

Körnererbsen-Anbau in der Praxis

**Ackerbau & Ökonomie
ökologisch & konventionell**

*Inklusive Infos zu Gemengen
von Wintererbsen & Sommererbsen*



Harald Schmidt
Lucas Langanky
(Hrsg.)

Mit freundlichen Grüßen
Überreicht durch die



Bundesanstalt für
Landwirtschaft und Ernährung

Harald Schmidt

Lucas Langanky

(Hrsg.)

Körnererbsen-Anbau in der Praxis

Ackerbau & Ökonomie

ökologisch & konventionell

Ergebnisse aus den Projekten

Modellhaftes Demonstrationsnetzwerk zur Ausweitung und Verbesserung des Anbaus und der Verwertung von Leguminosen mit Schwerpunkt Bohnen und Erbsen in Deutschland

– DemoNetErBo –

Erweiterung und ackerbauliche Auswertung der Praxiserhebungen und -untersuchungen im Rahmen der modellhaften Demonstrationsnetzwerke Soja, Lupine, Erbse und Bohne der Eiweißpflanzenstrategie

Gefördert durch



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Projektträger



Bundesanstalt für
Landwirtschaft und Ernährung

Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages im Rahmen der BMEL Eiweißpflanzenstrategie

Impressum

Herausgeber und Autoren (Details im Anhang):

Dr. Harald Schmidt (Hrsg.), Stiftung Ökologie & Landbau

Himmelsburger Straße 95

53474 Bad Neuenahr-Ahrweiler

Tel. 02641 912205, schmidt@soel.de

Lucas Langanky (Hrsg.), Stiftung Ökologie & Landbau

Petra Zerhusen-Blecher, Fachhochschule Südwestfalen

Jürgen Braun, Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen

Tanja Schäfer, Fachhochschule Südwestfalen

Lektorat: Redaktionsbüro Planer, Dipl.-Ing. agr. Jörg Planer, Bahnhofstraße 24, 53340 Meckenheim

Druck: in puncto:asmuth druck + medien gmbh

Medienzentrum Ossendorf • Richard-Byrd-Straße 39 • 50829 Köln

Erscheinungsjahr: 2021

Nachdruck oder Vervielfältigung – auch auszugsweise – nur mit Zustimmung der Autoren

Vorwort

Die Körnererbse (*Pisum sativum*) ist eine seit historischen Zeiten in Mitteleuropa im Anbau vertretene Körnerleguminose. Schon die Römer nutzten die Erbse als Nahrungs-, aber auch als Futtermittel. Im letzten Jahrhundert nahm der Anbau aufgrund großer Züchtungsfortschritte stark zu. Dabei änderte sich der Nutzungsschwerpunkt in Richtung Tierfutter. In den letzten Jahrzehnten schwankte die Anbaufläche dann aufgrund günstiger Sojaimporte und wechselnder agrarpolitischer Förderprogrammen stark: Zwischen 2000 und 2020 variierte die jährliche Erbsenanbaufläche in Deutschland von knapp 40.000 ha bis über 160.000 ha. Verglichen mit anderen in Deutschland angebauten Körnerleguminosen hat die Erbse jedoch nach wie vor den größten Stellenwert.

Die Erbse ist aufgrund ihres hohen Proteingehalts ein wertvolles Futtermittel. Sie wird aber auch direkt für die Erzeugung von Nahrungsmitteln für die menschliche Ernährung verwendet. Besonders die Nutzung als Nahrungsmittel gewinnt in letzter Zeit aufgrund der verstärkten Nachfrage nach vegetarischen oder veganen Produkten an Bedeutung.

Der zunehmende Anbau von Erbsen und anderen Leguminosen hat verschiedene positive Effekte. Zum einen bedeutet der Anbau von Leguminosen einen Schritt hin zu nachhaltigeren Agrarsystemen. Denn durch die Stickstofffixierung in den Knöllchen ist eine Stickstoffdüngung unnötig, das zusätzliche Blütenangebot fördert Insekten und damit die Biodiversität. Außerdem trägt der Anbau der Erbse zum Klimaschutz bei, weil dadurch der Import von Eiweißfuttermitteln vermindert werden kann.

Sowohl die Sommer- als auch die Wintererbse kann als Blattfrucht Fruchtfolgen erweitern oder als Gemengepartner dienen. Eine solche Erweiterung der Fruchtfolge ist besonders in Zeiten zunehmender Wetterextreme eine wichtige Maßnahme, um Anbau Risiken stärker zu streuen.

Neben politischen Weichenstellungen sind detaillierte Kenntnisse zu ackerbaulichen Zusammenhängen eine wichtige Voraussetzung für die erfolgreiche Ausweitung des Erbsenanbaus. Die im Folgenden beschriebenen Ergebnisse aus mehrjährigen Praxisuntersuchungen zeigen die Stellschrauben auf, mit deren Hilfe sich der Anbau und der ökonomische Erfolg optimieren lassen. Die Broschüre bietet darüber hinaus viele Kennzahlen und Daten zum Erbsenanbau, mit denen konkrete Anbausituationen schnell und einfach eingeschätzt, verglichen und bewertet werden können.

Wir hoffen, mit dieser Broschüre eine positive Entwicklung des Erbsenanbaus zu unterstützen.

Oktober 2021, Harald Schmidt

Inhaltsübersicht

▶ : Detaillierte Inhaltspunkte auf der ersten Seite des Kapitels

Wie werden die Ergebnisse dargestellt (H. Schmidt, L. Langanky)	1
Was zeigen die Grafiken?	1
Ackerbauliche Ergebnisse (H. Schmidt, L. Langanky).....	4
Weshalb eine Praxisuntersuchung?	4
Was und wo wurde untersucht?	5
Sommerkörnererbse: Erfolgsfaktoren beim Anbau ▶	6
Wintererbsengemenge: Erfolgsfaktoren beim Anbau ▶	25
Die wichtigsten Einflussfaktoren im Detail: Sommererbse in Reinsaat	34
Welche Faktoren beeinflussen den Ertrag? ▶	35
Welche Faktoren beeinflussen den Unkrautdruck? ▶	68
Welche Faktoren beeinflussen den Proteingehalt? ▶	87
Sommererbse im Gemenge	98
Die wichtigsten Einflussfaktoren im Detail: Wintererbsengemenge ▶	101
Ökonomische Ergebnisse (P. Zerhusen-Blecher, J. Braun, T. Schäfer)	114
Wie wurden die Daten erhoben und interpretiert?	115
Betriebswirtschaft der Erbse im Überblick	118
Ökonomie im Detail: Sommerkörnererbse in Reinsaat	121
Die wichtigsten Komponenten der Direkt- und arbeitserledigungskostenfreien Leistung (DAL) ▶	121
Wie den Vorfruchtwert bewerten?	133
Ökonomische Einschätzung der Körnererbse im Gemengeanbau	134
Sommererbsengemenge	135
Wintererbsengemenge	137

Praxisbeispiele (H. Schmidt, L. Langanky)	140
Sommerkörnererbse	140
Wintererbsengemenge	144
Ökonomie der Praxisbeispiele (P. Zerhusen-Blecher, J. Braun, T. Schäfer)	146
Fazit der Praxisbeispiele	147
Anhang	150
Untersuchungsmethodik Ackerbau (H. Schmidt, L. Langanky)	150
Online-Informationen und Literaturhinweise	153
Ackerbohnenanbau (H. Schmidt, L. Langanky)	153
Ökonomie (P. Zerhusen-Blecher, J. Braun, T. Schäfer)	154
Projektinformationen	155
BOFRU-Projekt	155
Projekt zur Identifikation von Wurzelpathogenen.....	156
Autoren	158
Bildnachweis	160
Danksagung	161



Wie werden die Ergebnisse dargestellt?

(H. Schmidt, L. Langanky)

Die Broschüre besteht im Wesentlichen aus zwei Hauptteilen: den ackerbaulichen und den ökonomischen Ergebnissen. Jeweils zu Beginn eines Teils werden die wichtigsten Ergebnisse zu Erfolgsfaktoren und Knackpunkten im Erbsenanbau zusammengefasst. Dabei wird jeweils für den Anbau von Sommerkörnererbsen und Wintererbsengemenge die für Anbauanleitungen übliche Gliederung gewählt, beginnend mit dem Standort bis hin zur Ernte. Im Ökonomieteil werden die Direkt- und arbeits erledigungskostenfreie Leistung (DAL) sowie deren einzelnen Komponenten bei den Leistungen und Kosten beschrieben.

Danach erfolgt jeweils die Darstellung der Ergebnisse im Einzelnen. Enthalten sind darin

Übersichten und Details zu den wichtigsten Einflussfaktoren auf die Zielgrößen Ertrag, Unkrautdeckungsgrad und Proteingehalt bzw. die Diskussion der einzelnen Leistungs- und Kostenkomponenten. Neben einer textlichen Beschreibung erfolgt dabei auch die grafische Darstellung der Streubreite der einzelnen Parameter. Die grafische Darstellungsform wird nun im folgenden Kapitel beschrieben und erläutert.

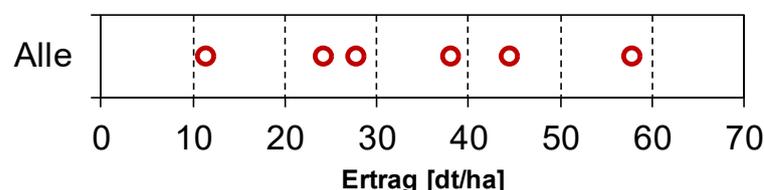
Weiterhin sind in der Broschüre einige Positiv-Beispiele des Anbaus von Sommerkörnererbsen und Wintererbsengemengen aus der Praxis aufgeführt. Ergänzende Informationen finden sich im Anhang.

Was zeigen die Grafiken?

Es ist uns wichtig, bei der Darstellung der Ergebnisse nicht nur den Mittelwert aufzuzeigen, sondern auch die Streubreite der einzelnen Werte – das heißt die gesamte Spanne, vom kleinsten bis zum größten Wert. Das bietet Landwirtinnen und Landwirten die Möglichkeit, die Verhältnisse auf den eigenen Schlägen besser einzuordnen: Liege ich z. B. mit dem Ertrag, dem Unkrautdruck oder den Saatgutkosten im Mittelfeld oder eher an der Spitze? Welche Faktoren haben auf meinem

Betrieb besonders großen Einfluss? Und an welchen Schrauben muss ich drehen, um den Erbsenanbau und das ökonomische Ergebnis zu optimieren?

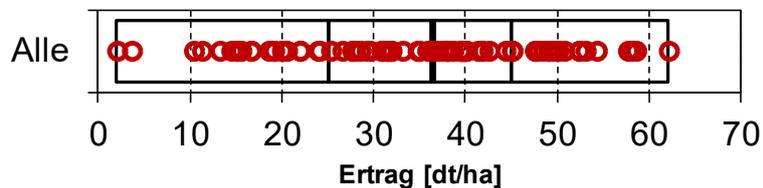
Will man die Streubreiten von nur wenigen Erbsenbeständen darstellen, sind Punktgrafiken sehr übersichtlich. Hier ein Beispiel einer solchen Punktgrafik für den Erbsenertrag von 6 Praxis schlägen:



Wie werden die Ergebnisse dargestellt?

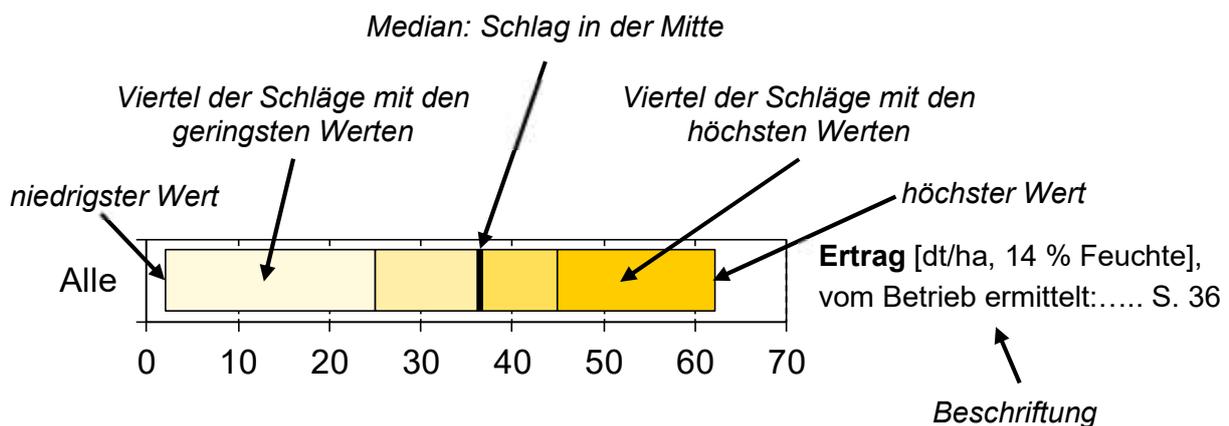
Würde man aber die Erträge von 90 geernteten Erbsenbeständen auf diese Weise darstellen, würde die Punktgrafik schnell unübersichtlich. Deshalb haben wir die Punkte

zu je einem Viertel zusammengefasst, so dass in jedem Kästchen jetzt die Ertragsergebnisse von ca. 23 Beständen enthalten sind:



In einem nächsten Schritt haben wir die Punkte weggelassen und den Punkt in der Mitte der Reihe, den Median, fett hervorge-

hoben. In dieser Form sind auf den folgenden Seiten nicht nur der Ertrag, sondern auch die Werte der Einflussfaktoren dargestellt.



Ein Beispiel: Aus der Ertragsgrafik können folgende Informationen abgelesen werden:

- 1. Viertel der Schläge: 2 bis 25 dt/ha
- 2. Viertel der Schläge: 25 bis 37 dt/ha

Median (mittlerer Schlag bei Sortierung nach Ertrag): 37 dt/ha

- 3. Viertel der Schläge: 37 bis 45 dt/ha
- 4. Viertel der Schläge: 45 bis 62 dt/ha

Die Balkenfarben haben folgende Bedeutung:

- Gelb** für Ertrag und Proteingehalt
- Grün** für positiv wirkende Faktoren
- Rot** für negativ wirkende Faktoren
- Blau** für andere Parameter

Bei den Einflussfaktoren wird mit Punkten auf einer Skala von 1 bis 3 angegeben, welche Bedeutung der Faktor hat:

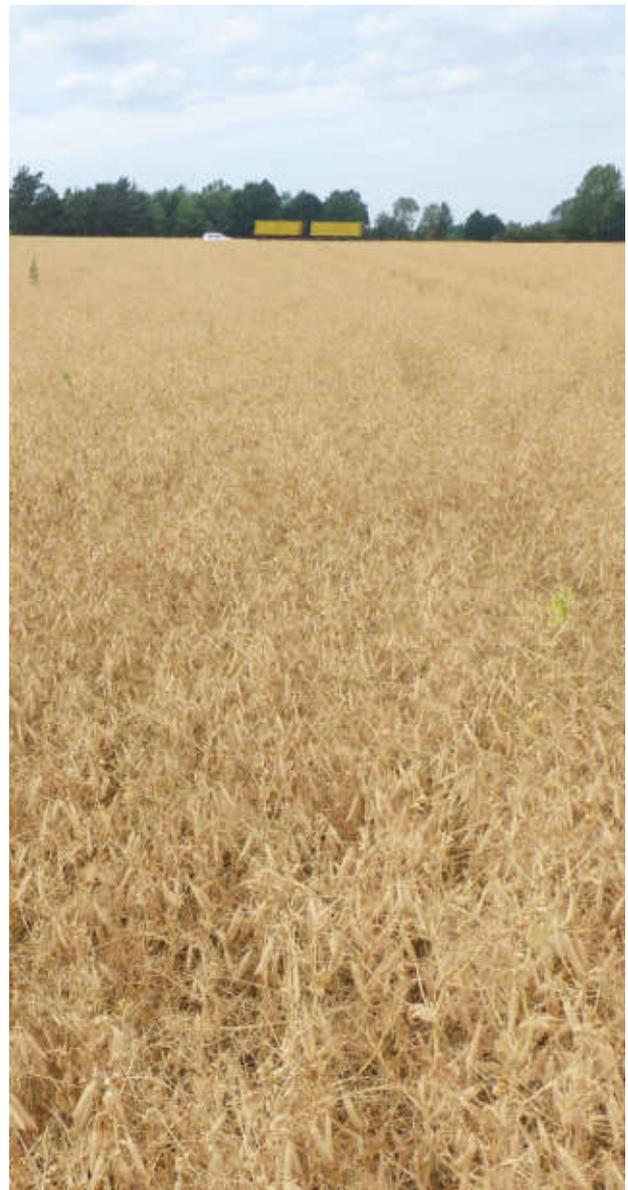
- hohe Bedeutung
- mittlere Bedeutung
- weniger große Bedeutung

Was zeigen die Grafiken?

Bei Parametern, bei denen eine Auftrennung der Ergebnisse in konventionelle und ökologische Bewirtschaftung sinnvoll war, wurden diese getrennt dargestellt.

In den folgenden Kapiteln werden neben den Übersichten über die wesentlichen Einflussfaktoren noch folgende Punkte behandelt:

- Faktoren, die nur bei wenigen Beständen eine Rolle spielten oder einen relativ geringen Effekt hatten
- Faktoren, die nicht untersucht werden konnten, aber möglicherweise trotzdem Ertrag, Unkrautdruck und Proteingehalt beeinflussten
- Eine Auswahl von Parametern ohne großen Einfluss, die deshalb bei einer Optimierung des Erbsenanbaus nicht an erster Stelle stehen müssen



Erbsenbestände mit geringem und hohem Ertrag

Ackerbauliche Ergebnisse (H. Schmidt, L. Langanky)

Weshalb eine Praxisuntersuchung?

Zum Anbau von Körnererbsen liegen bereits zahlreiche Erkenntnisse aus Wissenschaft und Praxis vor. Warum braucht es also noch eine Praxisuntersuchung?

Das hat folgende Gründe: In wissenschaftlichen Exaktversuchen werden die Effekte einzelner Einflussgrößen meist unter definierten Bedingungen sehr genau bestimmt. Dafür ist aber die Spannweite der untersuchten Faktoren gering. In Praxisuntersuchungen ist das anders: Hier sind die Ergebnisse zwar etwas weniger exakt, dafür ist die Anzahl an Faktoren, die geprüft werden, höher. Außerdem

werden die Ergebnisse unter Praxisbedingungen gewonnen, was Landwirtinnen und Landwirten einen großen Vorteil für die spätere Umsetzung bietet.

Eine Praxisuntersuchung stellt somit eine ideale Ergänzung zu wissenschaftlichen Exaktversuchen dar. Sie bietet landwirtschaftlichen Betrieben Erkenntnisse darüber, wo in der Praxis häufig Knackpunkte auftreten und welche Maßnahmen oder Bedingungen oft zum Erfolg führen können.



Was und wo wurde untersucht?

Die Untersuchung erfolgte in enger Kooperation mit dem Demonstrationsnetzwerk Erbse/Bohne (DemonetErBo) und wurde wie dieses auch im Rahmen der Eiweißpflanzenstrategie der Bundesregierung durchgeführt.

Zwischen 2016 und 2019 wurden auf 45 Betrieben 76 konventionell und 23 ökologisch bewirtschaftete Schläge mit Sommerkörnererbse sowie 6 konventionelle und 29 ökologische Wintererbsenschläge untersucht. Die Betriebe waren über das gesamte Bundesgebiet verteilt. Während die Sommererbse zu über 90 % als Reinsaat angebaut wurde, waren es bei der Wintererbse zu über 90 % Gemenge mit Getreide.

Wichtigstes Ziel war es, die bedeutenden Einflussfaktoren auf den Anbauerfolg zu identifizieren und zu gewichten. Im Fokus standen hier der Ertrag, der Proteingehalt und der für die Praxis wichtige Faktor Unkraut. Details zur Methodik sind im Anhang zu finden (S. 150).



Lage der von 2016 bis 2019 untersuchten Betriebe



Anbauregionen: Von sandigen Auen über eiszeitlich geprägte Landschaften bis zu Mittelgebirgslagen

Sommerkörnererbse: Erfolgsfaktoren beim Anbau

Wichtige Ziele im Erbsenanbau sind möglichst hohe Erträge und Proteingehalte bzw. Proteinträge. Der im Untersuchungszeitraum ermittelte Höchstertrag lag bei Erbsenreinsaat bei 62 dt/ha und der höchste Proteingehalt bei knapp 28 % (in der Trockenmasse). Diese Ergebnisse zeigen das Potential auf, das in der Praxis erreichbar ist. Beide Spitzenwerte wurden auf konventionellen Schlägen ermittelt. Bei den Öko-Erbsen wurden maximal 42 dt/ha Ertrag bzw. 26 % Protein ermittelt. Die Durchschnittserträge lagen jeweils weit darunter: konventionell bei 38 dt/ha und ökologisch bei 21 dt/ha. Der Proteingehalt lag bei beiden Bewirtschaftungssystemen im Mittel um 22 %.

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Untersuchung zu den Einflussfaktoren auf Ertrag und Proteingehalt der Erbsenreinsaat zusammengefasst dargestellt. Auf die z. T. deutlichen Unterschiede zwischen konventionell und ökologisch angebauten Erbsen wird an den entsprechenden Stellen eingegangen.

Neben den Ergebnissen aus der aktuellen Untersuchung werden auch einzelne Resultate aus dem BOFRU-Projekt (S. 155) erwähnt.

Sommerkörnererbsen im Gemenge wurden nur in geringem Umfang untersucht. Eine kurze Auswertung dazu findet sich auf Seite 98.

Inhalt des Kapitels:

Standort	7
Boden	7
Witterung	9
Vorbewirtschaftung	11
Langjährige Vorbewirtschaftung	11
Kurzfristige Vorbewirtschaftung	13
Sortenwahl	14
Saat	14
Direkte Unkrautregulierung	18
Unkrautregulierung bei konventionellen Beständen	18
Unkrautregulierung bei ökologischen Beständen	19
Krankheiten und Schädlinge	20
Ernte	24
Nicht untersuchte Faktoren	24

Standort

Standortfaktoren:

- ++ Wasserversorgung
- ++ Schluffige, tiefgründige Böden
- Steinige Böden
- Feucht vor der Saat
- Heiß im Juni

In der Regel haben landwirtschaftliche Betriebe keinen oder nur wenig Einfluss auf die Standortbedingungen. Dennoch können Kenntnisse über den Einfluss einzelner Standortfaktoren hilfreich sein. Zum Beispiel bei der Auswahl konkreter Schläge für den Anbau oder um abschätzen zu können, welche Chancen der Erbsenanbau unter den gegebenen Bedingungen hat.

Boden

Die Untersuchung zeigte, dass die **Wasserversorgung** einen großen Einfluss auf den Anbau-erfolg hatte. Neben den Niederschlägen in der Vegetationszeit war dafür die im Frühjahr im Boden gespeicherte Wassermenge von Bedeutung. Hierfür war die Niederschlagsmenge und der Temperaturverlauf im Winter, vor allem aber die **Bodenart**, die **Tiefgründigkeit** und der **Humusgehalt** des Bodens ausschlaggebend. Je höher der Schluffanteil, der Humusgehalt und die Tiefgründigkeit und umso geringer der Sandanteil der Böden waren, umso größer war die **Bodenwassermenge im Frühjahr**. Das ließ sich oft auch an den Bodenpunkten festmachen.

Die Bodengüte der untersuchten Standorte variierte stark zwischen 20 und 95 Bodenpunkten. Die im Frühjahr ermittelte gesamte Wassermenge bis maximal 90 cm Tiefe schwankte ebenfalls sehr stark: Nach trockenem Winter erreichte sie auf leichten Böden z. T. nur 70 l/m², auf schluffigen Böden wurden hingegen bis zu 350 l/m² ermittelt.

Die Bodenwassermenge im Frühjahr ist nicht nur ein Anhaltspunkt für die pflanzenverfügbare Wassermenge, sondern auch ein Maß für die Wasserhaltefähigkeit des Bodens. Böden mit höherer Wasserhaltefähigkeit können z. B. Trockenperioden besser abpuffern.

Eine höhere Bodenwassermenge wirkte meist positiv auf den Ertrag und den Proteingehalt. Bei den Öko-Beständen konnte zusätzlich ein im Mittel geringerer Unkrautdruck festgestellt werden – wahrscheinlich aufgrund der größeren Konkurrenzkraft der Erbse bei guter Wasserversorgung.

Auf Böden mit hohem **Steinanteil** zeichnete sich ein leicht negativer Effekt auf Ertrag und Proteingehalt ab.

Die **Bodenart** hatte einen deutlichen Einfluss auf den Besatz mit Fußkrankheitserregern an den Erbsenwurzeln. Während *Fusarium oxysporum f. pisi* vermehrt auf leichteren Böden vorkam, wurde *Fusarium solani* durch höhere Tongehalte gefördert. Im BOFRU-Projekt traten ab 20 % Ton im Boden vermehrt Ertragsdepressionen durch Fußkrankheiten auf.

Auch auf den Unkrautdruck wirkte sich die Bodenart aus. Bei konventionellen Beständen war der Unkrautdruck auf flachgründigen bzw. verdichteten Böden häufig erhöht. Der Unkrautdruck der Öko-Bestände war eher auf sandigen Böden höher.

Ackerbauliche Ergebnisse / Sommerkörnererbse: Erfolgsfaktoren beim Anbau

Untersuchungen mit einer **Bodensonde** ergaben in einigen Fällen dichte Bodenbereiche unterhalb der Bearbeitungstiefe. Es konnte jedoch kein direkter Zusammenhang nachgewiesen werden, dass diese Verdichtungen einen Einfluss auf die in dieser Hinsicht bekanntermaßen empfindliche Erbse hatten.

Die chemischen Untersuchungsergebnisse der Ackerkrume gaben keine Hinweise auf den Einfluss bestimmter **Nährstoffe** auf Ertrag und Proteingehalt. Keiner der verfügbaren Nährstoffe P, K, Mg, B, Mn, Zn und Cu zeigte ab der Versorgungsstufe B eine wesentliche Wirkung auf den Erbsenertrag oder den Proteingehalt. Schläge mit Versorgungsstufe A waren kaum vertreten.

Im BOFRU-Projekt wurde hingegen eine positive Ertragswirkung bei einer P-Versorgungsstufe ab C gefunden.

Die **pH-Werte** lagen zwischen 5,6 und 7,5. In diesem Bereich konnte auf den Praxisflächen kein deutlicher Effekt auf den Erfolg des Erbsenanbaus festgestellt werden.

Für den Gehalt an organischer Substanz (**Humusgehalt**) wurden Effekte beobachtet. Wie bereits erwähnt, hatte der Humusgehalt Einfluss auf die Wasserhaltefähigkeit. Zudem wurde beobachtet, dass auf Schlägen mit hohem Humusgehalt z. T. die Voraufbauherbizide eine geringere Wirksamkeit zeigten.

Anders als im BOFRU-Projekt, in dem hohe **N_{min}-Mengen im Frühjahr** einen negativen Effekt auf die Entwicklung der untersuchten Öko-Erbse hatten, war im aktuellen Projekt ein positiver Einfluss höherer N_{min}-Mengen auf den Proteingehalt erkennbar. Dies ist wahrscheinlich auch auf die bei der Erbse häufig durch Fußkrankheiten gestörte Stickstofffixierung in den Knöllchen zurückzuführen.



*Schwach lehmiger Sand;
84 % Sand, 10 % Schluff,
6 % Ton; 1,2 % Humus*



*Mittel toniger Schluff;
9 % Sand, 75 % Schluff,
16 % Ton; 1,7 % Humus*



*Mittel schluffiger Ton;
14 % Sand, 50 % Schluff,
36 % Ton; 2,9 % Humus*

Witterung

Niederschlag

Schon die **Niederschlagsmenge im Winter** vor der Erbsensaat hatte Einfluss auf den Erbsenbestand. Nach feuchten Wintern trat an den Erbsenwurzeln häufig ein stärkerer Befall mit dem Fußkrankheitserreger *Fusarium solani* auf. In den Öko-Beständen kam es zusätzlich zu einem erhöhten Unkrautdruck.

Feuchte Witterung vor der Saat war oft mit niedrigeren Erbsenerträgen verbunden und förderte in den Öko-Beständen den Unkrautdruck.

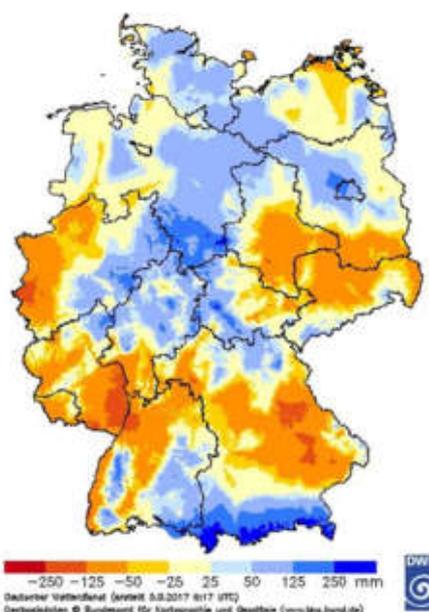
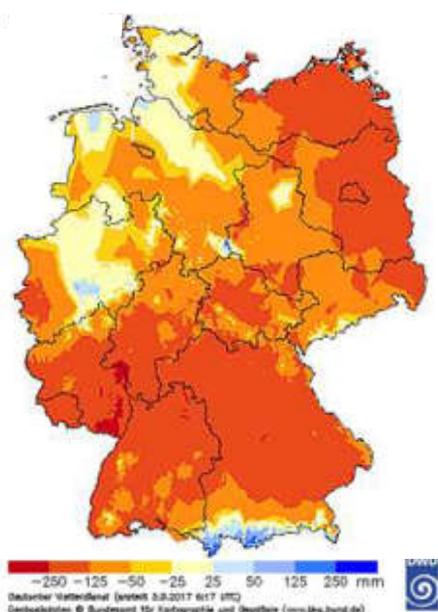
Hohe Niederschlagsmengen in der Jugendentwicklung schienen hingegen den Befall von Blattrandkäfern an den Blättern zu reduzieren.

Den größten Einfluss hatte die **Niederschlagsmenge in der Vegetationszeit** der Erbse. Bei

den konventionellen Beständen traten im Mittel negative Ertragseffekte auf, wenn die Summe aus Bodenwasser im Frühjahr und Niederschlagsmenge unter 200 l/m^2 lag. Bei den Öko-Beständen war diese Grenze mit 350 l/m^2 weitaus höher. Eine Ursache für den größeren Einfluss der Wasserversorgung bei den Öko-Beständen können die im Ökolandbau oft stärkeren Schädigungen der Erbsenwurzeln durch Fußkrankheiten sein.

Im Einzelnen wirkte sich Wassermangel z. B. negativ auf die Anzahl Hülsen pro Trieb, den Anteil aktiver Knöllchen an den Wurzeln, den Proteingehalt und die Konkurrenzkraft gegenüber Unkräutern aus. Gefördert wurden hingegen Wurzelschäden, Wurzelbesatz mit *Fusarium solani* und Erbsenwicklerbefall.

Negative Einflüsse einer hohen Wasserversorgung waren kaum zu beobachten, außer, dass diese ab Ende der Erbsenblüte zu hoher Spätverunkrautung führten.



Wasserbilanzen für den Zeitraum 01.06. bis 30.08. der Jahre 2016 (links) und 2017 (rechts), für das aktuelle Jahr frei verfügbar auf der Homepage des Deutschen Wetterdienstes

Temperatur

Auch der **Temperaturverlauf im vorherigen Winter** hatte einen Effekt auf die Erbsenentwicklung. Im Durchschnitt hatten kältere, frostreiche Winter einen positiven Einfluss auf den Besatz mit aktiven Knöllchen, die Bildung von Trieben je Pflanze und den Ertrag der Erbse. Ein positiver Effekt über eine verbesserte Bodenstruktur durch Frostgare wäre denkbar gewesen. Allerdings waren diese Effekte nur schwach ausgeprägt. Fraßschäden durch Blattrandkäfer an den Blättern waren nach kalten Wintern hingegen seltener.

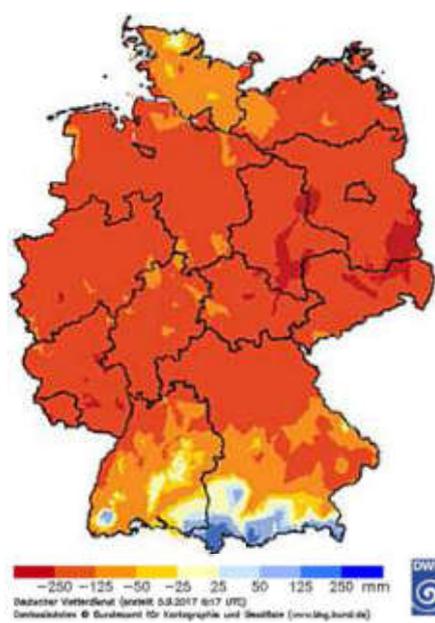
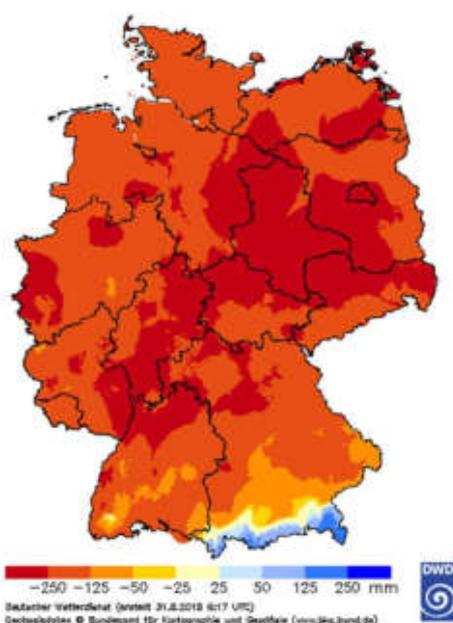
Die **Temperatur um den Saattermin** hatte keinen eindeutigen Effekt auf den Erbsenertrag. Bei den konventionellen Beständen deutete sich jedoch ein leicht positiver Effekt niedriger Temperaturen, d. h. einer frühen Saat (März) an, während bei den Öko-Beständen eher die Anfang April gesäten Bestände bessere Ergebnisse lieferten.

Daneben waren höhere Temperaturen bei vielen konventionellen Beständen mit einem geringen Unkrautdruck verbunden und auch der Wurzelpilz *Fusarium redolens* trat seltener auf.

Ein **hohes Temperaturniveau in der Vegetationszeit** hatte im Mittel einen negativen Einfluss auf die Erbsenbestände. Bezogen auf den Ertrag zeigte sich das vor allem bei den Temperaturen im Juni.

Hohe Temperaturen bis zur Wurzelbonitur Ende der Erbsenblüte förderten nicht nur den Besatz mit den Pilzen *Fusarium redolens* und *Fusarium solani* (v. a. Juni) sondern führten insgesamt auch zu mehr Wurzelschäden. Der Anteil aktiver Knöllchen war dagegen geringer als bei niedrigen Temperaturen. Nur für den Schadpilz *Didymella pinodella* wurde ein geringerer Besatz bei hohen Temperaturen im Mai ermittelt.

Schädlinge wurden durch hohe Temperaturen meist gefördert: Blattläuse (v. a. im Mai) sowie Erbsenwickler und Erbsenkäfer (v. a. Juni-Juli).



Wasserbilanzen für den Zeitraum 01.06. bis 30.08. der Jahre 2018 (links) und 2019 (rechts), für das aktuelle Jahr frei verfügbar auf der Homepage des Deutschen Wetterdiensts

Vorbewirtschaftung

Langjährige Vorbewirtschaftung

Langjährige Vorbewirtschaftung:

- Ökologische Bewirtschaftung
- Erbsen- & Leguminosenanbau

Ökologisch angebaute Erbsen erbrachten im Mittel ca. 17 dt/ha weniger Ertrag als **konventionell** erzeugte. Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass das vor allem auf die ungünstigeren Bedingungen bei den Bereichen Leguminosenanbau und Fußkrankheiten, Unkrautdruck sowie Schädigungen durch Insekten (v. a. Blattläuse) zurückzuführen ist.

Effekte der langjährigen Vorbewirtschaftung auf den Erfolg des Erbsenanbaus zeigten sich vor allem in der **Intensität des Leguminosenanbaus**. Ein häufiger Leguminosenanbau oder ein kleiner zeitlicher Abstand zur vorherigen Leguminose hatten im Mittel negative Effekte auf die Erbse. Ein langfristiger Einfluss der Düngung oder der Bodenbearbeitung war nicht nachzuweisen.

Die negativen Auswirkungen des Leguminosenanbaus auf die Erbse konnten in der aktuellen Untersuchung jedoch nicht auf die Erbsenanbaugeschichte zurückgeführt werden. Allerdings waren auf einem Großteil der untersuchten Schläge auch seit mindestens 10 Jahren keine Erbsen mehr angebaut worden. Es zeigten sich sogar positive Effekte eines vorherigen Erbsenanbaus auf den Knöllchenbesatz der Wurzeln und den Proteingehalt. Auf einigen konventionellen Schlägen wurden auch nach mehrmaligem Erbsenanbau oft relativ hohe Erträge erzielt. Auf den meisten dieser Schläge wurden in den Vorjahren außer der Erbse jedoch keine weiteren Leguminosen

angebaut.

Im BOFRU-Projekt wurden Öko-Bestände mit oft längerer Erbsenanbaugeschichte und insgesamt meist intensivem Leguminosenanbau untersucht. Dabei zeigte sich: je häufiger Erbsen angebaut wurden bzw. je kürzer der Anbauabstand war, desto geringer waren im Mittel die Erbsenerträge – auch bei Anbaupausen von über 6 Jahren.

In der aktuellen Untersuchung wurden eine Reihe von negativen Einflüssen eines vorhergehenden Leguminosenanbaus auf die untersuchte Erbse gefunden. Wurzelschäden traten z. B. bei einem hohen Anbauanteil an Leguminosen häufiger und stärker auf. Hohe Anteile an Körnerleguminosen und ein geringer Abstand zur letzten Körnerleguminose waren oft mit geringeren Bestandesdichten und heterogenen Erbsenbeständen verbunden. Auch traten die Schadpilze *Didymella pinodella* und – nur bei den konventionellen Beständen – *Fusarium solani* häufiger auf. Bei den Öko-Beständen lag der Besatz mit *F. solani* insgesamt auf einem höheren Niveau.

Insgesamt erscheint die Selbst- bzw. Leguminosenunverträglichkeit der Erbse als ein sehr komplexes System, bei dem eine Reihe verschiedener Krankheitserreger (S. 51) und andere Faktoren auf die Wurzelgesundheit einwirken.

Auf Basis der durchgeführten Untersuchungen und der Ergebnisse des BOFRU-Projekts ergeben sich folgende Schlussfolgerung:

Bei konventioneller Bewirtschaftung, d. h. mit nur wenigen Leguminosen in der Fruchtfolge, scheint das Risiko von starken Ertragsbeeinträchtigungen auch bei mehrmaligem Erbsenanbau in der Vorgeschichte gering zu

Ackerbauliche Ergebnisse / Sommerkörnererbse: Erfolgsfaktoren beim Anbau

sein. Die häufig empfohlene Anbaupause von 6 Jahren sollte meist ausreichen.

Umgekehrt besteht bei ökologischem Anbau, vor allem bei einer langen Leguminosenanbaugeschichte, ein höheres Risiko von fruchtfolgebedingten Ertragsdepressionen. Das gilt auch wenn vorher keine Erbsen angebaut wurden. Anbauabstände zur vorherigen Erbse von deutlich über 6 Jahren sind empfehlenswert. Da jedoch die Rolle anderer Leguminosenarten bisher noch weitgehend ungeklärt ist, sind auch lange Erbsenanbaupausen keine Garantie für hohe Erbsenerträge.

Neben dem Leguminosenanbau hatten noch einzelne andere Faktoren der **Anbaugeschichte** einen Einfluss auf die Erbse. So

traten Wurzelschäden an den Erbsen etwas stärker auf, wenn der Schlag über Winter häufig bewachsen war (Winter- oder Zwischenfrüchte). Im Gegensatz dazu wurde der Wurzelpilz *Fusarium solani* häufiger gefunden, wenn wenige Zwischenfrüchte angebaut wurden.

Der Unkrautdruck war oft höher, wenn der Getreideanteil gering und der Anteil an Sommerkulturen hoch war. Einen gegenteiligen Effekt hatte der Anbau von Hackfrüchten – bei Öko-Schlägen besonders dann, wenn die Hackintensität groß war.



Zwischen den konventionellen und ökologischen Untersuchungsschlägen unterschied sich die Anbauhäufigkeit von Körnerleguminosen und Leguminosen in Zwischenfrüchten im Durchschnitt kaum. Futterleguminosen wurden hingegen häufig und fast ausschließlich auf den Öko-Schlägen angebaut.

Kurzfristige Vorbewirtschaftung

Kurzfristige Vorbewirtschaftung:
Keine starken Effekte auf Ertrag
oder Proteingehalt

Die Bewirtschaftung zwischen Vorfrüchternte und Erbsensaat variierte bei den Untersuchungsschlägen in einem weiten Bereich. Von der Intensität der Stoppelbearbeitung über den möglichen Zwischenfruchtanbau, die Grundbodenbearbeitung, die Düngung bis hin zur Saatbettvorbereitung waren sehr unterschiedliche Vorgehensweisen vertreten. Einflüsse auf die Erbse waren nur bei der Bodenbearbeitung und der Düngung zu erkennen.

Bei der **Grundbodenbearbeitung** variierte das eingesetzte Gerät von Pflug über Grubber bis Scheibenegge, der Termin von August bis kurz vor der Saat und die Tiefe von 4 bis 35 cm. Ein direkter Einfluss auf den Ertrag war nicht zu erkennen.

Bei einer Bearbeitung im Vorjahr war allerdings der Unkrautdruck in der Regel niedriger als bei Terminen im Ansaatjahr. Dies bestätigen Ergebnisse aus dem BOFRU-Projekt.

Auch für die **Bearbeitungsintensität vor der Saat** konnten Effekte abgeleitet werden. Eine eher tiefere Bodenbearbeitung (Spannweite der Schläge: 0 bis 30 cm) war z. T. mit etwas

weniger Wurzelschäden verbunden.

Häufige Bearbeitungsgänge in den vier Wochen vor der Saat (Spannweite der Schläge: 1 bis 3) waren sowohl mit einem etwas höheren Besatz an *Fusarium solani* an den Erbsenwurzeln als auch mit höherer Erbsentriebbildung und leicht höheren Erträgen verbunden.

Ein Einfluss einer **Stickstoffdüngung** seit Ernte der Vorfrucht war nur in einer erhöhten Spätverunkrautung festzustellen. Effekte auf den Ertrag oder den Proteingehalt waren nicht zu erkennen.

Auf 11 % der konventionellen Schläge wurde im Zeitraum zwischen Ernte der Vorfrucht und der Erbsensaat ein **Totalherbizid** angewendet (Glyphosat). Auswirkungen auf den Unkrautdeckungsgrad in den Erbsen waren nicht erkennbar.

Bei 17 % der untersuchten Öko-Erbsenbestände wurde vor der Saat ein „**Falsches Saatbett**“ angelegt. Dabei folgte auf eine relativ frühzeitige Saatbettbereitung eine flache zweite Bearbeitung, sobald die Unkräuter aufgelaufen waren. Ein deutlicher Einfluss auf den Unkrautdeckungsgrad im Erbsenbestand war auch nicht nachweisbar.



Sortenwahl

Sorten:

- + Proteinreiche Sorten der Landessortenversuche bringen auch in der Praxis höhere Proteingehalte

Insgesamt wurden in den Jahren 2016 bis 2019 auf den Untersuchungsschlägen 8 verschiedene Sorten der Sommerkörnererbse angebaut. Die beiden Sorten 'Alvesta' und 'Astronauta' machten dabei zwei Drittel der Schläge aus.

Die mittleren Sortenunterschiede im **Ertrag** aus den Landessortenversuchen konnten auf den Praxisflächen nicht wiedergefunden werden. Zum einen wurden Sorteneffekte wahrscheinlich von denen anderer Faktoren überdeckt. Zum anderen variierten die Sortenunterschiede aber auch in den Versuchen sehr stark (siehe auch S. 66).

Beim **Proteingehalt** hingegen zeigten sich die mittleren Sortenunterschiede auch in der Praxis (siehe auch S. 94).

Saat

Saat:

- ++ Ziel: mind. 80 Erbsentriebe/m²
- ++ Keimfähigkeit berücksichtigen
- ++ Bestmögliche Aussaatbedingungen (Boden und Technik)
- + Frühe Saat (nur konv.)
- + Z-Saatgut

Saatgutkategorie und -qualität

Die Ergebnisse weisen auf einen leicht positiven Ertragseffekt bei der Verwendung von **Z-Saatgut** hin. Untersuchungen auf Keimfähigkeit, Triebkraft und den Besatz mit Schadpilzen ergaben jedoch keine nachweisbaren Unterschiede in der Saatgutqualität zwischen Z-, Basis- und Nachbausaatgut.

Der im BOFRU-Projekt gefundene starke Einfluss des **Saatgutbesatzes** mit Schadpilzen auf die Infektionsrate der Wurzeln konnte mit der vorliegenden Untersuchung nicht bestätigt werden. Allerdings wurden vom beauftragten Labor auch nur wenige mit Fußkrankheitserregern belastete Saatgutproben gefunden, und wenn, dann mit einem sehr geringen Besatz. Besonders auf Flächen ohne vorherigen Leguminosenanbau sollte die Einschleppung von noch nicht vorhandenen Schadern über das Saatgut verhindert werden. Die Verwendung von Saatgut, das auf Pathogenbesatz geprüft wurde, ist dort besonders zu empfehlen.

Die **Keimfähigkeit** des eingesetzten Saatgutes schwankte zwischen 57 und 99 %. Bei 22 % der Proben lag die Keimfähigkeit unter 80 %. Die Triebkraft variierte in einem noch größeren Bereich. Ein Unterschied zwischen ökologisch oder konventionell erzeugtem Saatgut war

nicht zu erkennen. Ein direkter Einfluss der Keimfähigkeit auf den Ertrag zeigte sich nicht. Allerdings wiesen Keimfähigkeit und Triebkraft einen deutlichen Zusammenhang mit der Auflauftrate der gesäten Körner auf.

Bestandesdichte

Die Bestandesdichte ist einer der wichtigsten Faktoren in Bezug auf den Erbsenertrag – sowohl direkt als auch indirekt durch die Unkrautwirkung. Die Praxisuntersuchungen ergaben, dass für einen optimalen Bestand mindestens 80 hülsentragende Erbsentriebe/m² erreicht werden sollten. Für dichtere Bestände waren keine positiven Effekte auf Ertrag oder Unkrautunterdrückung nachzuweisen.

Bei den Öko-Beständen war der Einfluss der Bestandesdichte deutlich stärker ausgeprägt als bei den konventionell bewirtschafteten.

Die Anzahl hülsentragender Triebe/m² wurde von einer Reihe von Faktoren beeinflusst. Obwohl die Erbse in der Lage ist, unterschiedliche Pflanzendichten in gewissem

Umfang durch die Triebzahl pro Pflanze auszugleichen, hatte die **Aussaatzstärke** einen deutlichen Einfluss auf die Anzahl Triebe/m². Die untersuchten Betriebe gaben Aussaatstärken zwischen 50 und 120 Körner/m² an. Der Mittelwert von 85 lag etwas über dem Niveau von 70 bis 80 Körnern/m², das in vielen Anbauanleitungen empfohlen wird.

Während sich die Aussaatstärke zwischen konventionellem und ökologischem Anbau im Mittel nicht unterschied, war die Anzahl Erbsenpflanzen/m² im 2- bis 8-Blattstadium auf den Öko-Schlägen durchschnittlich 20 Pflanzen/m² niedriger. Insgesamt wurde die **Auflauftrate** der Erbsen (Erbsenpflanzen/gesäte Körner) stark durch die Keimfähigkeit und Triebkraft des Saatguts beeinflusst. Bezüglich der Saatgutqualität gab es jedoch zwischen konventionellem und ökologischem Saatgut im Mittel keinen Unterschied. Die geringere Auflauftrate in den Öko-Beständen könnte mit einem höheren Krankheitsdruck im Boden oder mit Striegelverlusten zu tun haben.



Unterschiedliche Dichte an Erbsenpflanzen im Frühjahr, von links nach rechts: 39, 70, 95 und 122 Pfl./m²

Ackerbauliche Ergebnisse / Sommerkörnererbse: Erfolgsfaktoren beim Anbau

Die durchschnittliche Anzahl hülsentragender **Triebe pro Pflanze** reichte von 0,6 bis 1,7. Bei ca. der Hälfte der Bestände bildete nicht jede Pflanze einen hülsentragenden Trieb aus. Wesentlich für die Anzahl Triebe pro Pflanze war die Anzahl Pflanzen/m². Das heißt, die Erbse kann geringe bzw. hohe Pflanzendichten etwas ausgleichen. Daneben waren aber auch die Wachstumsbedingungen wichtig. Eine gute Wasserversorgung und gesunde Wurzeln führten z. B. häufig zur Bildung mehrerer Triebe pro Pflanze.

Um eine ausreichend hohe Dichte an Erbsentrieben/m² zu erreichen, ist es wichtig, bei der **Berechnung der notwendigen Saatgutmenge** das Tausendkorngewicht, die Keimfähigkeit, mögliche zukünftige Verluste und die Wachstumsbedingungen am Standort mit einzukalkulieren. Bei ungünstigen Saatbedingungen ist bei der Berechnung der Saatmenge die Verwendung der Triebkraft (Kalttest, Keimfähigkeit unter erschwerten Bedingungen) besser geeignet als die der Keimfähigkeit. Die oft empfohlene Aussaatmenge von 70 bis 80 keimfähigen Körner/m² sollte somit bei ungünstigen Standortbedingungen und

erwartbaren Verlusten, z. B. durch Striegeln oder Vogelfraß, erhöht werden.

Sorgfalt bei der Saatbettbereitung, dem Einstellen der Drillmaschine und der Aussaat sind weitere wichtige Voraussetzungen für eine erfolgreiche Bestandesetablierung.

Bestandeshomogenität

Stark von der Bestandesdichte abhängig und auch ein wesentlicher Faktor für Ertrag und Unkrautdruck ist die Bestandeshomogenität. Auf den Untersuchungsflächen zeigte sich: Je gleichmäßiger die Pflanzen verteilt waren und je weniger Lücken oder Wachstumsunterschiede auftraten, umso höher war der Ertrag und die Unkrautunterdrückung. Die Homogenität der Bestände verbesserte sich mit steigender Bestandesdichte. Eine optimale Aussaat ist also auch hier von großer Bedeutung.

Wie bei allen Körnerleguminosen ist die Ablage der Saatgutkörner in gleichmäßigem Abstand für die meisten **Drillmaschinen** eine Herausforderung. Deshalb ist es sehr wichtig, die vorhandene Technik optimal einzustellen.



Erbsenbestände am Ende der Blüte: links heterogen, rechts homogen

Saattiefe

Die mittlere gemessene Saattiefe der Erbsen variierte von 0,6 bis 9,8 cm. Ein deutlich negativer Effekt auf den Ertrag zeigte sich nur bei extremen Saattiefen von weniger als 2 cm und über 6 cm. Im BOFRU-Projekt war hingegen bis zu einer Saattiefe von 6 cm ein positiver Effekt einer tieferen Saat auf den Ertrag zu erkennen.

Die Gleichmäßigkeit der Saattiefe ist für ein einheitliches Auflaufen der Erbsen von Bedeutung. Das ist besonders bei der mechanischen Unkrautregulierung ein wichtiges Ziel. In der Praxis wurden z. T. große Streubreiten der Saattiefe gemessen. So lag der Unterschied zwischen flachstem und tiefstem Saatkorn bei einem Viertel der untersuchten Bestände bei mehr als 4 cm.

Für eine gleichmäßige Tiefenablage sind ein homogenes Saatbett, gute Drilltechnik und eine den Bedingungen angemessene Fahrgeschwindigkeit von großer Bedeutung.

Saattermin

Die Saattermine der untersuchten Bestände reichten von Anfang März bis Anfang Mai, wobei die frühesten Öko-Bestände in der zweiten Märzhälfte gesät wurden.

Bei den konventionellen Beständen war ein leicht negativer Einfluss einer späten Saat auf den Ertrag feststellbar. Bei passenden Boden- und Witterungsbedingungen spricht hier somit nichts gegen eine frühe Erbsensaat.

Bei den Öko-Beständen war kein Effekt des Saattermins erkennbar. Da bekanntermaßen eine langsame Keimentwicklung den Befall mit bodenbürtigen Krankheiten begünstigt, ist hier eine spätere Saat bei guten Keimbedingungen empfehlenswert.

Fazit Saat

Die Praxisuntersuchung konnte zeigen, dass auf vielen Betrieben eine Optimierung der Aussaat ein großes Potential für bessere Erbsenbestände und Ertragssteigerungen bietet.



Erbsenpflanzen zur Bestimmung der Saattiefe: links gleichmäßig \varnothing 3,3 cm, rechts ungleichmäßig \varnothing 4,7 cm

Direkte Unkrautregulierung

Unkrautregulierung:

Konventionell

- + Kombination von
2 Voraufbauherbiziden

Ökologisch

- + Effektives Striegeln

Der Unkrautdruck in den untersuchten Erbsenbeständen hing eng mit der Ertragsbildung zusammen. Je höher der Unkrautdeckungsgrad zum Ende der Erbsenblüte war,

desto niedriger fiel der Ertrag und z. T. auch der Proteingehalt aus. Nicht immer war jedoch bei hohem Unkrautdeckungsgrad die Verunkrautung die eindeutige Ursache für geringe Erträge. In einigen Fällen war deutlich erkennbar, dass das Unkraut nur ein Indikator für schwach entwickelte Erbsenbestände war. Im Mittel lag der Unkrautdeckungsgrad bei den konventionellen Beständen auf einem deutlich niedrigeren Niveau als bei den ökologisch angebauten Erbsen. Während nur 20 % der konventionellen Bestände Unkrautdeckungsgrade über 10 % aufwiesen, waren es bei den Öko-Beständen mit 94 % fast alle.

Unkrautregulierung bei konventionellen Beständen

Bei der Unkrautbekämpfung gab es auf den konventionellen Untersuchungsschlägen ein sehr breites Spektrum an Maßnahmen bzw. Maßnahmenkombinationen.

Auf über der Hälfte der Schläge wurde ausschließlich ein **Voraufbauherbizid** gespritzt. Bei weiteren 11 % wurde diese Maßnahme z. B. mit einer Totalherbizidvariante vor der Saat oder mit einem Gräserherbizid im Nachaufbau kombiniert.

Insgesamt wurden 11 % der Schläge mit einem Totalherbizid (**Glyphosat**) behandelt. Auf 22 % der Schläge wurden Herbizide zur **Gräserbekämpfung** eingesetzt. Ein Großteil der Bestände ohne Voraufbauherbizidbehandlung wurde mit einem **Nachaufbauherbizid** gegen zweikeimblättrige Unkräuter behandelt. Es wurde dabei immer der inzwischen nicht mehr zugelassene Wirkstoff Bentazon eingesetzt, in 80 % der Fälle in Kombination mit Pendimethalin.

Vor allem aufgrund der Änderungen der „Greening-Regeln“ **verzichtete** ein Teil der Betriebe ab 2017 ganz auf die **Unkrautregulierung** oder setzte einen **Striegel** ein (15 %).

Auf den Unkrautdeckungsgrad zum Ende der Erbsenblüte zeigten sich nur folgende Effekte:

- Im Durchschnitt wiesen die Schläge mit Voraufbauherbizideinsatz einen geringeren Unkrautdeckungsgrad auf als die anderen Varianten.

- Bei Kombination von zwei Voraufbaumitteln zeichneten sich geringere Deckungsgrade ab als bei dem Einsatz nur eines Mittels.

- Die Schläge mit ausschließlichem Einsatz von Nachaufbauherbiziden wiesen etwas höher Unkrautdeckungsgrade auf als die im Voraufbau behandelten.

- Beim Verzicht auf eine Unkrautregulierung oder beim ausschließlichen Striegeleinsatz war der Unkrautdeckungsgrad im Mittel 10 % höher als bei Herbizidanwendung.

Die bekannten Effekte eines reduzierten Wirkungsgrads von Voraufbauherbiziden durch trockene Boden- bzw. Witterungsbedingungen

gen oder hohe Humusgehalte des Bodens zeichneten sich auch in der Praxisuntersuchung ab.

Unkrautregulierung bei ökologischen Beständen

Auf den Öko-Schlägen kam nur der Striegel zur mechanischen Unkrautregulierung zum Einsatz. In einigen Fällen wurde vor der Saat das „**Falsche Saatbett**“ angewendet (18 %). Bei ca. einem Fünftel der Schläge wurden keine direkten Unkrautregulierungsmaßnahmen durchgeführt.

Insgesamt variierte die Häufigkeit der **Striegel**-einsätze von einem bis zu fünf Durchgängen. Am häufigsten wurde zwei- bis dreimal gestriegelt (70 %).

Ein **Blindstriegeln** vor dem Auflaufen der Erbse wurde auf 77 % der Erbsenschläge durchgeführt.

Im Rahmen der Praxisuntersuchungen wurden keine Vergleiche mit unbearbeiteten Flächen durchgeführt. Direkte Rückschlüsse auf die Effektivität der Maßnahmen waren somit nicht möglich.

Trotz der großen Unterschiede bei der Häufigkeit des Striegeleinsatzes waren Effekte der Regulierungsintensität auf den Unkrautdeckungsgrad zum Ende der Erbsenblüte nicht nachzuweisen. Das kann verschiedene Ursachen haben, z. B.:

- große schlagspezifische Unterschiede im Unkrautpotential,
- große Unterschiede in der Qualität und im Wirkungsgrad der Striegelmaßnahmen,
- dem Unkrautdruck angepasste Häufigkeit der Striegeldurchgänge.

Es steht außer Frage, dass mit Striegel und falschem Saatbett eine deutliche Reduzierung der Verunkrautung möglich ist. Vor diesem Hintergrund muss trotz der Auswertungsergebnisse auf die große Bedeutung einer funktionierenden direkten Unkrautregulierung beim ökologischen bzw. herbizidlosen Erbsenanbau hingewiesen werden.



Erfolgreiche Unkrautregulierung: links mit Striegel, rechts mit Voraufbauherbizid

Krankheiten und Schädlinge

Krankheiten und Schädlinge:

- Diverse Fußkrankheiten
- Blattläuse
- Erbsenwickler
- Erbsenkäfer

Fußkrankheiten

Sichtbare Schädigungen an den Wurzeln und der Besatz mit schädigenden Pilzen haben bekanntermaßen einen deutlichen Einfluss auf die Entwicklung und Ertragsbildung der Erbse. Für eine detaillierte Untersuchung dieses Sachverhalts wurden zum Ende der Erbsenblüte Erbsenwurzeln sowohl auf Schäden bonitiert als auch auf den Besatz mit Schadpilzen untersucht (Pathogenbestimmung: Fachgebiet Ökologischer Pflanzenschutz der Uni Kassel/Witzenhausen, S. 157).

Die sichtbaren **Wurzelschäden** wurden nach einer Skala von 1 bis 9 bonitiert. Nennenswerte Schäden (> 2) wurden bei 42 % der konventionellen Bestände gefunden, deutliche Schäden (> 4) wiesen nur 8 % der Bestände auf. Bei den Öko-Beständen traten im Mittel mehr Schäden auf: 71 % mit nennenswerten und 18 % mit deutlichen Schäden. Im Vergleich zu den Öko-Beständen im BOFRU-Projekt (99 % > 2, 82 % > 4) waren die Schäden damit relativ gering.

Ein deutlich negativer Ertragseffekt der Wurzelschäden war im vorliegenden Projekt nur bei den Öko-Schlägen nachweisbar. Bei den konventionellen Beständen kam es hingegen nur bei den wenigen Fällen mit stärkeren Schäden zu Beeinträchtigungen.



Erbsenwurzeln am Ende der Erbsenblüte mit unterschiedlichem Grad an sichtbaren Schädigungen: links keine Schädigungen, rechts stark geschädigt

Hinweise auf eine Beeinträchtigung der Wurzeln bzw. der Erbsenentwicklung wurden für die vier **Schadpilze** *Fusarium oxysporum* f. *pisi*, *Fusarium redolens*, *Fusarium solani* f. *pisi* und *Didymella pinodella* (ehemals *Phoma medicaginis* var. *Pinodella*) gefunden. Auch der Besatz mit diesen Schadpilzen war im Durchschnitt bei den Öko-Beständen höher als bei den konventionellen.

Der im BOFRU-Projekt als wesentlicher Schad-erreger identifizierte *Didymella pinodes* (ehemals *Mycosphaerella pinodes*) wurde zwar auch an den Wurzeln gefunden, allerdings nur in sehr geringem Umfang. Ein eindeutiger Zusammenhang mit der Bestandesentwicklung bzw. dem Ertrag der Erbse war hier nicht erkennbar.

Zwischen dem Auftreten von Wurzelschäden bzw. dem Besatz mit Schadpilzen und dem Anbau von Erbsen, Körnerleguminosen oder Leguminosen allgemein konnten Zusammenhänge ermittelt werden. D. h. ein häufiger Anbau von Leguminosen bzw. ein geringer zeitlicher Abstand zur letzten Leguminose förderten häufig die Schädigungen oder den Pilzbesatz. Meist waren aber noch eine Reihe von anderen Faktoren beteiligt, z. B. Temperatur und Wasserversorgung.

Ein Teil der gefundenen Schadpilze kann über mehrere Jahre im Boden überdauern, sich an anderen Wirtspflanzen vermehren und/oder über das Saatgut verbreitet werden.

Insgesamt ergibt die Auswertung, dass der Bereich Fruchtfolge, Fußkrankheiten und Ertrag bei der Erbse wohl nicht aus einfachen, lineareren Zusammenhängen besteht. Trotz dieser Einschränkungen lassen sich aus den Untersuchungsergebnissen einige praxisrelevante Punkte ableiten:

- Bei konventioneller Bewirtschaftung, d. h. mit nur wenigen Leguminosen in der Fruchtfolge, scheint das Risiko von Ertragsbeeinträchtigungen durch Erbsenanbau in der Vorgeschichte gering zu sein. Die häufig

empfohlene Anbaupause von 6 Jahren sollte meist ausreichen.

- Umgekehrt besteht bei ökologischem Anbau, vor allem bei einer langen Leguminosenanbaugeschichte, ein hohes Risiko geringer Erträge – auch wenn noch keine Erbsen angebaut wurden. Anbauabstände zur vorherigen Erbse von deutlich über 6 Jahren sind empfehlenswert aber keine Garantie für hohe Erbsenerträge.

- Schläge, auf denen schon mal starke Fußkrankheitssymptome an Erbsen aufgetreten sind, bergen ein deutlich höheres Risiko weiterer Schädigungen in der Zukunft.

- Besonders auf Flächen ohne bisherigen Leguminosenanbau sollte die Einschleppung von noch nicht vorhandenen Schaderregern über das Saatgut verhindert werden.

- Wenig vom Leguminosenanbau abhängige Fußkrankheitserreger wie *F. oxysporum* f. *pisi* oder *F. redolens* sind beim Erbsenanbau als kaum kalkulierbares Ertragsrisiko zu werten.



Bestimmung der einzelnen Schadpilze durch Auslegen von Wurzelstückchen auf Nährböden

Sprosskrankheiten

Abgesehen von wenigen Ausnahmen, traten Sprosskrankheiten nur in wenigen Beständen und nur in geringem Ausmaß auf. Am häufigsten wurde Falscher Mehltau gefunden. Sehr selten zeigten sich Brennfleckensymptome, hervorgerufen durch den Schadpilz *Didymella pinodella*, der auch im Wurzelbereich schädigen kann.

Insgesamt waren Sprosskrankheiten kein wesentlicher Faktor bei der Ertragsbildung der Erbse. Dies wird bestätigt durch ähnliche Ergebnisse aus dem BOFRU-Projekt.



Falscher Mehltau an Erbsenblatt: Ober- und Unterseite

Schädlinge

In den untersuchten Erbsenbeständen wurden Schädigungen durch Blattrandkäfer, Blattläuse, Erbsenkäfer und Erbsenwickler beobachtet. Die durchschnittlich hohe positive Ertragswirkung von Insektizidanwendungen in den konventionellen Beständen weist auf die große Bedeutung von schädigenden Insekten beim Erbsenanbau hin.

Die häufig nach dem Auflaufen auftretenden Fraßschäden des **Blattrandkäfers** an den Erbsenblättern waren bei den untersuchten Schlägen in fast allen Fällen gering und hatten keinen deutlichen Effekt auf den Ertrag.

In der Fachliteratur wird jedoch davon ausgegangen, dass Schäden an Knöllchen und Wurzeln vor allem durch den Fraß der Käferlarven hervorgerufen werden. Eine Bonitur des Larvenfraßes an den Knöllchen war aufgrund der feinen Wurzelstruktur der Erbse und den kleinen, weit verteilten Knöllchen nicht möglich.

Blattlausbefall kann bekanntermaßen die Ertragsbildung der Erbse stark beeinträchtigen. Zum Ende der Erbsenblüte wurden die untersuchten Bestände auf Blattlausbesatz bzw. -schädigungen bonitiert. Diese einmalige Bonitur konnte nur grobe Anhaltspunkte für eine Schädigung der Erbsen liefern. Ein statistischer Nachweis des Ertragseffekts war nicht möglich. Während ca. die Hälfte der Bestände ohne Insektizid einen nennenswerten Blattlausbefall aufwiesen, waren es bei den Beständen mit Insektizid nur ein gutes Viertel. Die starke Wirksamkeit der Insektizidbehandlungen auf Blattlausbesatz und Ertrag ist ein wichtiger Hinweis auf die große Bedeutung der Schädigungen durch Blattlausbefall.



Starker Blattlausbefall an Erbsenhülse

Auch die Untersuchungen im BOFRU-Projekt ergaben im Mittel eine deutliche Ertragsminderung durch Blattlausbefall.

Neben der Insektizidwirkung waren keine anderen Effekte von Bewirtschaftungsmaßnahmen auf den Blattlausbefall erkennbar. Hohe Durchschnittstemperaturen im Mai waren häufig mit einem höheren Besatz verbunden.

Auf den Befall mit **Erbsenwicklern** wurde aus dem Anteil charakteristisch geschädigter Erbsen im Erntegut geschlossen. Der Anteil an Beständen mit mehr als 5 % geschädigten Erbsen lag bei ca. 16 %. Ein Einfluss der Insektizidbehandlung auf den Wicklerbefall war nicht zu erkennen. Auch ein deutlicher Effekt des Wicklerbefalls auf den Ertrag war im Rahmen der untersuchten Bestände wie

schon im BOFRU-Projekt nicht nachweisbar. Von einem negativen Ertragseffekt ist jedoch auszugehen.

Trocken-warme Witterung ab Juni schien den Befall zu verstärken.

Der Anteil Bestände mit starkem Schaden durch **Erbsenkäfer** war relativ gering. Ohne Insektizideinsatz wiesen nur ca. 9 % der Bestände mehr als 5 % Körner mit Bohrung auf. Bei den behandelten Beständen lagen alle Erntegutpartien unter 5 %. Nur in Einzelfällen mit sehr hohem Befallsgrad war eine Ertragsminderung zu erkennen.

Im BOFRU-Projekt wiesen ca. 15 % der Öko-Bestände einen nennenswerten Befall auf. Ein deutlicher Ertragseffekt zeigte sich auch damals nicht.



Erbsenkäfer und angebohrte Erbsen



Erbsenwickler in Falle, Larve vom Erbsenwickler und Schadbild

Ernte

Der Praxisdrusch der Erbse wurde in diesem Projekt nicht direkt untersucht. Der Vergleich vom Unterschied zwischen Druschertrag und Handernteertrag mit verschiedenen möglichen Einflussfaktoren ergab keine klaren Ergebnisse. So wurde die Ertragsdifferenz

nicht wie erwartet durch den Grad des Lagerns der Erbse beeinflusst. Bei ca. 17 % der Bestände trat deutliches Lager auf. Anscheinend war auch bei relativ flach liegenden Erbsen in den meisten Fällen ein effektiver Drusch möglich.



Nicht untersuchte Faktoren

Mit den durchgeführten Untersuchungen konnten nicht alle möglichen Einflussfaktoren auf den Erbsenertrag und den Proteingehalt untersucht werden. Folgende Bereiche wurden nicht geprüft:

- Spezielle Standortbesonderheiten, wie z. B. Unterbodeneigenschaften oder Grundwasserabstand
- Details zur langjährigen Bewirtschaftungsgeschichte über die angebauten Haupt- und Zwischenfrüchte hinaus
- Qualität der Bewirtschaftungsmaßnahmen
- Details der eingesetzten Saattechnik und die Qualität der Aussaat
- Wirksamkeit von Herbizidanwendungen und mechanischer Unkrautregulierung
- Qualität des Druschs

Wintererbsengemenge: Erfolgsfaktoren beim Anbau

Die Anzahl untersuchter Bestände mit Wintererbsengemengen war deutlich geringer als die mit Sommererbsen. Außerdem wurden fast nur Öko-Bestände geprüft. Es konnten deshalb nur relativ wenige Zusammenhänge ermittelt werden, die vor allem für den ökologischen Anbau gelten.

Der im Untersuchungszeitraum ermittelte Höchstertrag lag bei Wintererbsengemengen bei 60 dt/ha (mit 25 % Erbsenanteil) und der höchste Proteingehalt des Erntegutes bei knapp 25 % (in der Trockenmasse; bei 80 % Erbsenanteil). Diese Ergebnisse zeigen das Potential auf, das in der Praxis erreichbar ist. Beide Spitzenwerte wurden auf ökologisch bewirtschafteten Schlägen ermittelt.

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Untersuchung zu den Einflussfaktoren auf Ertrag und Proteingehalt und Erbsenanteil zusammengefasst dargestellt. Neben den auch beim Sommererbsenanbau berücksichtigten Faktoren ist der für den Gemengeanbau wichtige Erbsenanteil als zusätzlicher Faktor hinzugekommen.

Anders als bei den Sommererbsen werden keine Zusammenfassungskästen abgebildet, da betriebsindividuell die Zielsetzung stark variieren kann – von höchstem Gesamtertrag bis hin zu hohem Erbsenanteil.

Inhalt des Kapitels:

Standort	26
Boden.....	26
Witterung.....	27
Vorbewirtschaftung	28
Sortenwahl.....	28
Erbsenanteil & Saat.....	29
Unkraut & Regulierung.....	31
Krankheiten und Schädlinge.....	31
Ernte	33

Standort

Boden

Sowohl der Erbsen- als auch der Getreideanteil in den Gemengen profitierte im Mittel von **tiefgründigen und lockeren Böden** ohne starke Verdichtungen. Unter solchen Bedingungen wurden oft hohe Gesamterträge und ein hoher Knöllchenbesatz an den Erbsenwurzeln gefunden.

Bei **sandigen oder steinig**en Böden wiesen die Erbsen hingegen häufig höhere Proteingehalte auf.

Eine hohe **Wasserhaltefähigkeit** förderte vor allem das Erbsenwachstum, was häufig zu höheren Erbsenanteilen führte, aber auch z. T. zu einer höheren Lagerneigung.

Die chemischen Untersuchungsergebnisse der Ackerkrume gaben keine eindeutigen Hinweise auf den Einfluss bestimmter **Nährstoffe** und des **pH-Werts** auf die Gemengeentwicklung. Keiner der verfügbaren Nährstoffe P, K, Mg, B, Mn, Zn und Cu zeigte ab der Versorgungsstufe B eine wesentliche Wirkung.

Hohe **N_{min}-Mengen im Frühjahr** (0-90 cm) förderten vor allem den Getreideanteil, der Erbsenanteil war dann häufig geringer. Hohe N_{min}-Mengen im Unterboden (60-90 cm) hatten oft zusätzlich einen positiven Effekt auf den Proteingehalt der Getreidekörner.



Erfolgreiche Wintererbsen-Triticale-Gemenge auf unterschiedlichen Böden: links sandiger Lehm mit 38 Bodenpunkten, rechts schluffiger Ton mit 70 Bodenpunkten

Witterung

Niederschlag

Insgesamt war der Einfluss der Wasserversorgung auf die Ertragsbildung der Wintererbsengemenge deutlich geringer als bei der Sommerkörnererbse.

Höhere **Niederschlagsmengen** von der Saat bis zur Ernte förderten vor allem die Erbse in den Gemengen. Dabei lag das Optimum der Niederschlagsmenge in der Vegetationszeit von März bis zur Ernte zwischen 150 und 250 l/m². Sowohl niedrigere als auch höhere Niederschläge führten zu geringeren Erbsenerträgen. Besonders eine gute Wasserversorgung im Mai war für die Erbsen förderlich, was dann aber auch häufig zu geringeren Gesamterträgen führte.

Insgesamt reagierte die Erbse deutlich negativer auf Trockenphasen als das Getreide. Eine hohe Wasserversorgung führte hingegen in einigen Fällen zum Überwachsen des Getreides, z. T. verbunden mit ausgeprägtem Lager.



Temperatur

Die **Temperaturen um die Saat**, und damit der Saattermin, hatten keinen eindeutigen Einfluss auf den Erfolg des Gemengeanbaus. Bei den untersuchten Beständen variierte der Saattermin von Mitte September bis Ende Oktober.

Der **Temperaturverlauf über Winter** wirkte sich deutlich auf die Entwicklung der Gemenge aus. Während kalte Winter mit vielen Frosttagen eher den Getreideanteil und damit auch den Gesamtertrag förderten, war der Erbsenanteil dann meist geringer – vor allem aufgrund eines niedrigeren Hülsenansatzes pro Trieb. Aber auch der Anteil der bis zum Frühjahr überlebenden Pflanzen war bei niedrigen Wintertemperaturen und vor allem bei Spätfrösten geringer.

Hohe **Temperaturen ab Mai** führten bei der Erbse zu vermehrtem Auftreten von Wurzelschäden. Beim Getreide waren hohe **Temperaturen vor der Ernte** oft mit höheren Proteingehalten verbunden.



Wintererbsen-Triticale-Gemenge bei geringer (links) und hoher Wasserversorgung (rechts)

Vorbewirtschaftung

Anders als bei den Sommererbsen war ein klarer Effekt der Vorbewirtschaftung auf die Wintererbsengemenge kaum ersichtlich und wenn, dann nur schwach ausgeprägt. Das ist wahrscheinlich unter anderem auf den Gemengeanbau zurückzuführen. Da jeder Bestand schon von der Saat her unterschiedliche Erbsenanteile aufwies, konnten andere Faktoren der Erbsenentwicklung nur schwer ermittelt werden.

Ein deutlicher Effekt der Anbaugeschichte – besonders bezüglich der **Leguminosen** – auf die Fußgesundheit oder den Ertrag der Erbse war nicht nachzuweisen. Einzig der an den

Wurzeln gefundene, leicht ertragsrelevante Schadpilz *Fusarium avenaceum* trat bei vermehrtem Leguminosenanbau etwas häufiger auf.

Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass bei geringem **Getreideanteil** in der Anbaugeschichte das Getreide im Gemenge besser stand. Der Getreideanteil schwankte zwischen 25 und 75 % in den 11 Jahren vor dem Untersuchungsjahr.

Bei Wintervorfrüchten lag der Gesamtertrag der Wintererbsengemenge im Mittel etwas niedriger als bei Sommervorfrüchten.

Sortenwahl

Insgesamt wurden in den Jahren 2016 bis 2019 auf den Untersuchungsschlägen 8 verschiedene Sorten an **Wintererbsen** angebaut. Mit dem Anbau auf 39 % der Schläge kam die Sorte 'EFB 33' mit Abstand am häufigsten vor. Die Wintererbsensorten variieren in ihren Eigenschaften in einem weiten Bereich. Dieser reicht von buntblühenden, langwachsenden Normalblattsorten wie 'EFB 33' oder 'Nischkes' bis hin zu weißblühenden, kurz- bis mittelwachsenden Halbblattsorten wie 'Dexter' oder 'Flokön'.

Auch die große Spannbreite an Proteingehalten in den Wintererbsen – knapp 20 bis 31 % (i. d. TM) – ist wahrscheinlich zumindest teilweise auf Sorteneigenschaften zurückzuführen. Eine Einbeziehung von Sorteneigenschaften bzw. eine Bewertung der einzelnen Sorten war in der Untersuchung nicht möglich.

Es konnte jedoch beobachtet werden, dass bei den langwüchsigen Sorten häufiger die Tendenz zum Lager auftrat. Mit diesen Sorten wurden allerdings auch die höchsten Erbsenanteile im Erntegut erzielt.

Beim Getreideanteil wurden die verwendeten Sorten nicht ausgewertet. Ein deutlicher Ertragseffekt der beiden verwendeten Arten Winterroggen und Triticale zeigte sich bei den untersuchten Beständen nicht. Triticale war als Gemengepartner aber oft etwas stärker gegenüber der Erbse. Der Proteingehalt des Winterroggens lag meist unter dem der Triticale.



Wintererbsensorten von verschiedenen Schlägen: EFB 33, Nischkes, Karolina, Pandora, Flokon, Dexter

Erbsenanteil und Saat

Erbsenanteil

Der angestrebte Anteil an Erbsen im Erntegut ist ein sehr individuelles Ziel und kann daher von Betrieb zu Betrieb sehr unterschiedlich ausfallen. Aber nicht nur deswegen streute der Anteil bei den untersuchten Beständen von 5 bis 80 %. Die Entwicklung eines Gemengebestandes ist immer auch Resultat des Zusammenspiels vielfältiger Faktoren.

Folgende Zusammenhänge zeigten sich dabei deutlich (Details ab S. 101):

- Bis auf wenige Ausnahmen waren hohe Erbsenanteile mit geringeren Gesamterträgen verbunden.
- Hohe Erbsenanteile in Verbindung mit hohen Gesamterträgen traten nur dann auf, wenn pro Quadratmeter 120-200 Getreideähren und 20-40 Erbsentriebe mit überdurchschnittlichem Hülsenansatz etabliert werden konnten.
- Bestände mit wenig Getreideähren und

vielen langen Erbsentrieben waren lagergefährdet z. T. mit der Bildung von Kümmerkorn im Getreideanteil und geringeren Gesamterträgen.

- Der Proteintrag hing vor allem von den gegenläufigen Größen Gesamtertrag und Erbsenanteil ab. Ein für den Proteintrag optimaler Erbsenanteil war nicht zu erkennen.

Saat

Die Angaben der Betriebe über die **Aussaatmengen** der einzelnen Gemengepartner streuten in einem weiten Bereich.

- Bei den Erbsen reichten sie von 9 bis 100 Körnern/m² (Ø 50).
- Getreide wurde mit 70 bis 430 Körnern/m² angegeben (Ø 230).
- Der Anteil Erbsen im Saatgut (Anzahl Körner) variierte von 2 bis 56 % (Ø 21).

Allerdings wurden nur von einem Teil der Betriebe die Aussaatmengen genau bestimmt.

Ackerbauliche Ergebnisse / Wintererbsengemenge: Erfolgsfaktoren beim Anbau

Der **Anteil gesäter Erbsen**, die bis zum Frühjahr lebende Erbsenpflanzen gebildet hatten, variierte in einem weiten Bereich. Negativ beeinflusst wurde er von einer schlechten Keimfähigkeit des Saatguts, niedrigen Temperaturen in der ersten Winterhälfte und von Spätfrösten.

Im Mittel über alle Bestände bildete jede Pflanze einen **hülstragenden Trieb**, die Spannweite reichte jedoch von 0,5 bis 2 Trieben je Pflanze. Insgesamt besteht zwischen der Aussaatstärke und der Anzahl hülstragender Erbsentriebe nur ein relativ schwacher Zusammenhang. Zur Erreichung der angestrebten Erbsendichte müssen somit auch die Standortbedingungen und vor allem die Saatstärke des Getreides mitberücksichtigt werden.

In den untersuchten Beständen reichte die Anzahl Erbsentriebe/m² von 8 bis 60 und lag im Mittel bei 28.

Aber auch beim Getreide waren neben der Aussaatstärke wohl noch eine Reihe anderer Einflüsse für die Anzahl **Ähren/m²** im Bestand verantwortlich. Im Mittel bildete nur zwei Drittel der Körner eine Ähre, allerdings war auch hier die Streubreite groß. Diese Ergebnisse können zudem mit den ungenauen Betriebsangaben über die Aussaatmengen zusammenhängen.

Die Ährenzahl/m² auf den Schlägen mit Wintererbsengemengen variierte zwischen 60 und 200, im Durchschnitt waren es 140.

Die mittlere **Saattiefe** der Bestände lag zwischen 1 und 6 cm. Ein deutlicher Einfluss auf den Erfolg des Anbaus oder den Erbsenanteil zeigte sich nicht. Auch, ob die **Saat** Mitte September oder erst Ende Oktober erfolgte, hatte keine nachweisbaren Auswirkungen auf Ertrag und Zusammensetzung.



Wintererbsen im Gemenge mit Triticale, Mitte Oktober auf durchschnittlich 3,8 cm gesät, 40 Tage nach der Saat

Unkraut und Regulierung

Der **Unkrautdeckungsgrad** zum Ende der Erbsenblüte lag bei den Wintererbsengemengen im Mittel bei 15 % und damit 10 % unter dem der Sommerkörnererbsen. Ein deutlicher Effekt auf den Ertrag oder den Erbsenanteil war nicht zu erkennen.

Auf drei Viertel der untersuchten Schläge wurde keine direkte **Unkrautregulierung** durchgeführt. Auf 16 % der Schläge wurde einmal gestriegelt, auf weiteren 9 % zweimal. Deutliche Einflüsse des Striegels auf die Bestandesentwicklung waren nicht zu erkennen.

Krankheiten und Schädlinge

Fußkrankheiten

Auch bei den überwiegend ökologisch angebauten Wintererbsen wurden **Schäden an den Wurzeln** festgestellt (Boniturskala von 1 bis 9). Nennenswerte Schäden (> 2) wurden bei 37 % der Bestände gefunden, deutliche Schäden (> 4) wiesen nur 7 % der Bestände auf. Damit war die Schädigung im Mittel etwas geringer als bei den konventionellen Sommererbsen und deutlich unter den Öko-Sommererbsen.

Bei auftretenden Wurzelschäden war häufig der Knöllchenbesatz etwas geringer. Es ist somit von einer leichten Beeinträchtigung der Erbsenentwicklung und des Gesamtertrags auszugehen.

Die vom Fachgebiet Ökologischer Pflanzenschutz der Uni Kassel/Witzenhausen durchgeführte Analyse ergab auch bei den Wintererbsen häufig einen Besatz mit Schadpilzen. Hinweise auf eine Beeinträchtigung der Wurzeln bzw. der Erbsenentwicklung wurden für die zwei **Schadpilze** *Fusarium solani* f. *pisi* und *Fusarium avenaceum* gefunden. Auch die anderen bei der Sommererbse vorkommenden Fußkrankheitserreger wurden gefunden,

zeigten jedoch keinen nachweisbaren Effekt auf die Erbsenentwicklung.

Fusarium solani* f. *pisi trat in ca. der Hälfte der Bestände auf und war anscheinend z. T. an den sichtbaren Wurzelschäden beteiligt.

Fusarium avenaceum spielte bei der Sommererbse keine nachweisbare Rolle. Bei der Wintererbse weisen die Ergebnisse auf eine leichte Beeinträchtigung der Erbsenentwicklung hin. Der Pilz trat anscheinend bei höheren Anteilen an Leguminosen in der Anbauschicht häufiger auf.

Insgesamt scheint der Einfluss von Fußkrankheiten auf die Wintererbse bei den untersuchten Beständen deutlich geringer gewesen zu sein als bei den Sommerkörnererbsen.

Sprosskrankheiten

Krankheiten am Spross traten nur in wenigen Beständen und dann nur in einem sehr geringen Ausmaß auf. Sie waren kein wesentlicher Faktor bei der Ertragsbildung.

Schädlinge

In den untersuchten Erbsenbeständen wurden Schädigungen durch Blattrandkäfer, Blattläuse, Erbsenkäfer und Erbsenwickler beobachtet.

Fraßschäden des **Blattrandkäfers** im Frühjahr traten nur in wenigen Fällen auf und waren dann unproblematisch.

Ob Schäden an den Knöllchen durch den Fraß der Käferlarven einen wesentlichen Effekt auf die Wintererbsenentwicklung hatten, konnte nicht untersucht werden.

Ein Zusammenhang von **Blattlausbefall** bzw. deren Schadsymptome mit der Ertragsbildung der Wintererbse war nicht erkennbar. Insgesamt wurden deutlich weniger Blattläuse bzw. Schadsymptome als bei der Sommerkörnererbse beobachtet.

Der Anteil der durch **Erbsenwickler** geschädigten Körner im Erntegut war deutlich höher als bei den Sommerkörnererbsen. Er erreichte bei einzelnen Beständen 33 % und lag im Mittel bei 7 %. Obwohl ein Ertragseinfluss nicht nachgewiesen werden konnte, muss bei starkem Befall von einer deutlichen Beeinträchtigung ausgegangen werden.

Auch der Anteil Bestände mit starken Schäden durch **Erbsenkäfer** war bei den Wintererbsen deutlich höher als bei den Sommererbsen. Nur knapp 20 % der Bestände waren ohne Befall. Vor allem bei den beiden Beständen mit extremem Befall von über 30 % muss von einem negativen Effekt auf den Ertrag ausgegangen werden. Besonders, weil bei den betroffenen feinkörnigen Sorten die Käferbohrung einen Großteil des Korns ausmachte.



Links und Mitte: gesunde und geschädigte Wintererbsenwurzeln, rechts Wintererbsen mit Schäden durch den Erbsenkäfer

Ernte

Aus Sicht der PraktikerInnen sind ungleichmäßige Abreife der Gemengepartner und häufig auftretendes Lager die größten Probleme bei der Ernte von Wintererbsengemengen.

Eine deutlich frühere **Abreife** der Erbsen trat nur bei zwei Wintererbsenbeständen mit kurzwüchsigen Sorten auf. Hülsenplatzen könnte in diesen Fällen zu Ertragsverlusten geführt haben. Eine späte oder nicht vollständige Abreife von wüchsigen Wintererbsensorten war in den Untersuchungsjahren kein Problem. Besonders unter

feuchten Bedingungen wurde dies aber in der Praxis schon beobachtet – bis hin zu nicht erntbaren Beständen.

Bei der Hälfte der Schläge trat zur Ernte deutliches bis starkes **Lager** auf. Deshalb wurde in diesen Fällen aufgrund höherer Druschverluste eigentlich mit einem größeren Unterschied zwischen Handernteertrag und Praxisdruschertrag gerechnet. Die Differenz zwischen den beiden Ertragszahlen war aber im Mittel bei Lager nicht höher.



Durchschnittliche Bestandeshöhe zur Ernte: links 30 cm, Mitte 70 cm, rechts 90 cm

Die wichtigsten Einflussfaktoren im Detail: Sommererbse in Reinsaat

In den folgenden Kapiteln werden Details zum **Ertrag**, **Unkrautdeckungsgrad** und **Protein-gehalt** sowie zu deren Einflussfaktoren auf den untersuchten Schlägen mit **Sommerkörnererbsen** in den Jahren 2016 bis 2019

dargestellt. Aufgrund der geringen Anzahl an ökologisch bewirtschafteten Schlägen mit Reinsaaten wurden auch Bestände mit geringem Gemengepartneranteil in die Auswertung einbezogen.



Welche Faktoren beeinflussten den Ertrag?

Konventionell und ökologisch bewirtschaftete Schläge wurden in der vorliegenden Untersuchung getrennt ausgewertet. Nicht nur das Ertragsniveau sondern auch die Wirkung einzelner Faktoren unterschied sich zwischen den beiden Systemen deutlich.

Von den 91 Beständen mit reinen Sommererbsen oder nur geringfügigem Anteil an Gemengepartnern wurden 17 ökologisch angebaut. Die geringe Anzahl an Öko-Beständen lässt für diese Bewirtschaftungsform nur eine grobe und unsichere Zuordnung von Faktoren zu. Deshalb werden die Ergebnisse hierbei mit Resultaten aus dem sogenannten Bodenfruchtbarkeitsprojekt verglichen (BOFRU, S. 155). In dem Projekt

wurden in den Jahren 2009 bis 2013 über 60 ökologisch angebaute Erbsenschläge in ähnlicher Weise untersucht.

Mit den auf den Seiten 39- bis 42 dargestellten wichtigsten Ertragsfaktoren konnten 65 % (konventionell) bzw. 83 % (ökologisch) der Ertragsunterschiede erklärt werden. Im Vergleich zu Soja, Blauer Lupine und Ackerbohne wurden bei der Erbse weniger Faktoren mit einer starken Einzelwirkung gefunden. Vielmehr kam eine Vielzahl von Faktoren mit schwächerer Wirkung bzw. einem seltenen Auftreten vor.

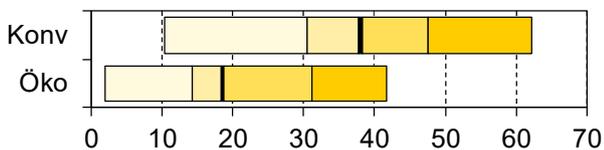
Alle dargestellten Ertragszahlen beziehen sich auf die Praxis-Druscherträge.

Inhalt des Kapitels:

Details zum Ertrag	36
Übersicht konventionell: Wesentliche Faktoren des Ertrags.....	39
Weitere Faktoren des Ertrags, konventionell	40
Übersicht ökologisch: Wesentliche Faktoren des Ertrags.....	41
Weitere Faktoren des Ertrags, ökologisch	42
Warum ein so großer Ertragsunterschied zwischen ökologisch und konventionell angebauten Erbsen?.....	43
Details zu den Ertragsfaktoren	44
Temperatur	44
Wasserversorgung	46
Schädigung durch Insekten.....	48
Leguminosenmüdigkeit und Fußkrankheiten	51
Blattkrankheiten	58
Boden	59
Bodenbearbeitung, Saatgut, Saattiefe und Saattermin	61
Ungeprüfte mögliche Faktoren des Ertrags	63
Welche Bedingungen hatten keinen nachweisbaren Einfluss auf den Ertrag?	64
Boden und Nährstoffe	64
Bewirtschaftung.....	65

Details zum Ertrag

In den Jahren 2016 bis 2019 lag der Höchstertrag von insgesamt 91 Schlägen mit Sommerkörnererbse bei 62 dt/ha – von einem konventionellen Schlag. Zusammen mit den BOFRU-Schlägen wurden auf Öko-Schlägen maximal 47 dt/ha geerntet. Diese Ergebnisse zeigen das Ertragspotential auf, das unter den gegebenen Standortbedingungen in der Praxis erreichbar ist.



Ertrag [dt/ha, 14 % Feuchte], vom Betrieb ermittelt

Bei ökologischem Anbau wurden mit durchschnittlich 21 dt/ha ca. 17 dt/ha weniger geerntet als bei konventioneller Bewirtschaftung. Auch die Erträge der Öko-Erbsen aus der BOFRU-Studie erreichten im Mittel nur ein

ähnlich niedriges Niveau. Gründe für die systembedingten Ertragsunterschiede werden auf Seite 43 analysiert.

Komponenten des Erbsenertrags

Der Ertrag pro Fläche lässt sich in die Ertragskomponenten

- Pflanzen bzw. Triebe/m²
- Hülsen pro Trieb
- Körner pro Hülse und
- Tausendkorngewicht aufteilen.

Da Erbsen sich z. T. noch im Boden verzweigen, wurde die Bestandesdichte zum Ende der Erbsenblüte und zur Ernte als hülsentragende **Triebe/m²** definiert. Bei den untersuchten Erbsenbeständen hatte diese Komponente einen vergleichsweise geringen Einfluss auf den Ertrag.

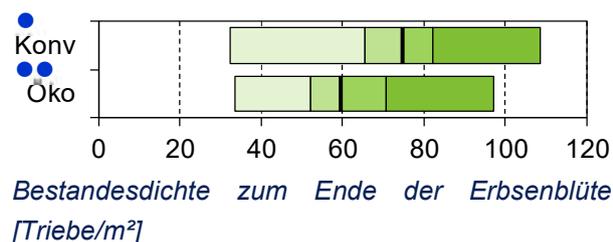


Von links nach rechts: Erbsenbestände mit 48, 69 und 95 Trieben/m² und 9,8, 6,1 und 3,8 Hülsen pro Trieb

Welche Faktoren beeinflussten den Ertrag?

Verglichen mit Ackerbohne und Sojabohne kann die Erbse geringe Bestandesdichten etwas schlechter ausgleichen – jedoch bedeutend besser als die Blaue Lupine. Meist wurden bei einer geringen Anzahl aufgelaufener Erbsenpflanzen mehr Triebe pro Pflanze gebildet. Eine geringe Anzahl Triebe/m² führte häufig zu einer höheren Anzahl Hülsen pro Trieb und Körnern pro Hülse.

Bestände mit weniger als 80 Trieben/m² waren oft mit Ertragseinbußen verbunden. Im Mittel lagen diese bei 1,3 dt/ha (konventionell) bzw. 4,1 dt/ha (ökologisch) je 10 Triebe/m². Bei den Beständen mit mehr als 80 Trieben/m² war dieser Ertragseffekt nicht zu erkennen. Von den untersuchten Beständen hatten mehr als drei Viertel eine Bestandesdichte unter 80 Triebe/m².



Die Untersuchungsergebnisse weisen darauf hin, dass die Bestandesdichte sowohl direkt als auch indirekt über die unterschiedliche Unkrautunterdrückung den Ertrag beeinflusst. Detaillierte Ergebnisse zu den Einflussfaktoren

der Bestandesdichte sowie zu den Zusammenhängen mit Unkrautdruck und Bestandeshomogenität finden sich auf Seite 77.

Am stärksten waren hohe Erträge mit einer hohen **Anzahl Hülsen pro Trieb** und einem hohen **Tausendkorngewicht** verbunden. Während beide Parameter wesentlich von den Wachstumsbedingungen abhingen, stand das Tausendkorngewicht zusätzlich stark unter dem Einfluss der Sortenwahl.

Die Ertragskomponente **Anzahl Körner pro Hülse** hatte einen deutlich geringeren Einfluss auf den Ertrag.

Insgesamt ist die Ertragsbildung ein komplexer Prozess, bei dem eine Vielzahl von Faktoren auf die verschiedenen Ertragskomponenten teilweise unterschiedlich einwirken. So wirken sich z. B. sowohl eine geringe Wasserversorgung als auch ein starker Blattlausbefall negativ auf die Anzahl Hülsen pro Trieb und die Tausendkorngewicht aus. In vielen Fällen sind diese Bedingungen jedoch mit einer höheren Anzahl Körner pro Hülse verbunden. Eine hohe Verunkrautung hat hingegen auf alle Ertragskomponenten einen negativen Einfluss.

Die im weiteren Verlauf genannten Faktoren sind also nur die Parameter, die in ihrer Gesamtwirkung einen Einfluss auf den Ertrag hatten.



Die gleichen Bestände wie auf S. 36 in Aufsicht, von links nach rechts: Bestandeshöhe 54, 88 und 75 cm

Unterschied zwischen Praxisertrag und Messparzellenertrag

Neben dem vom Betrieb ermittelten Druschertrag der Erbsenschläge wurden vor dem Dreschen auf jedem Schlag zwei Messparzellen von je 2,5 m² per Hand geerntet. Der auf diese Weise ermittelte Ertrag lag im Schnitt 37% höher als der, der vom Betrieb angegeben wurde. Der bei der Handernte gemessene Höchstertrag lag bei 87 dt/ha. Die großen Unterschiede zwischen Handernte und Druschernte können folgende Ursachen haben:

- Die Messparzellen für die Handernte lagen nicht in Vorgewenden, auf Kuppen oder Senken, an Fahrspuren oder in anderweitig gestörten Bereichen des Schlages. Die

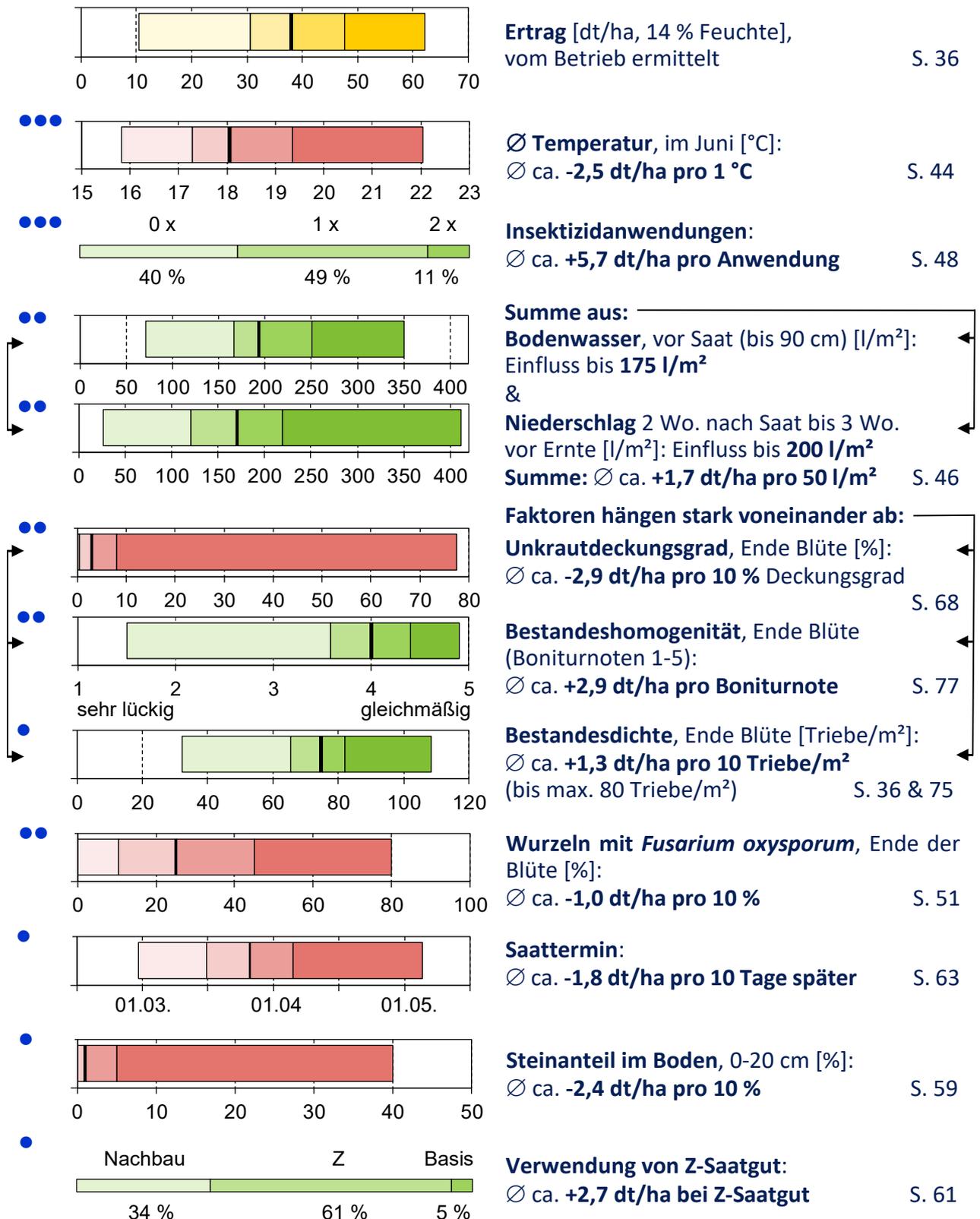
Bodenbedingungen waren somit in der Regel besser als im Durchschnitt des Schlages.

- Die Handernte erfolgte im Mittel 6 Tage vor dem Drusch. Verluste durch geplatze Hülsen waren somit bei der Handernte geringer.
- Bei der Handernte wurden die Pflanzen direkt über dem Boden geschnitten. Es ist somit besonders bei flach liegenden Erbsen von geringeren Ernteverlusten auszugehen.
- Negative Effekte auf den Druscherfolg, z. B. durch feuchte Erntebedingungen oder nicht optimale Einstellungen, hatten bei der Handernte keine Auswirkungen.



Übersicht konventionell: Wesentliche Faktoren des Ertrags

Die Faktoren sind nach Ihrer Bedeutung für den Ertrag sortiert, Details finden sich auf den



Weitere Faktoren des Ertrags, konventionell

Die folgenden Faktoren spielten nur bei wenigen Beständen eine Rolle oder hatten einen relativ geringen Effekt auf den Ertrag:

- Nach **frostreichen Wintern** kamen häufiger höhere Erträge vor als nach milden Wintern (S. 44).
- Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass mehrmalige **Bodenbearbeitung** in den vier Wochen vor der Saat (Spannweite 1 bis 3) sich im Mittel günstig auf die Ertragsbildung auswirkten (S. 61).
- **Feuchte Witterung vor der Saat** war häufig mit etwas niedrigeren Erträgen verbunden (S. 46).
- Mittlere **Saattiefen** tiefer als 6 cm hatten einen negativen Effekt auf die Ertragsbildung (S. 62).
- Starker **Blattlausbefall** war wahrscheinlich mit deutlichen Ertragseinbußen verbunden.

Vor allem deshalb war wohl der Faktor Insektizidanwendung von so großer Bedeutung. Ein direkter Effekt des Blattlausbefalls konnte auch aufgrund der Überlagerung mit Witterungsparametern statistisch nicht ermittelt werden (S. 48).

- Ein deutlicher Einfluss der am Ende der Blüte bestimmten **Wurzelschädigungen** und des Besatzes der Wurzeln mit dem Pilz ***Didymella pinodella*** war bei den konventionellen Beständen nicht zu erkennen. Wahrscheinlich wurde auch hier der Ertragseffekt durch die Witterungsparameter, die sowohl die Wurzelgesundheit als auch den Ertrag beeinflussten, überdeckt (S. 51).
- In jeweils nur einem Erbsenbestand wurde der Ertrag durch **extremen Unkrautdruck**, starke Schädigungen des **Erbsenkäfers**, starken **Blattkrankheitsbefall** (wohl Brennflecken) oder **Hagel** beeinträchtigt.

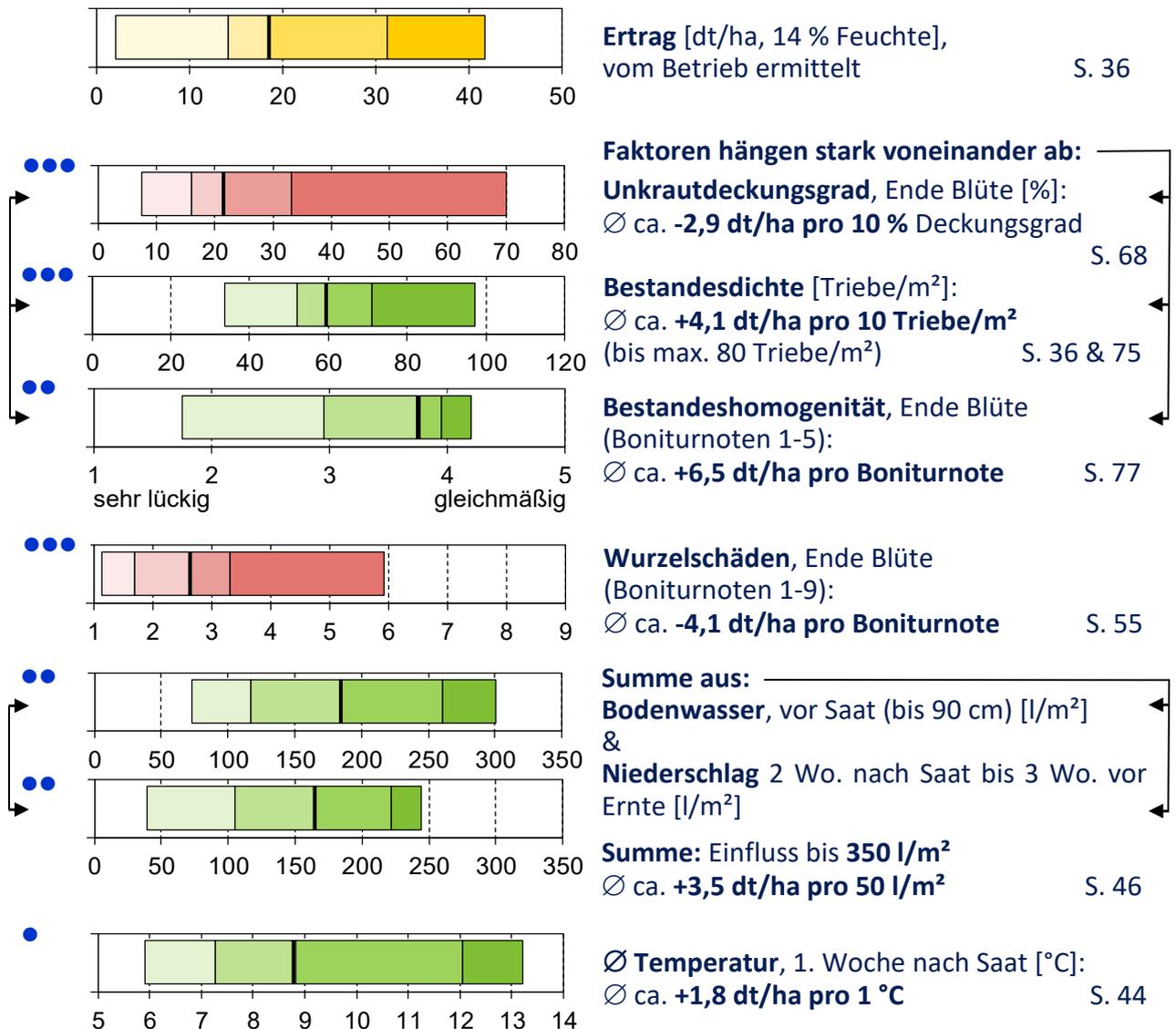


Erbsenpflanzen von einem Bestand mit einer durchschnittlichen Saattiefe von 8 cm

Übersicht ökologisch: Wesentliche Faktoren des Ertrags

Die Faktoren sind nach Ihrer Bedeutung für den Ertrag sortiert, Details finden sich auf den

genannten Seiten. Zusammenhang mit dem Ertrag: grün positiv; rot negativ.



BOFRU (S. 155): Die oben aufgeführten Faktoren bestätigen in fast allen Fällen Ergebnisse aus dem BOFRU-Projekt. Nur „Temperatur 1. Woche nach Saat“ wurde bei BOFRU nicht gefunden. Die Temperaturergebnisse weisen bei BOFRU eher auf einen

leicht positiven und im vorliegenden Projekt auf einen leicht negativen Effekt einer frühen Saat hin. In beiden Fällen ist der Einfluss schwach und kann mit den unterschiedlichen Bedingungen der verschiedenen Untersuchungsjahre zusammenhängen.

Weitere Faktoren des Ertrags, ökologisch

Die folgenden Faktoren spielten nur bei wenigen Beständen eine Rolle oder hatten einen relativ geringen Effekt auf den Ertrag:

- Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass eine starke Schädigung der Blätter durch **Blatt-randkäfer** im Jugendstadium mit eher geringeren Erträgen zusammenhängt (S. 48).
- In einem Erbsenbestand war der Ertrag bei **extremer Trockenheit auf leichtem Boden** noch niedriger als nach den oben genannten Faktoren erwartet (S. 46).

Im **BOFRU**-Projekt wurden zusätzlich noch folgende wesentliche Faktoren des Erbsenertrags im Ökolandbau ermittelt:

- Bei einem **Tongehalt** von mehr als 20 % im Boden traten geringere Erträge auf. Wahrscheinlich vor allem aufgrund der dann häufiger aufgetretenen Wurzelschädigungen. Dieser Effekt konnte im vorliegenden Projekt nicht bestätigt werden.
- **Tiefgründige Böden** wiesen meist höhere Erträge auf als flachgründige. Auch dieser Zusammenhang war im vorliegenden Projekt nicht zu erkennen.
- Böden mit Gehalten an verfügbarem **Phosphat** über 10 mg/100 g in der Krume waren meist ertragreicher als jene mit geringen Phosphatgehalten. Im vorliegenden Projekt lagen die Phosphatgehalte der untersuchten Öko-Schläge nur in einzelnen Fällen geringfügig unter 10 mg/100 g (S. 64).

- Bei höheren **N_{min}**-Gehalten im Frühjahr (0-90 cm) traten oft niedrigere Erträge auf. Im vorliegenden Projekt trat kein negativer Effekt auf.
- Je häufiger in den vorangegangenen 25 Jahren **Erbsen** angebaut wurden, umso geringer war im Mittel der Ertrag. Im vorliegenden Projekt waren nur 3 Schläge mit vorherigem und dann auch nur einmaligem Erbsenanbau beteiligt. Deshalb konnte dieser direkte Fruchtfolgeeffekt nicht überprüft werden.
- Bis zu einer **Saattiefe** von 6 cm war ein positiver Effekt einer tieferen Saat auf den Ertrag zu erkennen. Im vorliegenden Projekt fielen nur Bestände mit extrem flacher Saat ($\emptyset < 2$ cm) und niedrigem Ertrag auf (S. 61).
- Bei starkem **Blattlausbefall**, besonders zur Blüte, wurden im Mittel deutlich geringere Erträge erzielt. Auch im vorliegenden Projekt ist ein Ertragseinfluss durch Blattlausbefall wahrscheinlich. Er ließ sich jedoch nicht eindeutig von ähnlich wirkenden Witterungseinflüssen trennen (S. 48).
- Der Besatz der Erbsenwurzeln mit **Fusarium oxysporum** zum Ende der Blüte wies einen negativen Zusammenhang zum Ertrag auf. Im vorliegenden Projekt konnte dieser Effekt nur bei den konventionellen Beständen bestätigt werden.

Warum ein so großer Ertragsunterschied zwischen ökologisch und konventionell angebauten Erbsen?

Verglichen mit den konventionellen Beständen waren die Öko-Bestände bei den Standortbedingungen etwas benachteiligt. Im Mittel waren sowohl der Bodenwasservorrat im Frühjahr als auch die Niederschlagsmenge in der Vegetationszeit der Erbse bei den 17 Öko-Standorten niedriger als bei den 74 konventionellen. Aber auch wenn man diesen Unterschied in der Wasserversorgung herausrechnet, bleibt im Durchschnitt ein Ertragsunterschied von ca. 15 dt/ha zwischen den ökologisch und konventionell angebauten Erbsen bestehen.

Die beiden eng miteinander verknüpften Faktoren **Bestandesdichte** und **Unkrautdeckungsgrad** scheinen einen wesentlichen Beitrag zu dieser Ertragsdifferenz beigetragen zu haben. Im Mittel war bei den Öko-Beständen die Anzahl Triebe/m² deutlich niedriger und der Unkrautdeckungsgrad weitaus höher als bei den konventionell angebauten Erbsen (S. 75).

Die **Schädigung durch Insektenbefall** wurde als eine weitere Ursache der Ertragsunterschiede ermittelt. Der Einsatz von Insektiziden wirkte sich durchschnittlich positiv auf den Ertrag aus. Etwa die Hälfte der konventionellen Bestände wurde mit Insektiziden

behandelt. In den Öko-Beständen waren hingegen keine Insektizide im Einsatz. Nach Beobachtungen in den Beständen hatte vor allem ein starker Blattlausbefall einen negativen Effekt auf die Ertragsbildung (S. 48).

Auch die **Leguminosen-Anbaugeschichte** in Zusammenhang mit den **Fußkrankheiten** der Erbse war sehr wahrscheinlich an dem niedrigeren Ertragsniveau der Öko-Bestände beteiligt. Bei konventionellem Anbau waren der Leguminosenanteil in der Fruchtfolge und die Schädigungen an den Wurzeln zum Ende der Erbsenblüte im Durchschnitt deutlich geringer (S. 51).

Sowohl die Leguminosen-Anbaugeschichte als auch der Besatz mit Fußkrankheiten wiesen zudem einen Zusammenhang mit der Bestandesdichte und dem Unkrautdeckungsgrad auf (S. 75).

Mit den drei Faktorkomplexen

- Bestandesdichte/Verunkrautung,
 - Schädigung durch Insekten (v. a. Blattläuse) und
 - Leguminosenanbau/Fußkrankheiten
- konnte ein Großteil der Ertragsunterschiede zwischen ökologisch und konventionell angebauten Erbsen erklärt werden.



Erbsenbestände mit ausreichender Wasserversorgung: links konv. 50 dt/ha, rechts ökol. 42 dt/ha

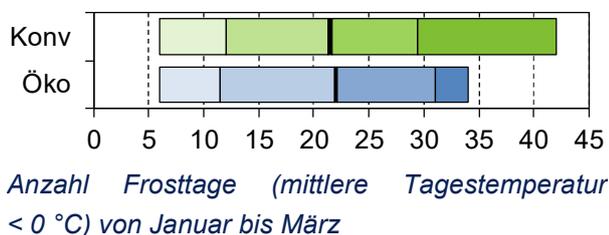
Details zu den Ertragsfaktoren

Temperatur

Um den Temperatureinfluss auf den Ertrag zu untersuchen, wurden Durchschnittstemperaturen (Tagesmittel der Lufttemperatur) in verschiedenen Zeitabschnitten der Anbauphase von den nächstgelegenen Wetterstationen ermittelt. Zusätzlich wurden die Frosttage des vorherigen Winters erfasst. Mögliche leichte Zusammenhänge zum Ertrag ergaben die Anzahl Frosttage von Januar bis März und die Durchschnittstemperatur in der Woche nach der Saat. Deutlich stärker war der Effekt durch die Temperatur im Juni.

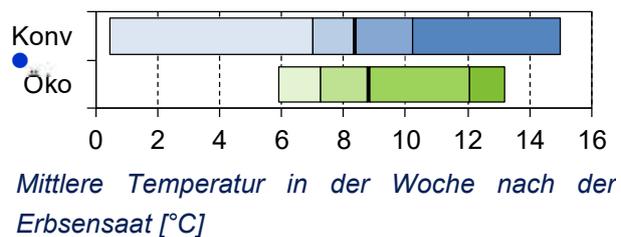
Anzahl Frosttage Januar bis März

Für die Anzahl Frosttage von Januar bis März ergab die Auswertung bei den konventionellen Beständen einen positiven Zusammenhang zum Ertrag. Im Durchschnitt lag der Ertragseffekt bei ca. **+2,2 dt/ha pro 10 Frosttage**. Ein positiver Effekt über eine verbesserte Bodenstruktur durch Frostgare wäre denkbar. Allerdings bestätigte sich dieser Zusammenhang weder bei den ökologischen Beständen noch im BOFRU-Projekt und muss daher als unsicher eingestuft werden.



Temperatur eine Woche nach der Saat

Eine höhere durchschnittliche Temperatur in der Woche nach der Saat scheint bei den Öko-Beständen den Ertrag im Mittel um ca. **1,8 dt/ha pro 1 °C** gesteigert zu haben. Das deutet auf einen positiven Effekt einer späten Saat hin. Allerdings zeigte sich ein solcher Zusammenhang weder bei den Öko-Erbesen im BOFRU-Projekt (S. 155) noch bei den konventionellen Beständen. Dort zeichnete sich hingegen sogar eine Tendenz zu positiven Effekten einer frühen Saat ab.

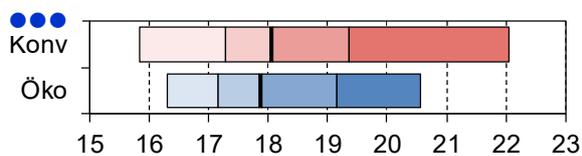


Konventioneller Erbsenbestand am 16.05.: frühe Saat am 02.03., Auflaufen erst 6 Wochen später

Welche Faktoren beeinflussten den Ertrag?

Temperatur im Juni

Im Juni liegen bei der Erbse wesentliche Bereiche der Wachstumsstadien Blüte und Hülsenansatz. Hohe Temperaturen hatten in diesem Zeitraum einen negativen Effekt von durchschnittlich ca. **-2,5 dt/ha pro 1° C**. Statistisch konnte dieser Effekt nur für die konventionellen Bestände ermittelt werden. Aber auch für die ökologisch angebauten Erbsen deutete sich dieser Effekt an.



Mittlere Temperatur im Juni [°C]

Im BOFRU-Projekt zeigte sich dieser Zusammenhang nicht. Im damaligen Untersuchungszeitraum von 2009 bis 2013 waren die Temperaturen allerdings im Mittel um 2 °C niedriger. Die höchsten mittleren Juni-Temperaturen lagen damals bei 18 °C. Im vorliegenden Projekt, in dem Daten von 2015 bis 2019 erhoben wurden, traten bei der mittleren Juni-Temperatur Spitzenwerte von bis zu 22 °C auf.

Vermutlich sind vor allem ungewöhnlich hohe Temperaturen verbunden mit geringer Wasserversorgung (S. 46) für den negativen Effekt hoher Juni-Temperaturen verantwortlich.



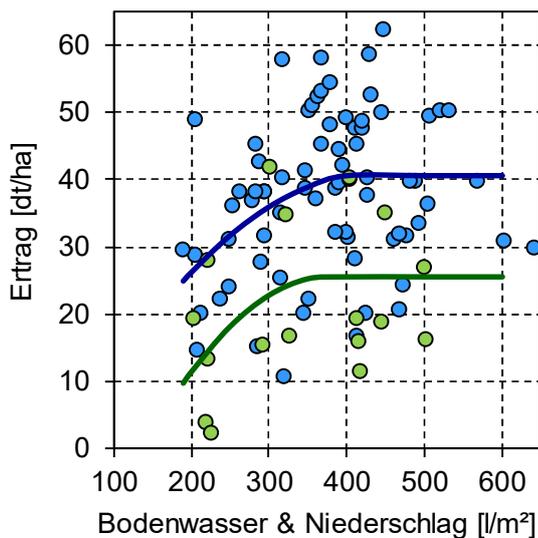
Erbsenbestände Ende Juni vom gleichen Betrieb: links 88 cm hoch nach kühler und feuchter Witterung 2016 (Ertrag 59 dt/ha), rechts 58 cm hoch nach heißer und trockener Witterung 2019 (Ertrag 42 dt/ha)

Wasserversorgung

Die Wasserversorgung der untersuchten Erbsenbestände schwankte aufgrund der sehr unterschiedlichen Jahres- und Standortbedingungen in einem weiten Bereich. Dadurch war es möglich, den Einfluss der Wasserversorgung auf den Erbsenertrag detailliert zu untersuchen. Die Summe aus dem Bodenwasservorrat im Frühjahr und der Wasserzufuhr über Niederschläge in der Vegetationszeit zeigten dabei deutliche Effekte. Berechnete Erbsenbestände waren in der Untersuchung nicht vertreten.

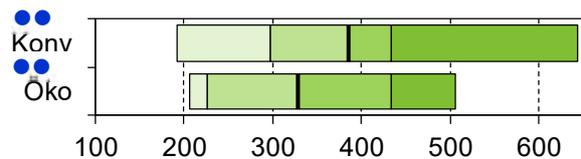
Eine höhere **Wassermenge** hatte bis maximal 350-375 l/m² einen deutlich positiven Einfluss auf den Ertrag: durchschnittlich ca. **+1,7 dt/ha** (konv.) bzw. **+3,5 dt/ha** (öko.) **pro 50 l/m²**. Ab ca. 350 l/m² trat kein eindeutiger Effekt mehr auf.

Bei den ökologisch angebauten Erbsen war der Effekt größer. Eine Ursache dafür können die dort im Mittel stärkeren Schädigungen der Erbsenwurzeln sein (S. 55).



Zusammenhang von Ertrag mit der Summe von Bodenwasser im Frühjahr (bis 90 cm) und Niederschlag 2 Wochen nach Saat bis 3 Wochen vor Ernte

Wassermangel wirkte sich vor allem negativ auf die Anzahl Hülsen pro Trieb aus. Auf die anderen Ertragskomponenten war kein deutlicher Effekt zu erkennen.



Summe von Bodenwasser vor Saat (bis 90 cm) und Niederschlag 2 Wochen nach Saat bis 3 Wochen vor Ernte [l/m²]

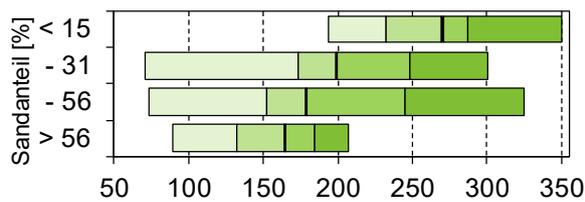
Auf knapp 50 % der zwischen 2015 und 2019 untersuchten Schläge lag die Summe aus Bodenwasser und Niederschlag bei weniger als 375 l/m². Die Wasserversorgung war somit ein häufig wirksamer Ertragsfaktor.

Diese Ergebnisse bestätigen Resultate über die Bedeutung der Wasserversorgung für die Ertragsbildung der Erbse aus dem BOFRU-Projekt (S. 155).

Bodenwasser

Die Menge an Bodenwasser im Frühjahr wurde aus dem Bodenwassergehalt bei der N_{min}-Probenahme (0-90 cm) und der mittleren Eindringtiefe der Bodensonde errechnet. Durch die Einbeziehung der mittleren Eindringtiefe einer Bodensonde wird die Steinigkeit bzw. Tiefgründigkeit der Böden mitberücksichtigt. Die so berechnete Bodenwassermenge beschreibt den Wasservorrat im Boden vor Vegetationsbeginn. Sie kann aber auch einen Hinweis auf die Speicherfähigkeit eines Bodens geben, d. h. wie gut er Trockenphasen abpuffern kann.

Welche Faktoren beeinflussten den Ertrag?



Bodenwasser vor der Saat in 0-90 cm in Abhängigkeit vom Sandanteil des Bodens [l/m²]

Als wesentliche Einflussgrößen der Bodenwassermenge konnten bei der Untersuchung folgende Faktoren identifiziert werden:

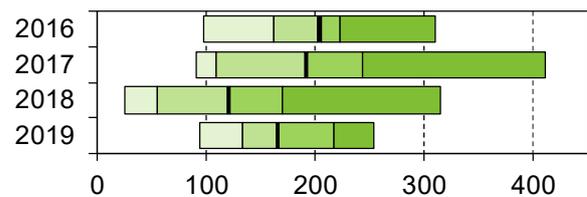
- Negativ: Hohe Sandgehalte und starke Verdichtungen im Unterboden
- Positiv: Hohe Schluff-, Ton- und Humusgehalte sowie warme und feuchte Winter

Ein großer Teil der Schwankungsbreite konnte mit diesen Faktoren jedoch nicht erklärt werden. Nicht untersuchte Faktoren, die einen Einfluss haben können, sind z. B. Korngröße der Sandfraktion, Bodenstruktur, Unterbodeneigenschaften, Grundwassernähe etc.



Niederschlag

Die Niederschlagsmenge zwei Wochen nach der Saat bis zwei Wochen vor der Probenernte (entspricht \varnothing 3 Wochen vor dem Drusch) variierte in weiten Grenzen zwischen 26 und 412 l/m². Das in vielen Teilen Deutschlands extrem trockene Jahr 2018 zeigt auch im Mittel aller Schläge die geringste Niederschlagsmenge. Insgesamt ergibt sich jedoch durch die bundesweite Verteilung der Erbsenbestände für jedes Jahr eine weite Spannweite an Niederschlagshöhen. Während in den Jahren 2016, 2018 und 2019 die Niederschlagsmengen im Mittel von Süd nach Nord und von West nach Ost abnahmen, war es im Jahr 2017 umgekehrt.



Niederschlag 2 Wochen nach Saat bis 3 Wochen vor Ernte in den 4 Untersuchungs Jahren [l/m²]



Zwei Erbsenbestände unter Wasserstress auf Sandböden, Mitte Juni: links konventionell (Ertrag 31 dt/ha), rechts ökologisch (Ertrag 5 dt/ha)

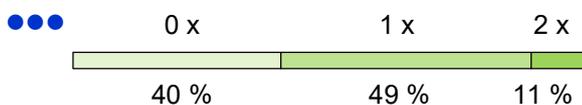
Schädigung durch Insekten

Beim Erbsenanbau können eine Reihe von Insekten die Ertragsbildung beeinträchtigen. Im Projekt konnte nur an wenigen Terminen versucht werden, das Auftreten von bzw. die Schädigungen durch Insekten zu ermitteln. Die Beobachtungen weisen auf negative Ertrags-effekte durch Blattrandkäfer, Blattläuse und Erbsenkäfer hin. Ein Einfluss von Erbsenwicklerbefall wurde nicht deutlich, kann aber nicht ausgeschlossen werden. Vor allem die Ergebnisse zur Ertragswirkung der Insektizid-anwendungen weisen auf die große Bedeutung von Schädigungen durch Insekten hin.

Insektizideinsatz

Insektizide wurden in 60 % der konventionellen Erbsenbestände eingesetzt. Bei ökologischem Anbau wurden keine direkten Maßnahmen gegen Insekten durchgeführt. Im Durchschnitt lag der Ertragseffekt bei ca. **+5,7 dt/ha pro Anwendung** (konv.).

10 % der Anwendungen wurden im Jugendstadium durchgeführt, wahrscheinlich meist aufgrund Blattrandkäferbefalls. Die restlichen 90 % wurden im Zeitraum Anfang Blüte bis zur Hülsenfüllung eingesetzt, z. B. gegen Blattläuse und/oder Erbsenwickler.

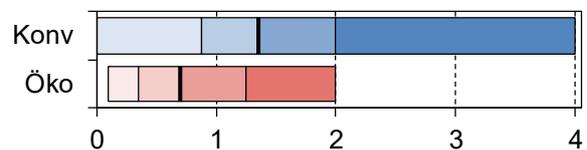


Insektizideinsatz in den konventionell angebauten Erbsenbeständen

Blattrandkäfer

Die Blattfraßschädigung durch Blattrandkäfer wurde im 2- bis 8-Blattstadium bonitiert. Bei den Öko-Beständen deutet sich ein negativer

Zusammenhang von Fraßschäden und Erbsenertrag an. In der Fachliteratur wird jedoch davon ausgegangen, dass ein Befall mit Blattrandkäfern den Ertrag kaum durch den Blattfraß beeinflusst, sondern vor allem durch Fraßschäden der Käferlarven an Knöllchen und Wurzeln. Außerdem weisen Publikationen darauf hin, dass meist kein Zusammenhang zwischen Ausmaß von Blattfraßschäden und Wurzelschäden besteht.



Blattfraßschäden durch Blattrandkäfer im 2- bis 8-Blattstadium (Boniturnoten 0 - 4)

Weder bei den konventionellen Beständen noch im BOFRU-Projekt zeigte sich ein Zusammenhang zwischen Blattrandkäferfraß an den Blättern und dem Erbsenertrag. Ein deutlicher Ertragseinfluss ist deshalb unwahrscheinlich.

Bei der Wurzelbonitur zum Ende der Erbsenblüte wurde versucht, auch den Knöllchenbesatz und die Schädigungen der Knöllchen zu erfassen. Aufgrund der feinen Erbsenwurzeln sowie der kleinen, über das ganze Wurzelsystem verteilten Knöllchen konnten jedoch zu diesem Bereich keine aussagekräftigen Daten ermittelt werden.

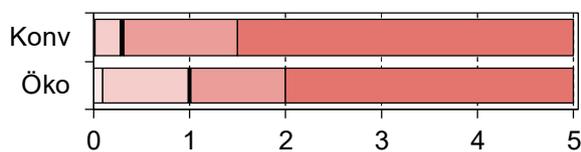
Blattläuse

Blattlausbefall kann bekanntermaßen die Ertragsbildung der Erbse stark beeinträchtigen. Zum Ende der Erbsenblüte wurden die Bestände auf Blattlausbesatz bzw. Schädigungen durch Blattläuse bonitiert. Allerdings können sich Blattläuse im Bestand schnell

Welche Faktoren beeinflussten den Ertrag?

vermehrten und auch Populationen schnell wieder zusammenbrechen. Die Blattlausbonitur konnte deshalb nur grobe Anhaltspunkte für eine Schädigung der Erbsen liefern. Eine Quantifizierung des Blattlauseinflusses auf den Ertrag war mit diesen Daten nicht möglich. Die große Ertragswirksamkeit der Insektizidbehandlungen ist jedoch ein wichtiger Hinweis auf die Bedeutung der Schädigungen durch Blattlausbefall.

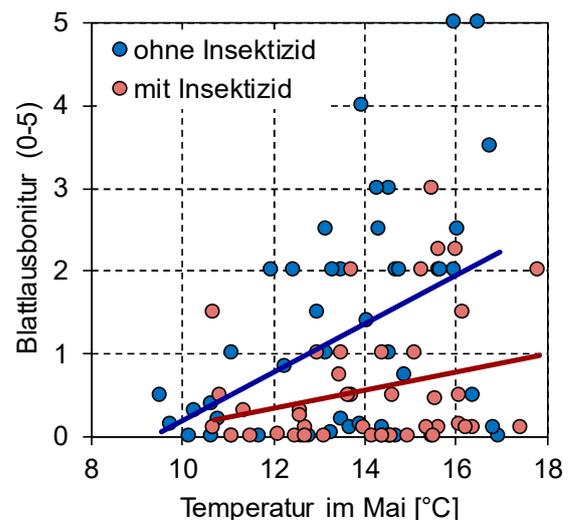
Auch die Untersuchungen im BOFRU-Projekt ergaben im Mittel eine deutliche Ertragsminderung durch Blattlausbefall.



Blattlausbesatz und Blattlausschäden zum Ende der Erbsenblüte (Boniturnoten 0 - 5)

Etwa die Hälfte der Bestände ohne Insektizidanwendung wies einen nennenswerten Blattlausbefall auf (ab Boniturnote 1). Mit Insektizidanwendung waren es nur 27 %. Neben der Anwendung von Insektiziden war

die Durchschnittstemperatur im Mai ein weiterer wichtiger Faktor für das Auftreten von Blattläusen (Grafik). Weder andere Bewirtschaftungsmaßnahmen noch Witterungsdaten – z. B. Temperatur im Vorwinter oder Niederschlagshöhe – zeigten einen deutlichen Einfluss auf den Blattlausbefall.



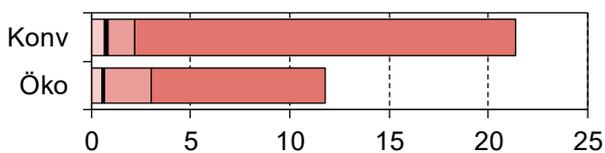
Zusammenhang Durchschnittstemperatur im Mai und Blattlausbonitur zum Ende der Erbsenblüte (Boniturnoten 0 - 5)



Starker Blattlausbesatz in einem konventionellen Erbsenbestand ohne Insektizideinsatz: links zum Ende der Blüte, rechts zur Ernte (nur noch einzelne grüne Stängel)

Erbsenwickler

Auf den Befall mit Erbsenwicklern konnte man aus dem Anteil charakteristisch geschädigter Erbsen im Erntegut schließen. Der tatsächliche Schaden muss aufgrund der nicht gezählten komplett geschädigten Erbsen jeweils als höher angenommen werden. Der Anteil Bestände mit $\geq 5\%$ geschädigten Erbsen lag sowohl mit als auch ohne Insektizideinsatz bei ca. 16%. Ein Einfluss der Insektizidbehandlung auf den Wicklerbefall war somit nicht zu erkennen. Auch ein deutlicher Effekt des Wicklerbefalls auf den Ertrag war im Rahmen der untersuchten Bestände wie auch im BOFRU-Projekt nicht nachzuweisen.



Anteil der vom Erbsenwickler geschädigten Erbsen nach Probendrusch [%]

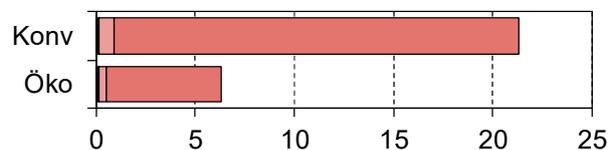
Unter folgenden Bedingungen traten vermehrt durch Wickler geschädigte Erbsen auf:

- Lehmige Böden mit geringem Sandanteil
- Juni und Juli trocken, Juli warm

Erbsenkäfer

Auch auf den Befall mit Erbsenkäfern konnte aus dem Anteil geschädigter Erbsen im Erntegut geschlossen werden. Da bei der Bohrung der Käferlarve keine Körner vollständig verloren gehen, sollte diese Methode den wirklichen Befallsgrad relativ genau widerspiegeln. Der Anteil Bestände mit starkem Schaden durch Erbsenkäfer war relativ gering. Ohne Insektizideinsatz wiesen nur ca. 9% der Bestände einen Käferbefall $\geq 5\%$ auf. Bei den mit Insektizid behandelten Beständen lagen alle Erntegutpartien unter 5% Befall. Nur in Einzelfällen mit sehr hohem Befallsgrad war eine Ertragsminderung zu erkennen.

Im BOFRU-Projekt wiesen in den Jahren 2011 und 2012 ca. 15% der Öko-Bestände einen Befall $\geq 5\%$ auf. Ein deutlicher Ertragseffekt zeigte sich damals nicht.



Anteil der vom Erbsenkäfer angebohrten Erbsen nach Probendrusch [%]

Unter folgenden Bedingungen trat ein vermehrter Käferbefall auf:

- Kein Insektizideinsatz
- Juni und Juli trocken und warm

Die Witterungsfaktoren des Käferbefalls waren denen des Wicklerbefalls sehr ähnlich.

Leguminosenmüdigkeit und Fußkrankheiten

Eine Vielzahl von wissenschaftlichen Untersuchungen und Praxiserfahrungen zeigen, dass die Erbse in der Fruchtfolge wenig selbstverträglich ist und häufig unter Fußkrankheiten leidet. In den hier vorgestellten Praxisuntersuchungen wurde dieser Themenbereich mit geprüft. Hierfür wurden erfasst:

- Mindestens 11 Jahre Anbaugeschichte des Erbsenschlags
- Ausmaß der Wurzelschädigungen zum Ende der Erbsenblüte
- Wichtige Fußkrankheitserreger an den Wurzeln

Im Folgenden werden die wesentlichen Ergebnisse aus der Praxisuntersuchung zu diesem komplexen Gebiet dargestellt.

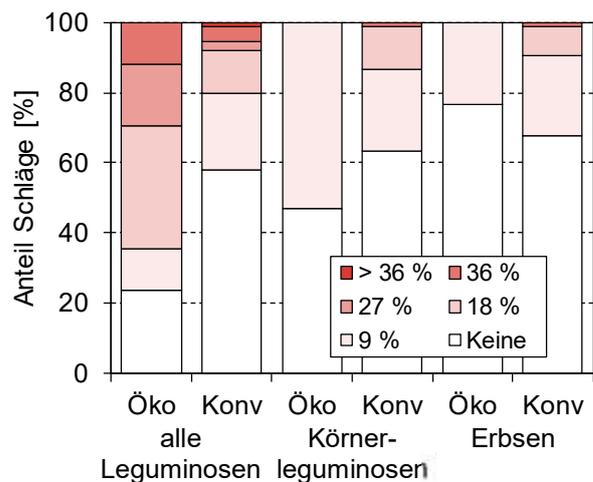
Anbaugeschichte

Wie erwartet war der Anteil angebauter Leguminosen in den 11 Jahren vor den Erbsen auf den ökologisch bewirtschafteten Schlägen im Mittel höher als bei den konventionellen. Nur auf einem Viertel der Öko-Schläge aber auf ca. 60 % der konventionellen Schläge wurden seit mindestens 11 Jahren keine Leguminosen angebaut.

Nur die Körnerleguminosen betrachtet, gab es im Mittel keinen deutlichen Unterschied in der Anbaugeschichte: ca. auf der Hälfte der Öko-Schläge und auf 40 % der konventionellen Schläge gab es einen Anbau von Körnerleguminosen.

Beim Anteil Erbsen in der Vorgeschichte überwogen im Mittel die konventionellen Schläge – auf einem Drittel der konventionellen Schläge und einem Viertel der Öko-Schläge erfolgte vor der Untersuchung Erbsenanbau.

Die geringen Anteile an Leguminosen in der Anbaugeschichte einzelner ökologisch bewirtschafteter Schläge erklärt sich mit der erst relativ kurz vor der Untersuchung erfolgten Umstellung dieser Schläge.



Anteil Schläge mit unterschiedlichem Prozentsatz Leguminosen in 11 Jahren vor den untersuchten Erbsen (inklusive Zwischenfrüchte) [%]

Mit dem Anteil von Leguminosen im Anbau variierte auch der zeitliche Abstand zur letzten angebaute Leguminose, Körnerleguminose bzw. Erbse zwischen den untersuchten Schlägen (nicht dargestellt).

Ein direkter, deutlicher Zusammenhang zwischen dem Umfang vom Leguminosenanbau bzw. dem Abstand zur vorherigen Leguminose und dem Erbsenertrag war bei den Untersuchungsbeständen nicht klar zu erkennen. Das gilt sowohl für den Erbsen-, den Körnerleguminosen- und den gesamten Leguminosenanbau.

Aus indirekten Zusammenhängen kann jedoch ein Einfluss auf die Ertragsentwicklung abgeleitet werden.

Ackerbauliche Ergebnisse / Details zur Sommererbse in Reinsaat

Ein hoher **Anteil an Körnerleguminosen** und ein geringer **Abstand zur letzten Körnerleguminose** waren häufig mit weniger Erbsenrieben/m² und einer schlechteren Homogenität des Bestandes verbunden. Das kann sowohl direkt als auch über einen erhöhten Unkrautdruck den Ertrag beeinträchtigt haben (ab S. 71) – vor allem bei den Öko-Beständen. Der Besatz der Wurzeln mit den Schadpilzen *Didymella pinodella* und möglicherweise auch *Fusarium solani* f. *lisi* wurde im Mittel durch vorherigen Körnerleguminosenanbau erhöht. Das kann zu negativen Auswirkungen auf den Ertrag führen (siehe auch nächster Abschnitt).

Inwieweit diese Fruchtfolgeeffekte durch alle Körnerleguminosen, oder z. B. nur durch die Erbse hervorgerufen wurden, konnte aus den Daten nicht ermittelt werden. In Einzelfällen zeigte sich jedoch, z. B. nach Wickenanbau, ein höherer Besatz der Erbsenwurzeln mit *F. solani*. Auch ein Einfluss von kleinkörnigen Leguminosen (Klee, Luzerne, etc.) kann nicht ausgeschlossen werden.

Die Ergebnisse gelten für ökologisch und konventionell angebaute Bestände. Der Ertragseffekt scheint aber bei den konventionellen Beständen weniger ausgeprägt gewesen zu sein. Aufgrund der relativ

geringen Anzahl ökologischer Bestände ist ein Vergleich jedoch unsicher.

Im **BOFRU-Projekt** wurde bei der Untersuchung von 73 Öko-Beständen ein deutlicher Einfluss des **vorhergehenden Erbsenanbaus** auf den Ertrag gefunden. Je häufiger Erbsen vor dem Untersuchungsbestand angebaut wurden bzw. je kürzer der Anbauabstand war umso geringer waren im Mittel die Erträge. Der negative Einfluss schien deutlich länger als die oft empfohlene Anbaupause von 6 Jahren anzuhalten. Zudem wurde auch ein leicht negativer Ertragseffekt von Rotkleeanbau festgestellt.

Auf einigen konventionellen Schlägen wurden in der vorliegenden Untersuchung trotz der oben genannten Effekte auch nach mehrmaligem Erbsenanbau oft relativ hohe Erträge erzielt. Auf den meisten dieser Schläge wurden in der Vergangenheit keine weiteren Leguminosen angebaut.

Insgesamt weisen die Ergebnisse darauf hin, dass im Ökolandbau die **Kombination** aus dem Anbau von **Erbsen** und **anderen Leguminosen** für das dort höhere Risiko starker Ertragsdepressionen mit verantwortlich ist.

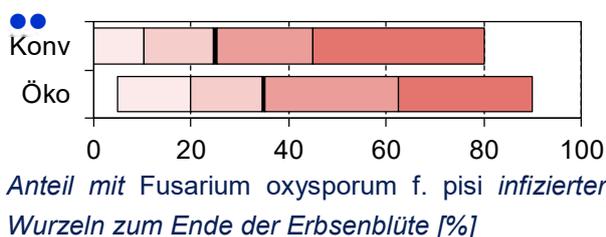


Stark geschädigter Erbsenbestand auf einem Öko-Schlag mit 50 % Körnerleguminosen in den letzten 10 Jahren (20 % Hauptfrüchte, 30 % Zwischenfrüchte); rechts geschädigte Erbsenwurzel

Schadpilzbesatz an den Wurzeln

Zum Ende der Erbsenblüte wurden in den Messbereichen je Bestand 20 Wurzelproben entnommen und ungewaschen bis zur weiteren Untersuchung kühl gelagert. Durch das Fachgebiet Ökologischer Pflanzenschutz der Universität Kassel Witzenhausen erfolgte die Identifikation einer Reihe von möglichen pilzlichen Schaderregern (S. 157). Bei den vier Pathogenen *Fusarium oxysporum* f. *pisi*, *Fusarium redolens*, *Fusarium solani* f. *pisi* und *Didymella pinodella* (ehemals *Phoma medicaginis* var. *Pinodella*) ergab die Auswertung Hinweise auf eine Beeinträchtigung des Erbsenertrags. Der im BOFRU-Projekt als wesentlicher Schaderreger identifizierte *Didymella pinodes* (ehemals *Mycosphaerella pinodes*) wurde zwar auch an den Wurzeln gefunden, ein eindeutiger Zusammenhang mit dem Ertrag zeigte sich jedoch nicht.

Der meist bodenbürtige Pilz *F. oxysporum* f. *pisi* war an den Erbsenwurzeln weit verbreitet. Die etwas höheren Infektionszahlen bei den ökologisch geführten Schlägen wurden wohl vor allem durch den höheren Anteil sandiger Böden bei den Öko-Schlägen hervorgerufen.



In den konventionellen Beständen zeigte sich ein deutlicher Ertragseffekt von **-1 dt/ha pro 10 % befallene Wurzeln**. Bei den wenigen Öko-Beständen konnte dieser Zusammenhang nicht nachgewiesen werden.

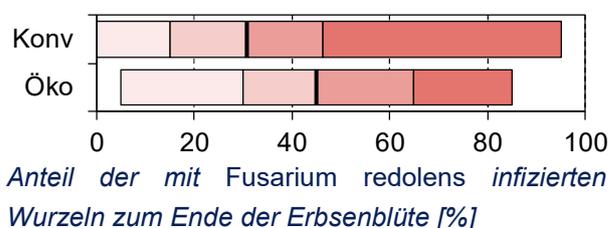
Im BOFRU-Projekt war eine solche Ertragswirkung durch *F. oxysporum*-Befall allerdings

auch bei den dort geprüften Öko-Beständen sichtbar.

Auf den konventionellen Schlägen traten hohe Infektionszahlen vor allem auf sandigen Böden bzw. bei geringen pH-Werten auf. Sowohl bei den Öko-Beständen als auch im BOFRU-Projekt war das nicht so deutlich zu erkennen.

Ein deutlicher Einfluss der Anbaugeschichte auf den Besatz der Wurzeln war in den Untersuchungen nicht erkennbar. Von den untersuchten Saatgutproben wurden bei 11 % Fusarien gefunden, jedoch immer in sehr geringem Umfang (1-3 % der Körner). Ein Zusammenhang zum Befall der Wurzeln war nicht erkennbar.

Der häufig in Böden vorkommende Pilz *F. redolens* war auch an den untersuchten Wurzeln oft vertreten. In vielen Fällen war ein starkes Auftreten des Pilzes mit sichtbaren Wurzelschädigungen zum Ende der Erbsenblüte verbunden (S. 55).



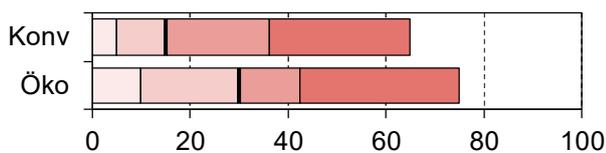
Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass die Infektionen bei höheren Temperaturen vor der Saat – meist einem späteren Saattermin – eher geringer ausfielen. Trockene und sehr warme Bedingungen in der Vegetationszeit der Erbse scheinen die Infektion jedoch zu fördern. Ein deutlicher Einfluss der Anbaugeschichte auf den Besatz der Wurzeln war auch bei *F. redolens* nicht erkennbar. Trotzdem waren auf den Öko-Schlägen im Mittel mehr Wurzeln infiziert.

Auch hier war kein Zusammenhang zum Saatgutbesatz zu erkennen.

Ackerbauliche Ergebnisse / Details zur Sommererbse in Reinsaat

Im BOFRU-Projekt wurde dieser Pilz nicht untersucht.

Auch *F. solani f. pisi* kann im Boden überdauern. Unter den identifizierten Schadpilzen hatte dieser Pilz den größten Einfluss auf die sichtbaren Schädigungen der Wurzeln zum Ende der Erbsenblüte (S. 55).



Anteil der mit *Fusarium solani* infizierten Wurzeln zum Ende der Erbsenblüte [%]

Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass bei den konventionellen Beständen ein hoher Anteil an Körnerleguminosen-Hauptfrüchten in 5 Jahren vor dem Erbsenanbau mit einem etwas höheren Wurzelbesatz verbunden war. In zwei Einzelfällen trat nach Wickenanbau in der Schlaggeschichte ein hoher Wurzelbesatz auf. Ob hier ein kausaler Zusammenhang vorliegt, konnte nicht geklärt werden.

Weder bei den Öko-Beständen noch im BOFRU-Projekt wurde ein Zusammenhang zwischen *F. solani*-Infektion und vorherigem Leguminosenanbau gefunden.

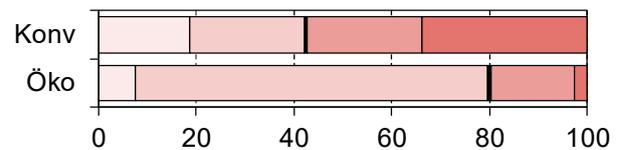
Als weitere Faktoren, die die Infektion mit *F. solani* gefördert haben, wurden ermittelt:

- schwere Böden,
- wenig Zwischenfruchtanbau in 5 Jahren vor der Erbse,
- nasser Winter vor der Saat,
- häufige Bodenbearbeitung im Monat vor der Erbsensaat,
- geringe Wasserversorgung im Mai und hohe Temperaturen im Juni.

Die Zusammenhänge mit den Witterungsbedingungen wurden ähnlich auch im BOFRU-Projekt gefunden. Insgesamt können aber alle diese möglichen Faktoren nur einen geringen Teil der großen Streuung des *F. solani*-

Besatzes erklären. Ein Unterschied zwischen den ökologischen und konventionellen Beständen war nicht abzusichern.

D. pinodella gilt als ein wichtiger Erreger im Ascochyta-Fußkrankheitskomplex der Erbse. Er kann über das Saatgut übertragen werden, aber auch im Boden überdauern. In der vorliegenden Untersuchung war er im Großteil der Bestände an den Wurzeln zu finden. Der Befall war weitaus höher als im BOFRU-Projekt. Ein deutlicher Effekt der Infektionsrate auf die sichtbaren Wurzelschäden und den Ertrag war aber in beiden Projekten nicht festzustellen. Im vorliegenden Projekt zeichnete sich jedoch ein leicht negativer Einfluss auf die Anzahl Triebe/m² und eine Förderung der sichtbaren Schädigungen am Stängelgrund zum Ende der Blüte ab.



Anteil der mit *Didymella pinodella* infizierten Wurzeln zum Ende der Erbsenblüte [%]

Im Gegensatz zum BOFRU-Projekt zeigte sich im vorliegenden Projekt eine deutliche Förderung des Besatzes mit *D. pinodella* durch einen höheren Anteil an Körnerleguminosen in der Vorgeschichte und einen engen Abstand zur vorhergehenden Leguminose. Warme und trockene Witterung im Mai war hingegen oft mit einem geringeren Befall verbunden. Am Saatgut wurde nur in 3 % der untersuchten Proben ein Besatz gefunden, der maximal bei 3 % der Körner lag.

Auch *D. pinodes* gehört zu den Ascochyta-Fußkrankheitserregern. Im BOFRU-Projekt lag der mittlere Besatz von 73 Öko-Beständen bei 45 % der Wurzeln, es wurde ein deutlich negativer Effekt auf den Ertrag festgestellt. In den hier vorgestellten Praxisuntersuchungen

Welche Faktoren beeinflussten den Ertrag?

wurden im Mittel bei den Öko-Beständen hingegen nur 4 % und bei den konventionellen Beständen 2 % infizierte Wurzeln festgestellt. Ein klarer Ertragseffekt war nicht zu erkennen.

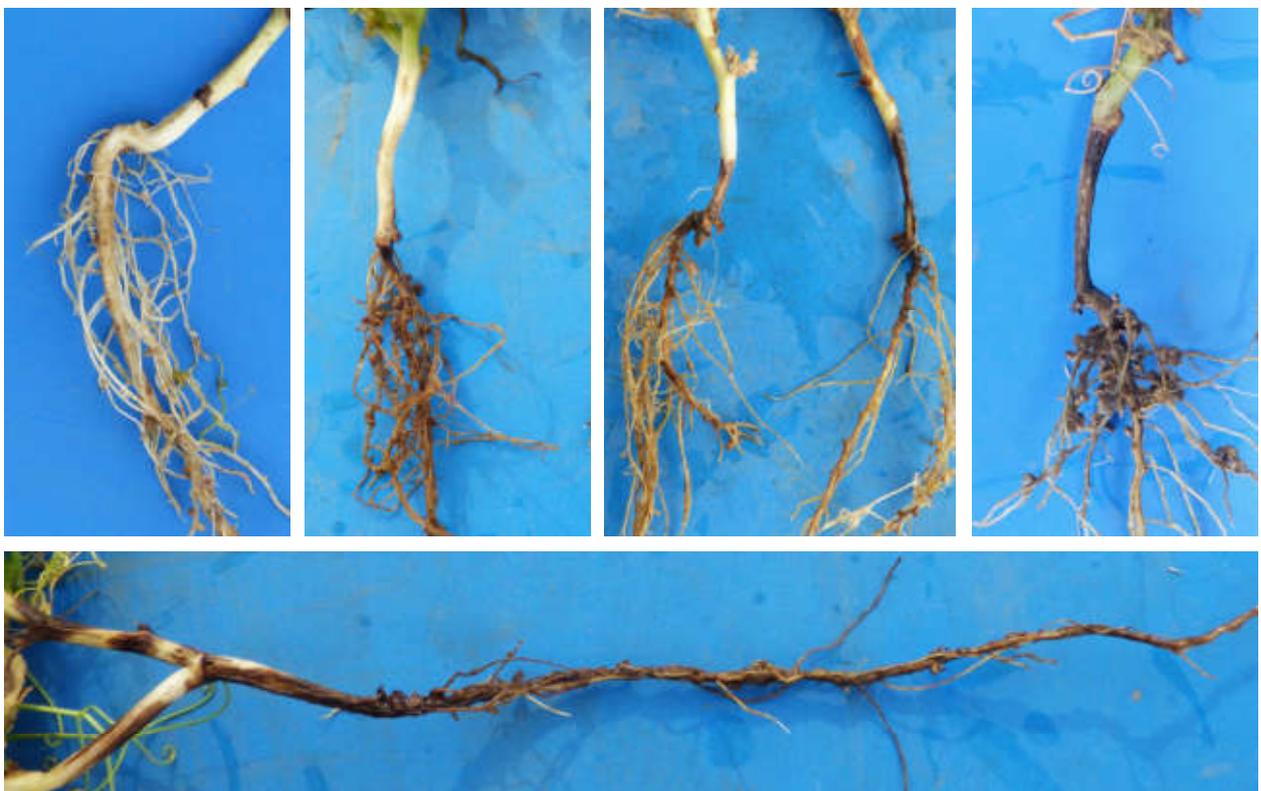
Der im BOFRU-Projekt gefundene starke Einfluss des Saatgutbesatzes auf die Infektionsrate der Wurzeln konnte mit den neuen Untersuchungen nicht bestätigt werden. Allerdings wurde vom beauftragten Labor auch nur an wenigen Saatgutproben ein sehr geringer Besatz gefunden.

Insgesamt können die Infektionsraten der geprüften Erreger an den Erbsenwurzeln nur einen Teil der sichtbaren Wurzelschäden und des negativen Ertragseffekts durch vorhergehenden Leguminosenanbau erklären. Es scheinen dabei eine Reihe von Einflüssen und Zusammenhängen eine Rolle zu spielen, die im Projekt nicht erfasst bzw. ermittelt

werden konnten. Weiterhin ist es möglich, dass weitere, nicht geprüfte Pathogene eine Rolle gespielt haben, z. B. *Aphanomyces euteiches*, ein in Deutschland bisher kaum berücksichtigter Erreger von Fußkrankheiten an Erbsen.

Wurzelschäden

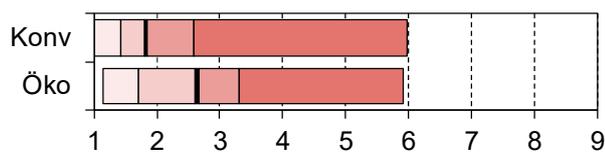
Zum Ende der Erbsenblüte wurden pro Bestand 20 Erbsenpflanzen ausgegraben, die Wurzeln gewaschen und Stängelgrund sowie Haupt- und Seitenwurzeln auf äußerlich sichtbare Schädigungen bonitiert (Noten 1 bis 9). Im Vergleich zum BOFRU-Projekt, mit einer mittleren Schädigung von 6,2, lagen die Schädigungen in der vorliegenden Untersuchung mit durchschnittlich 2,8 bei den Öko-Beständen und 2,2 bei den konventionellen Beständen auf niedrigem Niveau.



Verschiedene Schadbilder an Erbsenwurzeln: von ganz gesund (links oben) bis überwiegend geschädigt (liegend); die beobachteten Schädigungen gingen meist vom Ansatz des Saatkorns aus.

Ackerbauliche Ergebnisse / Details zur Sommererbse in Reinsaat

Die Auswertung ergab im Mittel einen negativen Effekt der Schädigungen auf den Erbsenertrag. Allerdings war dieser bei den konventionellen Schlägen nur gering ausgeprägt und auch bei den Öko-Schlägen erst oberhalb einer Boniturnote von 3 erkennbar. Im BOFRU-Projekt war die Beeinträchtigung des Ertrags durch Wurzelschädigungen deutlich klarer nachweisbar.



Bonitur der äußerlich sichtbaren Wurzelschäden zum Ende der Erbsenblüte (Boniturnoten 1 – 9)

Die Auswertung ergab folgende wichtige Faktoren, die Wurzelschädigungen fördern (konventionell und ökologisch, stärkste Einflussgrößen zuerst):

- Besatz der Wurzeln mit *F. solani* f. *pisi*
- Hoher Anbauanteil an Leguminosen (besonders deutlich bei 2 Fällen mit Wicken in der Fruchtfolge)
- Häufig Bewuchs über Winter (Winter- und Zwischenfrüchte) in 3 Jahren vor der Erbse
- Nur flache Bodenbearbeitung nach Winter, vor Erbsensaat
- Trockene Witterungsbedingungen und hohe Temperaturen von der Saat bis zur Wurzelbonitur
- Besatz der Wurzeln mit *F. oxysporum* f. *pisi* und *F. redolens*

Mit diesen Faktoren können ca. zwei Drittel der Schädigungsunterschiede zwischen den Beständen erklärt werden. Die signifikant höhere Schädigung in Öko-Beständen ließ sich

nur zum Teil auf den größeren Leguminosenanteil in der Fruchtfolge zurückführen.

Der Einfluss des Leguminosenanbaus, des Anteils Bewuchs über Winter und der Wasserversorgung wurde ähnlich auch im BOFRU-Projekt gefunden. Wesentlicher Schaderreger war dort jedoch nicht *F. solani* f. *pisi* sondern *D. pinodes*.

Die sichtbaren Wurzelschäden zum Ende der Erbsenblüte können nur einen Teil des negativen Ertragseffekts durch vorhergehenden Leguminosenanbau erklären. Es wurde deutlich, dass auch andere Einflüsse die Wurzelgesundheit beeinflussen.

Die hier ermittelten Faktoren der Wurzelschäden unterscheiden sich z. T. deutlich von denen im BOFRU-Projekt. Dies deutet darauf hin, dass die Faktoren je nach Bedingungen stark variieren können.

Zusammenfassung

Insgesamt ergibt die Auswertung, dass der Bereich Fruchtfolge, Fußkrankheiten und Ertrag bei der Erbse wohl nicht aus einfachen, lineareren Zusammenhängen besteht. Mit schlichten Regeln zum Anbauabstand und zur Saatguthygiene lässt er sich nicht beschreiben oder in den Griff bekommen. Vielmehr ergibt sich das Bild von einem sehr komplexen System, das die Ertragsbildung beeinflusst. Die Faktoren „vorheriger Leguminosenanbau“, „Infektion der Erbsenwurzeln mit Schadpilzen“ und die „sichtbaren Schädigungen an den Wurzeln“ hängen mehr oder weniger stark voneinander ab. Zusätzlich werden die Erreger und die Schädigungen von Standortbedingungen, Witterung und Bewirtschaftung oft unterschiedlich beeinflusst.

Weiterhin muss davon ausgegangen werden, dass in den Untersuchungen nicht alle

Welche Faktoren beeinflussten den Ertrag?

Einflussgrößen bzw. Zusammenhänge ermittelt werden konnten. Es ist z. B. wahrscheinlich, dass noch weitere Schaderreger eine Rolle spielen.

Denkbar ist auch, dass in einigen Fällen extreme Einzelereignisse in der Vergangenheit einen starken Einfluss auf das Ausmaß der aktuellen Ertragseffekte durch Fußkrankheiten hatte. So kann z. B. eine Partie Leguminosensaatgut mit einer hohen Pathogenbelastung oder ein Jahr mit besonders guten Vermehrungsbedingungen für ein Pathogen starke Auswirkungen auf das zukünftige Infektionspotential haben.

Trotz dieser Einschränkungen lassen sich aus den Untersuchungsergebnissen einige praxisrelevante Punkte ableiten:

- Bei konventioneller Bewirtschaftung, d. h. mit nur wenigen Leguminosen in der Fruchtfolge, scheint das Risiko von starken Ertragsbeeinträchtigungen auch bei mehrmaligem Erbsenanbau in der Vorgeschichte gering zu sein. Die häufig empfohlene Anbaupause von 6 Jahren sollte meist ausreichen.
- Umgekehrt besteht bei ökologischem Anbau, vor allem bei einer langen Leguminosenanbaugeschichte, ein höheres Risiko von fruchtfolgebedingten Ertragsdepressionen. Das gilt auch, wenn noch keine Erbsen angebaut wurden. Anbauabstände zur vorherigen Erbse von deutlich über 6 Jahren sind empfehlenswert. Da jedoch die Rolle anderer Leguminosenarten bisher noch weitgehend ungeklärt ist, sind auch lange Erbsenanbaupausen keine Garantie für hohe Erbsenerträge.

- Schläge, auf denen starke Fußkrankheitssymptome an vorhergehenden Erbsen oder anderen Leguminosenarten aufgetreten sind, bergen häufig ein deutlich höheres Risiko weiterer Schädigungen in der Zukunft. Bei konventionellem Anbau sollte dann die Anbaupause verlängert werden. Im Ökolandbau sollte für den betreffenden Schlag das Ausweichen auf eine andere Körnerleguminose in Betracht gezogen werden.
- Besonders auf Flächen ohne bisherigen Leguminosenanbau sollte die Einschleppung von noch nicht vorhandenen Schaderregern über das Saatgut verhindert werden. Die Verwendung von auf Pathogenbesatz geprüftem Saatgut ist zu empfehlen.
- Wenig mit dem Leguminosenanbau verbundene Fußkrankheitserreger wie *F. oxysporum* f. *pisi* oder *F. redolens* sind zur Zeit beim Erbsenanbau als kaum kalkulierbares Ertragsrisiko zu werten.

Insgesamt kann auch bei Berücksichtigung der Anbaugeschichte und der Standortbedingungen bisher keine klare Prognose über das Ertragsrisiko durch Fußkrankheiten getroffen werden. Eine Möglichkeit, dieses Risiko einzugrenzen, ist die sogenannte Differentialdiagnose. Dabei wird vor dem Erbsenanbau Boden vom geplanten Schlag mit überschaubarem Aufwand in einem Topfversuch getestet. Hinweise zur Methode sind auf S. 153 aufgeführt.

Blattkrankheiten

Deutliche Symptome von Krankheiten am Spross traten zum Ende der Erbsenblüte nur in wenigen Beständen auf. Ein Ertragseffekt war nur in seltenen Einzelfällen erkennbar.

Am häufigsten kam in den vier Untersuchungsjahren Falscher Mehltau vor, in ca. einem Drittel der Bestände. Allerdings war der Besatz bis auf wenige Ausnahmen zum Boniturtermin sehr gering. Ein Ertragseffekt zeigte sich nicht.

In wenigen Fällen wurden Brennfleckensymptome gefunden. Jedoch nur in zwei Fällen so stark, dass ein Ertragseffekt erkennbar war. In einem dieser Fälle konnte

aufgrund der Symptome und der Wurzelanalysen auf einen Sprossbefall mit *Didymella pinodella* geschlossen werden.

In den mit Fungizid behandelten Beständen – 14 % der konventionellen Schläge – unterschied sich der Besatz im Mittel nicht von den unbehandelten.

Insgesamt waren Sprosskrankheiten kein wesentlicher Faktor bei der Ertragsbildung der Erbse. Dies bestätigt die Ergebnisse aus dem BOFRU-Projekt.



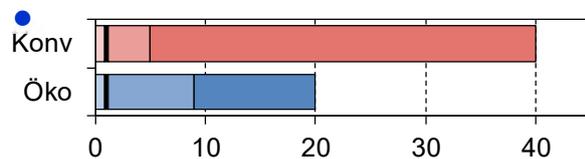
Verschiedene Schadenssymptome am Erbsenspross, wahrscheinlich durch Erreger des Ascochyta-Komplex hervorgerufene Brennflecken

Boden

Nur wenige Bodeneigenschaften haben einen klaren Einfluss auf den Erbsenertrag gehabt. Zum einen war das der Steinanteil des Oberbodens zum anderen die mittlere Eindringtiefe der Bodensonde und andere für die Wasserhaltefähigkeit wichtige Bodeneigenschaften.

Steinanteil

Die Böden der Untersuchungsschläge wiesen in der Krume zu einem Drittel (konv.) bzw. einem Viertel (öko.) geschätzte Steinanteile von über 5 % auf. Bei den konventionellen Beständen nahm der Ertrag im Mittel um ca. **2,4 dt/ha pro 10 % Steine** ab. Bei den Öko-Beständen zeigte sich dieser Effekt nicht und auch im BOFRU-Projekt war kein Einfluss des Steinanteils auf den Ertrag festzustellen.



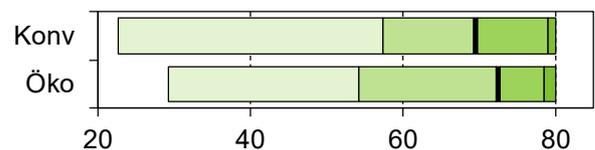
Geschätzter Steinanteil in der Krume [%]

Bodensonde

Auf den Untersuchungsschlägen wurde zu Beginn des Frühjahrs im Messbereich an jeweils 20 Punkten eine 80 cm-Bodensonde eingestochen. Die mittlere Eindringtiefe hängt sowohl mit dem Steinanteil als auch mit der Tiefgründigkeit des Bodens zusammen. Die Tiefgründigkeit kann z. B. durch Steine im Unterboden oder durch dichtlagernden Sand begrenzt sein. Insgesamt kann davon ausgegangen werden, dass die Eindringtiefe mit dem durchwurzelbaren Raum zusammenhängt.

Aus den Daten der N_{min} -Analyse im Frühjahr wurde die Wassermenge in der Feinsubstanz des Bodens berechnet. Die Korrektur der Wassermenge um die Eindringtiefe der Bodensonde ergab einen stärkeren Zusammenhang mit der Ertragsentwicklung der Erbsen. Für tiefgründige Böden wurde so eine im Mittel höhere Wassermenge errechnet und damit ein positiver Ertragseffekt.

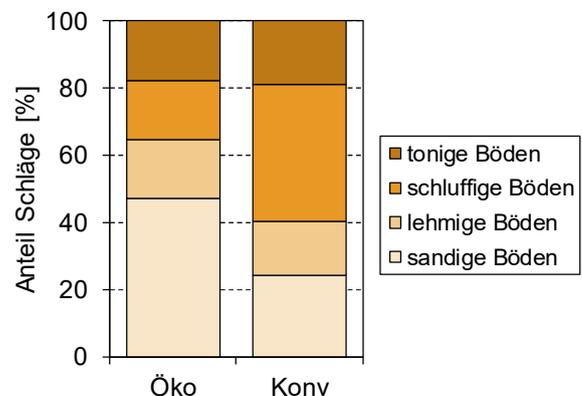
Auch im BOFRU-Projekt wurde ein positiver Einfluss der Tiefgründigkeit auf den Ertrag festgestellt.



Mittlere Eindringtiefe einer 80 cm-Bodensonde [cm]

Bodenart und Humus

Bei allen Untersuchungsschlägen wurde in den Messparzellen der Boden auf 0 bis 20 cm beprobt. Analysiert wurden u. a. die Korngrößenzusammensetzung und der Gehalt an organischer Substanz.



Verteilung verschiedener Bodenartengruppen bei den Untersuchungsschlägen

Ackerbauliche Ergebnisse / Details zur Sommererbse in Reinsaat

Die Wassermenge im Frühjahr (S. 46) hängt stark von der Wasserhaltefähigkeit der Fein- substanz des Bodens ab. Sandige Böden wiesen meist eine geringere Wassermenge im Frühjahr auf. Hohe Schluff-, Ton- und Humus- gehalte waren hingegen meist mit höheren Wassermengen verbunden.

Eine Korrektur der Bodenwassermenge um die geschätzte Menge des im Ton festgelegten und damit nicht pflanzenverfügbaren Wassers erbrachte keine Verbesserung bei der Erklärung der Wasserversorgung der Erbsen- bestände.

Die Gehalte an organischer Substanz lagen zwischen 1,2 und 4,4 % und im Mittel bei 2,6 %. Die Unterschiede waren vor allem auf die Bodenart sowie die geographische Lage und damit das Klima zurückzuführen. Bei der Bewirtschaftung waren meist eine flache Grundbodenbearbeitung und langjährige Haltung von Wiederkäuern mit etwas höheren Gehalten an organischer Substanz in der Ackerkrume verbunden. Mit dem Faktor Wiederkäuerhaltung werden anscheinend die Fruchtfolgeeinflüsse und der Effekt der organischen Düngung zusammengefasst.



Verschiedene Böden von Untersuchungsschlägen von links nach rechts: 1. 84 % Sand, 10 % Schluff, 6 % Ton, keine Steine, 1,2 % Humus; 2. 30 % Sand, 47 % Schluff, 23 % Ton (in Feinsubstanz), 40 % Steine, 4,3 % Humus; 3. 45 % Sand, 34 % Schluff, 22 % Ton (in der Feinsubstanz), 20 % Steine, 2,4 % Humus; 4. 17 % Sand, 68 % Schluff, 15 % Ton (in der Feinsubstanz), 2 % Steine, 2,1 % Humus

Bodenbearbeitung, Saatgut, Saattiefe und Saattermin

Bodenbearbeitung

Bei konventionellem Anbau deutet sich ein leicht positiver Ertragseffekt bei häufigerer Bodenbearbeitung im Monat vor der Saat an. Die Öko-Schläge zeigen eher ein gegenteiliges Bild.

47 % der konventionellen Schläge wurden im Monat vor der Saat nur einmal bearbeitet, 41 % zweimal und 12 % dreimal. Eine Saatbettbereitung in Kombination mit der Saat wurde dabei nicht gewertet.

Von den Öko-Schlägen wurden 20 % nicht bearbeitet, 57 % einmal, 19 % zweimal und 4 % dreimal.

Ursachen für mögliche Ertragseffekte sind unklar, da weder der Bodenzustand zu den Bearbeitungsgängen noch die Qualität der Bearbeitung erfasst werden konnten.

Saatgut

Bei konventionellem Anbau wurde auf 61 % der Untersuchungsschläge Z-, auf 34 % Nachbau- und auf 5 % Basis-Saatgut verwendet. Auf den Öko-Schlägen waren es 59 % Z-, 12 % Nachbau- und 29 % Basis-Saatgut.

Die Ergebnisse der Ertragsauswertung deuten darauf hin, dass bei Einsatz von **Z-Saatgut** bei konventionellem Anbau im Durchschnitt **ca. 2,7 dt/ha** mehr geerntet wurde als bei Nachbausaatgut. Die Anzahl ökologischer Bestände reichte für eine Aussage nicht aus.

Bei den Öko-Beständen im BOFRU-Projekt war kein direkter Einfluss der Saatgutkategorie auf den Ertrag nachweisbar. Obwohl das Nachbausaatgut damals im Mittel einen höheren Besatz mit Schaderregern aufwies als Z- und Basis-Saatgut.

Eine eindeutige Ursache des Ertragseffekts bei den konventionellen Schlägen konnte nicht ermittelt werden. Von 60 % der Erbsenschläge wurden Proben des eingesetzten Saatguts zur Verfügung gestellt. Untersuchungen auf Keimfähigkeit, Triebkraft und den Besatz mit Schadpilzen ergaben keine nachweisbaren Unterschiede in der Saatgutqualität zwischen Z-, Basis- und Nachbausaatgut. Allerdings traten zwischen den einzelnen Proben große Qualitätsunterschiede auf (siehe S. 76).

Für eine Klärung des Sachverhaltes sind weitere Untersuchungen zur Saatgutqualität insbesondere zum Schaderregerbesatz notwendig. Dabei sollten auch die verwendeten Labormethoden geprüft werden.



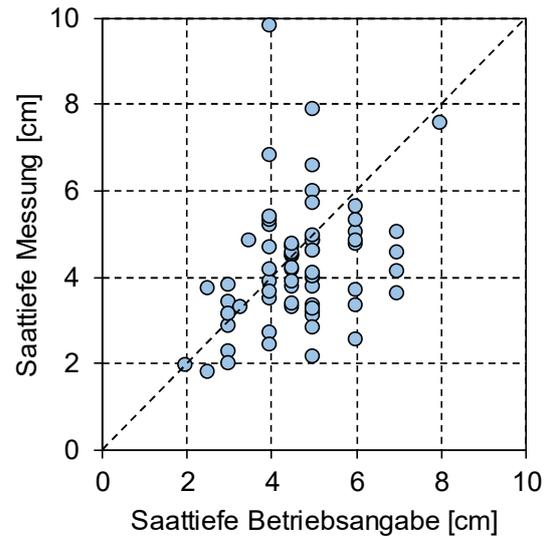
Unterschiedliche Erbsensaatgutqualitäten: links optimal, Mitte viele halbe Erbsen, rechts Verunreinigungen

Saattiefe

Nach Auflaufen der Erbsen wurde in den Messbereichen an 20 Pflanzen pro Schlag die Saattiefe ermittelt. Die mittlere Saattiefe variierte in einem weiten Bereich von knapp 2 bis fast 10 cm, der Durchschnitt betrug 4,2 cm. Ein deutlicher Effekt auf den Ertrag war nur bei den wenigen Fällen mit einer Saattiefe größer 6 cm zu erkennen. Hier zeichnete sich ab dieser Saattiefe ein Ertragsverlust von ca. **4,5 dt/ha pro 1 cm** ab.

Ein negativer Ertragseinfluss bei flacherer Saat – wie im BOFRU-Projekt ermittelt – war nicht nachweisbar. Nur bei einzelnen Beständen mit extrem flacher Saat ($\varnothing < 2$ cm) war ein Zusammenhang mit den niedrigen Erträgen wahrscheinlich.

Wie schon bei den anderen Körnerleguminosen zeigte sich auch bei der Erbse häufig eine große Diskrepanz zwischen der vom Betrieb angegebenen und der im Bestand gemessenen Saattiefe. Im Mittel war die tatsächlich gemessene Saattiefe etwas geringer.



Saattiefe: Zusammenhang von Betriebsangabe und Messung nach Auflaufen der Erbse

Ohne eindeutigen Ertragseffekt, aber wichtig für ein gleichmäßiges Auflaufen der Erbse war die Streuung der Saattiefe innerhalb eines Schlages. Auch hier gab es große Unterschiede. In 84 % der Schläge lag der Unterschied zwischen flachstem und tiefstem Saatkorn von 20 ausgegrabenen Pflänzchen bei mehr als 2,5 cm, in 12 % bei mehr als 5 cm.

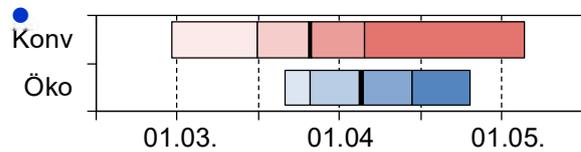


Sehr gleichmäßig gesäter Erbsenbestand Mitte April, 3,4 cm durchschnittliche Saattiefe, maximale Abweichung bei 20 ausgegrabenen Pflanzen $\pm 0,6$ cm

Saattermin

Die Erbsen wurden im Mittel auf den konventionellen Schlägen früher gesät als auf den Öko-Schlägen. Nur bei den konventionellen Beständen war ein negativer Effekt später Saattermine zu erkennen. Im Durchschnitt war dort der Ertrag um ca. **1,8 dt/ha geringer**

pro 10 Tage späterer Saat. Bei den Öko-Beständen war allerdings auch die Spannweite der Saattermine deutlich enger.



Saattermin der Erbsenbestände

Ungeprüfte mögliche Faktoren des Ertrags

Im durchgeführten Projekt konnten nicht alle möglichen Einflüsse auf den Erbsenertrag untersucht werden. Im Folgenden werden einzelne Faktoren aufgeführt, die zusätzlich eine Rolle bei der Entwicklung des Erbsenertrags spielen können:

- Nicht alle **Standortbesonderheiten** konnten durch die Untersuchungen genau ermittelt werden. Beispielsweise stammten die Witterungsdaten nicht direkt vom Schlag, sondern von der jeweils nächstgelegenen Wetterstation und auch spezielle Unterbodenbedingungen oder der Grundwasserabstand konnten nicht bestimmt werden.
- **Qualität der Bodenbearbeitung:** Von der Grundbodenbearbeitung bis zur Saattetbereitung spielt der jeweilige Bodenzustand und die Qualität der Durchführung für die resultierende Bodenstruktur und damit auch für die Ertragsbildung eine große Rolle. Eine Erfassung war nicht möglich.
- Die Angaben zur **Düngung** – sowohl langfristig als auch direkt vor der Erbse – waren oft unvollständig. Daher konnten Zusammenhänge zwischen langfristigem Düngungsmanagement bzw. kurzfristigen Düngungsmaßnahmen und dem Erbsenertrag nicht abgeleitet werden.
- Die eingesetzte **Saattechnik** und die **Qualität der Aussaat** können einen deutlichen Einfluss auf die Bestandesentwicklung haben. Es konnte im Rahmen des Projekts jedoch nur abgefragt werden, welche Saattiefe angestrebt wurde.
- Der **Knöllchenbesatz** der Erbsenwurzeln und eventuelle Schädigungen, z. B. durch Blattrandkäferlarven, sind wahrscheinlich wichtige Faktoren der Ertragsbildung. Das relativ feine Wurzelwerk und die breite Verteilung der Knöllchen bis zu den feinen Seitenwurzeln machte eine repräsentative Extraktion der Wurzeln aus dem Boden ohne hohe Knöllchenverluste im Rahmen des Projekts oft unmöglich.
- Die **Qualität des Druschs** kann durch die Wahl des Termins, die äußeren Bedingungen, die Einstellungen des Mähdeschers und die Durchführung die Ertragsausbeute stark beeinflussen. Eine detaillierte Erfassung dieser Faktoren war nicht möglich.

Es ist in jedem Fall wichtig, neben den in diesem Projekt ermittelten wesentlichen Faktoren des Erbsenertrags auch die Hinweise und Tipps der vielfältig verfügbaren Anbauanleitungen zu berücksichtigen (S. 153).

Welche Bedingungen hatten keinen nachweisbaren Einfluss auf den Ertrag?

Im Projekt wurde eine Vielzahl von Parametern aus den Bereichen Standort, Bewirtschaftung und Bestandesentwicklung ermittelt, für die keine Effekte auf den Erbsenertrag nachgewiesen werden konnten. Diese Aussage gilt jedoch nur für die jeweils untersuchte

Spannweite der einzelnen Parameter. Eine Auswahl wird im Folgenden dargestellt. Veränderungen bei diesen Parametern lassen beim Erbsenanbau keine großen Ertrags-effekte erwarten.

Boden und Nährstoffe

Für die physikalischen Bodeneigenschaften Bodenart und Bodenstruktur wurden Effekte auf den Ertrag ermittelt, z. B. über die Beeinflussung des Wasserhaushalts oder der Wurzelgesundheit. Auch der Humusgehalt schien vor allem über die Erhöhung der Wasserhaltefähigkeit einen gewissen Effekt auf den Ertrag zu haben. Ein Großteil der untersuchten chemischen Bodeneigenschaften hatte jedoch keinen erkennbaren Einfluss auf den Ertrag.

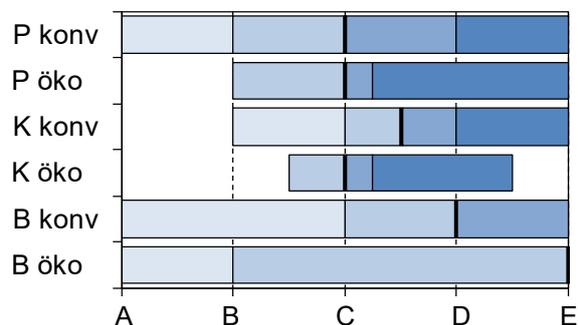
etwas niedrigerem Niveau als auf konventionellen Schlägen. Dieser Unterschied war jedoch nicht statistisch absicherbar.

Im BOFRU-Projekt war bei Phosphatgehalten unter 10 mg/100 g ein negativer Effekt auf den Ertrag zu erkennen (ca. P-VDLUFA Versorgungsstufe C). Allerdings zeigten die Ergebnisse auch, dass die Gehalte an verfügbaren Nährstoffen auf den meisten Untersuchungsschlägen nicht ertragslimitierend waren.

Chemische Bodeneigenschaften

Die in 0 bis 20 cm Tiefe bestimmten chemischen Bodeneigenschaften (verfügbare Nährstoffe **P, K, Mg, B, Mn, Zn, Cu, S**; **pH-Wert, C/N-Verhältnis**) zeigten in den gefundenen Spannbreiten keine wesentliche Wirkung auf den Erbsenertrag. Bei den Nährstoffen ist ein deutlicher Ertragseffekt bei einer VDLUFA-Versorgungsstufe B bis E unwahrscheinlich. Für die Gehaltsklasse A liegen zu wenige Fälle vor, um eine verbindliche Aussage treffen zu können.

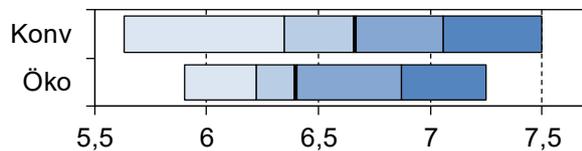
Insgesamt variierten die Bodennährstoffe in einem weiten Bereich. Im Durchschnitt lagen sie bei ökologischer Bewirtschaftung auf



Phosphor, Kalium und Bor in 0-20 cm, VDLUFA-Versorgungsstufen, bei konventioneller und ökologischer Bewirtschaftung

Welche Faktoren beeinflussten den Ertrag?

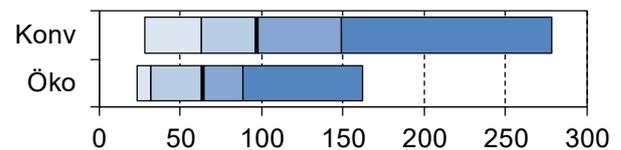
Die **pH-Werte** auf den Untersuchungsschlägen variierten von 5,6 bis 7,5. Es konnte kein deutlicher Ertragseffekt festgestellt werden.



pH-Wert in 0-20 cm, bei konventioneller und ökologischer Bewirtschaftung

Die meist Mitte März bis Anfang April vor der Saat in 0 bis 90 cm Tiefe gemessenen N_{min} -Werte wiesen eine sehr große Spannweite auf. Der Unterschied in den Gehalten zwischen konventionellen und ökologischen Schlägen war vor allem auf den höheren Anteil leichter Böden bei den Öko-Schlägen und

nicht auf die Bewirtschaftung zurückzuführen. Die unterschiedlichen Gehalte hatten keinen erkennbaren Effekt auf den Ertrag. Dieses Ergebnis bestätigt frühere Feldversuche, die ebenfalls keine positiven Ertragseffekte einer Stickstoffdüngung zu Erbsen erbrachten.



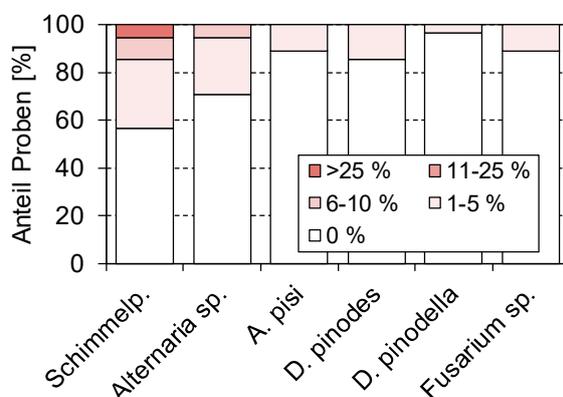
N_{min} im Frühjahr vor der Erbsensaat in 0-90 cm [kg/ha]

Hohe N_{min} -Mengen im Frühjahr waren im BOFRU-Projekt eher mit niedrigeren Erträgen verbunden. Zum Teil war in diesen Fällen der Unkrautdruck erhöht.

Bewirtschaftung

Schaderreger am Saatgut

Von 60 % der Erbsenschläge standen Proben des eingesetzten Saatguts zur Verfügung. Neben der Untersuchung auf Keimfähigkeit und Triebkraft wurde auch der Besatz mit Schaderregern geprüft.



*Anteil Proben mit unterschiedlichem Prozentsatz infizierter Körner ausgewählter Pilze [%]
(Schimmelp.: Summe mehrerer Schimmelpilze)*

Der Schaderregernachweis wurde sowohl an oberflächlich sterilisiertem als auch an unsterilisiertem Saatgut vorgenommen. Die Ergebnisse des beauftragten Labors ergaben für problematische Pilze wie z. B. die Fußkrankheitserreger des Ascochytkomplexes oder Fusarien nur selten und wenn, eine geringe Belastung. Der Besatz mit weniger kritischen Erregern wie z. B. Schimmelpilzen war zum Teil hoch. Ein Zusammenhang von Schaderregerbesatz am Saatgut und Ertrag, Auflauftrate oder Fußkrankheitssymptomen war jedoch bei keinem Erreger erkennbar.

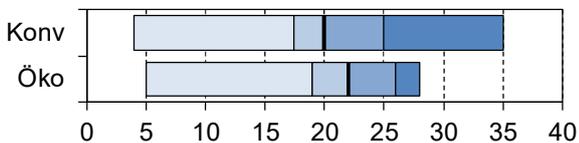
Die Saatgutuntersuchung im BOFRU-Projekt ergaben einen höheren Anteil von Partien mit einem Erregerbesatz des Ascochyta-Komplexes – vor allem bei Nachbausaatgut. In diesem Projekt zeigte sich bei einzelnen Erregern auch ein Zusammenhang zwischen Saatgutbesatz,

Ackerbauliche Ergebnisse / Details zur Sommererbse in Reinsaat

Besatz an den Wurzeln, Wurzelschädigungen und damit dem Ertrag.

Grundbodenbearbeitung

Die Grundbodenbearbeitung vor den untersuchten Erbsen wurde auf 84 % der Öko-Schläge und 62 % der konventionellen Schläge mit dem Pflug durchgeführt. Die Grundbodenbearbeitungstiefe lag bei beiden Anbausystemen im Mittel bei 21 cm. Sie variierte aber in einem weiten Bereich.



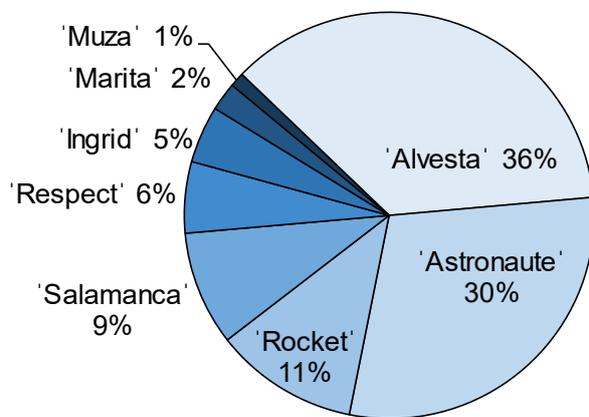
Tiefe der Grundbodenbearbeitung vor dem Anbau der Erbsen [cm]

Weder die Wahl des Gerätes – Pflug oder Grubber – noch die Bearbeitungstiefe hatte bei der Grundbodenbearbeitung einen erkennbaren Einfluss auf den Erbsenertrag.

Erbsensorten

Insgesamt wurden in den Jahren 2016 bis 2019 auf den Untersuchungsschlägen 8 verschiedene Sorten Sommerkörnererbsen angebaut. Auf zwei Dritteln der Schläge waren das entweder die Sorte 'Alvesta' oder 'Astronaute'.

Die Auswertung von 151 konventionellen und 43 ökologischen Landessortenversuchen aus den Jahren 2016 bis 2019 ergab eine große Streuung bei den Ergebnissen (Grafik nächste Seite). Sowohl die absoluten Erträge als auch die Unterschiede zwischen der Auswahl geprüfter Sorten variierten je nach Standort und Jahr in einem weiten Bereich. Die große Streubreite war vor allem auf starke Abweichungen bei einzelnen Sortenversuchen zurückzuführen. Im Mittel lagen alle ausgewerteten Sorten unter dem Ertrag der Vergleichssorte 'Astronaute'.



Auf den Untersuchungsschlägen von 2016 bis 2019 angebaute Erbsensorten

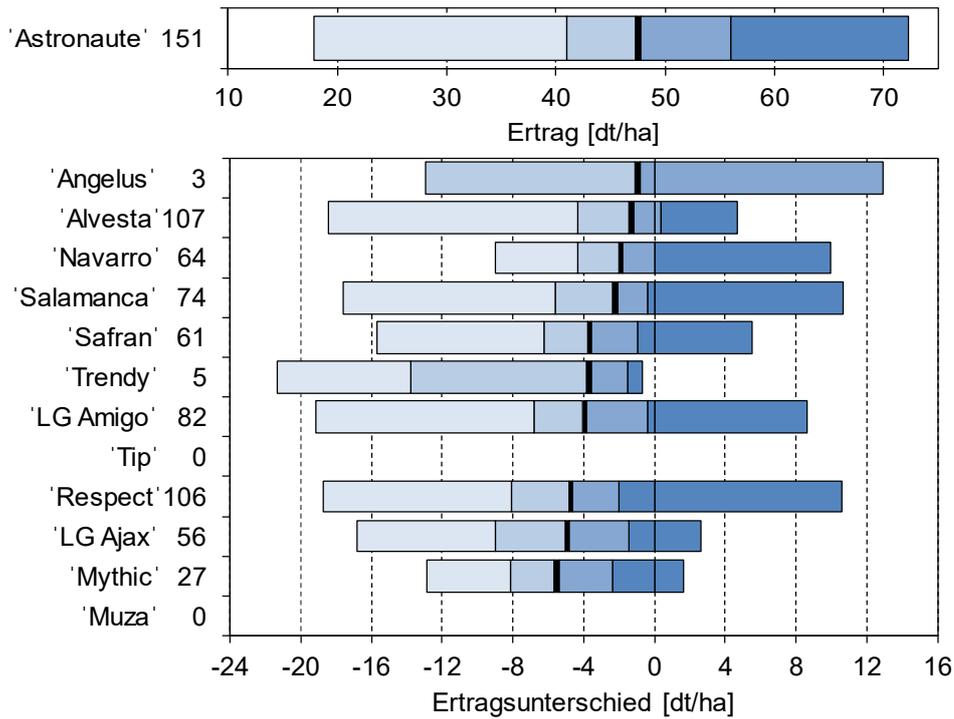
In der vorliegenden Untersuchung wurde geprüft, ob ein Zusammenhang zwischen dem mittleren Ertragsunterschied aus den Sortenversuchen und den Praxiserträgen bestand. Es konnte kein deutlicher Sorteneffekt auf die Erträge in der Praxis festgestellt werden.



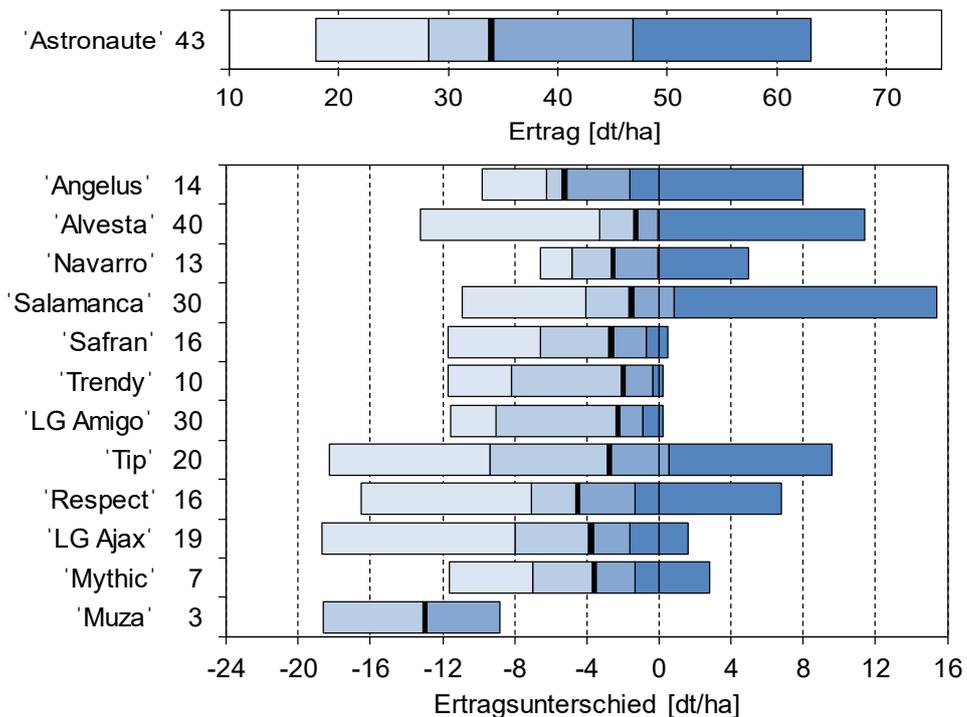
Kaum optische Unterschiede zwischen den häufigen Sorten (von links) 'Alvesta', 'Astronaute' und 'Rocket'

Welche Faktoren beeinflussten den Ertrag?

Konventionell:



Ökologisch:



Ergebnisse der Auswertung von Landessortenversuchen aus den Jahren 2016 bis 2019 mit konventionell bzw. ökologisch angebauten Sommerkörnererbsen;

jeweils oben: Ertrag der Vergleichssorte 'Astronaute';

jeweils unten: Ertragsdifferenz verschiedener Erbsensorten zur Sorte 'Astronaute' aus den Jahren 2016 bis 2019;

Anzahl Versuche je Sorte hinter dem Sortennamen

Welche Faktoren beeinflussen den Unkrautdruck?

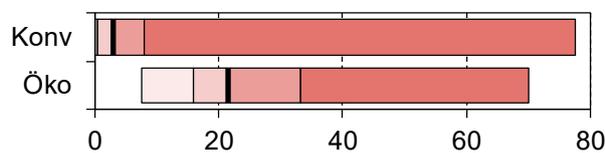
Inhalt des Kapitels:

Details zum Unkraut.....	69
Übersicht konventionell: Wesentliche Faktoren des Unkrautdeckungsgrads	71
Übersicht ökologisch: Wesentliche Faktoren des Unkrautdeckungsgrads	72
Weitere Faktoren des Unkrautdeckungsgrads	73
Konventionell.....	73
Ökologisch	73
Spätverunkrautung	74
Details zu den Unkrautfaktoren.....	75
Bestandesdichte, -homogenität und -höhe.....	75
Boden.....	79
Anbaugeschichte	80
Temperatur.....	81
Niederschläge	81
Grundbodenbearbeitung.....	82
Direkte Unkrautregulierung	82
Ungeprüfte mögliche Faktoren des Unkrautdeckungsgrads.....	85
Welche Bedingungen hatten keinen nachweisbaren Einfluss auf das Unkraut?	86



Details zum Unkraut

Das Unkrautauftreten hatte einen deutlichen Einfluss auf den Ertrag. Zum Ende der Erbsenblüte wurde ein mittlerer Ertragsrückgang von ca. 3 dt/ha je 10 % Deckungsgrad ermittelt. Bei 20 % der konventionellen und bei 94 % der ökologischen Bestände lag der Unkrautdeckungsgrad über 10 % und spielte somit eine wichtige Rolle bei der Ertragsbildung.



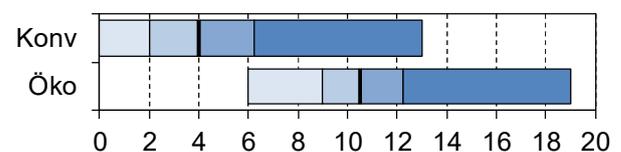
Unkrautdeckungsgrad zum Ende der Erbsenblüte [%]

Will man den Zusammenhang zwischen Unkrautauftreten und Ertrag interpretieren, muss man beachten, dass dafür verschiedene Effekte verantwortlich sein können. Einerseits kann starker Unkrautdruck das Wachstum und die Ertragsbildung der Erbse direkt beeinträchtigen. Andererseits ist es auch möglich, dass durch andere Bedingungen das Erbsenwachstum eingeschränkt wird und das Unkraut nur den entstehenden Konkurrenzvorteil nutzt. Auch Kombinationen beider Effekte in unterschiedlichen Wachstumsstadien sind möglich.

In der vorliegenden Untersuchung zeigte sich deutlich, dass besonders das Auftreten von Fußkrankheiten mit geringeren Bestandesdichten und erhöhtem Unkrautauftreten verbunden war. Bei der Erbse ist somit davon auszugehen, dass der Unkrautdeckungsgrad in einigen Fällen „nur“ ein Indikator für die Güte des Erbsenbestandes war und nicht unbedingt die Ursache eines geringen Ertrags.

Konventionell und ökologisch bewirtschaftete Erbsenbestände unterscheiden sich wesentlich in den Möglichkeiten, Unkraut zu regulieren. Prinzipiell ist beim konventionellen Erbsenanbau vor allem die Wirksamkeit der Herbizidanwendungen für den Grad der Verunkrautung ausschlaggebend. Der Unkrautdruck in ökologisch angebauten Erbsenbeständen hängt dagegen weniger stark von der direkten – mechanischen – Regulierung ab. Stärker als im konventionellen System kommen noch eine Vielzahl weiterer Faktoren zum Tragen, wie z. B. Bodenbearbeitung, Fruchtfolge oder Anbauvorgeschichte. Deshalb wurden bei der Analyse der wesentlichen Faktoren die beiden Anbausysteme getrennt ausgewertet.

Nicht nur im Unkrautdeckungsgrad sondern auch in der Anzahl gefundener Unkrautarten unterschieden sich die beiden Anbausysteme erheblich. Im Mittel wurden in den Messparzellen der konventionellen Erbsenbestände 4 und in denen der ökologischen 10 Unkrautarten gefunden. Zwischen den einzelnen Beständen variierte die Artenzahl jedoch stark.

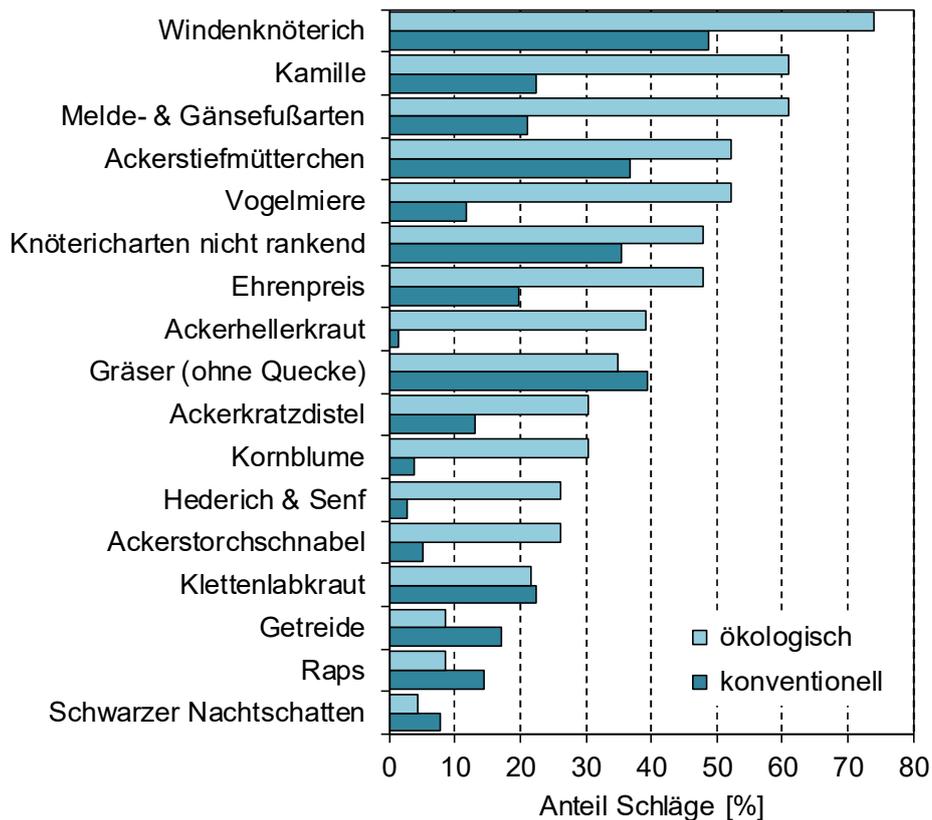


Anzahl Unkrautarten an zwei 5 m²-Messparzellen je Schlag

Ackerbauliche Ergebnisse / Details zur Sommererbse in Reinsaat

Auch in der Artenzusammensetzung waren deutliche Unterschiede zwischen den Anbausystemen erkennbar. Während z. B. Windenknöterich, andere Knötericharten und Gräser in beiden Systemen stark vertreten waren,

traten Vogelmiere, Ackerhellerkraut und Kornblume vor allem in Öko-Beständen auf. Rapsdurchwuchs und Schwarzer Nachtschatten war hingegen ein Problem auf einzelnen konventionellen Schlägen.



Auswahl häufig vorkommender Unkrautarten in den untersuchten Erbsenbeständen (zwei 5 m²-Messparzellen je Bestand)

Bei dem wichtigen Ertragsfaktor „Unkrautdeckungsgrad zum Ende der Erbsenblüte“ erfolgte eine statistische Analyse der wesentlichen Einflussfaktoren. Es wurden dieselben Erbsenbestände einbezogen wie beim Ertrag (S. 35).

Eine vergleichbar klare Zuordnung und Quantifizierung einzelner Faktoren wie beim Ertrag war beim Unkrautdeckungsgrad nicht möglich. Dies liegt unter anderem daran, dass einzelne Ereignisse in den Vorjahren – z. B. aussamende Spätverunkrautung, missglückte

mechanische oder chemische Maßnahmen – oder die sehr langfristige Vorgeschichte einen starken Einfluss auf die aktuelle Verunkrautung haben können. Diese möglichen Einflussgrößen konnten jedoch nicht mit in die Untersuchung einbezogen werden.

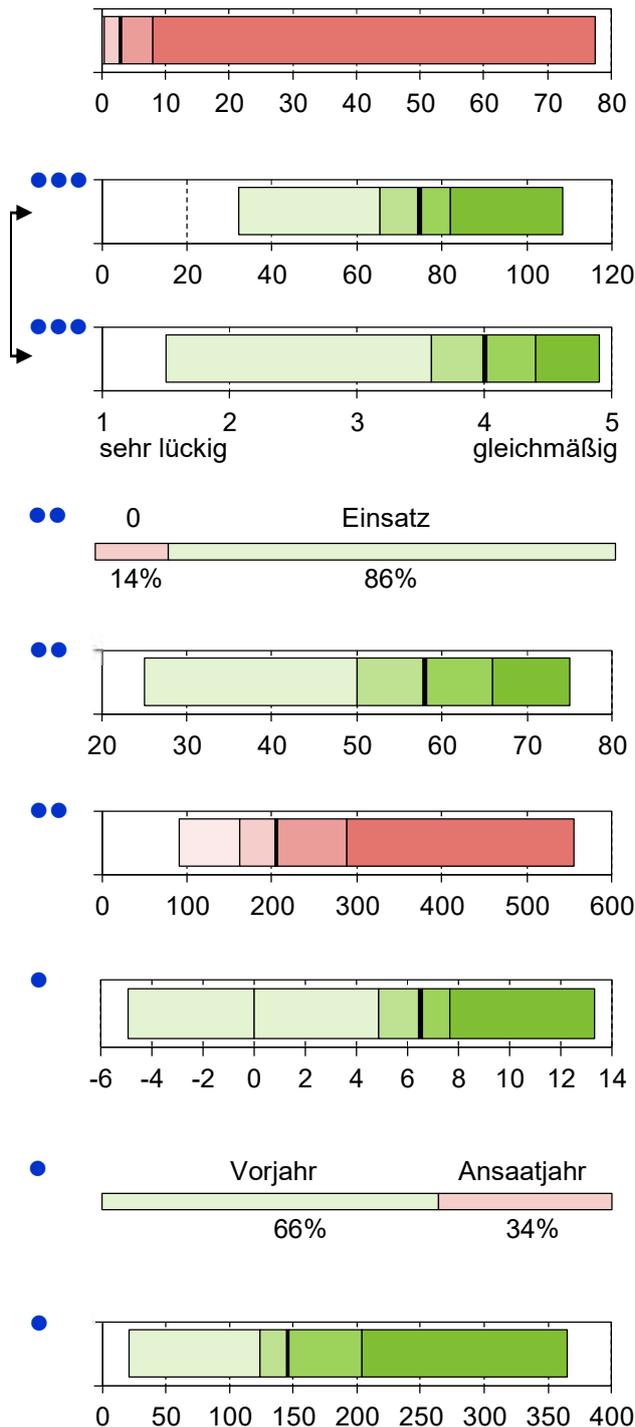
Die im Weiteren genannten Faktoren können also nur Hinweise auf mögliche Maßnahmen bzw. Bedingungen sein, die den Unkrautdruck auf den Untersuchungsschlägen gefördert bzw. reduziert haben.

Übersicht konventionell:

Wesentliche Faktoren des Unkrautdeckungsgrads

Die Faktoren sind nach Ihrer Bedeutung für den Unkrautdeckungsgrad sortiert. Details finden sich auf den genannten Seiten. Die Farben der Balken weisen auf den Zusammenhang mit dem Unkrautdeckungsgrad hin:

grün: hohe Werte des Faktors → oft geringe Unkrautdeckung → gut für den Ertrag
rot: hohe Werte des Faktors → oft hohe Unkrautdeckung → schlecht für den Ertrag



Unkrautdeckungsgrad, Ende Blüte [%]:
 Negativer Einfluss auf den Ertrag
 S. 69

Faktoren hängen stark voneinander ab:
Bestandesdichte [Triebe/m²]: Je höher die Dichte an Erbsentrieben, umso weniger Unkrautdeckung (bis max. 70 Triebe/m²) S. 75

Bestandeshomogenität, Ende Blüte (Boniturnoten 1-5): je gleichmäßiger der Bestand, umso weniger Unkrautdeckung S. 77

Herbizideinsatz, gegen zweikeimblättrige Unkräuter: Geringerer Unkrautdeckungsgrad bei Einsatz S. 82

Anteil Getreide, in 11 Jahren vor Erbse [%]: Geringerer Unkrautdeckungsgrad bei hohem Getreideanteil S. 80

Niederschlag, von November bis zur Saat [l/m²]: Höherer Unkrautdeckungsgrad bei nasseren Wintern S. 81

Temperatur, 2 Wochen vor Saat [°C]: je wärmer, umso weniger Unkraut S. 81

Zeitpunkt der Grundbodenbearbeitung, Vorjahr oder Ansaatjahr: Höherer Unkrautdeckungsgrad bei Termin im Ansaatjahr der Erbse S. 82

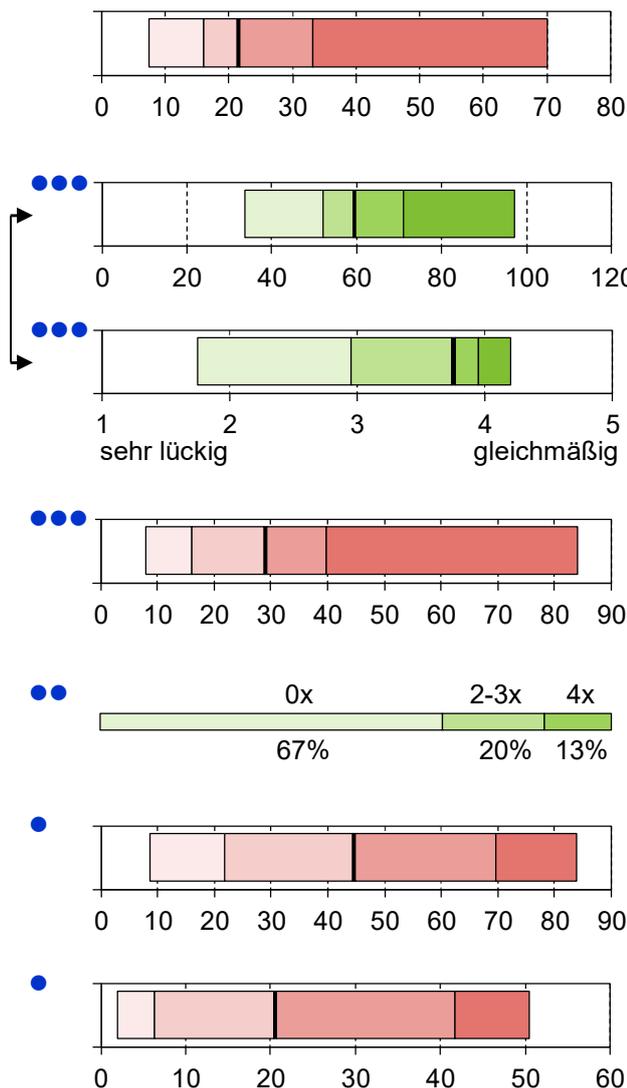
Niederschlag, von Saat bis Unkrautbonitur [l/m²]: Geringerer Unkrautdeckungsgrad bei höherer Wasserversorgung S. 81

Übersicht ökologisch:

Wesentliche Faktoren des Unkrautdeckungsgrads

Die Faktoren sind nach Ihrer Bedeutung für den Unkrautdeckungsgrad sortiert. Details finden sich auf den genannten Seiten. Die Farben der Balken weisen auf den Zusammenhang mit dem Unkrautdeckungsgrad hin:

grün: hohe Werte des Faktors → oft geringe Unkrautdeckung → gut für den Ertrag;
rot: hohe Werte des Faktors → oft hohe Unkrautdeckung → schlecht für den Ertrag.



Unkrautdeckungsgrad, Ende Blüte [%]: Negativer Einfluss auf den Ertrag S. 69

Faktoren hängen stark voneinander ab:
Bestandesdichte [Triebe/m²]: Je höher die Dichte an Erbsentrieben, umso weniger Unkrautdeckung (bis max. 70 Triebe/m²) S. 75

Bestandeshomogenität, Ende Blüte (Boniturnoten 1-5): je gleichmäßiger der Bestand, umso weniger Unkrautdeckung S. 77

Anteil Sommerfrüchte, in 11 Jahren vor Erbse [%]: Höherer Unkrautdeckungsgrad bei hohem Anteil von Sommerfrüchten S. 80

Anzahl Hackdurchgänge bei Hackfrüchten, langjährig: je häufiger gehackt, umso weniger Unkraut S. 85

Sandanteil, 0-20 cm [%]: Höherer Unkrautdeckungsgrad bei höherem Sandanteil S. 79

Niederschlag, in 2 Wochen vor der Saat [l/m²]: Höherer Unkrautdeckungsgrad bei höheren Niederschlägen S. 81

BOFRU (S. 155): Von den oben aufgeführten Faktoren finden sich im BOFRU-Projekt nur die Bestandesdichte und die Bestandeshomogenität wieder. Ein geringer Unkrautdruck bei Grundbodenbearbeitung im Herbst wird sowohl in der BOFRU-Auswertung als auch bei den konventionellen Beständen dieser

Untersuchung gefunden. Die relativ geringen Überschneidungen der Unkrautfaktoren zwischen BOFRU und den hier vorgestellten Ergebnissen können ein weiterer Hinweis auf die häufig sehr fallspezifischen Ursachen des Unkrautdrucks auf einzelnen Schlägen sein.

Weitere Faktoren des Unkrautdeckungsgrads

Bei beiden Bewirtschaftungssystemen war der Unkrautdeckungsgrad bei größerer **Bestandeshöhe** im Mittel niedriger (S. 78). Die Bestandeshöhe hängt eng mit den Wachstumsbedingungen und der Bestandeshomogenität und damit auch dem Ertrag zusammen.

Die folgenden Faktoren spielten nur bei einigen wenigen Beständen eine Rolle oder hatten einen relativ geringen Effekt auf den Unkrautdeckungsgrad zum Ende der Erbsenblüte. Diese Faktoren werden getrennt nach Bewirtschaftungssystem – konventionell und ökologisch – aufgeführt.

Konventionell

- In einigen Fällen war der Unkrautdeckungsgrad bei **flachgründigen** oder **verdichteten Böden** höher (S. 79).

Dies kann mit einer verringerten Konkurrenzkraft der Erbse zusammenhängen (S. 48).
- Die Ergebnisse deuten auf eine Tendenz zu größerem Unkrautdruck auf **humoserer Böden** hin. Diese Beobachtung passt mit dem bekannten Effekt einer geringeren Wirksamkeit einzelner Herbizide bei hohen Humusgehalten zusammen.
- In einem **Einzelfall** führten verschiedene Bedingungen zu einem **extremen Unkrautdeckungsgrad** von fast 80 % zum Ende der Blüte. Eine sehr flache Saat ($\varnothing < 2$ cm) in Verbindung mit extremer Trockenheit hatten eine geringe Bestandesdichte und eine niedrige Pflanzenhöhe zur Folge. Bei gleichzeitigem Verzicht auf einen Herbizideinsatz war dieser Bestand im Vergleich zum Unkraut nicht konkurrenzfähig.
- Bei starkem **Blattlausbefall** traten in Einzelfällen höhere Unkrautdeckungsgrade auf.

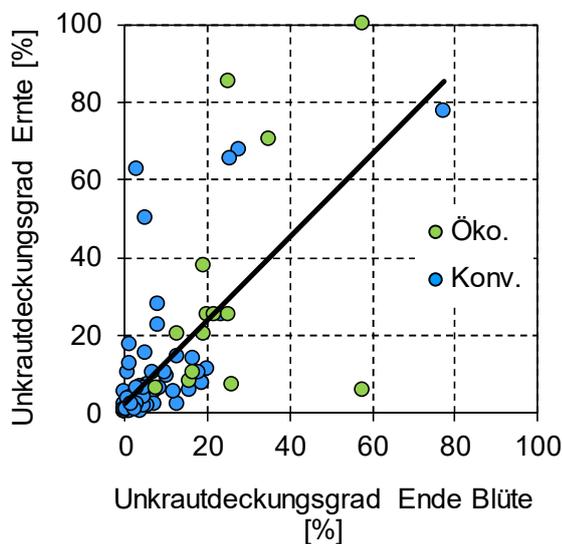
Ökologisch

- Die Ergebnisse zeigen, dass auf Schlägen mit höherer **Bodenwassermenge** im Frühjahr (0-90 cm) im Mittel weniger Unkraut zum Ende der Erbsenblüte zu finden war. Wahrscheinlich wegen der dann besseren Bedingungen für die Erbse (S. 46).

mit einem geringeren Unkrautdeckungsgrad verbunden.
- In einem **Einzelfall** auf sehr leichtem Boden und extremer Trockenheit erreichten die Erbsen nur eine Höhe von 30 bis 40 cm. Die besser angepassten Unkräuter – z. B. Kornblume, Weißer Gänsefuß und Ochsenzunge – erreichten zum Ende der Blüte einen **Unkrautdeckungsgrad** von 70 %.
- Eine gleichmäßigere **Verteilung der Erbsenpflanzen** nach dem Auflaufen war häufig

Spätverunkrautung

Wie bei anderen Körnerleguminosen ist auch bei der Körnererbse die Spätverunkrautung häufig ein großes Problem. Bei der Handernte der Erbsen wurde in der vorliegenden Untersuchung der Unkrautdeckungsgrad grob geschätzt. In den meisten Fällen war ein hoher Unkrautdeckungsgrad zum Ende der Blüte auch mit einer hohen Spätverunkrautung verbunden. Das heißt, dass dafür auch die auf den Seiten 71 bis 72 genannten Faktoren eine Rolle spielen.



Unkrautdeckungsgrad zum Ende der Blüte und zur Ernte der Erbsen

Weitere Faktoren einer hohen Spätverunkrautung waren:

- Langjährige ökologische Bewirtschaftung
- Hoher Anteil an Sommerkulturen und an Leguminosenzwischenfrüchten in den 11 Jahren vor dem Erbsenanbau
- Ausbringung stickstoffhaltiger Düngemittel zur Erbse (ab Ernte der Vorfrucht)
- Hohe Niederschlagsmengen vom Ende der Blüte bis zur Ernte

Es ist anzunehmen, dass auch die Unkrautartenzusammensetzung einen großen Einfluss auf den Grad der Spätverunkrautung gehabt hat. Dieser Sachverhalt konnte bisher jedoch nicht ausgewertet werden.



Starke Spätverunkrautung: links konventionell, rechts ökologisch

Details zu den Unkrautfaktoren

Bestandesdichte, -homogenität und -höhe

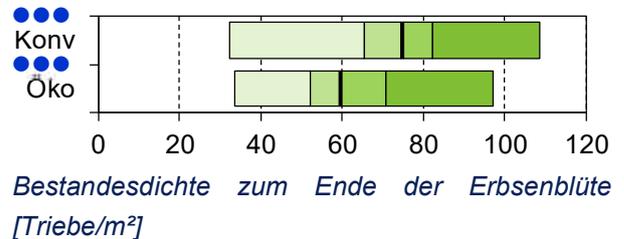
Die zum Ende der Erbsenblüte bestimmten Parameter Bestandesdichte (Triebe/m²) und Bestandeshomogenität sind eng miteinander verbunden. Bei einer größeren Anzahl von Trieben/m² war im Mittel auch die Verteilung der Pflanzen gleichmäßiger. Für jeden einzelnen dieser Parameter ergab die Auswertung einen starken Zusammenhang mit dem Unkrautdeckungsgrad. Aufgrund der engen Verknüpfung untereinander konnten diese Einflüsse nicht einzeln gewichtet werden.

Es wurde beobachtet, dass dünne, lückige und ungleichmäßige Bestände häufig höhere Unkrautdeckungsgrade aufwiesen als dichte und gleichmäßige Bestände. Das traf sowohl auf konventionell als auch auf ökologisch bewirtschaftete Schläge zu.

Im Durchschnitt war der Unkrautdeckungsgrad auch bei einer größeren Bestandeshöhe niedriger.

Bestandesdichte

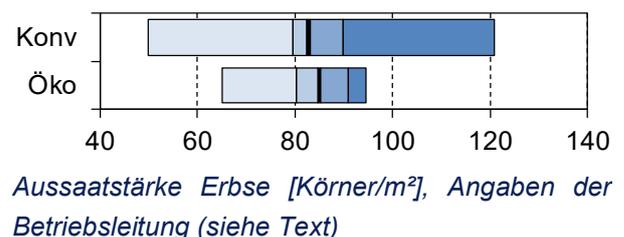
Die Bestandesdichte wird hier als Anzahl hülsentragender Erbsentriebe/m² zum Ende der Erbsenblüte definiert. Sie variierte in einem weiten Bereich von 32 bis 110 Trieben/m² und lag im Mittel in den konventionellen Beständen bei 73 und in den ökologischen bei 63 Trieben/m². Bis zu 70 Trieben/m² war im Mittel eine höhere Bestandesdichte mit einem geringeren Unkrautdeckungsgrad verbunden. Unkrautdeckungsgrade über 20 % traten, bis auf eine Ausnahme, nur in Beständen mit weniger als 80 Erbsentrieben/m² auf.



Die Bestandesdichte hatte sowohl als direkter Einflussfaktor als auch über die Beeinflussung des Unkrautdeckungsgrades einen starken Effekt auf den Erbsenertrag. Diese Ergebnisse bestätigen die Resultate aus dem BOFRU-Projekt (S. 155).

Die Anzahl Erbsentriebe/m² wird sowohl durch die Anzahl Pflanzen/m² als auch durch die Anzahl Triebe pro Pflanze beeinflusst.

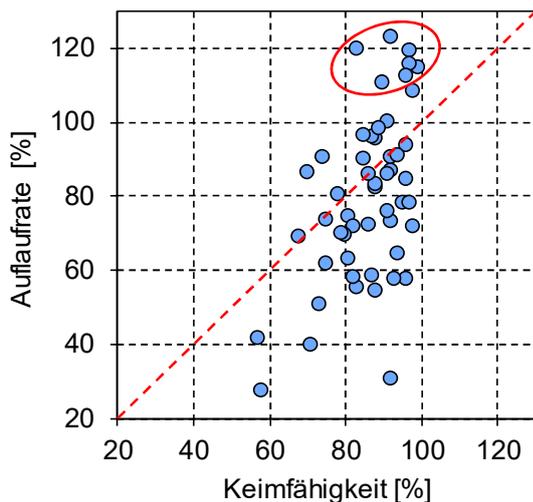
Die Aussaatstärke ist ein wichtiger Faktor der Anzahl Erbsenpflanzen/m². Sie variierte zwischen 50 und 120 Körnern/m² und lag im Mittel bei 85 Körnern/m². Leider unterschieden die Betriebe bei ihren Angaben oft nicht zwischen Gesamtzahl und Anzahl keimfähiger Körner. In den meisten Fällen weisen die Ergebnisse aber auf die keimfähigen Körner hin. Insgesamt waren die Angaben zur Aussaatstärke oft relativ grob und in einigen Fällen nicht plausibel. Auswertungsergebnisse, bei der die Aussaatstärke beteiligt ist, sind somit nur unter Vorbehalt zu interpretieren.



Ackerbauliche Ergebnisse / Details zur Sommererbse in Reinsaat

Die angegebenen Aussaatstärken unterschieden sich im Mittel nicht zwischen den Bewirtschaftungssystemen konventionell oder ökologisch. Die Anzahl Erbsenpflanzen/m² nach dem Auflaufen lag jedoch im Durchschnitt bei den ökologisch bewirtschafteten Schlägen um 20 Pflanzen/m² niedriger als bei den konventionellen.

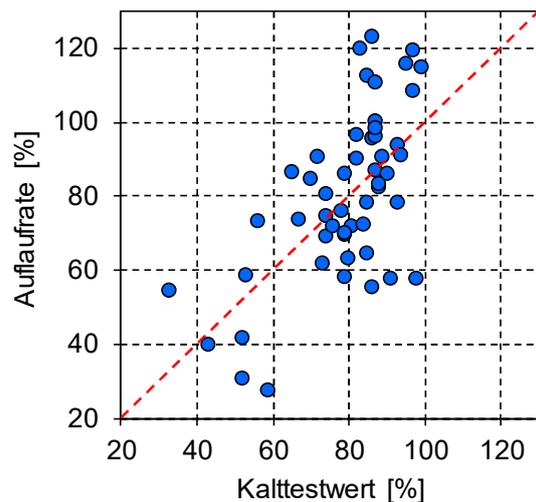
Neben der Aussaatstärke ist die **Auflaufrate** bestimmend für die Anzahl Pflanzen/m². Die Auflaufrate ist der Prozentsatz von Saatkörnern, aus denen sich Pflanzen entwickeln. Als wesentlicher Einflussfaktor der Auflaufrate wurde vor allem die Saatgutqualität (Keimfähigkeit und Triebkraft) identifiziert.



Die Betriebe stellten von insgesamt 60 % der Untersuchungsschläge Proben des eingesetzten Saatguts zur Verfügung. Die **Keimfähigkeit** der untersuchten Proben schwankte zwischen 57 und 99 %. Bei 22 % der Proben lag die Keimfähigkeit unter 80 %.

Mit dem **Kalttest** wird die Keimfähigkeit bei niedrigeren Temperaturen und einer höheren Bodenaufgabe bestimmt, auch als Triebkraft bezeichnet. Sie reichte von 18 bis 99 %. Hier lagen 44 % der Proben unter 80 %.

Weder zwischen ökologischem und konventionellem Saatgut noch zwischen Nachbau, Z- oder Basissaatgut war ein deutlicher Unterschied in der Keimfähigkeit oder der Triebkraft nachzuweisen.



Zusammenhang von Auflaufrate (% Erbsenpflanzen von Anzahl ausgesäter Körner) 2016 bis 2018 und Keimfähigkeit (links) bzw. Kalttestwert (rechts; Keimfähigkeit unter erschwerten Bedingungen: Triebkraft); rote Linie: alle als keimfähig getestete Körner haben eine Pflanze gebildet; weitere Erläuterungen im Text

Bei einigen Schlägen gaben die Betriebe die Aussaatstärke vermutlich viel geringer an als tatsächlich ausgesät wurde. Deshalb lagen die Auflaufraten deutlich über der Keimfähigkeit (rot eingekreiste Punkte in der Grafik). Über der Keimfähigkeit liegende Auflaufraten können mit fehlerhaften Angaben der Betriebe, aber auch mit der Entwicklung anormal gekeimter Körner zu vollwertigen Pflanzen begründet sein. Beim Keimfähigkeitstest

werden nur normal gekeimte Körner gewertet.

Bei ca. 23 % der Bestände lag die Auflaufrate mehr als 20 % unterhalb der Keimfähigkeit. Eine erheblich geringere Auflaufrate als der Kalttestwert wiesen nur 13 % der Bestände auf (siehe Grafiken). Das bedeutet, dass für die Berechnung der Aussaatstärke bei schwierigen Saatbedingungen der Kalttestwert besser geeignet ist als die Keimfähigkeit.

Welche Faktoren beeinflussen den Unkrautdruck?

Weitere Faktoren der Auflafrate konnten nicht ermittelt werden. Was wahrscheinlich mit der Unsicherheit der Angaben zur Aussaatstärke zusammenhängt.

Die durchschnittliche Anzahl hülsentragender **Triebe pro Pflanze** reichte von 0,6 bis 1,7. Bei ca. der Hälfte der Bestände bildete nicht jede Pflanze einen hülsentragenden Trieb aus. Der weitaus wichtigste Faktor der Anzahl Triebe pro Pflanze war die Anzahl Pflanzen/m². Das heißt, die Erbse kann in einem weiten Bereich geringe bzw. hohe Pflanzendichten ausgleichen. Unterschiede zwischen konventioneller und ökologischer Bewirtschaftung waren nicht zu erkennen. Neben der Anzahl Pflanzen/m² weisen die Ergebnisse noch auf einige andere Faktoren hin. Im Durchschnitt traten mehr Triebe pro Pflanze auf wenn:

- der vorherige Winter eine kalte und feuchte Witterung aufwies,
- eine tiefe Bodenbearbeitung in drei Monaten vor der Saat durchgeführt wurde (max. 25 cm),
- die Wasserversorgung der Erbsen hoch war,
- ein geringes Infektionspotential mit dem Fußkrankheitserreger *Didymella pinodella* vorlag (siehe auch S. 54).

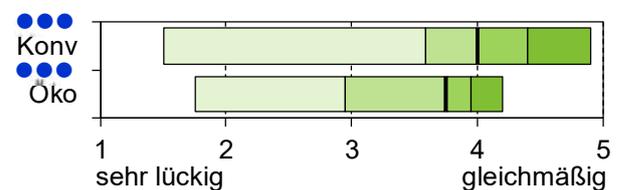
Ob in allen Fällen ein ursächlicher Zusammenhang vorliegt, muss weiter untersucht werden.

Um eine hohe Bestandesdichte zu erreichen, ist es wichtig, bei der Saat sowohl die Saatgutqualität als auch mögliche zukünftige Verluste einzukalkulieren. Möglichst gute Wachstumsbedingungen für die Erbse sind Voraussetzung für die Bildung mehrerer Triebe pro Pflanze und damit für einen konkurrenzstarken Bestand.

Bestandeshomogenität

Die Homogenität der Erbsenbestände wurde zum Ende der Erbsenblüte bonitiert. Dabei wurden die Pflanzenverteilung (Lücken und Gleichmäßigkeit der Verteilung), die Pflanzenhöhe und Farbunterschiede berücksichtigt. Die Boniturnoten reichten von 1, sehr ungleichmäßig, bis 5, sehr gleichmäßig.

Etwa die Hälfte der konventionellen Bestände erreichte mindestens die Boniturnote 4. Die Öko-Bestände waren im Mittel etwas heterogener.



Bestandeshomogenität zum Ende der Erbsenblüte (Boniturnoten 1-5)



Ackerbauliche Ergebnisse / Details zur Sommererbse in Reinsaat

Im Durchschnitt war der Unkrautdeckungsgrad bei beiden Bewirtschaftungssystemen in homogenen Beständen geringer als in lückigen bzw. ungleichmäßigen Beständen. Dieses Ergebnis stimmt mit den Ergebnissen aus dem BOFRU-Projekt überein (S. 155).

Homogene Bestände wurden vor allem unter folgenden Bedingungen gefunden:

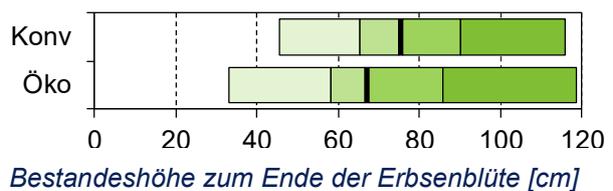
- Hohe Bestandesdichte (Triebe/m²)
- Hohe Triebkraft des Saatgutes
- Homogene Verteilung der Erbsenpflanzen nach Auflaufen
- Kein Erbsenanbau in fünf Jahren vorher
- Geringer Besatz der Wurzeln mit *Fusarium solani*
- Insektizideinsatz (nur konventionell)

Neben guten Bedingungen für das Erbsenwachstum ist für homogene Bestände somit eine gleichmäßige Verteilung des Saatgutes in

der Reihe von großer Bedeutung. Eine Drilltechnik die diese Anforderung optimal erfüllt war auf den untersuchten Betrieben nicht vertreten und ist den Autoren nicht bekannt. Vor allem bei geringen Aussaatstärken kann die Saatgutverteilung zum Problem werden.

Bestandeshöhe

Die Höhe der untersuchten Erbsenbestände variierte in einem weiten Bereich von 33 bis knapp 120 cm. Unterschiede zwischen konventionellen und ökologischen Beständen waren nicht signifikant. In vielen Fällen waren hohe Bestände mit hohen Erträgen verbunden. Bei der Vorabschätzung des Ertrags kann die Höhe eines Erbsenbestandes somit als ein Kriterium verwendet werden.



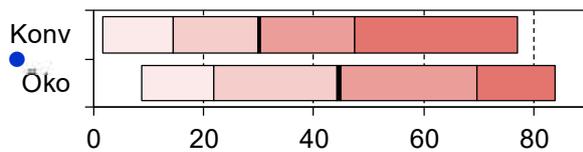
Links: ungleichmäßig aufgelaufener Bestand, 34 Pflanzen/m², Saat 100 Körner/m² (Angabe Betrieb)

Rechts: relativ gleichmäßig aufgelaufener Bestand, 98 Pflanzen/m², Saat 93 Körner/m² (Angabe Betrieb)

Boden

Sandanteil

Der Sandanteil im Oberboden variierte stark sowohl zwischen den konventionell als auch den ökologisch bewirtschafteten Erbsenschlägen. Im Mittel waren die Böden der Öko-Schläge leichter.



Sandanteil im Boden 0-20 cm [%]

Der Unkrautdeckungsgrad am Ende der Erbsenblüte stieg im Durchschnitt mit dem Sandanteil leicht an. Dieser Effekt war bei den Öko-Schlägen stärker ausgeprägt als bei den konventionellen.

Tiefgründigkeit

Nur bei den konventionellen Beständen weisen die Ergebnisse auf einen möglichen leichten Zusammenhang zwischen der Tiefgründigkeit der Böden und der Verunkrautung hin. Auf Böden mit geringer durchschnittlicher Eindringtiefe einer Bodensonde war der Unkrautdeckungsgrad am Ende der Erbsenblüte etwas höher als bei tiefgründigeren Böden (näheres zu diesen Bodenergebnissen auf S. 59).

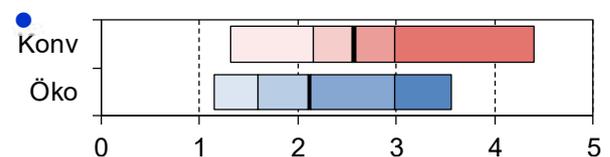
Bodenwasser

Auf Öko-Schlägen mit höherem Bodenwassergehalt im Frühjahr (0-90 cm) war der Unkrautdruck etwas geringer als bei niedrigen Gehalten. Dies kann, wie auch der Zusammenhang mit dem Sandgehalt, damit zusammenhängen, dass eine bessere Wasserversorgung zu einer höheren Konkurrenzkraft der Erbse beiträgt. Allerdings war dieser Effekt bei den konventionellen Beständen nicht zu erkennen. Details zum Bodenwasser finden sich auf Seite 46.

Organische Substanz

Der Gehalt an organischer Substanz variierte auf den Untersuchungsschlägen von 1,2 % bis 4,4 %. Auf den konventionellen Flächen wurde bei einzelnen **humosen Böden** trotz Voraufherbizid ein überdurchschnittlicher Unkrautdruck beobachtet. Diese Beobachtung passt mit dem bekannten Effekt einer geringeren Wirksamkeit einzelner Voraufherbizide bei hohen Humusgehalten zusammen.

Bei den Öko-Beständen zeigte sich kein Zusammenhang zwischen Unkrautdruck und Humusgehalt.



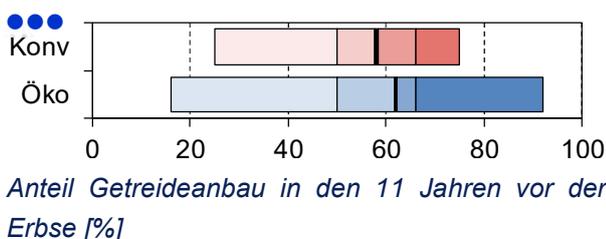
Gehalt an organischer Substanz im Boden 0-20 cm [%]

Anbaugeschichte

Bei beiden Bewirtschaftungssystemen ergab die Auswertung einen starken Einfluss der Anbaugeschichte auf den Unkrautdruck in den Erbsen – allerdings mit unterschiedlichen Ergebnissen. Dies kann damit zusammenhängen, dass sich besonders in der Unkrautregulierung beide Systeme stark unterscheiden.

Getreideanteil

Im Mittel der **konventionellen** Erbsenbestände war der Unkrautdeckungsgrad zum Ende der Erbsenblüte bei einem hohen Getreideanteil geringer als bei niedrigen Anteilen. Der Getreideanteil in den 11 Jahren vor der Erbse variierte auf den konventionellen Schlägen zwischen etwa 30 und 70 % und lag im Mittel etwas über 50 %. Auf den Öko-Schlägen war die Spannbreite noch größer. Ein Einfluss auf den Unkrautdeckungsgrad war hier jedoch nicht zu erkennen.

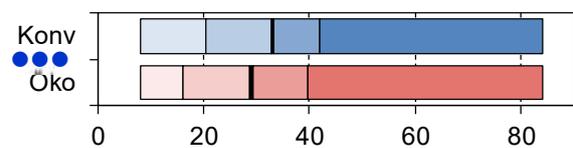


Eine mögliche Ursache für diesen Zusammenhang kann die in Getreide meist effektive Bekämpfung zweikeimblättriger Unkräuter mit Herbiziden sein. Langfristig kann ein hoher Getreideanteil so zu einem verringerten Unkrautdruck führen.

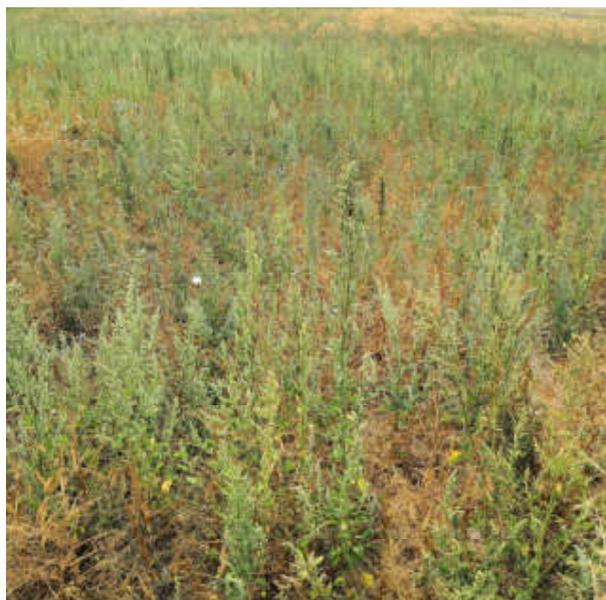
Anteil Sommerkulturen

Bei den **ökologischen** Schlägen war der Unkrautdeckungsgrad bei einem geringen

Anteil von Sommerkulturen niedriger als bei hohen Anteilen. In beiden Bewirtschaftungssystemen variierte der Anbau von Sommerkulturen in den 11 Jahren vor dem Erbsenanbau von 10 bis fast 90 % und lag im Mittel bei ca. 30 %. In konventionellen Beständen war in dieser Hinsicht kein Effekt auf den Unkrautdruck erkennbar.



Der deutliche Effekt der Sommerkulturen bei den Öko-Beständen kann mit dem meist nicht vollständigen Erfolg der Unkrautregulierung im ökologischen Landbau zusammenhängen. Bei hohen Anteilen von Sommerkulturen können sich so die Samen spezifischer Sommerunkräuter anreichern und zu einem erhöhten Unkrautdruck führen.



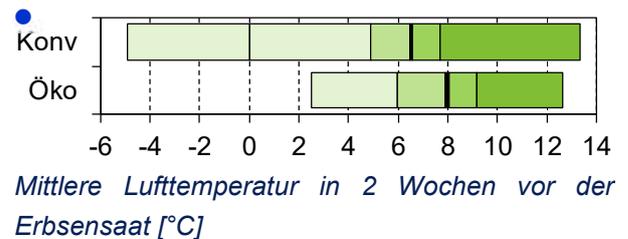
Gänsefuß- und Meldearten, typische Unkräuter in Sommerkulturen

Temperatur

Vor allem bei den konventionellen Erbsenbeständen zeigte sich ein leichter Effekt der Lufttemperatur vor der Saat auf den späteren Unkrautdruck. Höhere Temperaturen waren mit etwas geringerem Unkrautdeckungsgrad zum Ende der Erbsenblüte verbunden. Bei den Öko-Beständen war dieser Effekt schwächer ausgeprägt.

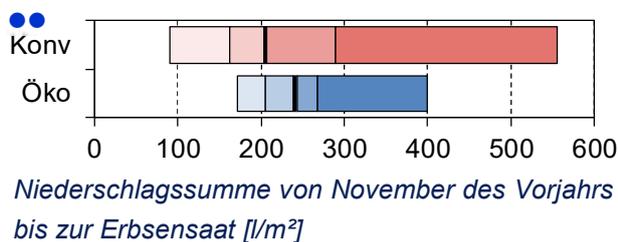
Der Einfluss kann möglicherweise mit einer höheren Keimgeschwindigkeit und damit schnelleren Jugendentwicklung bei höheren Temperaturen zusammenhängen.

Die Temperatur variierte in einem weiten Bereich von ca. -4 bis 13 °C. Je nach Witterungsverlauf der einzelnen Jahre hing sie mehr oder weniger stark vom Saattermin ab.

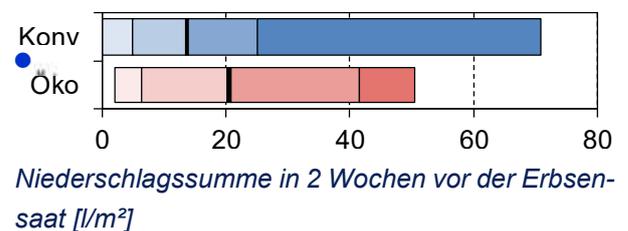


Niederschläge

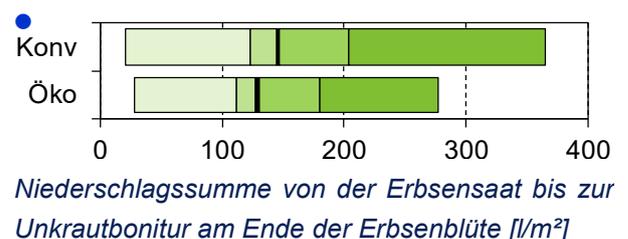
Die Niederschlagssumme über Winter (November bis Erbsensaat) variierte von unter 100 bis zu 550 l/m². Nur auf den konventionellen Schlägen ergab die Auswertung eine das Unkraut fördernde Wirkung der Niederschlagsmenge. Ob hier ein kausaler Zusammenhang besteht und wie er erklärt werden könnte, war in der vorliegenden Untersuchung nicht zu klären.



Nur bei den Öko-Schlägen konnte ein unkrautfördernder Einfluss höherer Niederschlagsmengen in den zwei Wochen vor der Saat ermittelt werden. Dieser Effekt könnte mit besseren Bedingungen für Saat und Unkrautregulierung bei trockeneren Bedingungen zusammenhängen.



Eine höhere Niederschlagssumme von der Saat bis zur Unkrautbonitur zum Ende der Erbsenblüte war im Mittel mit etwas geringeren Unkrautdeckungsgraden verbunden. Bei den konventionellen Beständen war der Effekt stärker ausgeprägt. Die Niederschläge in diesem Zeitraum wiesen mit 20 bis 360 l/m² eine große Spannweite auf.



Ackerbauliche Ergebnisse / Details zur Sommererbse in Reinsaat

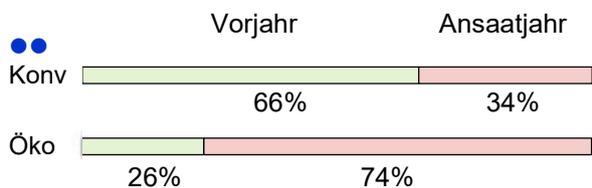
Dieses Ergebnis wird allerdings durch Resultate aus dem BOFRU-Projekt relativiert. Dort wurde in den Jahren 2009 bis 2012 bei 74 Öko-Beständen im Mittel ein gegenteiliger Effekt festgestellt. Anscheinend ist die Wirkung der

Wasserversorgung auf den Unkrautdeckungsgrad stark von anderen Faktoren abhängig. Denkbar wäre z. B. die Verteilung der Niederschlagsmengen innerhalb der Vegetationszeit.

Grundbodenbearbeitung

Im Bereich Bodenbearbeitung hatte nur der Termin der Grundbodenbearbeitung einen deutlich nachweisbaren Einfluss auf den Unkrautdruck. Eine Bearbeitung im Jahr vor dem Erbsenanbau – meist im Herbst – war oft mit weniger Unkrautdeckungsgrad zum Ende der Erbsenblüte verbunden als eine Bearbeitung vor der Saat. Dieser Effekt zeigte sich bei den konventionellen Beständen stärker als bei den ökologisch angebauten.

Während die konventionellen Schläge zu zwei Drittel im Herbst bearbeitet wurden, waren es bei den Öko-Schlägen nur ein Viertel.



Zeitraum der Grundbodenbearbeitung, im Vorjahr oder im Ansaatjahr [%]

Direkte Unkrautregulierung

Konventionell

Bei der Unkrautbekämpfung gab es auf den konventionellen Untersuchungsschlägen ein sehr unterschiedliches Spektrum an Maßnahmen bzw. Maßnahmenkombinationen (siehe Tabelle auf der nächsten Seite).

Auf 11 % der Schläge wurde zwischen Ernte der Vorfrucht und der Erbsensaat eine Totalherbizidanwendung durchgeführt (**Glyphosat**). Auswirkungen auf den Unkrautdeckungsgrad in den Erbsen waren nicht erkennbar.

Auf zwei Drittel der Schläge kamen **Vorauf-
laufherbizide** zum Einsatz. Bei 70 % der Anwendungen wurde dabei ein einzelnes

Mittel und in 30 % der Fälle eine Kombination aus zwei Mitteln verwendet. Im Durchschnitt wiesen die Schläge mit Vorauf-
laufherbizid einen geringeren Unkrautdeckungsgrad zum Ende der Erbsenblüte auf als die der anderen Varianten. Bei Kombination von zwei Mitteln zeichneten sich zudem geringere Deckungsgrade ab als beim Einsatz nur eines Mittels.

Bekanntermaßen kann der Wirkungsgrad von Vorauf-
laufherbiziden durch trockene Boden-
bzw. Witterungsbedingungen oder hohe Humusgehalte des Bodens reduziert werden. Bei den Beständen mit Einsatz von Vorauf-
laufherbiziden waren auch in dieser Untersuchung bei trockener Witterung um die Saat im Mittel höhere Unkrautdeckungsgrade zu erkennen.

Welche Faktoren beeinflussen den Unkrautdruck?

Auch auf einigen der humoseren Böden trat trotz Voraufherbizid ein hoher Unkrautdruck auf.

Ein Großteil der Bestände ohne Voraufherbizid wurde mit einem **Nachaufherbizid** gegen zweikeimblättrige Unkräuter behandelt. Es wurde dabei immer der inzwischen nicht mehr zugelassene Wirkstoff Bentazon eingesetzt, in 80 % der Fälle in Kombination mit Pendimethalin. Im Mittel wiesen diese Schläge höhere Unkrautdeckungsgrade auf als die mit Voraufherbizideinsatz.

Auf 22 % der Schläge wurden Herbizide zur **Gräserbekämpfung** eingesetzt. Ein deutlicher Zusammenhang zum Unkrautdeckungsgrad zum Ende der Blüte war nicht erkennbar.

Vor allem aufgrund der Änderungen der „Greening“-Regeln **verzichtete** ein Teil der konventionellen Betriebe ab 2017 ganz auf die chemische Unkrautregulierung oder setzte einen **Striegel** ein (15 %). Bei beiden Varianten war der Unkrautdeckungsgrad im Durchschnitt der Schläge höher als bei Herbizideinsatz. Eine Beurteilung der Effektivität der Striegeleinsätze war nicht möglich, hierfür sind vergleichende Versuche notwendig.

Insgesamt wurde nur auf 18 % der konventionellen Schläge zum Ende der Erbsenblüte ein Unkrautdeckungsgrad von über 10 % festgestellt. Ein höherer Unkrautdruck war häufig mit dem Verzicht auf Herbizide gegen zweikeimblättrige Unkräuter, aber auch mit geringen Bestandesdichten verbunden. Im Mittel lag der Unkrautdeckungsgrad bei Herbizidverzicht zum Ende der Erbsenblüte ca. 10 % höher als mit Herbizideinsatz.

Auf den konventionellen Erbsenschlägen durchgeführte Unkrautregulierungsmaßnahmen

Anwendung (Wirkstoff)	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Anteil [%]	54	12	8	7	4	4	4	3	3	1
Totalherbizid vor Saat (Glyphosat)										
Voraufherbizid gegen zweikeimblättrige Unkräuter (verschiedene Wirkstoffe)										
Nachaufherbizid gegen zweikeimblättrige Unkräuter (Bentazon, z. T. + Pendimethalin)										
Nachaufherbizid gegen Ungräser (verschiedene Wirkstoffe)										
Striegel										
Keine Maßnahmen										

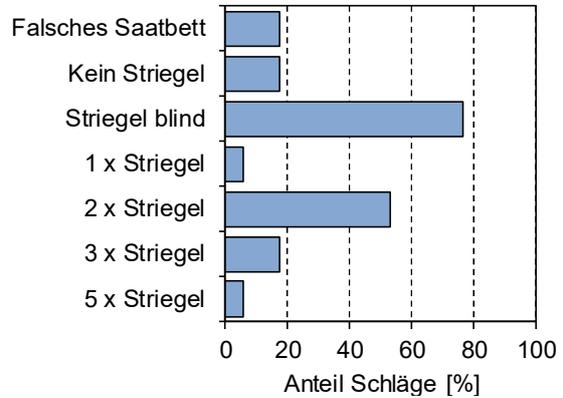
Ökologisch

Auf den 17 ökologisch bewirtschafteten Erbsenschlägen wurde vor allem der Striegel zur mechanischen Unkrautregulierung eingesetzt. In einigen Fällen wurde aber auch vor der Saat das „Falsche Saatbett“ angewendet. Maschinenhacken kamen nicht zum Einsatz. Bei ca. einem Fünftel der Schläge wurden keine direkten Unkrautregulierungsmaßnahmen durchgeführt.

Bei geeigneten Boden- und Witterungsbedingungen kann vor der Erbsensaat die Maßnahme „Falsches Saatbett“ eingesetzt werden. Hierbei wird relativ frühzeitig ein Saatbett bereitet, das nach beginnendem Keimungsprozess der Unkräuter erneut flach bearbeitet wird. Bei 18 % der untersuchten Öko-Erbsenbestände wurde diese Maßnahme durchgeführt. Auswirkungen auf den Unkrautdeckungsgrad konnten aufgrund der wenigen Fälle nicht ermittelt werden.

Zwischen Saat und Auflaufen der Erbse wurden 77 % der Erbsenschläge einmal

gestriegelt (**Blindstriegeln**). Eine Abschätzung der Wirksamkeit war im Rahmen der Untersuchung nicht möglich.



Mechanische Unkrautregulierung, Anteil der Öko-Erbsenbestände je Maßnahme [%]

Die Häufigkeit der **Striegeleinsätze** variierte von einem bis zu fünf Durchgängen. Am häufigsten wurde zwei- bis dreimal gestriegelt (70 %). Da im Rahmen der Praxisuntersuchungen keine Vergleiche mit unbearbeiteten Flächen durchgeführt werden konnten, sind Rückschlüsse über die Effektivität der Maßnahmen nicht möglich.



Links: frisch erfolgreich gestriegelter Bestand; Mitte: durch Striegeln leicht verschüttete Erbsenpflanzen – unproblematisch; rechts: für ein effektives Striegeln zu spät

Welche Faktoren beeinflussen den Unkrautdruck?

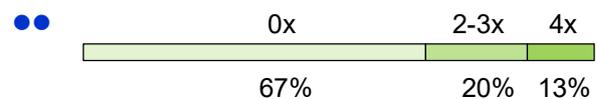
Trotz der großen Unterschiede bei der Intensität der direkten mechanischen Unkrautregulierung waren Effekte der Regulierungsintensität auf den Unkrautdeckungsgrad zum Ende der Erbsenblüte nicht nachzuweisen.

Es steht außer Frage, dass mit Striegel und falschem Saatbett eine deutliche Reduzierung der Verunkrautung möglich ist. Verschiedene Gründe können dafür verantwortlich sein, dass dieser Effekt in der vorliegenden Untersuchung nicht nachweisbar war. Zum einen hängt die Wirksamkeit jeder einzelnen Maßnahme von vielen Faktoren ab, z. B. vom aktuellen Bodenzustand, vom Gerätezustand und den Geräteeinstellungen, von der Qualität der Durchführung sowie von der folgenden Witterung. Diese Faktoren konnten im vorliegenden Projekt nicht erfasst werden. Zum anderen spielt der jeweilige Unkrautdruck einer Fläche eine große Rolle. So kann eine niedrige Regulierungsintensität bei geringem Unkrautdruck zu ähnlichem Unkrautdeckungsgrad führen wie eine hohe Intensität bei starkem Unkrautdruck. Bei

Beständen mit geringem Unkrautdeckungsgrad kann es sein, dass die Betriebe das Striegeln in Abhängigkeit vom Unkrautdruck schlagspezifisch in der richtigen Intensität durchgeführt haben.

Vor diesem Hintergrund muss trotz der Auswertungsergebnisse auf die große Bedeutung einer funktionierenden direkten Unkrautregulierung beim ökologischen bzw. herbizidlosen Erbsenanbau hingewiesen werden.

Im Gegensatz zur kurzfristigen Unkrautregulierung hatte die **langfristige Intensität der Regulierungsmaßnahmen** einen Einfluss auf den Unkrautdruck. Schläge von Betrieben mit Hackfrüchten bzw. mit einer hohen mittleren Anzahl von Hackdurchgängen bei diesen Hackfrüchten wiesen im Mittel geringere Unkrautdeckungsgrade auf.



Langjährig mittlere Anzahl Hackdurchgänge bei Hackfrüchten

Ungeprüfte mögliche Faktoren des Unkrautdeckungsgrads

Im Projekt konnten nicht alle möglichen Einflüsse auf den Unkrautdeckungsgrad untersucht werden. Im Folgenden werden einzelne Faktoren aufgeführt, die zusätzlich eine Rolle bei der Entwicklung der Verunkrautung gespielt haben könnten oder bei denen Einschränkungen in der Genauigkeit hätten gemacht werden müssen:

- Nicht alle **Standortbesonderheiten** konnten durch die Untersuchungen genau ermittelt werden; z. B. Witterungsdaten nicht vom Schlag, sondern von der jeweils nächstgelegenen Wetterstation, spezielle Unterbodenbedingungen, Besonderheit in der

Vorgeschichte, die nicht aufgezeichnet wurden.

- Die **langjährige Bewirtschaftung** spielt für die Entwicklung des Unkrautdrucks und damit auch für den aktuellen Unkrautdeckungsgrad eine wichtige Rolle. Im Projekt konnte die 11-jährige Anbaugeschichte der untersuchten Schläge zwar berücksichtigt werden. Allerdings lagen weder Angaben zum Zustand der angebauten Haupt- und Zwischenfrüchte (z. B. Unkrautunterdrückung, aussamende Unkräuter, etc.) noch zur Qualität der

organischen Düngemittel vor (Unkrautbesatz, Unkrautimport). Diese Gründe können mit dafür verantwortlich sein, dass in dieser Untersuchung kaum Unkrautfaktoren aus dem Bereich der langfristigen Bewirtschaftung gefunden wurden.

- **Qualität der Bodenbearbeitung:** Von der Grundbodenbearbeitung bis zur Saatbettbereitung spielen der jeweilige Bodenzustand, die Qualität der Durchführung und die Wachstumsstadien der vorhandenen Unkräuter für die unkrautunterdrückende Wirkung eine große Rolle. Eine Erfassung dieser Bedingungen war nicht möglich.
- Die eingesetzte **Saattechnik** und die **Qualität der Aussaat** können einen deutlichen Einfluss auf die Bestandesentwicklung und damit auch auf die Verunkrautung haben. Es konnte im Rahmen des Projekts jedoch nur abgefragt werden, welche Saattiefe angestrebt wurde.

- Die **Wirksamkeit von Herbizidanwendungen** kann z. B. erheblich durch die Geräteeinstellungen, den Düsenzustand, die Witterung und die Durchführung beeinflusst werden. Eine detaillierte Erfassung dieser Faktoren war nicht möglich.

- Die **Wirksamkeit der Maßnahmen zur mechanischen Unkrautregulierung** hängt u. a. stark von dem Gerätezustand, den Einstellungen, dem Bodenzustand, der Durchführung und der folgenden Witterung ab. Eine detaillierte Erfassung dieser Faktoren war nicht möglich.

Es ist in jedem Fall wichtig, neben den in diesem Projekt ermittelten wesentlichen Faktoren des Unkrautdeckungsgrades auch die Hinweise und Tipps der vielfältig verfügbaren Anbauanleitungen zu berücksichtigen.

Welche Bedingungen hatten keinen nachweisbaren Einfluss auf das Unkraut?

Bei der Untersuchung des Unkrautdeckungsgrads war eine so klare Zuordnung und Quantifizierung einzelner Faktoren wie beim Ertrag nicht möglich. Deshalb können an

dieser Stelle keine Standorteigenschaften oder Bewirtschaftungsmaßnahmen genannt werden, die mit großer Sicherheit keinen Einfluss auf den Unkrautdeckungsgrad hatten.

Welche Faktoren beeinflussen den Proteingehalt?

Inhalt des Kapitels:

Details zum Proteingehalt	87
Übersicht: Wesentliche Faktoren des Proteingehalts.....	88
Weitere Faktoren des Proteingehalts	89
Details zu Faktoren des Proteingehalts.....	89
Knöllchenbesatz an den Wurzeln	89
Boden	92
Blattrandkäferschäden	93
Erbsenanbau in der Schlaggeschichte	93
Sortenpotential.....	94
Ungeprüfte mögliche Faktoren des Proteingehalts	96
Welche Bedingungen hatten keinen nachweisbaren Einfluss auf den Proteingehalt?	96
Proteinertrag	97

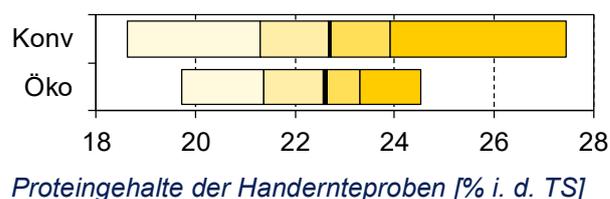
Details zum Proteingehalt

Für die Bestimmung des Rohproteingehaltes wurden die per Hand an den Messparzellen geernteten Proben verwendet. Alle Proben wurden von einem Labor in einer Charge mit identischer Methodik analysiert. Das Risiko methodischer Unterschiede bei den Proteingehalten war somit sehr gering.

Die nach der Kjeldahl-Methode ermittelten und auf die Trockensubstanz bezogenen Proteingehalte der Ernteproben variierten in einem weiten Bereich von unter 19 % bis fast 29 %. Im Durchschnitt wurden 22,6 % erreicht. Weder in der Spannweite noch im Median waren deutliche Unterschiede zwischen konventioneller und ökologischer Bewirtschaftung zu erkennen.

Beim Proteingehalt wirkten die Faktoren auf den konventionell und ökologisch bewirtschafteten Schlägen sehr ähnlich. Deshalb wurden sie gemeinsam ausgewertet. Berücksichtigt wurden 74 konventionelle und 17 ökologische Erbsenbestände.

Mit den im Folgenden dargestellten sieben wichtigsten Faktoren konnten 63 % der Proteingehaltsunterschiede erklärt werden.



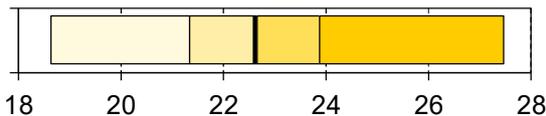
Übersicht: Wesentliche Faktoren des Proteingehalts

Die Faktoren sind nach Ihrer Bedeutung für den Proteingehalt sortiert. Details finden sich auf den genannten Seiten.

Die Farben der Balken weisen auf den Zusammenhang mit dem Proteingehalt hin:

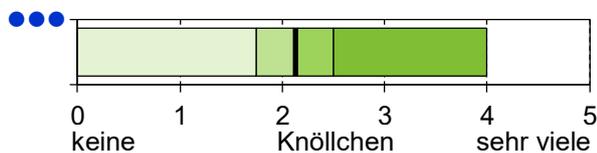
grün: hohe Werte des Faktors → hohe Proteingehalte

rot: hohe Werte des Faktors → niedrige Proteingehalte



Proteingehalt [% i. d. TS]

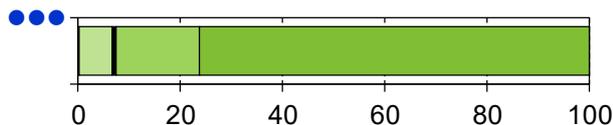
S. 87



Knöllchen, Gesamtbesatz Ende Blüte (Boniturnote 0-5):

Ø ca. **+1,0 Prozentpunkte pro Boniturnote** (Effekt ab Note 1)

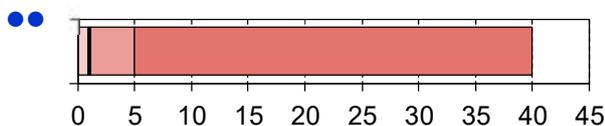
S. 89



Aktive Knöllchen, Ende Blüte [%]:

Ø ca. **+0,4 Prozentpunkte pro 10 %** (Effekt bis 40 %)

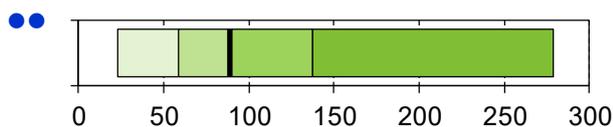
S. 89



Steinanteil im Boden, 0-20 cm [%]:

Ø ca. **-0,7 Prozentpunkte pro 10 %**

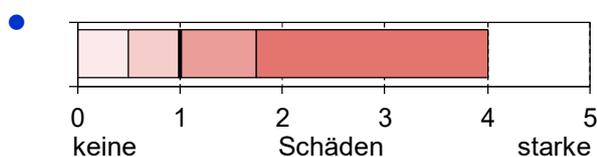
S. 92



N_{min}, Frühjahr vor der Saat, 0-90 cm [kg/ha]:

Ø ca. **+0,1 Prozentpunkte pro 10 kg/ha**

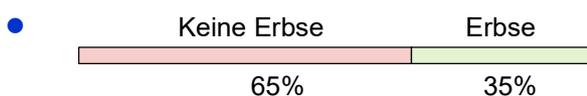
S. 92



Blattrandkäferschäden, am Spross, 2-8-Blattstadium (Boniturnote 0-5):

Ø ca. **-0,6 Prozentpunkte pro Boniturnote**

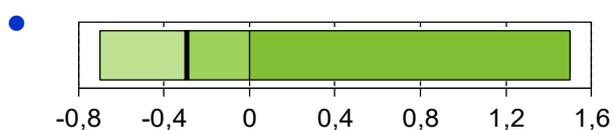
S. 93



Erbsenanbau, in 11 Jahren vorher:

Ø ca. **+0,9 Prozentpunkte bei Erbsenanbau vorher**

S. 93



Sortenpotential Protein, Unterschied zur Sorte 'Astronaut' (Median deutscher Sortenversuche 2016-2019: 23,7 i. d. TS):

Ø ca. **+1,1 Prozentpunkte pro +1 %**

S. 94

Weitere Faktoren des Proteingehalts

Die folgenden Faktoren spielten nur bei wenigen Beständen eine Rolle oder hatten einen relativ geringen Effekt auf den Proteingehalt:

- Wie beim Ertrag spielte auch beim Proteingehalt in den Jahren 2016 bis 2019 die **Wasserversorgung** eine Rolle. Sowohl die Bodenwassermenge im Frühjahr als auch die Niederschlagsmenge in der Vegetationszeit der Erbse wiesen im Mittel einen leicht
- positiven Zusammenhang mit dem Proteingehalt auf. Der Effekt war aber deutlich schwächer ausgeprägt als beim Ertrag (S. 46).
- Ein hoher **Unkrautdeckungsgrad** zum Ende der Erbsenblüte war häufig mit etwas geringeren Proteingehalten verbunden (S. 68).

Details zu Faktoren des Proteingehalts

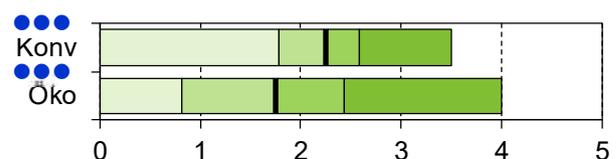
Knöllchenbesatz an den Wurzeln

Zum Ende der Erbsenblüte wurden bei der Wurzelbonitur der Besatz mit Knöllchen und der Anteil aktiver Knöllchen bonitiert. Da bei der Erbse die Knöllchen sehr klein und über das ganze Wurzelsystem verteilt sind und auch leicht abreißen, kann die Beurteilung ausgegrabener Wurzeln nur einen groben Anhaltspunkt über den tatsächlichen Besatz geben. Während beim Ertrag kein deutlicher Einfluss des Knöllchenbesatzes festgestellt wurde, war dieser beim Proteingehalt klar zu erkennen. Auch bei den Körnerleguminosen Blaue Lupine und Sojabohne wurde in vergleichbaren Untersuchungen ein Einfluss auf den Proteingehalt gefunden.

Gesamtknöllchenbesatz

Beim Gesamtknöllchenbesatz werden sowohl die aktiven als auch die zum Zeitpunkt der Bonitur nicht aktiven oder geschädigten Knöllchen gewertet. Bei einer Boniturskala von 0 bis 5 variierte der Gesamtknöllchenbesatz von 0 bis 4. Zwischen konventioneller und ökologischer Bewirtschaftung war kein Unterschied nachweisbar.

Im Durchschnitt erhöhte sich der Proteingehalt ab einer Knöllchen-Boniturnote von 1 **mit jeder Boniturnote um 1 Prozentpunkt.**



Gesamtknöllchenbesatz am Ende der Erbsenblüte (Boniturnoten 0-5)

Ackerbauliche Ergebnisse / Details zur Sommererbse in Reinsaat

Faktoren für einen hohen Knöllchenbesatz waren:

- Geringer zeitlicher Abstand zum vorherigen Erbsenanbau
- Hohe Bestandesdichte nach Auflaufen der Erbse (S. 75)
- Keine Wurzelschäden zum Ende der Erbsenblüte (S. 55)
- Kalte Winter vor der Erbsensaat (mittlere Lufttemperatur von November bis März)

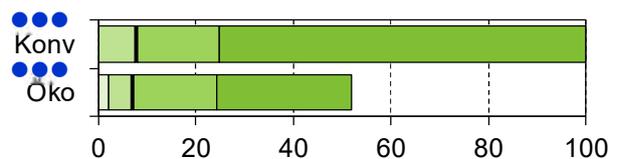
Mit diesen Faktoren konnten allerdings nur 32 % der Variation erklärt werden, d. h. ein Großteil der Einflussfaktoren konnte nicht ermittelt werden.

Besonders interessant ist der Faktor Abstand zum vorherigen Erbsenanbau. Während beim Ertrag ein vorheriger Leguminosenanbau negativ wirkte (S. 51) hat hier der Erbsenanbau einen positiven Effekt. Eine mögliche Erklärung dafür ist ein höherer Besatz mit Knöllchenbakterien im Boden und damit eine höhere Infektionsrate bei geringem zeitlichen Abstand zum vorherigen Erbsenanbau. Auf Flächen ohne Erbsenanbau könnte somit eine Impfung des Saatguts zu höheren Proteingehalten beitragen.

In welcher Form die Faktoren Bestandesdichte und Wintertemperaturen den Knöllchenbesatz beeinflusst haben könnten, muss weiter untersucht werden.

Anteil aktiver Knöllchen

Neben dem Gesamtknöllchenbesatz wurde zum Ende der Erbsenblüte auch der Anteil aktiver Knöllchen geschätzt. Die Spannweite reichte von 0 bis 100 % des Gesamtknöllchenbesatzes und lag im Mittel bei 16 %. Konventionelle und Öko-Bestände unterschieden sich nicht. Zum Ende der Blüte waren somit bei den meisten Beständen schon ein Großteil der Knöllchen abgestorben bzw. inaktiv. Im Durchschnitt erhöhte sich der Proteingehalt um **0,4 Prozentpunkte pro 10 % aktiver Knöllchen**. Dieser Effekt war auf den Bereich 0 bis 40 % aktiver Knöllchen begrenzt. Darüber hinaus war kein Einfluss auf den Proteingehalt erkennbar.



Anteil aktiver Knöllchen am Ende der Erbsenblüte [%]

Bekanntermaßen stellen die Erbsen die Stickstofffixierung mit Beginn der Hülsenbildungsphase weitgehend ein. Ein großer Anteil inaktiver Knöllchen zum Ende der Blüte kann somit zum Teil mit physiologischen Prozessen der Erbse zusammenhängen. Beobachtet wurden jedoch auch ausgefressene – wahrscheinlich durch Blattrandkäferlarven – und durch Wurzelschädigungen betroffene Knöllchen.



Gesunde Erbsenwurzel mit Knöllchen

Welche Faktoren beeinflussen den Proteingehalt?

Faktoren für einen hohen Anteil aktiver Knöllchen waren:

- Geringe Temperatursumme von Saat bis zum Ende der Erbsenblüte
- Kalte Winter vor der Erbsensaart (mittlere Lufttemperatur von November bis Januar)
- Hohe Wasserversorgung bis zur Erbsenblüte, besonders in den 4 Wochen nach der Erbsensaart

Mit diesen Faktoren konnten allerdings nur 36 % der Variation erklärt werden, d. h. ein Großteil der Einflussfaktoren konnte nicht ermittelt werden.

Die Knöllchen an den Erbsenwurzeln werden wie bei allen Leguminosen durch die Infektion mit Knöllchenbakterien hervorgerufen. Die Fixierung von Luftstickstoff in diesen Knöllchen ist die wesentliche Grundlage für die Stickstoffversorgung der Erbse. Der gefundene Zusammenhang zwischen Knöllchenbesatz und Proteingehalt ist somit sehr plausibel.



Links: rötlich durchscheinende, aktive Erbsenknöllchen;

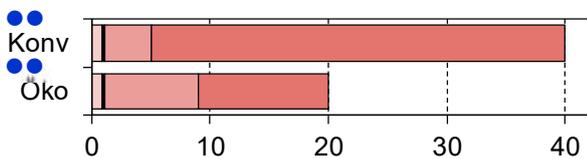
Mitte: Bereich einer Erbsenwurzel mit hohem Besatz an aktiven Knöllchen;

rechts: ein aktives und mehrere inaktive Knöllchen (braun) sowie eine Blattrandkäferlarve

Boden

Steinanteil

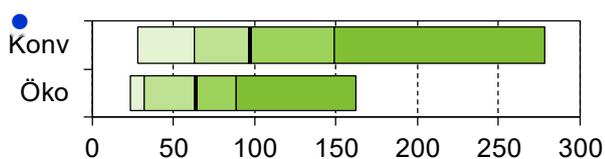
Der Steinanteil im Oberboden wurde nur bei wenigen Untersuchungsschlägen auf über 5 % geschätzt, maximal erreichte er 40 %. Im Durchschnitt sank der Proteingehalt um ca. **0,7 Prozentpunkte pro 10 % Steinanteil**. Eine schlüssige Erklärung für einen kausalen Zusammenhang konnte bisher nicht gefunden werden.



Steinanteil im Boden 0-20 cm [%]

N_{min} im Frühjahr

Ab 2017 wurden im Frühjahr vor der Erbsensaart die Messbereiche der Untersuchungsschläge bis 90 cm Tiefe auf N_{min} und Wassergehalt beprobt. Die gemessenen N_{min}-Mengen lagen in einem Bereich von 23 bis fast 280 kg/ha. Bei konventioneller Bewirtschaftung lagen sie mit durchschnittlich 113 kg/ha deutlich höher als auf den Öko-Schlägen mit 66 kg/ha. Diese Differenz ist hauptsächlich auf Unterschiede in den Standortbedingungen und den geringen Anbau von Hackfrüchten auf den Öko-Schlägen zurückzuführen (siehe unten).



N_{min}-Menge in 0-90 cm im Frühjahr vor der Erbsensaart [kg/ha]

Im Durchschnitt war der Proteingehalt ca. **0,1 Prozentpunkte höher pro 10 kg/ha N_{min}**. Dieser Zusammenhang war bis zu einer N_{min}-Menge von 100 kg/ha deutlich stärker ausgeprägt als darüber. Ein positiver Effekt einer höheren Stickstoffversorgung aus dem Boden auf den Proteingehalt scheint plausibel zu sein – vor allem bei geringem Knöllchenbesatz oder geschädigten Wurzeln. Bei der Blauen Lupine zeigte sich dieser Effekt jedoch nicht und bei der Sojabohne wurde sogar ein negativer Effekt festgestellt.

Als Faktoren für eine hohe N_{min}-Menge im Boden konnten die folgenden ermittelt werden:

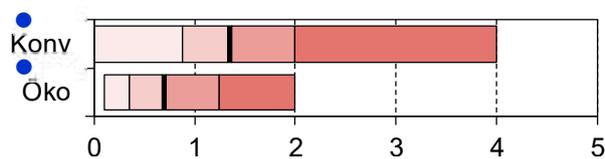
- Wenig Niederschläge im vorherigen Herbst (September bis November)
- Kartoffeln, Zuckerrüben oder Möhren als Vorfrucht
- Hoher Anteil an Hackfrüchten in den 5 Jahren vor dem Erbsenanbau
- Hoher Gehalt an Gesamtstickstoff im Boden
- Geringer Sandgehalt des Bodens

Mit diesen Faktoren konnten ca. 51 % der Streuung erklärt werden. Bei Berücksichtigung dieser Faktoren war ein Unterschied zwischen konventionell und ökologisch nicht mehr absicherbar.

Blattrandkäferschäden

Der Gestreifte Blattrandkäfer (*Sitona lineatus* L.) kann ab dem Auflaufen der Erbse in die Bestände einwandern und mit seinem charakteristischen Buchtenfraß am Blatt beginnen. In den Untersuchungsbeständen wurden Schäden durch Blattrandkäfer am Spross im 2- bis 8-Blattstadium bonitiert. Zum zweiten Boniturtermin, Ende der Erbsenblüte, spielten Blattrandkäferschäden keine Rolle.

Im Durchschnitt war der Proteingehalt um ca. **0,6 Prozentpunkte pro Boniturnote** niedriger (Boniturnoten 0-5). Nach derzeitigem Erkenntnisstand ist es unwahrscheinlich, dass die Schäden am Spross selbst einen großen Einfluss auf den Proteingehalt hatten. Das Ausmaß der Fraßsymptome an den Blättern könnte jedoch im Zusammenhang mit den später durch die Käferlarven verursachten Schäden an den Knöllchen stehen.



Schäden am Erbsenspross durch Blattrandkäfer im 2-8-Blattstadium (Boniturnoten 0-5)

Im 2- bis 8-Blattstadium variierte das Ausmaß der Sprossschäden in einem weiten Bereich, war aber in den meisten Fällen gering. Die Unterschiede zwischen konventioneller und ökologischer Bewirtschaftung sind wahrscheinlich vor allem auf Standortunterschiede zurückzuführen.

Mit den in der Untersuchung erfassten Daten konnten nur Witterungsparameter als Faktoren der Fraßschäden am Spross ausgemacht werden. So traten nach wärmeren Wintern mehr Schäden auf. Bei relativ hohen Niederschlagsmengen zwischen Saat und Bonitur waren die Schäden eher geringer.



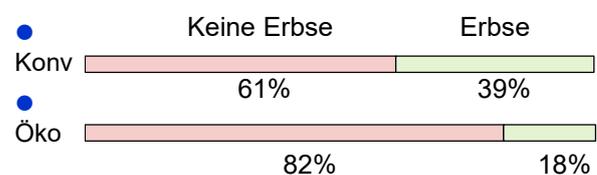
Blattrandkäferfraß an jungen Erbsenpflanzen

Erbsenanbau in der Schlaggeschichte

Auf einem Großteil der untersuchten Schläge wurde seit mindestens 11 Jahren das erste Mal Erbsen angebaut.

Auf Schlägen mit Erbsen in der Anbau-geschichte lag der Proteingehalt im Mittel um ca. **0,9 % höher als ohne Erbsenanbau**. Ein ähnlicher Effekt zeigte sich bei der Knöllchenbonitur (S. 89). Dies könnte ein Hinweis auf

eine bessere Infektion der Erbsenwurzeln mit Knöllchenbakterien nach Erbsenanbau sein.

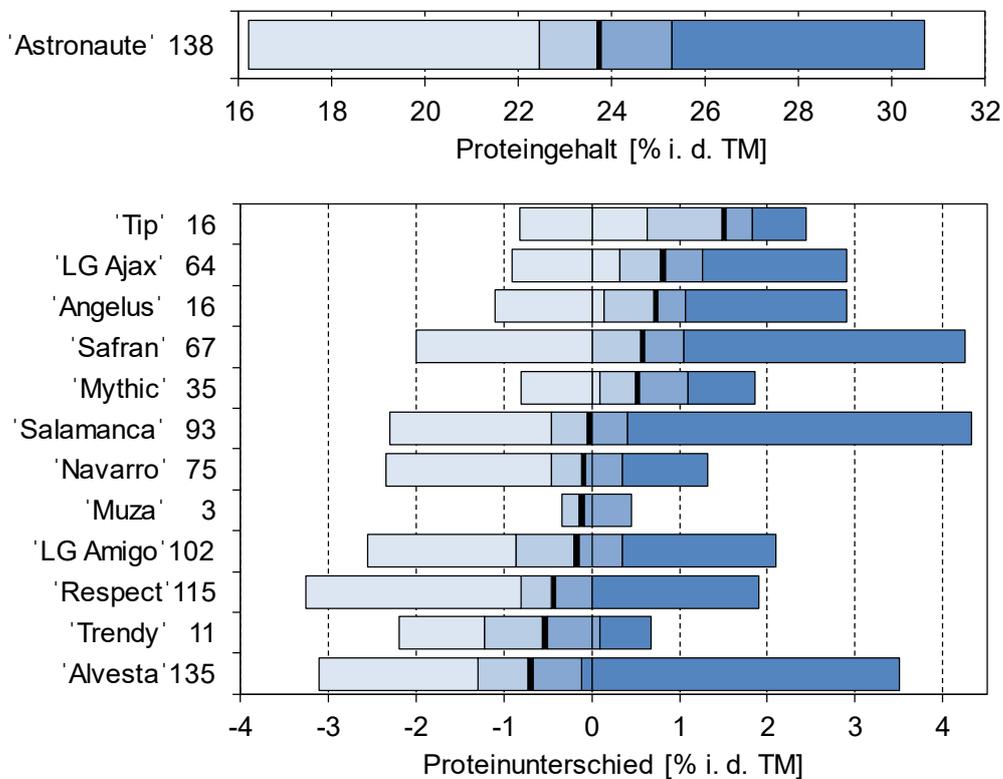


Erbsenanbau in den 11 Jahren vor dem Untersuchungsjahr

Sortenpotential

Insgesamt wurden in den Jahren 2016 bis 2019 auf den Untersuchungsschlägen 8 verschiedene Sorten Sommerkörnererbsen angebaut (S. 66). Um den Sorteneinfluss auf den Proteingehalt zu prüfen, wurden die Ergebnisse von Landessortenversuchen verwendet.

Bei der gemeinsamen Auswertung von 100 konventionellen und 38 ökologischen Landessortenversuchen der Jahre 2016 bis 2019 zeigte sich eine große Streuung der Ergebnisse. Sowohl die absoluten Proteingehalte als auch die Unterschiede zwischen den Sorten variierten je Standort und Jahr in einem weiten Bereich.



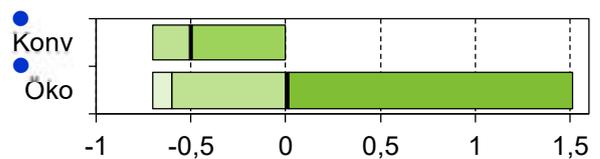
Oben: Proteingehalt (in der Trockenmasse) der Vergleichssorte 'Astronaute' in 138 Landessortenversuchen aus den Jahren 2016 bis 2019;

unten: Proteingehaltsdifferenz verschiedener Erbsensorten zur Sorte 'Astronaute' aus den Jahren 2016 bis 2019;

Anzahl Versuche je Sorte hinter dem Sortennamen

Welche Faktoren beeinflussen den Proteingehalt?

Bei der Auswertung der Proteinergebnisse von den Untersuchungsschlägen wurde geprüft, ob ein Zusammenhang zwischen dem mittleren Sortenpotential (Proteinunterschied zur Sorte 'Astronaute' aus den Sortenversuchen) und den Praxisergebnissen bestand. **Je Prozentpunkt Proteinunterschied in den Versuchen** wurde ein Effekt von **1,1 Prozentpunkten** gefunden. Das heißt, Sorten mit im Versuchsdurchschnitt hohen Proteingehalten zeigten dies auch unter Praxisbedingungen, sogar in etwas größerem Ausmaß.



Sortenpotential Protein [% i. d. TS], mittlerer Unterschied zur Sorte 'Astronaute' (Median deutscher Sortenversuche 2016 bis 2019: 23,7 % i. d. TS)



Links: Erbsenbestand und Erntegut aus 2019, Sorte 'Astronaute', 39 dt/ha, 27 % Protein (i. d. TS);

rechts: Erbsenbestand und Erntegut aus 2019, Sorte 'Alvesta', 40 dt/ha, 20 % Protein (i. d. TS);

Mögliche Gründe für Proteingehaltsunterschied: Sorte, Knöllchenaktivität, N_{min} -Menge und Blattrandkäferschäden (bei diesen Faktoren war links „besser“ als rechts)

Ungeprüfte mögliche Faktoren des Proteingehalts

Mit den durchgeführten Untersuchungen konnten nicht alle möglichen Einflüsse auf den Proteingehalt vollständig abgedeckt werden. Im Folgenden werden einzelne Faktoren aufgeführt, die zusätzlich eine Rolle bei der Entwicklung des Proteingehalts der Erbse gespielt haben könnten oder bei denen Einschränkungen in der Genauigkeit hätten gemacht werden müssen:

- Nicht alle **Standortbesonderheiten** konnten durch die Untersuchungen genau ermittelt werden; z. B. Witterungsdaten (nicht vom Schlag, sondern von der jeweils nächstgelegenen Wetterstation), spezielle Unterbodenbedingungen, Besonderheiten in der Vorgeschichte, die nicht aufgezeichnet wurden. Weiterhin wurden zwar die Gehalte einiger verfügbarer Makro- und Mikronährstoffe im Oberboden untersucht,

das für die Stickstofffixierung der Leguminosen wichtige Molybdän konnte jedoch nicht geprüft werden.

- **Qualität der Bodenbearbeitung:** Von der Grundbodenbearbeitung bis zur Saatbettbereitung spielt der jeweilige Bodenzustand und die Qualität der Durchführung für die resultierende Bodenstruktur und damit auch für die Wachstumsbedingungen und die Proteinbildung eine große Rolle. Eine Erfassung dieser Qualitätsmerkmale war nicht möglich.

Es ist in jedem Fall wichtig, neben den in diesem Projekt ermittelten wesentlichen Faktoren des Proteingehalts der Erbse auch die Hinweise und Tipps der vielfältig verfügbaren Anbauanleitungen zu berücksichtigen (S. 153).

Welche Bedingungen hatten keinen nachweisbaren Einfluss auf den Proteingehalt?

Bei den Untersuchungen wurden einige Parameter aus den Bereichen Standort, Bewirtschaftung und Bestandesentwicklung ermittelt, für die wider Erwarten keine großen Effekte auf den Proteingehalt nachgewiesen werden konnten. Eine Auswahl wird im Folgenden dargestellt. Zwar scheint die Erbse in diesen Bereichen weniger anspruchsvoll zu sein, geringe Effekte auf den Proteingehalt lassen sich jedoch nicht ausschließen.

- Wie beim Ertrag zeigte sich auch beim Proteingehalt kein wesentlicher Einfluss von

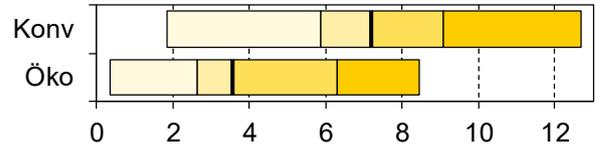
Pflug bzw. **pflugloser Grundbodenbearbeitung** bei den konventionellen Schlägen (68 % Pflug). Die Öko-Schläge wurden alle vor dem Erbsenanbau gepflügt.

- Die untersuchten **Makro-** und **Mikronährstoffe** (P, K, Mg, S, Mn, B, Cu, Zn) im VDLUFA-Versorgungsstufenbereich von B bis E und der **pH-Wert** im Bereich von 5,6 bis 7,5 wiesen keine deutlichen Effekte auf den Proteingehalt auf.

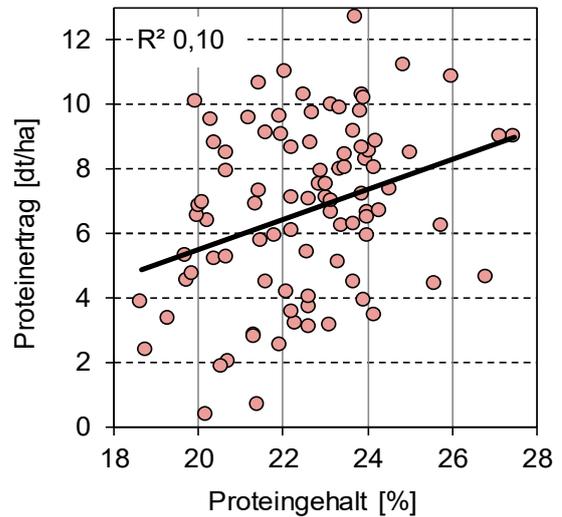
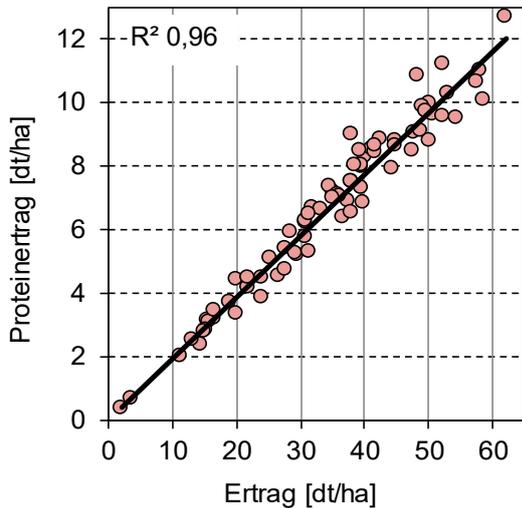
Proteinertrag

Aus dem von den Betrieben ermittelten Erbsenertrag und dem Proteingehalt der Handernteproben wurde der Proteinertrag pro Hektar errechnet. Im Mittel war dieser bei den Öko-Beständen deutlich niedriger als bei den konventionellen.

Die Streubreite im Proteinertrag wurde vor allem durch die Ertragsunterschiede und nur in geringem Maße durch die Variation der Proteingehalte verursacht. Für einen hohen Proteinertrag ist somit in erster Linie ein hoher Kornertrag ausschlaggebend.



Proteinertrag [dt/ha], berechnet aus dem vom Betrieb ermittelten Ertrag und dem Messpunkt-Proteingehalt



Zusammenhang von Proteinertrag und Ertrag (vom Betriebsleiter ermittelt, 86 % TS) bzw. Proteingehalt (aus Handernteproben, % i. d. TS)



Bestand mit dem höchsten Proteinertrag, Jahr 2016, 62 dt/ha Ertrag, 12,7 dt Protein/ha, Sortenmischung aus 'Alvesta', 'Salamanca' und 'Rocket'

Sommererbse im Gemenge

Vor allem im Ökolandbau wird für Körnererbsen und Ackerbohnen neben dem Reinanbau auch der Gemengeanbau z. B. mit Getreide empfohlen. Als positive Effekte eines solchen Gemengeanbaus werden u. a. ein Risikoausgleich durch den Anbau verschiedener Arten, die Nutzung von Bodenstickstoff durch den Getreidepartner und eine bessere Unkrautunterdrückung genannt.

Nur auf 12 % der Untersuchungsschläge wurden Gemenge angebaut. Der Anbau unterschied sich kaum vom reinen Erbsenanbau. Nur bei einem Viertel der Gemenge wurden die beiden Partner in unterschiedlichen Arbeitsgängen ausgesät. In den Öko-Beständen wurden bei Gemengen im Mittel weniger Striegeldurchgänge durchgeführt.

Konventionelle Bestände

Von den 76 konventionellen Untersuchungsschlägen mit Sommerkörnererbsen wurden nur auf dreien Gemenge angebaut – zweimal mit Sommergerste (ca. 90 % Erbse im Ertrag)

und einmal mit Leindotter (ca. 75 % Erbse im Ertrag). Die Gesamterträge lagen bei den Gerstengemengen jeweils auf dem Niveau, das nach den Faktoren auf Seite 39 für einen reinen Erbsenbestand zu erwarten war. Dasselbe gilt für den geringen Erbsenertrag im Gemenge mit Leindotter. Zusammen mit dem Leindotter war der Ertrag etwas höher als für reine Erbse erwartet. Eine weitere Auswertung war aufgrund der wenigen Fälle nicht möglich.

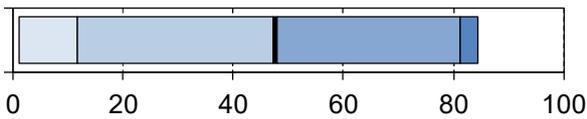
Ökologische Bestände

Bei den Öko-Beständen wurde in acht von 23 Fällen die Sommerkörnererbse im Gemenge angebaut. Fünfmal mit Hafer, zweimal mit Leindotter und einmal mit Sommerweizen. Für grundsätzliche Aussagen zum Gemengeanbau sind das allerdings zu wenig Fälle. Trotzdem sollen die Untersuchungsergebnisse als Beispiele hier kurz vorgestellt und diskutiert werden.



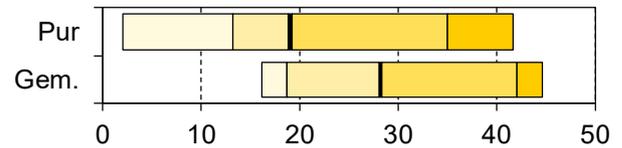
Konventionelle Erbsengemenge: links mit Sommergerste, rechts mit Leindotter

Die große Spannweite des **Erbsenanteils** im Erntegut lässt sich nur in geringem Maß auf die Anteile der Gemengepartner an der Saatgutmenge zurückführen. Das liegt zum Teil an den unvollständigen bzw. ungenauen Betriebsangaben zu den Aussaatmengen. Ein klarer Zusammenhang besteht jedoch zwischen dem Verhältnis von Erbsentrieben zu Gemengepartner-Pflanzen und den Erntemengenanteilen. Zudem entwickelten sich auf Böden mit höherer Wasserhaltefähigkeit oft Bestände mit höherem Erbsenanteil. Der Erbsenanteil hatte keinen erkennbaren Einfluss auf den Gesamtertrag. Erträge des Gemengepartners über 10 dt/ha traten nur beim Anbau mit Hafer auf.

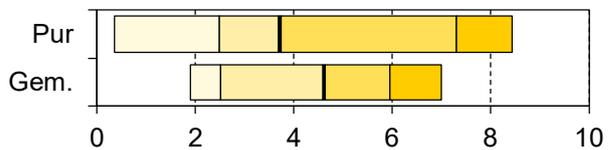


Anteil Erbsen im Erntegut der ökologisch angebauten Gemenge [%]

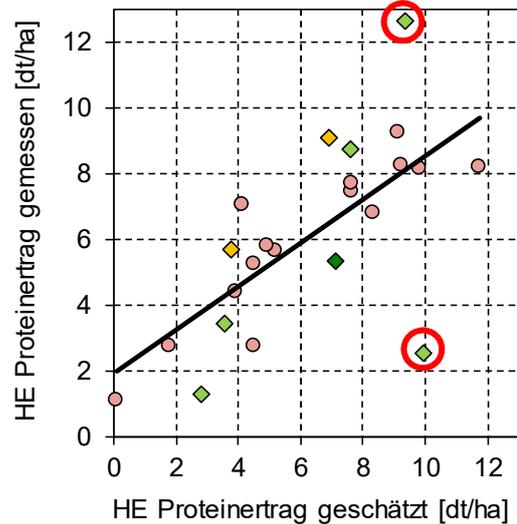
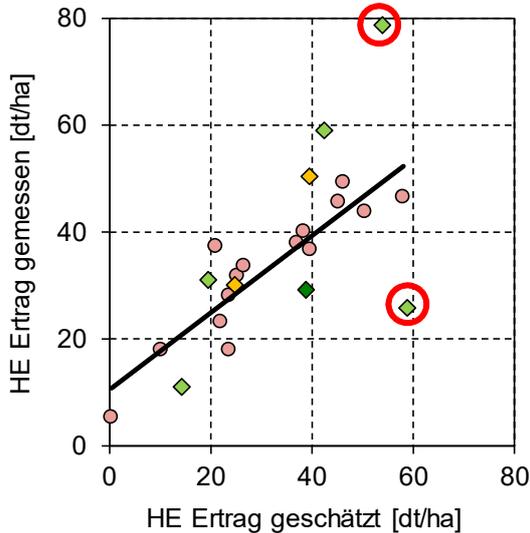
Vergleicht man die Gesamterträge der Gemenge mit denen der pur angebauten Öko-Erbsen schienen die Gemengeerträge etwas höher auszufallen. Beim Proteinertrag war der Unterschied geringer.



Gesamtertrag der Öko-Erbsenbestände, in Reinsaat (pur) und im Gemenge [dt/ha, 86 % TS]



Gesamtproteintrag der Öko-Erbsenbestände, in Reinsaat (pur) und im Gemenge [dt/ha]



○ Pur ◆ + Hafer ◆ + SWeizen ◆ + LDotter — Linear (Pur)

Zusammenhang von geschätztem Gesamtkornertrag (86 % TS) und geschätztem Proteinertrag (nach den Faktoren auf Seite 41 mit einer multiplen Regression geschätzte Werte) mit den bei der Handernte (HE) ermittelten Werten der Öko-Gemenge; bitte beachten: die Handerntewerte liegen im Mittel ca. 30 % über den Praxiswerten (Druschertrag); bis auf die rot markierten Ausreißer liegen die Gemengewerte im Bereich der Reinbestände (Erläuterung im Text).

Ackerbauliche Ergebnisse / Sommererbse im Gemenge

Vergleicht man den Gesamtertrag und Proteinertrag unter Berücksichtigung der auf Seite 41 genannten Faktoren des Erbsenertrags, lagen die meisten Gemengeerträge im Bereich der Reinsaaten (siehe Punktgrafiken). Das bedeutet, dass bei ähnlichen Bedingungen – z. B. Unkrautdruck, Bestandeshomogenität und Wasserversorgung – die Erträge von Reinsaaten und Gemengen auf ähnlichem Niveau lagen. Unterschiede in der Intensität der Verunkrautung zwischen Gemenge und Reinsaat waren bei den untersuchten Beständen nicht erkennbar.

Die in den Punktgrafiken **rot markierten Ausreißer** waren zwei Hafer-Erbsengemenge von einem Betrieb. Beide wurden nach im Frühjahr beerntetem Grünroggen angebaut. Der Bestand mit dem unerwartet niedrigen Ertrag wurde 2017 erst Ende Mai gesät (21 Erbsen/m² und 330 Haferkörner/m²). Der Ertrag bestand aus fast reinem Hafer mit nur 5 % Erbsen. Der andere Fall wies im Vergleich zu dem nach den Faktoren geschätzten Wert einen hohen Ertrag auf. Der Praxisertrag lag mit

44 dt/ha auch im Vergleich zu allen Öko-Erbsenbeständen auf sehr hohem Niveau. Der Bestand wurde Mitte April 2018 mit geändertem Aussaatverhältnis gesät (83 Erbsen/m² und 180 Haferkörner/m²). Das Erntegut bestand zu ca. 46 % aus Erbsen. Dieses Beispiel zeigt, dass bei günstigen Bedingungen mit dem Gemengeanbau überdurchschnittliche Erträge erzielt werden können.

Insgesamt können aus den Untersuchungsbeispielen praktischer Erbsengemenge jedoch keine deutlich positiven Effekte des Gemengeanbaus auf Korn- und Proteinertrag sowie den Unkrautdruck abgeleitet werden.

Bei der Betrachtung weiterer **Forschungsergebnisse** ergibt sich kein eindeutiges Bild. Es gibt sowohl Studien, bei denen die Reinsaaten besser bewertet werden, als auch Untersuchungen, in denen Gemenge höhere Erträge erzielten. Die Mehrzahl der Ergebnisse weist jedoch auf einen häufig geringeren Unkrautdruck in Gemengen hin.



Ökologische Erbsengemenge: links mit Hafer, rechts mit Lein dotter

Die wichtigsten Einflussfaktoren im Detail: Wintererbsengemenge

Inhalt des Kapitels:

Welche Faktoren beeinflussten den Ertrag?.....	102
Details zum Ertrag	103
Übersicht: Wesentliche Faktoren des Gesamtertrags	104
Details zu den Ertragsfaktoren	105
Witterung.....	105
Bestandeszusammensetzung	106
Lager des Bestandes zur Ernte.....	109
Knöllchenbesatz der Erbsenwurzeln.....	110
Tiefgründigkeit des Bodens	111
Vorfrucht.....	111
Welche Faktoren beeinflussen Proteingehalt und Proteinertrag.....	112
Proteingehalt	112
Proteinertrag	113



Wintererbse 'EFB 33' im Gemenge mit Triticale, 16 Erbsentriebe/m² und 200 Triticaleähren/m²

Ackerbauliche Ergebnisse / Details zu Wintererbsengemengen

Neben Sommerkörnererbsen konnten in den Jahren 2016 bis 2019 35 Bestände mit Wintererbsen geprüft werden. Davon wurden 29 Schläge ökologisch und 6 konventionell bewirtschaftet. Alle Öko-Bestände und 3 konventionelle waren Gemenge von Wintererbsen mit Wintergetreide. Nur auf einem Betrieb (konventionell) und in 3 Jahren wurden Wintererbsen in Reinsaat angebaut. Für eine Auswertung der Reinsaaten war die Anzahl Fälle zu gering. Einzelne Ergebnisse werden aber am Rande mit erwähnt.

Da ein konventionelles Gemenge auswinterte, standen für die gemeinsame Auswertung insgesamt 29 Öko- und 2 konventionelle Wintererbsengemenge zur Verfügung.

Bei den Gemengen variierten sowohl die Getreideart – 1 x Winterweizen, 9 x Winterroggen und 21 x Triticale – als auch die Wintererbsensorten (Tabelle). Eine Prüfung des Sorteneinflusses bei den untersuchten Beständen war nicht möglich, da die Basis an vergleichenden Sortenuntersuchungen bei Wintererbsen noch zu gering ist.

In den untersuchten Gemengen angebaute Wintererbsensorten

Sorte	Anzahl Bestände
'EFB 33'	8
'EFB 33'+ 'Pandora'	4
'Karolina'	5
'Nischkes'	3
'Specter'	3
'Pandora'	2
'Pandora'+ 'Specter'	1
'Dexter'	2
'Szarvasi Andrea'	1
'Flokön'	1
unbekannt	1

In den folgenden Kapiteln werden Details zum **Ertrag** – mit besonderem Focus auf die Bestandeszusammensetzung –, zum **Protein-gehalt** und **-ertrag** sowie zu deren Einflussfaktoren auf den untersuchten Wintererbsenschlägen dargestellt.

Die Einschränkungen hinsichtlich nicht geprüfter Faktoren entspricht denen bei der Sommererbse (S. 63).

Welche Faktoren beeinflussen den Ertrag?

Mit den auf Seite 104 dargestellten sechs wichtigsten Ertragsfaktoren konnten 72 % der Ertragsunterschiede erklärt werden. Im Vergleich zur Sommererbsenreinsaat unterschieden sich die Faktoren der Wintererbsengemenge grundsätzlich. Für gut absicherbare Aussagen ist die Anzahl untersuchter Bestände allerdings noch zu gering. Da jedoch

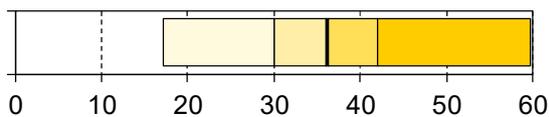
zum Wintererbsenanbau insgesamt relativ wenig Forschungsergebnisse vorliegen, können die hier vorgestellten Resultate wichtige Anhaltspunkte liefern.

Alle dargestellten Ertragszahlen beziehen sich auf die Praxis-Druscherträge – wenn nicht ausdrücklich anders benannt.

Details zum Ertrag

Auf einem konventionellen Betrieb wurde von 2017 bis 2019 jedes Jahr die Wintererbse 'James' in **Reinsaat** angebaut. Auf schwerem Boden, bei sojageeignetem Klima und Beregnungsmöglichkeit wurden Erbsenerträge von 41 bis 60 dt/ha erreicht. Das sind ca. 10 dt/ha mehr als der mittlere konventionelle Ertrag der Sommererbsenschläge. Aufgrund der wenigen Fälle konnten diese drei Reinsaatbestände nicht in die weiteren Auswertungen einbezogen werden.

Die untersuchten **Wintererbsen-Getreidegemenge** brachten im Mittel einen Gesamtertrag von 36 dt/ha. Das sind 6 dt/ha mehr als der Durchschnitt der untersuchten Öko-Gemenge mit Sommererbsen. Allerdings waren die Standortbedingungen sehr unterschiedlich und es lagen für die Sommererbsengemenge nur wenige Vergleichsfälle vor. Der höchste Ertrag, der bei den untersuchten Wintererbsengemengen in den Jahren 2016 bis 2019 erreicht wurde, lag bei 60 dt/ha. Dieses Ergebnis zeigt das Ertragspotential, das unter den gegebenen Standortbedingungen in der Praxis erreichbar ist.



Gesamtertrag der untersuchten Wintererbsengemenge [dt/ha, 14 % Feuchte], vom Betrieb ermittelt

Komponenten des Ertrags

Die Ertragskomponenten der Gemenge wurden getrennt für die Erbsen und das Getreide untersucht.

Der **Erbsenertrag** pro Fläche lässt sich in die Ertragskomponenten

- Pflanzen bzw. Triebe/m²,
- Hülsen pro Trieb,
- Körner pro Hülse und
- Tausendkorngewicht

aufteilen. Da Erbsen sich z. T. noch im Boden verzweigen, wurde die Bestandesdichte zum Ende der Erbsenblüte und zur Ernte als hülsentragende Triebe/m² definiert.

Bei den untersuchten Erbsenerträgen hatten die beiden Komponenten Hülsen pro Trieb und Körner pro Hülse den größten Einfluss auf den Ertrag. Der Einfluss der Bestandesdichte war hingegen gering und das Tausendkorngewicht hatte keinen erkennbaren Einfluss auf den Ertrag.

Beim **Getreideertrag** wurde nur die Ertragskomponente Ähren/m² ermittelt. Diese Komponente wies einen engen Zusammenhang zum Getreideertrag auf.

Unterschied zwischen Praxisertrag und Messparzellenertrag

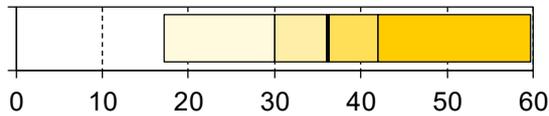
Neben dem vom Betrieb ermittelten Druschertrag der untersuchten Bestände wurden vor dem Dreschen auf jedem Schlag zwei Messparzellen von je 2,5 m² per Hand geerntet. Während bei den Sommererbsen ein enger Zusammenhang zwischen Handernte und Praxisertrag vorlag ($r = 0,86$), war dieser bei den Wintererbsengemengen deutlich schwächer ($r = 0,50$). Ursache hierfür kann die in vielen Fällen beobachtete große Heterogenität der Bestände mit Wintererbsengemenge sein.

Anders als bei den Erbsenreinsaaten (37 %) lag der Handernteertrag im Mittel nur ca. 20 % höher als der, der vom Betrieb angegeben wurde. Aufgrund der häufig durch Lager erschwerten Bedingungen für den Drusch bei Wintererbsengemengen wurde eigentlich mit einem größeren Unterschied gerechnet. Mögliche Ursachen für die Unterschiede zwischen Handernte und Druschernte sind auf Seite 38 aufgeführt. Der bei der Handernte gemessene Höchstgesamtertrag lag wie bei den Sommererbsen in Reinsaat bei 87 dt/ha.

Übersicht: Wesentliche Faktoren des Gesamtertrags

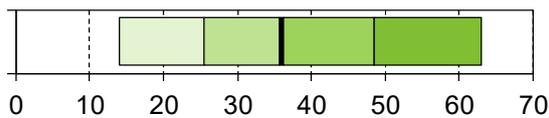
Die Faktoren sind nach Ihrer Bedeutung für den Ertrag sortiert. Details finden sich auf den

genannten Seiten. Zusammenhang mit dem Ertrag: grün positiv; rot negativ



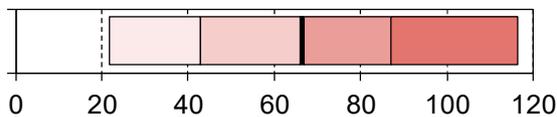
Gesamtertrag, Erbse und Getreide [dt/ha, 14 % Feuchte], vom Betrieb ermittelt S. 103

•••



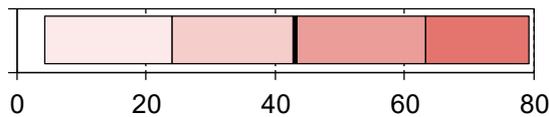
Frosttage, November bis März: Höherer Gesamtertrag bei kälterem Winter S. 105

•••



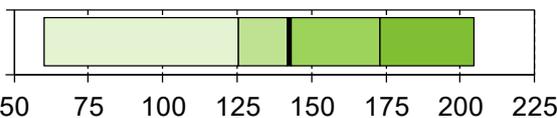
Niederschlag im Mai [l/m^2]: Geringerer Gesamtertrag bei höheren Niederschlägen S. 105

••



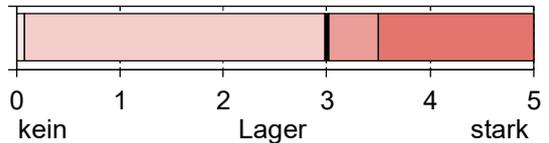
Faktoren hängen stark voneinander ab:
Erbsenanteil, im Handernte-Erntegut [%]: Geringerer Gesamtertrag bei höherem Erbsenanteil S. 106

••



Bestandesdichte Getreide, Ende Blüte [$\text{Ähren}/m^2$]: Je mehr Ähren, umso höher der Gesamtertrag S. 106

••



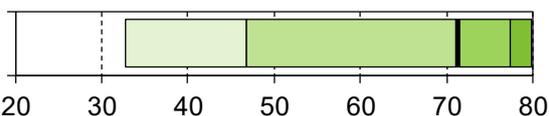
Lager, zur Probenernte (Boniturnote 0-5): Je mehr Lager, umso geringer der Gesamtertrag S. 109

•



Aktive Knöllchen, Ende der Blüte (Boniturnote 0-5): Je mehr Knöllchen an Erbsenwurzeln, umso höher der Gesamtertrag S. 110

•



\emptyset **Eindringtiefe**, 80 cm-Bodensonde [cm]: Etwas höhere Gesamterträge bei tiefgründigen Böden S. 111

•



Vorfrucht: Etwas höhere Gesamterträge bei Sommervorfrucht S. 111

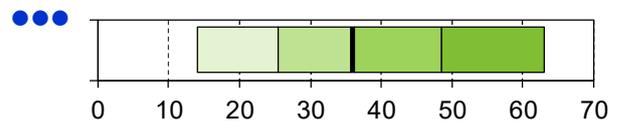
Details zu den Ertragsfaktoren

Witterung

Um den Witterungseinfluss auf den Ertrag zu untersuchen, wurden Durchschnittstemperaturen (Tagesmittel der Lufttemperatur) und Niederschlagssummen in verschiedenen Zeitabschnitten der Anbauphase ermittelt. Zusätzlich wurden die Frosttage des vorherigen Winters erfasst. Mögliche leichte Zusammenhänge zum Ertrag ergaben die Anzahl Frosttage von November bis März und die Niederschlagsmenge im Mai.

Anzahl Frosttage November bis März

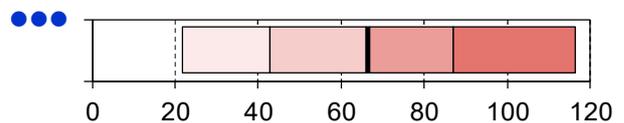
Für die Anzahl Frosttage von November bis März ergab die Auswertung einen positiven Zusammenhang zum Gesamtertrag. Eine mögliche Ursache könnte die Förderung des Wintergetreideanteils durch Vernalisation sein. Weiterhin wäre eine Schwächung der Erbsen durch kalte Temperaturen möglich. Für die Klärung eines kausalen Zusammenhangs ist jedoch noch weitere Forschung nötig.



Anzahl Frosttage (mittlere Tagestemperatur < 0 °C) von November bis März

Niederschlag im Mai

Auch der negative Effekt hoher Niederschlagsmengen im Mai auf den Gesamtertrag ist nur über die Beeinflussung des Erbsenanteils denkbar. Beobachtungen haben gezeigt, dass die Erbsen deutlich stärker negativ auf Trockenphasen reagiert haben als das Getreide. Eine hohe Wasserversorgung führte hingegen in einigen Fällen zu starkem vegetativen Wachstum der Erbse und zu einem starken Überwachsen des Getreides, z. T. verbunden mit ausgeprägtem Lager.



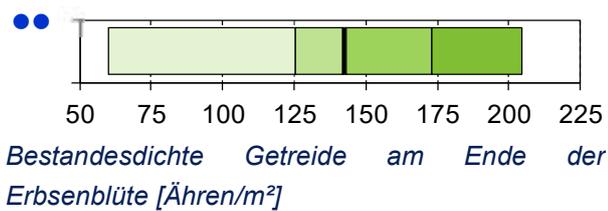
Niederschlagssumme im Mai [l/m²]



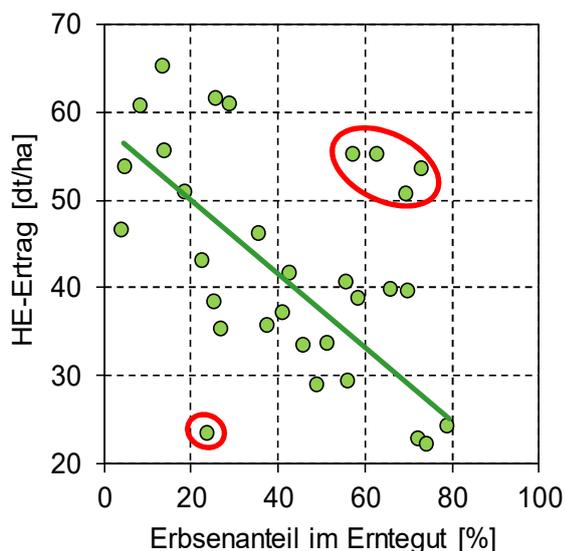
Schäden an Wintererbsenpflanzen im Frühjahr 2018 nach 34 Tagen unter 0° C über Winter

Bestandeszusammensetzung

Von den Größen der Bestandeszusammensetzung wiesen die Anzahl Ähren/m² zum Ende der Erbsenblüte und der Anteil Erbsen im Erntegut einen Zusammenhang zum Gesamtertrag auf. Eine hohe **Anzahl Ähren/m²** hatte einen positiven Einfluss auf den Gesamtertrag.



Damit übereinstimmend war der Gesamtertrag im Mittel umso geringer, je höher der **Erbsenanteil im Erntegut** war. Gemäß diesen Ergebnissen sind Wintergetreide-Reinsaaten im Gesamtertrag den Gemengen mit Wintererbsen meist überlegen. Die Punktegrafik zeigt diesen Zusammenhang, allerdings auch einige Ausnahmen (rot markiert).



Zusammenhang von Erbsenanteil im Erntegut und Handernte (HE)-Gesamtertrag (die Handernterträge lagen im Mittel 20 % höher als die Praxiserträge); die Regressionsgerade wurde ohne die markierten Ausreißer berechnet, Erläuterung siehe Text

Bei vier Fällen mit relativ hohen Leguminosenanteilen von 55 bis 75 % wurde trotzdem ein überdurchschnittlicher Gesamtertrag erreicht. Gemeinsam hatten diese Bestände mit 120 bis 200 relativ hohe Zahlen an Getreideähren/m², verbunden mit einer mittleren Dichte an Erbsentrieben (20-40 Triebe/m²). Der Hülsenansatz war jedoch mit im Mittel 14 Hülsen pro Trieb überdurchschnittlich hoch.

Ein hoher Hülsenansatz pro Trieb wurde meist gefunden bei:

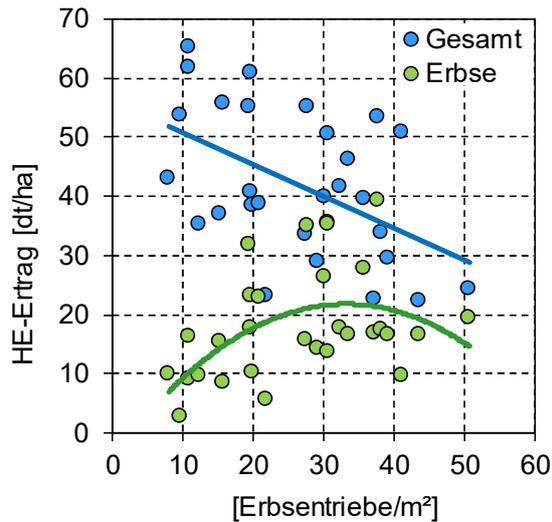
- tiefgründigen, lockeren und schluffigen Böden,
 - Erbsendichten von 20 bis 40 Pflanzen/m²,
 - einem überdurchschnittlichen Knöllchenbesatz (S. 110),
 - sowie nach Wintern mit wenig Frosttagen.
- Zudem wurden viele Hülsen eher bei den langwüchsigen Sorten – z. B. 'EFB 33', 'Pandora' und 'Specter' – beobachtet.

Der Ausreißer-Bestand mit niedrigem Ertrag wurde auf einem sehr flachgründigen Boden angebaut. Zusammen mit der trockenen Witterung 2018 und einem starken Erbsenwicklerbesatz (1/3 geschädigte Körner) führte dies zu einem geringen Gesamtertrag und einem niedrigen Erbsenanteil.

Einflussgrößen der Bestandeszusammensetzung

Die Anteile an Erbse und Getreide im Wintererbsengemengeanbau sind nicht nur als Faktor für den Gesamtertrag von Bedeutung. Je nach individuellem Nutzungsziel werden in der Praxis unterschiedliche Erbsenanteile angestrebt. Bei der Datenauswertung zeichneten sich einzelne Faktoren der Bestandeszusammensetzung ab, die im Folgenden dargestellt werden.

Welche Faktoren beeinflussten den Ertrag?



Zusammenhang von Erbsentrieben zum Ende der Erbsenblüte und Gesamtertrag sowie Erbsenertrag aus der Handernte (HE, die Handernteerträge lagen im Mittel 20 % höher als die Praxiserträge)

Während der Gesamtertrag mit der Anzahl Erbsentriebe zum Ende der Blüte wie beim Ertragsanteil kontinuierlich abnahm, lag beim Erbsenertrag das Optimum bei 20 bis 40 Trieben/m². Die aufgelaufenen Erbsenpflanzen entsprachen bei den untersuchten Wintererbsen oft fast eins zu eins den Trieben/m². Die Neigung zur Verzweigung war bei den Wintererbsen im Gemenge somit deutlich geringer als bei Sommerkörnererbsen in Reinsaat.



*Links: Wintererbse 'Karolina' mit Triticale, Ertrag 60 dt/ha, Erbsenanteil 30 %;
rechts: Wintererbse 'EFB 33' mit Triticale, Ertrag 34 dt/ha, Erbsenanteil 73 %*

Ackerbauliche Ergebnisse / Details zu Wintererbsengemengen

Die **Wintererbsen** im Gemenge wurden im Mittel durch folgende Faktoren bzw. Bedingungen gefördert:

- Fruchtbare (Bodenpunkte), tiefgründige Böden mit hoher Wasserhaltefähigkeit und wenig Verdichtungen
- Geringe Mengen an N_{\min} im Frühjahr (0-90 cm)
- Hohe Gehalte an verfügbarem Kalium im Boden (bis 20 mg $K_2O/100$ g); ob dieses Ergebnis wirklich auf einen kausalen Zusammenhang hindeutet, muss noch weiter untersucht werden.
- Saatstärken von 20 bis 50 Erbsen/ m^2 mit dem Ziel im Frühjahr 20 bis 40 Erbsenpflanzen/ m^2 zu erhalten
- Niederschlagsmengen im Zeitraum März bis 2 Wochen vor Ernte von 150 bis 250 l/ m^2 ; sowohl niedrigere als auch höhere Niederschläge führten zu geringeren Erbsenerträgen.
- Geringe Infektionsrate der Erbsenwurzeln mit *Fusarium solani* (siehe auch S. 54) und *Fusarium avenaceum*; höherer Besatz mit *F. avenaceum* trat bei den untersuchten Beständen im Mittel bei vermehrtem Leguminosenanbau, bei warmer Herbstwitterung und hoher Wasserversorgung von der Saat bis zur Wurzelbonitur auf.
- Geringe Getreidebestandesdichte (im Bereich 80 bis 200 Ähren/ m^2); aber hier das Kapitel zu Lager beachten (S. 109).

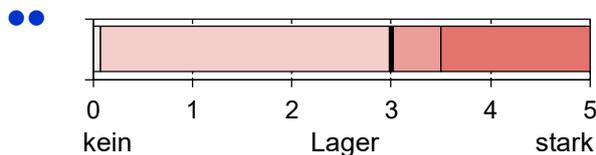
Bei den **Getreidearten** Triticale, Winterroggen bzw. in einem Fall Winterweizen zeichneten sich folgende fördernde Faktoren ab:

- Wenig Getreide in der Fruchtfolge
- Böden mit geringem Tonanteil und niedrigem Eindringwiderstand
- Höhere Mengen an N_{\min} im Frühjahr (0-90 cm), Effekt bis maximal ca. 70 kg/ha
- Anbau von Triticale statt Winterroggen
- Höhere Getreidesaatstärke; allerdings im Bereich von 100 bis 400 Körner/ m^2 relativ geringe positive Effekte auf Ähren/ m^2 und Ertrag
- Relativ warme Witterung nach der Saat, d. h. eher früher Saattermin
- Geringe Erbsen-Bestandesdichte und geringer Unkrautdruck
- Geringe Niederschlagsmengen im Zeitraum März bis 2 Wochen vor Ernte; Niederschläge fördern die Erbsen, die Getreidearten kommen mit trockenen Bedingungen besser zurecht.
- Kein Lager (siehe nächstes Kapitel)

Insgesamt können die genannten Faktoren aufgrund der relativ geringen Anzahl untersuchter Fälle nur als Hinweise für mögliche Einflüsse auf die Bestandeszusammensetzung gelten.

Lager des Bestandes zur Ernte

Bei ca. der Hälfte der Bestände war zur Ernte deutliches Lager zu beobachten. Die Getreidepflanzen waren dabei unterschiedlich stark geneigt, oft auch innerhalb eines Schlages sehr ungleichmäßig. Das Lager wurde mit einer Skala von 0 bis 5 bonitiert – 0: kein Lager, 5: gesamter Messbereich liegt (max. 30-40 cm hoch). Lager kann bekanntermaßen das Abtrocknen des Bestandes verzögern und Ernteverluste beim Drusch deutlich erhöhen. Aber auch die Handernteerträge waren bei Lager oft niedriger. Bei geknickten Getreidepflanzen unter überwachsenden Erbsen wurden häufig Ähren beobachtet, die nur Kümmerkörner enthielten oder ganz taub waren. Dieser Effekt trat besonders bei trockener Witterung in der Kornfüllungsphase auf. Es ist somit davon auszugehen, dass besonders frühzeitig ins Lager gehende Bestände vor allem die Entwicklung des Getreides im Gemenge beeinträchtigen.



Lager zur Probenernte (Boniturnote 0-5)

Eine erhöhte Lagerneigung wurde vor allem bei folgenden Bedingungen beobachtet:

- Tiefgründige und im Unterboden wenig verdichtete Böden mit guter Wasserhaltefähigkeit fördern v. a. das Erbsenwachstum.
- Feuchte Witterung im Monat nach der Saat
- Warme Winter fördern den Erbsenanteil.
- Wenig Ähren/m² (Spannbreite 60 bis 200)
- Hohe Dichte an langen Erbsentrieben mit vielen Hülsen (8 bis 60 Erbsentriebe/m²)
- Hoher Anteil an Erbsen im Erntegut

Bei der Entscheidung über den gewünschten Erbsenanteil im Wintererbsengemenge sollte auch die Lagerneigung der gewählten Erbsensorte und des Standorts berücksichtigt werden. Einen Unterschied in der Lagerneigung zwischen Winterroggen und Triticale war nicht klar erkennbar.

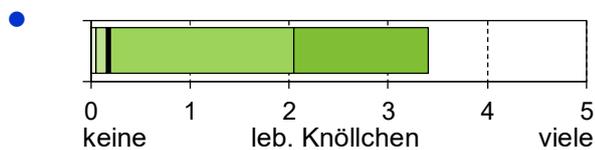


Links: 19 Triebe/m² Wintererbse 'Karolina', 260 Triticaleähren/m², kaum Lager, Ø Höhe 100 cm;
rechts: 54 Triebe Wintererbse 'EFB 33', 165 Triticaleähren/m², komplettes Lager, Ø Höhe 34 cm

Knöllchenbesatz der Erbsenwurzeln

Zum Ende der Erbsenblüte wurde bei der Wurzelbonitur auch der Besatz mit aktiven Knöllchen bonitiert. Da bei der Erbse die Knöllchen sehr klein und über das ganze Wurzelsystem verteilt sind sowie leicht abreißen, kann eine Beurteilung ausgegrabener Wurzeln nur einen groben Anhaltspunkt über den tatsächlichen Besatz geben.

Bei der Boniturskala von 0 bis 5 variierte der Besatz mit aktiven Knöllchen bei den untersuchten Erbsen von 0 bis 3,5. Im Durchschnitt war der Gesamtertrag bei größerem Knöllchenbesatz höher als bei geringem. Dieser Effekt kann ein Hinweis darauf sein, dass die Stickstofffixierleistung der Erbsen bei den meist ökologisch angebauten Wintererbsengemengen einen Beitrag für den Erfolg des Gemenges leistete.



Besatz der Wurzeln mit aktiven Knöllchen am Ende der Erbsenblüte (Boniturnoten 0-5)

Die Ermittlung der Ursachen der Streubreite des Knöllchenbesatzes ergab folgende Faktoren für einen hohen Besatz:

- Böden mit geringem Eindringwiderstand bis 30 cm, d. h. keine dichtliegenden oder verdichteten Böden
- Gute Wasserversorgung – hohe Niederschläge von Saat bis Ernte und gute Wasserhaltefähigkeit des Bodens
- Saattiefe größer als 2,5 cm; flachere Saat war häufig mit wenigen Knöllchen zum Ende der Blüte verbunden.
- Keine Wurzelschäden zum Ende der Erbsenblüte; Wurzelschäden traten häufiger bei geringer Wasserversorgung und hohen Temperaturen im Mai auf und waren z. T. mit *Fusarium solani*-Besatz verbunden (siehe auch S. 54).

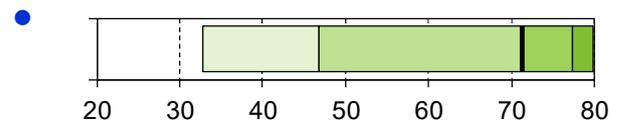


Wintererbsenwurzeln: links und Mitte mit vielen aktiven Knöllchen; rechts mit abgestorbenen Knöllchen

Tiefgründigkeit des Bodens

Mit Beginn des Frühjahrs wurden die Untersuchungsschläge in den Messbereichen an jeweils 20 Punkten mit einer elektronischen Bodensonde geprüft. Es wurde dabei sowohl der Eindringwiderstand als auch die absolute Eindringtiefe bis 80 cm bestimmt. Die mittlere Eindringtiefe hängt sowohl mit dem Steinanteil als auch mit der Tiefgründigkeit des Bodens zusammen. Die Tiefgründigkeit kann z. B. durch Steine im Unterboden oder durch dichtlagernden Sand begrenzt sein. Insgesamt kann davon ausgegangen werden, dass die Eindringtiefe mit dem durchwurzelbaren Raum zusammenhängt.

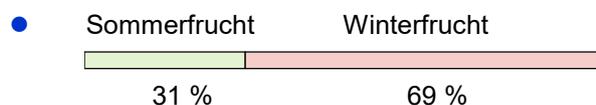
Die Böden der untersuchten Schläge variierten von flachgründig, steinig und geringer Eindringtiefe (33 cm) bis hin zu tiefgründig und steinfrei. Die Gesamterträge waren bei den flachgründigen Böden im Mittel etwas schlechter als auf den tiefgründigen.



Mittlere Eindringtiefe einer 80 cm-Bodensonde [cm]

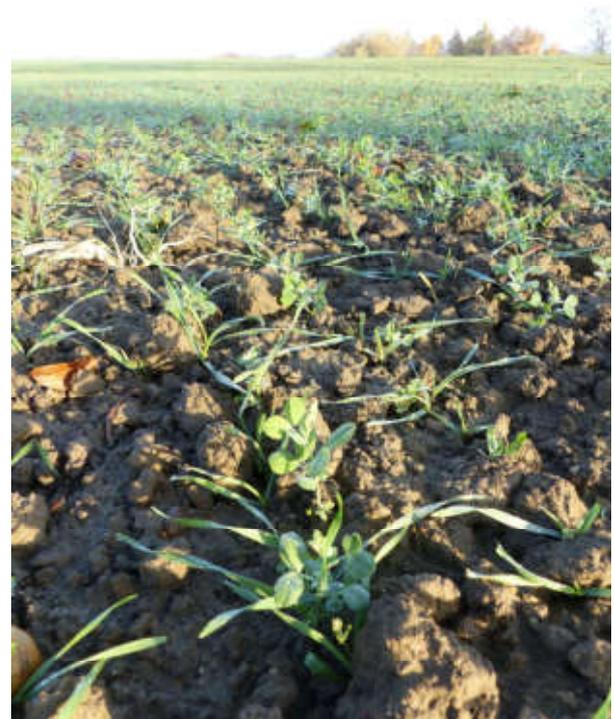
Vorfrucht

Die untersuchten Wintererbsengemenge wurden zu 60 % nach Wintergetreide angebaut. Bei 19 % stand vorher Sommergetreide und bei 16 % Mais auf der Fläche. Jeweils auf einem Schlag (3 %) kam das Gemenge nach Ackerbohne bzw. Feldgemüse.



Hauptfrucht vor dem Wintererbsenanbau

Im Mittel war der Gesamtertrag der Wintererbsengemenge nach Sommerfrüchten etwas höher als nach dem Wintergetreide. Die Ursachen dieses möglichen Effekts konnten nicht untersucht werden.

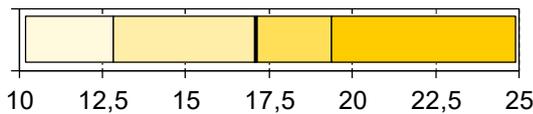


Wintererbsengemenge Ende November

Welche Faktoren beeinflussen Proteingehalt und Proteinertrag

Proteingehalt

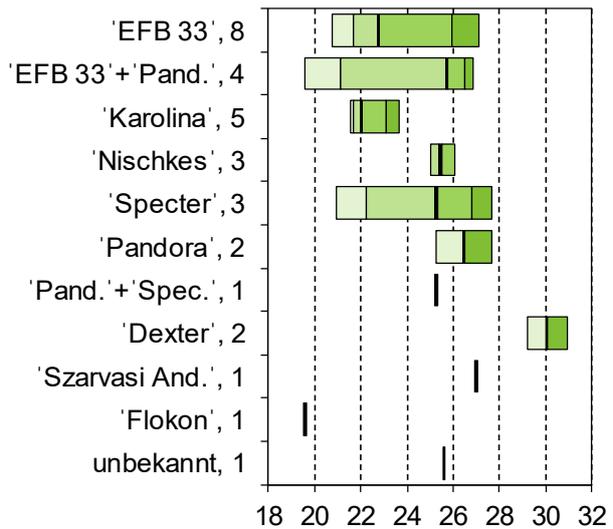
Der durchschnittliche Proteingehalt des Erntegutes der Wintererbsengemenge variierte in einem weiten Bereich von 10 bis 25 % (in der TM). Dieser Proteingehalt setzte sich aus verschiedenen Komponenten zusammen. Den größten Einfluss hatte der **Erbsenanteil** im Erntegut (siehe S. 106). Je höher dieser Anteil war, umso höher war auch der Proteingehalt. Daneben spielten auch die Proteingehalte der Erbsen und der Getreidekörner eine Rolle.



Proteingehalte im Erntegut der angebauten Erbsensorten

Die **Proteingehalte der Erbsen** variierten in einem weiten Bereich von knapp 20 bis 31 % (in der TM). Wahrscheinlich ist bei dieser großen Streubreite die Sorte ein wichtiger Faktor. Da jedoch zu Wintererbsen nur sehr wenige Sortenversuchsergebnisse vorliegen, konnte der Sorteneinfluss nicht statistisch geprüft werden. Die in der Abbildung dargestellten Streubreiten der auf den Untersuchungsschlägen angebauten Sorten können sowohl durch die Sorte als auch durch Umwelt und Bewirtschaftung hervorgerufen worden sein.

Bei den drei konventionellen, in Reinsaat angebauten Beständen mit der Wintererbsensorte 'James' lagen die Proteingehalte zwischen 22,1 und 24,1 % (i. d. TM; $\bar{\sigma}$ 23,1).



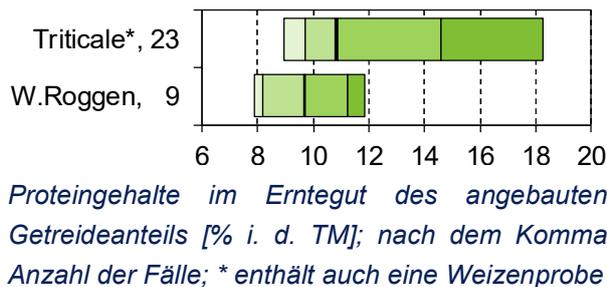
Proteingehalte der im Gemenge angebauten Erbsensorten [% i. d. TM]; nach dem Komma Anzahl der Fälle

Die Ergebnisse weisen auf den Einfluss weiterer Faktoren auf den Proteingehalt der Erbsen hin:

- Sandige oder steinige Böden waren häufiger mit höheren Proteingehalten verbunden als schluffige Böden.
- Im Mittel waren die Proteingehalte bei wärmeren Temperaturen um die Saat niedriger als bei kälteren (Spannbreite 4 Wochen vor der Saat: 8,1 bis 17,1°C).
- Je höher der Gesamtertrag war, umso geringer war im Mittel der Proteingehalt der Erbsen.

Welche Faktoren beeinflussten den Ertrag?

Auch die **Proteingehalte des Getreides** variierten in einem weiten Bereich von knapp 8 bis über 18 % (in der TM). Der Einfluss der Sorte konnte nicht geprüft werden. Allerdings waren deutliche Unterschiede zwischen Winterroggen und Triticale bzw. Winterweizen zu erkennen.

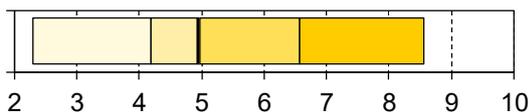


Neben der Getreideart hatten noch andere Faktoren einen erkennbaren Einfluss auf den Proteingehalt:

- Hohe N_{\min} -Mengen in der Schicht 60 bis 90 cm im Frühjahr waren häufig mit höheren Proteingehalten verbunden (Spannbreite: 3 bis 41 kg N_{\min} /ha). Dies ist ein bekannter Effekt von spät in der Getreideentwicklung erreichbarem Stickstoff im Boden.
- Hohe Temperaturen vier Wochen vor der Probenernte hatten einen positiven Einfluss auf den Proteingehalt (Spannbreite: 16,2 bis 20,1°C).
- Bei Lager traten häufig höhere Proteingehalt im Getreide auf (siehe auch S. 109).

Proteinertrag

Der Proteinertrag der untersuchten Wintererbsengemenge wurde aus den Betriebsangaben zum Ertrag und Erbsenanteil und den Proteingehalten der Handernteproben berechnet. Er variierte von 2,3 bis 8,6 dt/ha. Die konventionell und mit Beregnungsmöglichkeit angebauten Reinsaaten der Wintererbsensorte 'James' erreichten nach Ertragsangabe des Betriebs Proteinerträge von 8,5 bis 11,9 dt/ha.



Proteinertrag bei den Wintererbsengemengen, errechnet aus den Betriebsangaben zum Ertrag und den Proteingehalten des Handernteguts [dt/ha]

80 % der großen Streubreite bei den Gemengen konnte durch die Komponenten Gesamtertrag und Erbsenanteil erklärt werden. Beide Komponenten wirkten sich positiv auf den Proteinertrag aus. Dabei hat der Gesamtertrag einen etwas höheren Einfluss als der Erbsenanteil. Die Unterschiede in den Proteingehalten der Erbsen und des Getreides hatten dagegen nur einen geringen Einfluss.

Ökonomische Ergebnisse

(P. Zerhusen-Blecher, J. Braun, T. Schäfer)

Von den vier Körnerleguminosenarten ist die Körnererbse mit 82.600 ha Anbaufläche in 2020 die bedeutendste in Deutschland. Ihr Anbauumfang hat sich seit 2013 mehr als verdoppelt (Destatis 2021) und auch zukünftig ist zu erwarten, dass der deutsche Markt weiter wächst. Der Leguminosenanbau wird seit einigen Jahren über die bundesweite Eiweißpflanzenstrategie gefördert und das Interesse an heimischen Körnererbsen in Fütterung und Humanernährung nimmt stetig zu.

Die Integration der Körnererbse in die Fruchtfolge bedeutet, dass eine weitere Kultur ihre ökonomische Ertragsfähigkeit unter den

sich ständig ändernden Anbaubedingungen beweisen muss. Die Erweiterung der Fruchtfolge mit dieser Kultur kann aber auch zu positiven pflanzenbaulichen und ökonomischen Effekten führen, die deren Anbau rechtfertigen, auch wenn sie im Vergleich zu anderen Kulturen unmittelbar ökonomisch unterlegen ist.

Relevante Einflussgrößen für einen erfolgreichen Anbau von Erbsen sind im pflanzenbaulichen und betriebswirtschaftlichen Bereich zu finden. Letztere werden in diesem Kapitel analysiert.



Wie wurden die Daten erhoben und interpretiert?

Für die ökonomische Bewertung des Erbsenanbaus wurde das Berechnungssystem der Direkt- und arbeitserledigungskostenfreien Leistungen (DAL) gewählt. Im Vergleich zur Deckungsbeitragsberechnung werden hier die Wechselbeziehungen in Anbausystemen mit Leguminosen, wie z. B. Arbeitszeitverteilung, Maschinenauslastung, die Absicherung gegen extreme Wetterverläufe etc. berücksichtig.

Nach Schroers und Krön (2019) wird die DAL berechnet, indem von der Marktleistung die Direktkosten und die variablen und fixen Arbeitserledigungskosten (fixe Kosten der Arbeitsmittel und fixe Lohnkosten) abgezogen werden (siehe Tabelle). Sie trägt zur Deckung der verbleibenden Kosten (Kosten für Gebäude, Flächen und Rechte sowie allgemeine Kosten) bei.

Berechnungsschema der Direkt- und arbeitserledigungskostenfreien Leistung (DAL) (Schroers und Krön 2019; Schneider und Lütke Entrup 2006, verändert)

Leistungen	Marktleistung (Ertrag x Betrieblicher Wert aus Erzeugerpreis/Futtervergleichswert) Vorfruchtwert* Direktzahlungen aus Greening, Agrarumweltmaßnahmen*
- Direktkosten	Saatgut Düngung/Nährstoffabfuhr Pflanzenschutz Konservierung
= Direktkostenfreie Leistung	
- Arbeitserledigungskosten	Lohn/Lohnansatz Lohnunternehmer Feste Maschinenkosten Variable Maschinenkosten
= Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL)	

* Vorfruchtwert und Direktzahlungen wurden bei der hier berechneten DAL nicht mit berücksichtigt.

Ebenso wie die ackerbaulichen Betrachtungen beruhen die nachfolgend dargestellten Ergebnisse auf der Auswertung von schlagbezogenen Bewirtschaftungsdaten aus der Praxis. Diese wurden im Rahmen des deutschlandweiten Demonstrationsnetzwerkes Erbse/Ackerbohne über einen

Zeitraum von vier Jahren (2016-2019) auf durchschnittlich 35 Erbsen anbauenden Betrieben erhoben. Über den gesamten Projektverlauf konnten so Daten von 87 konventionell (Sommerkörnererbse) und 53 ökologisch bewirtschafteten Erbsenschlägen (14 Sommerkörnererbsen, 12 Sommer-

Ökonomische Ergebnisse

körnererbsengemeine, 19 Winterkörnererbsengemeine) erfasst und ausgewertet werden. Die folgende Auswertung legt den Schwerpunkt auf die Körnererbsen in Reinsaat. Ergänzend werden in einer Zusammenfassung auch Ergebnisse zu den Sommer- und Wintererbsen im Gemengeanbau dargestellt.



Lage der Erbsen anbauenden Betriebe im Demonstrationsnetzwerk Erbse/Ackerbohne

Mit Hilfe von in Excel erstellten einheitlichen Erfassungsformularen wurden jährlich die Betriebs- und Bewirtschaftungsdaten in den Betrieben erfasst. Die Datenerhebung und die Plausibilitätsprüfung der erfassten Daten wurden von den regionalen Projektberatern vor Ort organisiert bzw. vorgenommen. Im Anschluss wurden die Daten an die Fachhochschule Südwestfalen weitergeleitet. Dort erfolgte nach einer weiteren Plausibilitätsprüfung die Dateneingabe in Excel und die ökonomische Auswertung mit der Ermittlung von Leistungs- und Kostenpositionen und der Berechnung der Direkt- und arbeitsleistungskostenfreien Leistung (DAL).

Die Direktkosten setzen sich aus den Kosten für Saatgut, Düngung bzw. Nährstoffabfuhr, chemischen Pflanzenschutz und Konservierung zusammen. Die Nährstoffabfuhr errechnet sich aus Ertrag, Nährstoffgehalten der Ernteprodukte und jahresaktuellem Reinnährstoffpreis für Stickstoff, Phosphor, Kalium und Magnesium (siehe Tabelle). Es wird unterstellt, dass die Erbse Stickstoffselbstversorger ist und daher eine Stickstoffdüngung entfällt. Eine Bewertung von Strohausgleichdüngung und Kalkung wird nicht vorgenommen, da diese in der Regel Fruchtfolgemaßnahmen sind, deren Kosten auf die gesamte Fruchtfolge umzulegen sind.



Reinnährstoffkosten (€/kg) für Stickstoff, Phosphor, Kalium und Magnesium 2016 bis 2019

	konventionell				ökologisch			
	2016	2017	2018	2019	2016	2017	2018	2019
N	0,73	0,73	0,72	0,7	3,50	3,50	3,50	3,50
P	1,69	1,33	1,37	1,59	2,44	2,41	2,34	2,34
K	0,49	0,37	0,37	0,4	1,37	1,37	1,47	1,47
Mg	2,11	2,39	2,43	2,42	2,11	2,39	2,43	2,42

Die Arbeiterledigungskosten beinhalten die gesamten bei der Produktion der Kultur anfallenden Maschinenkosten (variabel und fest) sowie die Kosten für die benötigte Arbeitskraft. Für die Lohnkosten bzw. den Lohnansatz wurden 15 €/Akh angesetzt. Die jahresspezifischen und betriebsindividuellen Maschinenkosten und der Arbeitszeitbedarf wurden mit Hilfe des Online-Tools „KTBL-Feldarbeitsrechner“ berechnet (S. 154). Kosten für Lagerung und Reinigung des Erntegutes wurden entsprechend der Betriebsleiterangaben nur bei Vermarktung der Ware berücksichtigt. Bei innerbetrieblicher Verwertung wurden diese Kosten der Tierhaltung zugerechnet.

Zahlungsansprüche, Pacht, Versicherungen, Abschreibungen von Gebäuden und Zinskosten sind nicht Bestandteil der DAL-Berechnungen.

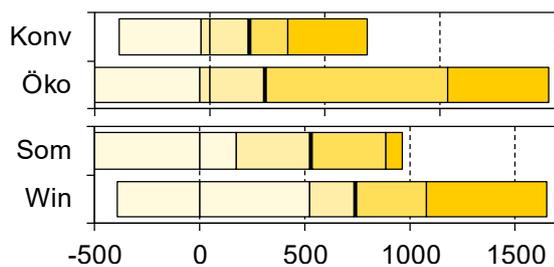
Ein Zwischenfruchtanbau wird bei den ökonomischen Betrachtungen nicht berücksichtigt. Alle Preise und Kosten sind bei diesen Auswertungen als Nettowerte ausgewiesen.

In die Berechnung der Leistung fließen der Ertrag und der erzielte Preis als „Betrieblicher Wert“ ein. Der „Betriebliche Wert“ beschreibt den erzielbaren betriebsindividuellen Wert für Erbsen, ermittelt durch eine Mischkalkulation aus einem beim Verkauf erzielten Erzeugerpreis und/oder einem Futtermittelwert. Der von den befragten Landwirten geschätzte Vorfruchtwert wird als ökonomischer Faktor später diskutiert. Dieser wird in den nachfolgenden Darstellungen nicht berücksichtigt, ebenso die Direktzahlungen aus Agrarumweltmaßnahmen (Greening, AUM).



Betriebswirtschaft der Erbse im Überblick

Die vier Anbaujahre von 2016 bis 2019 waren durch unterschiedlichste Einflussfaktoren geprägt. In den Jahren 2016 und 2017 ließ die gute Witterung grundsätzlich einen erfolgreichen Erbsenanbau erwarten. Das Nanovirus richtete jedoch in einzelnen Erbsenbeständen Schaden an. Nach einem nassen Herbst und Winter 2017/18 folgten zwei durch z.T. extreme Trockenheit geprägte Anbaujahre. Während in 2018 die Erbsenbestände noch die Winter- und Frühjahrsfeuchte nutzen konnten, war der Bodenwasservorrat in 2019 auf ein Minimum geschrumpft. Im Vergleich zu anderen Hauptkulturen fielen die Erträge bei den Erbsen aufgrund ihrer kürzeren Wachstumsphase jedoch nicht so stark zurück. In allen vier Anbaujahren konnten in mindestens 70 % der Fälle positive DAL erwirtschaftet werden – unabhängig davon, ob die Erbsen als Sommererbsen in Reinsaat oder in Erbsen-Getreidegemengen, als Sommerung oder Winterung angebaut wurden.



DAL [€/ha], oben: konventionell und ökologisch angebaute Sommererbsen in Reinsaat; unten: ökologisch angebaute Sommer- und Wintererbsen im Gemengeanbau

Die **Höhe des Medians der DAL** der ökologisch angebauten Erbsen bzw. Erbsengemenge nimmt in folgender Reihenfolge zu: **Öko-Sommererbsen in Reinsaat < Öko-Sommererbsengemenge < Öko-Wintererbsengemenge**. Die konventionellen Betriebe

bauten ausschließlich Sommererbsen in Reinsaat an.

Ertrag

Die Auswertungen der betriebswirtschaftlichen Daten zeigen sehr deutlich, dass der Hauptfaktor des ökonomischen Erfolges der **Ertrag** ist. Daher sind bei der Wahl eines geeigneten Standortes die Bodenansprüche und die Trockentoleranz der Erbse zu berücksichtigen. Ein besonders gutes Leistungspotential zeigten die Erbsen auf humosen, tiefgründigen Lehmböden. War die Wasserversorgung zur Keimung, zur Blüte und zur Kornfüllung gesichert, konnten die Erbsen auch auf flachgründigeren und leichteren Böden eine gute Ertragsleistung bringen.

Betrieblicher Wert

Verwertung und Vermarktung der Erbsen hatten einen maßgeblichen Einfluss auf den **Erzeugerpreis bzw. Betrieblichen Wert**, der als zweiter wichtiger Einflussfaktor auf die Höhe der DAL zu nennen ist. Neben z.T. deutlichen regionalen und jahresspezifischen Preisunterschieden können über eine vorausschauende und individuelle Vermarktungsstrategie höhere Erzeugerpreise realisiert werden. Bei guter Qualität des Erntegutes wurde eine Vermarktung als Lebensmittel für die menschliche Ernährung mit höheren Preisen belohnt. Auch der Vermehrungsanbau war sowohl im konventionellen als auch im ökologischen Anbau eine ökonomisch interessante Vermarktungsschiene.

Die inner- oder zwischenbetriebliche Verwertung verdient eine besondere Aufmerksamkeit. Bei Veredlung der Körnerleguminosen in der Schweine- oder Milchviehfütterung lag ihr

Futterwert teils deutlich über den regional erzielten Erzeugerpreisen im Demonstrationsnetzwerk.

Es empfiehlt sich daher schon vor dem Anbau die weitere Verwendung und die Logistik zu planen. Vorkontrakte sichern den Warenfluss zwischen Landwirt und Abnehmer und können für beide Seiten zufriedenstellende Preise schaffen. Ein großes Absatzpotential ergibt sich auch aus der steigenden Nachfrage nach regional produzierter, gentechnikfreier Ware für Futter. Je nach Verwendung in der Geflügel-, Schweine- oder Rinderfütterung sind eventuelle Sortenwünsche der Abnehmer auf Tannin-, Vicin- und Convicinfreiheit vorab zu klären. Über Warenkontaktbörsen können Anbieter und potenzielle Abnehmer zusammenfinden (Beispiele S. 154).

Bodenbearbeitung

Im Bereich der **Bodenbearbeitung** bietet der Verzicht auf den Pflug vor der konventionellen Erbsenaussaat eine Möglichkeit, Arbeits-erledigungskosten von durchschnittlich 68 €/ha im Vergleich zu Pflugverfahren einzusparen, ohne auf Ertrag verzichten zu müssen. Im ökologischen Erbsenanbau erscheint hingegen der Pflugverzicht in den beteiligten Demobetrieben vor dem Hintergrund der Bodenlockerung und Beikrautregulierung nicht zur Diskussion zu stehen. Mögliche Kosteneinsparungen im ökologischen und im konventionellen Anbau ergeben sich allerdings durch die Häufigkeit des Einsatzes bodenlockernder Geräte wie Grubber oder Egge. Ihre Einsatzhäufigkeit sollte standort-, betriebs- und jahresspezifisch vor dem Hintergrund der DAL-Maximierung immer wieder kritisch geprüft werden.

Betriebsmittel

Die Höhe der Kosten für eingesetzte **Betriebsmittel**, wie Saatgut, Pflanzenschutz oder Düngung zuzüglich der Arbeits-erledigungs-

kosten für die Ausbringung hängen im Wesentlichen von Menge und Preis ab.

Saatgut

Die durchschnittlichen Aussaatmengen lagen zwischen 200 und 235 kg/ha. Bei den Körnerleguminosen allgemein muss aufgrund ihres hohen Tausendkorngewichtes (TKG) grundsätzlich mit höheren **Saatgutkosten** gerechnet werden als z. B. bei Raps oder Weizen. Die Saatgutkosten werden im konventionellen wie im ökologischen Erbsenanbau betriebsindividuell besonders dadurch bestimmt, ob Nachbauseaatgut, Z-Saatgut oder Basissaatgut verwendet wird. Über die Wahl des Säverfahrens hatten die Betriebsleiter nur eine begrenzte Möglichkeit Arbeitserledigungskosten einzusparen.

Unkrautregulierung

Aufgrund ihrer langsamen Jugendentwicklung sind Erbsen wenig konkurrenzstark gegenüber Unkräutern und Ungräsern. Eine Spätverunkrautung kann zudem die Ernte erschweren und zu hohen Feuchtegehalten im Erntegut führen. Einsparungen bei der mechanischen oder chemischen **Unkrautregulierung** sind daher mit Vorsicht vorzunehmen. Die Möglichkeit der mechanischen Unkrautregulierung kann in konventionellen Betrieben zu einer deutlichen Reduzierung chemischer Mittel beitragen.

Pflanzenschutz

Der Einsatz von **Fungiziden und Insektiziden** bleibt den konventionellen Betrieben vorbehalten. Über die regelmäßige Kontrolle der Erbsenbestände ist ein gezielter Pflanzenschutzmitteleinsatz möglich, der standort- und jahresspezifisch variieren kann. Einsparungen sind nur unter Beobachtung des aktuellen Befalldrucks begrenzt möglich.

Nährstoffe

Da die **Nährstoffkosten** unmittelbar vom Ertrag und den aktuellen Nährstoffpreisen abhängen, haben die Betriebsleiter keinen Einfluss auf diese Kostenposition der DAL. Im Vergleich zu anderen Hauptkulturen trumpfen die Leguminosen allerdings als Stickstoffselbstversorger.

Drusch bis Aufbereitung

Der im Vergleich zu Getreide anspruchsvollere **Drusch** der Körnerleguminose verursacht annähernd ein Drittel bis ein Viertel der gesamten Arbeitserledigungskosten und ist im Anbausystem Erbse eine relativ feste Größe. Jahresspezifisch können die Kosten für **Trocknung, Kaltbelüftung und Aufbereitung** variieren. Kosten in diesen Positionen einzusparen wäre besonders vor dem Hintergrund, gute Qualitäten vermarkten zu können, kontraproduktiv.

Gemengeanbau

Die dargestellten Ergebnisse zeigen, dass ein Anbau von Erbsen und ihren Gemengen ökonomisch erfolgreich möglich ist. Dies ist vor allem auf den Standorten umsetzbar, auf denen die Erbse gute Wachstumsbedingungen

vorfindet und dies mit einem guten Ertrag dankt. Eine erfolgreiche Verwertung und Vermarktung der Körnerleguminose regional und überregional im Bereich der Tierernährung und/oder bei guten Qualitäten in der Humanernährung sichern einen guten Erzeugerpreis. Bei der Vermarktung von Gemengen sollte vor dem Anbau der Absatz geklärt werden, denn viele Abnehmer müssen sich erst noch auf die Annahme von Leguminosen-Getreidegemengen einstellen.

Vorfruchtwert

Bei einer Anbauentscheidung für die Körnerleguminosen sollten auch ihre vielen pflanzenbaulichen Vorteile in der Fruchtfolge monetär berücksichtigt werden und in die Kalkulation der DAL einfließen. So ist der Vorfruchtwert als monetäre „Zusatzleistung“ zur DAL der Körnerleguminose unbedingt zu berücksichtigen. Zahlungen aus Greening und Agrarumweltmaßnahmen, je nach Angebot in den einzelnen Bundesländern, sind nicht zu unterschätzende Zusatzeinnahmen, die den Einstieg in den Anbau der Erbse bzw. einen kontinuierlichen Anbau in den Betrieben unterstützen und ökonomische Mindererträge in einzelnen Anbaujahren abfedern können.



Sommerkörnererbse im Gemenge: links mit Leindotter, rechts mit Hafer

Ökonomie im Detail:

Sommerkörnererbse in Reinsaat

Die wichtigsten Komponenten der Direkt- und arbeitserledigungskostenfreien Leistung (DAL)

Inhalt des Kapitels:

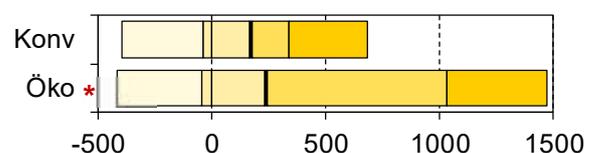
Details zur DAL.....	121
Übersicht konventionell: Wesentliche Komponenten der DAL	122
Übersicht ökologisch: Wesentliche Komponenten der DAL	123
Details zu den Komponenten der DAL	124
Ertrag.....	124
Betrieblicher Wert	125
Bodenbearbeitung	126
Saatgut	127
Aussaat.....	128
Unkrautregulierung.....	129
Weiterer Pflanzenschutz.....	130
Nährstoffentzüge und Düngung	131
Drusch, Transport, Trocknung Lagerung und Aufbereitung.....	131

Details zur DAL

Für die Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL) konnten für Sommererbsen 14 Datensätze aus den ökologisch wirtschaftenden Demobetrieben sowie 87 Datensätze aus den konventionell wirtschaftenden Demobetrieben ausgewertet werden. Die unterschiedliche Datensatzlage sollte bei der Betrachtung der nachfolgenden Ergebnisse berücksichtigt werden.

Im Mittel der vier Anbaujahre 2016 bis 2019 erzielten annähernd 70 % der konventionellen und der ökologischen Betriebe eine positive DAL. Dabei ist die Streubreite mit -535 €/ha bis 1472 €/ha DAL in den ökologischen

Betrieben deutlich höher als bei den konventionellen Betrieben mit -396 €/ha bis 679 €/ha. Die mittlere DAL der konventionell angebauten Erbsen lag bei 170 €/ha, die der ökologisch erzeugten Erbsen bei 240 €/ha. Im nachfolgenden werden die entscheidenden Komponenten und ihr Einfluss auf das Ergebnis der DAL diskutiert.



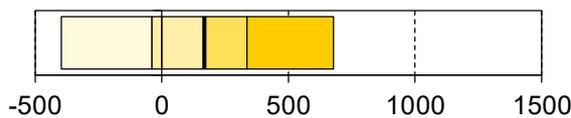
DAL der konventionell und ökologisch erzeugten Sommererbsen in Reinsaat [€/ha];

* Einzelfall mit -536 €/ha

Übersicht konventionell: Wesentliche Komponenten der DAL

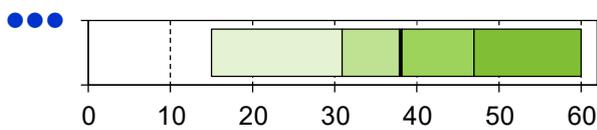
Dargestellt sind die Direkt- und arbeits-erledigungskostenfreie Leistung (DAL) und wesentliche Komponenten zu ihrer Berechnung.

Grün: Komponenten auf der Leistungsseite; **rot:** Komponenten auf der Kostenseite. Details finden sich auf den genannten Seiten.



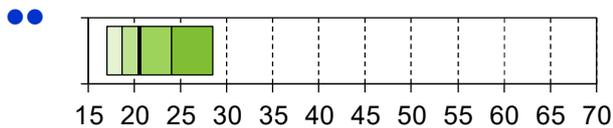
DAL [€/ha]: Unterschied zum Öko-Bereich ist trotz des deutlich höheren Ertrages auf den geringeren Erzeugerpreis zurückzuführen.

S. 121



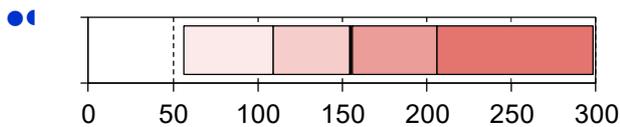
Ertrag [dt/ha]: Im Vergleich zu den Öko-Beständen \varnothing 40 % höherer Ertrag

S. 124



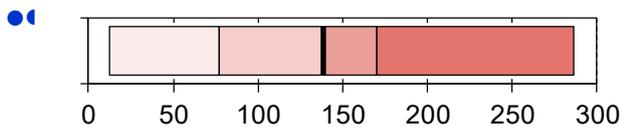
Betrieblicher Wert [€/dt]: Im Vergleich zu den Öko-Beständen fällt dieser um \varnothing 56 % niedriger aus.

S. 125



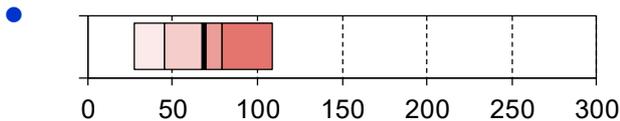
Bodenbearbeitung [€/ha]: Beinhaltet die Arbeitserledigungskosten für Grundbodenbearbeitung und Saatbettbereitung

S. 126



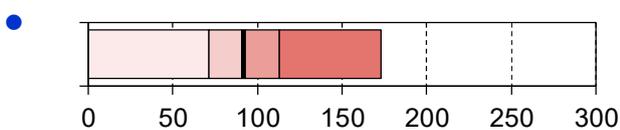
Saatgut [€/ha]: Im Mittel geringerer Saatgutpreis als ökologische Betriebe

S. 127



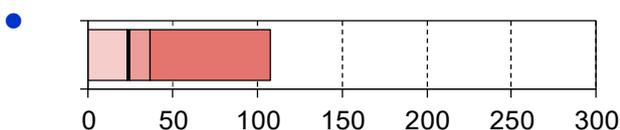
Aussaat [€/ha]: Beinhaltet die Arbeitserledigungskosten für die Aussaat

S. 128



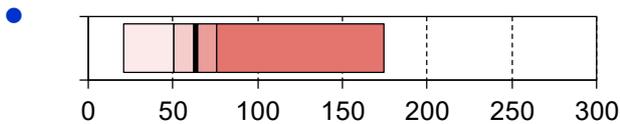
Unkrautregulierung [€/ha]: Summe der Kosten für Pflanzenschutzmittel und Arbeitserledigungskosten für Ausbringung sowie für mechanische Unkrautregulierung

S. 129



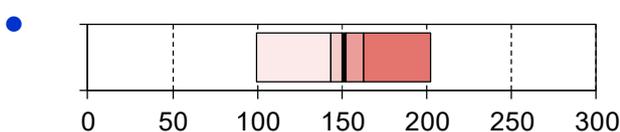
Weiterer Pflanzenschutz [€/ha]: Kosten für Fungizide, Insektizide und Sikkation (1 Fall) und Arbeitserledigungskosten für die Ausbringung

S. 130



Nährstoffentzug und Düngung [€/ha]: Höhere Erträge, aber niedrigere Nährstoffkosten als in Öko-Betrieben, incl. Ausbringung

S. 131



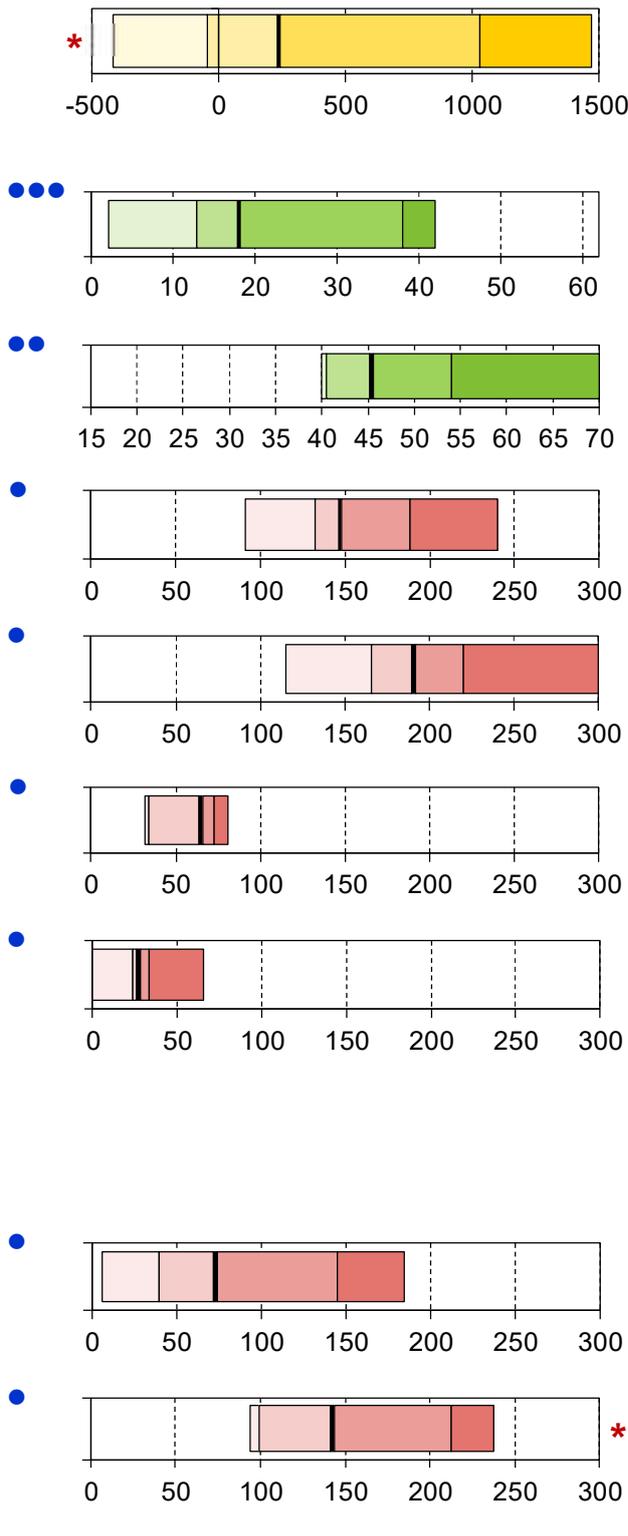
Drusch, Transport, Lagerung, Aufbereitung [€/ha]: Arbeitserledigungskosten für Ernte sowie für Transport, Lagerung, Trocknung und Aufbereitung nur bei Verkauf

S. 131

Übersicht ökologisch: Wesentliche Komponenten der DAL

Dargestellt sind die Direkt- und arbeits-erledigungskostenfreie Leistung (DAL) und wesentliche Komponenten zu ihrer Berechnung.

Grün: Komponenten auf der Leistungsseite; **rot:** Komponenten auf der Kostenseite. Details finden sich auf den genannten Seiten.



DAL [€/ha], * Einzelfall mit -536 €/ha: Unterschied zum konventionellen Anbau ist auf den höheren Erzeugerpreis trotz niedrigerer Erträge zurückzuführen. S. 121

Ertrag [dt/ha]: Im Vergleich zu den konventionellen Beständen Ø 40 % niedriger S. 124

Betrieblicher Wert [€/dt]: Im Vergleich zu den konventionellen Beständen Ø 56 % höher S. 125

Bodenbearbeitung [€/ha]: Beinhaltet die Arbeitserledigungskosten für Grundbodenbearbeitung und Saatbettbereitung S. 126

Saatgut [€/ha]: Im Mittel höherer Saatgutpreis als konventionelle Betriebe S. 127

Aussaat [€/ha]: Beinhaltet die Arbeitserledigungskosten für die Aussaat S. 128

Unkrautregulierung [€/ha]: Berücksichtigt sind die Arbeitserledigungskosten für die mechanische Unkrautregulierung. S. 129

Kein weiterer Pflanzenschutz

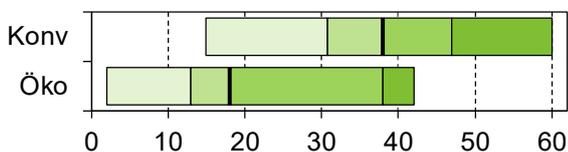
Nährstoffentzug und Düngung [€/ha]: Umfassen die Nährstoffkosten durch die Ernte incl. Arbeitserledigungskosten für die Ausbringung. S. 131

Drusch, Transport, Lagerung, Aufbereitung [€/ha], * Einzelfall mit 539 €/ha: Arbeitserledigungskosten für Ernte sowie für Transport, Lagerung, Trocknung und Aufbereitung nur bei Verkauf S. 131

Details zu den Komponenten der DAL

Ertrag

Unter den betrachteten Komponenten hat der Ertrag der Sommererbsen den größten Einfluss auf die Höhe der DAL. Die Höhe des Ertrages ist sowohl im konventionellen als auch im ökologischen Sommererbsenanbau die entscheidende Voraussetzung für ein zufriedenstellendes ökonomisches Ergebnis.



Ertrag [dt/ha]

Konventionelle Betriebe erzielten in den Jahren 2016 bis 2019 durchschnittliche Erträge von 36 bis 41,5 dt/ha. Über den betrachteten Zeitraum von vier Jahren lag der Ertragsmedian der konventionellen Betriebe bei 38 dt/ha. Auf 75 % der Schläge wurden mindestens 30,8 dt/ha und mehr geerntet.

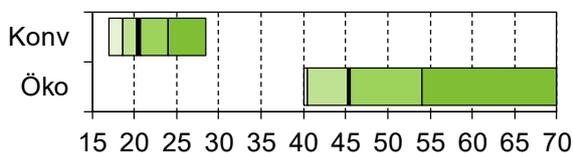
Im ökologischen Anbau lag das Ertragsniveau von Sommerkörnererbsen mit einem Ertrag von 18 dt/ha im Median um bis zu 50 % unter dem der konventionellen Betriebe. Ein Viertel der Öko-Betriebe drosch aber mindestens 38 dt/ha. Das durchschnittliche Ertragsniveau für Sommerkörnererbsen in den Öko-Betrieben in den betrachteten vier Jahren lag zwischen 19,5 und 25 dt/ha.

Trotz der durch Trockenheit gezeichneten Anbaujahre 2018 und 2019 blieben die durchschnittlich erzielten Erträge der Erbsen auf einem relativ konstanten Niveau. Zurückzuführen ist das auf die im Vergleich zu anderen Kulturarten kürzere Wachstumsphase und die damit verbundene relativ zeitige Abreife im Sommer. Bei Betrachtung der betriebsspezifischen Erträge in den verschiedenen Regionen Deutschlands zeigte sich jedoch der Einfluss der Trockenheit besonders in Mecklenburg-Vorpommern mit Öko-Erbsenerträgen von nur 2 bis 3,6 dt/ha. Das Ertragspotential der Sommerkörnererbsen im Praxisanbau spiegelt sich in den erzielten Maximalerträgen von bis zu 60 dt/ha im konventionellen und bis zu 42 dt/ha im ökologischen Anbau wider. Günstige Witterungsbedingungen sowie passende Bodenverhältnisse waren hierbei wesentliche Faktoren der Ertragsbildung.

Körnererbsen bringen auf humosen, tiefgründigen Lehmböden die besten Erträge. Ihr Leistungspotential können sie aber auch auf leichteren, flachgründigeren Böden ausschöpfen, wenn eine ausreichende Wasserversorgung zur Keimung, zur Blüte und zur Kornfüllung gesichert ist. Sie tolerieren einen gewissen Trockenstress.

Betrieblicher Wert

Für einen erfolgreichen ökonomischen Erbsenanbau ist, neben dem Ertrag, der erzielte Preis bei Vermarktung bzw. der zu kalkulierende Futterwert bei innerbetrieblicher Verwertung ein weiterer wichtiger Parameter. Da die geernteten Erbsen in einzelnen Betrieben zum Teil verfüttert und zum Teil verkauft wurden, wurde der „Betriebliche Wert“ errechnet. Er beschreibt den erzielbaren betriebsindividuellen Wert für Erbsen, ermittelt durch eine Mischkalkulation aus dem beim Verkauf erzielten Erzeugerpreis und dem Futtervergleichswert. Bei innerbetrieblicher Nutzung der Erbsen wurde ihr Futterwert bei einer Verfütterung an Schweine nach der Löhr-Methode (Hollmichel 2019) und bei Verfütterung an Rinder nach dem Vergleichswert Futter (Over et al. 2010) kalkuliert. Betriebsindividuelle und jahresspezifische Preise für Sojaextraktionsschrot und Weizen wurden hierzu herangezogen.



Betrieblicher Wert [€/dt]

Die Betrieblichen Werte konventionell und ökologisch erzeugter Erbsen weisen eine große Differenz auf. Während die konventionellen Erbsen im Median mit 20,50 €/dt vergütet wurden, lag der Median der

ökologischen Erbsen bei mehr als dem Doppelten, bei 45,40 €/dt. Auch die Preisspannen sind im Öko-Anbau deutlich größer und reichen von 40 bis 70 €/dt. Die erfassten Öko-Betriebe haben ihre Erbsen zu einem großen Teil zur Vermehrung angebaut und damit einen Preis von 50 bis 70 €/dt realisiert. Bei innerbetrieblicher Verfütterung oder Verkauf wurden Preise von 40,45 bis 45,80 €/dt erzielt.

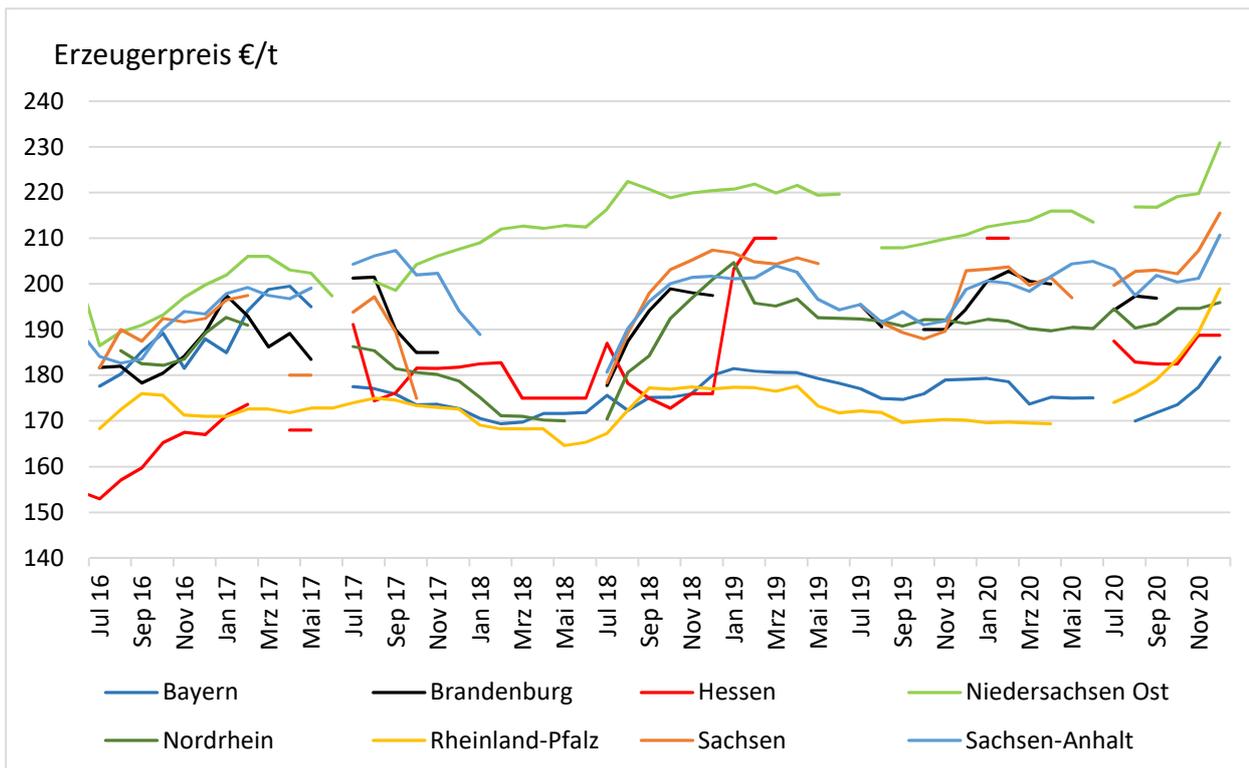
Die Preisspanne für konventionelle Erbsen war hingegen deutlich kleiner und lag zwischen 17 und 28,50 €/dt. Besonders bei der Vermarktung der konventionellen Ware fiel der Preis regional, jahresspezifisch und in Abhängigkeit der angelieferten Qualität (Lebensmittel, Futtermittel) sehr unterschiedlich aus.

Die Verkaufspreise der Erzeuger frei Erfassergelager für Erbsen in den Jahren 2016 bis 2020 lagen laut AMI (2021) in Niedersachsen-Ost und Schleswig-Holstein überwiegend über dem Preisniveau anderer Bundesländer, nicht zuletzt, weil die Firma Emsland-Stärke GmbH in Golßen und Emlichheim heimische Erbsen für die Herstellung von Stärke und Proteinen aufnimmt (vgl. Abb. nächste Seite).

Auch über individuelle Vermarktungswege, wie z. B. Verkauf als Taubenfutter (28,50 €/dt) konnten im Einzelfall hohe Erzeugerpreise realisiert werden.



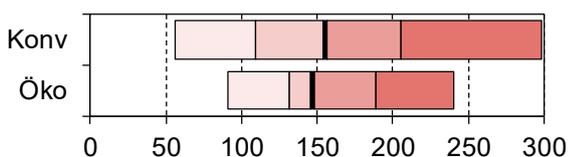
Ökonomische Ergebnisse / Details zur Sommerkörnererbse in Reinsaat



Entwicklung der Verkaufspreise der Erzeuger für Erbsen in verschiedenen Regionen (frei Erfassertlager (€/t)) von 2016 bis 2020 (AMI 2021)

Bodenbearbeitung

Die Arbeiterledigungskosten der Bodenbearbeitung inkl. Arbeit enthalten alle Maßnahmen zwischen Einarbeitung der Vorfruchtreste und der Saatbettbereitung zur Erbsenaussaat. Aufwendungen für einen möglichen Zwischenfruchtanbau bleiben bei den Kosten unberücksichtigt.



Kosten der Bodenbearbeitung [€/ha]

Im ökologischen Erbsenanbau wurde der Pflug in allen untersuchten Betrieben eingesetzt

und kann, abgesehen von der Bodenlockerung, auch als eine wichtige Maßnahme der Beikrautregulierung angesehen werden. Je nach Häufigkeit des Einsatzes bodenlockerner Geräte wie Grubber oder Egge variierten die Kosten der Bodenbearbeitung zwischen 92 und 240 €/ha.

Im konventionellen Erbsenanbau setzten lediglich 57,5 % der untersuchten Betriebe den Pflug vor Erbsen ein, während die übrigen Landwirte die Erbsen pfluglos bestellten und damit durchschnittlich 68 €/ha niedrigere Bodenbearbeitungskosten verursachten.

Auch bei den konventionellen Betrieben war es finanziell ausschlaggebend, mit welcher Häufigkeit Egge und Grubber eingesetzt wurden. Zwischen einer sehr extensiven bis

hin zu einer intensiven Bodenbearbeitung errechneten sich Unterschiede in den Kosten

von 180 €/ha bei pfluglosen Bearbeitungsverfahren und von 220 €/ha bei tiefwendenden Verfahren (siehe Tabelle).

Kosten der Bodenbearbeitung (€/ha) im konventionellen Sommererbsenanbau im DemoNetErBo 2016-2019 (n = 87)

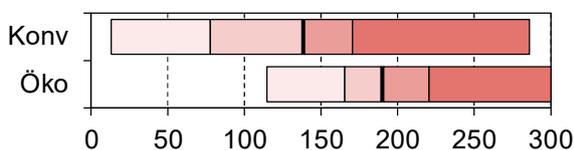
	Minimum	Mittelwert	Maximum
ohne Pflug (42,5 %)	56,18	118,79	235
mit Pflug (57,5 %)	77,86	187,17	298,10

Vor dem Hintergrund der Kosteneinsparung stellt sich die Frage, ob pfluglose Verfahren ökonomisch genauso erfolgreich sind wie der Erbsenanbau bei Pflugverfahren. Eine Gegenüberstellung der Erträge und der DAL beider Verfahren in den Jahre 2016 bis 2019 zeigt, dass relevante Unterschiede in den Erträgen nicht festgestellt werden konnten. Auch bei

der ackerbaulichen Auswertung zeigte sich bei den konventionellen Schlägen kein deutlicher Effekt des Grundbodenbearbeitungsgerätes auf den Ertrag (S. 66). Trotz höherer Kosten für den Pflugeinsatz sollte jedoch eine Entscheidung über den Einsatz des Pfluges nicht pauschal, sondern betriebs- und jahrespezifisch getroffen werden.

Saatgut

Im Sommererbsenanbau zeigen die Kosten für den Saatguteinsatz sowohl für den konventionellen als auch für den ökologischen Anbau eine große Spanne.



Saatgutkosten [€/ha]

Mit durchschnittlichen Aussaatmengen von 200 kg/ha (maximal 300 kg/ha) wurde in den Öko-Betrieben überwiegend zertifiziertes Saatgut oder Basissaatgut für die Vermehrung gewählt. Verbunden mit den im Vergleich zu den konventionellen Betrieben höheren

Saatgutpreisen errechneten sich dadurch durchschnittlich höhere Saatgutkosten. Diese Betriebe sind überwiegend in den drei oberen Vierteln mit Kosten zwischen 165 und 300 €/ha zu finden.

Knapp 30 % der konventionellen Landwirte bauten die Sommererbsen im Nachbau an. Aufgrund der niedrigen Nachbaupreise (Betrieblicher Wert zuzüglich Nachbaugebühr) sind diese Betriebe mit Saatgutkosten von 13 bis 150 €/ha besonders in der unteren Hälfte zu finden. Bei der Verwendung von zertifiziertem Saatgut oder Basissaatgut mussten die konventionellen Betriebe für die Erbsenausaat mit Kosten von 153 bis zu annähernd 290 €/ha kalkulieren. Unabhängig davon, welches Saatgut verwendet wurde, lag der

Ökonomische Ergebnisse / Details zur Sommerkörnererbse in Reinsaat

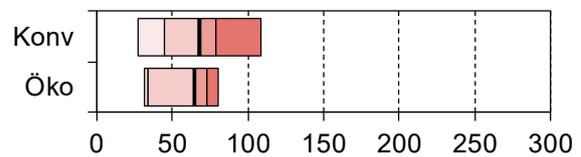
durchschnittliche Saatguteinsatz in den untersuchten konventionellen Demobetrieben in den vier Jahren zwischen 210 und

235 kg/ha mit einem Maximum von 340 kg/ha in einem einzelnen Betrieb.

Aussaat

Die Aussaat der Sommererbsen erfolgte in den konventionellen und ökologisch wirtschaftenden Betrieben mit unterschiedlichen Säverfahren. Sie reichte von der Direktsaat über Striptill und Mulchsaat bis hin zur Säkombination und Sämaschine. Die Variation in den Bestellsystemen und den Arbeitsbreiten erklärt auch die Unterschiede in den Kosten (Arbeitserledigungskosten), die in den konventionellen Betrieben zwischen 28 und 108 €/ha und in den ökologischen Betrieben zwischen 31 und 80 €/ha für die Sätechnik

ausmachen. Die durchschnittlichen Aussaatkosten liegen in beiden Anbausystemen bei 56 bis 65 €/ha und stellen damit eine relativ überschaubare Kostenposition in der ökonomischen Erfolgsrechnung dar.

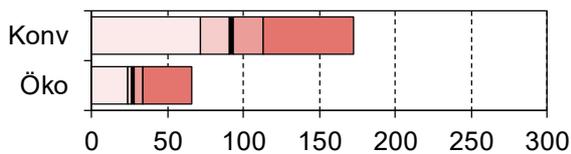


Aussaatkosten [€/ha]



Unkrautregulierung

Erbsen sind aufgrund ihrer langsamen Jugendentwicklung wenig konkurrenzstark gegenüber Unkräutern und Ungräsern. Eine Spätverunkrautung kann zudem die Ernte erschweren und zu hohen Feuchtegehalten im Erntegut führen. Eine erfolgreiche Kontrolle von Unkräutern und Ungräsern hat daher wesentlichen Einfluss auf den Ertrag. Im konventionellen Anbau werden auf Standorten mit hohem Gräserdruck und/oder dem Auftreten von Herbizidresistenzen gerade in Körnerleguminosen z. T. kostenintensive Gräserbekämpfungen durchgeführt. Während hier die chemische Unkrautregulierung mit mechanischen Verfahren kombiniert werden kann, können ökologische Betriebe lediglich auf mechanische Unkrautregulierungsverfahren zurückgreifen. Der Einfluss der Arbeitsleistungskosten für die Unkrautregulierung auf die DAL ist besonders in den ökologischen Betrieben als gering zu bewerten, in den konventionellen Betrieben ist er allerdings betriebsindividuell manchmal höher.



Kosten der Unkrautregulierung [€/ha]

In den ökologischen Demonstrationsbetrieben wurden die Sommererbsen durchschnittlich 2,5-mal gestriegelt. In besonders

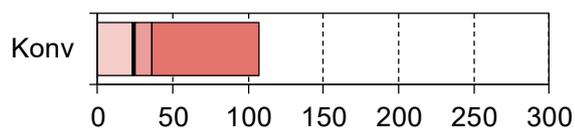
unkrautreichen Beständen wurde der Striegel bis zu fünfmal eingesetzt. Mit durchschnittlichen Kosten von 13 € je Striegeleinsatz bewegen sich die Arbeitserledigungskosten für die mechanische Unkrautbehandlung zwischen 0 und 66 €/ha.

Die Kosten der Unkrautregulierung in den konventionellen Betrieben mit einem Mittelwert von durchschnittlich 90 €/ha ist die Summe der Kosten für die eingesetzten Herbizide zuzüglich der Arbeitserledigungskosten für die Ausbringung sowie für die mechanische Unkrautregulierung mit Striegel. 16 % der Betriebe striegelten ihre Erbsenbestände zwischen ein und viermal und konnten so auf den Einsatz von Herbiziden z. T. verzichten bzw. ihn reduzieren.

Der Großteil der Kosten für die Unkrautregulierung wurde in den konventionellen Betrieben durch den Einsatz von Herbiziden verursacht. Mit durchschnittlich 1,1 Überfahrten errechneten sich reine Spritzmittelkosten von durchschnittlich 70,30 €/ha. Diese Kosten stiegen auf bis zu 137 €/ha in besonders verunkrauteten Erbsenbeständen oder auf Problemgräserstandorten an. Die im Vergleich zu den Öko-Betrieben relativ intensive Unkrautbekämpfung in den konventionellen Betrieben führte zu den im Mittel hohen Unkrautregulierungskosten von 89 €/ha. Große betriebsindividuelle Unterschiede sind an der großen Spannweite der Kosten von 0 bis 173 €/ha zu erkennen.

Weiterer Pflanzenschutz

Auch der Einsatz von Fungiziden und Insektiziden bleibt den konventionellen Betrieben vorbehalten. Die Kosten für Fungizide, Insektizide und Sikkation (1 Fall) inklusive der Ausbringungskosten (Arbeits- erledigungskosten) lagen in den untersuchten Betrieben zwischen 0 und 107 €/ha. Dabei hatten drei Viertel der Betriebe maximale Kosten bis zu 36 €/ha, die Hälfte sogar nur bis durchschnittlich 23 €/ha. Der Einfluss dieser Kosten auf die DAL ist als gering zu bewerten. Der Einfluss kann allerdings sehr betriebs- individuell ausfallen.



Kosten für weiteren Pflanzenschutz (nur konv.) [€/ha]; auf ca. einem Drittel wurde kein weiterer Pflanzenschutz durchgeführt

Mit durchschnittlichen 0,23 Überfahrten pro Jahr wurden bei den Fungiziden in den Sommererbsenbeständen schwerpunktmäßig Ortiva und Folicur gegen Mehltau, Rost und Brennflecken eingesetzt.

Intensiver wurden die Erbsenbestände zur Regulierung von beißenden und saugenden Insekten mit durchschnittlich 0,71 Überfahrten pro Jahr befahren. Die Kosten für den Einsatz von Insektiziden lagen zwischen 0 und maximal 32 €/ha.

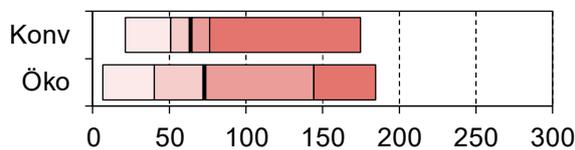
In der Auflaufphase der Erbsen zeigten sich Schäden des Blattrandkäfers durch Buchtenfraß an den Blättern und im weiteren Wachstumsverlauf durch Käferlarvenfraß an den Knöllchen. Da eine Bekämpfung lediglich des Käfers, nicht aber der Larven möglich ist, wurden bei Überschreitung der Schadschwelle von mehr als 50 Prozent befallener Pflanzen pyrethroidhaltige Insektizide wie Karate Zeon, Shock Down oder Kaiso Sorbie in einzelnen Betrieben eingesetzt.

Bei Auftreten der grünen Erbsenblattlaus, die als Überträger von Virose und vor allem des seit 2016 zu beobachtenden Nanovirus gilt, wurden schwerpunktmäßig Pyrethroide ausgebracht und z. T. mit dem Wirkstoff Pirimicarb kombiniert. So konnten auch versteckt unter der Blattunterseite sitzende Blattläuse erreicht werden.



Nährstoffentzüge und Düngung

Zur Bewertung der Düngekosten wurde der Düngebedarf über die tatsächliche Nährstoffabfuhr über das Erntegut bewertet. Es wurde unterstellt, dass die durch den Kornertrag abgefahrenen Reinnährstoffe Phosphor, Kalium und Magnesium in Form einer mineralischen Düngung zugeführt werden. Jahresaktuelle Reinnährstoffpreise wurden hierfür verwendet (siehe Tabelle S. 117). Es wurde unterstellt, dass die Erbse als Leguminose Stickstoffselbstversorger ist und daher keine Stickstoffdüngung benötigt. Die Maschinenkosten (Arbeitserledigungskosten) für die Düngung wurden mit in die Kostenberechnung einbezogen. Eine Bewertung einer Strohausgleichsdüngung und Kalkung wurde nicht vorgenommen, da diese in der Regel Fruchtfolgemaßnahmen sind, deren Kosten auf die gesamte Fruchtfolge umzulegen sind.



Kosten für Nährstoffentzüge und Düngung [€/ha]

Gute bis sehr gute Erträge führten demzufolge zu einer höheren Nährstoffabfuhr und damit verbundenen höheren Kosten bei den Nährstoffentzügen. Das sehr unterschiedliche Preisniveau der Nährstoffe im ökologischen und im konventionellen Anbau muss bei Interpretation der Düngekosten bedacht werden. So ist zu erklären, dass die Kosten für Nährstoffentzüge und Düngung trotz eines allgemein niedrigeren Ertragsniveaus der Öko-Sommererbsen auf einem ähnlichen Kostenniveau liegen wie die Kosten bei den konventionellen Erbsen. Der Median für Ertrag und Nährstoffkosten bei den Öko-Erbsen lag bei 18 dt/ha und 73 €/ha, der bei den konventionellen Erbsen bei 38 dt/ha und 64 €/ha.

Der Einfluss der Nährstoffkosten im Sommererbsenanbau auf das Ergebnis der DAL ist als gering einzustufen. In Betrieben, die hohe Erträge erzielen und die zudem noch ökologisch wirtschaften, kann der Einfluss dieser Kosten auf die DAL betriebsindividuell höher sein (Maximalertrag öko 42 dt/ha mit Nährstoffkosten von 185 €/ha).

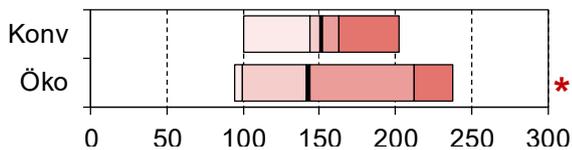
Drusch, Transport, Trocknung, Lagerung und Aufbereitung

Verschiedene Faktoren haben auf die Höhe der hier abgebildeten Kostengruppe großen Einfluss. Je nach Flächengröße und/oder Maschinenausstattung bzw. -verfügbarkeit kamen Mähdrescher mit Arbeitsbreiten von 4 bis 10,5 Metern zum Einsatz. Nach dem KTBL-Feldarbeitsrechner verursachten die Mähdrescher mit großer Arbeitsbreite durch eine höhere Flächenleistung deutlich geringere

Druschkosten (Arbeitserledigungskosten) als Mähdrescher mit geringerer Arbeitsbreite, deren Kosten auf bis über 200 €/ha lagen. Besonders in den kleineren Betrieben und Ökobetrieben wurde ältere, z.T. bereits abgeschriebene Druschtechnik mit geringer Arbeitsbreite eingesetzt, die nach KTBL zu unverhältnismäßig hohen betriebsindividuellen Druschkosten geführt hätte. Aus diesem

Ökonomische Ergebnisse / Details zur Sommerkörnererbse in Reinsaat

Grund wurde die Höhe der Druschkosten auf 150 €/ha begrenzt, die Druschkosten lagen somit in einer Spanne von 85 bis 150 €/ha.



Kosten für Drusch, Transport, Trocknung, Lagerung und Aufbereitung [€/ha];

* Einzelfall mit 539 €/ha

Die Kosten für die Trocknung, Lagerung und Aufbereitung gingen in die Kostenkalkulation ein, wenn die Erbsen verkauft wurden. Bei innerbetrieblicher Verwertung in der Fütterung wurden diese Kosten hingegen der Tierhaltung zugerechnet.

Für Trocknung, Kaltbelüftung und Lagerung mussten die konventionellen und ökologischen Betriebe durchschnittlich 5 bis 38 €/ha im Mittel der vier Untersuchungsjahre veranschlagen. Aufgrund der besonderen Vermarktung als Saatgut in einem Öko-Betrieb (Einzelfall) - er musste die Kosten für Trocknung, Reinigung und Verpackung von

10 €/dt selber tragen - lagen hier die Kosten bei 380 €/ha. Sie sind Folge des besonderen Vermarktungsweges und als Ausnahme zu betrachten.

In Abhängigkeit von Erntemenge und Transportstrecke muss für den Transport der Erbsen in den vier Jahren mit durchschnittlichen Kosten von 13 bis 18 €/ha kalkuliert werden. Bei größeren Entfernungen und Transportmengen stiegen die Kosten auf bis zu 87 €/ha an.

Ohne Berücksichtigung des Ausnahmefalles des Öko-Betriebes liegen die Arbeits-erledigungskosten für Drusch, Trocknung, Lagerung und Aufbereitung sowohl im Ökobereich als auch im konventionellen Bereich in einer vergleichbaren Kostenspanne von 94 bis 237 €/ha im Ökoanbau und 100 bis 202 €/ha im konventionellen Erbsenanbau.

Die dargestellten Kosten können je nach Jahr, Maschinenverfügbarkeit und Absatzweg mehr oder weniger stark streuen und damit das ökonomische Ergebnis entsprechend beeinflussen.



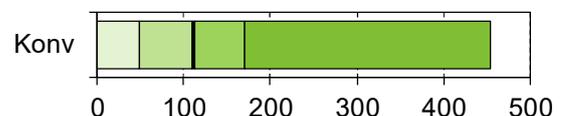
Wie den Vorfruchtwert bewerten?

Körnerleguminosen besitzen bekanntermaßen einen besonderen Vorfruchtwert. Bei einer Anbauentscheidung für die Körnerleguminosen sollten darum ihre vielen pflanzenbaulichen Vorteile in der Fruchtfolge auch monetär berücksichtigt werden und in die Kalkulation der DAL einfließen. So ist der Vorfruchtwert als monetäre „Zusatzleistung“ zur DAL der Körnerleguminose zu verstehen.

Als wesentliche Elemente des Vorfruchtwertes von Körnerleguminosen im Vergleich zu einer Getreidevorfrucht wurden von den Landwirten des Demonstrationsnetzwerkes die Faktoren Mehrertrag der Folgefrucht, Stickstoffeinsparung zur Folgefrucht, Einsparungen bei der Bodenbearbeitung (pfluglose Saatbettbereitung zur Folgefrucht und z. T. zur Körnerleguminose) und arbeitswirtschaftliche Aspekte genannt. Jahres- und betriebspezifisch wurden diese Zusatzleistungen berechnet und durch den monetären Vorfruchtwert abgebildet. Zahlreiche weitere Vorteilswirkungen durch die Körnerleguminosen, wie verbesserte Bodenfruchtbarkeit, Fruchtfolgeauflockerung, Unterbrechung von Infektionszyklen wichtiger Getreide- und Rapskrankheiten, Maßnahmen des Resistenzmanagements (Gräser), Erhöhung der Biodiversität in der Agrarlandschaft, Bereitstellung von Insektentracht usw. wurden hierbei nicht monetär berechnet, sind aber wichtige weitere Fruchtfolgewirkungen. Grundsätzlich gilt, dass der Vorfruchtwert der Leguminosen mit abnehmender Standortbonität und zunehmenden Fruchtfolgeproblemen steigt.

In vierjährigen Erhebungen in konventionell wirtschaftenden Betrieben wurde auf Basis der jeweiligen Marktpreise von der Betriebsleitung ein Vorfruchtwert für Erbsen von im

Mittel rund 125 €/ha geschätzt. Den Hauptanteil der Vorfruchtleistung machte dabei der monetäre Mehrertrag der Folgekultur aus, der durchschnittlich mit 90 bis 125 €/ha angegeben wurde. Der hohe Vorfruchtwert ist auch der Stickstofffixierung geschuldet. Neben der Tatsache, dass Leguminosen selbst keinen Stickstoffdünger benötigen, kann durch das Hinterlassen des gebundenen Luftstickstoffs in Wurzeln und Ernteresten im Boden auch in der Folgekultur jahres- und standortabhängig Stickstoff eingespart werden. Die befragten Landwirte schätzten die Einsparungen auf 25 bis 30 kg N/ha. Die Möglichkeit der Maschinenkosteneinsparungen (variabel und fix zzgl. Arbeit) nach Erbsen wurde von den Betrieben mit durchschnittlich 14 €/ha veranschlagt.



Von der Leitung der konventionellen Betriebe geschätzter Vorfruchtwert [€/ha]

Da Leguminosen ein tragender Grundbaustein ökologischer Anbausysteme sind und sie in der Fruchtfolge nicht ohne weiteres durch eine Getreideart in der Fruchtfolge ersetzt werden können, ist hier der Vorfruchtwert eher eine „theoretische“ Größe. Viele der befragten Landwirte konnten daher keine Angaben zum Vorfruchtwert machen.

Die wenigen ökologisch wirtschaftenden Demobetriebe gaben vor allem den Mehrertrag der Folgefrucht als wesentlichen Faktor des Vorfruchtwertes bei Erbsen an. Durch das höhere Preisniveau bedingt, lagen hier die geschätzten Vorfruchtwerte für Erbsen im Mittel bei 210 €/ha.

Ökonomische Einschätzung der Körnererbse im Gemengeanbau

Der Gemengeanbau ist eine Form des Mischanbaus, bei dem meistens eine Leguminose mit einer Nichtleguminose kombiniert und zeitgleich auf einem Schlag angebaut und geerntet werden. Diese Art von Mischfruchtanbau hat im ökologischen Landbau eine lange Tradition.

Bei den Druschfrüchten sind Gemenge aus Erbsen und Getreide am häufigsten zu finden. Als sehr ertragsstabil hat sich die Gerste bewährt, es funktionieren aber auch Triticale, Futterweizen und Hafer. Die Getreidepflanzen dienen in Mischungen mit Erbsen vorrangig als Stützfrucht. Sie verbessern die Standfestigkeit der Leguminose und reduzieren die Spätverunkrautung dank der besseren Bodenbedeckung. Nährstoffe, Wasser und Licht werden effizienter genutzt, Schädlinge und Krankheiten treten seltener auf und die Biodiversität auf dem Acker wird erhöht. Das

Risiko möglicher Ernteaufälle durch Witterungsunwägbarkeiten, auch im Zusammenhang mit den klimatischen Veränderungen, oder aber infolge eines Schädlingsbefalls wird durch den Gemengeanbau deutlich reduziert.

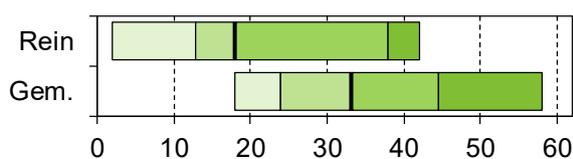
Der Anbau von Gemengen aus Leguminosen und Nichtleguminosen wurde bevorzugt in den ökologisch wirtschaftenden Demonstrationsbetrieben langjährig praktiziert. Die Gemenge wurden sowohl im Sommeranbau (Sommererbse mit Hafer, Sommergerste oder Leindotter (in Erprobung) oder als Wintergemenge (Wintererbsen mit Triticale oder Roggen) zur Körnernutzung angebaut. Durch die Züchtung frosttoleranter Wintererbsen wurde der Anbau des Gemenges als Winterfrucht möglich. Vor allem in sommertrockenen Lagen kann so die Frühjahrsfeuchtigkeit optimal genutzt werden.



Sommererbsengemenge

Die hier dargestellten Ergebnisse des Sommergemengeanbaus basieren auf einer überschaubaren Zahl von Öko-Schlägen (n = 12) aus den Jahren 2016 bis 2019. Ihre eingeschränkte Aussagefähigkeit ist bei Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen. Konventionelle Gemengebestände waren in der Untersuchung nicht vertreten.

Bei Vergleich der Gesamterträge der Körnererbsen in Reinsaat und Gemengeanbau ist ein deutlicher Ertragseffekt zugunsten des Gemenges abzulesen. Selbst im ungünstigsten Fall erzielte das Gemenge einen Gesamtertrag von 18 dt/ha, während der Ertragsmedian bei den Sommererbsen in Reinsaat lediglich bei 18 dt/ha lag. In den besonders durch Trockenheit gezeichneten Anbaujahre 2018 und 2019 verzeichneten die Körnererbsen in Reinsaat besonders in Mecklenburg-Vorpommern große Ertragseinbußen, während der Getreidepartner der dort angebauten Gemenge die trockenheitsbedingten Ertragsrückgänge der Erbse zum Teil abmildern konnte.

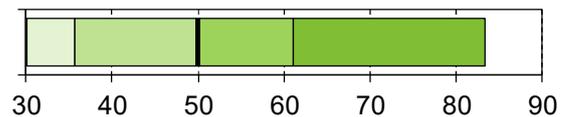


Gesamtertrag von Rein- und Gemengeanbau, nur ökologisch, nur Sommererbsen [dt/ha]

Zahlreiche Untersuchungen bestätigen, dass sich der durchschnittliche Ertrag durch den Gemengeanbau z. T. sogar um 5 bis 15 Prozent erhöht – vor allem dann, wenn ungünstige Standortbedingungen vorherrschen (Link S. 155).

Nach Angaben der Betriebsleiter lag der Erbsenanteil im Erntegut in den Gemengen mit Hafer oder Sommergerste zwischen 30

und 64 %. Die höchsten Erbsenanteile von 80 % im Erntegut waren in den Erbsen-Leindottergemengen zu finden. Der feinkörnige Leindotter brachte einen Kornertrag von 3 bis 6,7 dt/ha, wurde aber mit einem Erzeugerpreis von 80 bis 100 €/dt für Öko-Ware entsprechend hoch vergütet. Die Variation der Anteile der jeweiligen Gemengepartner am Erntegut unterliegt zahlreichen Einflussfaktoren und ist nicht klar vorhersagbar.



Erbsenanteil im Erntegut beim Gemengeanbau, nur ökologisch, nur Sommererbsen [%]

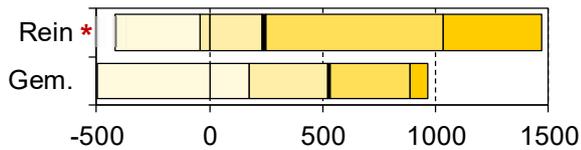
Bei einer Gegenüberstellung der betriebswirtschaftlichen Ergebnisse der ökologisch angebauten Erbsen in Reinsaat mit den der Sommererbsengemenge zeigt sich eine deutlich größere Streuung der DAL bei der Reinsaat als beim Gemenge. Hingegen weisen die arithmetischen Mittel der DAL mit 457 €/ha im Vergleich zum Median bei dieser kleinen Anzahl Fälle keinen Unterschied zwischen Reinsaat und Gemenge auf (s. u.).

50 % der Gemenge erzielten eine DAL von mindestens 529 €/ha bis maximal 965 €/ha, 75 % der Gemenge erzielten sogar eine positive DAL von mindestens 174 €/ha. Die Gemenge wurden überwiegend in der innerbetrieblichen Fütterung eingesetzt oder an das Kraftfutterwerk vermarktet. Sie erzielten durchschnittliche Betriebswerte für die Erbse von 41,79 €/dt und für den Gemengepartner von 35,68 €/dt. Bei der Vermarktung von Gemengen sollte vor dem Anbau der Absatz geklärt werden, denn viele

Ökonomische Einschätzung der Körnererbse im Gemengeanbau

Abnehmer müssen sich erst noch auf die Annahme von Leguminosen-Getreide-Gemengen einstellen.

Mit einer negativen DAL von -499 €/ha musste ein Gemeindebestand in 2018 als Folge der Trockenheit über die Biogasanlage verwertet werden und erzielte darüber nur einen geringen Erlös von 240 €/ha. Die Kosten des Anbaus konnten nicht gedeckt werden.



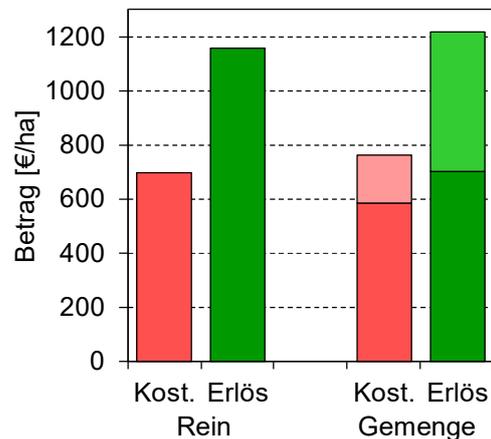
DAL Rein- und Gemengeanbau, nur ökologisch angebaute Sommererbsen [€/ha];

** Einzelfall mit -536 €/ha*

Der Median der DAL der ökologisch erzeugten Erbsen in Reinsaat lag im Vergleich zum Gemenge um knapp 300 €/ha niedriger bei 240 €/ha. Die Streubreite des ökonomischen Erfolgs ist mit -535 €/ha bis 1472 €/ha DAL in den ökologischen Betrieben deutlich höher. Mit durchschnittlich höheren Erzeugerpreisen für die Leguminose von 48,48 €/dt konnten die Betriebe die Erbsen am Markt platzieren. Besonders erfolgreich waren die Vermehrungsbetriebe, die bei hohen Erträgen auch

hohe Erzeugerpreise von bis zu 70 €/dt realisieren konnten.

Der Gemengeanbau von Erbsen mit Hafer, Sommergerste oder Leindotter verursacht höhere Produktionskosten von durchschnittlich gut 60 €/ha, zurückzuführen darauf, dass beim nichtlegumem Gemengepartner die Stickstoffabfuhr über das Erntegut in die Kostenpositionen einfließt. Die höheren Kosten werden durch einen höheren durchschnittlichen Erlös ausgeglichen. Im Mittel der Jahre und Betriebe lagen bei beiden Anbauvarianten die Mittelwerte der DAL mit 457 €/ha auf vergleichbarem Niveau.



Mittelwerte der Kosten und Erlöse bei Rein- und Gemengeanbau, nur ökologisch [€/ha] (dunkel Erbse, hell Gemengepartner)



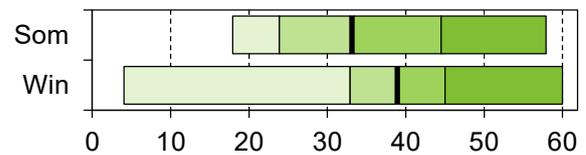
Wintererbsengemenge

Wintererbsen in Gemenge mit Triticale und Roggen wurden in den teilnehmenden ökologisch wirtschaftenden Demonstrationsbetrieben häufiger angebaut als Sommererbsengemenge. Im Rahmen der Datenerhebung konnten 19 Schläge in den vier Anbaujahren erfasst und ausgewertet werden. Eine eingeschränkte Aussagefähigkeit der Ergebnisse ist aufgrund der überschaubaren Zahl an Datensätzen dennoch zu berücksichtigen. Konventionelle Wintererbsenbeständen waren in der Untersuchung nicht vertreten.

Die Erträge der Gemenge zeigen eine stärkere Streuung bei den Wintererbsengemengen von 4 bis 60 dt/ha, bei gleichzeitig tendenziell höherem Ertragsniveau im Vergleich zu den Sommergemengen. Aufgrund der extremen Trockenheit in 2018 erlitt ein Betrieb in Bayern nahezu einen Totalausfall des Wintererbsengemenges. Die Ertragssituation aller übrigen 18 Wintererbsengemenge in den vier Anbaujahren war hingegen deutlich besser, hier lag der Mindestertrag bei 25 dt/ha.

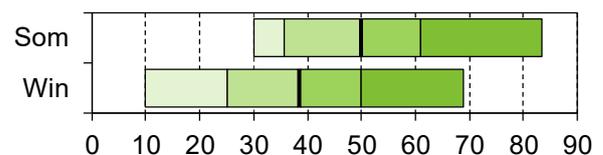
Während im Sommergemengeanbau 50 % der Sommergemenge einen Ertrag von mindestens 33 dt/ha entwickelten, konnten diesen Mindestertrag 75 % der Wintergemengebestände erreichen. Dies weist auf ein tendenziell höheres Ertragspotential der Wintergemenge hin.

Im Vergleich zu den Gemengefrühjahrssaaten blühen die Wintererbsen vor der Sommer-trockenheit und können mehr Hülsen ansetzen. Auch sind sie aufgrund der zeitigen Entwicklung toleranter gegenüber Schädlingen wie z. B. Blattläusen. Oftmals sind auch im Herbst günstigere Saatbedingungen als im Frühjahr (FiBL 2017).



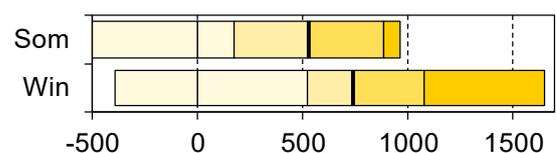
Gesamtertrag von Sommer- und Wintererbsen im Gemengeanbau, nur ökologisch [dt/ha]

Der Erbsenanteil im Erntegut variiert von Jahr zu Jahr und ist nicht vorhersagbar. In den über die vier Anbaujahre untersuchten Gemengebeständen scheint der Erbsenanteil im Wintergemenge tendenziell niedriger zu sein als im Sommergemenge.



Erbsenanteil im Erntegut von Sommer- und Wintererbsen im Gemengeanbau, nur ökologisch [%]

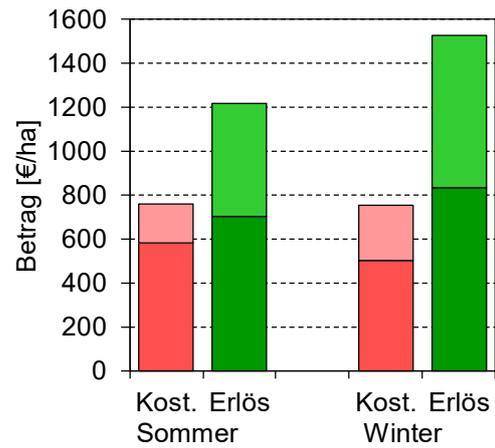
Eine Gegenüberstellung der ökonomischen Leistung der ökologisch angebauten Sommer- und Wintererbsengemenge verdeutlicht die ökonomische Leistungsfähigkeit der Wintergemenge von Erbsen mit Triticale oder Roggen. Bei gleichen Produktionskosten konnte in den Jahren 2016 bis 2019 in 75 % der untersuchten Wintererbsengemenge eine DAL von über 500 €/ha erwirtschaftet werden, während diesen ökonomischen Ertrag lediglich 50 % der Sommererbsengemenge erreichten.



DAL Sommer- und Wintererbsen im Gemengeanbau, nur ökologisch [€/ha]

Ökonomische Einschätzung der Körnererbse im Gemengeanbau

Wurde das Erntegut bei guten Preisen und guter Qualität erfolgreich vermarktet, z. B. als Saatgut, konnten in diesen ökologisch wirtschaftenden Betrieben besonders gute ökonomische Ergebnisse erzielt werden (die höchsten ökonomischen Ergebnisse im Vergleich zu Reinsaat und Sommererbsengemeinde im Öko-Anbau).



Mittelwerte der Kosten und Erlöse bei Sommer- und Wintererbsengemengeanbau, nur ökologisch [€/ha] (dunkel Erbse, hell Gemengepartner)



Praxisbeispiele

Auf den folgenden Seiten werden Beispiele erfolgreichen Anbaus von Körnererbsen detailliert vorgestellt – 2 konventionelle und 2 ökologische Schläge mit Sommerkörnererbse in Reinsaat sowie 2 ökologische Schläge

mit Wintererbsengemengen. Neben den Daten zu Standort, Bewirtschaftungsmaßnahmen und Bestandesentwicklung sind auch die betriebswirtschaftlichen Zahlen dargestellt.



Sommerkörnererbse (H. Schmidt, L. Langanky)

Beispiel SK1 – konventionell

Standort:

Ackerzahl 78, stark toniger Schluff (Ut4)
12 % Sand, 67 % Schluff, 21 % Ton
Steinanteil ca. 1 %, Bodensonde: max. bis
Ø 75 cm, keine Verdichtungen
2,0 % organische Substanz, pH 7,1
Vor Saat in 0-90 cm:
213 kg/ha N_{min} und 194 l/m² Wasser



Vorbewirtschaftung (10 Jahre):

Grubber, max. 15 cm tief
70 % Druschfrüchte, 70 % Winterfrüchte,
kein Zwischenfruchtanbau; 0 % Erbse

Bewirtschaftung bis zur Saat:

06.11.17 Ernte Zuckerrübe
09.12.17 Grubber (schwer, 15 cm)
25.03.18 Grubber (5 cm)

Saatgut:

Sorte 'Alvesta'; Keimfähigkeit 70 % & Triebkraft 65 %; Potential (zu 'Astronaute'):
Ertrag -1,4 dt/ha, Protein -0,7 %
Nachbau-Saatgut
Keine Beizung, keine Impfung

Beispiel SK2 – konventionell

Standort:

Ackerzahl 80, mittel schluffiger Ton (Tu3)
6 % Sand, 59 % Schluff, 31 % Ton
Steinanteil ca. 7 %, Bodensonde: max. bis
Ø 73 cm, keine Verdichtungen
2,2 % organische Substanz, pH 7,3
Vor Saat in 0-90 cm:
112 kg/ha N_{min} und 231 l/m² Wasser



Vorbewirtschaftung (10 Jahre):

Pflug, 25 cm tief
60 % Druschfrüchte, 30 % Winterfrüchte,
kein Zwischenfruchtanbau; 10 % Erbse

Bewirtschaftung bis zur Saat:

27.07.17 Ernte Sommergerste
01.08.17 Grubber (15 cm)
20.09.17 Grubber (20 cm)
15.11.17 Pflug (25 cm)

Saatgut:

Sorte 'Alvesta'; Keimfähigkeit 88 %, Triebkraft 88 %; Potential (zu 'Astronaute'):
Ertrag -1,4 dt/ha, Protein -0,7 %
Z-Saatgut
Keine Beizung, keine Impfung

Fortsetzung Beispiel SK1 - konventionell

Saat bis Ernte:

25.03.18 Packer, Kreiselegge, Drillmaschine
80 kf. K./m², 4,5 cm tief, 12,5 cm Reihe

26.03.18 Herbizid (Stomp Aqua & Boxer)

28.05.18 Fungizid & Insektizid (Folicur,
Pirimor)



Temperatur: Ø Juni 17,7 °C

Niederschlag: 2 Wochen n. Saat bis 3 Wochen vor Ernte 177 l/m², keine Beregnung

Ende Blüte: 2 % Unkrautdeckungsgrad, homogener Bestand (4,0), wenig Wurzeln mit *Fusarium oxysporum* (10 %), wenig Wurzelschäden (1,9) Bestandeshöhe 93 cm, kaum Blattläuse (0,5)



10.07.18 Drusch, 58 dt/ha (86 % TS),
Handernte 80 dt/ha,
22,1 % Protein (i. d. TS)

Fortsetzung Beispiel SK2 - konventionell

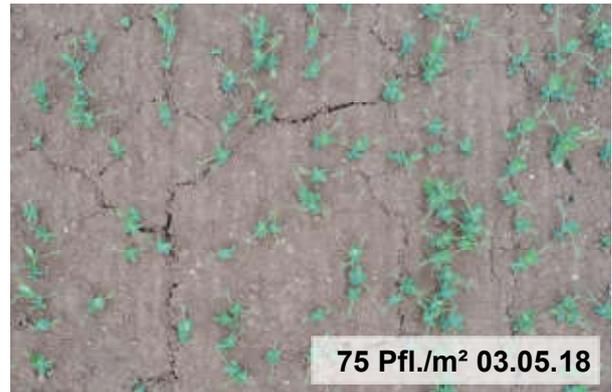
Saat bis Ernte:

02.04.18 Packer, Kreiselegge, Drillmaschine
80 kf. K./m², 3,0 cm tief, 12,5 cm Reihe

11.04.18 Herbizid (Bandur)

24.04.18 Insektizid (Karate Zeon)

21.05.18 Insektizid (Karate Zeon)



Temperatur: Ø Juni 19,7 °C

Niederschlag: 2 Wochen n. Saat bis 3 Wochen vor Ernte 140 l/m², keine Beregnung

Ende Blüte: 0 % Unkrautdeckungsgrad, homogener Bestand (3,9), keine Wurzeln mit *Fusarium oxysporum*, mittlere Wurzelschäden (2,7) Bestandeshöhe 82 cm, kaum Blattläuse (0,1)



17.07.18 Drusch, 53 dt/ha (86 % TS),
Handernte 63 dt/ha,
22,5 % Protein (i. d. TS)

Praxisbeispiele

Beispiel SÖ1 – ökologisch

Standort:

Ackerzahl 45, mittel sandiger Lehm (Ls3)
45 % Sand, 33 % Schluff, 22 % Ton
Steinanteil ca. 20 %, Bodensonde: max. bis
Ø 30 cm, auch Unterboden steinig
2,4 % organische Substanz, pH 6,2
Vor Saat in 0-90 cm:
66 kg/ha N_{min} und 73 l/m² Wasser



Vorbewirtschaftung (10 Jahre):

Ökologisch seit 2008
Pflug, max. 25 cm tief
40 % Druschfrüchte, 60 % Winterfrüchte,
keine Zwischenfrüchte; 40 % Leguminosen
davon 10 % Erbse

Bewirtschaftung bis zur Saat:

01.09.17 Kartoffelernte
15.09.17 Grubber (10 cm)
03.04.18 Pflug (22 cm)

Saatgut:

Sorte 'Salamanca'; Keimfähigkeit 81 %,
Triebkraft 74 %; Potential (zu 'Astronaute'):
Ertrag -1,7 dt/ha, Protein 0 %
Basis-Saatgut
Keine Beizung, keine Impfung

Beispiel SÖ2 – ökologisch

Standort:

Ackerzahl 45, schwach lehmiger Sand (Sl3)
43 % Sand, 33 % Schluff, 24 % Ton
Steinanteil 15 %, Bodensonde: max. bis
Ø 46 cm, auch Unterboden steinig
3,4 % organische Substanz, pH 6,4
Vor Saat in 0-90 cm:
162 kg/ha N_{min} und 185 l/m² Wasser



Vorbewirtschaftung (3 Jahre):

Ökologisch seit 2016
Pflug, max. 18 cm tief
60 % Druschfrüchte, 60 % Winterfrüchte,
30 % mit Zwischenfrucht; 30 % Leguminosen,
keine Erbse

Bewirtschaftung bis zur Saat:

20.10.18 Körnermaisernte
01.11.18 Stoppeln schlegeln
28.03.19 Pflug (18 cm)

Saatgut:

Sorte 'Alvesta'; Keimfähigkeit 88 %,
Triebkraft 86 %; Potential (zu 'Astronaute'):
Ertrag -1,3 dt/ha, Protein -0,7 %
Z-Saatgut
Keine Beizung, keine Impfung

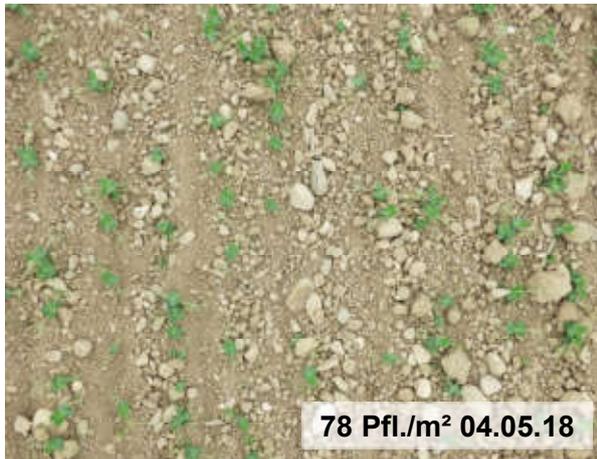
Fortsetzung Beispiel SÖ1 - ökologisch

Saat bis Ernte:

13.04.18 Kreiselegge, Drillmaschine
85 K./m², 4,0 cm tief, 12,5 cm Reihe

19.04.18 Striegel (vor Auflauf)

09.05.18 Striegel



Temperatur: Ø 1 Woche nach Saat 13,0 °C

Niederschlag: 2 Wochen n. Saat bis 3 Wochen vor Ernte 230 l/m², keine Beregnung

Ende Blüte: 20 % Unkrautdeckungsgrad, homogener Bestand (3,9), mäßiger Wurzelbesatz mit *Fusarium oxysporum* (20 %), wenig Wurzelschäden (1,5) Bestandeshöhe 87 cm, wenig Blattläuse (1)



27.07.18 Drusch, 42 dt/ha (86 % TS),
Handernte 58 dt/ha,
23,5 % Protein (i. d. TS)

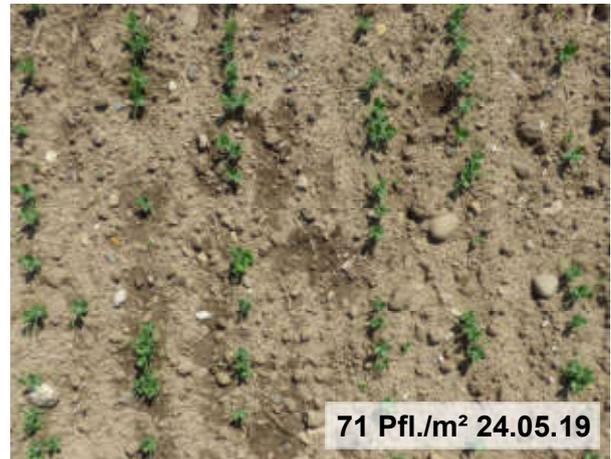
Fortsetzung Beispiel SÖ2 - ökologisch

Saat bis Ernte:

24.04.19 Kreiselegge, Drillmaschine
65 K./m², 5,0 cm tief, 25 cm Reihe

12.05.19 Striegel

27.05.19 Striegel



Temperatur: Ø 1 Woche nach Saat 8,2 °C

Niederschlag: 2 Wochen n. Saat bis 3 Wochen vor Ernte 221 l/m², keine Beregnung

Ende Blüte: 8 % Unkrautdeckungsgrad, etwas unruhiger Bestand (3,3), hoher Wurzelbesatz mit *Fusarium oxysporum* (60 %), kaum Wurzelschäden (1,2) Bestandeshöhe 87 cm, kaum Blattläuse (0,5)



06.08.19 Drusch, 40 dt/ha (86 % TS),
Handernte 46 dt/ha,
22,9 % Protein (i. d. TS)

Wintererbsengemenge (H. Schmidt, L. Langanky)

Im Folgenden werden 2 Beispiele erfolgreichen ökologischen Wintererbsengemengeanbaus detailliert vorgestellt.

Beispiel WÖ1 – ökologisch

Standort:

Ackerzahl 40, schluffiger Lehm (Lu)
16 % Sand, 61 % Schluff, 23 % Ton
Steinanteil ca. 3 %, Bodensonde: max. bis
Ø 71 cm, keine Verdichtungen
2,8 % organische Substanz, pH 6,3
Ende Winter in 0-90 cm:
42 kg/ha N_{min} und 206 l/m² Wasser



23.11.16

Vorbewirtschaftung (1 Jahr):

Ökologisch seit 2016; Grubber, 12 cm tief
oder Pflug, 20 cm tief; Vorfrucht
Winterweizen, davor konventionell,
wahrscheinlich ohne Leguminosen

Bewirtschaftung bis zur Saat:

15.08.16 Ernte Weizen
02.09.16 Kurzscheibenegge (5 cm)
10.09.16 Grubber (schwer, 12 cm)
21.09.16 Pflug (20 cm)
29.09.16 Saatbettkombination (5 cm)

Saatgut:

Erbse 'Karolina' + Triticale; keine
Saatgutprobe, Z-Saatgut

Beispiel WÖ2 – ökologisch

Standort:

Ackerzahl 38, schwach sandiger Lehm (Ls2)
26 % Sand, 50 % Schluff, 24 % Ton
Steinanteil ca. 2 %, Bodensonde: max. bis
Ø 71 cm, keine Verdichtungen
2,7 % organische Substanz, pH 6,2
Ende Winter in 0-90 cm:
54 kg/ha N_{min} und 248 l/m² Wasser



12.12.16

Vorbewirtschaftung (10 Jahre):

Ökologisch seit 2009; Pflug, 20 cm tief; 80 %
Druschfrüchte, 70 % Winterfrüchte,
10 % Zwischenfrüchte; 50 % Leguminosen
davon 10 % Erbse

Bewirtschaftung bis zur Saat:

03.08.16 Ernte Dinkel
15.08.16 Grubber (10 cm)
06.09.16 Grubber (10 cm)
25.09.16 Pflug (20 cm)
25.09.16 Grubber (5 cm)

Saatgut:

Erbse 'EFB33' & 'Pandora' + Triticale; Erbse
Keimfähigkeit 92 %, Triebkraft 87, Z-Saatgut

Fortsetzung Beispiel WÖ1 - ökologisch

Saat bis Ernte:

29.09.16 Drillkombination

19 Erbse & 207 Triticale kf. K./m²,

3 cm tief, 12,5 cm Reihe

Keine weitere Maßnahmen



Wintertemperatur: 55 Frosttage



Niederschlag: 74 l/m² im Mai

Ende Blüte: 5 % Unkrautdeckungsgrad,
20 Erbsentriebe/m², 173 Triticale-
ähren/m², hoher Besatz mit aktiven
Knöllchen (2,2) Bestandeshöhe 112 cm



06.08.17 kaum Lager (Ø 100 cm), Drusch:
60 dt/ha (86 % TS); Handernte: 61 dt/ha
mit 30 % Erbsen, Protein (i. d. TS): Erbsen
21,8 %, Triticale 9,0 %

Fortsetzung Beispiel WÖ2 - ökologisch

Saat bis Ernte:

02.04.16 Drillkombination

30 Erbsen & 200 Triticale kf. K./m²,

3 cm tief, 18 cm Reihe

16.03.17 Striegel



Wintertemperatur: 45 Frosttage



Niederschlag: 67 l/m² im Mai

Ende Blüte: 28 % Unkrautdeckungsgrad,
28 Erbsentriebe/m², 126 Triticale-
ähren/m², wenig aktive Knöllchen (0,3)
Bestandeshöhe 114 cm



08.08.17 mäßiges Lager (Ø 58 cm), Drusch:
45 dt/ha (86 % TS); Handernte 55 dt/ha
mit 63 % Erbsen, Protein (i. d. TS): Erbsen
23,2 %, Triticale 11,4 %

Ökonomie der Praxisbeispiele

(P. Zerhusen-Blecher, J. Braun, T. Schäfer)

In der Tabelle werden die ökonomischen Daten zu den im vorherigen Kapitel aufgeführten Praxisbeispielen dargestellt.

Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistungen (DAL) und einzelne Leistungs- und Kostenkomponenten der Praxisbeispiele

		SK1	SK2	SÖ1	SÖ2	WÖ1	WÖ2
Leistung:							
Ertrag	dt/ha	58	53	42	40	60	45
Betrieblicher Wert	€/dt	21,0	27,0	52,0	41,0	32,2	36,9
Erlös	€/ha	1218	1431	2184	1722	2016	1836
Kosten:							
Bodenbearbeitung	€/ha	69	220	91	141	227	205
Saatgut	€/ha	65	160	300	200	116	156
Aussaat	€/ha	83	80	66	75	73	50
Unkrautregulierung	€/ha	119	91	24	28	0	20
Weiterer Pflanzenschutz	€/ha	53	33	0	0	0	0
Nährstoffentzug	€/ha	80	78	185	137	362	206
Drusch, Transport, Lagerung, Aufbereitung	€/ha	195	199	166	213	178	122
Kosten gesamt	€/ha	664	861	832	794	956	759
DAL	€/ha	554	570	1352	928	1060	1077

Fazit der Praxisbeispiele (H. Schmidt, L. Langanky)

Beispiel SK1 Sommererbse konventionell

Viele der wesentlichen Ertragsfaktoren lagen im positiven Bereich, so dass ein Druschertrag von 58 dt/ha erreicht wurde. Mit den ausgesäten 80 Körnern/m² konnte trotz Nachbausaatgut, aber bei guter Wasserversorgung, ein dichter, hoher Bestand etabliert werden. Das eingesetzte Voraufbauherbizid reichte aus, um das Unkraut effektiv zu regulieren. Der Blattlausbesatz blieb niedrig, bei einmaligem Insektizideinsatz. Ohne Leguminosenanbau in den Vorjahren war die Wurzelgesundheit überdurchschnittlich gut. Zur Ernte war im stehenden Bestand kaum Unkraut zu finden. Das Erntegut wies kaum Schädigungen auf – keine durch Erbsenkäfer, sehr wenig durch Erbsenwickler. Der Proteingehalt blieb leicht unterdurchschnittlich.

Der ökonomische Erfolg hing bei durchschnittlichen Werten für den Betrieblichen Wert und die Kosten vor allem vom hohen Ertrag ab. Bei den einzelnen Kostenkomponenten waren Bodenbearbeitung und Saatgut unterdurchschnittlich, die übrigen Kosten lagen über dem Durchschnitt.

Beispiel SK2 Sommererbse konventionell

Von den wesentlichen Ertragsfaktoren lagen einige im positiven und andere im mittleren Bereich, die Temperaturen im Juni waren sogar überdurchschnittlich hoch. Trotzdem wurde ein Druschertrag von 53 dt/ha erreicht. Mit den ausgesäten 80 Körnern/m² konnte bei mittlerer Wasserversorgung ein durchschnittlich dichter und hoher Bestand etabliert werden. Das eingesetzte Voraufbauherbizid reichte aus, um das Unkraut effektiv zu regulieren. Der Blattlausbesatz blieb niedrig, bei zweimaligem Insektizideinsatz. Mit einem

Anbauabstand zur vorherigen Erbse von nur 4 Jahren wiesen die Wurzeln überdurchschnittlich starke sichtbare Schädigungen auf – negative Effekte auf das Sprosswachstum zeigten sich dabei nicht. Im zur Ernte deutlich lagernden Bestand war kaum Unkraut zu finden. Das Erntegut wies kaum Schädigungen durch Erbsenkäfer und Erbsenwickler auf. Der Proteingehalt lag im mittleren Bereich.

Der ökonomische Erfolg hing bei überdurchschnittlichen Kosten vom hohen Ertrag und vom überdurchschnittlichen Betrieblichen Wert ab. Bei den einzelnen Kostenkomponenten lagen nur Saatgut und Unkrautregulierung im Mittelfeld, die übrigen Kosten z. T. deutlich über dem Mittel.

Beispiel SÖ1 Sommererbse ökologisch

Fast alle wesentlichen Ertragsfaktoren lagen im positiven Bereich. Für ökologisch angebaute Erbsen wurde ein hoher Ertrag von 42 dt/ha erreicht. Mit den ausgesäten 85 Körnern/m² konnte bei guter Wasserversorgung ein dichter, hoher und gleichmäßiger Bestand etabliert werden. Durch zweimaliges Striegeln – davon einmal blind – wurde die Verunkrautung auf mittlerem Niveau gehalten. Zum Ende der Blüte wurde ein durchschnittlicher aber noch wenig problematischer Blattlausbesatz festgestellt. Trotz eines Abstands zur letzten Leguminose von nur 2 Jahren und zur letzten Erbse von 5 Jahren waren die Erbsenwurzeln überdurchschnittlich gesund. Im zur Ernte etwas lagernden Bestand trat eine für die Öko-Bestände durchschnittliche Spätverunkrautung auf. Das Erntegut wies keine Schädigungen durch Erbsenkäfer und Erbsenwickler auf. Der Proteingehalt war überdurchschnittlich.

Der ökonomische Erfolg hing bei etwas überdurchschnittlichen Kosten vom hohen

Praxisbeispiele

Ertrag und vom überdurchschnittlichen Betrieblichen Wert ab. Bei den einzelnen Kostenkomponenten lagen Bodenbearbeitung und Unkrautregulierung unter dem Durchschnitt, Saatgut und Nährstoffentzug hingegen deutlich darüber. Die übrigen Kosten erreichten ein mittleres Niveau.

Beispiel SÖ2 Sommererbse ökologisch

Viele wesentliche Ertragsfaktoren waren im optimalen Bereich, nur die kühlen Temperaturen nach der Saat und der etwas ungleichmäßige Bestand wirkten leicht negativ. Der Ertrag von 40 dt/ha lag mit an der Spitze der untersuchten Öko-Bestände. Mit den ausgesäten 65 Körnern/m² konnte bei sehr guter Wasserversorgung ein dichter, hoher Bestand etabliert werden. Auf dem erst seit 2 Jahren ökologisch bewirtschafteten Schlag konnte mit zweimaligen Striegeln eine geringe Verunkrautung erreicht werden. Zum Ende der Blüte wurde ein geringer unproblematischer Blattlausbesatz festgestellt. Bei einem Abstand von 2 Jahren zur vorhergehenden Luzerne – der einzigen Leguminose in den letzten 10 Jahren – waren die Erbsenwurzeln sehr gesund. Im zur Ernte lagernden Bestand trat eine für die Öko-Bestände geringe Spätverunkrautung auf. Das Erntegut wies keine nennenswerten Schädigungen durch Erbsenkäfer und Erbsenwickler auf. Der Proteingehalt war durchschnittlich.

Der ökonomische Erfolg hing bei etwas überdurchschnittlichen Kosten und geringem Betrieblichen Wert vom hohen Ertrag ab. Bei den einzelnen Kostenkomponenten lagen Bodenbearbeitung, Saatgut und Unkrautregulierung im Durchschnitt. Die restlichen Kosten erreichten ein überdurchschnittliches Niveau.

Beispiel WÖ1 Wintererbse-Triticalegemenge ökologisch

Die meisten Faktoren für den Gesamtertrag waren positiv, nur Niederschlag im Mai und Tiefgründigkeit des Bodens waren durchschnittlich. Bei einem Erbsenanteil von 30 % wurde mit 60 dt/ha der höchste Gesamtertrag der untersuchten Wintererbsengemenge erreicht. Mit der ausgesäten Mischung (ca. 20/200 Erbse/Triticale) wurde ein Bestand mit leichter Getreidedominanz etabliert. Die Erbsensorte 'Karolina' blieb mit einer Pflanzenlänge von ca. 110 cm zum Ende der Blüte ungefähr auf Höhe der Triticale. Im ersten Umstellungsjahr blieb die Verunkrautung auch ohne mechanische Regulierung auf sehr niedrigem Niveau. Zum Ende der Blüte war an den gesunden Wurzeln ein hoher Besatz an aktiven Knöllchen zu finden. Im zur Ernte aufrecht stehenden Bestand trat nur eine geringe Spätverunkrautung auf. Das Erntegut wies keine nennenswerten Schädigungen durch Erbsenkäfer und Erbsenwickler auf. Der Proteingehalt der Erbse war durchschnittlich, der der Triticale niedrig.

Der ökonomische Erfolg hing bei etwas überdurchschnittlichen Kosten und aufgrund des niedrigen Erbsenanteils geringem Betrieblichen Wert vom hohen Ertrag ab. Bei den einzelnen Kostenkomponenten lagen Bodenbearbeitung, Nährstoffentzug sowie Drusch und nachgelagerter Bereich auf überdurchschnittlichem Niveau. Die übrigen Kosten waren im mittleren Bereich.

Beispiel WÖ2 Wintererbse-Triticalegemenge ökologisch

Viele Faktoren für den Gesamtertrag waren negativ. Trotz feuchter Witterung im Mai, relativ weniger Ähren/m² und eines hohen Erbsenanteils im Erntegut (63 %) wurde mit 45 dt/ha ein überdurchschnittlicher Gesamtertrag erreicht. Mit der ausgesäten Mischung

(ca. 30/200 Erbse/Triticale) wurde ein Bestand mit leichter Erbsendominanz etabliert. Die dominante Erbsensorte 'EFB33' überwuchs mit einer Pflanzenlänge von ca. 140 cm zum Ende der Blüte die Triticale. Die Verunkrautung blieb auch nach einmaligem Striegeln im zeitigen Frühjahr auf relativ hohem Niveau. Zum Ende der Blüte war an den gesunden Wurzeln ein hoher Besatz an aktiven Knöllchen zu finden. Im zur Ernte deutlich lagernden Bestand trat eine hohe Spätverunkrautung auf. Das Erntegut wies keine nennenswerten Schädigungen durch

Erbsenkäfer und Erbsenwickler auf. Der Proteingehalt der Erbse war durchschnittlich, der der Triticale über dem Mittelwert.

Der ökonomische Erfolg hing bei mittlerem Kostenniveau vom hohen betrieblichen Wert und dem überdurchschnittlichen Ertrag ab. Bei den einzelnen Kostenkomponenten lagen Bodenbearbeitung, Saatgut, Unkrautregulierung und Nährstoffentzug auf überdurchschnittlichem Niveau. Drusch und nachgelagerter Bereich wiesen hingegen einen sehr geringen Wert auf.

Anhang

Untersuchungsmethodik Ackerbau

(H. Schmidt, L. Langanky)

Im Rahmen des von der Eiweißpflanzenstrategie der Bundesregierung geförderten Forschungsprojekts „Erweiterung und ackerbauliche Auswertung der Praxiserhebungen und -untersuchungen im Rahmen der modellhaften Demonstrationsnetzwerke Soja, Lupine, Erbse und Bohne der Eiweißpflanzenstrategie“ (FKZ 2814EPS035) wurden im Zeitraum 2016 bis 2019 Erbsenbestände in der Praxis untersucht. Auf insgesamt 41 Betrieben, die am DemonetErBo der Eiweißpflanzenstrategie beteiligt waren, und 4 externen Betrieben wurden Untersuchungsschläge mit einer weiten Spannweite an Böden und Bewirtschaftungssystemen ausgewählt. Etwas mehr als die Hälfte der Betriebe wurde konventionell bewirtschaftet, der Rest ökologisch.

Für die Einbeziehung der Sorteneigenschaften wurden von den deutschen Landessortenversuchsanstaltern die Ergebnisse der Jahre 2016 bis 2019 abgefragt.

Auf jedem Untersuchungsschlag wurden zwei Messparzellen in einem für den Schlag charakteristischen und möglichst homogenen Bereich mit ausreichend Abstand zum Rand bzw. zum Vorgewende ausgewählt. Der Abstand der beiden Messparzellen zueinander betrug 10 bis 15 m. Es sollte damit nicht der gesamte Schlag abgebildet werden, sondern ein charakteristischer Bereich des Schlages, mit der dort kleinräumig auftretenden Streuung der einzelnen Parameter.



Punkte für die ackerbauliche Auswertung, die aus der umfassenden Befragung der Betriebsleitung durch die im DemonetErBo tätigen Berater ausgewählt wurden

Bereiche	Konkrete Punkte
Standort	Ackerzahl, Bodenart
Schlaggeschichte	10 Jahre: Fruchtfolge, Düngung, Bodenbearbeitungssystem
Bewirtschaftungsmaßnahmen von Ernte der Vorfrucht bis Erbsensaat	Bodenbearbeitung (Art und Termin, Bearbeitungstiefe); Pflanzenschutz; Zwischenfrüchte (Arten, Aufwuchs); mineralische und organische Düngung
Anbau Erbse	Sorte, Saatgutkategorie, Beizung, Impfung; Saattiefe, Saattechnik, Saattermin, Aussaatmenge; Details zur direkten Unkrautregulierung; Erntetermin, Schlagertrag; Besonderheiten im Anbaujahr

Parameter, die an den Messparzellen bzw. für den Schlag (Witterung) erhoben wurden

Parameter	Angaben
Boden	
N _{min} und TM	0 - 90 cm; vor Saat
pH, C _{org} , N _t , K, P, Mg, Mn, Zn, Cu, B, S, Na	0 - 20 cm
Korngrößenverteilung (Sand, Schluff, Ton)	0 - 20 cm
Visuelle Beurteilung in Einzelfällen	0 - 40 cm (Ende Erbsenblüte)
Penetrometer	0 - 80 cm; je 10 Einstiche an 2 Messparzellen, Winter/Frühjahr
Erbse	
Keimfähigkeit, Triebkraft, TKG, Bonitur, Pathogenbesatz	Erbsensaatgut
Saattiefe	10 Pflanzen je Parzelle
Pflanzen/m ² , Deckungsgrad (Foto), Schädlings-, Krankheits- und Bestandesbonituren, Prüfung von Symptomen im Bedarfsfall	Nach Auflaufen und Ende der Erbsenblüte, 4 x 0,5 m ² je Parzelle
Wurzelbonitur (Schädigungen und Knöllchenbesatz) Prüfung von Symptomen im Bedarfsfall	Ende der Erbsenblüte, 10 Pflanzen je Parzelle
TM-Ertrag, Bonitur, N (Protein) _t	Handernte, 5 x 0,5 m ² je Parzelle, vor Betriebsernte
Unkraut	
Deckungsgrad	Nach Auflaufen, Ende Blüte und vor Ernte
Bestimmung der Arten und quantitative Bonitur	Ende der Erbsenblüte
Klima Witterung	
Tageswerte Temperatur und Niederschlag	Dem Schlag nächstgelegene verfügbare Wetterstation

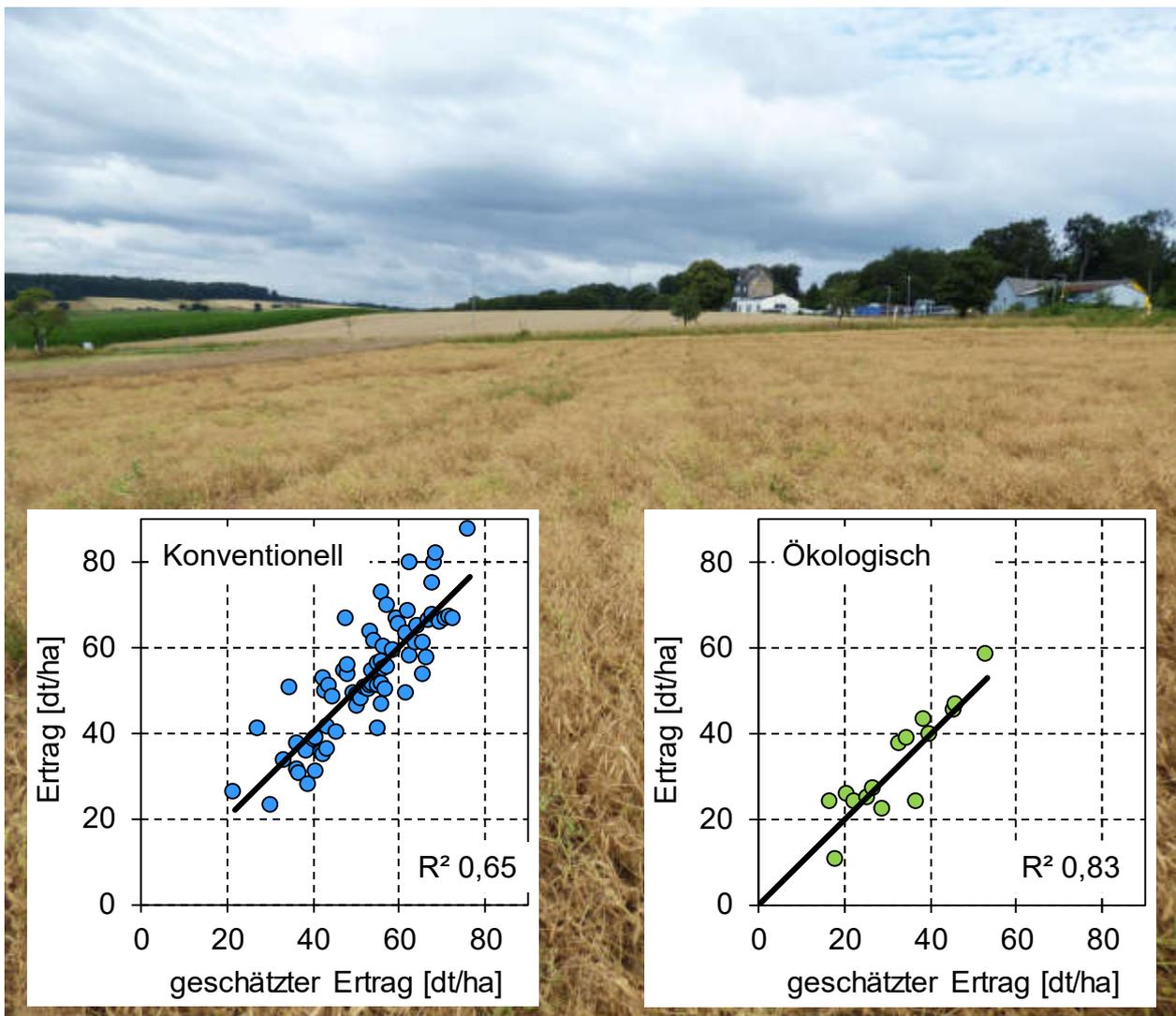
Anhang

Für die Auswertung wurden die erhobenen Informationen und Daten in statistisch verrechenbare Parameter umgesetzt. Nicht quantifizierbare Besonderheiten der einzelnen Fallbeispiele wurden bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt.

Mit statistischen Methoden wurden wesentliche Faktoren der Zielgrößen Ertrag, Unkrautdeckungsgrad und Proteingehalt qualitativ und quantitativ ermittelt. Dabei wurde der aktuelle Erkenntnisstand zur Prüfung der Plausibilität bei der Faktorauswahl berücksichtigt. Die Linearität der Zusammenhänge wurde graphisch und mithilfe der Kurvenanpassung geprüft. Ggf. wurden einzelne

Parameter transformiert oder angepasst. Die ermittelten wesentlichen Faktoren wurden mithilfe der multiplen Regression zusammengefasst und gewichtet (Beta-Wert). Die Analyse lieferte weiterhin den Anteil der Streuung, den die gewählten Faktoren abdecken.

Zusätzlich zur statistischen Auswertung wurden die Ergebnisse von einzelnen Betrieben bzw. Schlägen im Sinn von Fallstudien geprüft. Dabei wurden besonders diejenigen Betriebe bzw. Schläge beleuchtet, die bei der betriebsübergreifenden Auswertung aufgefallen sind.



Zusammenhang von geschätztem Messparzellenertrag (multiple Regression) und Handerntertrag an den Messparzellen von Sommererbsen in Reinsaat oder geringem Gemengepartneranteil

Online-Informationen und Literaturhinweise

Erbsenanbau

Im Folgenden werden nur einzelne Informationsmaterialien ohne Anspruch auf Vollständigkeit aufgeführt. Zum Anbau von Erbsen sind eine Vielzahl von Publikationen zu finden.

Umfassende Informationen zu allen Themen des Erbsenanbaus (auch Ackerbohne)

<https://www.demoneterbo.agrarpraxisforschung.de/>

Aktuelle Anbauanleitungen

LTZ (2020): HINWEISE ZUM PFLANZENBAU – Körnererbse (Detaillierte Anbauanleitung zur Körnererbse, Sommer-, Winterform und Gemengeanbau; von J. Bader & C. Blessing), https://ltz.landwirtschaft-bw.de/pb/site/pbs-bw-mlr/get/documents_E-1450961866/MLR.LEL/PB5Documents/ltz_ka/Arbeitsfelder/Eiwei%C3%9Fpflanzen/Anbauanleitungen/Hinweise%20zum%20Pflanzenbau_K%C3%B6rnererbse_2020.pdf

Sauermann, W., Gronow, J., Specht, M., Sass, O. (2016): Anbauratgeber Körnerfuttererbse. UFOP, Berlin, <https://www.ufop.de/agrar-info/erzeuger-info/futtererbsen-ackerbohnen-suesslupinen/anbauratgeber-koernerfuttererbse/>

LLH: Anbautelegramme Sommer- & Winter-Körnerleguminosen, <https://llh.hessen.de/pflanze/marktfruchtbau/leguminosen/anbau-produktionstechnik/>

Roth, P. (2020): Tipps für den Anbau von Ackerbohnen und Körnererbsen. <https://llh.hessen.de/pflanze/eiweissinitiative/tipps-fuer-den-anbau-von-ackerbohnen-und-koernererbsen/>

Ökolandbau.de (2018): Ökologischer Körnererbsenanbau. <https://www.oekolandbau.de/landwirtschaft/pflanze/spezieller-pflanzenbau/koernerleguminosen/koernererbsen/>

Krankheiten und Schädlinge

Pflughöft, O., Schäfer, B. C., Tiedemann, A. v., Saucke, H., Wolff, C. (2010): Pilzkrankheiten und Schädlinge bei Körnerfuttererbsen. UFOP, Berlin. https://www.ufop.de/index.php/download_file/893/624/

Fuchs, Jacques G.; Bruns, Christian; Mäder, Paul; Schmidt, Harald; Thürig, Barbara; Wilbois, Klaus-Peter und Tamm, Lucius (2013) Differenzialdiagnose: Eine Methode zur Ursacheneingrenzung bei Bodenmüdigkeit. Vortrag at: 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn, 5. bis 8. März 2013. https://orgprints.org/21452/1/21452_Fuchs.pdf

Anhang

Gemengeanbau

Dierauer, H., Clerc, M., Böhler, D., Klaiss, M., Hegglin, D. (2017): Erfolgreicher Anbau von Körnerleguminosen in Mischkultur mit Getreide. FIBL, Frick.

<http://www.fibl.org/fileadmin/documents/shop/1670-koernerleguminosen-mischkulturen.pdf>

Gronle, A., Böhm, H. (2010): Unkrautauflkommen und Ertragsleistung beim Anbau von Sommererbsen in Reinsaat und im Gemenge mit Hafer bei flach- und tiefwendender Bodenbearbeitung. In G. Rahmann (Hrsg.): Ressortforschung für den Ökologischen Landbau 2010. vTI, Braunschweig.

https://orgprints.org/19885/1/611_OEL_Ressortforschung_2010_LBF_SH_346.pdf

Ökonomie

Ökonomie der Körnererbse

Zerhusen-Blecher, P., Stevens, K., Schäfer, T., Braun, J. (2021): Wie wirtschaftlich sind Körnererbsen und Ackerbohnen? Raps 1/2021, S. 30-33.

Demonstrationsnetzwerk Erbse/Ackerbohne (Hrsg.) (2021): Erbsen und Ackerbohnen anbauen und verwerten (im Druck).

Alpmann, D., Schäfer, B.C. (2014): Der Wert von Körnerleguminosen im Betriebssystem. UFOP-Praxisinformation, Berlin.

KTBL (Hrsg.) (2013): Körnerleguminosen anbauen und verwerten. KTBL-Heft 100, Darmstadt.

Links

Berechnung von Maschinenkosten und Arbeitszeitbedarf mit „KTBL- Feldarbeitsrechner“

<http://daten.ktbl.de/feldarbeit/home.html>

Beispiel für Warenkontaktbörsen:

<https://www.leguminosenmarkt.de>

<https://www.ufop.de/agrar-info/erzeuger-info/abnehmerkarte/>

Zitierte Literatur

Destatis (2021): Land- und Forstwirtschaft, Fischerei; Wachstum und Ernte – Feldfrüchte. Fachserie 3 Reihe 3.2.1.

FiBL (2017): Erfolgreicher Anbau von Körnerleguminosen in Mischkultur mit Getreide. Merkblatt. Ausgabe Schweiz.

Hollmichel, K. (2019): Berechnung der Preiswürdigkeit von Einzelfuttermitteln für Schweine nach der Austauschmethode Löhr. Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen.

KTBL (2017): Leistungs-Kostenrechnung. KTBL, Darmstadt.

<https://daten.ktbl.de/downloads/dslkr/Leistungs-Kostenrechnung.pdf> (28.2.2018)

Oekolandbau.de (2020): Gemengeanbau – ökologisch wie ökonomisch sinnvoll?

<https://www.oekolandbau.de/landwirtschaft/pflanze/gemengeanbau/> (15.06.2021)

Over, R., Krieg, K., Gräter, F. (2019): Vergleichswert Futter. Landesanstalt für Landwirtschaft, Ernährung und Ländlichen Raum Schwäbisch-Gmünd.

Schneider, M., Lütke Entrup, N. (2006): Bewertung von neuen Systemen der Bodenbewirtschaftung in erweiterten Fruchtfolgen von Körnererbsen und Körnerleguminosen, Soest.

Schroers, J. O., Krön, K. (2019): Methodische Grundlagen der Datensammlung "Betriebsplanung Landwirtschaft". KTBL (Herausgeber), Darmstadt.

Projektinformationen

BOFRU-Projekt

Titel:

Steigerung der Wertschöpfung ökologisch angebaute Marktfrüchte durch Optimierung des Managements der Bodenfruchtbarkeit

Durchführung:

Konsortium vieler verschiedener Institutionen und Personen

Kurzfassung (Abschlussbericht):

Das interdisziplinäre Bodenfruchtbarkeitsprojekt beschäftigte sich in vier Versuchs- und fünf Projektjahren mit den Zusammenhängen zwischen dem Anbau von Körnerleguminosen und Bodenfruchtbarkeit, insbesondere auf viehschwachen bzw. viehlosen Biobetrieben. In Erhebungen auf 32 Praxisbetrieben konnten bislang allenfalls vermutete Zusammenhänge wie z. B. die Zunahme des Unkrautdeckungsgrades mit zunehmendem Humusgehalt bestätigt werden. Die Ergebnisse deuten auch darauf hin, dass z. B. die Anbauabstände im Erbsenanbau im Vergleich zu praxisüblichen Empfehlungen vergrößert werden müssen, daneben ergaben sich auch interessante neue Anknüpfungspunkte. Hinsichtlich der Leguminosengesundheit ermöglicht die neu entwickelte Differenzialdiagnose, die Ursache für ggf. auftretende „Leguminosermüdigkeit“ einzugrenzen bzw. Praxisschläge vor dem Anbau auf Krankheitsrisiken zu testen. Im Projekt konnte außerdem gezeigt werden, dass Grüngutkomposte die Wurzelgesundheit von Erbsen deutlich verbessern können. Es wurden darüber hinaus verschiedene Methoden zur Kompostapplikation zu Körnerleguminosen geprüft und für den Praxiseinsatz optimiert. Neben Grüngutkomposten spielt auch Grünguthäcksel eine wichtige Rolle bei der Nährstoffversorgung von Leguminosen. Oberflächlich leicht eingearbeiteter Grünguthäcksel ist in der Lage, das Wachstum der Kulturpflanzen sowohl durch eine

Anhang

unkrautunterdrückende Wirkung als auch durch Schutz vor Verschlammung sowie erhöhte Wasserinfiltrationsraten zu verbessern. Die Ergebnisse zum Landtechnikeinsatz zeigen, dass schon geringe Belastungen zu Bodenverdichtungen und damit zu Ertragsrückgängen in Erbsen führen, weshalb Maßnahmen zur Reduzierung des Bodendrucks essenziell sind. Hinsichtlich der beikrautunterdrückenden Wirkung des Gemengeanbaus von Erbsen in Kombination mit Hafer konnte gezeigt werden, dass der Gemengeanbau das erhöhte Beikrautaufkommen bei flachwendender Bodenbearbeitung erfolgreich ausgleichen kann und hinsichtlich der Ertragssicherheit Vorteile mit sich bringt. Nicht zuletzt machte das Projekt auf die Vorteile und Potenziale des Wintererbsenanbaus aufmerksam. Über einen fortlaufenden Wissenstransfer war das Projekt von Beginn an in der landwirtschaftlichen Praxis präsent.

Publikationen:

Broschüre: Böhm, H., Brandhuber, R., Bruns, C., Demmel, M., Finckh, M., Fuchs, J., Gronle, A., Hensel, O., Lux, G., Möller, D., Schmidt, H., Schmidtke, K., Spiegel, A.-K., Vogt-Kaute, W., Werren, D., Wilbois, K.-P., Wild, M., Wolf, D. (2014): Körnerleguminosen und Bodenfruchtbarkeit - Strategien für einen erfolgreichen Anbau. Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), Bonn.
https://orgprints.org/25326/1/broschuere_bodenfruchtbarkeit_web.pdf

Abschlussbericht: Wilbois, K.-P., Böhm, H., Bohne, B., Brandhuber, R., Bruns, C., Demmel, M., Finckh, M., Fuchs, J., Gronle, A., Hensel, O., Heß, J., Jörgensen, R., Lux, G., Mäder, P., Möller, D., Schmidt, H., Schmidtke, K., Spiegel, A.-K., Tamm, L., Vogt-Kaute, W., Wild, M., Wolf, D. (2013): Steigerung der Wertschöpfung ökologisch angebauter Marktfrüchte durch Optimierung des Managements der Bodenfruchtbarkeit. Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL), Frankfurt am Main.
<https://orgprints.org/28973/1/28973-08OE004-11OE080-fibl-wilbois-2013-management-bodenfruchtbarkeit.pdf>

Projekt zur Identifikation von Wurzelpathogenen

Titel:

Erweiterung und ackerbauliche Auswertung der Praxiserhebungen und -untersuchungen im Rahmen der modellhaften Demonstrationsnetzwerke Soja, Lupine, Erbse und Bohne der Eiweißpflanzenstrategie - TP Identifikation Wurzelpathogene.

Durchführung:

Dr. Adnan Šišić und Prof. Maria R. Finckh vom Fachgebiet Ökologischer Pflanzenschutz der Universität Kassel.

Kurzbeschreibung:

Von 2016-2019 wurden deutschlandweit aus 108 ökologisch und 135 konventionell bewirtschafteten Flächen Proben von Erbsen (99 Sommererbsen, 34 Wintererbsen) und

Ackerbohnen (110 Flächen) gezo-gen. Pilzliche Erreger von 4.590 Pflanzen wurden im Labor mikroskopisch bestimmt und durch molekulare Analysen bestätigt. Trotz geringer Befallsschwere, wurden 9.062 Fusarium- und 4.055 Didymella-Isolate, davon etwa ein Drittel aus Ackerbohnen, gewonnen. Das Erregerspektrum war in allen Feldern ähnlich. *Didymella pinodella*, *Fusarium redolens*, *F. oxysporum*, *F. avenaceum* und *F. solani* waren die am häufigsten isolierten Arten. Die Arten *F. flocciferum* und *D. lethalis* können sowohl auf Sommer- und Wintererbsen als auch auf Ackerbohnen starken Befall auslösen und wurden erstmals in Deutschland auf Leguminosen nachgewiesen. In ökologischen Feldern dominierte vor allem *D. pinodella* die in konventionellen Feldern selten war. Der wahrscheinlichste Grund ist, dass Körnerleguminosen und meist auch Klee über viele Jahre konventionell gar nicht angebaut wurden. Auch Wintererbsen waren oft befallen. Im Gegensatz dazu waren die Fusarien, die auch Getreide befallen in konventionellen Feldern häufiger. Die wichtigsten Umweltfaktoren, die den Befall förderten waren kalte nasse Bedingungen früh im Jahr direkt vor und nach der Ansaat der Sommerungen.

Publikationen:

Abschlussbericht: Šišić, A., Finckh, M. R. (2021): Erweiterung und ackerbauliche Auswertung der Praxiserhebungen und -untersuchungen im Rahmen der modellhaften Demonstrationsnetzwerke Soja, Lupine, Erbse und Bohne der Eiweißpflanzenstrategie - TP Identifikation Wurzelpathogene.

<https://orgprints.org/39709/>

Praxismerkblatt: Šišić, A., Finckh, M. R. (2021): Fußkrankheiten in Erbsen und Ackerbohnen. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft.

<https://orgprints.org/39709/>

Šišić, A., Baćanović-Šišić, J., Schmidt, H., Finckh, M., 2020a. First report of *Fusarium flocciferum* causing root rot of pea (*Pisum sativum*) and faba bean (*Vicia faba*) in Germany. *Plant Disease* 104, 283.

Sisic, A., Bacanovic-Sisic, J., Schmidt, H., Finckh, M.R., 2019. Pathogene an Wurzeln von Erbse und Ackerbohne im Demonstrationsnetzwerk Erbse / Bohne. [Root pathogens of peas and faba beans in the pea / faba bean on-farm network.]. In: Mühlrath, D., Albrecht, J., Finckh, M.R., Hamm, U., Heß, J., Knierim, U., Möller, D. (Eds.), 15. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. Verlag Dr. Köster, Berlin, Kassel, 5. bis 8. März 2019, pp. 164-167.

<https://orgprints.org/id/eprint/36145/>

Autoren



Dr. Harald Schmidt

Stiftung Ökologie & Landbau, Bereich Praxisforschung
Himmelsburger Str. 95, 53474 Bad Neuenahr-Ahrweiler
Tel. 02641 912205, schmidt@soel.de

Studium der Agrarwissenschaften und Promotion an der Universität Kassel-Witzenhausen. Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Professur für Organischen Landbau in Gießen. Seit 2004 Praxisforschung bei der Stiftung Ökologie & Landbau. Themenschwerpunkte sind ackerbauliche Fragestellungen vor allem in den Bereichen Fruchtfolge, Bodenbearbeitung und Unkrautregulierung im Ökolandbau sowie Leguminosenanbau.



Lucas Langanky

Stiftung Ökologie & Landbau, Bereich Praxisforschung
Hof Aischland 2, 97990 Weikersheim
Tel. 0176 34127797, Langanky@soel.de

Studium des Ökologischen Landbaus an der Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde (HNEE). Seit 2015 Praxisforschung bei der Stiftung Ökologie & Landbau mit dem Themenschwerpunkt Leguminosenanbau.



Petra Zerhusen-Blecher
Fachhochschule Südwestfalen, Fachbereich Agrarwirtschaft
Lübecker Ring 2, 59494 Soest
Tel. 02921 3783196, zerhusen-blecher.petra@fh-swf.de

Studium der Agrarwissenschaften an der Universität Bonn. Seit 1989 Praxisforschung an der Fachhochschule Südwestfalen zu diversen Fragestellungen. Seit 2012 Themenschwerpunkt Körnerleguminosen, seit 2016 Projektmitarbeiterin im deutschlandweiten Demonstrationsnetzwerk Erbse/Ackerbohne mit den Aufgabenbereichen Wertschöpfungskettenmanagement konventionell und Datenmanagement (Erhebung und Auswertung betriebswirtschaftlicher und pflanzenbaulicher Kenndaten zu Erbsen, Ackerbohnen und Vergleichskulturen).



Prof. Dr. Tanja Schäfer
Fachhochschule Südwestfalen, Fachbereich Agrarwirtschaft
Professur für Pflanzenbau und Nachhaltige Anbausysteme
Lübecker Ring 2, 59494 Soest
Tel.: 02921 378 3228, schaefer.tanja@fh-swf.de

Studium der Agrarwissenschaften und Promotion an der JLU Gießen. Wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Professur für Pflanzenbau an der JLU Gießen und an der FH Südwestfalen. Fachlehrerin für Pflanzenbau an der Fachschule für Agrarbetriebswirtschaft beim Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen. Seit 2020 Professorin für Pflanzenbau und Nachhaltige Anbausysteme an der FH Südwestfalen. Themenschwerpunkte sind unter anderem ackerbauliche Fragestellungen im Bereich des Integrierten Pflanzenbaus, der Erweiterung von Fruchtfolgen, der Verbesserung des Leguminosenanbaus incl. Etablierung von Wertschöpfungsketten sowie Maßnahmen zur Qualitätsverbesserung pflanzlicher Produkte.



Prof. Dr. sc. agr. Jürgen Braun
Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen,
Studiendekan Nachhaltige Agrar- und Ernährungswirtschaft
Nekarsteige 6-10, 72622 Nürtingen
Tel.: 07022 201404, juergen.braun@hfwu.de

Studium der Agrarwissenschaften und Promotion an der Universität Hohenheim; mehrjährige Tätigkeit im Fachgebiet Agrarökonomie im Landwirtschaftsministerium und in der Landesanstalt für Landwirtschaft des Landes Brandenburg. Ab 2002 Professor für Agrarökonomie an der Fachhochschule Südwestfalen, seit 2017 Professor für „Nachhaltige Agrar- und Ernährungswirtschaft“ an der Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen (HfWU). Forschungsschwerpunkte im Bereich agrarökonomischer Fragestellungen auf betrieblicher Ebene wie z.B. Fruchtfolgegestaltung, Biogasproduktion sowie Wertschöpfungsketten- und Nachhaltigkeitsanalyse.

Bildnachweis

J. Bader, DemoNetErBo, LTZ, Baden-Württemberg: S. 49/2

J. Buß, DemoNetErBo, DLR, Rheinland-Pfalz: S. 15/1, S. 15/4, S. 23/3-5, S. 33/1, S. 38/3-4, S. 114, S. 132/1-2, S. 141/3

Deutscher Wetterdienst (<https://www.dwd.de/DE/leistungen/wasserbilanzq/wasserbilanzq.html>): S. 9, S. 10

J. Glatz, DemoNetErBo, LFA, Mecklenburg-Vorpommern: S. 74/1-2

A. Huhn, DemoNetErBo, ABL, Niedersachsen: S. 78/2

L. Langanky, SÖL: S. 15/1, S. 16/1, S. 17/2, S. 19/1, S. 20/2, S. 22/3, S. 23/1, S. 32/3, S. 33/2, S. 36/3, S. 37/3, S. 40/1-2, S. 43/1-2, S. 47/2, S. 49/1, S. 55/2-3, S. 58/1-2, S. 60/3, S. 68, S. 78/1, S. 84/1, S. 90, S. 91/1-3, S. 95/1-2, S. 98/2, S. 100/1-2, S. 117/1, S. 130/1, S. 136, S. 139, S. 140/2, S. 141/4, S. 142/1-2, S. 143/1-4

U. Müller, Gäa e.V.: S. 128/1

T. Pfeiffer, DemoNetErBo, LfL, Bayern: S. 120/2

M. Rauch, DemoNetErBo, TLL, Thüringen: S. 44

P. Roth, DemoNetErBo, LLH, Hessen: S. 24, S. 77

H. Schmidt, SÖL: Cover/1-3, S. 0, S. 3/1-2, S. 4, S. 5/1-3, S. 8/1-3, S. 12/1-2, S. 13, S. 16/2, S. 17/1, S. 20/1&3-4, S. 21, S. 22/1-2, S. 23/2, S. 25/1-2, S. 26/1-2, S. 27/1-2, S. 29/1-6, S. 30/1-2, S. 32/1-2, S. 33/3, S. 36/1, S. 37/1, S. 38/1-2, S. 45/1-2, S. 47/1, S. 52/1-2, S. 55/1&4, S. 58/3, S. 60/1-2&4, S. 61/1-3, S. 66/1-3, S. 84/2-3, S. 91/4, S. 93, S. 95/3, S. 98/1, S. 101, S. 105/1-2, S. 107/1-2, S. 109/2, S. 110/1-3, S. 111, S. 116/1-2, S. 117/2, S. 125, S. 130/2, S. 134, S. 138, S. 140/1, S. 141/2, S. 144/1-2, S. 145/1-6, S. 150/1-3, S. 152,

G. Schrage, DemoNetErBo, LLG Sachsen-Anhalt: S. 15/3, S. 19/2, S. 109/1, S. 120

E. Schulte-Eickhoff, DemoNetErBo, LWK, Nordrhein-Westfalen: Cover/4, S. 36/2, S. 37/2, S. 62/1-2, S. 141/1

S. Seidel, DemoNetErBo, LFA, Mecklenburg-Vorpommern: S. 34, S. 80

P. Zerhusen-Blecher, FH Südwestfalen: S. 128/2-3

Karte auf Seite 5: Quelle: Bundesanstalt für Kartographie und Geodäsie (BKG) (2014); Kartenerstellung H. Schmidt, SÖL

Danksagung

Der Dank der Autoren gilt besonders

- der Geschäftsstelle Eiweißpflanzenstrategie bei der BLE für die Förderung der Projekte „Modellhaftes Demonstrationsnetzwerk zur Ausweitung und Verbesserung des Anbaus und der Verwertung von Leguminosen mit Schwerpunkt Erbsen und Bohnen in Deutschland“ (DemoNetErBo) und „Erweiterung und ackerbauliche Auswertung der Praxiserhebungen und -untersuchungen im Rahmen der modellhaften Demonstrationsnetzwerke Soja, Lupine, Erbse und Bohne der Eiweißpflanzenstrategie“ sowie den Mitarbeitern, die mit ihrer begleitenden Unterstützung der Projekte einen wichtigen Beitrag zum Erfolg geleistet haben,
- allen beteiligten Landwirtinnen und Landwirten, die durch ihre große Kooperationsbereitschaft und ihre geduldige Zusammenarbeit bei den umfangreichen Befragungen die Projekte erst ermöglicht haben,
- den Projektberatern und Projektberaterinnen im DemoNetErBo, deren Einsatz bei der Datenerfassung und den Erhebungen auf dem Acker ein wesentlicher Bestandteil der Projektdurchführung war,
- allen Mitwirkenden im DemoNetErBo für den wertvollen fachlichen Austausch und die vielfältigen Anregungen.