

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

## **Schlussbericht zum Thema**

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

**FKZ: 2814EPS035**

**Projektnehmer: Stiftung Ökologie & Landbau**

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

# Schlussbericht

**Forschungsprojekt FKZ: 2814EPS035**

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

**Ausführung:** Stiftung Ökologie & Landbau (SÖL)  
Weinstraße Süd 51, 67098 Bad Dürkheim  
Dr. Harald Schmidt (SÖL)  
Himmelsburger Str. 95, 53474 Ahrweiler

**Laufzeit:** 01.02.2015 bis 31.03.2022

### **Kooperationen mit:**

den im Rahmen der Eiweißpflanzenstrategie geförderten Netzwerkprojekten:

*Modellhaftes Demonstrationsnetzwerk zur Ausweitung und Verbesserung des Anbaus und der Verwertung von Sojabohnen in Deutschland* (Koordination durch LfL Bayern)

*Modellhaftes Demonstrationsnetzwerk zu Anbau und Verwertung von Lupinen* (Koordination durch LFA Mecklenburg-Vorpommern)

*Modellhaftes Demonstrationsnetzwerk zur Ausweitung und Verbesserung des Anbaus und der Verwertung von Leguminosen mit Schwerpunkt Erbsen und Bohnen in Deutschland* (Koordination durch LLH Hessen)

dem im Rahmen der Eiweißpflanzenstrategie geförderten Forschungsprojekt *Identifikation der Pathogene an den Wurzeln von Erbse und Ackerbohne im Rahmen der modellhaften Demonstrationsnetzwerke Erbse und Bohne der Eiweißpflanzenstrategie* (FKZ 2814EPS40; Durchgeführt durch Fachgebiet Ökologischer Pflanzenschutz der Uni Kassel)

# Kurzfassung

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

Harald Schmidt & Lucas Langanky

Kontakt: Harald Schmidt, SÖL, Himmelsburger Str. 95, 53474 Ahrweiler, schmidt@soel.de

Von 2015 bis 2019 wurde deutschlandweit der praktische Anbau von Soja, Blauer Süßlupine, Körnererbse und Ackerbohne untersucht. Dabei wurde eng mit den im Rahmen der Eiweißpflanzenstrategie geförderten Netzwerkprojekten kooperiert. Wesentliche Ziele des Projekts waren a) die Identifizierung und Gewichtung wesentlicher, ackerbaulicher Einflussfaktoren auf den Anbauerfolg in der Praxis; b) Ableitung von standortabhängigen Optimierungsstrategien und Entscheidungshilfen zur betriebsspezifischen Artenwahl.

Auf insgesamt 445 Körnerleguminosenschlägen, 260 konventionell, 185 ökologisch, wurden Boden- und Pflanzenparameter erfasst. Auch die Bewirtschaftung, erhoben durch die Netzwerke, und Witterungsdaten wurden einbezogen. Die Auswertung erfolgte getrennt nach Arten mit statistischen Verfahren und Einzelfallanalysen.

Die wichtigste Zielgröße, der Praxisertrag (14% Feuchte), variierte bei allen Arten in einem weiten Bereich: Soja 6-49 dt/ha ( $\bar{\varnothing}$  29 dt/ha), Blaue Lupine 2-33 dt/ha ( $\bar{\varnothing}$  17 dt/ha), Sommerkörnererbse 2-62 dt/ha ( $\bar{\varnothing}$  35 dt/ha), Wintererbsengetreidegemenge 17-60 dt/ha ( $\bar{\varnothing}$  36 dt/ha,  $\bar{\varnothing}$  Erbsenanteil 43 %) und Ackerbohne 5-73 dt/ha ( $\bar{\varnothing}$  34 dt/ha). Signifikante Ertragsunterschiede zwischen konventionell (k) und ökologisch (ö) wurden nur bei Sommerkörnererbse ( $\bar{\varnothing}$  k 38 dt/ha, ö 21 dt/ha) und Ackerbohne ( $\bar{\varnothing}$  k 39 dt/ha, ö 29 dt/ha) gefunden.

Für jede Körnerleguminose wurden einige wesentliche Ertragsfaktoren identifiziert – bei allen Sommerkulturen z. B. Wasserversorgung und Unkrautdruck. Insgesamt konnte für jede Kultur ein komplexes Netz an Wirkungszusammenhängen aufgezeigt werden.

Die größten Optimierungsmöglichkeiten beim praktischen Anbau bestanden bei allen Sommerkörnerleguminosen neben Standortwahl und Wasserversorgung im Bereich der Bestandesetablierung. Eine hohe Qualität der Arbeitsgänge um die Aussaat war meist mit hohen Erträgen verbunden. Die geringeren Öko-Erträge bei Erbse und Ackerbohne hingen mit erhöhtem Druck an Fußkrankheiten, Unkraut und Schädlingen zusammen.

# Abstract

## **Extension and agronomic evaluation of practice surveys and investigations in the context of exemplary demonstration networks soya, lupine, pea and faba bean of the protein crop strategy**

Harald Schmidt & Lucas Langanky

Contact: Harald Schmidt, SÖL, Himmelsburger Str. 95, D-53474 Ahrweiler, schmidt@soel.de

From 2015 to 2019, the practical cultivation of soya, blue sweet lupine, grain peas and faba beans was examined throughout Germany. There was close cooperation with the network projects funded by the protein crop strategy. The main goals of the project were a) the identification and weighting of essential, arable influencing factors on the success of cultivation in practice; b) Derivation of location-dependent optimization strategies and decision-making aids for farm-specific species selection.

Soil and plant parameters were recorded on a total of 445 grain legume plots, conventional 260, organic 185. Management, requested by the networks, and weather data were also included. The evaluation was carried out separately according to species using statistical methods and individual case analyses.

The most important target parameter, the practical yield (14 % moisture), varied in all species within a wide range: soya 6-49 dt/ha ( $\bar{\varnothing}$  29 dt/ha), blue sweet lupine 2-33 dt/ha ( $\bar{\varnothing}$  17 dt/ha), spring grain peas 2-62 dt/ha ( $\bar{\varnothing}$  35 dt/ha), winter pea grain mixture 17-60 dt/ha ( $\bar{\varnothing}$  36 dt/ha,  $\bar{\varnothing}$  proportion of peas 43 %) and faba beans 5-73 dt/ha ( $\bar{\varnothing}$  34 dt/ha). Significant yield differences between conventional (k) and organic (ö) were only found in spring grain peas ( $\bar{\varnothing}$  k 38 dt/ha, ö 21 dt/ha) and faba beans ( $\bar{\varnothing}$  k 39 dt/ha, ö 29 dt/ha).

A number of key factors have been identified for the yield of each grain legume – for all summer crops, e.g. water supply and weed pressure. Overall, a complex network of causal relationships could be shown for each culture.

In addition to site selection and water supply, the greatest potential for optimization in practical cultivation for all summer grain legumes were the measures of crop establishment. A high management quality around sowing was usually associated with high yields. The lower organic yields in pea and faba bean were associated with increased pressure from root diseases, weeds and pests.

# Inhalt

	Seite
<b>1. Einführung</b> .....	1
1.1. Gegenstand des Vorhabens .....	1
1.2. Ziele und Aufgabenstellung des Vorhabens.....	1
1.3. Planung und Ablauf des Projekts .....	4
<b>2. Wissenschaftlicher und technischer Stand an den angeknüpft wurde</b> .....	5
<b>3. Material und Methoden</b> .....	9
3.1. Betriebs-, Schlag- und Messpunktauswahl .....	9
3.2. Datenerhebungen und Untersuchungen .....	11
3.3. Auswertung.....	13
<b>4. Ergebnisse</b> .....	14
4.1. Sojabohne .....	16
4.2. Blaue Lupine.....	18
4.3. Sommerkörnererbse .....	21
4.4. Wintererbse .....	24
4.5. Ackerbohne .....	25
<b>5. Diskussion der Ergebnisse</b> .....	30
5.1. Sojabohne .....	30
5.2. Blaue Lupine.....	32
5.3. Sommerkörnererbse .....	34
5.4. Wintererbsengemenge (ökologisch) .....	37
5.5. Ackerbohne .....	39
5.6. Vergleich der Körnerleguminosen.....	42
5.7. Vergleich mit BOFRU-Ergebnissen.....	45
<b>6. Voraussichtlicher Nutzen der Ergebnisse</b> .....	47
<b>7. Erreichte Ziele und weiterführende Fragestellungen</b> .....	47
7.1. Vergleich der geplanten und der erreichten Ziele.....	47
7.2. Weiterführende Fragestellungen.....	49
<b>8. Zusammenfassung</b> .....	50
<b>9. Literaturverzeichnis</b> .....	53
<b>10. Vorträge und Publikationen zum Projekt</b> .....	55

# 1. Einführung

## 1.1. Gegenstand des Vorhabens

Während die Körnerleguminosen Körnererbse und Ackerbohne schon seit historischen Zeiten in Mitteleuropa angebaut werden, bereichern die Blaue Süßlupine und die Sojabohne das Kulturartenspektrum erst seit vergleichsweise kurzer Zeit. In ihrem Anbauumfang in Deutschland liegt die Erbse derzeit an der Spitze, gefolgt von der Ackerbohne. Mit deutlichem Abstand kommen dann Sojabohne und auf dem 4. Platz die Süßlupine. Wobei die Sojaanbaufläche erst in den vergangenen 10 Jahren einen relevanten Umfang erreicht hat. Insgesamt schwankte die Anbaufläche in den letzten Jahrzehnten vor allem aufgrund variierender Preise bei den Sojaimporten und wechselnder agrarpolitischer Förderprogramme stark.

Die Körnerleguminosen sind aufgrund ihres hohen Proteingehalts wertvolle Futtermittel. Sie werden 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 Leguminosen hat verschiedene positive Effekte. Zum einen bedeutet er einen Schritt hin zu nachhaltigeren Agrarsystemen; denn durch die Stickstofffixierung in den Knöllchen ist eine Stickstoffdüngung unnötig und das zusätzliche Blütenangebot fördert Insekten und damit die Biodiversität. Außerdem trägt der Anbau zum Klimaschutz bei, weil dadurch der Import von Eiweißfuttermitteln vermindert werden kann. Zum anderen können die Körnerleguminosen 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 Körnerleguminosenanbaus. Vor diesem Hintergrund hat das hier beschriebene Forschungsprojekt mit Ergebnissen aus mehrjährigen Praxisuntersuchungen relevante Stellschrauben aufgezeigt, mit deren Hilfe sich der Anbau von Körnerleguminosen optimieren lässt. Die Ergebnisse bieten darüber hinaus viele Kennzahlen und Daten zum Anbau, mit denen konkrete Anbausituationen schnell und einfach eingeschätzt, verglichen und bewertet werden können.

## 1.2. Ziele und Aufgabenstellung des Vorhabens

### Gesamtziele des Vorhabens

Ein wesentliches Ziel der Eiweißpflanzenstrategie der Bundesregierung ist die Ausdehnung des Leguminosenanbaus in Deutschland, zur Steigerung der heimischen Eiweißversorgung. Die Ausweitung des Körnerleguminosenanbaus wird jedoch in der Praxis durch stark schwankende bzw. geringe Erträge behindert. Eine wichtige Grundlage für das Erreichen stabiler und hoher Erträge, sind möglichst detaillierte Kenntnisse über die Einflüsse von Standort, Bewirtschaftung und Umwelt auf die Ertragsbildung unter Praxisbedingungen. Zwar

liegt eine Reihe von pflanzenbaulichen Einzelergebnissen aus der Forschung vor. Resultate aus Feldversuchen können jedoch nur die geprüften Standort- und Bewirtschaftungsbedingungen abbilden. Die Versuchsbedingungen sind häufig nicht mit den Bedingungen in der Praxis vergleichbar. Praxiserfahrungen sind hingegen selten publiziert und oft schwer zu verallgemeinern. Die im Rahmen der Eiweißpflanzenstrategie gegründeten Demonstrationsnetzwerke boten die Möglichkeit die ackerbauliche Praxis wissenschaftlich zu untersuchen und bei der umfassenden Auswertung bestehende Erkenntnisse aus der Forschung hinsichtlich ihrer Praxisrelevanz zu diskutieren.

Im Hinblick auf diese Aspekte setzt sich das Projekt folgende Ziele:

- Identifizierung und Gewichtung wesentlicher, ackerbaulicher Einflussfaktoren auf den Erfolg des Anbaus von Sojabohne, Blauer Lupine, Körnererbse und Ackerbohne in der Praxis.
- Ergänzung der Einzelprojektergebnisse zu den genannten Körnerleguminosen bei der Ableitung von standortabhängigen Optimierungsstrategien im Anbau und bei Entscheidungshilfen zur betriebsspezifischen Artenwahl.
- Nutzung von Synergieeffekten aus der Kombination der bisher bestehenden oder geplanten Untersuchungen sowie gezielter ergänzender Datenerhebungen auf den Betrieben der Betriebsnetzwerke.

### **Bezug des Vorhabens zu den förderpolitischen Zielen**

Die im vorliegenden Projekt durchgeführte Erweiterung und ackerbauliche Auswertung der Praxiserhebungen und -untersuchungen im Rahmen der modellhaften Demonstrationsnetzwerke Soja und Lupine sowie Erbse und Bohne kann in vielen Bereichen zur Realisierung der Ziele der Eiweißpflanzenstrategie beitragen. Im Einzelnen sind das vor allem folgende Punkte:

- Stärkung des Anbaus heimischer Leguminosen durch Unterstützung der Landwirte mit praxisrelevantem ackerbaulichem Informationsmaterial.
- Förderung des Angebots an Körnerleguminosen durch Optimierung des Anbaus.
- Verbesserung des Umwelt- und Klimaschutzes z.B. durch das Transparentmachen von Zusammenhängen zwischen  $N_{\min}$ -Niveau und Erfolg des Körnerleguminosenanbaus.
- Sicherung der Bodenfruchtbarkeit durch die Förderung des Anbaus, da nur wüchsige und ackerbaulich gut geführte Körnerleguminosenbestände die Qualität des Bodens erhalten bzw. eine positive Wirkung auf den Boden erzielen können.
- Stärkung der Versorgungssicherheit bzw. die Verringerung der Abhängigkeit von importierten Eiweißfuttermitteln durch eine Unterstützung des Leguminosenanbaus.

Darüber hinaus tragen die gewonnenen Erkenntnisse zu einer besseren Einschätzung der Standortbedingungen hinsichtlich des Anbaus von Sojabohne, Blauer Lupine, Körnererbse und Ackerbohne bei.

## **Wissenschaftliche Arbeitsziele des Vorhabens**

Der erfolgreiche Anbau von Körnerleguminosen hängt bekanntermaßen von vielen, zum Teil unterschiedlichen Faktoren ab. Dabei kommen sowohl Standortbedingungen wie Klima, Witterung und Boden als auch Bewirtschaftungseinflüsse sowie phytopathologische Aspekte zum Tragen. Anders als im klassischen Feldversuchswesen ging es im hier durchgeführten Forschungsansatz nicht um die Isolierung einzelner Faktoren und der exakten Bestimmung ihrer Auswirkungen unter definierten Bedingungen. Ziel war hingegen, die Faktoren zu ermitteln, die in der Praxis wesentlich für z.B. die große Streuung der Erträge verantwortlich sind. Dies können sowohl bekannte Effekte als auch bisher wenig beschriebene Faktoren sein. Die Ergebnisse des Bodenfruchtbarkeitsprojekts (2811OE081, Abschlussbericht liegt der BLE vor) zeigen anhand der Beispiele Erbse, Ackerbohne und Getreide, die Möglichkeiten dieser Methodik zur Ermittlung wesentlicher praxisrelevanter Einflussgrößen auf. Anders als bei gezielten Feldversuchen ist es hier nicht sinnvoll vorab einzelne Hypothesen aufzustellen, die dann im weiteren Verlauf geprüft werden. Eine Festlegung auf bestimmte Faktoren vor Untersuchungsbeginn würde die Möglichkeiten des Projektes einschränken. Bei der Interpretation der Ergebnisse wurden jedoch die zur Verfügung stehenden ackerbaulichen Erkenntnisse zu den geprüften Körnerleguminosen berücksichtigt.

Folgende Fragestellungen wurden in diesem Projekt bearbeitet:

- Welche Parameter oder Parameterkombinationen aus den Bereichen Boden, Pflanze, Bewirtschaftung und Umwelt können die wesentlichen Faktoren der in der Praxis auftretenden Varianz von Ertrag, Proteingehalt und Pflanzengesundheit bei Sojabohne, Blauer Lupine, Körnererbse und Ackerbohne sowie vom Unkrautdruck abbilden?
- Welche quantitative Bedeutung haben die einzelnen, ermittelten Einflussfaktoren?
- Wie unterscheiden sich die Faktorkombinationen zwischen den verschiedenen untersuchten Körnerleguminosen und welche Rückschlüsse lassen sich in Bezug auf ihre Anbaueignung an verschiedenen Standorten ziehen?
- Welche Schlüsse ergeben sich aus dem Vergleich der gewonnenen Ergebnisse und dem bisherigen Erkenntnisstand?
- Welche Optimierungsmöglichkeiten lassen sich aus den Ergebnissen für den Anbau von Sojabohne und Blauer Lupine ableiten?

### 1.3. Planung und Ablauf des Projekts

Die Arbeitsschritte laut Antrag und die entsprechende Durchführung sind hier komprimiert wiedergegeben. Die Projektlaufzeit war vom 01.02.2015 bis 31.12.2017 geplant. Die Projektlaufzeit wurde auf Antrag nachträglich mehrmals verlängert bis abschließend zum 31.03.2022. Dabei wurde sowohl der Untersuchungszeitraum für Sojabohne und Blaue Lupine verlängert als auch die Kulturen Körnererbse und Ackerbohne hinzugenommen. In Tabelle 1 ist die Projektdurchführung als Balkenplan dargestellt. Details finden sich im Kapitel Material und Methoden.

**Tab. 1:** Balkenplan der Projektdurchführung  
(grau: in Anträgen geplant, schwarz: durchgeführt)

Arbeitsschritte	2015				2016				2017				2018				2019				2020				2021								
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		1			
Auswahl Schläge	■				■				■				■				■																
Betriebsbesuche Soja, Festlegung Messpunkte, Untersuchungen	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																	
Betriebsbesuche Lupine, Festlegung Messpunkte, Untersuchungen	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																	
Betriebsbesuche Erbse & Bohne, Festlegung Messpunkte, Untersuchungen					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■													
Daten-Aufarbeitung	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Auswertung Soja			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																	
Soja-Broschüre													■	■	■	■																	
Auswertung Lupine			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■													
Lupinen-Broschüre																	■	■	■	■													
Auswertung Erbse, Bohne & Gesamt							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Erbsen-Broschüre A.bohnen-Broschüre																					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Wissenstransfer*				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Erstellung Zwischen- bzw. Abschlussbericht						■				■				■				■				■				■			■	■	■	■	

\* 2021 keine Vorträge aufgrund Corona

## **2. Wissenschaftlicher und technischer Stand an den angeknüpft wurde**

Alle ackerbaulich angebauten Kulturen unterliegen einer Vielzahl von Einflüssen, die den Wachstumsverlauf sowie den Ertrag und die Qualität des Erntegutes bestimmen. Die Körnerleguminosen werden dabei oft als besonders empfindlich eingestuft.

Der Erkenntnisstand ist für jede Kultur von einer Reihe von Autoren in verschiedenen Anbauanleitungen zusammengefasst. In Tabelle 2 (ab nächster Seite) sind aus einer Reihe solcher Anleitungen für die untersuchten Körnerleguminosen wesentliche Erfolgsfaktoren in den Bereichen Standort, Fruchtfolge und Anbau sowie problematische Krankheiten und Schädlinge und Ernte zusammengefasst. Diese Zusammenstellung gibt einen Eindruck darüber, in welchen Bereichen mit Einflussfaktoren auf die Entwicklung der beiden Körnerleguminosen gerechnet werden muss. Um aus der Fülle an möglichen Faktoren die wesentlichen in der derzeitigen Praxis ausschlaggebenden Faktoren ermitteln und bewerten zu können, sind Untersuchungen auf praktischen Betrieben notwendig.

Datenerhebungen auf landwirtschaftlichen Praxisflächen können eine wertvolle Basis für die Untersuchung komplexer Zusammenhänge im pflanzenbaulichen System bieten. Neben der Darstellung des Status quo und zu Demonstrationszwecken ist mit spezifischen Auswertungsschritten auch eine Ableitung wissenschaftlich fundierter Ergebnisse möglich. Hierfür stehen unter anderem multivariate statistische Verfahren zur Verfügung. In der Literatur liegt eine Reihe von Beispielen vor, bei denen mit diesen Methoden pflanzenbauliche Systeme untersucht wurden: Eine Stichprobenerhebung auf 57 Schlägen von 17 Ökobetrieben in Schweden diente Rydberg & Milberg (2000) als Grundlage, um mit Hilfe der PCCA (Partial Canonical Correspondence Analysis) wesentliche Standort- und Bewirtschaftungsfaktoren des Unkrautdrucks identifizieren und gewichten zu können. Raghupathi & Bhargava (1998) identifizierten mit Hilfe von Stichproben aus kommerziellen Obstbaubetrieben in Indien unter Verwendung von PCA (Principal Component Analyses) und KA (multiple Korrelationsanalyse) die relevanten Nährstoffgleichgewichte der Granatapfelproduktion. In einer niederländischen Studie auf Praxisflächen konnten mit Hilfe multivariater Verfahren Standort- und Bewirtschaftungsfaktoren für das Auftreten von Fußkrankheiten an Erbsen identifiziert werden. (Oyarzun et al., 1993, 1994 & 1998). Bei eigenen Untersuchungen auf 74 Körnererbsen- und 44 Ackerbohenschlägen konnten u.a. wesentliche in der Praxis wirksame Faktoren der Ertragsbildung und des Unkrautdrucks ermittelt werden (Schmidt & Wild, 2013, Wilbois et al., 2013). Diese Ergebnisse sind Bestandteil der für die Praxis aufgearbeiteten Informationen in der Broschüre „Körnerleguminosen und Bodenfruchtbarkeit“ (BLE, 2014).

Darüber hinaus bietet die Prüfung von Einzelfällen die Ableitung weiterer Erkenntnisse. Die Durchführung von Fallstudien definiert Yin (2003) als eine empirische Erhebung, die ein Phänomen innerhalb seines "real-life" Kontextes untersucht. Bei dieser Methode können durch Nutzung des Erkenntnisstandes und aufbauend auf andere Quellen auch quantitative Beweise erarbeitet werden. Im Bereich des ökologischen Landbaus wurde eine Vielzahl von wissenschaftlichen Arbeiten mit dieser Methode durchgeführt. So konnte z.B. Mikkelsen (2000) aus der Untersuchung des Nährstoffmanagements eines einzelnen ökologischen Betriebes prinzipielle Schlussfolgerungen für die ökologische Bewirtschaftung ableiten. Auch Bakken et al. (2005) und Eyhorn et al. (2007) nutzten Fallstudien zur Untersuchung pflanzenbaulicher Sachverhalte und zur Ableitung verallgemeinerbarer Schlussfolgerungen.

**Tab. 2:** Wesentliche Einflussfaktoren auf den Erfolg des Körnerleguminosenanbaus aus der Literatur

<b>Sojabohne</b>	<b>Blaue Lupine</b>	<b>Sommerkörnererbse</b>	<b>Wintererbse</b>	<b>Ackerbohne</b>
<b>Klima</b>				
Warmes Klima	Geringe Ansprüche	Gemäßigtes Klima	Bei Kahlfrösten Auswinterungs- gefahr	Mäßig warme Standorte
Lange, warme Vegetationszeit	Relativ kurze Vegetationszeit ausreichend			Empfindlich gegenüber hohen Temperaturen
Gute Wasserversorgung	Gute Wasserversorgung / trockenverträglich	Sommertrockenheit negativ, v. a. auf leichten bzw. flachgrün- digen Böden	Weniger Trockenheitsempfind- lich als Sommererbse	Gesicherte Wasserversorgung
<b>Boden</b>				
Mittlere gut erwärmbare Böden	Leichte bis mittlere Böden	Mittelschwere bis leichte Böden	Mittelschwere bis leichte Böden	Mittelschwere, tiefgründige, humose Böden
Gute Wasserverfügbarkeit (leichte Böden: Beregnungs- möglichkeit)	Gute Wasserverfügbarkeit / trockenverträglich	Gutes Wasserhaltevermögen: ertragssicherer		Hohes Wasserhaltevermögen
	Wenig Bodenverdichtungen	Keine Staunässe & Bodenver- dichtungen		Wenig Bodenverdichtungen
pH -Wert: > 6,5	pH -Wert: 5-6 / 5-6,8 / 5-6,5	pH-Wert: 6,0-7,2 optimal	pH-Wert: 6,0-7,2 optimal	pH-Wert: 6,5-8 optimal
Hoher S-Bedarf	Hoher S-Bedarf	Hoher S-Bedarf	Hoher S-Bedarf	Hoher S-Bedarf
		Hoher Mn-Bedarf		Auf Bor-versorgung achten
<b>Fruchtfolge</b>				
	Anbauabstand Lupine: 4-5 Jahre	Anbauabstand Erbse: 5-10 / 5-6 / 6-9 Jahre	Anbauabstand Erbse: 5-10 / 5-6 / 6-9 Jahre	Anbauabstand Ackerbohne: 4-6 Jahre (wenig ausgeprägte Selbstunverträglichkeit)
Keine Leguminose als Vorfrucht	Abstand andere Leguminosen: 4-5 Jahre	Abstand andere Leguminosen: Ackerbohne o. Lupine 2-3 / 4-5 Jahre; Wicke 5-7 Jahre; Rotklee & Luzerne 2-4 / 3-5 Jahre	Abstand andere Leguminosen: AB o. Lupine 2-3 / 4-5 Jahre; Wicke 5-7 Jahre; Rotklee & Luzerne 2-4 / 3-5 Jahre	Abstand andere Leguminosen: Erbse 4-6 Jahre, andere 3 Jahre
Abstand zu Sklerotinia-Wirten: > 4 Jahre (z.B. Sonnenblumen & Raps)		Weite Abstände zu Sklerotinia- wirten / Vorfrucht: nicht Raps & Sonnenblumen (Sklerotinia)	Weite Abstände zu Sklerotinia- wirten / Vorfrucht: nicht Raps & Sonnenblumen (Sklerotinia)	Weite Abstände zu Sklerotinia- wirten / Vorfrucht: nicht Raps & Sonnenblumen (Sklerotinia)

**Tab. 2:** Fortsetzung

<b>Sojabohne</b>	<b>Blaue Lupine</b>	<b>Sommerkörnererbse</b>	<b>Wintererbse</b>	<b>Ackerbohne</b>
<b>Anbau</b>				
	Nichtwendende Bodenbearbeitung geeignet	Sorgfältige Bodenbearbeitung & Aussaat		
Saat ab Bodentemp > 10° C	Frühe Saat / Saat im März empfohlen / gut erwärmter Boden	Möglichst frühe Saat (Wasser) / Bodentemperaturen > 4–5 °C optimal für zügige Entwicklung	Saattermin mit Ziel 2-4-Blattstadium vor Winter (Pflanzenhöhe 3-5 cm)	Saat Ende Februar bis spät. Anfang April (Frühsaatverträglich) / möglichst früh
Hohe Saatgutqualität (Keimfähigkeit, Triebkraft)				
Impfung notwendig	Impfung je nach Anbaugeschichte	Meist keine Impfung notwendig	Meist keine Impfung notwendig	Meist keine Impfung notwendig
Saat: 55-65 kf. Körner pro m <sup>2</sup>	Saat: 90-100 (verzweigt) o. 100-120 kf. Körner (endständig) pro m <sup>2</sup> / 90-100 bzw. 100-130 kf. Körner pro m <sup>2</sup>	Saat: 80-100 kf. Körner / 70 bis 90 Pflanzen pro m <sup>2</sup>	Saat: 40–50 kf. Körner pro m <sup>2</sup> (langwüchsig) + 70-150 kf. Körnern pro m <sup>2</sup> Getreide	Saat: 40-50 kf. Körner pro m <sup>2</sup> / <40 Pflanzen pro m <sup>2</sup> : Unkraut & geringer Ertrag / 30-40 kf. Körner pro m <sup>2</sup>
Saattiefe: 2-5 cm (an Bodenart angepasst)	Saattiefe: 2-3 cm (an Bodenart angepasst) / 3-4 cm (5 cm bei Bodenherbizid o. intensivem Striegeln)	Saattiefe: 4-6 cm (gleichmäßig) / gleichmäßige Verteilung in der Reihe	Saattiefe: 2-4 cm	Saattiefe: 6-10 cm (gleichmäßig) / 8-10 cm
	Reihenweite: >40cm Ertragseinbußen			Reihenweite: >50 cm bei zu hohe Bestandesdichte Ertragseinbußen
Unkrautregulierung sehr wichtig (langsame Jugendentwicklung)	Gute Unkrautregulierung (langsame Jugendentwicklung)	Unkraut Ertragsfaktor (optimaler Anbau: wesentl. für erfolgreiche Unkrautkontrolle)	Geringe Unkrautempfindlichkeit	Wenig konkurrenzstark gegenüber Unkraut (optimaler Anbau: wesentl. für erfolgreiche Unkrautkontrolle)
<b>Krankheiten und Schädlinge</b>				
Vögel (nach Saat) & Wild	Wild	Vögel: nach Saat und vor Ernte	Weniger anfällig gegenüber Schadinsektenbefall	
Distelfalter	Blattrandkäfer (Blattfraß & Larvenfraß an Knöllchen)	Blattrandkäferlarven an Knöllchen	Blattrandkäferlarven an Knöllchen	Blattrandkäferlarven an Knöllchen
Bohnensaatfliege	Lupinenfliege	Blattläuse (wichtig)	Blattläuse	Blattläuse

**Tab. 2:** Fortsetzung

Sojabohne	Blaue Lupine	Sommerkörnererbse	Wintererbse	Ackerbohne
<b>Krankheiten und Schädlinge</b>				
		Erbsenwickler	Erbsenwickler	
		Erbsenkäfer	Erbsenkäfer	Ackerbohnenkäfer
	Fußkrankheiten (z.T. Fruchtfolge; eine Reihe möglicher pilzlicher Pathogene)	Fußkrankheiten (z.T. Fruchtfolge, z.T. saatgutbürtig), Z-Saatgut empfohlen	Fußkrankheiten (insbesondere in feuchten, milden Wintern anfällig)	Fußkrankheiten
Diaporthe	Anthraknose (Anfälligkeit relativ gering, Saatgutübertragung)	Brennflecken (Ascochyta-Komplex am Saatgut)	Brennflecken (Ascochyta-Komplex am Saatgut)	Brennflecken ( <i>Ascochyta fabae</i> am Saatgut)
		Falscher Mehltau	Falscher Mehltau	Falscher Mehltau
	Echter Mehltau	Echter Mehltau	Echter Mehltau	
		Erbsenrost	Erbsenrost	Ackerbohnenrost
	Grauschimmel	Grauschimmel	Grauschimmel	Schokoladenfleckenkrankheit & Grauschimmel
Sklerotinia	Sklerotinia	Sklerotinia	Sklerotinia	Sklerotinia
<b>Ernte</b>				
Problem: Hülsenplatzen	Problem: Hülsenplatzen	Problem: Hülsenplatzen	Problem: Hülsenplatzen	Problem: Hülsenplatzen
Problem: späte Abreife (je nach Sorte)	Problem: ungleichmäßige Abreife bzw. Wiederaustrieb	Problem: Lager	Problem: Lager	
Problem: tiefer Hülsenansatz				
	Ertragspotential: 20-45 dt/ha	Mittlerer Ertrag: 30 dt/ha		Mittlerer Ertrag: 36 dt/ha
<b>Quellen</b>				
Beesten, 2014; Imgraben et al., 2021 Imgraben, 2014 Recknagel et al., 2017 Schmidtke & Böhm, 2013 Sperber et al., 1988	Bader & Blessing, 2020 Böhm & Gruber, 2013 Kaufmann et al., 2009 Römer, 2002 Schmidtke & Böhm, 2013 Schmiechen et al., 2011 Sperber et al., 1988	Bader & Blessing, 2020 Heidel et al., 2013 Schmidtke & Böhm, 2013 Vogt-Kaute et al., 2013 Völkel & Vogt-Kaute, 2013 Wulffen, 2014	Bader & Blessing, 2020 Schmidtke & Böhm, 2013 Vogt-Kaute et al., 2013	Bader & Blessing, 2020 Wulffen, 2014 Schmidtke & Böhm, 2013 Völkel & Ebert, 2013

## 3. Material und Methoden

### 3.1. Betriebs-, Schlag- und Messpunktauswahl

In Zusammenarbeit mit den im Rahmen der Eiweißpflanzenstrategie der Bundesregierung geförderten Netzwerkprojekte

- Modellhaftes Demonstrationsnetzwerk zur Ausweitung und Verbesserung des Anbaus und der Verwertung von Sojabohnen in Deutschland,
- Modellhaftes Demonstrationsnetzwerk zu Anbau und Verwertung von Lupinen,
- Modellhaftes Demonstrationsnetzwerk zur Ausweitung und Verbesserung des Anbaus und der Verwertung von Leguminosen mit Schwerpunkt Erbsen und Bohnen in Deutschland

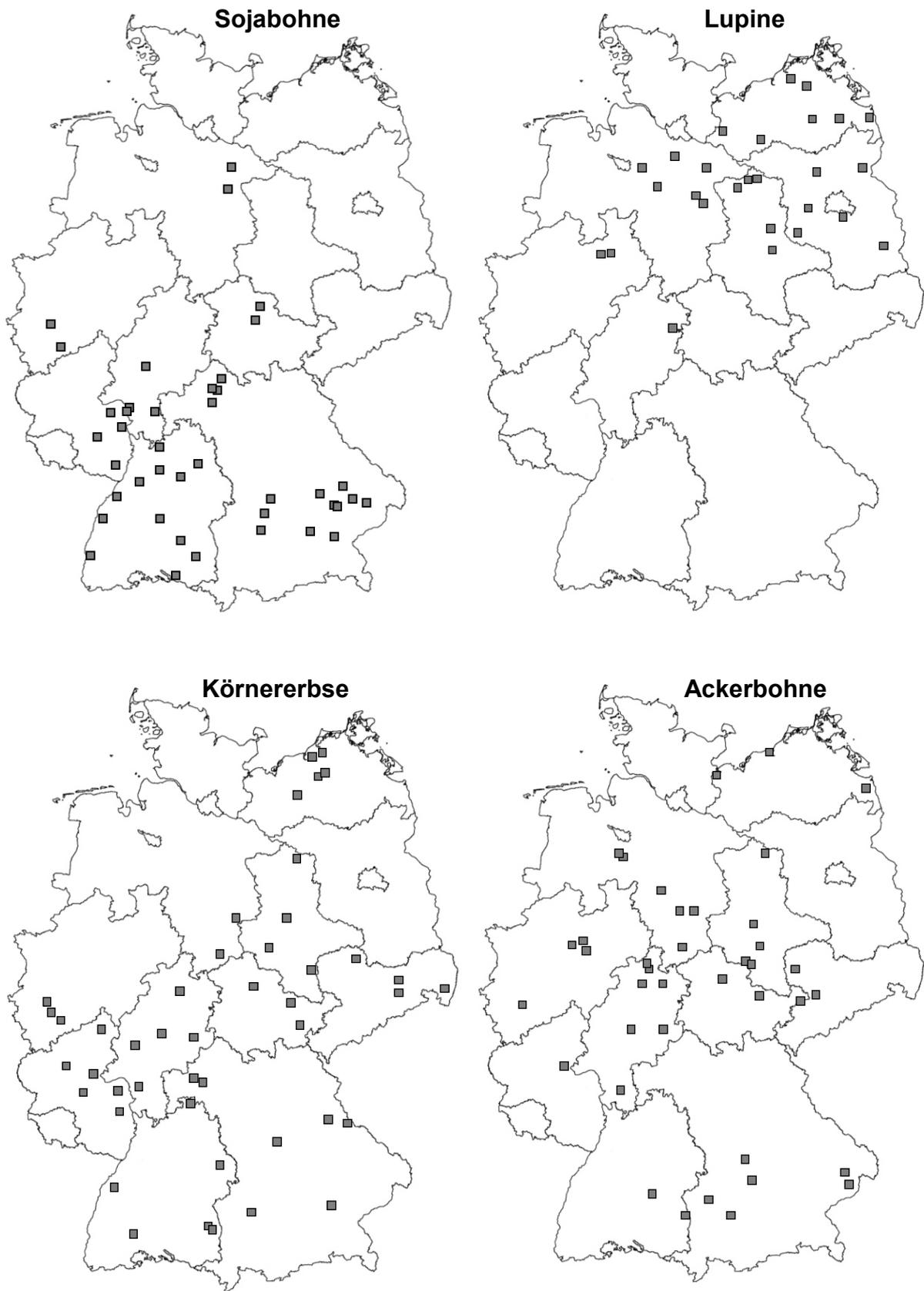
wurden im Zeitraum 2015 bis 2019 Betriebe und Praxis schläge mit entsprechendem Körnerleguminosenanbau für die Untersuchung ausgewählt. Dabei wurde In enger Kooperation mit den, für die Betriebskontakte zuständigen Betriebsbetreuern und den betreffenden Landwirten für die Betriebe charakteristische Felder unter Berücksichtigung folgender Kriterien ausgewählt:

- Ziel war es, Schläge auf Betrieben mit möglichst viel Erfahrung im Anbau mit der jeweiligen Körnerleguminose auszuwählen. Soweit möglich wurden dabei die Praxisflächen untersucht die an die Demoflächen angrenzen und bei denen Datenerhebungen durch Projektpartner geplant waren.
- Weite Spannweite an Böden und Bewirtschaftungssystemen: Für die geplante Auswertung mit multivariaten statistischen Verfahren sollten möglichst unterschiedliche Standortbedingungen und Bewirtschaftungsverfahren bei den Schlägen vertreten sein. Es wurde angestrebt je Leguminosenart ca. die Hälfte ökologisch bzw. konventionell bewirtschaftete Schläge zu untersuchen.
- Extreme Bedingungen: Extreme Grenzstandorte für die jeweilige Körnerleguminosenart (Boden, Klima) auf denen ein Anbau versucht wird, wurden nicht in die Untersuchung einbezogen. Weiterhin wurden nur Betriebe gewählt, deren Bewirtschaftung nach Ansicht des jeweiligen Betreuers keine deutlichen Defizite aufwiesen.

In den Jahren 2015 bis 2019 wurden auf 147 Betrieben insgesamt 445 Schläge mit Körnerleguminosen untersucht (Details in Tab. 3). In Abbildung 1 ist die Lage der untersuchten Betriebe dargestellt.

**Tab. 3:** Anzahl im Projekt untersuchte Betriebe bzw. Körnerleguminosenschläge

Jahr	Sojabohne	Blaue Lupine	Sommer-Körnererbse	Wintererbse	Ackerbohne
Betriebe	41	27	32	10	37
Schläge					
Ökologisch	59	44	23	29	53
Konventionell	55	43	76	6	57
2015	41	25	-	-	-
2016	41	24	23	6	26
2017	32	24	27	11	29
2018	-	14	26	9	30
2019	-	-	23	10	25



**Abb. 1:** Lage der von 2015 bis 2019 untersuchten Betriebe

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. Mit den Messparzellen sollte nicht der gesamte Schlag abgebildet werden, sondern ein charakteristischer Bereich des Schlages, mit der dort kleinräumig auftretenden Streuung der einzelnen Parameter.

## 3.2. Datenerhebungen und Untersuchungen

### Datenerhebungen

Für die ackerbauliche Auswertung wurden unter anderem Daten aus den im Rahmen der Netzwerke durchgeführten Erhebungen verwendet. Von den Betriebsbetreuer\*innen wurde dabei die Leitung der Betriebe mit Fragebögen nach diversen Daten zu den Betrieben und den untersuchten Schlägen befragt. Die Fragebögen wurden in Kooperation der Netzwerkpartner und der SÖL erstellt. Die Rahmen des vorliegenden Projekts genutzten Erhebungsdaten sind in Tabelle 4 schematisch aufgeführt.

**Tab. 4:** Daten aus der Betriebsbefragung die für die ackerbauliche Auswertung verwendet wurden

Bereich	Details
Betrieb	Allgemeine Angaben zur Betriebsorganisation bzw. -bewirtschaftung, zum Standort und Ackerbau sowie zur Tierhaltung
<b>Untersuchungsschlag</b>	
Standort	Ackerzahl, Bodenart, Bodenuntersuchungsergebnisse, Schlaggröße
Schlaggeschichte	10-15 Jahre, angebaute Haupt- und Zwischenfrüchte, Düngung, wesentliche Bewirtschaftungsänderungen
Bewirtschaftungsmaßnahmen von Ernte der Vorfrucht (Hauptfrucht) bis Ernte der Körnerleguminose	Bodenbearbeitung: Termin, Gerät / Werkzeug Bearbeitungstiefe; Nichtchemische Unkrautregulierung: Maßnahmen, Gerät, Abstand zur Reihe, Tiefe, Erfolg; Chemische Pflanzenschutzmaßnahmen: Termin, Mittel, Erfolg; Zwischenfrucht: Termin, Zusammensetzung, Aufwuchseinschätzung (gering, mittel, hoch); Mineralische & organische Düngung: Termin, Art, Menge
Anbau Körnerleguminose	Sorte, Saatgutkategorie, Beizung; Impfung (Details zur Durchführung); Saattermin, Aussaatmenge; Reihenabstand, Saattiefe, Saattechnik Erntetermin, Schlagsertrag; Besonderheiten im Anbaujahr

### Untersuchungen

Die Untersuchungen an den Messpunkten erfolgte zum Teil durch die Betriebsbetreuer\*innen der Netzwerke. Sie führten auf einem Großteil der Schläge die Messungen nach dem Auflaufen der Körnerleguminosen sowie die Handernt und Bonituren kurz vor dem Betriebsdrusch durch. Zudem machten sie standardisierte Fotos für Bonituren durch die SÖL. Ein Großteil der anderen Messungen und Bonituren erfolgten im Rahmen mehrerer Betriebsbesuche durch die SÖL. Die in den Messparzellen erhobenen Parameter sind in Tabelle 5 aufgeführt. Für die  $N_{\min}$ -Beprobung und -Analyse sowie die Untersuchung der Saatgutproben wurde Dritte beauftragt.

**Tab. 5:** In den Messparzellen erhobene Parameter

<b>Parameter</b>	<b>Angaben</b>
<b>Boden</b>	
Nmin & TM	0 - 90 cm; Frühjahr (z.T. Schlagmittel)
pH, C <sub>org</sub> , N <sub>t</sub> , K, P, Mg, Mn, Zn, Cu, B, S	0 - 20 cm; 2 Messpunkte, meist Frühjahr (Mineralnährstoffe: verfügbar, CAT)
Korngrößenverteilung	0 - 20 cm; Mischung von 2 Messpunkten (Schlämme Methode)
Visuelle Beurteilung in Einzelfällen	0 - 40 cm; 1-2 Messpunkte
Penetrometer <sup>1)</sup>	0 - 80 cm; je 10 Einstiche an 2 Messpunkten, Winter/Frühjahr
<b>Leguminose</b>	
Keimfähigkeit, Triebkraft, TKG, Bonitur; Pathogenbesatz, visuelle Bonitur	Saatgutprobe vom Betrieb
Saattiefe	Je 10 Pflanzen nach Auflaufen, 2 Messpunkte
Pflanzen bzw. Triebe/m <sup>2</sup> , Bestandeshöhe, Deckungsgrad (vor Ort / Foto), Schädlings-, Krankheits- & Bestandesbonituren, Prüfung von Symptomen im Bedarfsfall	3 Termine (nach Auflaufen, zur Blüte & zur Ernte), 2 Messpunkte
Wurzelbonitur (Krankheiten / Knöllchenbesatz) Prüfung von Symptomen im Bedarfsfall nur Erbse & Ackerbohne: Wurzelproben für Pathogenbestimmung	Je 10 Wurzeln, zur Blüte, 2 Messpunkte Je 10 Wurzeln, zur Blüte, 2 Messpunkte
TM-Ertrag (nur Körner), Bonitur, N <sub>t</sub>	Handernte, je 2,5 m <sup>2</sup> , 2 Messpunkte, vor Betriebsernte (Drusch mit Standdreschmaschine)
<b>Unkraute</b>	
Deckungsgrad (vor Ort / Foto)	3 Termine (nach Auflaufen, zur Blüte & Ernte), 2 Messpunkte
Bestimmung der Arten & quantitative Bonitur	Zur Blüte, 2 Messpunkte

1) Nur Böden, die Penetrometereinsatz erlaubten

Die Witterungsdaten – Tageswerte für Niederschlag und Temperatur - wurden von den nächstgelegenen Wetterstationen des DWD oder anderer kostenfreier Wetterstationen abgerufen.

Für eine Einbeziehung von Sorteneigenschaften in die Auswertung wurden die Ergebnisse der Landessortenversuche der geprüften Körnerleguminosen für den entsprechenden Untersuchungszeitraum ausgewertet.

Aufgrund der besonderen Empfindlichkeit von Erbse und Ackerbohne gegenüber Fußkrankheiten und den noch nicht vollständig geklärten Zusammenhängen zwischen Standortbedingungen, Anbaugeschichte, Pathogenbesatz an den Wurzeln und dem Anbauerfolg wurde den Wurzeln besonderes Augenmerk gezollt.

Im Rahmen des kooperierenden Forschungsprojekts „Identifikation der Pathogene an den Wurzeln von Erbse und Ackerbohne im Rahmen der modellhaften Demonstrationsnetzwerke Erbse und Bohne der Eiweißpflanzenstrategie“ (PATHO-ID, FKZ 2814EPS40) erfolgte durch

das Fachgebiet Ökologischer Pflanzenschutz der Uni Kassel die Identifikation der Pathogene an den in den Messparzellen entnommenen Wurzelproben.

### 3.3. Auswertung

Die Auswertung der Daten erfolgte in mehreren Schritten:

**Strukturierung** der erhobenen und von den Projektpartnern erhaltenen Informationen (Datenbank) sowie - soweit möglich und notwendig - Aufarbeitung zu vergleichbaren Größen (bei der Bewirtschaftung z. B. Fruchtarten-Anbauanteile bzw. Abstände, Zeiträume mit Bodenruhe, Bodenbearbeitungstiefe und -häufigkeit usw.), Zusammenfassung von nicht quantifizierbaren Angaben – z.B. Beobachten und Kommentare bei den Betriebsbesuchen oder Anmerkungen der Betriebsleitung – für die Berücksichtigung bei der Einzelfallbetrachtung.

**Betriebsübergreifender Vergleich und statistische Untersuchung** der erfassten Parameter mit multivariaten Verfahren (u. a. Korrelationen, multiple Regressionen, Hauptkomponentenanalyse usw.) und grafischer Darstellung (Streudigramme u. Ä.). Ziel war dabei interkorrelierende Parameter (kommt u. a. häufig bei Bodenparametern vor) zusammenzufassen und wesentliche Zusammenhänge zwischen einzelnen Parametern bzw. Parametergruppen qualitativ und quantitativ zu beschreiben.

**Einzelfallauswertung** der Ergebnisse von einzelnen Betrieben bzw. Schlägen im Sinn von Fallstudien. Dabei wurden besonders diejenigen Betriebe bzw. Schläge beleuchtet, die bei der betriebsübergreifenden Auswertung aufgefallen waren, z. B. Schläge auf denen trotz guter Standort- und Bewirtschaftungsvoraussetzungen kein angemessenes Ertragsergebnis erzielt werden konnte oder Schläge bei denen andere Auffälligkeiten in den Daten oder Beobachtungen vorlagen. Dadurch – z. T. in Rücksprache mit den Betriebsleitern und Betriebsbetreuern - wurde versucht die entscheidenden Faktoren des Ausnahmeverhaltens zu identifizieren.

**Validieren und Zusammenfassen** der Ergebnisse aus der statistischen Analyse und der Einzelfallauswertung. Über den Vergleich zum derzeitigen Erkenntnisstand Erarbeitung schlüssiger Faktorenlisten für die Zielgrößen Ertrag, Unkrautdruck und Proteingehalt jeder der geprüften Körnerleguminosen. Erläuterung und Darstellung dieser Ergebnisse im Rahmen von Broschüren.

**Vergleich der Leguminosenarten** durch Gegenüberstellung der Ergebnisse aus der artspezifischen Auswertung der einzelnen Körnerleguminosen. Die Unterschiede zwischen den jeweils wesentlichen Einflussfaktoren, deren Wirkungsrichtung und ihrer Gewichtung lassen Rückschlüsse z.B. auf unterschiedliche Standorteignung, differierende Ansprüche an die Bewirtschaftung und derzeit in der Praxis relevante Knackpunkte zu.

**Projektübergreifende Einbindung der Ergebnisse.** Mit dem Kooperationspartner FG Ökologischer Pflanzenschutz der Uni Kassel wurde die Auswertung der Ergebnisse zu Erbse und Ackerbohne diskutiert und abgestimmt sowie gemeinsam an Publikationen gearbeitet. Mit den Netzwerken, die eine ökonomische Auswertung durchgeführt haben (Sojabohne, Erbse und Ackerbohne) wurden die Ergebnisse in den Broschüren gemeinsam und abgestimmt dargestellt.

## 4. Ergebnisse

Die Ergebnisse zur Auswertung der einzelnen geprüften Körnerleguminosenarten sind umfassend in vier Broschüren aufbereitet dargestellt:

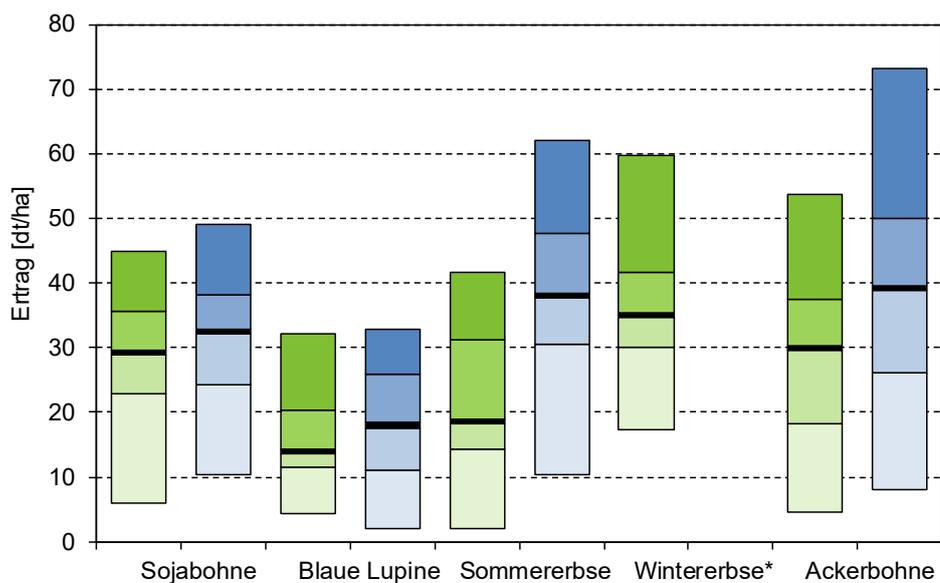
Schmidt, H., Langanky, L., Wolf, L., Schätzl, R. (2019): Soja-Anbau in der Praxis – Ackerbau & Ökonomie – ökologisch & konventionell. Verlag Dr. Köster, Berlin. 107 Seiten

Schmidt, H., Langanky (2020): Lupinen-Anbau in der Praxis – Ackerbauliche Ergebnisse zur Blauen Süßlupine – ökologisch & konventionell. Verlag Dr. Köster, Berlin. 93 Seiten

Schmidt, H., Langanky, L., (Hrsg.) (2021): Körnererbsen-Anbau in der Praxis – Ackerbau & Ökonomie – ökologisch & konventionell. 161 Seiten

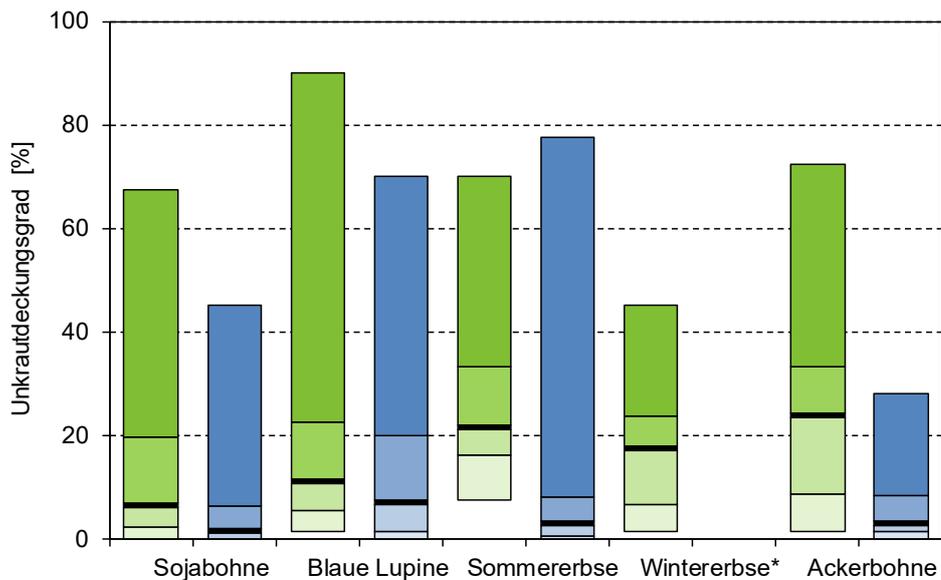
Schmidt, H., Langanky, L., (Hrsg.) (2021): Ackerbohnen-Anbau in der Praxis – Ackerbau & Ökonomie – ökologisch & konventionell. 135 Seiten

In den Abbildung 1 bis 3 sind ausgewählte Ergebnisse zu den Erträgen, zum Unkrautdeckungsgrad und zum Proteingehalt dargestellt.

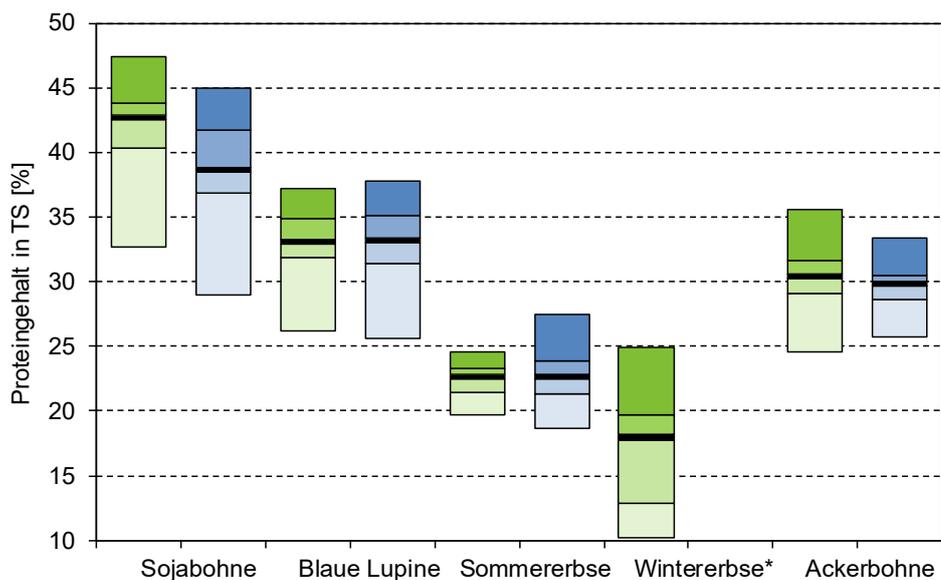


**Abb. 1:** Boxplots der Praxiserträge (86 % TS) der geernteten Körnerleguminosenbestände (Angaben der Betriebsleitung), grün: ökologisch, blau konventionell angebaut

\* Wintererbse nur ökologisch, Gemengeerträge (mit Getreide), alle anderen: Reinsaaten



**Abb. 2:** Boxplots des Unkrautdeckungsgrads zum Ende der Blüte der geernteten Körnerleguminosenbestände, grün: ökologisch, blau konventionell angebaut  
\* Wintererbse nur ökologisch und im Gemenge mit Getreide, alle anderen: Reinsaaten



**Abb. 3:** Boxplots der Proteingehalte (in TS) der geernteten Körnerleguminosen, grün: ökologisch, blau konventionell angebaut  
\* Wintererbse nur ökologisch, Gemengegehalte (mit Getreide), alle anderen: Reinsaaten

Im weiteren Verlauf werden für jede Körnerleguminose die als wesentlich ermittelten Einflussfaktoren auf Ertrag, Unkrautdruck und Proteingehalt aufgelistet – bei Unterschieden zwischen ökologisch und konventionell jeweils getrennt. Für tiefergehende Informationen wird auf die entsprechende Broschüre verwiesen (<https://www.ble-medienservice.de/>).

## 4.1. Sojabohne

### Ertrag

Im Folgenden werden die wesentlichen Faktoren des Ertrags aufgeführt. Die Faktoren sind nach Ihrer Bedeutung für den Ertrag sortiert.

- Niederschlag und Beregnung, 2 Wochen nach Saat bis ca. 3 Wochen vor Ernte:  $\emptyset$  ca. +3,7 dt/ha pro 50 l/m<sup>2</sup> (Effekt nur bis 300 l/m<sup>2</sup>).
- Unkrautdeckungsgrad, Ende Sojablüte:  $\emptyset$  ca. -3,3 dt/ha pro 10 % Deckungsgrad.
- Sortenpotential Ertrag, Unterschied zur Sorte 'Merlin' (Median deutscher Sortenversuche 2015-2017: 34,1 dt/ha, 14 % Feuchte):  $\emptyset$  ca. +0,7 dt/ha pro 1 dt/ha.
- Bodenwasser, pflanzenverfügbar in 0-90 cm, Frühjahr vor Saat:  $\emptyset$  ca. +1 dt/ha pro 10 l/m<sup>2</sup> (Effekt nur bis 100 l/m<sup>2</sup>).
- $\emptyset$  Temperatur, Tageslufttemperatur Saat bis Blühbeginn:  $\emptyset$  ca. +1,1 dt/ha pro 1 °C.
- Anzahl Nächte mit Minimumtemperatur < 10 °C im Blühzeitraum:  $\emptyset$  ca. -0,4 dt/ha pro 1 Nacht.
- Sortenpotential Protein, Unterschied zur Sorte 'Obelix' (Median deutscher Sortenversuche 2015-2017: 40,7 % i. d. TS):  $\emptyset$  ca. -0,5 dt/ha pro +1 %.

Weitere Faktoren mit geringem Effekt oder die nur selten vorkamen:

- Starkregen und/oder Hagel war für vier der sechs Totalausfälle (von 114 Beständen) verantwortlich sowie in einzelnen Fällen für geringere Erträge.
- Taubenfraß: ein Totalausfall. Fraßschäden durch Vögel und/oder Wild wurden auch auf weiteren Schlägen beobachtet, ein deutlicher Ertragseffekt war jedoch nicht nachweisbar.
- Sklerotinia-Befall führte bei einzelnen Beständen zu geringeren Erträgen.
- Eine niedrige Schneidwerkhöhe des Mähdreschers erhöhte in einigen Fällen die Ertragsausbeute.
- Bei heißer, trockener Witterung im Zeitraum der Abreife wurde bei einigen Beständen vermehrtes Hülsenplatzen beobachtet. Eine Bestimmung des Ertragseffekts war bei dieser Untersuchung nicht möglich.

### Unkraut

Im Folgenden werden die wesentlichen Faktoren des Unkrautdeckungsgrads aufgeführt. Die Faktoren sind nach Ihrer Bedeutung für den Unkrautdeckungsgrad sortiert.

#### Konventionell:

- Pflanzen/m<sup>2</sup>, nach Auflaufen (hängt eng mit der Gleichmäßigkeit der Pflanzenverteilung und mit der Bestandeshomogenität zum Ende der Blüte zusammen): Dünne, lückige und ungleichmäßige Bestände sind häufig mit hoher Unkrautdeckung verbunden.
- Niederschlag, 1 Woche vor und nach der Saat: Häufiger hohe Unkrautdeckung bei trockenen Bedingungen.
- $\emptyset$  Anzahl Herbizidanwendungen bei Hackfrüchten, langjährig: Oft geringere Unkrautdeckung bei höherer, langfristiger Herbizidintensität.

Weitere Faktoren mit geringem Effekt oder die nur selten vorkamen:

- Feines Saatbett – wenig Kluten: in einigen Fällen mit einem geringeren Unkrautdeckungsgrad verbunden.
- Maximale Arbeitstiefe der Bodenbearbeitung im Frühjahr vor der Saat: Tendenz zu geringerem Unkrautdeckungsgrad bei größeren Arbeitstiefen (Spannweite 2 bis 30 cm).
- Nachauflaufherbizid: in einigen Fällen konnte der Unkrautdeckungsgrad bei schlechter Wirkung des Voraufbauherbizids im Nachauflauf reduziert werden.
- Stoppelbearbeitung: Auf Betrieben mit Scheibeneggen zur Stoppelbearbeitung traten häufig geringere Unkrautdeckungsgrade als bei Verwendung von Grubbern auf.

### **Ökologisch:**

- Pflanzen/m<sup>2</sup> nach Auflaufen, hängt eng mit der Gleichmäßigkeit der Pflanzenverteilung und mit der Bestandeshomogenität zum Ende der Blüte zusammen: Dünne, lückige und ungleichmäßige Bestände sind häufig mit hoher Unkrautdeckung verbunden.
- Bodenpunkte: Häufiger hohe Unkrautdeckung auf schlechteren Böden.
- Ø Anzahl Stoppelbearbeitungsgänge, langjährig: Oft geringere Unkrautdeckung bei höherer Stoppelbearbeitungsintensität.
- Bestandeshöhe, Ende Sojablüte: Geringere Unkrautdeckung in hohen Beständen.
- N<sub>min</sub>, 0-30 cm, vor Saat: Oft höhere Unkrautdeckung bei hohen N<sub>min</sub>-Werten im Oberboden.
- Anzahl „Falsches Saatbett“: Oft geringere Unkrautdeckung je häufiger „Falsches Saatbett“.
- Anzahl Maschinenhacke: Oft geringere Unkrautdeckung bei häufigerem Hacken.

Weitere Faktoren mit geringem Effekt oder die nur selten vorkamen:

- Tonreiche Böden wiesen häufig eine Tendenz zu höheren Unkrautdeckungsgraden auf.
- Niedrige Temperaturen 2 Wochen nach Saat (Spannweite insgesamt: 6-19 °C) führten bei einigen Beständen zu erhöhtem Unkrautdeckungsgrad.
- Ein großer zeitlicher Abstand von der Saat bis zum erstem Blindstriegeln bzw. zum erstem Maschinenhacken war in einigen Fällen mit erhöhtem Unkrautdeckungsgrad verbunden.
- Der höchste Unkrautdeckungsgrad trat auf einer Fläche mit häufigem Gemüseanbau, hohem Unkrautdruck und starken Sojabestandesschäden durch Taubenfraß auf.

### **Proteingehalt**

Im Folgenden werden die wesentlichen Faktoren des Proteingehalts aufgeführt. Die Faktoren sind nach Ihrer Bedeutung für den Proteingehalt sortiert.

- Knöllchenbesatz, Ende Sojablüte: Ø ca. +1,7 Prozentpunkte pro Boniturnote.
- Niederschlag 4 bis 8 Wochen nach Saat: Ø ca. +0,2 Prozentpunkte pro 10 l/m<sup>2</sup> (Effekt nur bis 80 l/m<sup>2</sup>).
- Tongehalt, 0-20 cm: Ø ca. -0,4 Prozentpunkte pro 10 % Ton.
- Ø Temperatur, 4 bis 8 Wochen nach Saat: Ø ca. +0,3 Prozentpunkte pro 1 °C.

- Sortenpotential - Protein, Unterschied zur Sorte 'Obelix' (Median deutscher Sortenversuche 2015-2017: 40,7 % i. d. TS):  $\emptyset$  ca. +0,6 Prozentpunkte pro +1 %.
- Anzahl Arbeitsgänge mit der Maschinenhacke, jeweils Anteil der Bestände [%], nur Öko-Schläge:  $\emptyset$  ca. +0,3 Prozentpunkte / Hackgang.

Weitere Faktoren mit geringem Effekt oder die nur selten vorkamen:

- Sojaanbau: auf Schlägen mit vorherigem Sojaanbau lag der Proteingehalt im Mittel etwas höher als bei erstmaligem Anbau.
- Starkniederschläge direkt nach der Saat: in einzelnen Fällen wiesen die Ergebnisse auf geringere Proteingehalte bei Beständen mit Starkniederschlägen direkt nach der Saat hin (Verschlämmung).
- Niederschlag vor Ernte: bei feuchterer Witterung wenige Wochen vor der Ernte zeigte sich eine Tendenz zu höheren Proteingehalten.
- Tausendkorngewicht: die höheren Proteingehalte bei höheren Tausendkorngewichten der geernteten Bohnen waren wahrscheinlich neben den Wachstumsbedingungen vor allem auf die Sorteneigenschaften zurückzuführen. Viele der Sorten mit hohem Proteinpotalential wiesen ein relativ hohes Tausendkorngewicht auf.

## 4.2. Blaue Lupine

### Ertrag

Im Folgenden werden die wesentlichen Faktoren des Ertrags aufgeführt. Die Faktoren sind nach Ihrer Bedeutung für den Ertrag sortiert.

- Faktoren hängen stark voneinander ab:  
Unkrautdeckungsgrad, Ende Blüte:  $\emptyset$  ca. -2,0 dt/ha pro 10 % Deckungsgrad.  
Bestandesdichte:  $\emptyset$  ca. +1,3 dt/ha pro 10 Pfl./m<sup>2</sup> (bis max. 100 Pfl./m<sup>2</sup>).  
Bestandeshomogenität, Ende Blüte:  $\emptyset$  ca. +3,5 dt/ha pro Boniturnote.
- Faktoren hängen stark voneinander ab:  
Knöllchen, Ende Blüte:  $\emptyset$  ca. +1,5 dt/ha pro Boniturnote.  
Anteil aktiver Knöllchen, Ende Blüte:  $\emptyset$  ca. +0,6 dt/ha pro 10 % aktive Knöllchen.
- Summe von Bodenwasser vor Saat (bis 90 cm) und Niederschlag und Beregnung 2 Wo. nach Saat bis 3 Wo. vor Ernte:  $\emptyset$  ca. +2,5 dt/ha pro 50 l/m<sup>2</sup> (bis 300 l/m<sup>2</sup>),  
 $\emptyset$  ca. -2,5 dt/ha pro 50 l/m<sup>2</sup> (ab 450 l/m<sup>2</sup>).
- Tiefe letzter Grundbodenbearbeitung:  $\emptyset$  ca. +0,4 dt/ha pro 1 cm (bis 25 cm).
- $\emptyset$  Temperatur, in der Woche vor Saat:  $\emptyset$  ca. +0,7 dt/ha pro 1°C (bis 12°C).
- Tiefe letzter Stoppelbearbeitung:  $\emptyset$  ca. +0,6 dt/ha pro 1 cm (ab 10 cm).
- Verwendung von Z-Saatgut:  $\emptyset$  ca. +2,5 dt/ha bei Z-Saatgut.

Weitere Faktoren mit geringem Effekt oder die nur selten vorkamen:

- Extrem wechselnde oder extrem sandige Böden wiesen häufig geringere Erträge auf als nach den Bestandes- und Standortfaktoren zu erwarten waren.

- Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass bei den ökologisch bewirtschafteten Schlägen die Bodengehalte an Phosphor ertragswirksam sein könnten. Phosphorversorgungsstufen oberhalb von B scheinen dabei günstiger zu sein. Klarheit können in diesem Punkt nur gezielte Feldversuche erbringen.
- Wildfraß, z. B. durch Rehe oder Damwild, führte in Einzelfällen zu deutlichen Ertrags-einbußen.
- Anthraknose-Befall trat im Untersuchungszeitraum nur selten auf. In zwei von 83 Beständen jedoch so stark, dass die Erntewürdigkeit fraglich war.
- Sklerotinia-Befall trat in einigen Lupinenbeständen auf und war wahrscheinlich auf einzelnen Schlägen auch ertragsmindernd.
- Unter wechselnd feuchten Bedingungen trat häufig eine ungleichmäßige Abreife bzw. Wiederaustrieb auf. Der Einfluss auf den Ertrag konnte nicht quantifiziert werden. Eine Sikkation führte im Mittel der konventionellen Schläge jedoch zu einer etwas höheren Ertragsausbeute.
- Bei heißer, trockener Witterung im Zeitraum der Abreife wurde bei einigen Beständen vermehrtes Hülsenplatzen beobachtet. Eine Bestimmung des Ertragseffekts war bei dieser Untersuchung nicht möglich, von negativen Auswirkungen auf die Ertragsausbeute ist jedoch auszugehen.

## **Unkraut**

Im Folgenden werden die wesentlichen Faktoren des Unkrautdeckungsgrads aufgeführt. Die Faktoren sind nach Ihrer Bedeutung für den Unkrautdeckungsgrad sortiert.

- Faktoren hängen stark voneinander ab:  
Bestandesdichte: Je höher die Dichte an Lupinenpflanzen umso weniger Unkrautdeckung (bis max. 90 Pfl./m<sup>2</sup>).  
Bestandeshomogenität, Ende Blüte: je gleichmäßiger der Bestand umso weniger Unkrautdeckung.
- Sandanteil im Boden, 0-20 cm: je mehr Sand umso mehr Unkraut.
- Summe von Niederschlag und Beregnung im Juni: Höherer Unkrautdeckungsgrad bei feuchteren Bedingungen.
- Knöllchen, Ende Blüte: Geringerer Unkrautdeckungsgrad bei hohem Knöllchenbesatz.

Weitere Faktoren mit geringem Effekt oder die nur selten vorkamen:

### **Konventionell:**

- In einigen Fällen war der Unkrautdeckungsgrad geringer, wenn vor der Saat eine tiefe Bodenbearbeitung (20 bis 30 cm) durchgeführt wurde.
- Oft wurde von den Betrieben eine schlechte Wirkung des Voraufbauherbizids auf trockene Boden- bzw. Witterungsbedingungen zurückgeführt. Im Mittel war jedoch kein Zusammenhang zwischen den Niederschlagsmengen im Zeitraum um die Saat und dem Unkrautdeckungsgrad zu erkennen.

- In einzelnen Fällen trat auf sehr humosen Böden trotz Voraufherbizid ein hoher Unkrautdruck auf. Diese Beobachtung passt mit dem bekannten Effekt einer geringeren Wirksamkeit einzelner Herbizide bei hohen Humusgehalten zusammen.
- Beim Einsatz einer Kombination verschiedener Voraufherbizide traten seltener hohe Unkrautdeckungsgrade auf. Diese Beobachtung sollte weiter untersucht werden.
- Die Ergebnisse weisen auf einen geringeren Unkrautdeckungsgrad in den Fällen keiner oder sehr flacher Stoppelbearbeitung im Vorjahr hin. Diese Beobachtung widerspricht allerdings vielen Praxiserfahrungen und Versuchsergebnissen.

### **Ökologisch:**

- Die Ergebnisse zeigen nur eine leichte Tendenz dafür, dass bei häufigerer mechanischer Unkrautregulierung der Unkrautdeckungsgrad geringer war.
- In den wenigen Beständen, in denen die Maschinenhacke zum Einsatz kam, lag der Unkrautdeckungsgrad meist auf niedrigem Niveau.
- In einigen Fällen konnte ein hoher Unkrautdeckungsgrad bei sehr spätem ersten Striegeln oder sehr großen Abständen zwischen den einzelnen Arbeitsgängen mit dem Striegel beobachtet werden. Viele Unkräuter waren bei späten Maßnahmen anscheinend zu groß, um vom Striegel noch geschädigt zu werden.
- In einzelnen Beständen mit unebenem Saatbett und ungleichmäßiger Saattiefe wurden erhöhte Lupinenverluste durchs Striegeln verbunden mit hohem Unkrautdeckungsgrad zum Ende der Blüte beobachtet.
- Die Ergebnisse weisen auf einen geringeren Unkrautdeckungsgrad in den Fällen keiner oder sehr flacher Stoppelbearbeitung im Vorjahr hin. Diese Beobachtung widerspricht allerdings vielen Praxiserfahrungen und Versuchsergebnissen.

### **Proteingehalt**

Im Folgenden werden die wesentlichen Faktoren des Proteingehalts aufgeführt. Die Faktoren sind nach Ihrer Bedeutung für den Proteingehalt sortiert.

- Faktoren hängen stark voneinander ab:  
Knöllchen, Ende Blüte:  $\emptyset$  ca. +1,0 Prozentpunkte pro Boniturnote.  
Wurzelschäden, Ende Blüte:  $\emptyset$  ca. -0,9 Prozentpunkte pro Boniturnote.
- Bodenwasser in 0-90 cm, Frühjahr vor Saat:  $\emptyset$  ca. +0,6 Prozentpunkte pro 10 l/m<sup>2</sup> (Effekt nur bis 150 l/m<sup>2</sup>; besonders stark bei hohen Temperaturen vor der Ernte).
- $\emptyset$  Temperatur, Tageslufttemperatur in den vier Wochen vor der Ernte:  $\emptyset$  ca. -0,8 Prozentpunkte pro 1 °C (Effekt besonders stark bei geringer Bodenwassermenge im Frühjahr).
- Sortenpotential Protein, Unterschied zur Sorte 'Boregine' (Median deutscher Sortenversuche 2015-2018: 31,7 % i. d. TS):  $\emptyset$  ca. +0,6 Prozentpunkte pro +1 %.
- Bestandesdichte zur Ernte:  $\emptyset$  ca. -0,2 Prozentpunkte pro 10 Pfl./m<sup>2</sup>.

Weitere Faktoren mit geringem Effekt oder die nur selten vorkamen:

- Bestände, die bei der Ernte komplett totreif waren (bis hin zum Hülsenplatzen), wiesen häufig einen etwas höheren Proteingehalt auf. Bei ungleichmäßig abreifenden Lupinen lag der Proteingehalt dagegen oft etwas niedriger.
- Extrem hoher Unkrautdruck war bei einzelnen Beständen mit geringen Proteingehalten verbunden.
- In einigen Fällen waren die Hülsen bei der Ernte dunkel verfärbt, wahrscheinlich durch Schwärzepilze. Diese Verfärbung war häufig mit unterdurchschnittlichen Proteingehalten verbunden.

### 4.3. Sommerkörnererbse

#### Ertrag

Im Folgenden werden die wesentlichen Faktoren des Ertrags aufgeführt. Die Faktoren sind nach Ihrer Bedeutung für den Ertrag sortiert.

#### Konventionell:

- Ø Temperatur, im Juni: Ø ca. -2,5 dt/ha pro 1 °C.
- Insektizidanwendungen: Ø ca. +5,7 dt/ha pro Anwendung.
- Summe aus:  
Bodenwasser, vor Saat (bis 90 cm): Einfluss bis 175 l/m<sup>2</sup>, &  
Niederschlag 2 Wo. nach Saat bis 3 Wo. vor Ernte: Einfluss bis 200 l/m<sup>2</sup>,  
Summe: Ø ca. +1,7 dt/ha pro 50 l/m<sup>2</sup>.
- Faktoren hängen stark voneinander ab:  
Unkrautdeckungsgrad, Ende Blüte: Ø ca. -2,9 dt/ha pro 10 % Deckungsgrad.  
Bestandeshomogenität, Ende Blüte: Ø ca. +2,9 dt/ha pro Boniturnote.  
Bestandesdichte, Ende Blüte: Ø ca. +1,3 dt/ha pro 10 Triebe/m<sup>2</sup> (bis max. 80 Triebe/m<sup>2</sup>).
- Wurzeln mit *Fusarium oxysporum*, Ende der Blüte: Ø ca. -1,0 dt/ha pro 10 %.
- Saattermin: Ø ca. -1,8 dt/ha pro 10 Tage später.
- Steinanteil im Boden, 0-20 cm: Ø ca. -2,4 dt/ha pro 10 %.
- Verwendung von Z-Saatgut: Ø ca. +2,7 dt/ha bei Z-Saatgut.

Weitere Faktoren mit geringem Effekt oder die nur selten vorkamen:

- Nach frostreichen Wintern kamen häufiger höhere Erträge vor als nach milden Wintern.
- 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.
- Feuchte Witterung vor der Saat war häufig mit etwas niedrigeren Erträgen verbunden.
- Mittlere Saattiepen tiefer als 6 cm hatten einen negativen Effekt auf die Ertragsbildung.
- 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.

- 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.
- In jeweils nur einem Erbsenbestand wurde der Ertrag durch extremen Unkrautdruck, starke Schädigungen des Erbsenkäfers, starken Blattkrankheitsbefall (wohl Brennflecken) oder Hagel beeinträchtigt.

### Ökologisch:

- Faktoren hängen stark voneinander ab:  
Unkrautdeckungsgrad, Ende Blüte:  $\emptyset$  ca. -2,9 dt/ha pro 10 % Deckungsgrad.  
Bestandesdichte:  $\emptyset$  ca. +4,1 dt/ha pro 10 Triebe/m<sup>2</sup> (bis max. 80 Triebe/m<sup>2</sup>).  
Bestandeshomogenität, Ende Blüte:  $\emptyset$  ca. +6,5 dt/ha pro Boniturnote.
- Wurzelschäden, Ende Blüte:  $\emptyset$  ca. -4,1 dt/ha pro Boniturnote.
- Summe aus:  
Bodenwasser, vor Saat (bis 90 cm) &  
Niederschlag 2 Wo. nach Saat bis 3 Wo. vor Ernte  
Summe:  $\emptyset$  ca. +3,5 dt/ha pro 50 l/m<sup>2</sup> (Einfluss bis 350 l/m<sup>2</sup>).
- $\emptyset$  Temperatur, 1. Woche nach Saat:  $\emptyset$  ca. +1,8 dt/ha pro 1 °C.

Weitere Faktoren mit geringem Effekt oder die nur selten vorkamen:

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

### Unkraut

Im Folgenden werden die wesentlichen Faktoren des Unkrautdeckungsgrads aufgeführt. Die Faktoren sind nach Ihrer Bedeutung für den Unkrautdeckungsgrad sortiert.

#### Konventionell:

- Faktoren hängen stark voneinander ab:  
Bestandesdichte: Je höher die Dichte an Erbsentrieben, umso weniger Unkrautdeckung (bis max. 70 Triebe/m<sup>2</sup>).  
Bestandeshomogenität, Ende Blüte: je gleichmäßiger der Bestand, umso weniger Unkrautdeckung.
- Herbizideinsatz, gegen zweikeimblättrige Unkräuter: Geringerer Unkrautdeckungsgrad bei Einsatz.
- Anteil Getreide, in 11 Jahren vor Erbse: Geringerer Unkrautdeckungsgrad bei hohem Getreideanteil.
- Niederschlag, von November bis zur Saat: Höherer Unkrautdeckungsgrad bei nasserem Wintern.

- Temperatur, 2 Wochen vor Saat: je wärmer, umso weniger Unkraut.
- Zeitpunkt der Grundbodenbearbeitung, Vorjahr oder Ansaatjahr: Höherer Unkrautdeckungsgrad bei Termin im Ansaatjahr der Erbse.
- Niederschlag, von Saat bis Unkrautbonitur: Geringerer Unkrautdeckungsgrad bei höherer Wasserversorgung.

Weitere Faktoren mit geringem Effekt oder die nur selten vorkamen:

- In einigen Fällen war der Unkrautdeckungsgrad bei flachgründigen oder verdichteten Böden höher.
- Die Ergebnisse deuten auf eine Tendenz zu größerem Unkrautdruck auf humoseren Böden hin. Diese Beobachtung passt mit dem bekannten Effekt einer geringeren Wirksamkeit einzelner Herbizide bei hohen Humusgehalten zusammen.
- Bei starkem Blattlausbefall traten in Einzelfällen höhere Unkrautdeckungsgrade auf. Dies kann mit einer verringerten Konkurrenzkraft der Erbse zusammenhängen.
- 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.

### **Ökologisch:**

- Faktoren hängen stark voneinander ab:  
Bestandesdichte: Je höher die Dichte an Erbsentrieben, umso weniger Unkrautdeckung (bis max. 70 Triebe/m<sup>2</sup>).  
Bestandeshomogenität, Ende Blüte: je gleichmäßiger der Bestand, umso weniger Unkrautdeckung.
- Anteil Sommerfrüchte, in 11 Jahren vor Erbse: Höherer Unkrautdeckungsgrad bei hohem Anteil von Sommerfrüchten.
- Anzahl Hackdurchgänge bei Hackfrüchten, langjährig: je häufiger gehackt, umso weniger Unkraut.
- Sandanteil, 0-20 cm: Höherer Unkrautdeckungsgrad bei höherem Sandanteil.
- Niederschlag, in 2 Wochen vor der Saat: Höherer Unkrautdeckungsgrad bei höheren Niederschlägen.

Weitere Faktoren mit geringem Effekt oder die nur selten vorkamen:

- 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.
- Eine gleichmäßigere Verteilung der Erbsenpflanzen nach dem Auflaufen war häufig 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 %.

## Proteingehalt

Im Folgenden werden die wesentlichen Faktoren des Proteingehalts aufgeführt. Die Faktoren sind nach Ihrer Bedeutung für den Proteingehalt sortiert.

- Knöllchen, Gesamtbesatz Ende Blüte:  $\emptyset$  ca. +1,0 Prozentpunkte pro Boniturnote (Effekt ab Note 1).
- Aktive Knöllchen, Ende Blüte:  $\emptyset$  ca. +0,4 Prozentpunkte pro 10 % (Effekt bis 40 %).
- Steinanteil im Boden, 0-20 cm:  $\emptyset$  ca. -0,7 Prozentpunkte pro 10 %.
- Nmin, Frühjahr vor der Saat, 0-90 cm:  $\emptyset$  ca. +0,1 Prozentpunkte pro 10 kg/ha.
- Blattrandkäferschäden, am Spross, 2-8-Blattstadium:  $\emptyset$  ca. -0,6 Prozentpunkte pro Boniturnote.
- Erbsenanbau, in 11 Jahren vorher:  $\emptyset$  ca. +0,9 Prozentpunkte bei Erbsenanbau vorher.
- Sortenpotential Protein, Unterschied zur Sorte 'Astronaut' (Median deutscher Sortenversuche 2016-2019: 23,7 i. d. TS):  $\emptyset$  ca. +1,1 Prozentpunkte pro +1 %.

Weitere Faktoren mit geringem Effekt oder die nur selten vorkamen:

- 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.
- Ein hoher Unkrautdeckungsgrad zum Ende der Erbsenblüte war häufig mit etwas geringeren Proteingehalten verbunden.

## 4.4. Wintererbse

Nur für die ökologisch angebauten Wintererbsengemenge erlaubte der Datenumfang eine statistische Auswertung. Die im Folgenden aufgeführten Ergebnisse beziehen sich deshalb nur auf diese Gemenge.

### Ertrag

Im Folgenden werden die wesentlichen Faktoren des Ertrags aufgeführt. Die Faktoren sind nach Ihrer Bedeutung für den Ertrag sortiert.

- Frosttage, November bis März: Höherer Gesamtertrag bei kälterem Winter.
- Niederschlag im Mai: Geringerer Gesamtertrag bei höheren Niederschlägen.
- Faktoren hängen stark voneinander ab:  
Erbsenanteil, im Handernte-Erntegut: Geringerer Gesamtertrag bei höherem Erbsenanteil.  
Bestandesdichte Getreide, Ende Blüte: Je mehr Ähren, umso höher der Gesamtertrag.  
Lager, zur Probenernte: Je mehr Lager, umso geringer der Gesamtertrag.
- Aktive Knöllchen, Ende der Blüte: Je mehr Knöllchen an Erbsenwurzeln, umso höher der Gesamtertrag.

- Ø Eindringtiefe, 80 cm-Bodensonde: Etwas höhere Gesamterträge bei tiefgründigen Böden.
- Vorfrucht: Etwas höhere Gesamterträge bei Sommervorfrucht.

## **Proteingehalt**

Den größten Einfluss auf den Proteingehalt des Gemenge-Erntegutes hatte der Anteil an Erbsen. Je höher dieser Anteil war, umso höher war auch der Proteingehalt. Daneben spielten auch die jeweiligen Proteingehalte der Erbsen und der Getreidekörner eine Rolle.

### **Erbse**

- 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.
- Wahrscheinlich ist ein deutlicher Sorteneinfluss. Da jedoch zu Wintererbsen nur sehr wenige Sortenversuchsergebnisse vorliegen, konnte der Sorteneinfluss nicht statistisch geprüft werden.

### **Getreide**

- Bei den unterschiedlichen Getreidearten im Gemenge lagen die Proteingehalte im Mittel bei Winterroggen niedriger als bei Triticale und Winterweizen.
- Hohe N<sub>min</sub>-Mengen in der Schicht 60 bis 90 cm im Frühjahr waren häufig mit höheren Proteingehalten verbunden (Spannbreite: 3 bis 41 kg N<sub>min</sub>/ha).
- Hohe Temperaturen in den 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.

Der Einfluss der Sorte konnte nicht geprüft werden.

## **4.5. Ackerbohne**

### **Ertrag**

Im Folgenden werden die wesentlichen Faktoren des Ertrags aufgeführt. Die Faktoren sind nach Ihrer Bedeutung für den Ertrag sortiert.

#### **Konventionell:**

- Summe aus:  
Bodenwasser, vor Saat (bis 90 cm) &  
Niederschlag, 2 Wo. nach Saat bis 3 Wo. vor Ernte:  
Summe: Ø ca. +3,1 dt/ha pro 50 l/m<sup>2</sup>.
- Knöllchen, aktive, Ende der Blüte: Ø ca. +5,3 dt/ha pro Boniturnote.

- Tage über 25 °C, Tagesdurchschnittstemperatur, Saat bis Ernte: Ø ca. -2,5 dt/ha pro Tag > 25 °C.
- Abstand von Grundbodenbearbeitung bis Saat: Ø ca. -1,0 dt/ha pro 20 Tage.
- Sprosskrankheiten, pilzbedingt (ohne Rost), Ende der Blüte: Ø ca. -4,6 dt/ha pro Boniturnote.
- Wurzeln mit *Didymella pinodella*, Ende der Blüte: Ø ca. -0,8 dt/ha pro 1 %.
- Schwarze Bohnenlaus, Ende der Blüte: Ø ca. -2,9 dt/ha pro Boniturnote.
- Wurzeln mit *Fusarium oxysporum*, Ende der Blüte: Ø ca. -1,5 dt/ha pro 10 %.

Weitere Faktoren mit geringem Effekt oder die nur selten vorkamen:

- Bei dichtem Unterboden – hoher Eindringwiderstand der Bodensonde ab 50 cm – wurden teilweise etwas geringere Erträge festgestellt.
- Bor-Gehaltsstufen ab Versorgungsstufe C und Molybdändüngung zur Ackerbohne waren in einzelnen Fällen mit höheren Erträgen verbunden. Eindeutige Aussagen können bei diesen Nährstofffragen nur Exaktversuche erbringen.
- Bei Raps in der Anbaugeschichte wurden z. T. etwas höhere Erträge ermittelt als ohne Raps. Ob hier ein kausaler Zusammenhang bestehen kann, muss weiter untersucht werden.
- Schläge, auf denen Saatgut mit einem hohen Anteil nicht keimfähiger Bohnen gesät wurde, wiesen unabhängig von der Bestandesdichte im Mittel etwas geringere Erträge auf.
- Niedrige Temperaturen um die Saat, d. h. ein eher früher Saattermin, hatten im Mittel der konventionellen Bestände einen leicht positiven Einfluss auf den Ertrag.
- Ein hoher Unkrautdeckungsgrad zum Ende der Blüte trat nur in einzelnen Fällen auf – dann aber in Verbindung mit geringeren Erträgen.
- Nur in wenigen Einzelfällen wurde zum Ende der Blüte ein Befall mit Ackerbohnenrost beobachtet. Die Erträge waren dann deutlich reduziert.
- Ein hoher Besatz mit Ackerbohnenkäfern scheint nicht nur die Qualität des Erntegutes beeinträchtigt zu haben, sondern auch etwas den Ertrag. Allerdings ist der Effekt kaum vom Einfluss der Witterung zu differenzieren. Bei trocken-heißer Witterung litt die Ertragsbildung der Ackerbohne und der Anteil angebohrter Bohnen war höher.
- Bei Insektizideinsatz in konventionellen Beständen zeigte sich ein leicht positiver Effekt auf den Ertrag.
- In den Untersuchungsjahren, vor allem in 2016, wurden auf einzelnen Ackerbohenschlägen geschädigte Nester beobachtet, die typisch für den Befall mit Nanovirus sind. In diesen Fällen muss von einem negativen Ertragseffekt ausgegangen werden. Die in den Messbereichen bonitierten, wahrscheinlich durch Viren hervorgerufenen Schädigungen zeigten jedoch keinen Einfluss auf den Ertrag.

### **Ökologisch :**

- Unkrautsprossmasse, im Verhältnis zur Ackerbohnenprossmasse, Ende der Blüte geschätzt: Ø ca. -3,5 dt/ha pro 10 %

- Summe aus:  
Bodenwasser, vor Saat (bis 90 cm)  
Niederschlag, 2 Wo. nach Saat bis 3 Wo. vor Ernte: bis max. 400 l/m<sup>2</sup>  
Summe: Ø ca. +1,8 dt/ha pro 50 l/m<sup>2</sup>.
- Arbeitstiefe der ersten Bodenbearbeitung ab Januar: Ø ca. -0,5 dt/ha pro cm.
- Zwischenfrucht, Anbau zwischen Vorfrucht und Ackerbohnenanbau: Ø ca. +8,5 dt/ha bei Zwischenfrucht.
- Faktoren hängen stark voneinander ab:  
Abstand zum letzten Leguminosenanbau, (> 11 Jahre wurde als 15 gesetzt): Ø ca. +0,9 dt/ha pro Jahr.  
Wurzeln mit *Didymella pinodella*, Ende der Blüte: Ø ca. -1,6 dt/ha pro 10 %.
- Tage über 20 °C, Tagesdurchschnittstemperatur, Saat bis Ernte: Ø ca. -0,5 dt/ha pro Tag > 20 °C.
- Sprosskrankheiten, pilzbedingt (ohne Rost), Ende der Blüte: Ø ca. -3,9 dt/ha pro Boniturnote.

Weitere Faktoren mit geringem Effekt oder die nur selten vorkamen:

- Bor-Gehaltsstufen unter Versorgungsstufe C waren in einzelnen Fällen mit geringeren Erträgen verbunden. Eindeutige Aussagen können bei dieser Nährstofffrage nur Exaktversuche erbringen.
- Die Ergebnisse deuten auf einen im Durchschnitt leicht positiven Effekt einer frühen Saat der Ackerbohne auf den Ertrag hin.
- Ein hoher Knöllchenbesatz wies einen leicht positiven Zusammenhang mit dem Ertrag auf.
- Nur in zwei Fällen wurde ein Befall mit Ackerbohnenrost beobachtet, allerdings verbunden mit geringen Erträgen.
- In den Untersuchungsjahren, vor allem in 2016, wurden auf einzelnen Ackerbohenschlägen geschädigte Nester beobachtet, die typisch für den Befall mit Nanoviren sind. In diesen Fällen muss von einem negativen Ertragseffekt ausgegangen werden. Die in den Messbereichen bonitierten, wahrscheinlich durch Viren hervorgerufenen Schädigungen zeigten jedoch keinen Einfluss auf den Ertrag.

## Unkraut

Im Folgenden werden die wesentlichen Faktoren der Unkrautsprossmasse im Verhältnis zur Ackerbohnenprossmasse zum Ende der Blüte aufgeführt. Die Faktoren sind nach Ihrer Bedeutung für die Unkrautsprossmasse sortiert.

### Konventionell:

- Tage über 25 °C, Tagesdurchschnittstemperatur, Saat bis Ende Blüte: je mehr Tage, umso mehr Unkraut.
- Wurzeln mit *Didymella pinodella*, Ende der Blüte: je höher der Besatz, umso mehr Unkraut.
- Schwarze Bohnenlaus, Ende der Blüte: je höher der Besatz, umso mehr Unkraut.

- Schluffgehalt im Boden, 0-20 cm: Geringerer Unkrautdeckungsgrad bei höheren Schluffgehalten.
- Bestandeshomogenität, Ende Blüte: je gleichmäßiger der Bestand, umso weniger Unkrautdeckung.

Weitere Faktoren mit geringem Effekt oder die nur selten vorkamen:

- In einzelnen Fällen war der Unkrautdeckungsgrad bei flachgründigen oder steinigen Böden höher.
- Die unterschiedlichen Maßnahmenkombinationen bzw. Intensitäten bei der direkten konventionellen Unkrautregulierung zeigten keine klaren Zusammenhänge mit der Verunkrautung in den Ackerbohnen. Da die Unkrautsprossmasse zum Ende der Ackerbohnenblüte jedoch bei den Öko-Beständen im Mittel mehr als fünfmal höher lag als bei den konventionellen Beständen, ist davon auszugehen, dass die Unkrautregulierung mit Herbiziden ursächlich mit dem geringen Unkrautdruck zusammenhängt.

### **Ökologisch:**

- Bestandeshomogenität, Ende Blüte: je gleichmäßiger der Bestand, umso weniger Unkrautdeckung.
- Faktoren hängen zusammen (bei Pflugverzicht keine Hackfrüchte):  
Hackfruchtanbau, in 10 Jahren vor Ackerbohne: Bei Hackfruchtanbau weniger Unkraut.

Pflugeinsatz, ab Vorfrucht: Bei Pflugeinsatz weniger Unkraut.

- Niederschlag, Mai: Höherer Unkrautdruck bei höheren Niederschlägen.
- Anteil aktiver Knöllchen, Ende der Blüte: Geringerer Unkrautdeckungsgrad bei hohem Anteil aktiver Knöllchen.
- Ø Temperatur, 4 Wochen vor der Saat: Höherer Unkrautdruck bei höheren Temperaturen.
- Ökologische Bewirtschaftung, Jahre seit Umstellung: Höherer Unkrautdeckungsgrad bei längerer Öko-Bewirtschaftung
- Mechanische Unkrautregulierung, Anzahl Arbeitsgänge: je häufiger gestriegelt und/oder gehackt wurde, umso weniger Unkraut.

Weitere Faktoren mit geringem Effekt oder die nur selten vorkamen:

- Nur in seltenen Fällen war ein Einfluss der Anzahl Triebe/m<sup>2</sup> oder der Pflanzhöhe zum Ende der Ackerbohnenblüte auf den Unkrautdruck zu erkennen. Geringe Bestandesdichten und -höhen waren dann mit stärkerer Verunkrautung verbunden.
- Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass bei tiefer Saat etwas weniger Unkraut aufgetreten ist.

## Proteingehalt

Im Folgenden werden die wesentlichen Faktoren des Proteingehalts aufgeführt. Die Faktoren sind nach ihrer Bedeutung für den Proteingehalt sortiert.

- Ø Temperatur, Saat bis Anfang Blüte: Ø ca. +0,5 Prozentpunkte pro 1 °C.
- Faktoren hängen leicht zusammen :  
Frosttage, Anzahl Tage < 0 °C Ø-Temperatur von November bis März: Ø ca. +0,4 Prozentpunkte pro 10 Frosttage.
- Ackerbohnenkäfer, Anteil angebohrte Bohnen: Ø ca. +0,2 Prozentpunkte pro 10 %.
- Saattermin (Median: 23. März): Ø ca. -0,3 Prozentpunkte pro 10 Tage später gesät.
- Sorte, Proteinbewertung nach beschreibender Sortenliste: Ø ca. +0,8 Prozentpunkte pro Punkt.
- Knöllchen, aktiv zum Ende der Blüte: Ø ca. +0,4 Prozentpunkte pro Boniturnote.
- Virussympptome, Anteil Blätter zum Ende der Blüte: Ø ca. -0,2 Prozentpunkte pro 10 %.
- Ø Eindringtiefe Bodensonde, max. 80 cm: Ø ca. +0,2 Prozentpunkte pro 10 cm.

Weitere Faktoren mit geringem Effekt oder die nur selten vorkamen:

- Bei einzelnen Fällen mit starkem Rostbefall der Ackerbohnen zum Ende der Blüte waren die Proteingehalte im Erntegut relativ hoch.
- Ca. 10 % der Proben wiesen extrem niedrigere oder höhere Proteingehalte auf als nach den Umständen zu erwarten war. Auch eine detaillierte Prüfung dieser Einzelfälle unter Berücksichtigung aller verfügbaren Informationen erbrachte keine klaren Hinweise für mögliche Ursachen.

## 5. Diskussion der Ergebnisse

Die Ergebnisse zu den einzelnen geprüften Körnerleguminosenarten wurden in den vier Broschüren (siehe Seite 14) detailliert analysiert und interpretiert. Im weiteren Verlauf werden hier zusätzlich wesentliche ermittelte Faktoren für jede einzelne Körnerleguminose dem aus Literaturangaben zusammengestellten Erkenntnisstand (Tab. 2, Seite 6) gegenübergestellt. Weiterhin werden ausgewählte Ergebnisse zu den verschiedenen Körnerleguminosen vergleichend nebeneinandergestellt. Abschließend werden einzelne Ergebnisse zu Sommerkörnererbse und Ackerbohne mit Ergebnissen aus dem BOFRU-Projekt (FKZ 08OE005 & 2811OE81) verglichen.

### 5.1. Sojabohne

Die wesentlichen in Anbauanleitungen enthaltenen Faktoren des Sojaanbaus zeigten sich auch in der vorliegenden Untersuchung (Tab. 6, nächste Seite). Der wichtige Faktor Wasserversorgung lässt sich mit Hilfe der Untersuchungsergebnisse gut quantifizieren. Ein deutlicher Effekt des pH-Werts oder der Schwefelversorgung auf den Erfolg des Sojaanbaus war jedoch nicht zu erkennen.

Zwar wurde in wenigen Fällen Sklerotinia an Sojapflanzen beobachtet, einen Zusammenhang zu vorher angebauten Wirtspflanzen war nicht nachweisbar.

Als wesentliche Faktoren der Ertragsbildung wurden die Temperaturen zur Saat und bis zur Blüte festgestellt. Die Bestandesdichte hatte hingegen keinen deutlichen direkten Einfluss auf den Ertrag, war aber mit der Unkrautunterdrückung verknüpft. Die hohe Unkrautsensibilität der Sojabohne zeigte sich auch im vorliegenden Projekt. Neben der Bestandesdichte und den direkten Regulierungsmaßnahmen war die Gleichmäßigkeit des Bestandes eine Voraussetzung für geringen Unkrautdruck.

Krankheiten und Schädlinge hatten im Mittel kaum einen Einfluss auf die Sojaentwicklung. In Einzelfällen waren Schäden durch Tauben nach der Saat gravierend.

Der bekannte Effekt von einer verringerten Ertragsausbeute bei relativ großer Schnitthöhe (>5cm) zeigte sich auch auf den Untersuchungsschlägen beim Vergleich von Hand- und Druschernte.

Die Faktoren die mit den meisten suboptimalen Sojabeständen zusammenhingen waren Wasserversorgung, Temperatur zur Saat und Unkrautdeckungsgrad. Die Ergebnisse der Studie erlauben eine Abschätzung des Einflusses dieser Faktoren und bieten Informationen zur Optimierung des Anbaus.

**Tab. 6:** Gegenüberstellung von Literaturangaben zum Sojabohnenanbau (Tab. 2, S. 6) und Ergebnissen aus dem vorliegenden Projekt

Literaturangaben (Tab. 2, S. 6)	Ergebnisse (Einfluss von...)	Suboptimal <sup>1</sup> [%]
<b>Klima / Witterung</b>		
Warmes Klima	Temperatur auf Ertrag (+), Unkrautdruck (-) und Proteingehalt (+)	
Lange, warme Vegetationszeit		
Gute Wasserversorgung	Niederschlag (nach Saat bis vor Ernte) auf Ertrag (+), Unkrautdruck (+) & Proteingehalt (+)	25
<b>Boden</b>		
Mittlere gut erwärmbare Böden		
Gute Wasserverfügbarkeit (leichte Böden: Beregnungs-möglichkeit)	Bodenwasser auf Ertrag (+)	30
	Bodenart auf Unkraut und Proteingehalt	
pH -Wert: > 6,5	o (5,6-7,5)	
Hoher S-Bedarf	o (1,6-33 mg/kg CAT-S)	
	N <sub>min</sub> auf Unkrautdruck (+)	
<b>Fruchtfolge</b>		
Keine Leguminose als Vorfrucht	o	
Abstand zu Sklerotinia-Wirten	o	
	Vorheriger Sojaanbau auf Proteingehalt (+)	
<b>Anbau</b>		
	Intensive Stoppelbearbeitung vorher auf Unkraut (-)	
	Tiefe Bodenbearbeitung auf Unkraut (-) und Proteingehalt (+)	
	Sortenpotential auf Ertrag (+) und Proteingehalt (+)	
Saat ab Bodentemperatur > 10°	Temperatur auf Ertrag (+), Unkrautdruck (-) und Proteingehalt (+)	33
Hohe Saatgutqualität (Keimfähigkeit, Triebkraft)	Indirekt über Bestandeshomogenität auf Unkraut (-)	38
Impfung notwendig	Alle geimpft	
Saat: 55-65 kf. Körner pro m <sup>2</sup>	Bestandesdichte (17-94) auf Unkraut (-) Kein Ertragseffekt!	
Saattiefe: 2-5 cm (an Bodenart angepasst)	o (2-6 cm)	
Unkrautregulierung sehr wichtig (langsame Jugendentwicklung)	Unkrautdeckung auf Ertrag (-) Falsches Saatbett auf Unkraut (-) Hacke auf Unkraut (-) & Proteingehalt (+) Langj. hohe Herbizidintensität auf Unkraut (-) Hohe Bestände auf Unkraut (-) Gleichmäßige Bestände auf Unkraut (-)	k 13 / ö 50  k 26 / ö 33
<b>Krankheiten und Schädlinge</b>		
Vögel (nach Saat) & Wild	Vögel (nach Saat) auf Ertrag (-)	1
Distelfalter	o	
Bohnensaatfliege	o	
Diaporthe	o	
Sklerotinia	Sklerotinia auf Ertrag (-)	5

**Tab. 6:** Fortsetzung

Literaturangaben	Ergebnisse (Einfluss von...)	Suboptimal <sup>1</sup> [%]
<b>Ernte</b>		
Problem: Hülsenplatzen	Selten beobachtet, nicht systematisch erfasst	
Problem: späte Abreife (je nach Sorte)	o	
Problem: tiefer Hülsenansatz	Geringe Schnitthöhe auf Ertrag (+)	19

1 Anteil Bestände mit deutlich suboptimalen Werten

o: keine deutlicher Effekt auf Ertrag, Unkrautdeckung oder Proteingehalt

## 5.2. Blaue Lupine

Bei der Blauen Lupine konnten nur einzelne Angaben aus den Anbauanleitungen in den Untersuchungsergebnissen wiedergefunden werden (Tab. 7, nächste Seite). Die Zeit von Saat bis Ernte variierte je nach Saattermin und Umweltbedingungen in einem weiten Bereich. Eine klare Bestätigung einer kurzen Vegetationszeit ergab sich nicht. Obwohl die Blaue Lupine als oft als relativ trockenheitsunempfindlich bezeichnet wird, war die Wasserversorgung ein wesentlicher Faktor der Ertragsbildung. Das zeigte sich sowohl beim Zusammenhang mit der Niederschlagshöhe als auch mit der Menge an Bodenwasser im Frühjahr. Die häufige genannte Empfindlichkeit gegen Bodenverdichtungen zeigte sich auch in den vorliegenden Ergebnissen. Ein Einfluss des pH-Wertes und der Schwefelversorgung war im Bereich der untersuchten Schläge hingegen nicht zu erkennen.

Auch ein deutlicher Einfluss von vorherigem Lupinen- bzw. Leguminosenanbau auf Wurzelgesundheit bzw. Ertragsbildung zeichnete sich im Gegensatz zur Aussage vieler Publikationen nicht ab. Sklerotinia-Befall war zwar in einzelnen Beständen ein Problem konnte jedoch nicht mit dem vorherigen Anbau von Sklerotinia-Wirten in Zusammenhang gebracht werden.

Die Blaue Lupine wird zum Teil als für den pfluglosen Anbau geeignet bezeichnet. In der vorliegenden Studie hing der Ertrag allerdings positiv mit der Tiefe der Grundbodenbearbeitung zusammen. In der Literatur sind unterschiedliche Ansichten zum Saattermin vertreten. Die Ergebnisse von den Praxisschlägen weisen auf Vorteile einer Saat unter warmen Bedingungen hin. Während die Saatgutimpfung mit Rhizobien nur einen kaum nachweisbaren Effekt hatte, war der Einsatz von Z- oder Basis-Saatgut im Vergleich zu Nachbasaatgut mit höheren Erträgen verbunden. Wesentlich für eine erfolgreiche Bestandesentwicklung, hohe Erträge und einen geringen Unkrautdruck war eine Bestandesdichte von mindestens 100 Pflanzen/m<sup>2</sup> – unabhängig vom Wuchstyp! Allerdings waren hohe Bestandesdichten z. T. mit etwas geringeren Proteingehalten und mit höherem Sklerotinia-Besatz verbunden. Der Unkrautdeckungsgrad zum Ende der Lupinenblüte zeigte sowohl bei konventionellem als auch ökologischem Anbau einen deutlichen Zusammenhang mit dem Ertrag.

Als Schädling mit einem deutlichen Effekt auf die Lupinenentwicklung wurde nur die Blattrandkäferlarve identifiziert. Der Befall hatte augenscheinlich nicht nur einen Verlust der Knöllchen zur Folge sondern führte in vielen Fällen auch zu weiteren Schädigungen der Wurzel durch Pilzinfektionen. Ein starker Anthraknose-Befall führte trotz Toleranz der Blauen Lupine in 2 Fällen zu Totalausfällen. Ein Zusammenhang zum Saatgutbesatz war nur in einem Fall eindeutig. Schädigungen am Spross waren nur bei Wildfraß (in wenigen Einzelfällen

beobachtet) und bei Sklerotinia-Besatz ertragswirksam.

Sowohl Hülsenplatzen als auch ungleichmäßige Abreife bzw. Wiederaustrieb wurden als beeinträchtigende Vorkommen beobachtet. Sie führten oft zu einer geringeren Ertragsausbeute. Das mittlere Ertragsniveau erreichte weder bei ökologischem noch bei konventionellem Anbau das in der Literatur genannte Niveau.

Ein relevanter Anteil der Untersuchungsschläge wurde durch die Faktoren Temperatur zur Saat (zu kühle Saatbedingungen), die Wasserversorgung, die Saattiefe, die Bestandesdichte und –homogenität, einen reduzierten Knöllchenbesatz (v. a. Blattrandkäferlarven) und Probleme bei der Ernte negativ beeinflusst.

**Tab. 7:** Gegenüberstellung von Literaturangaben zum Anbau der Blauen Lupine (Tab. 2, S. 6) und Ergebnissen aus dem vorliegenden Projekt

Literaturangaben	Ergebnisse (Einfluss von...)	Suboptimal <sup>1</sup> [%]
<b>Klima / Witterung</b>		
Geringe Ansprüche	Temperatur vor der Saat auf Ertrag (+) Temperatur vor Ernte auf Proteingehalt (-)	30
Relativ kurze Vegetationszeit ausreichend	Saat bis Ernte 78-166 Tage, Ø 124 Tage	
Gute Wasserversorgung / trockenverträglich	Niederschlag (nach Saat bis vor Ernte) auf Ertrag (+ zu viel -) und Unkraut (+)	43
<b>Boden</b>		
Leichte bis mittlere Böden	Sandanteil auf Unkraut (+) und evtl. Ertrag (-)	
Gute Wasserverfügbarkeit / trockenverträglich	Bodenwasser auf Ertrag (+) und Proteingehalt (+)	20
Wenig Bodenverdichtungen	Eindringwiderstand in 30-40 cm auf Ertrag (-, über Wurzelschädigungen)	16
pH -Wert: 5-6 / 5-6,8 / 5-6,5	o (4,7-6,8)	
Hoher S-Bedarf	o (CAT-S 1-21 mg/kg)	
<b>Fruchtfolge</b>		
Anbauabstand Lupine: 4-5 Jahre	o (ab 3 Jahre Abstand)	
Abstand andere Leguminosen: 4-5 Jahre	o (ab 1 Jahr Abstand)	
<b>Anbau</b>		
Nichtwendende Bodenbearbeitung geeignet	Tiefe Grundbodenbearbeitung auf Ertrag (+) und Unkraut (-)	
Frühe Saat / Saat im März empfohlen / gut erwärmter Boden	Warme Temperaturen vor Saat auf Ertrag (+)	30
	Sortenpotential auf Proteingehalt (+)	
	Z- o. Basis-Saatgut auf Ertrag (+)	28
Impfung je nach Anbaugeschichte	Impfung auf Ertrag (geringes +)	
Saat: 90-100 (verzweigt) o. 100-120 kf. Körner (endständig) pro m <sup>2</sup> / 90-100 bzw. 100-130 kf. Körner pro m <sup>2</sup>	Pfl./m <sup>2</sup> bis 100 auf Ertrag (+), bis 90 auf Unkraut (-); auf Proteingehalt (-); unabhängig vom Wuchstyp	64
Saattiefe: 2-3 cm (an Bodenart angepasst) / 3-4 cm (5 cm bei Bodenherbizid o. intensivem Striegeln)	Saattiefe > 4 cm auf Ertrag (-)	28

**Tab. 7:** Fortsetzung

Literaturangaben	Ergebnisse (Einfluss von...)	Suboptimal <sup>1</sup> [%]
	Gleichmäßiger Bestand auf Ertrag (+) und Unkraut (-)	23
Reihenweite: >40 cm Ertragseinbußen	2 Einzelfälle mit 37,5 cm Ertrag (-)	
Gute Unkrautregulierung (langsame Jugendentwicklung)	Unkrautdeckung auf Ertrag (-) und Proteingehalt (-) Intensive mech. Regulierung bzw. Einsatz von Herbizidwirkstoffkombinationen auf Unkraut (-)	k 28 / ö 40
<b>Krankheiten und Schädlinge</b>		
Wild	Wildschäden in Einzelfällen auf Ertrag (-)	
Blattrandkäfer (Blattfraß & Larvenfraß an Knöllchen)	o (Blattrandkäfer am Spross) Larvenfraß über Knöllchenbesatz auf Ertrag (-), Unkraut (+) und Proteingehalt (-)	28
Lupinenfliege	o (nicht beobachtet)	
Fußkrankheiten (z.T. Fruchtfolge; eine Reihe möglicher pilzlicher Pathogene)	Wurzelschäden auf Proteingehalt (-) und über Knöllchenbesatz auf Ertrag (-)	19
Anthraknose (Anfälligkeit relativ gering, Saatgutübertragung)	2 schwere Einzelfälle (Totalschaden) sonst nur wenige Fälle mit geringem Besatz ohne Effekt	2
Echter Mehltau	o	
Grauschimmel	o	
Sklerotinia	Sklerotiniabefall auf Ertrag (-)	15
	Schwärzepilze im reifenden Bestand auf Proteingehalt (-)	5
<b>Ernte</b>		
Problem: Hülsenplatzen	Hülsenplatzen wurde beobachtet, Ertragseinfluss nicht quantifiziert	15
Problem: ungleichmäßige Abreife bzw. Wiederaustrieb	Ungleichmäßige Abreife / Wiederaustrieb wurde beobachtet, Ertragseinfluss nicht quantifiziert	20
Ertragspotential: 20-45 dt/ha	Mittleres Ertragsniveau deutlich geringer	

1 Anteil Bestände mit deutlich suboptimalen Werten

o: keine deutlicher Effekt auf Ertrag, Unkrautdeckung oder Proteingehalt

### 5.3. Sommerkörnererbse

Die Angaben zur Sommerkörnererbse in den Anbauanleitungen wurden im Wesentlichen in den vorliegenden Ergebnissen wiedergefunden (Tab. 8, nächste Seite). Obwohl die Erbse als robust gegenüber Trockenheit gilt, hatte die Wasserversorgung im Untersuchungszeitraum einen großen Einfluss auf den Erfolg des Erbsenanbaus. Die Untersuchungsergebnisse erlauben eine Quantifizierung des Wassereinflusses auf den Ertrag. Auswirkungen unterschiedlicher pH-Werte sowie der Schwefel- und Manganversorgung zeigten sich nicht.

Bei der Selbst- bzw. Leguminosenunverträglichkeit war der negative Einfluss des Anteils an Erbsen bzw. Leguminosen in der Anbaugeschichte stärker ausgeprägt als eine Wirkung des Anbauabstands. Die Ergebnisse konnten unter Einbeziehung von Daten aus dem BOFRU-Projekt (siehe S. XX) abgesichert werden, da im Netzwerk DemonetErBo nur relativ wenige Öko-Erbsen-Anbauer beteiligt waren. Einen konkreten Abstand zu vorhergehendem Leguminosen- bzw. Erbsenanbau, der einen unbeeinträchtigten Anbau ermöglicht, konnte

nicht ermittelt werden.

Beim Anbau ist der positive Einfluss bei der Verwendung von Z-Saatgut hervorzuheben. Die oft geforderte frühe Saat hatte nur bei konventioneller Bewirtschaftung einen positiven Ertrags-einfluss, die Öko-Erbesen reagiert eher negativ auf eine frühe Saat. Bei beiden Bewirtschaftungssystemen wird die große Bedeutung einer ausreichenden Bestandesdichte und eines gleichmäßigen Bestandes deutlich. Diese Zusammenhänge ließen sich auch quantifizieren. Der Effekt des Unkrautbesatzes auf den war bei ökologischer Bewirtschaftung stärker ausgeprägt als bei den konventionellen Erbsen. Die deutliche Ertragswirkung der Insektizid-anwendungen im konventionellen Anbau machen den großen Einfluss der Schadinsekten deutlich – vor allem von Blattläusen. Erbsenwickler und Erbsenkäfer hatten nur in Einzelfällen einen Einfluss auf den Anbauerfolg. Sichtbare Wurzelschäden – gefördert durch Legumino-senanbau – und der Besatz mit dem Pilz *Fusarium oxysporum* hatten einen starken Einfluss auf die Ertragsbildung. Krankheitssymptome am Spross waren hingegen fast immer bedeutungslos.

Im Untersuchungszeitraum hatten eine unzureichende Wasserversorgung, intensiver Leguminosenanbau und die Verwendung von Nachbausaatgut bei vielen Beständen einen negativen Einfluss. Wesentlich waren zudem zu geringe Bestandesdichten, ungleichmäßige Bestände und Fußkrankheiten. Die sichtbaren Wurzelschäden und der Unkrautdruck waren vor allem auf den Öko-Schlägen häufig ertragswirksam.

**Tab. 8:** Gegenüberstellung von Literaturangaben zum Sommerkörnererbsenanbau (Tab. 2, S. 6) und Ergebnissen aus dem vorliegenden Projekt

Literaturangaben	Ergebnisse (Einfluss von...)	Suboptimal <sup>1</sup> [%]
<b>Klima / Witterung</b>		
Gemäßigtes Klima	Frost im Winter auf Ertrag (+) Temperatur um Saat auf Ertrag (+ öko) und Unkraut (- konv) Temperatur im Juni auf Ertrag (-)	
	Niederschlag über Winter & vor Saat auf Ertrag (-) und Unkraut (+)	
Sommertrockenheit negativ, v. a. auf leichten bzw. flachgründigen Böden	Niederschlag (nach Saat bis vor Ernte) auf Ertrag (+)	50
<b>Boden</b>		
Mittelschwere bis leichte Böden	Steinanteil auf Ertrag (-) und Proteingehalt (-) Sandanteil auf Unkraut (+)	
Gutes Wasserhaltevermögen: ertragssicherer	Bodenwasser auf Ertrag (+), Unkraut (-) und Proteingehalt (+)	31
Keine Staunässe & Bodenverdichtungen	Eindringwiderstand auf Unkraut (+)	
	Humus auf Unkraut (+ nur konv.)	
pH-Wert: 6,0-7,2 optimal	o (5,6-7,5)	
Hoher S-Bedarf	o (3-18 mg/kg CAT-S)	
Hoher Mn-Bedarf	o (11-400 mg/kg CAT-Mn)	
	N <sub>min</sub> auf Proteingehalt (+)	

**Tab. 8:** Fortsetzung

Literaturangaben	Ergebnisse (Einfluss von...)	Suboptimal <sup>1</sup> [%]
<b>Fruchtfolge</b>		
Anbauabstand Erbse: 5-10 / 5-6 / 6-9 Jahre	Anbauabstand weniger relevant als Häufigkeit Erbseanbau vorher; Erbseanbau über Wurzelschäden auf Ertrag (-); auf Proteingehalt (+)	k 7 / ö 0*
Abstand andere Leguminosen: Ackerbohne o. Lupine 2-3 / 4-5 Jahre; Wicke 5-7 Jahre; Rotklee & Luzerne 2-4 / 3-5 Jahre	Anbauabstand weniger relevant als Häufigkeit Leguminosenanbau vorher; Leguminosenanbau über Wurzelschäden auf Ertrag (-)	k 8 / ö 25
Weite Abstände zu Sklerotinia-wirten / Vorfrucht: nicht Raps & Sonnenblumen	o	
	Hoher Getreideanteil auf Unkraut (- Konv.)	
	Hoher Sommerfruchtanteil auf Unkraut (+ öko)	
<b>Anbau</b>		
Sorgfältige Bodenbearbeitung	Grundbodenbearbeit. im Vorjahr auf Unkraut (-)	
	Sortenpotential auf Proteingehalt (+)	
	Z-Saatgut auf Ertrag (+)	27
Möglichst frühe Saat (Wasser) / Bodentemperaturen > 4–5 °C	Frühe Saat auf Ertrag (+ konv) Frühe Saat (niedrige Temp.) auf Ertrag (- öko)	23 33
Meist keine Impfung notwendig	Keine Impfung	
Saat: 80-100 kf. Körner / 70-90 Pflanzen pro m <sup>2</sup>	Triebe/m <sup>2</sup> bis 80 auf Ertrag (+) und bis 70 auf Unkraut (-)	45
Saattiefe: 4-6 cm (gleichmäßig) / gleichmäßige Verteilung in der Reihe	Saattiefe <2 cm & > 6 cm auf Ertrag (-)	11
Sorgfältige Aussaat	Gleichmäßiger Bestand auf Ertrag (+) und Unkraut (-)	k 34 / ö 50
Unkraut Ertragsfaktor (optimaler Anbau: wesentl. für erfolgreiche Unkrautkontrolle)	Unkrautdeckung auf Ertrag (-) & Proteingehalt (-) Herbizideinsatz und mech. Regulierung auf Unkraut (-)	k 14 / ö 67
	Insektizideinsatz auf Ertrag (+ konv)	
<b>Krankheiten und Schädlinge</b>		
Vögel: nach Saat und vor Ernte	Einzelfall: Schädigung durch Tauben vor Ernte	
Blattrandkäferlarven an Knöllchen	Blattrandkäferschäden an Blättern auf Ertrag (-) und Proteingehalt (-); Larvenfraß konnte nicht erfasst werden	24
Blattläuse (wichtig)	Blattlausbefall auf Ertrag (-) und Unkraut (+)	k 23 / ö 33
Erbsewickler	3 Fälle mit >10% geschädigter Körner	4
Erbseckäfer	3 Fälle mit >10% geschädigter Körner	4
Fußkrankheiten (z.T. Fruchtfolge, z.T. saatgutbürtig), Z-Saatgut empfohlen	Sichtbare Wurzelschäden (- öko) <i>Fusarium oxysporium</i> Besatz auf Ertrag (- konv)	66 23
Brennflecken	2 Einzelfälle mit relevantem Besatz	2
Falscher Mehltau	o nicht relevant	
Echter Mehltau	o nicht relevant	
Erbserost	o nicht relevant	
Grauschimmel	o nicht relevant	
Sklerotinia	o nicht relevant	

**Tab. 8:** Fortsetzung

Literaturangaben	Ergebnisse (Einfluss von...)	Suboptimal <sup>1</sup> [%]
<b>Ernte</b>		
Problem: Hülsenplatzen	Nicht beobachtet	
Probleme: Lager	Lager: schlechtere Praxisertragsausbeute	16
Mittlerer Ertrag: 30 dt/ha	Konv. höher / öko. niedriger	

1 Anteil Bestände mit deutlich suboptimalen Werten

o: keine deutlicher Effekt auf Ertrag, Unkrautdeckung oder Proteingehalt

\* wenig Öko-Erbesen in der Untersuchung und davon viele Schläge ohne Erbsenanbau vorher

## 5.4. Wintererbsengemenge (ökologisch)

Im vorliegenden Projekt konnten nur für die ökologisch angebaute Wintererbse im Gemenge ausreichend Daten für eine Auswertung gesammelt werden. Die Angaben aus den Anbauanleitungen beziehen sich auf die Wintererbse, der Vergleich zu den geprüften Gemengen (Tab. 9, nächste Seite) nur eingeschränkt aussagefähig. Da in der Praxis zudem die Gemenge mit sehr unterschiedlichen Anteilen an Erbsen und Getreide angebaut wurden – meist ohne exakte Bemessung – waren Effekte anderer Faktoren auf den Erbsenertrag nur unter Vorbehalt abzuleiten. Zu Wintererbsengemengen liegen insgesamt wenig Forschungsergebnisse zum praktischen Anbau vor. Die vorliegenden Daten können somit erste Hinweise auf Zusammenhänge liefern und vor allem Bereiche mit weiterem Forschungsbedarf aufzeigen.

Im Gegensatz zu manchen Aussagen zu einer Förderung von Fußkrankheiten durch feuchte Winter wurde ein solcher Effekt in den vorliegenden Ergebnissen nicht gefunden. Die geringere Empfindlichkeit gegen Trockenheit konnte zumindest für den Gesamtgemengeertrag bestätigt werden. Allerdings förderte eine ausgewogene Wasserversorgung den Erbsenanteil, bei Trockenheit sank der Erbsenanteil, bei hohen Niederschlagsmengen sank der Gesamtertrag – oft durch Lager.

Ein Einfluss des vorhergehenden Leguminosenanbaus oder des Anbaus von Sklerotinia-Wirten auf die Entwicklung der Erbsen war nicht zu erkennen. Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass 20 bis 40 Erbsenpflanzen/m<sup>2</sup> im Frühjahr und 80-200 Ähren/m<sup>2</sup> zu erbsenreichen Gemengen führten. Je nach den Wachstumsfaktoren muss aber bei hohen Erbsen- und niedrigen Getreideanteilen mit erhöhter Lagergefahr gerechnet werden. Die Ährenzahl/m<sup>2</sup> wurde kaum durch die Aussaatstärke, sondern v. a. durch die Umweltbedingungen (Niederschlag, N<sub>min</sub>, etc.) und die Erbsendichte beeinflusst. Der Unkrautbesatz hatte keinen erkennbaren Ertragseffekt.

Während Blattrandkäfer und Blattläuse keine erkennbaren Wirkungen auf den Ertrag hatten - bzw. kaum gefunden wurden – war die Schädigung von Erbsenwickler und Erbsenkäfer in einigen Fällen erheblich. Sprosskrankheiten spielten bei der Ertragsbildung der Wintererbse keine erkennbare Rolle. Schädigungen der Wurzeln hatten vor allem über eine Reduktion des Knöllchenbesatzes einen negativen Einfluss.

Lager zur Ernte war oft mit einer geringeren Ertragsausbeute verbunden, frühzeitiges Lager mit geringeren Erträgen und höheren Proteingehalten im Getreide (oft verbunden mit Kümmerkorn).

**Tab. 9:** Gegenüberstellung von Literaturangaben zum Wintererbsenanbau (Tab. 2, S. 6) und Ergebnissen aus dem vorliegenden Projekt

Literaturangaben	Ergebnisse (Einfluss von...)	Suboptimal <sup>1</sup> [%]
<b>Klima / Witterung</b>		
Bei Kahlfrösten Auswinterungsgefahr	Frosttage auf Gesamtertrag (+), auf Erbsenanteil (-), auf Hülsen / Trieb (-)	
Insbesondere in feuchten, milden Wintern anfällig für Fußkrankheiten	o (keine Effekt der Winterwitterung auf Wurzelschäden und Pathogenbesatz)	
Weniger Trockenheitsempfindlich als Sommererbse	Niederschläge im Mai auf Gesamtertrag (-), Niederschläge von März bis vor Ernte auf Erbsenanteil (150-250 l/m <sup>2</sup> +, < - & > -)	15
<b>Boden</b>		
Mittelschwere bis leichte Böden	Sandige & steinige Böden auf Erbsen-Proteingehalt (+)	
	Hohe N <sub>min</sub> -Werte auf Getreideproteingehalt (+)	
	Tiefgründige Böden auf Gesamtertrag (+)	
pH-Wert: 6,0-7,2 optimal	o (5,7-7,5)	
Hoher S-Bedarf	o (1-19 mg/kg)	
	N <sub>min</sub> im Frühjahr auf Getreideanteil (+), auf Erbsenanteil (-)	
<b>Fruchtfolge</b>		
Anbauabstand Erbse: 5-10 / 5-6 / 6-9 Jahre	o (kein Effekt vorherigen Erbsenanbaus auf den Ertrag zu erkennen)	
Abstand andere Leguminosen: AB o. Lupine 2-3 / 4-5 Jahre; Wicke 5-7 Jahre; Rotklee & LUzerne 2-4 / 3-5 Jahre	o (kein Effekt vorherigen Leguminosenanbaus auf den Ertrag zu erkennen)	
Weite Abstände zu Sklerotinia-wirten / Vorfrucht: nicht Raps & Sonnenblumen	o (kein Effekt vorherigen Anbaus von Sklerotiniawirten auf den Ertrag zu erkennen)	
	Sommerfrucht vorher auf Gesamtertrag (+)	
<b>Anbau</b>		
Saattermin mit Ziel 2-4-Blatt-stadium vor Winter (Pflanzen-höhe 3-5 cm)	o (kein deutlicher Ertragseffekt 15.09.-27.10.)	
Meist keine Impfung notwendig	Keine Impfung	
Saat: 40–50 kf. Körner pro m <sup>2</sup> (langwüchsig) + 70-150 kf. Körnern pro m <sup>2</sup> Getreide	20-40 Erbsen-Pfl./m <sup>2</sup> (Frühjahr) und 80-200 Ähren/m <sup>2</sup> Voraussetzung für hohen Erbsenanteil (mit höherem Erbsen- und geringerem Getreideanteil steigt die Lagergefahr!) Hoher Erbsenanteil* auf Gesamtertrag (-) und auf Proteingehalt (+) Winterroggen im Gemenge auf Proteingehalt (-) (im Vergleich zu Triticale und Winterweizen)	
Saattiefe: 2-4 cm	o (1-6 cm)	
Geringe Unkrautempfindlichkeit	o (ähnliche Unkrautdeckung wie bei Sommererbse, aber kaum erkennbarer Ertragseffekt)	
<b>Krankheiten und Schädlinge</b>		
Weniger anfällig gegenüber Schadinsektenbefall	Trifft zu auf Blattrandkäfer und Blattläuse Erbsenwickler & -käfer höher als Sommererbse	
Blattrandkäferlarven an Knöllchen	o (keine nennenswerte Schädigungen)	
Blattläuse	o (kein nennenswerter Befall)	
Erbsenwickler	7 Fälle mit >10% geschädigter Körner	21
Erbsenkäfer	3 Fälle mit >10% geschädigter Körner	10

**Tab. 9:** Fortsetzung

Literaturangaben	Ergebnisse (Einfluss von...)	Suboptimal <sup>1</sup> [%]
Fußkrankheiten	Im Vergleich zur Sommererbse (öko): weniger sichtbare Wurzelschädigungen weniger <i>Fusarium oxysporum</i> - & <i>F. solani</i> Besatz mehr <i>Didymella pinodella</i> -Besatz (Ø öko 80%, konv 40%) Wurzelschäden über Knölchenbesatz auf Gesamtertrag (-) <i>F. solani</i> & <i>F. avenaceum</i> auf Erbsenertrag (-)	33 17
Brennflecken, Falscher Mehltau, Echter Mehltau, Erbsenrost, Grauschimmel, Sklerotinia	o (kein nennenswerter Befall)	
<b>Ernte</b>		
Problem: Hülsenplatzen	Nicht beobachtet	
Probleme: Lager	Lager häufiger als bei Sommererbse Lager auf Gesamtertrag (-) auf Getreideproteingehalt (+)	47

<sup>1</sup> Anteil Bestände mit deutlich suboptimalen Werten

o: keine deutlicher Effekt auf Ertrag, Unkrautdeckung oder Proteingehalt

\* im Erntegut; kaum Angaben über Aussaatverhältnis

## 5.5. Ackerbohne

Einige Faktoren die in Anbauanleitungen enthalten sind zeigten sich auch in der vorliegenden Untersuchung (Tab. 10, nächste Seite). Der wichtige Faktor Wasserversorgung lässt sich mit Hilfe der Untersuchungsergebnisse quantifizieren. Ein deutlicher Effekt des pH-Werts oder der Schwefelversorgung auf den Erfolg des Ackerbohnenanbaus zeigte sich jedoch nicht. Bei der Selbst- bzw. Leguminosenunverträglichkeit war der negative Einfluss des Anteils an Leguminosen in der Anbaugeschichte stärker ausgeprägt als die Wirkung des Anbauabstands. Einen konkreten Abstand zu vorhergehendem Leguminosen- bzw. Ackerbohnenanbau, der einen unbeeinträchtigten Anbau ermöglicht, konnte nicht ermittelt werden. Beim ökologischen Anbau war besonders die positive Wirkung eines vorhergehenden Zwischenfruchtanbaus auf den Ackerbohnenenertrag interessant. Die Saattiefe zeigte, anders als oft beschrieben, keinen erkennbaren Einfluss auf den Ertrag. Zwar trat im Mittel eine geringere Auflauftrate bei flacher Saat auf, da jedoch auch mit geringen Bestandesdichten Höchstertträge erreicht wurden, war dieser Saattiefe nicht ertragswirksam. Wie bei den anderen Körnerleguminosen war auch bei der Ackerbohne ein möglichst homogener Bestand ein wesentlicher Punkt bei der Unkrautunterdrückung. Vor allem beim ökologischen Anbau war ein starker Zusammenhang zwischen Unkrautdeckungsgrad und Ertrag zu erkennen. Die deutliche Ertragswirkung der Insektizidanwendungen im konventionellen Anbau machen den großen Einfluss der Schadinsekten – vor allem der Schwarzen Bohnenlaus – im Untersuchungszeitraum deutlich. Während bei den Verfärbungen an den Wurzeln kein Zusammenhang mit dem Ertrag erkennbar war, zeigte sich dieser deutlich beim Besatz mit dem durch Leguminosenanbau geförderten Pilz *Didymella pinodella*. Im Gegensatz zu den anderen geprüften

Körnerleguminosen waren die pilzlichen Krankheiten am Spross bei der Ackerbohne ertragsrelevant.

Im Untersuchungszeitraum hatten eine unzureichende Wasserversorgung und hohe Temperaturen bei vielen Beständen einen negativen Einfluss. Auch Verdichtungen im Boden und Sprosskrankheiten waren über beide Bewirtschaftungssysteme Faktoren der Ertragsbildung. Bei Fruchtfolge, Fußkrankheiten, Unkraut und Bestandeshomogenität war der Anteil suboptimaler Bestände bei ökologischer Bewirtschaftung deutlich höher als bei konventioneller.

**Tab. 10:** Gegenüberstellung von Literaturangaben zum Ackerbohnenanbau (Tab. 2, S. XX) und Ergebnissen aus dem vorliegenden Projekt

Literaturangaben	Ergebnisse (Einfluss von...)	Suboptimal <sup>1</sup> [%]
<b>Klima / Witterung</b>		
	Frosttage im vorherigen Winter auf Proteingehalt (+)	
Mäßig warme Standorte / Empfindlich gegenüber hohen Temperaturen	Temperatur Saat bis Blüte auf Proteingehalt (+) Heiße Tage Saat bis Ernte auf Ertrag (-) und Unkraut (+ konv)	39
Gesicherte Wasserversorgung	Niederschlag (nach Saat bis vor Ernte) direkt auf Ertrag (+) und Unkraut (+ öko) über Knöllchen auf Ertrag (+), Unkraut (-) und Proteingehalt (+)	40
<b>Boden</b>		
Mittelschwere, tiefgründige, humose Böden	Schluffige, steinige und flachgründige Böden auf Unkraut (+ konv)	
Hohes Wasserhaltevermögen	Bodenwasser auf Ertrag (+)	12
Wenig Bodenverdichtungen	Eindringwiderstand auf Ertrag (- konv) und Eindringtiefe auf Proteingehalt (+)	22
pH-Wert: 6,5-8 optimal	o (5,1-7,3)	
Hoher S-Bedarf	o (4-17 CAT-S mg/kg)	
Auf Bor-versorgung achten	Bor < Versorgungsstufe C auf Ertrag (- öko) Bordüngung auf Ertrag (+)	8
<b>Fruchtfolge</b>		
Anbauabstand Ackerbohne: 4-6 Jahre (wenig ausgeprägte Selbstunverträglichkeit)	Anbauabstand Ackerbohne direkt auf Ertrag (+)	k 21 / ö 30
Abstand andere Leguminosen: Erbse 4-6 Jahre, andere 3 Jahre	Anbauabstand Leguminose direkt auf Ertrag (+) Anbauhäufigkeit Leguminose über <i>Didymella pinodella</i> an Wurzel auf Ertrag (-)	k 28 / ö 86 k 0 / ö 34
Weite Abstände zu Sklerotinia-wirten / Vorfrucht: nicht Raps & Sonnenblumen (Sklerotinia)	o (kein negativer Effekt durch Sklerotiniawirte, kein Sklerotiniabesatz)	
	Hackfruchtanbau auf Unkraut (-)	
<b>Anbau</b>		
	Dauer der Öko-Bewirtschaftung auf Unkraut (+)	
	Vorher Pflug auf Unkraut (- öko) Abstand Grundbodenbearbeitung zur Saat auf Ertrag (- konv) Tiefe Bodenbearbeitung vor Saat (- öko)	14

**Tab. 10:** Fortsetzung

Literaturangaben	Ergebnisse (Einfluss von...)	Suboptimal <sup>1</sup> [%]
	Vorher Zwischenfrucht auf Ertrag (+ öko)	60
	Sortenpotential auf Proteingehalt (+)	
Saat Ende Februar bis spät. Anfang April (Frühsaatver-träglich) / möglichst früh	Frühe Saat (bzw. niedrige Temperatur um Saat) auf Ertrag (+), Unkraut (- öko) und Proteingehalt (+)	
Meist keine Impfung notwendig	Keine Impfung	
Saat: 40-50 kf. Körner pro m <sup>2</sup> / <40 Pflanzen pro m <sup>2</sup> : Unkraut & geringer Ertrag / 30-40 kf. Körner pro m <sup>2</sup>	Bestandesdichte auf Unkraut (- öko) Kein deutlicher Ertragseffekt (27-79 Triebe/m <sup>2</sup> )	
Saattiefe: 6-10 cm (gleichmäßig) / 8-10 cm	Tiefe Saat auf Unkraut (- öko) Kein deutlicher Ertragseffekt (2-9 cm)	
Reihenweite: >50 cm bei zu hoher Bestandesdichte Ertragseinbußen	o (11-50 cm auf Ertrag)	
	Gleichmäßiger Bestand auf Unkraut (-)	k 35 / ö 66
Wenig konkurrenzstark gegenüber Unkraut (optimaler Anbau: wesentl. für erfolg-reiche Unkrautkontrolle)	Unkrautdeckung auf Ertrag (-) Herbizideinsatz und mech. Regulierung auf Unkraut (-)	k 12 / ö 64
	Insektizideinsatz auf Ertrag (+ konv)	
<b>Krankheiten und Schädlinge</b>		
Blattrandkäferlarven an Knöllchen	Evtl. über Besatz mit aktiven Knöllchen zur Blüte auf Ertrag (-), Unkraut (+) und Proteingehalt (-)	
Blattläuse	Schwarze Bohnenlaus auf Ertrag (-) und Unkraut (+)	k 14 / ö 25
Ackerbohnenkäfer	Angebohrte Körner auf Ertrag (- konv) und Proteingehalt (+)	
Fußkrankheiten	Wurzelbesatz mit <i>Didymella pinodella</i> auf Ertrag (-) und Unkraut (+ konv) Wurzelbesatz mit <i>Fusarium oxysporum</i> auf Ertrag (- konv)	k 2 / ö 53 k 5 / ö 7
Brennflecken	o (selten, kein Ertragseffekt)	
Falscher Mehltau, Schokoladenflecken-krankheit & Grauschimmel	Summe vom Besatz auf Ertrag (-)	23
Ackerbohnenrost	Besatz auf Ertrag (-), selten aber dann stark	3
Sklerotinia	o kein Befall	
	Nanovirus auf Ertrag (nicht quantifizierbar) und Proteingehalt (-)	
<b>Ernte</b>		
Problem: Hülsenplatzen	Selten beobachtet (nicht quantifizierbar)	
Mittlerer Ertrag: 36 dt/ha	Konv. höher / öko. niedriger	

1 Anteil Bestände mit deutlich suboptimalen Werten

o: keine deutlicher Effekt auf Ertrag, Unkrautdeckung oder Proteingehalt

## 5.6. Vergleich der Körnerleguminosen

In Tabelle 11 (nächste Seite) werden die untersuchten Körnerleguminosen vergleichend dargestellt. Dabei sind ausgewählte wesentliche Faktoren aus den Bereichen Klima/Witterung, Boden, Fruchtfolge, Anbau, Krankheiten & Schädlinge sowie Ernte schematisch aufgeführt. Details zu den einzelnen Faktoren finden sich in den vorhergehenden Kapiteln und in den Broschüren.

Bei Witterung und Boden zeigten sich vor allem die Sojabohne und die Ackerbohne als empfindlich. Beide reagierten auf unzureichende Wasserversorgung mit deutlichen Ertragsseinbußen. Während die Sojabohne in vielen Fällen unter zu niedrigen Temperaturen in der Phase bis zur Blüte litt, war die Ackerbohne empfindlich gegen heiße Witterungsbedingungen in der Hauptvegetationsphase. Auch Blaue Lupine und Sommererbse reagierten auf eine ungünstige Wasserversorgung, waren jedoch insgesamt unempfindlicher gegenüber Niederschlags- und Temperaturverlauf. Bei den Wintererbsengemengen hatten Unterschiede in der Wasserversorgung vor allem Konsequenzen auf die Zusammensetzung der Bestände.

Fruchtfolgeeffekte waren vor allem bei Sommererbse und Ackerbohne zu erkennen. Bei leguminosenreichen Fruchtfolgen ist bei beiden Arten mit deutlich verringertem Ertragspotential zu rechnen. Bei Sojabohne, Wintererbse und Blauer Lupine zeigten sich keine deutlichen Fruchtfolgeeffekte – obwohl für die Wintererbse und die Lupine in der Literatur anders beschrieben.

Die Bestandesdichte war vor allem bei Beständen der Blauen Lupine und der Sommererbse für eine optimale Ausschöpfung des Ertragspotentials häufig zu gering. Ackerbohne und Sojabohne zeigten in sich in dieser Hinsicht als sehr robust. Die Wintererbsengemenge wiesen sehr unterschiedliche Zusammensetzungen auf – z.T. durch die Aussaatverhältnisse, z.T. durch die Anbaubedingungen hervorgerufen.

Die deutlich ertragswirksame Homogenität der Bestände (Pflanzenverteilung, Lücken, etc.) war bei allen untersuchten Körnerleguminosen, mit Ausnahme der Wintererbsengemenge, in vielen Fällen nicht optimal. Hier besteht von der Saatbettvorbereitung über die Saat bis zur Pflege häufig Optimierungsbedarf. Vor allem auch vor dem Hintergrund, dass die Bestandesdichte aber auch die Homogenität wesentlich für die Unkrautunterdrückung sind. Bei allen Sommer-Körnerleguminosen zeigten viele Bestände die Verbindung von hohem Unkrautdruck und nicht optimalen Erträgen – vor allem bei den Öko-Beständen.

Im Bereich Krankheiten und Schädlinge war die Sojabohne am unempfindlichsten – mit der Ausnahme einzelner Fälle mit starkem Taubenfraß. Die Blaue Lupine litt vor allem unter Schädigungen der Wurzeln durch Blattrandkäferlarven und pilzliche Krankheiten. Bei der Ackerbohne hatten sowohl Fußkrankheiten, Sprosskrankheiten sowie Insekten (v. a. Blattläuse) negative Ertragseffekte. Obwohl bei der Sommererbse Krankheiten am Spross keine Rolle spielten war sie durch Fußkrankheiten und Insekten (v. a. Blattläuse) oft stärker in Mitleidenschaft gezogen als die Ackerbohne.

Die höchsten Erträge (Abb. 1 S. 14) wurden mit der Ackerbohne erreicht, gefolgt von Sommererbse, Wintererbsengemenge, Sojabohne und Blauer Lupine, bei den Sommer-Körnerleguminosen immer im konventionellen Anbau.

**Tab. 11:** Zusammenhang von einzelnen Faktoren und der Ertragsentwicklung der geprüften Körnerleguminosen (gelten nur für den Bereich in den die Faktoren auftraten, Details finden sich in vorhergehenden Kapiteln und in den Broschüren), + positive Wirkung, - negative Wirkung, o kein deutlicher Einfluss

Faktor	Sojabohne	Blaue Lupine	Sommerkürnererbse	Wintererbse* (öko. im Gemenge)	Ackerbohne
<b>Klima/Witterung</b>					
Frost über Winter				- (Gesamt +)	
Temperatur um Saat	++	+	- (konv) + (öko)	o	- (konv) o (öko)
Temperatur Vegetation	+		(-)	o	--
Wasserversorgung	++	+	+	+ (Gesamt -)	++
<b>Boden</b>					
Ackerzahl	+	o	+	+	+
Bodenart		Sand -	Steine -		
Wasserverfügbarkeit	+	+	+		+
Verdichtungen / Flachgründigkeit	o	-	-	-	-
pH –Wert	o	o	o	o	o
Bodennährstoffe	o	o (P+)	o (P+)	o	o (B+)
N <sub>min</sub> im Frühjahr	-	o	o	- (Gesamt +)	o
<b>Fruchtfolge</b>					
Anbau gleicher Art	o	o	-	o	-
Anbau Leguminosen	o	o	-	o	-
Anbau Sklerotinia-Wirte	o	o	o	o	o
<b>Anbau</b>					
Tiefe der Bodenbearbeitung	+	+			
Saattermin: siehe Temperatur um Saat					
Hohe Saatgutqualität	+ (Keimfähigkeit)	+ (Z-Saatgut)			

**Tab. 11:** Fortsetzung

Faktor	Sojabohne	Blaue Lupine	Sommerkürnererbse	Wintererbse* (öko. im Gemenge)	Ackerbohne
Bestandesdichte	(+, Unkraut)	++	+		(+, Unkraut)
Gleichmäßige Bestände	+	+	+		+
Unkraut	-	-	-		-
Intensität Unkrautregulierung (Reihenfolge 1 gering, 5 hoch)	5	3	2	1	4
<b>Krankheiten &amp; Schädlinge</b>					
Vögel & Wild	-	-	-	o	o
Blattrandkäferlarven an Wurzel	o	-	(-)	o	(-)
Insekten am Spross	o	o	-	o	-
Insekten am Korn	o	o	-	-	-
Wurzelschädigungen / Fußkrankheiten	o	-	--	-	--
Sprosskrankheiten	o	(-)	o	o	-
<b>Ernte</b>					
Probleme (Hülsenplatzen, tiefer Hülsenansatz, Wiederaustrieb, Lager...)	(-)	-	(-)	-	o
Ertragsniveau (Reihenfolge 1 gering, 5 hoch)	2 (konv) 3 (öko)	1 (konv) 1 (öko)	3 (konv) 2 (öko)	5 (öko, Gemenge!)	4 (konv) 4 (öko)
Niveau Proteingehalt (Reihenfolge 1 gering, 5 hoch)	5	4	2	1 (öko, Gemenge!)	3
Proteinertragsniveau (Reihenfolge 1 gering, 5 hoch)	4 (konv) 5 (öko)	1 (konv) 2 (öko)	2 (konv) 1 (öko)	3 (öko, Gemenge!)	3 (konv) 4 (öko)

\* Wirkung auf die Wintererbsen im Gemenge, ggf. in Klammern Einfluss auf den Gesamtertrag (inkl. Getreide)

## 5.7. Vergleich mit BOFRU-Ergebnissen

In dem Forschungsprojekt „Steigerung der Wertschöpfung ökologisch angebaute Marktfrüchte durch Optimierung des Managements der Bodenfruchtbarkeit“ (kurz BOFRU) wurden von 2009 bis 2012 mit vergleichbarer Methodik unter anderem ökologische Körnererbsen- und Ackerbohnschläge untersucht (Wilbois et al., 2013; Böhm et al., 2014). Im Folgenden werden wesentliche Ergebnisse des vorliegenden Projekts mit Ergebnissen des BOFRU-Projekts verglichen. Es wurden dabei nur die Ergebnisse zu den ökologischen Erbsen- und Ackerbohnenbeständen verwendet. Es muss berücksichtigt werden, dass bei den Erbsen im BOFRU-Projekt weitaus mehr Bestände untersucht wurden als im vorliegenden Projekt, bei den Ackerbohnen waren die Anzahl der untersuchten Bestände vergleichbar.

### Sommerkörnererbse

Beim Ertrag bestätigten die im vorliegenden Projekt gefundenen, wesentlichen Faktoren in fast allen Fällen Ergebnisse aus dem BOFRU-Projekt. Nur der Faktor Temperatur in der ersten Woche nach Saat wurde bei BOFRU nicht gefunden. Die Temperaturergebnisse weisen bei BOFRU 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.

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.
- 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 ( $\varnothing < 2$  cm) und niedrigem Ertrag auf.
- 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.

- 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.

Die Ergebnisse zu wesentlichen Faktoren des Unkrautdrucks waren in den beiden Projekten unterschiedlich. Von den im vorliegenden Projekt gefundenen 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.

## Ackerbohne

Beim Ertrag bestätigten die Ergebnisse zur Wasserversorgung, dem Unkrautdeckungsgrad und den Pilzkrankheiten am Spross die Ergebnisse aus dem BOFRU-Projekt. Auch der negative Einfluss vorhergehenden Leguminosenanbaus wurde dort gefunden – allerdings nur von vorhergehendem Ackerbohnenanbau. Im Bereich Fußkrankheiten wurde nicht wie hier ein negativer Einfluss des Erregers *Didymella pinodella* sondern von *Fusarium solani* gefunden. Im BOFRU-Projekt zeigte sich zusätzlich eine deutliche Ertragsbeeinflussung durch den Grad der sichtbaren Wurzelschädigungen. Das Ausmaß der Schäden war damals deutlich höher. Zu den im vorliegenden Projekt gefundenen Faktoren Bodenbearbeitungstiefe, Zwischenfruchtanbau und Temperatur gab es keine Übereinstimmung mit dem BOFRU-Projekt.

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

- Bei höheren Niederschlägen im Winter vor Ackerbohnenanbau wurden höhere Erträge erreicht. Dieser Effekt wurde zusätzlich zum positiven Effekt des Bodenwassers im Frühjahr gefunden.
- Bei einem Tongehalt von mehr als 24 % im Boden traten geringere Erträge auf. Wahrscheinlich vor allem aufgrund der dann häufiger aufgetretenen Wurzelschädigungen. Dieser Zusammenhang konnte im vorliegenden Projekt nicht bestätigt werden.
- Sichtbare Schädigungen an den Wurzeln wiesen einen deutlichen, negativen Zusammenhang zum Ertrag auf. Dieser Effekt konnte im vorliegenden Projekt nicht nachgewiesen werden.
- Von den an der Wurzel gefundenen Pathogenen hatte *Fusarium solani* den mit Abstand größten negativen Einfluss auf den Ackerbohnenenertrag. Dieser Pilz wurde auch im vorliegenden Projekt gefunden, allerdings ohne erkennbaren Einfluss auf den Erfolg des Ackerbohnenanbaus.

Die Ergebnisse zum Unkrautdruck im vorliegenden Projekt weisen einige Parallelen zu den Ergebnissen aus dem BOFRU-Projekt auf. Die Wasserversorgung, die Homogenität des Bestandes, der Anteil Hackfrüchte in der Fruchtfolge und die Anzahl an Arbeitsgängen bei der mechanischen Unkrautregulierung wiesen ähnliche Zusammenhänge mit dem Unkrautdruck auf wie bei den Öko-Beständen im aktuellen Projekt.

## **6. Voraussichtlicher Nutzen der Ergebnisse**

Im vorliegenden Forschungsprojekt wurde gezielt der Anbau von Körnerleguminosen in der Praxis untersucht. Die erarbeiteten Ergebnisse bilden deshalb die Bedingungen des praktischen Ackerbaus ab. In den Broschüren aufbereitet zeigen die Ergebnisse Stellschrauben auf, mit deren Hilfe sich verschiedene Bereiche des Anbaus optimieren lassen. Die Broschüren bieten darüber hinaus viele Kennzahlen und Daten zum Körnerleguminosenanbau, mit denen konkrete Anbausituationen schnell und einfach eingeschätzt, verglichen und bewertet werden können. Die Resultate bieten somit die Möglichkeit aktuellen Anbau zu analysieren und Handlungsbedarf abzuleiten sowie zukünftigen Anbau zu planen bzw. Anbauentscheidungen zu treffen.

Der praktische Nutzen wird somit als hoch eingeschätzt. Neben der Aufbereitung und kostenlosen Verbreitung als Broschüren wurden und werden die Erkenntnisse auch gezielt in praxisnahen Vortragsveranstaltungen und Publikationen weiter verbreitet. Zudem werden wesentliche Ergebnisse auch in Form standardisierter Merkblätter (EPS-Vorlage) zusammengefasst.

## **7. Erreichte Ziele und weiterführende Fragestellungen**

### **7.1. Vergleich der geplanten und der erreichten Ziele**

Im Rahmen des Projekts wurden einzelne wissenschaftliche Arbeitsziele verfolgt (S. 3). Im Folgenden wird darauf eingegangen inwieweit diese Ziele bzw. Fragestellungen erfolgreich bearbeitet werden konnten.

Für alle untersuchten Körnerleguminosen konnten eine Reihe von Parametern oder Parameterkombinationen aus den Bereichen Boden, Pflanze, Bewirtschaftung und Umwelt als wesentlichen Faktoren der in der Praxis auftretenden Varianz von Ertrag, Proteingehalt, Pflanzengesundheit und Unkrautdruck identifiziert werden. Je höher die Anzahl der untersuchten Fälle war, umso besser konnten diese Faktoren statistisch abgesichert werden. Bei allen geprüften Körnerleguminosen und Zielgrößen blieb ein Teil der Varianz unerklärt, da jedoch bei Untersuchungen in der Praxis nie alle möglichen Faktoren ermittelt werden können war dies zu erwarten. Je schwächer der Einfluss eines Faktors auf die Zielgröße war, umso geringer war die statistische Absicherung, d. h. bei solchen Faktoren sind die Ergebnisse eher als Hinweise auf möglich Zusammenhänge zu bewerten. Natürlich muss bei der Interpretation der Ergebnisse auch berücksichtigt werden, dass nur die Faktoren ermittelt werden konnten, die im Untersuchungszeitraum erfasst wurden sowie eine ausreichende Streuung aufwiesen. Die verwendeten statistischen Verfahren lassen zwar Zusammenhänge erkennen, Rückschlüsse auf entsprechende Kausalitäten zeigen sie nicht. Hierfür wurden die Ergebnisse mit dem derzeitigen Erkenntnisstand verglichen und mögliche kausale Zusammenhänge aufgezeigt.

Zusätzlich zu den Faktoren der Zielgrößen konnten in vielen Fällen wiederum Einflussfaktoren

auf die Faktoren der Hauptzielgrößen ermittelt werden. Auf diese Weise ergab sich in vielen Fällen ein komplexes Wirkungsnetz.

Bei den wesentlichen Faktoren von Ertrag und Proteingehalt gelang eine Quantifizierung der Wirkung – z. B. bei dem Einfluss der Wasserversorgung auf den Ertrag. Für viele der ermittelten Faktoren konnte zudem eine Gewichtung ihrer Bedeutung erarbeitet werden. Allerdings muss beachtet werden, dass die ermittelte quantitative Wirkung bzw. die Gewichtung von den untersuchten Fällen und der Varianz der Faktoren abhängt. Aufgrund der Komplexität der Zusammenhänge sowie den z. T. geringen Fallzahlen (z. B. Öko-Erbse) war z. B. eine genaue Ableitung von Anbauabständen bzw. Anbauanteilen bei Erbse und Ackerbohne nicht möglich.

Die erarbeiteten Faktorkombinationen zu den einzelnen Zielgrößen der untersuchten Körnerleguminosen erlauben einen Vergleich zwischen den Arten und bieten die Möglichkeit z. B. die Anbaueignung der einzelnen Arten an verschiedenen Standorten oder unter unterschiedlichen Bedingungen abzuwägen.

Ein Vergleich mit dem bisherigen Erkenntnisstand ergab sowohl Übereinstimmungen als auch Hinweise auf Differenzen bzw. bisher wenig beachtete Faktoren. Auch bei Übereinstimmung bieten die Ergebnisse aus dem Projekt in vielen Fällen durch die Gewichtung oder Quantifizierung zusätzliche Informationen.

Die in der landwirtschaftlichen Praxis ermittelten Faktorenlisten zeigen nicht nur grundsätzlich ackerbauliche Zusammenhänge auf, sondern enthalten nur solche Faktoren die auch eine deutliche Varianz aufwiesen. Das bedeutet, dass bei solchen Faktoren in einem Teil der Einzelfälle zum Teil erhebliche Optimierungsmöglichkeiten bestanden. Mit Hilfe der grafisch aufbereiteten Ergebnisse kann jede\*r Interessierte den eigenen Stand bei einzelnen Faktoren abschätzen und Ansätze zur Optimierung ableiten.

Insgesamt zeigte sich der Ansatz, vorab keine gezielten Hypothesen aufzustellen und sich nicht vor Untersuchungsbeginn auf bestimmte Faktoren festzulegen als ein gangbarer und erfolgreicher Forschungsansatz.

Mit der erfolgreichen Durchführung des Forschungsansatzes sowie dem Erreichen der wissenschaftlichen Arbeitsziele konnten auch die folgenden Gesamtziele des Forschungsprojekts erreicht werden:

- Identifizierung und Gewichtung wesentlicher, ackerbaulicher Einflussfaktoren auf den Erfolg des Anbaus von Sojabohne, Blauer Lupine, Körnererbse und Ackerbohne in der Praxis.
- Ergänzung der Einzelprojektergebnisse zu den genannten Körnerleguminosen bei der Ableitung von standortabhängigen Optimierungsstrategien im Anbau und bei Entscheidungshilfen zur betriebsspezifischen Artenwahl.
- Nutzung von Synergieeffekten aus der Kombination der bisher bestehenden oder geplanten Untersuchungen sowie gezielter ergänzender Datenerhebungen auf den Betrieben der Betriebsnetzwerke.

Mit dem Erreichen der Ziele können die Ergebnisse des Projekts ein wesentliches Ziel der Eiweißpflanzenstrategie der Bundesregierung, die Ausdehnung des Leguminosenanbaus in Deutschland zur Steigerung der heimischen Eiweißversorgung unterstützen. Die Ausweitung des Körnerleguminosenanbaus in der Praxis wird neben den günstigen Sojaimporten durch stark schwankende bzw. geringe Erträge behindert. Eine wichtige Grundlage für das Erreichen stabiler und hoher Erträge, sind möglichst detaillierte Kenntnisse über die Einflüsse von Standort, Bewirtschaftung und Umwelt auf die Ertragsbildung unter Praxisbedingungen. Zwar liegen eine Reihe von pflanzenbaulichen Einzelergebnissen aus der Forschung vor. Resultate aus Feldversuchen können jedoch nur die geprüften Standort- und Bewirtschaftungsbedingungen abbilden. Die Versuchsbedingungen sind häufig nicht mit den Bedingungen in der Praxis vergleichbar. Praxiserfahrungen sind hingegen selten publiziert und oft schwer zu verallgemeinern. Die im vorliegenden Projekt erarbeiteten Ergebnisse können dazu beitragen diese bestehenden Lücken zu schließen.

## 7.2. Weiterführende Fragestellungen

Im Verlauf des Projekts und bei der Analyse der erarbeiteten Ergebnisse ergaben sich einige wichtige Themen bzw. Fragestellungen, deren Bearbeitung für die erfolgreiche Ausdehnung des Körnerleguminosenanbaus für wichtig erachtet werden:

- Selbst- und Leguminosenunverträglichkeit von Erbse, Ackerbohne und Lupine: Vervollständigung des Erregerspektrums, Aufklären kausaler Zusammenhänge, Prüfung der gängigen Labormethoden zur Untersuchung des Saatgutbesatzes mit Erregern, Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Leguminosenarten in der Anbaugeschichte.
- Relevanz von Bodennährstoffgehalten (z.B. P, Bor, Mn) bei unterschiedlichen Umweltbedingungen.
- Auswertung der Landessortenversuche unter detaillierter Berücksichtigung der Standort- und Witterungsbedingungen.
- Möglichkeiten einer exakten Saatgutverteilung und Tiefenablage bei Drillsaaten von Körnerleguminosen.
- Quantifizierung des Nutzens und der Knackpunkte der einzelnen Körnerleguminosen im Fruchtfolgesystem (z.B. Humus-, Unkraut-, Vorfruchtwirkung, N-Bilanz inkl. unterirdischer N-Mengen).
- Blattlausbekämpfung bei Erbse und Ackerbohne im Ökolandbau.
- Blattrandkäfer an Blauer Lupine: Regulationsmöglichkeiten (z. B. Weiterführung der Arbeiten / Themen aus Projekt FKZ: 2814EPS005).
- Untersuchung von erosionsmindernden Anbauverfahren von Körnerleguminosen, ökologisch und konventionell.
- Methodische Weiterentwicklung des durchgeführten Praxisforschungsansatzes und der statistischen Auswertungsmöglichkeiten.

## 8. Zusammenfassung

In den Jahren 2015 bis 2019 wurden im Forschungsprojekt *Erweiterung und ackerbauliche Auswertung der Praxiserhebungen und -untersuchungen im Rahmen der modellhaften Demonstrationsnetzwerke Soja, Lupine, Erbse und Bohne der Eiweißpflanzenstrategie* (FKZ: 2814EPS035) deutschlandweit Schläge mit praktischem Körnerleguminosenanbau untersucht. Diese Schläge lagen fast alle auf Betrieben die an den im Rahmen der Eiweißpflanzenstrategie geförderten Netzwerkprojekten zu Soja, Lupine sowie Erbse und Bohne beteiligt waren. Das Forschungsprojekt wurde in enger Kooperation mit den Netzwerken und einem Forschungsprojekt zur Identifikation der Pathogene an den Wurzeln von Erbse und Ackerbohne (Fachgebiet Ökologischer Pflanzenschutz der Uni Kassel) durchgeführt.

Wesentliche Ziele des Projekts waren a) die Identifizierung und Gewichtung wesentlicher, ackerbaulicher Einflussfaktoren auf den Erfolg des Anbaus von Sojabohne, Blauer Lupine, Körnererbse und Ackerbohne in der Praxis; b) die Ergänzung des bestehenden Erkenntnisstands zu den genannten Körnerleguminosen bei der Ableitung von standortabhängigen Optimierungsstrategien im Anbau und bei Entscheidungshilfen zur betriebspezifischen Artenwahl sowie c) die Nutzung von Synergieeffekten aus der Kombination der in den Netzwerken durchgeführten Untersuchungen sowie gezielter ergänzender Datenerhebungen auf den Betrieben.

Für das Projekt wurden gezielt Körnerleguminosenschläge ausgewählt, die für den jeweiligen Betrieb typische Standortbedingungen und Anbauverfahren aufwiesen. Die Sojabohne wurde von 2015 bis 2017 auf 55 konventionellen und 59 ökologisch bewirtschafteten Schlägen untersucht. Bei der Blauen Lupine waren es von 2015 bis 2018 43 konventionelle und 44 ökologische Schläge. Die Untersuchung der Sommerkörnererbse erfolgte von 2016 bis 2019 auf 76 konventionellen und 23 ökologischen Schlägen. Die Wintererbse – meist im Gemenge mit Getreide – wurde im selben Zeitraum auf 6 konventionellen und 29 ökologischen Schlägen geprüft. Auch von 2016 bis 2019 erfolgte die Untersuchung von 57 konventionellen und 53 ökologischen Ackerbohnenschlägen (ausschließlich in Frühjahrssaat).

Auf den Untersuchungsschlägen wurden in jeweils zwei Messparzellen eine Vielzahl Boden- und Pflanzenparameter erfasst. Das reichte z. B. vom Einsatz einer Bodensonde zur Verdichtungsmessung vor der Saat über verschiedene Bonituren zu unterschiedlichen Vegetationsstadien bis hin zur Handernte nach Abreife. Die Bewirtschaftungsdaten wurden Befragungen der Betriebsleitung durch die Netzwerkbetreuer entnommen. Witterungsdaten wurden aus öffentlich zugänglichen Stationsnetzen ermittelt.

Die Auswertung erfolgte getrennt nach Arten sowohl betriebsübergreifend mit statistischen Verfahren als auch durch gezielte Einzelfallauswertungen. Dabei war der ständige Vergleich zum derzeitigen Erkenntnisstand ein wesentlicher Bestandteil. Für Rückschlüsse zu artspezifischen Unterschieden, z.B. bei Standorteignung, Ansprüchen an die Bewirtschaftung und den derzeit in der Praxis relevanten Knackpunkten, wurde eine Gegenüberstellung der Ergebnisse zu den Leguminosenarten durchgeführt.

Die wichtigste Zielgröße in der Untersuchung war der Ertrag. Die maximal erreichten Erträge – ein Hinweis auf das Ertragspotential in der Praxis – wurde bei allen Sommerkörnerleguminosen auf konventionellen Schlägen ermittelt. Beim Praxisdrusch erreichte die Ackerbohne mit 73 dt/ha den höchsten Ertrag (alle mit 14 % Feuchte), gefolgt von Erbse mit

62 dt/ha, Wintererbsengemenge (ökologisch) mit 60 dt/ha, Sojabohne mit 49 dt/ha und Blauer Lupine mit 33 dt/ha. Die maximalen Handernterträge lagen bei den Sommerkörnerleguminosen nochmal zwischen 40 und 48 % über diesen Werten, bei den Wintererbsengemengen waren es nur 8 %.

Die Auswertungen ergaben für jede der untersuchten Körnerleguminosen einer Reihe von wesentlichen Einflussfaktoren auf den Ertrag. Bei den Sommerkörnerleguminosen waren z. B. die Wasserversorgung und der Unkrautdruck in allen Fällen wesentlich an der Ertragsbildung beteiligt. Zudem wurden Faktoren des Proteingehalts und von wichtigen Ertragsfaktoren ermittelt – z. B. Unkrautdeckungsgrad, Pflanzengesundheit, etc.. Insgesamt konnte so für jede Kultur ein komplexes Netz an Wirkungszusammenhängen aufgezeigt werden.

Bei der Sojabohne führten nicht optimale Standortbedingungen häufig zu weniger erfolgreichen Anbauergebnissen. Der hohe Wärme- und Wasserbedarf konnte auf vielen Schlägen nicht erfüllt werden. Gegenüber ihrer Fruchtfolgestellung sowie Krankheiten und Schädlingen zeigte sie sich hingegen sehr unempfindlich – mit wenigen Ausnahmen bei Taubenfraß. Vergleichsweise anspruchsvoll war sie jedoch gegenüber Verunkrautung und der verwendeten Erntetechnik (Schnitthöhe). Auf geeigneten Standorten, bei sorgfältigem Anbau und intensiver Pflege konnte sie auch in leguminosenreichen Fruchtfolgen ihr Ertrags- und Proteinpotential erreichen. Der Ertragsunterschied von ökologisch zu konventionell angebauten Sojabohnen war im Mittel gering und statistisch nicht absicherbar. Im Durchschnitt lag der Praxisertrag bei 29 dt/ha (14 % Feuchte) und der Proteingehalt bei 40,5 % (in der TM).

Die Blaue Lupine wurde vor allem auf leichten Böden angebaut, die Ackerzahl lag maximal bei 55 und im Mittel bei knapp 30. Trotz ihrer größeren Toleranz gegen Trockenheit war die Wasserversorgung in den trockenen Jahren auf diesen Böden mit geringer Wasserhaltefähigkeit ein wesentlicher Ertragsfaktor. Trotzdem führte eine etwas spätere Saat bei wärmeren Temperaturen häufiger zu guten Erträgen als Frühsaaten unter kalten Bedingungen. Im Bereich Krankheiten und Schädlinge waren vor allem der Knöllchenfraß von Blattrandkäferlarven und pilzliche Schädigungen an den Wurzeln ertragsbestimmend. Einen Zusammenhang mit der Fruchtfolge – z. B. Anbauabstand zu Leguminosen – war nicht zu erkennen. Bestandesdichte und Unkrautdeckungsgrad waren weitere wichtige Ertragsfaktoren. Bei meist extensivem Anbau blieben auch die Maximalerträge unerwartet niedrig. Ein absicherbarer Ertragsunterschied zwischen ökologisch und konventionell zeigte sich nicht. Im Durchschnitt lag der Praxisertrag bei 17 dt/ha (14 % Feuchte) und der Proteingehalt bei 33 % (in der TM).

Auch die Sommerkörnererbse zeigte auf trockenen Böden einen deutlichen Ertragseinfluss der Niederschlagsmenge. Unter anderem dank ihrer relativ kurzen Vegetationsperiode konnte sie jedoch das vorhandene Bodenwasser aus dem Winter auch unter trockenen Witterungsbedingungen in gute Erträge umsetzen. Bei Schäden durch Insekten – vor allem Blattläusen –, der Intensität von Fußkrankheiten und der Verunkrautung waren die Ökoshläge deutlich stärker betroffen als die konventionellen. Verunkrautung hatte in geringerem Maße auch auf den konventionellen Schlägen einen Ertragseinfluss. In beiden Systemen war die Bestandesdichte und die Homogenität der Bestände oft nicht für gute Erträge ausreichend. Die Häufigkeit des Anbaus von Leguminosen und/oder Erbsen in der Vorgeschichte hatte einen deutlichen Effekt auf das Ertragsniveau. Die Praxiserträge erreichten im Mittel bei konventioneller Bewirtschaftung 38 dt/ha und auf den Ökobetrieben nur 22 dt/ha (jeweils 14 %

Feuchte). Im Proteingehalt, durchschnittlich 22,6 % (in TM), unterschieden sich die Systeme nicht.

Die untersuchten, ökologisch angebauten Wintererbsen-Getreide-Gemenge unterschieden sich oft stark in ihrer Zusammensetzung. Eine vergleichende Auswertung war deshalb nur bedingt möglich. Unter trockenen Bedingungen wurden häufig hohe Gesamterträge erreicht, allerdings mit eher geringen Erbsenanteilen. Eine gute Wasserversorgung förderte die Erbsen und führte dadurch oft zu einem größeren Erbsenanteil im Erntegut aber auch zu verstärktem Lager. Das Verhältnis von Erbsentrieben zu Getreideähren war nur zum Teil durch das Aussaatverhältnis verursacht. Auch die Wachstumsbedingungen hatten einen großen Anteil daran. Weder Schäden durch Insekten noch durch Sprosskrankheiten zeigten einen deutlichen Ertragseinfluss. Lediglich der u. a. durch Fußkrankheiten beeinträchtigte Knöllchenbesatz der Wurzeln war ertragswirksam. Der Grad der Verunkrautung und die Häufigkeit des Anbaus von Leguminosen und/oder Erbsen in der Vorgeschichte hatten keine deutlichen Effekte auf den Erfolg des Anbaus. Die Praxiserträge erreichten im Mittel 36 dt/ha (14 % Feuchte) bei einem Erbsenanteil im Erntegut von 4 bis 79 %. Der vor allem aufgrund der unterschiedlichen Erbsengehalte stark variierende Proteingehalt lag durchschnittlich bei 16,8 % (in TM).

Im Untersuchungszeitraum zeigte sich bei der Ackerbohne deutlich der hohe Anspruch an die Wasserversorgung und an moderate Temperaturen. Viele unbefriedigende Erträge waren auf Trockenheit und Hitze zurückzuführen. Böden mit hoher Wasserhaltefähigkeit waren zumindest in der Wasserversorgung im Vorteil. Wie bei der Erbse waren bei der Ackerbohne Schäden durch Blattläuse und Fußkrankheiten sowie die Verunkrautung auf den Öko-Schlägen im Mittel höher als bei den konventionellen. Die Verunkrautung wies nur bei ökologischer Bewirtschaftung einen Ertragseinfluss auf. In beiden Systemen war die Bestandesdichte nicht ertragsrelevant. Für die Unkrautunterdrückung spielte sie jedoch zusammen mit der Bestandeshomogenität eine wichtige Rolle. Spross- und Fußkrankheiten waren in beiden Anbausystemen ertragswirksam. Auf den Öko-Schlägen hingen die Fußkrankheitsprobleme oft mit dem Anbau von Leguminosen in der Vorgeschichte zusammen. Die Praxiserträge erreichten im Mittel bei konventioneller Bewirtschaftung 39 dt/ha und auf den Ökobetrieben nur 29 dt/ha (jeweils 14 % Feuchte). Der Proteingehalt lag durchschnittlich konventionell bei 29,7 % und ökologisch bei 30,4 % (jeweils in TM).

Artübergreifend bestehen die größten Optimierungsmöglichkeiten beim praktischen Anbau von Sommerkörnerleguminosen in den Bereichen Standortwahl, Wasserversorgung, Bestandesetablierung und Unkrautregulierung. Bei der Etablierung von Körnerleguminosen konnten Verbesserungsmöglichkeiten bei der Qualität der vorhergehenden Bodenbearbeitung, der Sorgfalt bei der Saatbettbereitung und vor allem bei der Aussaat beobachtet werden. Besonders eine möglichst gleichmäßige Ablage des Saatguts sowohl in der Tiefe als auch in der Reihe wurde häufig nicht erreicht. Auch wurden bei der Bestimmung der Aussaatmenge nicht immer die Qualität des aktuellen Saatguts berücksichtigt. Bei Wintererbsengemengen ist vor allem ein standort- und sortenangepasstes Anbauverhältnis von Erbsen und Getreide von Bedeutung. Bei der Blauen Lupine sind Ertragseinbußen durch Wurzelschädigungen ein schwer einschätzbares und derzeit kaum steuerbares Risiko. Bei Sommerkörnererbse und Ackerbohne führen vor allem im Ökolandbau sowohl Schäden durch Blattläuse als auch Fußkrankheitsprobleme aufgrund hoher Leguminosendichten zu einem geringeren Ertragsniveau.

## 9. Literaturverzeichnis:

- Bader, J., Blessing, C. (2020): Hinweise zum Pflanzenbau – Ackerbohne. LTZ, Karlsruhe.
- Bader, J., Blessing, C. (2020): Hinweise zum Pflanzenbau – Körnererbse. LTZ, Karlsruhe.
- Bader, J., Blessing, C. (2020): Hinweise zum Pflanzenbau – Schmalblättrige (Blaue) Lupine. LTZ, Karlsruhe.
- Bakken A.K., Breland T.A., Haraldsen T.K., Aamlid T.S., Sveistrup, T.E. (2005): Soil fertility in three cropping systems after conversion from conventional to organic farming. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B - Soil and Plant Science*, 56, 81-90.
- BLE (Hrsg.) (2014): Körnerleguminosen und Bodenfruchtbarkeit. Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, Bonn.
- 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.
- Böhm, H., Gruber, H. (2013): Anbautelegramm Lupinen. In KTBL (2013): Körnerleguminosen anbauen und verwerten. KTBL-Heft 100, KTBL, Darmstadt, S. 30-31.
- Eyhorn F., Mahesh R., Mäder P. (2007): The viability of cotton-based organic farming systems in India. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 5, 25-38.
- Heidel, W., Recknagel, J., Finckh, M.R. (2013): Pflanzenschutz im Anbau von Körnerleguminosen. In KTBL (2013): Körnerleguminosen anbauen und verwerten. KTBL-Heft 100, KTBL, Darmstadt, S. 16-18.
- Imgraben, H., 2014: Anbauanleitung für Sojabohnen. Regierungspräsidium Freiburg, Freiburg i. Br..
- Imgraben, H., Recknagel, J., Blessing, C. (2021): Anbauanleitung für Sojabohnen 2021. Regierungspräsidium Freiburg, Freiburg i. Br..
- Kaufmann, K., Schachler, B., Thalmann, R., Struck, C. (2009): Pilzkrankheiten und Schädlinge bei Süßlupinenarten. UFOP, Berlin.
- Mikkelsen R.L. (2000): Nutrient management for organic farming: a case study. *Journal of Natural Resources and Life Sciences Education*. 29, 88-92.
- Oyarzun P., Gerlagh M., Hoogland A.E. (1993): Relation between cropping frequency of peas and other legumes and foot and root rot in peas. *Netherlands Journal of Plant Pathology*, 99, 35-44.
- Oyarzun P.J., Dijst G., Maas P.W.T. (1994): Determination and analysis of soil receptivity to *Fusarium solani* f. sp. *pisi* causing dry root rot of peas. *Phytopathology*, 84, 834-842.
- Oyarzuna P.J., Gerlaghb M., Zadoksc J.C. (1998): Factors associated with soil receptivity to some fungal root rot pathogens of peas. *Applied Soil Ecology*, 10, 151-169.

- Raghupathi H.B., Bhargava B.S. (1998): Diagnosis of nutrient imbalance in pomegranate by diagnosis and recommendation integrated system and compositional nutrient diagnosis. *Communications in soil science and plant analysis*, 29, 2881-2892.
- Recknagel, J. (2013): Anbautelegramm Sojabohne. In KTBL (2013): Körnerleguminosen anbauen und verwerten. KTBL-Heft 100, KTBL, Darmstadt, S. 32-33.
- Recknagel, J., Schmid, J., Rupschus, C. (2017): Hinweise zum Pflanzenbau – Soja. LTZ, Karlsruhe.
- Römer, P. (2002): Lupinen – Verwertung und Anbau. Gesellschaft zur Förderung der Lupine e.V., Rastatt.
- Rydberg N.T., Milberg P. (2000): A survey of weeds in organic farming in Sweden. *Biological agriculture and horticulture*, 18, 175-185.
- Schmidt, H., Wild, M. (2013): Faktoren des Körnererbsenertrages in der Ökolandbaupraxis. In Neuhoﬀ D., Stumm C., Ziegler S., Rahmann G., Hamm U., Köpke U. (Hrsg.): Beiträge zur 12. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau. Verlag Dr. Köster, Berlin, S. 98-101.
- Schmidtke, K., Böhm, H. (2013): Nährstoffbedarf und Düngung der Körnerleguminosen. In KTBL (2013): Körnerleguminosen anbauen und verwerten. KTBL-Heft 100, KTBL, Darmstadt, S. 13-15.
- Schmiechen, H., Schachler, B., Sauermann, W. (2011): Anbauratgeber Blaue Süßlupine. UFOP, Berlin.
- Sperber, J. Barisich, R., Edinger, E., Weigl, W. (1988): Öl- und Eiweißpflanzen. Österreichischer Agrarverlag, Wien.
- Vogt-Kaute, W., Wilbois, K.-P., Finckh, M.R. (2013): Anbautelegramm Körnererbse. In KTBL (2013): Körnerleguminosen anbauen und verwerten. KTBL-Heft 100, KTBL, Darmstadt, S. 26-27.
- Völkel, G., Ebert, U. (2013): Anbautelegramm Ackerbohne. In KTBL (2013): Körnerleguminosen anbauen und verwerten. KTBL-Heft 100, KTBL, Darmstadt, S. 28-29.
- Völkel, G., Vogt-Kaute, W. (2013): Körnerleguminosen in der Fruchtfolge. In KTBL (2013): Körnerleguminosen anbauen und verwerten. KTBL-Heft 100, KTBL, Darmstadt, S. 10-12.
- Von Beesten, F., 2014: Soja-Anbauratgeber. <https://www.sojafoorderring.de/anbauratgeber/>
- 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 angebaute Marktfrüchte durch Optimierung des Managements der Bodenfruchtbarkeit. Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL), Frankfurt am Main.
- Wulffen, U. von, (2014): Körnererbsen – Anbauempfehlungen. LLFG, Bernburg.
- Yin, R.K. (2003): Case Study Research: Design and Methods. Sage Publications, Thousand Oaks, CA.

## 10. Vorträge und Publikationen zum Projekt

### Vorträge bei Netzwerktreffen (H. Schmidt):

Würzburg, 03.02.2016: Projekt 2814EPS035 - Ackerbauliche Auswertung Sojanetzwerk, Datenerhebung - Rückblick 2015 & Ausblick 2016

Berlin, 19.02.2016: Projekt 2814EPS035 - Ackerbauliche Auswertung Lupinennetzwerk - Datenerhebung - Rückblick 2015 & Ausblick 2016

Würzburg, 03.03.2016: Ackerbauliche Auswertung im Sojanetzwerk - Methodische Beispiele anhand erster Ergebnisse

Kassel, 29.09.2016: Projekt 2814EPS035 - Ackerbauliche Auswertung Erbse/Bohne-Netzwerk - Rückblick 2016 & Ausblick 2016

Teltow, 19.01.2017 Lupinen-Netzwerktreffen: Ackerbauliche Untersuchungen von Praxisschlägen im Rahmen des Lupinen-Demonstrationsnetzwerks

Kassel, 01.03.2017 ErBo-Netzwerktreffen: Ackerbauliche Untersuchungen von Praxisschlägen im Rahmen des Erbse/Bohne-Demonstrationsnetzwerks

Freising, 07.03.2017, Soja-Netzwerktreffen: Ackerbauliche Auswertung von Sojaschlägen 2015 & 2016, Stand Februar 2017

Bad Hersfeld, 08.11.2017, ErBo-Netzwerktreffen: Ackerbauliche Untersuchungen von Praxisschlägen im Rahmen des Erbse/Bohne-Demonstrationsnetzwerks

Rheinstetten-Forchheim, 06.12.2017, Soja-Netzwerktreffen: Ackerbauliche Auswertung von Sojaschlägen 2015 bis 2017 - Schwerpunkt Nmin im Frühjahr vor Soja

Kassel, 27.11.2018 ErBo-Netzwerktreffen: Ackerbauliche Untersuchungen von Praxisschlägen im Rahmen des Erbse/Bohne-Demonstrationsnetzwerks

Kassel, 12.11.2019 ErBo-Netzwerktreffen: Ackerbauliche Untersuchungen von Praxisschlägen im Rahmen des Erbse/Bohne-Demonstrationsnetzwerks

### Öffentliche Vorträge (H. Schmidt):

Rostock, 15.09.2016, VDLUFA-Kongress: Keimfähigkeit, Triebkraft und Feldaufgangsraten vom Sojabohnensaatgut der Leuchtturmbetriebe im Rahmen der bundesweiten Eiweißinitiative

Berlin, 03.11.2016, Hülsenfrüchte Kongress, Berlin: Ackerbauliche Untersuchungen von Praxisschlägen im Rahmen des Soja-Demonstrationsnetzwerks

Berlin, 03.11.2016, Hülsenfrüchte Kongress, Berlin: Ackerbauliche Untersuchungen von Praxisschlägen im Rahmen des Lupinen-Demonstrationsnetzwerks

Berlin, 03.11.2016, Hülsenfrüchte Kongress, Berlin: Ackerbauliche Untersuchungen von Praxisschlägen im Rahmen des Erbse/Bohne-Demonstrationsnetzwerks

Plankstetten, 08.02.2017, Bioland Wintertagung Bayern: Ackerbauliche Erkenntnisse zum Sojaanbau auf 41 Praxisbetrieben in Deutschland

Klipphausen OT Groitzsch, 24.02.2017, Pflanzenbautagung der LfULuG Sachsen: Erfolgreicher Körnerleguminosenanbau

Freising, 08.03.2017, 14. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Posterpräsentation: Praxiserhebungen bei Körnerleguminosen: Ergebnisse zu Unkraut und Bestandesdichte

Rheinstetten-Forchheim, 21.03.2017, LTZ-Veranstaltung Soja anbauen –aktuelle Erkenntnisse aus Forschung und Beratung: Erkenntnisse ackerbaulicher Untersuchungen auf 41 Sojanetzwerk-Praxisbetrieben in 2015 & 2016

Föhrste, 17.05.2017, ABL Feldtag: Vorstellung der ackerbaulichen Auswertung im ErBo-Netzwerk

Mittelsömmern, 15.06.2017, ErBo-Feldtag: Erfolgreicher Körnerleguminosenanbau

Frankenhausen, 22.06.2017, Ökofeldtage: Körnerleguminosenanbau - Untersuchungen auf Praxisbetrieben Blaue Lupine, Erbse, Ackerbohne und Sojabohne

Harsewinkel, 28.06.2017, Lupinen-Feldbegehung: Ackerbauliche Untersuchungen im Lupinennetzwerk - Erste Ergebnisse zur Ertragsentwicklung

Hannover, 13.11.2017, DLG-Forum Agritechnika: Einfluss der Standraumverteilung und Saattiefe von Körnerleguminosen auf Ertrag und Unkrautdruck

Künzell, 21.11.2017, SÖL-Pflanzenbauberatertagung: Aktuelles aus den Körnerleguminosen-Netzwerken

Rastatt, 07.12.2017, Soja-Tagung: Erfolgsfaktoren des Sojaanbaus - Ergebnisse aus Praxisuntersuchungen 2015 – 2016

Seddiner See, 25.01.2018, Veranstaltung wird im Rahmen der modellhaften Demonstrationsnetzwerke Erbse/Bohne, Lupine und Soja „Anbau und Verwertung von Körnerleguminosen in Brandenburg und angrenzenden Bundesländern“: Grundsätze für einen erfolgreichen Körnerleguminosenanbau

Bernburg, 13.06.2018, DLG-Feldtage: Anbau von Körnerleguminosen: Erfolgsfaktoren und Risiken Ergebnisse aus Praxisuntersuchungen

Neuberg Ravolzhausen, 06.09.2018, Hessischer Sojntag: Ertrag und Proteingehalt von Soja - wesentliche Einflussfaktoren in der Praxis

Würzburg, 23.10.2018, Sojntagung 2018: Ackerbauliche Erfolgsfaktoren im konventionellen und ökologischen Soja-Anbau

Nossen, 30.10.2018, Nossener Fachgespräch Leguminosen: Anbau in der Praxis - Ergebnisse der Begleitforschung im Demonetz

Loheland, 21.11.2018, Fachberatertagung „Ökologischer Pflanzenbau“: Darstellung von Ergebnissen aus Praxisuntersuchungen zum Sojaanbau & Unkraut in Öko-Körnerleguminosen - Diskussion von Ergebnissen aus der Praxis

Bad Sassendorf, Haus Düsse, 22.11.2018, 8. Leguminosentag - Neue Trends bei Leguminosen: Körnerleguminosenanbau in der Praxis: Wichtige Faktoren und erfolgreiche Beispiele

Forchheim, 06.12.2018, LTZ Schulung für Berater, Sojaanbau in Deutschland - Fit für die Zukunft!: Faktoren beim Sojaanbau – Diskussion der Ergebnisdarstellung der Praxis

Teltow, 26.01.2019, GFL-Jahrestagung am 16. Januar 2019 „Anbau der Blauen Lupine in der Praxis - Erste, vorläufige Ergebnisse aus vier Untersuchungsjahren“.

Plankstetten, 06.02.2019, Leguminosen-Tag auf der bayerischen Bioland Wintertagung „Leguminosenanbau in der Praxis - Forschungsergebnisse zu Lupine, Erbse, Ackerbohne und Soja“.

Kassel, 07.03.2019, 15. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau „Faktoren des Soja-Ertrages und des Unkrautdrucks in der Praxis“.

Güstrow, 20.11.2019, Lupinen-Konferenz „Anbau von Blauer Lupine – Erfolgsfaktoren in der Praxis“

Eiterfeld - Buchenau, 26.11.2019, Fachberatertagung „ökologischer Pflanzenbau“ „Blaue Lupine – Erfolgsfaktoren in der Praxis“.

Dasing, 04.12.2019, Sojatagung 2019 „Wie Sojaanbau gelingt. Erkenntnisse von 114 Praxisschlägen in den Jahren 2015 bis 2017“.

Warendorf-Freckenhorst, 27.01.2020, Naturland Ackerbautagung Nord-West 2020: Ökoanbau von Körnerleguminosen – wesentliche Faktoren von Ertrag und Qualität

Rauschholzhausen, 04.02.2020, Bioland-Wintertagung Hessen 2020: Ackerbauliche Erfolgsfaktoren im Körnerleguminosenanbau

Online Veranstaltung, 28.10.2020, Praxis trifft Forschung - ein Netzwerk für Erbsen und Bohnen ErBo: Erbse & Ackerbohne – Ergebnisse aus 4 Jahren Praxisuntersuchungen

Online Veranstaltung, 09.02.2022, Bioland-Woche 2022: Herausforderung Körnerleguminose meistern

### **Publikationen:**

Schmidt, H., Voit, B., Killermann, B., 2016: Keimfähigkeit, Triebkraft und Feldaufgangsrate vom Sojabohnensaatgut ausgewählter Betriebe im Rahmen der bundesweiten Eiweißinitiative. In: VDLUFA (Hrsg.): Kongressband 2016 Rostock. VDLUFA-Schriftenreihe 73/2016. VDLUFA-Verlag Darmstadt, S. 587-592.

Schmidt, H., Langanky, L., 2016: Ackerbauliche Untersuchungen von Praxisschlägen im Rahmen des Soja-Demonstrationsnetzwerks. BLE (Hrsg.): Tagungsband Kongress „Hülsenfrüchte – Wegweiser für eine nachhaltigere Landwirtschaft“. BMEL, Bonn, S. 14-16.

Schmidt, H., Langanky, L., 2016: Ackerbauliche Untersuchungen von Praxisschlägen im Rahmen des Lupinen-Demonstrationsnetzwerks. BLE (Hrsg.): Tagungsband Kongress „Hülsenfrüchte – Wegweiser für eine nachhaltigere Landwirtschaft“. BMEL, Bonn, S. 23-25.

Schmidt, H., Langanky, L., 2016: Ackerbauliche Untersuchungen von Praxisschlägen im Rahmen des Erbsen- und Bohnen-Demonstrationsnetzwerks. BLE (Hrsg.): Tagungsband Kongress „Hülsenfrüchte – Wegweiser für eine nachhaltigere Landwirtschaft“. BMEL, Bonn, S. 54-56.

Schmidt, H., Langanky, L., 2017: Praxiserhebungen bei Körnerleguminosen: Ergebnisse zu Unkraut und Bestandesdichte. Wolfrum, S., Heuwinkel, H., Reents, H.J., Wiesinger, K.,

Hülsbergen, K.-J. (Hrsg.): 14. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. Verlag Dr. Köster, Berlin, S. 50-51.

Schmidt, H., Langanky, L., 2017: Erfolgsfaktoren des Sojaanbaus Ergebnisse aus Praxisuntersuchungen 2015-2016. LTZ (Hrsg.): Soja-Tagung 2017, 06.–07.12.2017, Rastatt Tagungsband. LTZ, Karlsruhe, S. 17-19.

Schmidt, H., Langanky, L., 2018: Ackerbauliche Erfolgsfaktoren im konventionellen und ökologischen Soja-Anbau. LTZ (Hrsg.): Soja-Tagung 2017, 23.–24.10.2018, Würzburg, Tagungsband. LfL, Freising, S. 23-25.

Schmidt, H., Langanky, L., 2018: Ackerbauliche Erfolgsfaktoren im konventionellen und ökologischen Soja-Anbau. LTZ (Hrsg.): Soja-Tagung 2017, 23.–24.10.2018, Würzburg, Tagungsband. LfL, Freising, S. 23-25.

Schmidt, H., Langanky, L., Wolf, L., Schätzl, R., 2019: Soja-Anbau in der Praxis. Verlag Dr. Köster, Berlin.

Schmidt, H., Langanky, L., 2020: Lupinen-Anbau in der Praxis. Verlag Dr. Köster, Berlin.

Schmidt, H., Langanky, L. (Hrsg.), 2021: Körnererbsen-Anbau in der Praxis. <https://www.ble-medianservice.de/0522/koernererbsen-anbau-in-der-praxis-ackerbau-oekonomie-oekologisch-konventionell>

Schmidt, H., Langanky, L. (Hrsg.), 2021: Ackerbohnen-Anbau in der Praxis. <https://www.ble-medianservice.de> (an März 2022)

Šišić, A., Baćanović-Šišić, J., Schmidt, H., Finckh, M., 2018: First Report of *Didymella lethalis* Associated with Roots of Pea, Subterranean Clover, and Winter Vetch in Germany, Switzerland, and Italy. *Plant Disease* 102(12)

Šišić, A., Baćanović-Šišić, J., Schmidt, H., Finckh, M.R., 2020: Root Pathogens Occurring on Pea (*Pisum sativum*) and Faba Bean (*Vicia faba*) in Germany. In: Brka M., Omanović-Miklićanin E., Karić L., Falan V., Toroman A. (eds) 30th Scientific-Experts Conference of Agriculture and Food Industry. *AgriConf 2019. IFMBE Proceedings*, vol 78. Springer, Cham.

Šišić, A., Baćanović-Šišić, J., Schmidt, H., Finckh, M.R., 2020: First Report of *Fusarium flocciferum* Causing Root Rot of Pea (*Pisum sativum*) and Faba Bean (*Vicia faba*) in Germany. *Plant Disease*, 104, 283

### **Geplant:**

Artikel für LUMBRICO (Die LOP Edition für den konservierenden Ökolandbau)

Vortrag DLG-Feldtage 2022

Beiträge für die Wissenschaftstagung zum Ökolandbau 2023

Wissenschaftliche Publikationen