*Herwart Böhm*

*Mail: [herwart.boehm@ti.bund.de](mailto:herwart.boehm@ti.bund.de)*

*Telefon: 04539 8880 313*



## Kapitel 6: Aus der Forschung – Sommer- oder Wintererbse?

Autoren: Annkathrin Gronle, Herwart Böhm, Detlev Möller und Daniel Wolf

Der Wintererbsenanbau bringt im Vergleich zum Anbau von Sommererbsen viele Vorzüge mit sich: Wintererbsen binden und halten den Stickstoff bereits im Herbst, bedecken den Boden über Winter, haben das Potenzial für höhere Erträge und Stickstofffixierleistungen, reifen früher ab und lassen damit mehr Spielraum zur Entzerrung von Arbeitsspitzen nach der Ernte. Sie bieten damit die Möglichkeit, die Arbeitsspitzen nach der Ernte zu minimieren. Die derzeitige Sortenpalette umfasst normalblättrige und buntblühende sowie halbblattlose und weißblühende Wintererbsen, die sich hinsichtlich ihrer Eigenschaften unterscheiden.

### Welche Erbse für welchen Standort?

Wintererbsen eignen sich für schwere, im Frühjahr erst spät befahrbare Böden, auf denen eine rechtzeitige Sommererbsenaussaat schwierig ist. Es kommen aber auch Böden in Frage, die leicht austrocknen und bei denen deshalb die Winterfeuchte ausgenutzt werden sollte. Allgemein sollten auf Standorten mit einer hohen Gefahr von Kahlfrösten ab ca. -13 °C Sommererbsen bevorzugt werden. In untenstehender Tabelle sind mögliche Standortbedingungen und ihre Eignung für Sommer- oder Wintererbsen aufgelistet.

Mögliche Standortbedingungen und ihre Eignung für Sommer- oder Wintererbsen

Standort	Sommererbse	Wintererbse
Stark frostgefährdete Lagen	x	
Geringe Schneewahrscheinlichkeit	x	
Mild mit geringer Frostgefahr		x
Windgeschützt mit hoher Schneewahrscheinlichkeit		x
Schwere, im Frühjahr langsam abtrocknende Böden		x
Leichte, zur Austrocknung neigende Böden		x
Frühjahrsstrockenheit (April bis Mitte Mai)	x	
Frühsommertrockenheit (Juni)		x

## Welcher Wuchstyp für welche Ansprüche?

Normalblättrige, langwüchsige Wintererbsen (z. B. E.F.B. 33) sind sicherer in der Überwinterung und unterdrücken Unkräuter effektiver als halbblattlose Wintererbsen. Allerdings haben sie wegen ihrer hohen Blattmasse eine starke Lagerneigung und sind daher für den Anbau in Reinsaat nicht zu empfehlen. Normalblättrige Wintererbsen sind in der Stickstofffixierleistung und der Vorfruchtwirkung halbblattlosen Winter- und Sommererbsen überlegen.

Halbblattlose, weißblühende Wintererbsen (z. B. James) sind insbesondere dann auswinterungsgefährdet, wenn sie eine zu weite Vorwinterentwicklung mit mehr als vier bis fünf Ranken aufweisen. Aufgrund ihrer Kurzwüchsigkeit und der damit verbundenen Standfestigkeit können sie aber gut in Reinsaat angebaut werden.

Normalblättrige, langwüchsige Wintererbsen können entweder als Ganzpflanze oder zum Korndrusch genutzt werden. Halbblattlose Wintererbsen eignen sich dagegen vor allem zur Körnernutzung. Da die gängigen normalblättrigen Wintererbsen zumeist buntblühend sind, haben sie bei Körnerfütterung trotz eines höheren Rohproteingehalts einen geringeren energetischen Futterwert als weißblühende, halbblattlose Wintererbsen. Dies liegt an ihrem höheren Rohfasergehalt, der durch ihre geringere Korngröße bedingt ist, und an enthaltenen antinutritiven Substanzen (z. B. Tannine).



Normalblättrige, buntblühende Wintererbse E.F.B. 33 (links) und halbblattlose, weißblühende Wintererbse James (rechts) (Bild: A. Gronle, TI)



Normalblättrige, langwüchsige und buntblühende Wintererbsen:  
 gute Winterhärte und Unkrautunterdrückung, hohe Lagerneigung, antinutritive Substanzen im Korn (Gemengeanbau, Ganzpflanzennutzung oder ggf. Korndrusch)

Halbblattlose, kurzwüchsige und weißblühende Wintererbsen:  
 auswinterungsgefährdet, geringe Unkrautunterdrückung, kaum antinutritive Substanzen (Reinsaat, Kornnutzung)



## Anbau in Reinsaat oder Gemenge?

Für den Anbau von normalblättrigen, langwüchsigen Wintererbsen ist ein Gemengeanbau notwendig, um eine geringe Spätverunkrautung, eine optimale Abtrocknung der Bestände zur Ernte und eine sichere Ernte ohne große Verluste zu gewährleisten. Als Mischungspartner kommen dafür Wintergetreidearten oder Ölfrüchte in Frage. In untenstehender Tabelle sind Vor- und Nachteile der möglichen Gemengepartner aufgeführt.

Halbblattlose, kurzwüchsige Wintererbsen weisen eine geringe Unkrautunterdrückung auf, die durch den Anbau mit einem Getreidepartner deutlich verbessert werden kann. In einzelnen Jahren kann der Gemengeanbau von halbblattlosen Wintererbsen auch die Auswinterung reduzieren. Um die halbblattlosen Wintererbsen nicht zu stark zu unterdrücken, darf der Getreideanteil im Gemenge nicht zu hoch sein. Ein Anbau mit Ölfrüchten ist hier weniger problematisch, stellt aber höhere Anforderungen an die Aussaat.

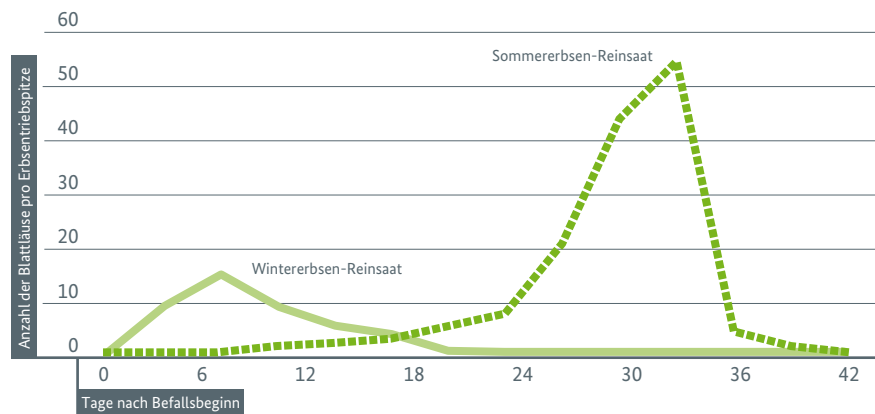
Vor- und Nachteile möglicher Gemengepartner für Wintererbsen

	Wintergetreide (Triticale, Roggen, Weizen)	Ölfrüchte (Raps, Rübsen)
<b>Vorteile</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Hohe Gesamterträge des Gemenges</li> <li>→ Gemeinsame Aussaat (gleicher Termin und gleiche Saattiefe)</li> <li>→ Gute Unkrautunterdrückung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Gute Trennbarkeit des Gemenges</li> <li>→ Geringe Konkurrenzstärke insbesondere bei der Verwendung von halbblattlosen Wintererbsen</li> </ul>
<b>Nachteile</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Unterdrückung insbesondere von halbblattlosen Wintererbsen im Gemenge</li> <li>→ Frühere Abreife von halbblattlosen Wintererbsen im Vergleich zu den Getreidepartnern</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Höhere Anforderungen an die Aussaat (entweder getrennte Saattermine mit Aussaat in alternierenden Reihen oder Kompromisstermin bei Aussaat in unterschiedlichen Saattiefen)</li> <li>→ Geringer Ertragsanteil der Ölfrüchte im Gemenge</li> <li>→ Geringere Unkrautunterdrückung im Vergleich zu Getreidepartnern</li> </ul>
<b>Mögliche Saatstärken</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Normalblättrige Wintererbsen 40 kf. Körner Erbse/m<sup>2</sup> + 80 – 150 kf. Körner Getreide/m<sup>2</sup></li> <li>→ Halbblattlose Wintererbsen: 40 – 80 kf. Körner Erbse/m<sup>2</sup> + 80 – 100 kf. Körner Getreide/m<sup>2</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Normalblättrige Wintererbsen: 40 kf. Körner Erbse/m<sup>2</sup> + 40 kf. Körner Raps/m<sup>2</sup></li> <li>→ Halbblattlose Wintererbsen: 40 – 80 kf. Körner Erbse/m<sup>2</sup> + 40 kf. Körner Raps/m<sup>2</sup></li> </ul>

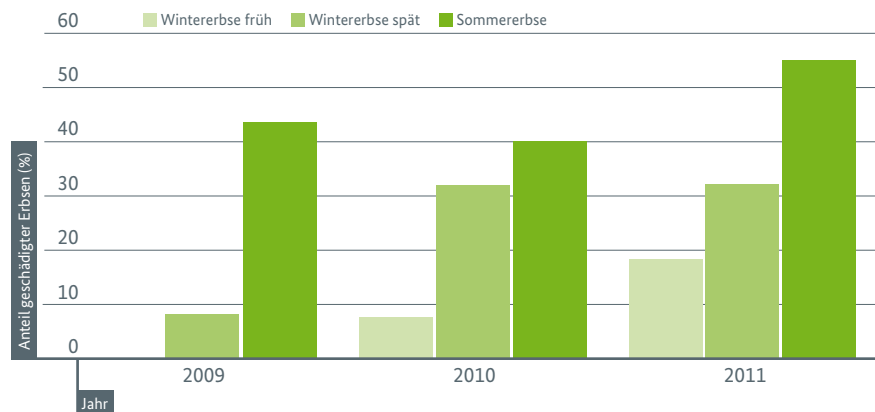
## Unkraut, Krankheiten und Schädlinge

Normalblättrige, buntblühende Wintererbsen haben zwei Vorteile gegenüber den halbblattlosen, weißblühenden Sommer- und Winterformen: Sie unterdrücken das Unkraut besser und sind in der Regel weniger anfällig für Fuß- und Wurzelkrankheiten.

Ein früher Blüte- und Abreifezeitpunkt von Erbsen ist von Vorteil für einen geringen Befall mit Erbsenschädlingen wie etwa der Grünen Erbsenblattlaus und dem Erbsenwickler. Aus diesem Grund werden Wintererbsen in geringerem Maße von diesen Schädlingen befallen als Sommererbsen. Frühblühende und frühabreifende Wintererbsen sind dabei im Vorteil gegenüber Wintererbsen mit späterem Blüte- und Reifezeitpunkt.



Verlauf des Blattlausbefalls in Reinsaat von halblattlosen, weißblühenden Winter- und Sommererbsen



Anteil der durch Fraß von Erbsenwickler-Larven geschädigten Körner im Erntegut von früh- und spätblühenden Wintererbsen und Sommererbsen beim Anbau im Gemenge

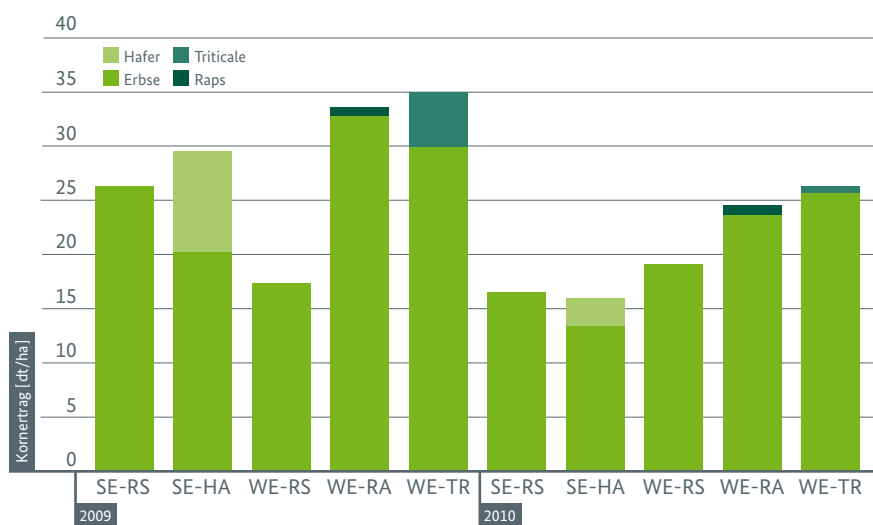
### Normalblättrige Wintererbsen sind starke Stickstofffixierer

Die Stickstofffixierleistung liegt bei normalblättrigen Wintererbsen mit Werten zwischen 150 und 180 kg N pro Hektar bei gleichen Standortbedingungen 1,5- bis 3-mal höher als bei halblattlosen Sommererbsen (50 – 85 kg N pro Hektar). Selbst beim Anbau im Gemenge mit Triticale oder Raps ist die Stickstofffixierleistung von normalblättrigen Wintererbsen mit der Leistung im Reinsaat-Anbau vergleichbar. Die Werte von halb-

blattlosen Wintererbsen liegen etwa auf dem Niveau von halbblattlosen Sommererbsen. Aufgrund der Konkurrenz durch den Gemengepartner fixieren halbblattlose Wintererbsen beim Gemengeanbau mit Getreidepartnern oder Ölfrüchten deutlich weniger Stickstoff.

### Höhere Erträge insbesondere im Gemenge

Normalblättrige Wintererbsen sind in ihrer Ertragsleistung halbblattlosen Sommererbsen insbesondere beim Anbau im Gemenge auf den meisten Standorten überlegen. Normalblättrige Wintererbsen erzielen auch bei halber Saatstärke im Gemenge mit Triticale (40 Körner pro m<sup>2</sup>) eine höhere Ertragsleistung als in Reinsaat (80 Körner pro m<sup>2</sup>), während halbblattlose Sommererbsen bei gleicher Saatstärke in Reinsaat und Gemenge (80 keimfähige Körner pro m<sup>2</sup>) einen geringeren Erbsenertrag aufweisen. Dies liegt an der hohen Konkurrenzstärke des Gemengepartners Hafer. Halbblattlose Wintererbsen sind in ihrem Ertragsniveau normalblättrigen Wintererbsen ebenfalls unterlegen.



Erträge der halbblattlosen Sommererbsensorte Santana in Reinsaat (SE-RS) und im Gemenge mit Hafer (SE-HA) sowie der normalblättrigen Wintererbsensorte E.F.B. 33 in Reinsaat (WE-RS) und im Gemenge mit Raps (WE-RA) und Triticale (WE-TR) am Standort Trenthorst, Schleswig-Holstein.

### Wann lohnt sich die Wintererbse aus ökonomischer Sicht?

Bei der ökonomischen Bewertung wurde der Anbau normalblättriger Wintererbsen mit halbblattlosen Sommererbsen verglichen. Dabei wurde berücksichtigt, dass Wintererbsen zusammen mit Triticale im Gemenge, Sommererbsen aber häufig in Reinsaat angebaut werden. Es zeigte sich, dass für Wintererbsen-Triticale-Gemenge im Mittel um 136 Euro geringere Saatgutkosten pro Hektar anfallen. Dies ist auf eine geringe

Aussaatstärke zurückzuführen, die die höheren Saatgutkosten für Wintererbsen und Stützfrucht aufwiegen. Zudem kann man mit geringeren Maschinenkosten rechnen, weil Wintererbsen aufgrund der früheren und kräftigeren Bodenbedeckung häufig mit weniger Unkrautregulierungsdurchgängen auskommen. Dadurch lassen sich zwischen 5 und 25 Euro an Maschinenkosten einsparen. Hinzu kommt die eingesparte Arbeitszeit.

In den Versuchen konnten beim Wintererbsenanbau im Mittel 33 % höhere Erträge erreicht werden. Bezogen auf die Praxisbetriebe wurden Mehrerträge von 5 bis 12 dt pro Hektar bzw. höhere Marktleistungen von 218 bis 522 Euro pro Hektar (bei einem Preis von 43,50 Euro je Dezitonne) erzielt. Praktikerbefragungen haben außerdem gezeigt, dass die Wintererbsenerträge stabiler sind. Insgesamt spricht der ökonomische Vergleich also klar für den Gemengeanbau von Wintererbsen. Einzelbetrieblich ist jedoch zu entscheiden, ob eine weitere Winterkultur unter arbeitswirtschaftlichen Aspekten (Arbeitsspitzen) und pflanzenbaulichen Betrachtungen (Fruchtfolge) angebaut werden kann bzw. ob eine andere Körnerleguminose für den Standort pflanzenbaulich oder ökonomisch besser geeignet ist.

## Fazit

Wintererbsen weisen pflanzenbauliche und ökonomische Vorzüge auf, die sie zu einer interessanten Alternative gegenüber Sommererbsen machen. Voraussetzung dafür ist eine gute Überwinterung, die durch die Wahl eines geeigneten Standortes und Sortentyps erreicht werden kann. Zudem sollten Praktiker eine zu weite Vorwinterentwicklung vermeiden und den Anbau im Gemenge prüfen.

## Kontakt für Fragen zu diesem Kapitel

*Annkathrin Gronle*  
*Mail: [gronle@uni-kassel.de](mailto:gronle@uni-kassel.de)*  
*Telefon: 05542/98-1570*

## Kapitel 7: Die Vorfruchtwirkung von Leguminosen optimieren

Autoren: Knut Schmidtke, Annkathrin Gronle, Herwart Böhm, Guido Lux, Harald Schmidt

Leguminosen haben durch Stickstofffixierung, Phosphataufschluss, Förderung der Bodengare und Unterbrechung von Infektionszyklen in Getreidekulturen einen hohen Vorfruchtwert, von dem Getreidenachfrüchte stark profitieren können. Im Bodenfruchtbarkeitsprojekt wurde herausgearbeitet, welchen Einfluss die Anbauform, die Nährstoffversorgung, die organische Düngung und der Unkrautdruck in der Leguminose auf den Ertrag der Getreidenachfrucht haben.

### Aus der Forschung: Vorfruchtwirkungen von Erbsen-Reinsaaten und Gemengen

Erbsen haben im Vergleich zu Nichtleguminosen eine bessere Vorfruchtwirkung und fördern dadurch stärker die Ertragsleistung von Nachfrüchten mit hohem Nährstoffbedarf wie etwa Wintergetreide. Entscheidend für den Ertrag der Nachfrucht sind allerdings Wuchstyp, Saattermin und Anbauform der Erbse. Normalblättrige Wintererbsen haben eine deutlich bessere Vorfruchtwirkung als halbblattlose Winter- oder Sommererbsen, was mit der besseren Stickstofffixierleistung zusammenhängt. Gemenge aus Erbsen und Nichtleguminosen führen im Vergleich zur Erbsen-Reinsaat in der Regel zu einem geringeren Ertrag der Nachfrucht (siehe untenstehende Tabelle). Die Vorfruchtwirkung von Gemengen ist allerdings stark abhängig von der Gemengezusammensetzung. Bei erbsenbetonten Gemengen sind die Erträge der Nachfrucht in vielen Fällen vergleichbar mit denen nach einer Erbsen-Reinsaat.

Einfluss von unterschiedlichen Vorfrüchten auf den Ertrag der Nachfrucht Winterweizen (Vor-Vorfrucht: Raps), Ergebnisse aus Feldversuchen des TI Trenthorst

Vorfrucht	Ertrag Winterweizen (dt/ha)
Reinsaat Triticale	19,2
Reinsaat normalblättrige, langstrohige Wintererbse	36,9
Gemenge normalblättrige, langstrohige Wintererbse + Triticale	34,9
Reinsaat halbblattlose, kurzstrohige Wintererbse	26,1
Gemenge halbblattlose, kurzstrohige Wintererbse + Triticale	21,5
Reinsaat Hafer	23,1
Reinsaat halbblattlose, kurzstrohige Sommererbse	32,5
Gemenge halbblattlose, kurzstrohige Sommererbse + Hafer	27,5

### Aus der Praxis: Einfluss von Bestandesentwicklung und Düngung der Leguminosen

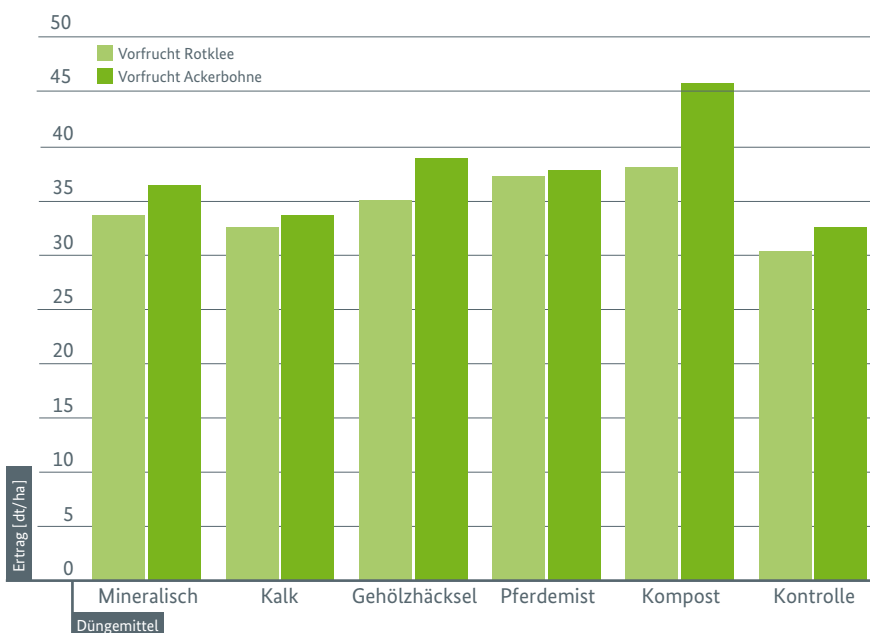
In den Untersuchungen auf Praxis schlägen gab es bei Wintergetreide nach Erbse oder Ackerbohne keinen Zusammenhang zwischen dem Kornertrag von Leguminose und Getreide. Für den Getreideertrag war die Wuchshöhe und Biomasseentwicklung der Leguminose wichtiger.



Je höher ein Leguminosenbestand zur Blüte entwickelt war, umso höher fiel im Mittel der Ertrag der Folgefrucht Getreide aus. Der positive Vorfruchteffekt wurde durch eine Leguminosen Zwischenfrucht nach der Erbsenernte verstärkt.

Die  $N_{\min}$ -Menge im Boden im Frühjahr und der Getreideertrag lagen nach Zwischenfruchtanbau oft höher als ohne Zwischenfrucht. Aufgrund des späten Erntetermins wurde jedoch auf keinem der untersuchten Betriebe eine Zwischenfrucht nach Ackerbohnen angebaut.

Eine organische Düngung zur Saat von Körner- und Futterleguminosen steigert die Ertragsleistung der Leguminosen und der Folgefrucht. Dafür eignen sich etwa Grünguthäcksel, Pferdemist und Grüngutkompost zu Ackerbohne oder Rotklee. Hier konnte der Kornertrag des Weizens im Vergleich zur nicht gedüngten Kontrolle durch eine Grüngutkompostdüngung zur Leguminose um 25 % (nach Rotklee) bis 41 % (nach Ackerbohne) erhöht werden. Die organische Düngung steigerte den Ertrag und die symbiotische  $N_2$ -Fixierleistung der Leguminose, wodurch sich ihr Vorfruchtwert deutlich erhöhte.



Einfluss von mineralischer und organischer Düngung zu Leguminosen auf den Kornertrag der Nachfrucht Winterweizen (Standort Dresden-Pillnitz im Jahr 2009)

Neben positiven Vorfruchteffekten kann der Anbau von Erbse oder Ackerbohne im Vergleich zu einer Getreidevorfrucht aber auch negativ auf das nachfolgende Getreide wirken. So macht sich eine hohe Verunkrautung in Leguminosenbeständen häufig noch in der Nachfrucht bemerkbar. Auf den Praxisschlägen zeigte sich, dass nach einem hohen Unkrautdeckungsgrad zur Blüte der Leguminosen auch zu Beginn der folgenden Vegetationsperiode im Wintergetreide oft ein höherer Unkrautdeckungsgrad auftrat.

### Fazit

Die Vorfruchtwirkung von Leguminosen kann optimiert werden durch ...

- den Anbau normalblättriger, langstrohiger Wintererbsen, statt halbblattloser, kurzstrohiger Formen.
- den Erbsenanbau in Reinsaat oder Gemengen mit hohem Erbsenanteil.
- den Anbau einer legumen Zwischenfrucht nach Erbsen.
- eine organische Düngung mit Gehölzhäcksel, Pferdemist oder Grüngutkompost zu Ackerbohnen und Erbsen.
- eine effektive Unkrautregulierung der Leguminose (siehe Kapitel 5).

### Kontakt für Fragen zu diesem Kapitel

*Knut Schmidtke*

*Mail: [schmidtke@htw-dresden.de](mailto:schmidtke@htw-dresden.de)*

*Telefon: 0351 4623017*

## Körnerleguminosen und Bodenfruchtbarkeit bleiben im Fokus der Forschung

Auch nach Abschluss der hier vorgestellten Studie zur Bodenfruchtbarkeit bleibt die Stärkung des Körnerleguminosenanbaus in den nächsten Jahren ein wichtiges Ziel. Die Weichen dafür sind schon gestellt in Form zahlreicher Forschungsprojekte zum Thema, die in Kürze starten werden oder bereits angelaufen sind.

Ausdrücklich unterstützt wird dieses Ziel vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL). So beinhaltet die Ende 2012 vom BMEL veröffentlichte Eiweißpflanzenstrategie eine Reihe von Forschungsvorhaben, die dazu beitragen sollen, den Anbau und die Verwendung von Leguminosen entlang der gesamten Wertschöpfungskette zu optimieren. Vor allem die Züchtung soll für alle wichtigen Körnerleguminosenarten deutlich intensiviert werden.

Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf der Einrichtung von Demonstrationsnetzwerken. Die Demonstrationsbetriebe ermöglichen eine intensive Beratung und gezielte Maßnahmen zum Wissenstransfer. Dazu gehören etwa Feldtage, Seminare und die Vorstellung von Best-Practice-Beispielen. Auf diese Weise können neue, verbesserte Verfahren direkt Eingang in die Praxis finden. Zudem zeigen die Netzwerke durch einen modellhaften Aufbau von Wertschöpfungsketten, wie das Angebot heimisch erzeugter Leguminosen zielgerichtet gefördert und die Nachfrage entsprechend gesteigert werden kann. Diese Push-and-Pull-Effekte sollen eine nachhaltige Wirkung auf den Leguminosenanbau erzielen.

Auch die Möglichkeiten zur Optimierung des Leguminosenanbaus über eine bessere Bodenfruchtbarkeit werden weiter untersucht. So prüfen Forscher in einem aktuellen Langzeitversuch, wie sich eine reduzierte Bodenbearbeitung und eine Gründüngung auf die Zusammensetzung von Bodenlebewesen auswirkt und welchen Einfluss dies auf Ertrag und Qualität von Nutzpflanzen hat. Erste Ergebnisse werden Ende 2014 erwartet.

In weiteren laufenden Projekten untersuchen Wissenschaftler derzeit den Einfluss verschiedener Schwefeldünger auf Ertrag, Qualität und N-Fixierleistung von Körner- und Futterleguminosen. Dabei werden u. a. Verfahren reduzierter Bodenbearbeitung genutzt.

Ausführliche Informationen zur Eiweißpflanzenstrategie finden Interessierte auf der Seite [www.bmel.de](http://www.bmel.de) unter der Rubrik „Programme“ oder auf [www.ble.de/eiweisspflanzenstrategie](http://www.ble.de/eiweisspflanzenstrategie).

Weitere Links zum Thema: [www.bundesprogramm.de](http://www.bundesprogramm.de) und [www.orgprints.org](http://www.orgprints.org).





## Informationen zu den Autoren und beteiligten Wissenschaftlern

**Robert Brandhuber, Markus Demmel** und **Melanie Wild** beschäftigten sich an der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) mit den Themen mechanische Bodenbelastung und Bodenbearbeitung und sind für Kapitel 4 verantwortlich. Außerdem haben sie mit ihren Forschungsarbeiten zu Kapitel 7 beigetragen.

**Herwart Böhm** und **Annkathrin Gronle** forschten am Thünen-Institut für Ökologischen Landbau (TI) zum Anbau von Erbsen in Reinsaat und Gemengen sowie zum Wintererbsenanbau und zur reduzierten Bodenbearbeitung beim Erbsenanbau. Sie haben Kapitel 5 und 6 verfasst. Außerdem haben sie mit ihren Forschungsarbeiten zu den Kapiteln 2, 3 und 7 beigetragen.

**Jacques Fuchs** entwickelte am Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL) in der Schweiz gemeinsam mit seinen Kollegen **Paul Mäder** und **Lucius Tamm** eine Prognosemethode für leguminosenmüde Böden. Die Anleitung für eine in der praxis anwendbare Strategie ist in Kapitel 1 zu finden.

**Klaus-Peter Wilbois** vom Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL) in Deutschland koordinierte das Projekt und war gemeinsam mit seinen Kolleginnen **Marion Morgner** und **Ann-Kathrin Spiegel** für die Öffentlichkeitsarbeit und den Wissenstransfer zuständig.

Teil des Wissenstransfer-Teams war auch **Werner Vogt-Kaute** von der Naturland Fachberatung. Das Team hat gemeinsam diese Broschüre redigiert und zusammengestellt.

**Harald Schmidt** von der Stiftung Ökologie & Landbau (SÖL) erhob und analysierte Daten zum Leguminosenanbau und seinen Einflussfaktoren auf 32 Praxisbetrieben in ganz Deutschland. Er verfasste Kapitel 1. Außerdem hat er mit seinen Praxiserhebungen zu den Kapiteln 2, 3, 4, 5 und 7 beigetragen.

**Knut Schmidtke** und **Guido Lux** bearbeiteten im Fachgebiet Ökologischer Landbau an der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (HTW), Fakultät Landbau/Landspflege, die Frage, wie sich organische Düngemittel auf verschiedene Körnerleguminosen auswirken. Sie sind für die Kapitel 4 und 6 verantwortlich. Außerdem haben sie mit ihren Forschungsarbeiten zu den Kapiteln 2, 5 und 7 beigetragen.

**Björn Bohne, Christian Bruns, Maria Finckh, Oliver Hensel** und **Dagmar Werren** forschten an der Universität Kassel, Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften, zu den Erregern von Saatgut und Fußkrankheiten bei Leguminosen und der Wirkung von Komposten zur Verbesserung der Gesundheit bei Leguminosen. Sie sind für Kapitel 3

verantwortlich. Außerdem haben sie mit ihren Forschungsarbeiten zu den Kapiteln 1, 2, und 7 beigetragen.

**Detlev Möller** und **Daniel Wolf** beschäftigten sich an der Universität Kassel, Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften, mit den ökonomischen Auswirkungen verschiedener Maßnahmen zur Optimierung des Leguminosenanbaus und der Bodenfruchtbarkeit. Diese ökonomischen Bewertungen sind in den Kapiteln 1, 2, 3, 6 und 7 zu finden.

### Autoren

Herwart Böhm (TI), Björn Bohne (Universität Kassel), Robert Brandhuber (LfL), Christian Bruns (Universität Kassel), Markus Demmel (LfL), Maria Finckh (Universität Kassel), Jacques Fuchs (FiBL), Annkathrin Gronle (TI/Universität Kassel), Oliver Hensel (Universität Kassel), Guido Lux (HTW), Detlev Möller (Universität Kassel), Harald Schmidt (SÖL), Knut Schmidtke (HTW), Ann-Kathrin Spiegel (FiBL), Werner Vogt-Kaute (Naturland), Dagmar Werren (Universität Kassel), Klaus-Peter Wilbois (FiBL), Melanie Wild (LfL), Daniel Wolf (Universität Kassel).

### Redaktion

Ann-Kathrin Spiegel (FiBL), Werner Vogt-Kaute (Naturland Fachberatung), Klaus-Peter Wilbois (FiBL).

### Förderung

Diese Praxisbroschüre ist im Rahmen des interdisziplinären Forschungsprojektes „Steigerung der Wertschöpfung ökologisch angebaute Marktfrüchte durch Optimierung des Managements der Bodenfruchtbarkeit“ entstanden, das durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft gefördert wurde.

### Haftungsausschluss

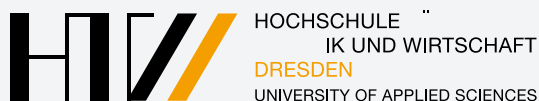
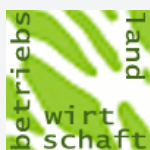
Alle in dieser Praxisbroschüre enthaltenen Angaben wurden von den Autoren und Autorinnen nach bestem Wissen erstellt und von ihnen sowie der Redaktion mit größtmöglicher Sorgfalt überprüft. Dennoch sind Fehler nicht völlig auszuschließen. Daher erfolgen alle Angaben usw. ohne jegliche Verpflichtung oder Garantie der Autoren oder des Herausgebers. Beide übernehmen deshalb keinerlei Verantwortung und Haftung für etwa vorhandene inhaltliche Unrichtigkeiten.

## Copyright

Das Werk ist in allen seinen Teilen urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung ist ohne Zustimmung der Herausgeberin unzulässig. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung in und Verarbeitung durch elektronische Systeme.

## Beteiligte Institutionen

- Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)
- Thünen-Institut für Ökologischen Landbau (TI)
- Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL)
- Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (HTW), Fakultät Landbau/Landschaftspflege, Fachgebiet Ökologischer Landbau
- Naturland Fachberatung
- Stiftung Ökologie & Landbau (SÖL)
- Universität Kassel, Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften



# Impressum

## **Herausgeberin**

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung  
Anstalt des öffentlichen Rechts  
Deichmanns Aue 29, 53179 Bonn

Telefon: +49 (0)228 6845-0

Telefax: +49 (0)228 6845-3444

Internet: [www.ble.de](http://www.ble.de)

E-Mail: [info@ble.de](mailto:info@ble.de)

Präsident: Dr. Hanns Christoph Eiden

Vizepräsidentin: Dr. Christine Natt

Umsatzsteuer ID gemäß § 27 a UStG: DE 114 110 249

## **Layout**

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung  
Referat 421 Medienkonzeption und -gestaltung

## **Druck**

MKL Druck GmbH & Co. KG, Ostbevern