

Lupinen-Anbau in der Praxis

Ackerbauliche Ergebnisse zur Blauen Süßlupine
ökologisch & konventionell



Harald Schmidt
Lucas Langanky

Ergebnisse aus einem Projekt im Rahmen der Eiweißpflanzenstrategie des BMEL

Mit freundlichen Grüßen
Überreicht durch die



Bundesanstalt für
Landwirtschaft und Ernährung

Harald Schmidt

Lucas Langanky

Lupinen-Anbau in der Praxis

Ackerbauliche Ergebnisse zur Blauen Süßlupine

ökologisch & konventionell

Ergebnisse aus dem Projekt

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

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



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

Impressum

Autoren:

Dr. Harald Schmidt, Stiftung Ökologie & Landbau
Himmelsburger Straße 95
53474 Bad Neuenahr-Ahrweiler
Tel. 02641 912205, schmidt@soel.de
Lucas Langanky, Stiftung Ökologie & Landbau

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

Erscheinungsjahr: 2020

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

Gedruckte Version im Buchhandel erhältlich:

Verlag Dr. Köster
Friedrichstr. 95
10117 Berlin
www.verlag-koester.de

ISBN 978-3-89574-985-8

Vorwort

Die Blaue Süßlupine (*Lupinus angustifolius*) – oder kurz: Blaue Lupine – ist eine sehr junge Kulturart, die erst seit den 1990er Jahren auf unseren Feldern zu finden ist. Früher wurden vor allem Weiße und Gelbe Lupinen angebaut. Die starke Ausbreitung der Krankheit Anthraknose in den 1990er Jahren hat den Anbau dieser beiden Arten jedoch nahezu zum Erliegen gebracht. Seitdem wird als Süßlupine daher fast ausschließlich die Blaue Lupine kultiviert. Die Anbaufläche der Blauen Lupine schwankte in den letzten 20 Jahren zwischen 20 und 30 Tausend Hektar.

Die in dieser Broschüre dargestellten Ergebnisse beziehen sich nur auf den Anbau der Blauen Lupine.

Die Blaue Lupine ist aufgrund ihres hohen Proteingehalts ein wertvolles Futtermittel. Sie wird aber auch direkt für die Erzeugung von Nahrungsmitteln für die menschliche Ernährung verwendet. Die Ausdehnung des Anbaus der Blauen Süßlupine und anderer Leguminosen hat verschiedene positive Effekte. Zum einen bedeutet der Leguminosenanbau einen Schritt hin zu nachhaltigeren Agrarsystemen, da die Stickstofffixierung in den Knöllchen eine Stickstoffdüngung unnötig macht. Zum anderen trägt der Anbau der Blauen Lupine zum Klimaschutz bei, weil dadurch der Import von Eiweißfuttermitteln vermindert werden kann.

Vor allem auf leichten Böden kann die sinnvoll in die Fruchtfolgen integrierte Blaue Lupine das Kulturartenspektrum erweitern und damit helfen, die Anbaurisiken stärker zu streuen. Gerade in Zeiten größerer Wetterextreme sind vielfältigere Fruchtfolgen eine wichtige Maßnahme für stabile Anbausysteme. Weiterhin bereichert der Anbau der Blauen Lupine die Blütenvielfalt auf dem Acker und ist damit sowohl für die Biodiversität als auch das Landschaftsbild ein wertvoller Beitrag.

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

Wir hoffen, mit dieser Broschüre eine positive Entwicklung des Lupinenanbaus in der Praxis zu unterstützen.

August 2020, das Autorenteam

Inhalt

Weshalb eine Praxisuntersuchung?	1
Was und wo wurde untersucht?.....	1
Wie werden die Ergebnisse dargestellt?	2
Von Standortwahl bis Ernte: Erfolgsfaktoren im Lupinenanbau	3
Standort.....	3
Boden.....	4
Klima	6
Vorbewirtschaftung.....	7
Langjährige Vorbewirtschaftung.....	7
Kurzfristige Vorbewirtschaftung	8
Sortenwahl.....	10
Saat	11
Direkte Unkrautregulierung	14
Herbizideinsatz	14
Mechanische Unkrautregulierung	16
Beregnung.....	17
Krankheiten und Schädlinge	18
Ernte	21
Nicht untersuchte Faktoren	22
Die wichtigsten Einflussfaktoren im Detail	23
Was zeigen die Grafiken?.....	23
Welche Faktoren beeinflussen den Ertrag?	25
Details zum Ertrag.....	25
Übersicht: Wesentliche Faktoren des Ertrags	28
Weitere Faktoren des Ertrags	29
Details zu den Ertragsfaktoren	30
Lupinenwurzeln - Knöllchenbesatz und Schädigungen	30
Wasserversorgung	36
Temperatur.....	38
Bodenbearbeitung.....	39
Saatgut.....	40
Anthraknose	40
Sklerotinia	42
Ungeprüfte mögliche Faktoren des Ertrags	43
Welche Bedingungen hatten keinen nachweisbaren Einfluss auf den Ertrag?.....	44
Boden und Nährstoffe	44
Bewirtschaftung.....	46

Welche Faktoren beeinflussen den Unkrautdruck?.....	49
Details zum Unkraut	49
Übersicht: Wesentliche Faktoren des Unkrautdeckungsgrads.....	51
Weitere Faktoren des Unkrautdeckungsgrads	52
Konventionell	52
Ökologisch.....	53
Details zu den Unkrautfaktoren.....	54
Bestandesdichte und -homogenität	54
Boden	59
Wasserversorgung	59
Knöllchenbesatz der Wurzeln	60
Bodenbearbeitung	60
Direkte Unkrautregulierung.....	61
Ungeprüfte mögliche Faktoren des Unkrautdeckungsgrads	64
Welche Bedingungen hatten keinen nachweisbaren Einfluss auf das Unkraut?...	65
Welche Faktoren beeinflussen den Proteingehalt?	66
Details zum Proteingehalt	66
Übersicht: Wesentliche Faktoren des Proteingehalts	67
Weitere Faktoren des Proteingehalts	68
Details zu den Proteinfaktoren	68
Lupinenwurzeln – Knöllchenbesatz und Schädigungen	68
Bodenwasser.....	69
Temperatur	69
Sortenpotential	70
Bestandesdichte.....	71
Ungeprüfte mögliche Faktoren des Proteingehalts	72
Welche Bedingungen hatten keinen nachweisbaren Einfluss auf Proteingehalt ..	72
Proteinерtrag	73
Ist die Lupine im Gemenge eine Option?	75
Praxisbeispiele	78
Konventionell	78
Ökologisch	80
Übersichten	82
Fazit der Praxisbeispiele	85
Anhang	86
Untersuchungsmethodik.....	86
Online-Informationen und Literaturhinweise.....	89
Autoren	91
Danksagung	92
Bildnachweis.....	93



Weshalb eine Praxisuntersuchung?

In den vergangenen Jahren konnten in Wissenschaft und Praxis bereits zahlreiche Erkenntnisse gewonnen werden, wie sich Blaue Süßlupinen hierzulande erfolgreich anbauen lassen. Warum braucht es also noch eine Praxisuntersuchung?

Das hat folgende Gründe: In wissenschaftlichen Exaktversuchen werden die Effekte einzelner Einflussgrößen meist unter definierten Bedingungen sehr genau bestimmt. Dafür ist aber die Spannbreite der untersuchten Faktoren gering. In Praxisuntersuchungen ist das

anders: Hier sind die Ergebnisse zwar etwas weniger exakt, dafür ist die Anzahl an Faktoren, die geprüft werden, höher. Außerdem werden die Ergebnisse unter Praxisbedingungen gewonnen, was Landwirtinnen und Landwirten einen großen Vorteil für die spätere Umsetzung bietet.

Eine Praxisuntersuchung stellt somit eine ideale Ergänzung zu wissenschaftlichen Exaktversuchen dar. Sie bietet landwirtschaftlichen Betrieben praxistaugliche Erkenntnisse, mit denen sie ihren Anbau verbessern können.

Was und wo wurde untersucht?

Die Untersuchung erfolgte in enger Kooperation mit dem Lupinen-Netzwerk und wurde wie dieses auch im Rahmen der Eiweißpflanzenstrategie der Bundesregierung durchgeführt.

Zwischen 2015 und 2018 wurden auf 27 Betrieben 44 ökologisch und 43 konventionell bewirtschaftete Lupinenschläge untersucht. Der Schwerpunkt lag dabei auf den klassischen Lupinenstandorten Nordostdeutschlands mit leichten Böden. Neben 83 Reinsaatbeständen mit Blauer Süßlupine waren auch vier Gemenge mit Getreide vertreten.

Wichtigstes Ziel war es, die bedeutenden Einflussfaktoren auf den Anbauerfolg zu identifizieren und zu gewichten. Im Fokus standen hier der Ertrag, der Proteingehalt und der für die Praxis wichtige Faktor Unkraut. Details zur Methodik sind im Anhang zu finden (S. 86).



Lage der von 2015 bis 2018 untersuchten Betriebe

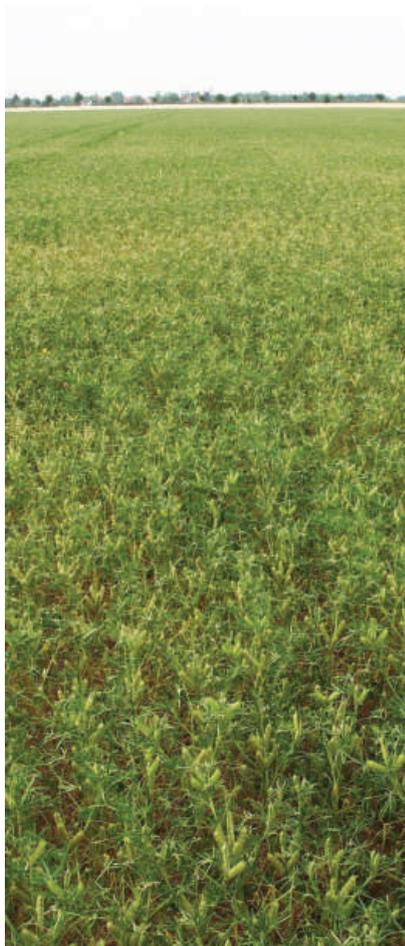
Wie werden die Ergebnisse dargestellt?

Im ersten Teil der Broschüre werden die wichtigsten Ergebnisse zu Erfolgsfaktoren und Knackpunkten des Lupinenanbaus zusammengefasst. Dabei wurde die für Anbauanleitungen übliche Gliederung gewählt, beginnend mit dem Standort bis hin zur Ernte.

Im zweiten Teil sind Übersichten und Details zu den wichtigsten Einflussfaktoren auf die Zielgrößen Ertrag, Unkrautdeckungsgrad und Proteingehalt aufgeführt. Neben der

Beschreibung der Faktoren wird dort auch deren Streubreite dargestellt. Damit besteht die Möglichkeit, die Verhältnisse auf einem konkreten Schlag oder Betrieb einordnen zu können. Die Darstellung macht eine Bewertung der Faktoren und ein Abschätzen der Auswirkungen möglich.

Der dritte Teil enthält einzelne Positiv-Beispiele des Anbaus der Blauen Lupine aus der Praxis.



Anbauregionen: Von Mittelgebirgslagen über Bördenrand bis zu eiszeitlich geprägten Landschaften

Von Standortwahl bis Ernte: Erfolgsfaktoren im Lupinenanbau

Wichtige Ziele im Lupinenanbau sind möglichst hohe Erträge und Proteingehalte bzw. Proteinerträge. Der im Untersuchungszeitraum ermittelte Höchstertrag lag bei 33 dt/ha und der höchste Proteingehalt bei knapp 38 % (in der Trockenmasse). Diese Ergebnisse zeigen das Potential auf, das in der Praxis erreichbar ist. Der Durchschnittsertrag lag mit 17 dt/ha allerdings weit darunter. Beim Protein wurde ein durchschnittlicher Gehalt von 33 % (in der Trockenmasse) erzielt.

Zwischen konventionell und ökologisch angebauten Lupinen gab es weder im Ertrag noch im Proteingehalt absicherbare Unterschiede. Auch die Einflussfaktoren waren meist die gleichen. Im Folgenden werden daher die Ergebnisse nicht nach Anbausystem getrennt dargestellt. Auf die (wenigen) Unterschiede zwischen konventionell und ökologisch wird an entsprechender Stelle eingegangen.



Standort

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

Standortfaktoren:

- ++** Wasserversorgung
- Sandanteil
- Unterboden-Dichtlagerung
- +** Warm nach der Saat
- Hohes Unkrautpotential

Boden

Die Untersuchung zeigte, dass die **Wasserversorgung** einen großen Einfluss auf den Anbauerfolg hatte – insbesondere die im Frühjahr im Boden gespeicherte Wassermenge. Neben der Niederschlagsmenge und dem Temperaturverlauf im Winter waren hierfür vor allem die **Bodenart** und der **Humusgehalt** ausschlaggebend. Je höher der Schluffanteil und der Humusgehalt und umso geringer der Sandanteil der Böden waren, umso größer war die **Bodenwassermenge im Frühjahr**. Das ließ sich oft auch an den Bodenpunkten festmachen. Insgesamt hatte keiner der Böden einen Sandanteil von weniger als 50 % und mehr als 55 Bodenpunkte. Die im Frühjahr ermittelte gesamte Wassermenge bis 90 cm Tiefe lag meist im Bereich von 100 bis 200 l/m².

Eine höhere Bodenwassermenge wirkte meist positiv auf den Knöllchenbesatz an den Wurzeln, den Ertrag und den Proteingehalt. Die gesamte Bodenwassermenge im Frühjahr ist dabei nicht ein Anhaltspunkt für die pflanzenverfügbare Wassermenge, sondern zudem auch ein Maß für die Wasserhaltefähigkeit des Bodens. Böden mit höherer Wasserhaltefähigkeit können z. B. Trockenperioden besser abpuffern.

Verbunden mit hohen Niederschlagsmengen während der Vegetation wirkten feuchte Bodenverhältnisse jedoch zum Teil auch negativ (siehe *Klima*, S. 6).

Insgesamt war der Einfluss einer hohen Wasserversorgung auf Ertragshöhe und Proteingehalt in den meisten Fällen aber positiv .



Schluffiger Lehm; 26 % Sand, 55 % Schluff, 19 % Ton; 2,2 % Humus



Schwach lehmiger Sand; 68 % Sand, 24 % Schluff, 8 % Ton; 1,2 % Humus

Auf sehr leichten und stark wechselnden Böden wurden häufig lückige Lupinenbestände mit erhöhtem Unkrautbesatz und geringen Erträgen beobachtet. Über die Hälfte aller Untersuchungsschläge wiesen einen **Sandanteil** von über 80 % und Bodenpunkte von weniger als 28 auf.

Untersuchungen mit einer Bodensonde ergaben in vielen Fällen sehr dichte Bodenbereiche unterhalb der Bearbeitungstiefe. Da es sich vor allem um sandige Böden handelte, sind die Verdichtungen im Unterboden wahrscheinlich kaum auf Pflugsohleneffekte sondern eher auf die bekannte Neigung von sandigen Böden zur **Dichtlagerung** zurückzuführen.

Solche Unterbodenverdichtungen waren oft mit verstärkt auftretenden Wurzelschädigungen an den Lupinen und damit auch mit geringeren Erträgen verbunden.

Die chemischen Untersuchungsergebnisse der Ackerkrume gaben keine Hinweise auf den Einfluss bestimmter **Nährstoffe** auf Ertrag und Proteingehalt. Keiner der verfügbaren Nährstoffe P, K, Mg, B, Mn, Zn und Cu zeigte ab der Versorgungsstufe B eine wesentliche Wirkung auf den Lupinenertrag. Schläge mit Versorgungsstufe A waren kaum vertreten. Die **pH-Werte** lagen zwischen 4,6 und 6,9. In diesem Bereich konnte auf den Praxisflächen kein deutlicher Effekt auf den Lupinenertrag festgestellt werden.

Nur für den Gehalt an organischer Substanz (Humusgehalt) wurden Effekte beobachtet. Wie bereits erwähnt, hatte der Humusgehalt Einfluss auf die Wasserhaltefähigkeit. Zudem wurde aber auch beobachtet, dass auf Schlägen mit hohem Humusgehalt z.T. die Voraufbauherbizide nur wenig Wirksamkeit zeigten.



Schwach toniger Sand; 86 % Sand, 8 % Schluff, 6 % Ton; 1,3 % Humus



Reiner Sand; 89 % Sand, 7 % Schluff, 4 % Ton; 3,8 % Humus

Klima

Niederschlag

Eine ausreichende Wasserversorgung ist einer der wichtigsten Erfolgsfaktoren im Lupinenanbau. In der vorliegenden Untersuchung führten Trockenphasen besonders auf sehr leichten Böden mit geringer Wasserhaltefähigkeit zu Ertragseinbußen. Im Mittel traten negative Effekte auf, wenn die **Niederschlagsmenge** in der Lupinen-Vegetationszeit unter 200 l/m^2 lag. Die Trockenheit führte auch zu einem geringeren Knöllchenbesatz an den Wurzeln, wodurch der Proteingehalt beeinträchtigt wurde.

Doch auch sehr hohe Niederschlagsmengen hatten zum Teil negative Wirkung. So waren ab 300 bis 400 l/m^2 häufiger erhöhter Unkrautdruck, eine ungleichmäßigere Abreife und ein stärkerer Befall mit Sklerotinia und Anthraknose zu beobachten.

Temperatur

Zwischen Saat und Ernte konnten unterschiedliche Einflüsse der Temperatur beobachtet werden. Am deutlichsten war der Effekt bei der **Saat**: Lag die mittlere **Tages-temperatur** in der Woche vor der Saat unter $12 \text{ }^\circ\text{C}$, sank der Ertrag.

Um das Risiko niedriger Erträge gering zu halten, wird daher empfohlen, die Blaue Lupine in einen gut erwärmten Boden zu säen (siehe *Saat*, S. 11).

Die Untersuchung zeigte weiterhin, dass bei späterer Saat – verbunden mit höheren Temperaturen – die Schädigungen der Lupinenwurzeln zum Ende der Blüte geringer waren.

Besonders hohe **Temperaturen** im späteren Wachstumsverlauf waren hingegen häufig mit einer geringeren Knöllchenaktivität verbunden. Dies führte zu geringeren Erträgen und Proteingehalten und ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass in Phasen hoher Temperaturen meist auch wenig Wasser verfügbar ist.

Hohe Temperaturen in den vier Wochen vor der Ernte hatten einen negativen Einfluss auf den Proteingehalt, vor allem auf Böden mit geringer Wasserhaltefähigkeit. Allerdings ist bei trockenen, warmen Bedingungen vor der Ernte mit einer gleichmäßigeren Abreife und damit günstigeren Erntebedingungen zu rechnen.



Vorbewirtschaftung

Langjährige Vorbewirtschaftung

Die langjährige Bewirtschaftung, das heißt Fruchtfolge, Düngung, Bodenbearbeitung und Unkrautregulierung über die letzten 10 Jahre, war von Schlag zu Schlag sehr verschieden. Dennoch konnten keine deutlichen Effekte festgestellt werden. Das heißt, weder durch

- konventionelle oder ökologische Bewirtschaftung,
- unterschiedlich hohe Anteile von Hackfrüchten, Leguminosen, Zwischenfrüchten, etc. in der Fruchtfolge,
- verschiedene Bodenbearbeitungssysteme oder
- unterschiedliches Düngungsmanagement

wurde der Ertrag und der Proteingehalt der Lupine beeinflusst.

Auf ca. 40 % der Schläge wurde schon vor dem Untersuchungszeitraum Lupine angebaut – in Abständen von 4 bis 9 Jahren. Ein Effekt auf den Ertrag, den Proteingehalt oder die Wurzelgesundheit war aber auch hier nicht zu erkennen.



Langjährige Vorbewirtschaftung:

Keine deutlichen Effekte auf Ertrag und Proteingehalt

- Hoher Unkrautdruck

Bedeutenden Einfluss auf den Lupinenertrag hatte aber der **Unkrautdeckungsgrad**. Aus den erhobenen Daten konnten zwar keine deutlichen Einflüsse der langjährigen Bewirtschaftung auf den Unkrautdruck ermittelt werden. Es ist jedoch bekannt, dass besonders Einzelereignisse in der Schlagvorgeschichte den Unkrautbesatz deutlich beeinflussen können. So kann z. B. eine missglückte Unkrautregulierung zu einem hohen Unkrautbesatz und zum Aussamen führen. Das Samenpotential im Boden kann dann noch Jahre später zu einem hohen Unkrautdruck beitragen.

Wegen der relativ geringen Konkurrenzkraft der Lupine sollten vor allem bei ökologischer Bewirtschaftung keine Standorte mit besonders hohem Unkrautpotential gewählt werden.

Fläche mit extrem hohem Unkrautdruck, vor allem Weißer Gänsefuß

Kurzfristige Vorbewirtschaftung

Die Bewirtschaftung zwischen Vorfruchternte und Lupinensaat variierte bei den Untersuchungsschlägen in einem weiten Bereich. Den deutlichsten Einfluss auf den Anbauerfolg der Lupine hatte dabei die Bodenbearbeitung.

Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass sich eine tiefe **Stoppelbearbeitung** positiv auf den Ertrag auswirkt. Ab einer Bearbeitungstiefe von 10 cm wurden mit zunehmender Tiefe höhere Lupinerträge gemessen. Die maximale Bearbeitungstiefe lag bei 20 cm.

Noch ungeklärt ist, warum bei fehlender oder sehr flacher Stoppelbearbeitung im Vorjahr der Unkrautdruck etwas geringer als bei tiefer Bearbeitung war. Diese Beobachtung widerspricht vielen Praxiserfahrungen und auch anderen Versuchsergebnissen.

Kurzfristige Vorbewirtschaftung:

- + Tiefe Lockerung bei Stoppel- und Grundbodenbearbeitung
- + Zwischenfruchtanbau

Auch bei der **Grundbodenbearbeitung** scheint vor allem die Bearbeitungstiefe einen Effekt auf den Lupinertrag zu haben. Auf den untersuchten Schlägen variierte die Tiefe der Grundbodenbearbeitung in einem weiten Bereich von 8 bis 32 cm. Es zeigte sich: je tiefer gearbeitet wurde, umso höher waren die Erträge. Allerdings nur bis zu einer Tiefe von 25 cm. Eine tiefere Bearbeitung zeigte keinen Effekt.

Die Wahl des Gerätes – Pflug oder Grubber – hatte dagegen keinen belegbaren Einfluss auf die Entwicklung der Lupine. Auch der Termin der Grundbodenbearbeitung – im Herbst, Winter oder Frühjahr – zeigte keine Auswirkungen.



Ebenso wie bei der Stoppel- und Grundbodenbearbeitung war auch bei der letzten **Bodenbearbeitung vor der Saat** die Bearbeitungstiefe entscheidend. Dabei wurde ohne Berücksichtigung des Geräts der letzte von der Saat unabhängig Bearbeitungsgang ausgewertet. Die Spannweite auf den Untersuchungsflächen war mit 2 bis 30 cm sehr groß. Sowohl die Auflaufrate als auch die Gleichmäßigkeit des Bestandes waren bei einer tieferen Bodenbearbeitung vor der Saat besser. Auf einigen konventionellen Schlägen war der Unkrautdruck in den Lupinen geringer, wenn vor der Saat eine tiefe Bodenbearbeitung erfolgte (20 bis 30 cm).

Bei ca. 20 % der untersuchten Öko-Lupinenbestände wurde vor der Saat ein „**Falsches Saatbett**“ angelegt. Dabei folgt auf eine relativ frühzeitige Saatbettbereitung eine flache zweite Bearbeitung, sobald die Unkräuter aufgelaufen sind. Ein deutlicher Einfluss auf den Unkrautdeckungsgrad im Lupinenbestand war dadurch jedoch nicht zu erkennen.

Noch unklar ist der scheinbare Effekt von **Strohdüngung** und **Zwischenfruchtanbau** auf die Wurzelgesundheit der Lupine. Bei beiden

Maßnahmen wurden etwas geringere Wurzelschäden festgestellt. Da Schäden an den Wurzeln häufig mit einer reduzierten Anzahl an Knöllchen zusammenhängen, ist dieser Faktor ertragsrelevant. Ob und wie Strohdüngung und Zwischenfrüchte die Wurzeln der Lupine beeinflussen, muss jedoch noch weiter untersucht werden.

Auf 18 % der konventionellen Schläge wurde im Zeitraum zwischen Ernte der Vorfrucht und der Lupinensaat ein **Totalherbizid** angewendet (Glyphosat). Auswirkungen auf den Unkrautdeckungsgrad in den Lupinen waren nicht erkennbar.

Auch die verschiedenen **Düngungsmaßnahmen** vor der Lupinensaat zeigten keine deutlichen Ertragseffekte.

Die Menge an verfügbarem Stickstoff im Boden kurz vor der Saat wies zwar eine sehr große Spannweite auf (10 bis 140 kg N_{min}/ha in 0 bis 90 cm). Auswirkungen auf den Ertrag und Proteingehalt der Lupine zeigten sich jedoch nicht. Zahlreiche andere Untersuchungen kommen ebenfalls zu dem Ergebnis, dass es keine positiven Effekte einer Stickstoffdüngung auf die Ertragsbildung von Körnerleguminosen gibt.

Sortenwahl

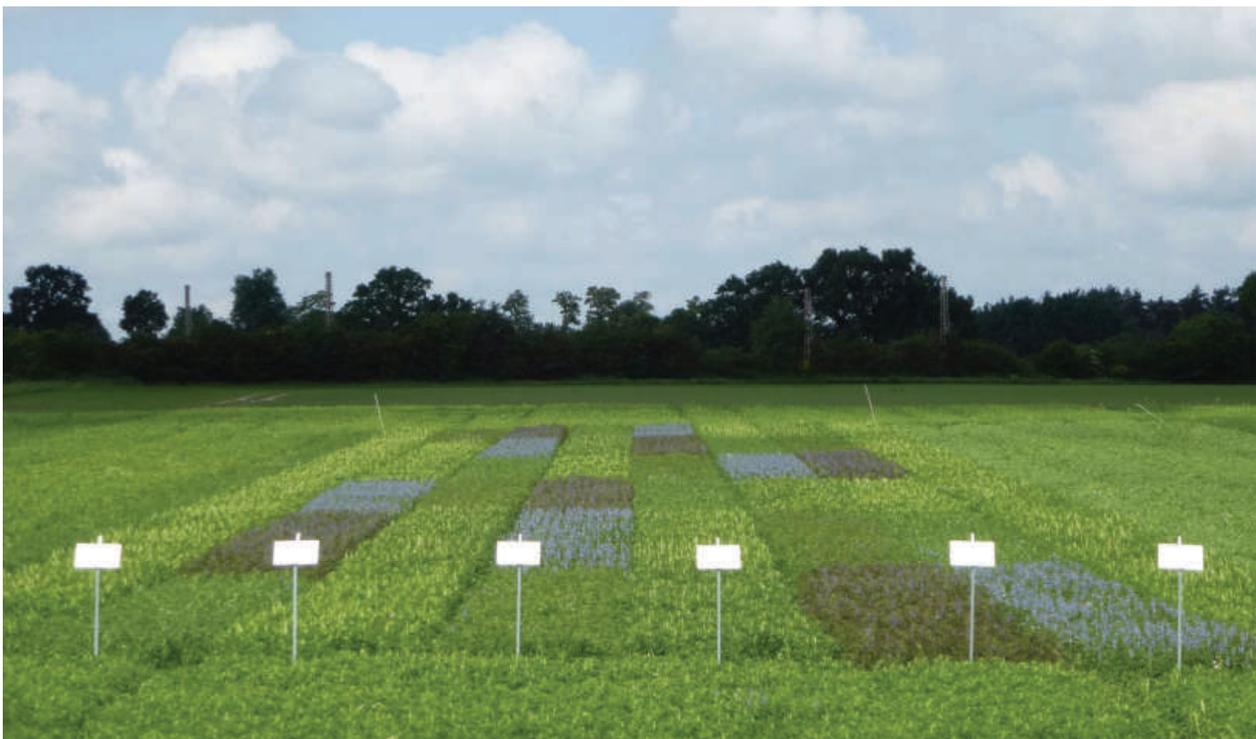
Insgesamt wurden in den Jahren 2015 bis 2018 auf den Untersuchungsschlägen 8 verschiedene Sorten der Blauen Lupine angebaut. Die verzweigende Sorte 'Boregine' war mit der Hälfte der Schläge sehr dominant, gefolgt von der endständigen Sorte 'Boruta' mit 18 %. Meist wurden Verzweigungstypen angebaut, nur zu 27 % endständige Sorten.

Endständige Sorten werden als besser geeignet für feuchte Standorte beschrieben. Sie sollen weniger stark zu Wiederaustrieb und ungleichmäßiger Abreife neigen als verzweigende Sorten. Bei den untersuchten Praxis-schlägen war eine standortspezifische Sortenwahl durch die Betriebe nicht zu erkennen. Auch traten bei beiden Wuchstypen ähnlich viele Fälle mit ungleichmäßiger Abreife auf.

Sorten:

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

Im Unterschied zu den Ergebnissen aus Landessortenversuchen war in der Praxisuntersuchung kein deutlicher Sorteneffekt auf die **Erträge** festzustellen (siehe auch S. 47). Beim **Proteingehalt** hingegen zeigten sich die mittleren Sortenunterschiede auch in der Praxis (siehe auch S. 70).



Saat

Bestandesdichte

Die Bestandesdichte ist einer der wichtigsten Faktoren in Bezug auf den Lupinenertrag – sowohl direkt als auch indirekt durch die Unkrautwirkung. Im Gegensatz zu Erbse, Ackerbohne und Sojabohne kann die Blaue Lupine geringe Bestandesdichten nur schlecht durch einen höheren Hülsenansatz ausgleichen. Bei den untersuchten Lupinenbeständen nahm der Ertrag bis 100 Pflanzen/m² mit steigender Bestandesdichte zu. Eine steigende Unkrautunterdrückung wurde bis 90 Pflanzen/m² festgestellt. Höhere Bestandesdichten hatten keine großen Effekte auf Ertrag und Unkraut. Deutliche Unterschiede zwischen endständigen und verzweigenden Lupinensorten waren nicht nachzuweisen.

Als Ziel sollten im Lupinenanbau mindestens 100 Pflanzen/m² angepeilt werden. Zu hohe Bestandesdichten können jedoch kritisch werden, da sie in feuchten Lagen bzw. in feuchten Jahren das Auftreten von **Sklerotinia** begünstigen. Außerdem nehmen ab 100 Pflanzen/m² mit zunehmender Bestandesdichte zum Teil auch die Proteingehalte ab.

Saat:

- ++ Ziel: min. 100 Pfl./m²
- ++ Berücksichtigung von Keimfähigkeit o. Triebkraft
- ++ Bestmögliche Aussaatbedingungen (Boden und Technik)
- + Saat in warmen Boden
- + Z-Saatgut

In Anbauanleitungen werden als **Aussaatstärke** für Verzweigungstypen 90 bis 100, für endständige Typen 90 bis 120 keimfähige Körner/m² empfohlen. Bei den meisten Untersuchungsschlägen lagen die angegebenen Aussaatstärken in diesen Bereichen. Dennoch variierte die Anzahl Pflanzen in den Lupinenbeständen sehr stark – zwischen 13 und 140 Pflanzen/m² – und lag im Mittel nur bei 83 Pflanzen/m².



Bestandesdichte 50 Pflanzen/m²



Bestandesdichte 130 Pflanzen/m²

Von Standortwahl bis Ernte: Erfolgsfaktoren im Lupinenanbau

Um die angestrebten Bestandesdichten realisieren zu können, müssen bei der Aussaatstärke die **Keimfähigkeit** und das **Tausendkorngewicht** berücksichtigt werden. Bei schwierigen Saatbedingungen ist der Kalttestwert (Triebkraft; Keimfähigkeitstest unter erschwerten Bedingungen) besser geeignet als die Keimfähigkeit. Optisch auffällige Saatgutchargen sollten in jedem Fall vor der Saat einem Keimfähigkeitstest unterzogen werden. Weiterhin ist es notwendig, auch mögliche zukünftige Pflanzenverluste – z. B. durch mechanische Unkrautregulierung – einzukalkulieren.

Sorgfalt bei der **Saatbettbereitung**, dem **Einstellen der Drillmaschine** und der **Aussaat** sind weitere wichtige Voraussetzungen für eine erfolgreiche Bestandesetablierung. Dabei spielt die **Saattiefe** eine besondere Rolle: Empfohlen werden 2 bis 4 cm. Wichtig ist zudem, dass das Saatgut gleichmäßig tief abgelegt wird (siehe auch *Bestandeshomogenität*). Bei einzelnen Praxisschlägen lag die mittlere Saattiefe zwischen 6 und 7 cm. Diese sehr tiefe Saat war mit einem deutlich schlechteren Feldaufgang verbunden.

Bestandeshomogenität

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

Wie bei allen Körnerleguminosen ist die Ablage der Saatgutkörner in gleichmäßigem Abstand für die meisten **Drillmaschinen** eine Herausforderung. Deshalb ist es sehr wichtig, die vorhandene Technik optimal einzustellen. Besonders eine ungleichmäßige **Saattiefe** ergab häufig ungleichmäßige Bestände. Allerdings haben auch Standortbedingungen und Schädigungen der Pflanzen zu ungleichmäßigen Beständen beigetragen – z. B. sehr leichte oder stark wechselnde **Böden** bzw. Fraßschäden durch **Blattrandkäferlarven** an den Wurzeln oder **Wild** am Spross.



*Bestandesdichte 90 Pflanze/m²;
ungleichmäßige Verteilung der Pflanzen*



*Bestandesdichte 105 Pflanzen/m²;
gleichmäßig Verteilung der Pflanzen*

Saatgutkategorie

Einen direkten Einfluss auf den Ertrag hatte die verwendete Saatgutkategorie. Im Durchschnitt lag der Ertrag bei Verwendung von Z-Saatgut 2,5 dt/ha über dem von Nachbauseaatgut. Basis-Saatgut unterschied sich hingegen nicht von Z-Saatgut. Außerdem wurden beim Einsatz von Nachbauseaatgut zum Ende der Lupinenblüte mehr Wurzelschäden festgestellt. Auf knapp zwei Dritteln der Untersuchungsschläge wurde Z-Saatgut ausgebracht, etwa ein Viertel der Schläge wurde mit Nachbauseaatgut bestellt und 12 % der Bestände dienten zur Saatgutvermehrung.

Eigene Saatgutuntersuchungen zu Keimfähigkeit, Triebkraft und Krankheitsbesatz erbrachten keine deutlichen Unterschiede zwischen den einzelnen Kategorien.

Impfung

Bei fast der Hälfte der untersuchten Lupinenbestände wurde das Saatgut vom Betrieb mit Knöllchenbakterien (Rhizobien) geimpft. Die Impfung hatte im Mittel nur einen geringen positiven Einfluss auf den Knöllchenbesatz und die Knöllchenaktivität und damit auf den Ertrag. Es kann somit davon ausgegangen werden, dass auf den meisten Untersuchungsschlägen die für die Lupine notwendige Rhizobien-Art schon im Boden vorhanden war und für die Knöllchenbildung ausreichte. Ob in den vorangegangenen 10 Jahren bereits Lupinen angebaut wurden, hatte darauf keinen Einfluss. In Anbauanleitungen wird bei einer Anbaupause von über 8 Jahren eine Impfung empfohlen.

Der Vergleich mit ungeimpftem Saatgut ergab in der Untersuchung für geimpftes Saatgut eine im Mittel 10 % niedrigere Auflauftrate. Dies sollte bei der Aussaatmenge beachtet werden.

Saattermin

In Anbauanleitungen zur Blauen Lupine wird eine Saat in möglichst gut erwärmten Boden empfohlen. Auch in der vorliegenden Praxisuntersuchung konnte ein erheblicher Einfluss der Temperatur zur Saat bestätigt werden (siehe *Klima*, S. 6). Mit der Wahl des Saattermins kann also die Chance auf einen zufriedenstellenden Ertrag erhöht werden. In den Jahren 2015 bis 2018 wiesen besonders die 30 % im März gesäten Lupinenbestände mit durchschnittlich nur 6° C in der Woche vor der Saat ungünstige Bedingungen auf.

Fazit: Die Praxisuntersuchung konnte zeigen, dass auf vielen Betrieben eine Optimierung der Aussaat zu großen Ertragssteigerungen führen kann.



Lupinensaatgut vor und nach der Einmischung von Impfmateriale

Direkte Unkrautregulierung

Der Unkrautdruck in den untersuchten Lupinenbeständen war einer der wichtigsten Faktoren für die Ertragsbildung. Je höher der Unkrautdeckungsgrad zum Ende der Lupinenblüte war, desto niedriger fiel der Ertrag aus. Bei extrem hoher Verunkrautung wurden in einzelnen Fällen auch geringere Proteingehalte gemessen.

Obwohl Unkraut im konventionellen und ökologischen Anbau sehr unterschiedlich reguliert wird, war im Mittel kein großer Unterschied im Unkrautdeckungsgrad zwischen den beiden Bewirtschaftungssystemen zu erkennen.

Unkrautregulierung:

Konventionell

+ Mittelkombination

Ökologisch

+ Effektives Striegeln

Herbizideinsatz

Auf fast allen konventionellen Schlägen erfolgte zur Unkrautregulierung der einmalige Einsatz eines **Vorauf-laufherbizids**. Dabei wurden insgesamt drei **verschiedene Präparate** eingesetzt – pur oder in Kombination. Am häufigsten waren Mittel mit den Wirkstoffen S-Metolachlor und Terbutylazin vertreten. Bei der Kombination der beiden Mittel mit den Wirkstoffen S-Metolachlor, Terbutylazin und Prosulfocarb sowie der Kombination aller drei Mittel (+ Pendimethalin) traten keine Fälle mit einem Unkrautdeckungsgrad über 10 % auf. Bei den anderen Kombinationen und der Anwendung einzelner Mittel gab es jeweils einige Schläge mit höherem Unkrautdeckungsgrad. Auf 3 von 43 konventionellen Flächen wurde keine direkte Unkrautregulierung durchgeführt, in 2 dieser Fälle lag der Unkrautdeckungsgrad am Ende der Lupinenblüte über 20 %. Insgesamt scheint beim

Einsatz von Mittelkombinationen das Risiko hoher Verunkrautung am geringsten zu sein. Welche Mittel aktuell zugelassen sind muss natürlich vor jedem Einsatz geprüft werden.

Nur in einzelnen Beständen wurde im Nachauflauf ein Gräserherbizid eingesetzt (Fluazifop-P). Ein Einfluss auf die Verunkrautung konnte nicht geprüft werden.

Insgesamt wurde auf einem Viertel der konventionellen Schläge zum Ende der Lupinenblüte ein Unkrautdeckungsgrad von über 20 % festgestellt. In einzelnen Fällen führten die Betriebe die schlechte Wirkung des Vorauf-laufherbizids auf trockene Boden- bzw. Witterungsbedingungen oder hohe Humusgehalte zurück. Mit den erhobenen Daten war es jedoch nicht möglich, die Ursachen eindeutig zu klären.



Einsatz eines Voraufherbizids nach der Lupinensaat

Mechanische Unkrautregulierung

Auf den ökologisch bewirtschafteten Lupinenschlägen wurden verschiedene Maßnahmen zur mechanischen Unkrautregulierung durchgeführt. Der **Striegel** wurde auf 90 % der Schläge eingesetzt und war damit das am häufigsten verwendete Gerät. Auf 40 % der Schläge wurde blind, d. h. vor dem Auflaufen der Lupine, gestriegelt. Der Verzicht auf eine direkte Unkrautregulierung oder der Einsatz einer **Maschinenhacke** kamen nur in einzelnen Fällen vor. Im Durchschnitt wurden 2 bis 3 Maßnahmen durchgeführt, maximal bis zu 6.

Die Ergebnisse zeigen nur eine leichte Tendenz, dass bei häufigerer mechanischer Unkrautregulierung der Unkrautdeckungsgrad zum Ende der Lupinenblüte geringer war. In den wenigen Beständen mit Einsatz der Maschinenhacke lag der Unkrautdeckungsgrad meist auf niedrigem Niveau.

In einigen Fällen konnte ein hoher Unkrautdeckungsgrad mit einem sehr späten ersten Striegeln oder sehr großen Abständen zwischen den einzelnen Striegelgängen in Verbindung gebracht werden. Bekanntermaßen ist eine Bekämpfung von Unkräutern erfolgreicher, wenn das Striegeln möglichst früh nach der Keimung erfolgt.

Bei einzelnen Beständen wurden bei unebenem Saatbett und ungleichmäßiger Saattiefe erhöhte Lupinenverluste durch das Striegeln beobachtet. Meist verbunden mit einem hohen Unkrautdeckungsgrad zum Ende der Blüte – ein weiteres Argument für eine sorgfältige Saat.

Zwischen Beständen mit und ohne Blindstriegeln war kein Unterschied im Unkrautdeckungsgrad zu beobachten.

Trotz der großen Unterschiede in der Häufigkeit der Striegelanwendungen waren die Effekte auf den Unkrautdeckungsgrad zum Ende der Lupinenblüte kaum nachzuweisen. Das kann verschiedene Ursachen haben, z. B.:

- große Unterschiede im Unkrautdruck zwischen den Schlägen,
- dem Unkrautdruck angepasste Häufigkeit der Striegeldurchgänge,
- große Unterschiede in der Qualität und im Wirkungsgrad der Striegelmaßnahmen.

Diese Punkte konnten in der Praxis nicht untersucht werden. Eine Vielzahl von wissenschaftlichen Versuchen und praktischen Erfahrungen zeigen jedoch, dass die mechanische Unkrautregulierung sehr wirksam sein kann. Vor diesem Hintergrund muss trotz der Auswertungsergebnisse auf die **große Bedeutung** einer funktionierenden **direkten Unkrautregulierung** beim ökologischen Lupinenanbau hingewiesen werden. In vielen Fällen schien besonders bei der Effektivität der mechanischen Regulierung noch ein Optimierungspotential zu bestehen. Insgesamt wurde auf einem Drittel der ökologisch bewirtschafteten Schläge zum Ende der Lupinenblüte ein Unkrautdeckungsgrad von über 20 % festgestellt.



Striegeln und Hacken in Beständen mit Blauer Lupine

Beregnung

Im Kapitel *Standort* wurde schon auf die große Bedeutung einer ausreichenden Wasserversorgung für die Ertragsbildung der Lupine hingewiesen. Nur ein kleiner Teil der untersuchten Betriebe hatte die Möglichkeit einer Beregnung. Insgesamt wurden in den vier Untersuchungsjahren 2015 bis 2018 nur 17 % der Lupinenschläge bewässert. Die Beregnungsmengen wurden der Witterung angepasst und lagen zwischen 20 und 70 l/m², zum

Teil in mehreren Gaben. Im Mittel lag der Ertrag der beregneten Bestände fast 4 dt/ha über den nicht beregneten. Besonders die Erfahrungen aus den Trockenjahren 2018 und 2019 zeigen, dass eine Beregnungsmöglichkeit die Chancen auf zufriedenstellende Erträge deutlich steigert.

Krankheiten und Schädlinge

Schädigungen an den Wurzeln hatten einen großen Einfluss auf die Entwicklung und Ertragsbildung der Lupine. Nur ein Viertel der untersuchten Bestände wies zum Ende der Blüte gesunde bzw. kaum geschädigte Wurzeln auf. Bei einem Drittel waren starke Schäden zu verzeichnen. Die **Wurzelschäden** hatten einen stark negativen Effekt auf die Knöllchenzahl und die Knöllchenaktivität. Weiterhin ist davon auszugehen, dass geschädigte Wurzeln darüber hinaus auch in ihrer Wasser- und Nährstoffaufnahme beeinträchtigt waren.

Die Ursachen der Schädigungen konnten nicht für jeden Fall exakt bestimmt werden. Einen großen Einfluss hatten aber die **Larven des Lupinenblattrandkäfers**.

Krankheiten und Schädlinge:

- Wurzelschäden, v.a. durch Larven des Blattrandkäfers
- Wildfraß
- selten Anthraknose- oder Sklerotinia-Befall

Die im Frühjahr von den Käfern (*Sitona* spp.) in den Boden gelegten Eier hatten sich bis Ende der Blüte zu deutlich sichtbaren Larven entwickelt. Deren Fraß, vor allem an den Knöllchen, wurde oft beobachtet. Ein deutlicher Zusammenhang vom Ausmaß des Blattfraßes der Käfer im Frühjahr und der Wurzelschädigung war nicht zu erkennen.

Derzeit wird an der Universität Rostock an Strategien zur Kontrolle des Lupinenblattrandkäfers gearbeitet, sowohl für konventionelle als auch ökologische Bewirtschaftung (S. 89).



Blattrandkäferlarve (*Sitona* spp.) in einem Knöllchen an einer Lupinenwurzel;
oben: adulter Käfer

Oft waren auch **pilzliche Erreger** an den Wurzelschäden beteiligt. Die Symptome und Untersuchungen von Stichproben wiesen meist auf nichtspezifische Bodenpilze hin, wie z. B. Wurzeltötterkrankheit (*Rhizoctonia solani*) und Schwarze Wurzelfäule (*Thielaviopsis basicola*). Es ist wahrscheinlich, dass der Fraß der Blattrandkäferlarven die Infektion von Wurzeln mit Pilzkrankheiten fördert.

Bei wärmeren Bedingungen zur Saat – und damit guten Auflaufbedingungen – wurden im Mittel etwas weniger Wurzelschädigungen festgestellt. Dies spricht auch aus Sicht der Pflanzengesundheit für eine nicht zu frühe Saat (siehe *Saat*, S. 11). In wenigen Fällen wurde auf konventionellen Flächen gebeiztes Saatgut eingesetzt. Dort wurden seltener starke Wurzelschäden beobachtet. Ein Einfluss der Fruchtfolge auf die Wurzelgesundheit konnte nicht nachgewiesen werden.



Links: gesunde Wurzel mit Knöllchen, Querschnitt mit roten, aktiven Knöllchen;
rechts: stark geschädigte Wurzel ohne aktive Knöllchen

Von Standortwahl bis Ernte: Erfolgsfaktoren im Lupinenanbau

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

Wildfraß, z. B. durch Rehe oder Dammwild, führte in einzelnen Fällen zu deutlichen Schäden im Bestand und zu erheblichen Ertrags-einbußen. Dies sollte bei der Standortwahl berücksichtigt werden.

Zum Ende der Lupinenblüte wurden bei 22 % der untersuchten Bestände Symptome von **Sklerotinia** ermittelt. Meist waren aber nur wenige Einzelpflanzen befallen. In 4 % der Bestände trat ein stärkerer, wahrscheinlich deutlich ertragsmindernder Sklerotiniabefall auf.

Ein erhöhtes Sklerotiniarisiko wird allgemein vor allem bei der Kombination von feuchtem Standort bzw. feuchter Witterung und deutlichem Sklerotiniabefall einer Kultur in der Vorfruchtgeschichte gesehen.

Die Blaue Lupine ist zwar deutlich toleranter gegenüber **Anthraknosebefall** als z. B. Gelbe und Weiße Lupine, resistent ist sie jedoch nicht. Im Untersuchungszeitraum wurden nur selten Anthraknosesympptome beobachtet. Meist waren dabei nur geringfügige Schäden an einzelnen Pflanzen sichtbar. In zwei der 83 untersuchten Bestände war der Befall jedoch so stark, dass die Erntewürdigkeit infrage gestellt wurde. Beide Fälle traten im relativ feuchten Jahr 2017 auf.

Zur Vermeidung von Ertragseinbußen durch Anthraknose sollte besonders auf die Saatgutgesundheit geachtet werden. Bei Nachbau ist die Symptommfreiheit des Bestandes Voraussetzung. Schon ein geringer Besatz am Saatgut kann bei feuchtwarmer Witterung einen schweren Befall auslösen.



Starker Anthraknosebefall



Sklerotiniabefall an Lupinenstängel

Ernte

Der Praxisdrusch der Lupine wurde in diesem Projekt nicht direkt untersucht. Der Vergleich vom Druschertrag mit dem Handernteertrag in den Messparzellen erlaubte unter Berücksichtigung der Erntebedingungen aber Rückschlüsse auf einzelne Faktoren.

Bestände, die zur Ernte komplett die **Totreife** erreichten, wiesen häufig einen etwas höheren **Proteingehalt** auf. Bei der Ernte ungleichmäßig abreifender Lupinen lag der Proteingehalt dagegen oft etwas niedriger.

In sehr reifen Beständen wurde jedoch besonders bei heißer, trockener Witterung vermehrtes **Hülsenplatzen** beobachtet. Eine Bestimmung des Ertragseffekts war bei dieser Untersuchung nicht möglich, von negativen Auswirkungen auf die Ertragsausbeute ist aber auszugehen.

Unter **wechselnd feuchten Bedingungen** trat häufig eine **ungleichmäßige Abreife** bzw. sogar ein **Wiederaustrieb** der Lupinenpflanzen auf. Wie stark sich dieser Effekt auf den

Ernte:

- Ungleichmäßige Abreife
- Hülsenplatzen

Ertrag auswirkt, konnte nicht ermittelt werden.

Auf circa einem Viertel der konventionellen Schläge wurde vor der Ernte eine Sikkation, d. h. ein Abtöten des Bestandes (Glyphosatbehandlung), durchgeführt. Dies war im Durchschnitt mit einer etwas höheren Ertragsausbeute verbunden. Ob aktuell Mittel für die Sikkation von Blauer Lupine zugelassen sind muss vor einem Einsatz geklärt sein.

Insgesamt wären bei der Blauen Lupine Sorten mit einer gleichmäßigeren Abreife auch unter schwierigen Witterungsbedingungen sowie einer größeren Festigkeit gegen Hülsenplatzen wünschenswert.



Hülsenplatzen



Ungleichmäßige Abreife

Nicht untersuchte Faktoren

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

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



Die wichtigsten Einflussfaktoren im Detail

In den folgenden Kapiteln werden Details zum **Ertrag**, dem **Unkrautdeckungsgrad** und dem **Proteingehalt** sowie zu deren Einflussfaktoren

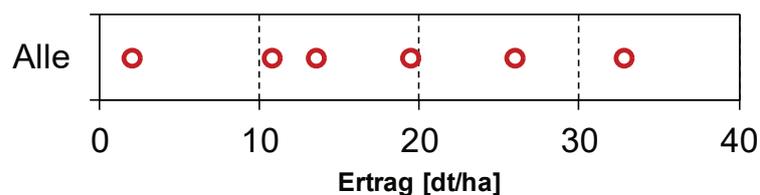
auf den untersuchten Lupinenschlägen in den Jahren 2015 bis 2018 dargestellt.

Was zeigen die Grafiken?

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

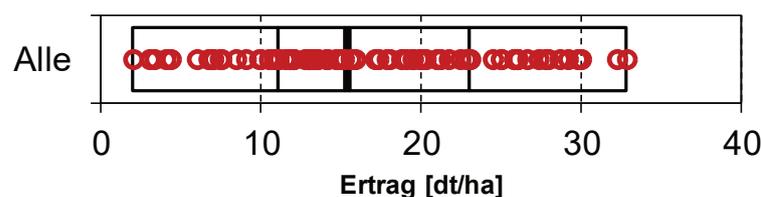
haben auf meinem Betrieb besonders großen Einfluss? Und an welchen Schrauben muss ich drehen, um den Lupinenanbau zu optimieren?

Will man die Streubreiten von nur wenigen Lupinenbeständen darstellen, sind Punktgrafiken sehr übersichtlich. Hier ein Beispiel einer solchen Punktgrafik für den Lupinenertrag von 6 Praxischlägen:



Würde man aber die Erträge aller 82 geernteten reinen Lupinenbestände auf diese Weise darstellen, würde die Punktgrafik schnell unübersichtlich. Deshalb haben wir die Punkte

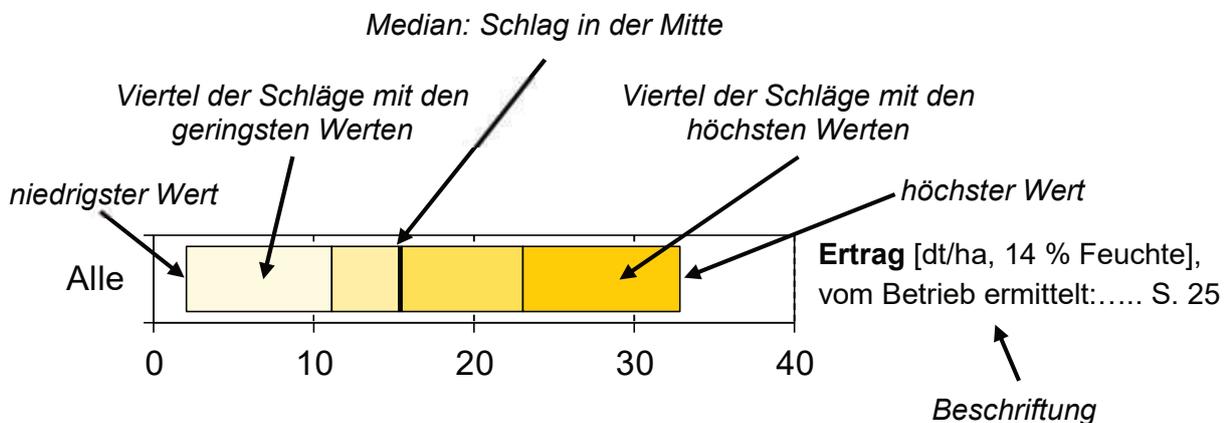
zu je einem Viertel zusammengefasst, so dass in jedem Kästchen jetzt die Ertragsergebnisse von ca. 21 Beständen enthalten sind:



Die wichtigsten Einflussfaktoren im Detail

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

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



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

1. Viertel der Schläge: 2 bis 11 dt/ha

2. Viertel der Schläge: 12 bis 15 dt/ha

Median (mittlerer Schlag bei Sortierung nach Ertrag): konv. 15 dt/ha

3. Viertel der Schläge: 15 bis 23 dt/ha

4. Viertel der Schläge: 23 bis 35 dt/ha

Die Balkenfarben haben folgende Bedeutung:

Gelb für Ertrag und Proteingehalt

Grün für positiv wirkende Faktoren

Rot für negativ wirkende Faktoren

Blau für andere Parameter

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

●●● hohe Bedeutung

●● mittlere Bedeutung

● weniger große Bedeutung

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

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

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

Welche Faktoren beeinflussen den Ertrag?

Konventionell und ökologisch bewirtschaftete Schläge wurden in der vorliegenden Untersuchung gemeinsam ausgewertet. Die Faktoren wirkten in beiden Systemen sehr ähnlich auf den Ertrag.

Alle dargestellten Ertragszahlen beziehen sich auf die Praxis-Druscherträge.

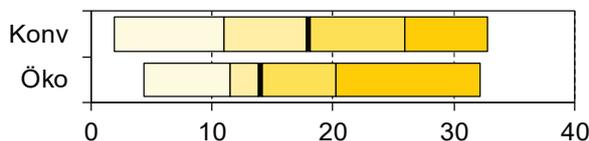
Bei der statistischen Auswertung wurden fünf der 87 Schläge ausgeschlossen, vier mit Blauer

Lupine im Gemenge mit Getreide und ein Totalausfall (S. 40). Berücksichtigt wurden somit 43 konventionelle und 39 ökologische Lupinenbestände.

Mit den auf Seite 28 dargestellten zehn wichtigsten Ertragsfaktoren konnten 71 % der Ertragsunterschiede erklärt werden.

Details zum Ertrag

In den Jahren 2015 bis 2018 lag der Höchstertrag von insgesamt 82 Schlägen mit Blauer Lupine bei 33 dt/ha. Dieses Ergebnis zeigt das Ertragspotential auf, das unter den gegebenen Standortbedingungen in der Praxis erreichbar ist.



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

Bei konventionellem Anbau wurden im Durchschnitt ca. 2 dt/ha mehr geerntet als im Ökolandbau. Der geringere Ertrag im Ökolandbau ist vor allem auf den durchschnittlich etwas höheren Unkrautdruck in den Öko-Beständen zurückzuführen (S. 49). Aufgrund der großen Streuung der Ertragszahlen in beiden Systemen war dieser Unterschied jedoch statistisch nicht absicherbar.



Die wichtigsten Einflussfaktoren im Detail

Komponenten des Lupinenertrags

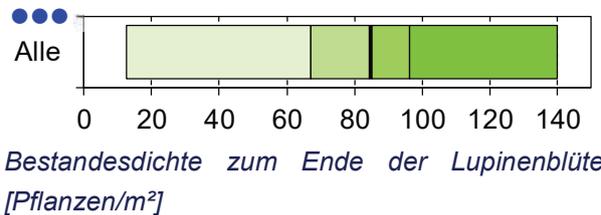
Der Ertrag pro Fläche lässt sich in die Ertragskomponenten

- Pflanzen/m²
 - Hülsen pro Pflanze
 - Körner pro Hülse und
 - Tausendkorngewicht
- aufteilen.

Bei den untersuchten Lupinenerträgen erwies sich die **Anzahl Pflanzen/m²** als die Komponente mit dem größten Einfluss auf den Ertrag. Zugleich ist dies die Komponente, die sich durch die Bewirtschaftung (z. B. Aussaatstärke, Saatechnik, etc.) direkt und am besten beeinflussen lässt.

Verglichen mit Erbse, Ackerbohne und Sojabohne kann die Blaue Lupine geringe Bestandesdichten am schlechtesten ausgleichen. Besonders Bestände mit weniger als 100 Pflanzen/m² waren mit Ertragseinbußen verbunden. Im Mittel lagen diese bei **1,3 dt/ha je 10 Pflanzen/m²**. Dieser Effekt wurde sowohl bei endständigen als auch bei verzweigten Sorten festgestellt. Bei den Beständen mit mehr als 100 Pflanzen/m² war dieser Ertragseffekt geringer.

Von den untersuchten Beständen hatten drei Viertel eine Bestandesdichte unter 100 und ein Viertel unter 70 Pflanzen/m².



Zwar reagierten in dünnen Beständen die Einzelpflanzen häufig mit einer höheren Anzahl Hülsen pro Pflanze, der negative Effekt der geringen Bestandesdichten konnte dadurch aber nicht vollständig ausgeglichen werden.

Die Untersuchungsergebnisse weisen darauf hin, dass die Bestandesdichte sowohl direkt als auch indirekt über die unterschiedliche Unkrautunterdrückung den Ertrag beeinflusst. Detaillierte Ergebnisse zur den Einflussfaktoren der Bestandesdichte sowie zu den Zusammenhängen mit Unkrautdruck und Bestandeshomogenität finden sich auf Seite 54.



Von links nach rechts: Lupinenbestände mit 62, 76 und 102 Pflanzen/m²; der Hülsenbesatz zur Ernte unterschied sich mit durchschnittlich 5,2, 5,1 und 5,1 Hülsen pro Pflanze nicht

Welche Faktoren beeinflussen den Ertrag?

Auch eine hohe **Anzahl Hülsen pro Pflanze** und hohe **Tausendkorngewichte** waren häufig mit hohen Erträgen verbunden. Während beide Parameter wesentlich von den Wachstumsbedingungen abhängen, stand das Tausendkorngewicht zusätzlich stark unter dem Einfluss der Sortenwahl.

Die Ertragskomponente **Anzahl Körner pro Hülse** zeigte keinen deutlichen Einfluss auf den Ertrag.

Unterschied zwischen Praxisertrag und Messparzellenertrag

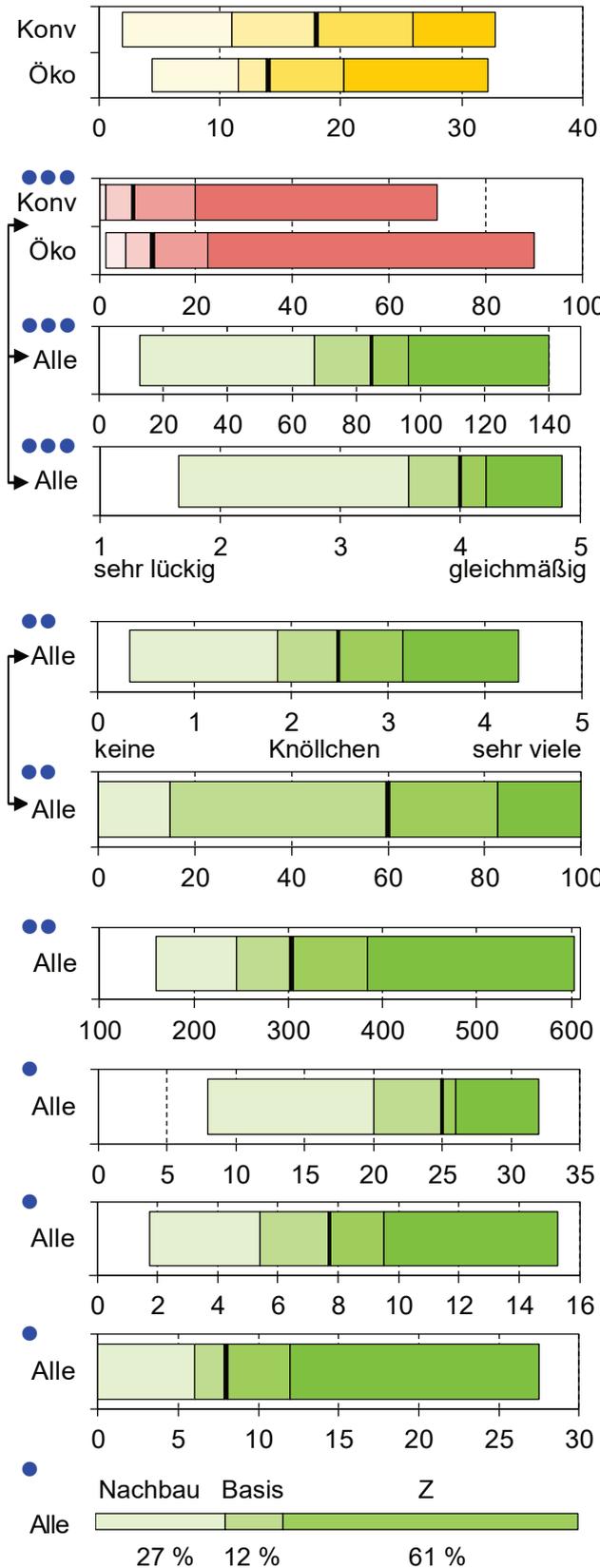
Neben dem vom Betrieb ermittelten Drusch-ertrag der Lupinenschläge wurden vor dem Dreschen auf jedem Schlag zwei Messparzellen von je 2,5 m² per Hand geerntet. Der auf diese Weise ermittelte Ertrag lag im Schnitt 47 % höher als der, der vom Betrieb angegeben wurde. Der bei der Handernte gemessene Höchstertrag lag bei 48 dt/ha. Die großen Unterschiede zwischen Handernte und Druschernte können folgende Ursachen haben:

- Die Messparzellen für die Handernte lagen nicht in Vorgewenden, auf Kuppen oder Senken, an Fahrspuren oder in anderweitig gestörten Bereichen des Schlages. Die Bodenbedingungen waren somit in der Regel besser als im Durchschnitt des Schlages.

- Die Handernte erfolgte im Mittel 10 Tage vor dem Drusch. Verluste durch **geplatze Hülsen** waren somit bei der Handernte geringer.
- Bei der Handernte wurden die Pflanzen direkt über dem Boden geschnitten. Es ist somit von geringeren Ernteverlusten auszugehen.
- Besonders groß war der Unterschied zwischen Drusch- und Handernteertrag häufig bei Beständen mit großen Lagerbereichen. Es muss davon ausgegangen werden, dass die Ertragsausbeute von **Lager-Lupinen** deutlich geringer ist als bei stehenden Beständen. Starkes Lager trat jedoch nur bei 4 % der untersuchten Bestände auf.
- Lupinenbestände, die vor der Ernte chemisch abgetötet wurden (**Sikkation**), wiesen eine vergleichsweise höhere Ertragsausbeute auf. Das heißt, die Differenz zwischen Drusch- und Handernte war in diesen Fällen meist geringer als im Durchschnitt. Sikkation wurde auf 28 % der konventionellen Untersuchungsschläge durchgeführt.
- Bei Beständen mit **Sklerotinasymptomen** trat zum Teil ein größerer Unterschied zwischen Drusch- und Handernteertrag auf. Es scheint, dass Sklerotiniabefall nicht nur den Handernteertrag, sondern auch die Druschausbeute verringert (S. 42).

Übersicht: Wesentliche Faktoren des Ertrags

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



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

Ertrag [dt/ha, 14 % Feuchte],
vom Betrieb ermittelt: Unterschied konventionell/ökologisch nicht signifikant S. 25

Faktoren hängen stark voneinander ab:
Unkrautdeckungsgrad [%], Ende Blüte:
Ø ca. -2,0 dt/ha pro 10 % Deckungsgrad S. 49

Bestandesdichte [Pflanzen/m²]:
Ø ca. +1,3 dt/ha pro 10 Pfl./m² (bis max. 100 Pfl./m²) S. 26 & 54

Bestandeshomogenität, Ende Blüte (Boniturnoten 1-5):
Ø ca. +3,5 dt/ha pro Boniturnote S. 58

Faktoren hängen stark voneinander ab:
Knöllchen, Ende Blüte (Boniturnoten 0-5):
Ø ca. +1,5 dt/ha pro Boniturnote S. 30

Anteil aktiver Knöllchen [%], Ende Blüte:
Ø ca. +0,6 dt/ha pro 10 % aktive Knöllchen S. 31

Summe von Bodenwasser vor Saat (bis 90 cm), Niederschlag und Beregnung 2 Wo. nach Saat bis 3 Wo. vor Ernte [l/m²]:
Ø ca. +2,5 dt/ha pro 50 l/m² (bis 300 l/m²)
Ø ca. -2,5 dt/ha pro 50 l/m² (ab 450 l/m²) S. 36

Tiefe letzter Grundbodenbearbeitung [cm]:
Ø ca. +0,4 dt/ha pro 1 cm (bis 25 cm) S. 39

Temperatur [°C], in der Woche vor Saat:
Ø ca. +0,7 dt/ha pro 1°C (bis 12°C) S. 38

Tiefe letzter Stoppelbearbeitung [cm]:
Ø ca. +0,6 dt/ha pro 1 cm (ab 10 cm) S. 39

Verwendung von Z-Saatgut:
Ø ca. +2,5 dt/ha bei Z-Saatgut S. 40

Weitere Faktoren des Ertrags

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

- **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 (S. 44). Klarheit können in diesem Punkt nur gezielte Feldversuche erbringen.
- **Wildfraß**, z. B. durch Rehe oder Damwild, führte in Einzelfällen zu deutlichen Ertragsinbußen.
- **Anthraknose**-Befall trat im Untersuchungszeitraum nur selten auf. In zwei von 83 Beständen jedoch so stark, dass die Erntewürdigkeit fraglich war. (S. 40).
- **Sklerotinia**-Befall trat in einigen Lupinenbeständen auf und war wahrscheinlich auf einzelnen Schlägen auch ertragsmindernd. (S. 42).
- 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 (S. 27).
- Bei heißer, trockener Witterung im Zeitraum der Abreife wurde bei einigen Beständen vermehrtes **Hülsenplatzen** beobachtet. Eine Bestimmung des Ertrags effekts war bei dieser Untersuchung nicht möglich, von negativen Auswirkungen auf die Ertragsausbeute ist jedoch auszugehen.



Lupinenbestand auf einem Schlag mit stark wechselnden Bodenbedingungen

Details zu den Ertragsfaktoren

Lupinenwurzeln – Knöllchenbesatz und Schädigungen

Zum Ende der Lupinenblüte wurden in jedem Untersuchungsschlag an zwei Messparzellen auf ca. Spatentiefe jeweils 10 Lupinenwurzeln ausgegraben. An der Hauptwurzel und den großen Seitenwurzeln wurden der Knöllchenbesatz und die Schädigungen der Wurzeln bonitiert. Bei den Knöllchen wurde zusätzlich der Anteil aktiver, d. h. rot gefärbter Knöllchen geschätzt.

Knöllchenbesatz

Die Knöllchen an den Lupinenwurzeln werden wie bei allen Leguminosen durch die Infektion mit Knöllchenbakterien hervorgerufen. Die Fixierung von Luftstickstoff in diesen Knöllchen ist die wesentliche Grundlage der Stickstoffversorgung bei der Lupine.

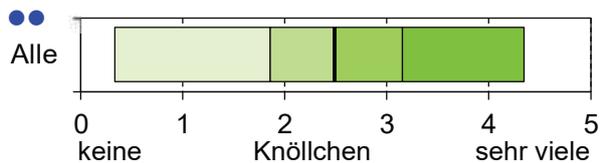
Der Knöllchenbesatz zum Ende der Lupinenblüte kann nur den Zustand an einem Stichtag widerspiegeln. Die Ergebnisse zeigen, dass der Knöllchenbesatz im Mittel mit fortschreitender Pflanzenentwicklung etwa ab der Vollblüte abnimmt – vor allem durch Absterben und/oder zunehmende Schädigungen der Wurzeln. Es ist somit davon auszugehen, dass auch Bestände mit einem geringen Knöllchenbesatz zum Boniturzeitpunkt in früheren Stadien mehr Knöllchen gehabt haben. Diese Annahme wurde durch die Beobachtung von Knöllchenresten oder -ansätzen an den Wurzeln bestärkt.



Kaum geschädigte Lupinenwurzeln Ende der Lupinenblüte mit unterschiedlichem Knöllchenbesatz: links, keine Knöllchen; rechts, hoher Knöllchenbesatz

Welche Faktoren beeinflussen den Ertrag?

Der Knöllchenbesatz zum Ende der Lupinenblüte variierte in einem weiten Bereich und hatte einen deutlichen Einfluss auf den Lupinenertrag. Im Mittel nahm der Ertrag **mit jeder Boniturnote** um **1,5 dt/ha** zu (Boniturskala von 0 bis 5).



Knöllchenbesatz an den Lupinenwurzeln Ende der Lupinenblüte (Boniturnoten 0 - 5)

Die Auswertung ergab folgende wesentliche Faktoren mit Einfluss auf den Knöllchenbesatz:

- Den größten Einfluss auf den Besatz mit Knöllchen hatten **Wurzelschädigungen**. Im Durchschnitt verringerte sich der Knöllchenbesatz mit Zunahme der Schädigungen. Detaillierte Informationen zu diesem Thema finden sich im Abschnitt *Wurzelschädigungen* auf S. 33.
- Ein weiterer wichtiger Faktor war die **Wasserversorgung** des Lupinenbestandes. Je höher die Niederschlags- und/oder Beregnungsmenge im Zeitraum Saat bis Wurzelbonitur war, umso höher war im Mittel der Knöllchenbesatz. Die Wasserversorgung zeigte somit sowohl eine direkte Wirkung auf den Ertrag als auch eine indirekte Wirkung über den Knöllchenbesatz.
- Die Auswertung der zehnjährigen Anbauvorgeschichte der Lupinenschläge ergab: Auf Schlägen, die in den Vorjahren häufig **über Winter bewachsen waren** (z. B. Wintergetreide, Raps oder Zwischenfrüchte), wurden an den Lupinenwurzeln meist mehr Knöllchen gefunden. Ob und auf welche Weise die Anbauvorgeschichte in

einem kausalen Zusammenhang mit dem, Knöllchenbesatz steht, ist unklar und müsste weiter untersucht werden.

- Etwa die Hälfte der untersuchten Lupinenbestände wurde mit geimpftem Saatgut bestellt. Die **Impfung mit Knöllchenbakterien** (Rhizobien) hatte im Mittel nur einen geringen positiven Einfluss auf den Knöllchenbesatz. Es kann somit davon ausgegangen werden, dass auf den meisten Untersuchungsschlägen die für die Lupine spezifische Rhizobien-Art schon im Boden vorhanden war und für die Knöllchenbildung ausreichte.

Knöllchenaktivität

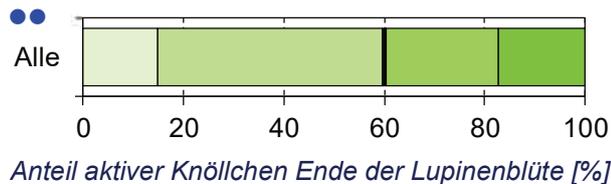
Nur aktive Knöllchen können durch Stickstoffbindung zur Ernährung der Pflanze beitragen. Erkennbar sind aktive Knöllchen durch die rote Färbung im Inneren. Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung weisen auf eine Abnahme der Knöllchenaktivität im Zeitraum Blühbeginn bis Mitte Hülsenfüllung hin, allerdings war der Effekt gering.



Oben: rote Knöllchen im Wurzellängsschnitt; unten: aktives Knöllchen mit dem Fingernagel geöffnet

Die wichtigsten Einflussfaktoren im Detail

Bei der Hälfte der untersuchten Lupinenbestände waren mehr als 60 % der gefundenen Knöllchen zum Ende der Lupinenblüte aktiv. Auf einem Viertel der Schläge betrug die Aktivität jedoch deutlich weniger als 20 %. Im Mittel lag der Ertragseffekt bei **+0,6 dt/ha pro 10 % aktive Knöllchen**.



Die Auswertung ergab folgende wesentliche Faktoren mit Einfluss auf die Knöllchenaktivität:

- Die Menge an **Bodenwasser**, die im Frühjahr vor der Saat bei der N_{\min} -Probenahme gemessen wurde (0-90 cm), zeigte einen positiven Zusammenhang mit dem Anteil aktiver Knöllchen. Wahrscheinlich ist dabei nicht die akute Wassermenge entscheidend, sondern die Bodenwassermenge als Indikator für die Wasserhaltefähigkeit des Bodens. Böden mit höherer Wasserhaltefähigkeit können Trockenperioden besser abpuffern.
- **Wurzelschädigungen** hatten einen deutlichen Einfluss auf den Anteil aktiver Knöllchen: Im Schnitt verringerte sich der Anteil aktiver Knöllchen mit Zunahme der Wurzelschädigungen. Detaillierte Informationen zu diesem Thema finden sich im Abschnitt *Wurzelschädigungen* auf S. 33.
- Je höher die mittlere **Temperatur** von der **Saat bis zur Bonitur** ausfiel, umso geringer war die Aktivität der Knöllchen. Dieser Effekt ist wohl auch auf die Wasserversorgung zurückzuführen, die in einem engen Zusammenhang mit der Temperatur steht: Denn in den meisten Fällen waren

hohe Durchschnittstemperaturen mit geringen Niederschlagsmengen verbunden.

- Die Ergebnisse weisen auf einen Zusammenhang zwischen **Blattrandkäferfraß** an den Lupinenblättern im Jugendstadium und der Knöllchenaktivität hin: Je stärker der Fraß, desto geringer die Anzahl aktiver Knöllchen. Möglicherweise weist dieser Effekt auf einen hohen Besatz mit Blattrandkäferlarven im Boden nach starkem Käferbefall der Blätter im Frühjahr hin. Die Larven fressen bevorzugt die Knöllchen an den Lupinenwurzeln.
- Die Saatgut-**Impfung** hatte im Durchschnitt über alle Schläge nur einen sehr geringen positiven Effekt auf den Anteil aktiver Knöllchen.

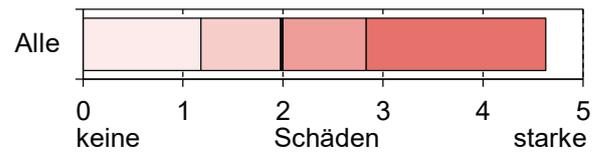
Der Knöllchenbesatz wie auch die Knöllchenaktivität werden zum Teil von den gleichen Faktoren beeinflusst. Dies ist wahrscheinlich ein Grund für den positiven Zusammenhang zwischen Knöllchenbesatz und Knöllchenaktivität ($r = 0,37$). Aufgrund dieser Verbindung zwischen den beiden Knöllchenparametern war eine klare Trennung ihrer Wirkung auf den Ertrag nicht möglich.

Wurzelschädigungen

Bei der Hälfte der untersuchten Lupinenbestände waren die Wurzeln zum Ende der Lupinenblüte deutlich geschädigt. Bei einem Viertel traten sogar starke Schädigungen auf. Schädigungen an den Wurzeln sind somit ein sehr häufig vorkommender Faktor mit negativer Ertragswirkung.

Die Wurzelschäden hängen eng mit dem Knöllchenbesatz und der Knöllchenaktivität zusammen. Deshalb ließen sich die Effekte dieser drei Wurzeleigenschaften auf den Ertrag bei der Auswertung nicht klar trennen. Wahrscheinlich ist jedoch, dass auch ein direkter Einfluss auf den Ertrag vorliegt, z. B. über eine gestörte Wasser- und Nährstoffaufnahme von geschädigten Wurzeln.

Unterschiede zwischen konventioneller und ökologischer Bewirtschaftung waren nicht belegbar.



Schäden an den Lupinenwurzeln Ende der Lupinenblüte (Boniturnoten 0-5)

Bekanntermaßen spielen die Larven der Lupinenblattrandkäfer (*Sitona* spp.) bei den Schädigungen der Lupinenwurzel eine große Rolle. Auf vielen Untersuchungsschlägen konnte beobachtet werden, dass die Larven vor allem an den Knöllchen fressen. Ein Zusammenhang zwischen dem Ausmaß der Fraßschäden an den Lupinenblättern (4- bis 8-Blattstadium) und den Wurzelschäden (Ende der Lupinenblüte) war nicht zu erkennen.



Lupinenwurzeln Ende der Lupinenblüte mit unterschiedlichem Grad an Schädigungen: links, keine Schädigungen; rechts, starke Schädigungen

Die wichtigsten Einflussfaktoren im Detail

Oft waren auch pilzliche Schaderreger an den Schäden beteiligt. Die Symptome und Untersuchungen von Stichproben wiesen meist auf nichtspezifische Bodenpilze hin, wie z. B. Wurzeltöterkrankheit (*Rhizoctonia solani*) und Schwarze Wurzelfäule (*Thielaviopsis basicola*). Es ist wahrscheinlich, dass die Fraßstellen der Blattrandkäferlarven an den Wurzeln Pilzinfektion fördern.

Eine genauere Untersuchung einzelner Ursachen von Wurzelschäden war im Rahmen des Projekts nicht möglich. Auf Basis der erhobenen Daten konnte jedoch der Einfluss von Standorteigenschaften und Bewirtschaftungsmaßnahmen auf das Ausmaß der Wurzelschädigungen geprüft werden. Die Ergebnisse weisen auf folgende Faktoren hin (der Bedeutung nach aufgeführt):

- Je höher der **Eindringwiderstand** (gemessen mit einer Bodensonde) unterhalb des Bearbeitungshorizontes (Schicht 30-40 cm), umso stärker waren oft die Wurzelschäden in 0 bis 20 cm Tiefe. Die Unterbodendichte scheint somit auch für die Gesundheit der Wurzel in der Krume von großer Bedeutung zu sein.

Über 80 % der untersuchten Lupinenschläge wiesen nur schwach lehmige oder reine Sandböden auf. Verdichtungen im Unterboden sind deshalb kaum auf Pflugsohleneffekte, sondern eher auf die bekannte Neigung von sandigen Böden zur Dichtlagerung zurückzuführen. Relativ hohe Unterbodenverdichtungen wurden häufig unter folgenden Bedingungen festgestellt:

- wenig oder kein Zwischenfruchtanbau in den letzten 10 Jahren
- hoher Sandanteil des Bodens
- geringer zeitlicher Abstand zum letzten Körnerleguminosenanbau
- im langjährigen Mittel hohe Anzahl an Stoppelbearbeitungsgängen
- langjährig eher geringe Tiefe der Grundbodenbearbeitung
- keine Wurzel- oder Knollenfrucht als Vorfrucht

- Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass bei häufiger **Strohdüngung** in den letzten 3 Jahren vor dem Lupinenanbau geringere Wurzelschäden auftraten. Ob und in welchem Ausmaß hier ein kausaler Zusammenhang besteht, muss noch weiter untersucht werden.



Messung des Eindringwiderstands mit einem Penetrologger (Bodensonde) vor der Lupinensaat und drei Böden mit dichtlagerndem Sand im Unterboden

Welche Faktoren beeinflussen den Ertrag?

- Bei höheren Durchschnittstemperaturen in der Woche nach der Lupinensaat traten meist später weniger Wurzelschäden auf. Dieser Effekt kann darauf hinweisen, dass Fußkrankheitsprobleme bei warmen Bedingungen zur Saat und damit schneller Keimung und Jugendentwicklung seltener auftreten. In der Literatur wird dies bei anderen Körnerleguminosen beschrieben. Dieser Zusammenhang spricht für eine nicht zu frühe Saat der Lupine.
- Dort, wo **Nachbauseaatgut** verwendet wurde, kam es im Mittel zu mehr Wurzelschäden. Saatgutuntersuchungen ergaben jedoch keinen höheren Pathogenbesatz oder schlechtere Keimfähigkeiten bei Nachbauseaatgut im Vergleich zu Z-Saatgut. Welcher Zusammenhang hier besteht ist somit noch unklar und müsste weiter untersucht werden.

Die Untersuchung ergab zudem Hinweise darauf, dass die folgenden Bedingungen eine geringe negative Wirkung auf die Wurzelgesundheit haben:

- kein Kleegrasanbau in den letzten 10 Jahren vor dem Lupinenanbau
- trockene Witterungsbedingungen vor und nach der Lupinensaat
- hohe Bestandesdichte
- wenig Frosttage von Januar bis März vor der Lupinensaat
- kein Zwischenfruchtanbau direkt vor der Lupine

Die Auswertung der Praxisbestände kann nur Hinweise auf mögliche Ursachen von Wurzelschädigungen bzw. Zusammenhänge von Standort, Bewirtschaftung und Wurzelgesundheit geben. Für eine Optimierung des Lupinenanbaus ist weitere Forschung zu den Verursachern von Wurzelschäden und dem Einfluss von Bewirtschaftungsmaßnahmen wesentlich.

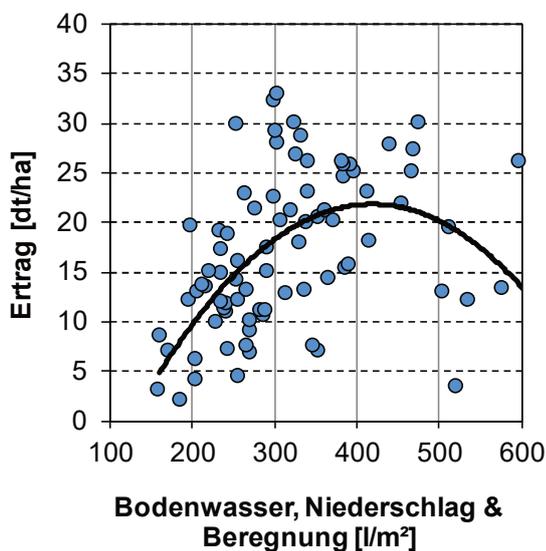


Durch stark geschädigte Wurzeln beeinträchtigtger Lupinenbestand

Wasserversorgung

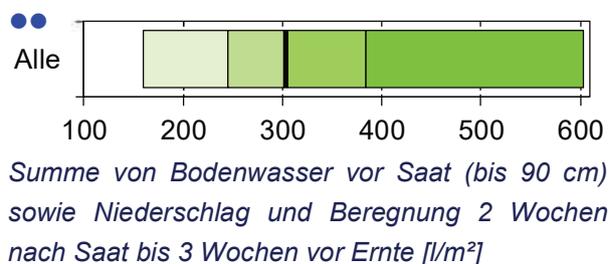
Die Wasserversorgung der untersuchten Lupinenbestände schwankte aufgrund der sehr unterschiedlichen Jahres- und Standortbedingungen in einem weiten Bereich. Dadurch war es möglich, den Einfluss der Wasserversorgung auf den Lupinenertrag detailliert zu untersuchen. Die Summe aus der Menge an Bodenwasser vor der Saat bis 90 cm Tiefe sowie Niederschlag und Beregnung im Zeitraum zwei Wochen nach der Saat bis ca. drei Wochen vor der Ernte zeigte dabei den größten Effekt.

Wassermengen bis ca. 300 l/m² hatten einen deutlich positiven Einfluss auf den Ertrag: durchschnittlich **ca. 2,5 dt/ha pro 50 l/m²**. Von ca. 300 bis 450 l/m² trat kein eindeutiger Effekt auf. **Ab 450 l/m²** sanken die Erträge wieder, im Mittel um ca. **2,5 dt/ha pro 50 l/m²**.



Zusammenhang von Ertrag und Summe von Bodenwasser vor Saat (bis 90 cm) sowie Niederschlag und Beregnung 2 Wochen nach Saat bis 3 Wochen vor Ernte

Wassermangel führte häufig zu einer geringeren Anzahl Hülsen pro Pflanze und zu weniger hüsentragenden Pflanzen/m². In einem geringeren Ausmaß war auch das Tausendkorngewicht negativ betroffen. Vor allem Wassermangel in den vier Wochen um die Hauptblüte herum war besonders ertragsrelevant. Unterschiede zwischen konventionellem und ökologischem Anbau waren nicht erkennbar.

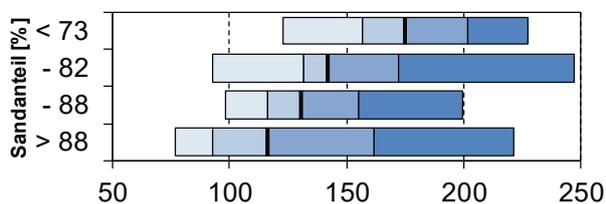


Auf etwa 50 % der Schläge zwischen 2015 und 2018 lag die Summe aus Bodenwasser, Niederschlag und Beregnung bei weniger als 300 l/m². Die Wasserspeicherfähigkeit des Bodens, die mittlere Niederschlagshöhe von April bis Juli und die Möglichkeit zur Beregnung sind somit wichtige Kriterien bei der Abschätzung des zu erwartenden Lupinenertrags.

Nur bei 8 % der Bestände lag die Summe aus Bodenwasser, Niederschlag und Beregnung in den vier Untersuchungsjahren über 450 l/m². Beobachtungen weisen darauf hin, dass bei diesen sehr feuchten Bedingungen starker Unkrautdruck und/oder sehr ungleichmäßige Abreife häufiger auftraten. Vor allem diese Effekte waren wahrscheinlich für die negativen Auswirkungen einer hohen Wasserversorgung auf den Ertrag verantwortlich.

Bodenwasser

Die Menge an verfügbarem Bodenwasser im Frühjahr wurde aus dem Bodenwassergehalt bei der N_{\min} -Probenahme errechnet. Dieser Wert beschreibt den Wasservorrat im Boden vor Vegetationsbeginn, kann aber zum anderen auch einen Hinweis auf das Maß der Speicherfähigkeit eines Bodens geben, d. h. für die Eigenschaft, Trockenphasen abpuffern zu können.



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

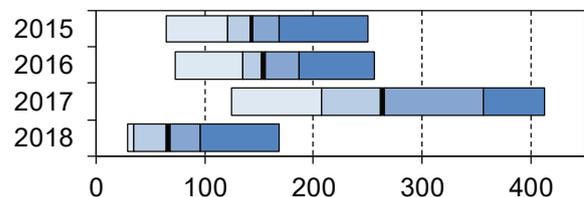
Als wesentliche Einflussgrößen konnten bei der Untersuchung folgende Faktoren identifiziert werden:

- **Negativ:** Hohe Sandgehalte und hohe Temperaturen in den 4 Wochen vor der Probenahme
- **Positiv:** Hohe Schluff- und Humusgehalte sowie hohe Niederschlagsmengen ab Herbst

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

Niederschlag und Beregnung

Die Niederschlags- und Beregnungsmenge zwei Wochen nach der Saat bis zwei Wochen vor der Probenernte (entspricht \varnothing 3 Wochen vor dem Drusch) variierte in weiten Grenzen zwischen 30 und 413 l/m² (Grafik). Während das Jahr 2017 bundesweit eher feucht war wurden 2018 nur durch Beregnung Werte deutlich über 100 l/m² erreicht. Nur ca. 7 % der insgesamt untersuchten Lupinenbestände wurden beregnet. Die Beregnungsmenge variierte von 20 bis 70 l/m² und lag im Mittel bei 36 l/m².



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



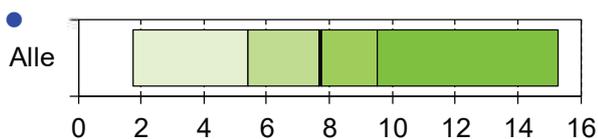
Temperatur

Um den Temperatureinfluss auf den Ertrag zu untersuchen, wurden Durchschnittstemperaturen in verschiedenen Zeitabschnitten der Anbauphase ermittelt. Nur für Temperaturen um die Saat wurde ein deutlicher Ertragseffekt festgestellt. Dabei zeigte die Durchschnittstemperatur in der Woche vor der Saat den größten Einfluss. Die zum Teil großen Unterschiede im Temperaturverlauf während der Lupinenvegetation ergaben hingegen keine eindeutigen Auswirkungen auf den Ertrag.

Temperatur eine Woche vor der Saat

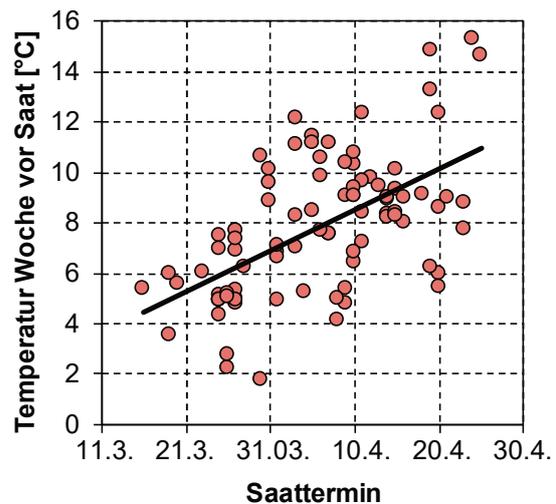
Die durchschnittliche Temperatur (Tagesmittel der Lufttemperatur) in der Woche vor der Saat hatte einen deutlichen Einfluss auf den Ertrag. Im Mittel erhöhte sich der Ertrag um ca. **0,7 dt/ha pro 1 °C**. Allerdings war der Effekt maximal bis 12° C festzustellen.

Dieses Ergebnis bestätigt die Forderung vieler Anbauanleitungen, dass der Boden für die Lupinensaat gut erwärmt sein soll.



Mittlere Temperatur in der Woche vor der Lupinensaat [°C]

Den größten Einfluss auf die Temperatur eine Woche vor der Saat hatten die unterschiedlichen Witterungsbedingungen der Jahre 2015 bis 2018. Daneben war aber auch der Saattermin ein wichtiger Faktor.



Zusammenhang von Saattermin und mittlerer Temperatur in der Woche vor der Lupinensaat

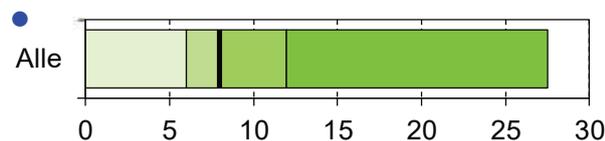
Besonders die 30 % im März angesäten Lupinenbestände wiesen mit durchschnittlich 6 °C sehr geringe Temperaturen auf. Die Wahl eines späteren Saattermins, also Anfang bis Mitte April, kann somit zu höheren Erträgen beitragen.

Bodenbearbeitung

Bisher konnte die Forschung keine gravierenden Effekte unterschiedlicher Bodenbearbeitungssysteme auf den Lupinenertrag feststellen. In der vorliegenden Untersuchung war das anders: Hier konnten Ertragsfaktoren aus dem Bereich Bodenbearbeitung identifiziert werden. So scheint eine tiefere Bearbeitung, sowohl bei der vorhergehenden Stoppelbearbeitung als auch der Grundbodenbearbeitung, positive Effekte auf den Ertrag zu haben.

Stoppelbearbeitung

Auf den meisten Untersuchungsschlägen wurden nach der Vorfrucht ein bis zwei Stoppelbearbeitungsgänge durchgeführt. Einzelne Schläge wurden zur Queckenbekämpfung häufiger bearbeitet. Nur auf 13 % der Schläge wurde komplett auf eine Stoppelbearbeitung verzichtet.

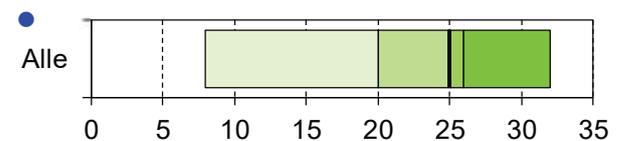


Tiefe der letzten Stoppelbearbeitung im Jahr vor dem Lupinenanbau [cm]

Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass sich eine tiefe Stoppelbearbeitung positiv auf den Ertrag der folgenden Lupine auswirkt. Ab einer Bearbeitungstiefe von 10 cm wurden mit zunehmender Tiefe höhere Lupinenerträge gemessen: **pro 1 cm** durchschnittlich **ca. 0,6 dt/ha**. Auf ca. einem Viertel der untersuchten Schläge war die Bearbeitungstiefe des letzten Stoppelbearbeitungsgangs tiefer als 10 cm.

Grundbodenbearbeitung

Die Tiefe der Grundbodenbearbeitung variierte auf den untersuchten Schlägen in einem weiten Bereich von 8 bis 32 cm. Auf den Pflug wurde bei ca. 22 % der Schläge verzichtet, meist auf konventionellen Betrieben.



Tiefe der letzten Grundbodenbearbeitung vor dem Lupinenanbau [cm]

Bis zu einer Bearbeitungstiefe von 25 cm erhöhte sich der Ertrag durchschnittlich um **0,4 dt/ha pro 1 cm** Arbeitstiefe. Etwa die Hälfte aller Schläge wurde tiefer als 25 cm bearbeitet.

Deutliche Unterschiede zwischen Schlägen mit oder ohne Pflug zeigten sich nicht.

Insgesamt trugen die Bodenbearbeitungseffekte nur relativ wenig zu den Ertragsunterschieden in der Praxis bei. Genauere Aussagen über die Auswirkungen unterschiedlicher Bodenbearbeitung auf den Lupinenertrag und über mögliche Wirkungsmechanismen können nur Exaktversuche liefern.

Saatgut

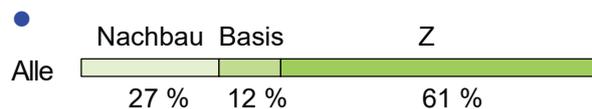
Auf 61 % der Untersuchungsschläge wurde Z-Saatgut verwendet. 12 % der Bestände dienten zur Saatgutvermehrung, dort wurde Basissaatgut eingesetzt. Eigenes Nachbausaatgut säten die beteiligten Betriebe auf 27 % der Schläge aus.

Die Ergebnisse der Ertragsauswertung deuten darauf hin, dass bei Einsatz von **Z-Saatgut** im Durchschnitt **ca. 2,5 dt/ha** mehr geerntet wurde als bei Nachbau- oder Basissaatgut.

Eine eindeutige Ursache dieses Ertragseffekts konnte nicht ermittelt werden. Von 72 % der Lupinenschläge wurden Proben des eingesetzten Saatguts zur Verfügung gestellt. Untersuchungen auf Keimfähigkeit, Triebkraft und den Besatz mit Schadpilzen ergaben keine nachweisbaren Unterschiede in der Saatgut-

qualität zwischen Z-, Basis- und Nachbausaatgut. Tendenziell lag die Keimfähigkeit im Mittel bei Nachbausaatgut sogar etwas über dem Durchschnitt. Allerdings traten zwischen den einzelnen Proben große Qualitätsunterschiede auf (siehe S. 55).

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



Verwendung verschiedener Saatgutkategorien auf den Untersuchungsschlägen

Anthraknose

Anthraknose – auch Brennfleckenkrankheit genannt – wird durch den pilzlichen Erreger *Colletotrichum lupini* hervorgerufen. Die Blaue Lupine ist zwar deutlich weniger anfällig gegen den Pilz als die Gelbe und die Weiße Lupine, resistent ist sie jedoch nicht.

Der Pilz wird in erster Linie über das Saatgut verbreitet. Im weiteren Verlauf der Vegetationsperiode kann der Befall dann auf den gesamten Bestand übergreifen und bis zum Totalausfall führen. Für die Ausbreitung sind die Witterungsbedingungen ausschlaggebend. Feuchtwarme Wetterlagen sind für den Pilz optimal.

Bei den Untersuchungsschlägen wurden in 6 von 83 Fällen Anthraknosesympptome beobachtet. Vier davon in dem feuchten Jahr

2017. Nur in diesem Jahr traten ertragsrelevante Krankheitsverläufe auf. Ein Bestand wurde aufgrund schweren Befalls schon vor der Blüte umgebrochen. Ein weiterer konnte trotz schwerer Schäden durch einen Fungizideinsatz noch geerntet werden.

Nur in einem Fall konnten die Symptome im Feld einem Anthraknosebesatz am Saatgut zugeordnet werden. Von 60 untersuchten Saatgutproben wiesen 4 einen leichten (0,3 – 2,8 %) und 1 Probe einen starken Besatz von 15 % auf. Es wäre sinnvoll, die Aussagekraft von Laboranalysen über den Anthraknosebesatz von Lupinensaatgut zu überprüfen. Neben der Saatgutinfektion sind aber auch Infektionen durch kranke Nachbarbestände möglich.

Welche Faktoren beeinflussen den Ertrag?

Um Ertragseinbußen durch Anthraknose zu vermeiden, sollte besonders auf die Saatgutgesundheit geachtet werden. Nachbau darf nur erfolgen, wenn der Bestand symptomfrei

ist. Schon ein geringer Besatz am Saatgut kann – vor allem wenn es feuchtwarm ist – einen schweren Befall auslösen.



Starker Anthraknosebefall an Blauer Lupine: Bestand und verschiedene Anthraknosesymptome

Sklerotinia

Sklerotinia (*Sclerotinia sclerotiorum*) kann die Blaue Lupine schädigen. Der Pilz befällt eine Vielzahl von landwirtschaftlichen Kulturen, u. a. Raps, Kartoffeln und zahlreiche Leguminosen. Die vom Pilz gebildeten Sklerotien können bis zu 15 Jahre im Boden überdauern und von dort über Sporen Wirtspflanzen infizieren.

Bei der Bonitur zum Ende der Lupinenblüte wurden bei 22 % der Bestände Symptome von Sklerotinia beobachtet. Meist waren nur wenige Einzelpflanzen befallen. Nur in 4 % der Bestände trat ein stärkerer, wahrscheinlich deutlich ertragsmindernder Sklerotiniabefall auf. Ein statistischer Nachweis war nicht möglich.

Die Auswertung der Standort- und Bewirtschaftungsdaten weist darauf hin, dass folgende Faktoren den Befall mit Sklerotinia beeinflussten:

- Auf sehr leichten Böden mit hohem Sandgehalt traten seltener Symptome auf. Wenn auf solchen Böden trotzdem Befall beobachtet wurde, dann waren es häufig feuchte Lagen wie z. B. Auen.



Sklerotinianest in einem Lupinenbestand

Bei vergleichsweise hohen Niederschlagsmengen im zweiten Monat nach der Saat war bei der Bonitur zum Ende der Lupinenblüte häufiger Sklerotiniabefall zu beobachten.

- Bei sehr dichten Beständen über 100 Pflanzen/m² wurde häufiger Sklerotinia diagnostiziert als bei geringeren Bestandesdichten.
- Auf Schlägen mit Rapsanbau in den letzten 5 Jahren vor dem Lupinenanbau trat häufiger Sklerotinia auf.
- Bei Strohdüngung im Jahr vor der Lupine war etwas seltener Sklerotinia zu finden.

Ein erhöhtes Sklerotiniarisiko wird allgemein bei der Kombination von feuchtem Standort bzw. feuchter Witterung und deutlichem Sklerotiniabefall einer Kultur in der Vorfruchtgeschichte gesehen.



Sklerotiniasymptom an einem Lupinenstängel

Ungeprüfte mögliche Faktoren des Ertrags

Im durchgeführten Projekt konnten nicht alle möglichen Einflüsse auf den Lupinenertrag untersucht werden. Im Folgenden werden einzelne Faktoren aufgeführt, die zusätzlich eine Rolle bei der Entwicklung des Lupinenertrags spielen können oder bei denen Einschränkungen in der Genauigkeit gemacht werden müssen:

- Nicht alle **Standortbesonderheiten** konnten durch die Untersuchungen genau ermittelt werden. Beispielsweise stammten die Witterungsdaten nicht direkt vom Schlag, sondern von der jeweils nächstgelegenen Wetterstation und auch spezielle Unterbodenbedingungen oder der Grundwasserabstand konnten nicht ermittelt werden.
- **Qualität der Bodenbearbeitung:** Von der Grundbodenbearbeitung bis zur Saattetbereitung spielt der jeweilige Bodenzustand und die Qualität der Durchführung für die resultierende Bodenstruktur und damit auch für die Ertragsbildung eine große Rolle. Eine Erfassung dieser Qualitätsmerkmale war nicht möglich.
- Die Angaben zur **Düngung** – sowohl langfristig als auch direkt vor der Lupine – waren oft unvollständig. Daher konnten Zusammenhänge zwischen langfristigem Düngungsmanagement bzw. kurzfristigen Düngungsmaßnahmen und dem Lupinenertrag nicht abgeleitet werden.
- Die eingesetzte **Saattechnik** und die **Qualität der Aussaat** können einen deutlichen Einfluss auf die Bestandesentwicklung haben. Es konnte im Rahmen des Projekts jedoch nur abgefragt werden, welche Saattiefe angestrebt wurde.
- Schädigungen der Wurzeln, besonders der Knöllchen, durch die Larven des **Lupinen-Blattrandkäfers** kommen häufig vor und sind sehr ertragsrelevant. In den 4 Untersuchungsjahren konnte dies auch beobachtet werden. Eine Ermittlung des Larvenbesatzes im Boden und eine exakte Zuordnung von Wurzelschäden und Larvenfraß war jedoch nicht möglich.
- Die **Qualität des Druschs** kann durch die Wahl des Termins (u.a. im Hinblick auf die Platzfestigkeit der Hülsen), die äußeren Bedingungen, die Einstellungen des Mähdreschers und die Durchführung die Ertragsausbeute stark beeinflussen. Eine detaillierte Erfassung dieser Faktoren war nicht möglich.

Es ist in jedem Fall wichtig, neben den in diesem Projekt ermittelten wesentlichen Faktoren des Lupinenertrags auch die Hinweise und Tipps der vielfältig verfügbaren Anbauanleitungen zu berücksichtigen (S. 89).

Welche Bedingungen hatten keinen nachweisbaren Einfluss auf den Ertrag?

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

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

Boden und Nährstoffe

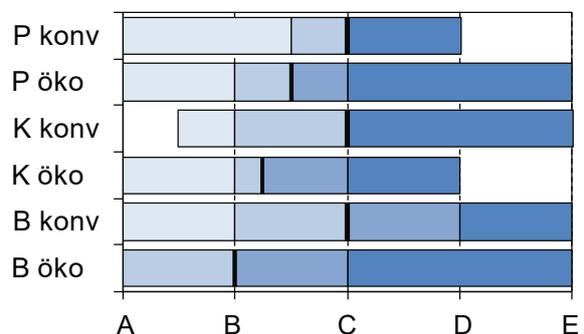
Für die physikalischen Bodeneigenschaften Bodenart und Bodenstruktur wurden Effekte auf den Ertrag ermittelt, z. B. über die Beeinflussung des Wasserhaushalts oder der Wurzelgesundheit. Auch der Humusgehalt schien vor allem über die Erhöhung der Wasserhaltefähigkeit einen gewissen Effekt auf den Ertrag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

Feldversuche genauer untersucht werden. Der Humusgehalt hatte zwar keinen direkten Ertragseinfluss war aber durch die Beeinflussung der Wasserhaltefähigkeit indirekt ertragsrelevant (S. 37).

Insgesamt variierten die Bodennährstoffe in einem weiten Bereich. Im Durchschnitt lagen sie bei ökologischer Bewirtschaftung auf etwas niedrigerem Niveau als auf konventionellen Schlägen. Dieser Unterschied war jedoch nur bei Kalium statistisch absicherbar.

Chemische Bodeneigenschaften

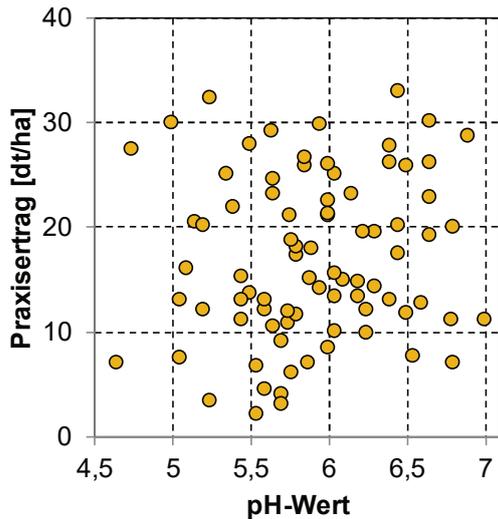
Die in 0 bis 20 cm Tiefe bestimmten chemischen Bodeneigenschaften (verfügbare Nährstoffe **P, K, Mg, B, Mn, Zn, Cu, S**; **pH-Wert, Humus, C/N-Verhältnis**) zeigten in den gefundenen Spannbreiten keine wesentliche Wirkung auf den Lupinenertrag. Bei den Nährstoffen ist ein Ertragseffekt ab einer VDLUFA-Versorgungsstufe B unwahrscheinlich. Für die Gehaltsklasse A liegen zu wenige Fälle vor, um eine verbindliche Aussage treffen zu können. Eine Ausnahme könnte die Phosphorversorgung auf Öko-Schlägen sein. Hier deuten die Ergebnisse darauf hin, dass eine Versorgungsstufe C oder höher günstiger waren als A oder B. Dieses Ergebnis muss aber durch gezielte



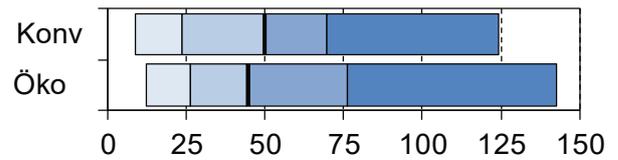
Phosphor, Kalium und Bor in 0-20 cm, VDLUFA-Versorgungsstufen, bei konventioneller und ökologischer Bewirtschaftung

Welche Faktoren beeinflussen den Ertrag?

Die **pH-Wert**-Empfehlungen für den Anbau der Blauen Lupine variieren in der Literatur: Als Höchstgrenze wird pH 6 bis 6,8, als untere Grenze meist pH 5 angegeben. Im pH-Wert-Bereich von 4,6 bis 6,9 konnte auf den untersuchten Praxisflächen kein deutlicher Ertragseffekt festgestellt werden.



Praxisertrag in Abhängigkeit vom pH-Wert



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

Die meist Mitte März bis Anfang April vor der Saat in 0 bis 90 cm Tiefe gemessenen N_{min} -Werte wiesen eine sehr große Spannbreite auf. Ein Unterschied in den Gehalten zwischen konventioneller und ökologischer Bewirtschaftung war nicht zu erkennen.

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

Bewirtschaftung

Fruchtfolge

Die langjährige Fruchtfolge-Vorgeschichte hatte kaum einen nachweisbaren Effekt auf den Lupinenertrag. Nur wenn in den 5 Vorjahren schon mal Lupinen angebaut wurden, war ein leicht negativer Einfluss auf die Knöllchenaktivität zu erkennen (S. 31). Negative Auswirkungen des Anbaus anderer Leguminosen waren nicht zu erkennen. Klee-grasanbau schien sogar eine positive Wirkung auf die Wurzelgesundheit zu haben (S. 33).

Die weitere Auswertung der Anbaugeschichte (10 Jahre vor dem untersuchten Lupinenanbau) erbrachte keine deutlichen Zusammenhänge der angebauten Haupt- und Zwischenfrüchte mit dem Lupinenertrag. So waren z. B. bei unterschiedlichen Getreide- oder Hackfruchtanteilen keine Effekte auf den Ertrag zu erkennen.

Auch ein Einfluss der direkten Vorfrucht (52 % Wintergetreide, 28 % Mais, 13 % Sommergetreide, 7 % Sonstige) auf den Lupinenertrag zeigte sich nicht.

Zwischenfrüchte wurden vor der Lupine auf 27 % der Untersuchungsschläge angebaut, davon ein Drittel Grünroggen. Ein direkter Effekt auf den Ertrag war auch hier nicht zu beobachten.

Bodenbearbeitung

Auf 22 % der Untersuchungsschläge wurde vor dem Lupinenanbau nicht gepflügt. Während die Bearbeitungstiefe einen Einfluss auf den Ertrag zu haben schien (S. 39), hatte die Wahl des Gerätes – **Pflug oder Grubber** – keinen deutlichen Effekt. Auch der Termin der Grundbodenbearbeitung – im Herbst (26 %) oder im Winter/Frühjahr – zeigte keine starken Auswirkungen auf den Ertrag.



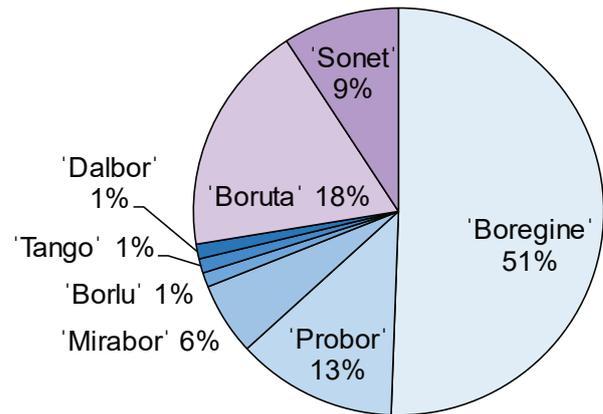
Verschiedene Sorten Blauer Süßlupine im praktischen Anbau

Lupinensorten

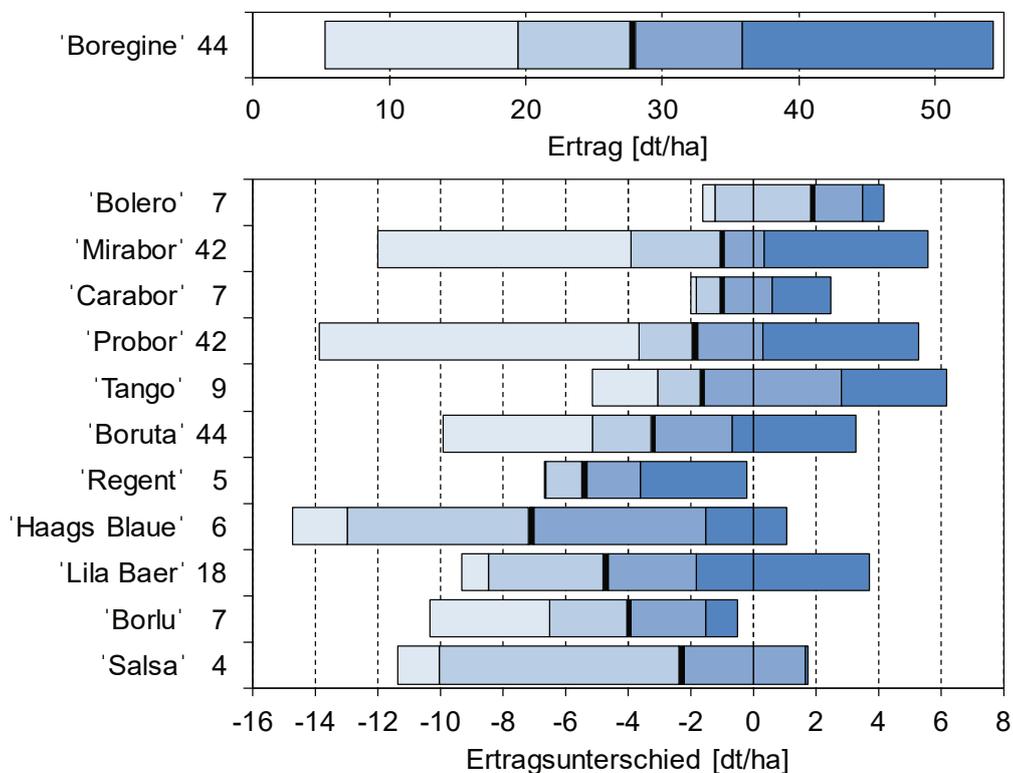
Insgesamt wurden in den Jahren 2015 bis 2018 auf den Untersuchungsschlägen 8 verschiedene Sorten der Blauen Lupine angebaut. Die Sorte 'Boregine' war auf der Hälfte der Schläge zu finden, gefolgt von der Sorte 'Boruta' mit 18%. Meist wurden Verzweigungstypen angebaut, nur zu 27% endständige Sorten.

Die Auswertung von 44 Landessortenversuchen aus den Jahren 2015 bis 2018 ergab eine große Streuung bei den Ergebnissen. Sowohl die absoluten Erträge als auch die Unterschiede zwischen den Sorten variierten je Standort und Jahr in einem weiten Bereich. Im Mittel lag nur die Sorte 'Bolero' leicht über dem Ertrag der Vergleichssorte 'Boregine'.

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



Auf den Untersuchungsschlägen von 2015 bis 2018 angebaute Lupinensorten, **blau**: verzweigt, **lila**: endständig



Oben: Ertrag der Vergleichssorte 'Boregine' in 44 Landessortenversuchen aus den Jahren 2015 bis 2018

Unten: Ertragsdifferenz verschiedener Lupinensorten zur Sorte 'Boregine' aus den Jahren 2015 bis 2018, Anzahl Versuche je Sorte hinter dem Sortennamen

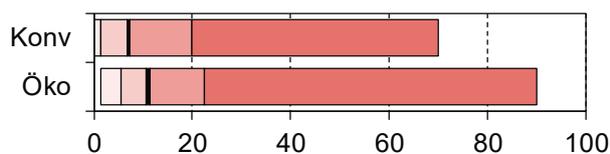
Die wichtigsten Einflussfaktoren im Detail



Welche Faktoren beeinflussen den Unkrautdruck?

Details zum Unkraut

Für den Unkrautdeckungsgrad zum Ende der Lupinenblüte wurde mit einem mittleren Ertragsrückgang von ca. 2 dt/ha je 10 % Deckungsgrad ein deutlicher Ertrageinfluss ermittelt. Bei 42 % der konventionellen und bei 54 % der ökologischen Bestände lag der Unkrautdeckungsgrad über 10 % und spielte somit eine wichtige Rolle bei der Ertragsbildung.

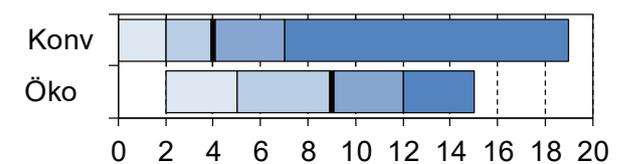


Unkrautdeckungsgrad zum Ende der Lupinenblüte [%]

Zwischen Unkrautauftreten und Ertrag der Blauen Lupine gibt es einen starken Zusammenhang – unabhängig davon, ob konventionell oder ökologisch angebaut wird (S. 28). Bei der Interpretation dieses Zusammenhangs ist es aber wichtig zu beachten, dass dafür verschiedene Effekte verantwortlich sein können. Einerseits kann starker Unkrautdruck das Wachstum und die Ertragsbildung der Lupine direkt beeinträchtigen. Andererseits ist es auch möglich, dass durch andere Bedingungen das Lupinenwachstum eingeschränkt wird und das Unkraut nur den entstehenden Konkurrenzvorteil nutzt. Auch Kombinationen beider Effekte in unterschiedlichen Wachstumsstadien sind möglich. In der vorliegenden Untersuchung war eine klare Trennung dieser Effekte nicht möglich.

Konventionell und ökologisch bewirtschaftete Lupinenbestände unterscheiden sich wesentlich in den Möglichkeiten, Unkraut zu regulieren. Prinzipiell ist beim konventionellen Lupinenanbau vor allem die Wirksamkeit der Herbizidanwendungen für den Grad der Unkrautdruck ausschlaggebend. Der Unkrautdruck in ökologisch angebauten Lupinenbeständen hängt dagegen von der direkten mechanischen Regulierung ab. Allerdings in geringerem Umfang als von den Herbizidanwendungen im konventionellen Anbau. Im Ökolandbau kommen daneben noch eine Vielzahl weiterer Faktoren ins Spiel wie z. B. Bodenbearbeitung oder Fruchtfolge bzw. Anbauvorgeschichte.

Trotz allem war im Projekt kein großer Unterschied im Unkrautdeckungsgrad zwischen den beiden Bewirtschaftungssystemen zu erkennen. Dafür waren aber die Unterschiede in der Anzahl gefundener Unkrautarten erheblich. Im Mittel wurden in den Messparzellen der konventionellen Lupinenbeständen 5 und in denen der ökologischen 9 Unkrautarten gefunden. Zwischen den einzelnen Beständen variierte die Artenzahl jedoch stark.

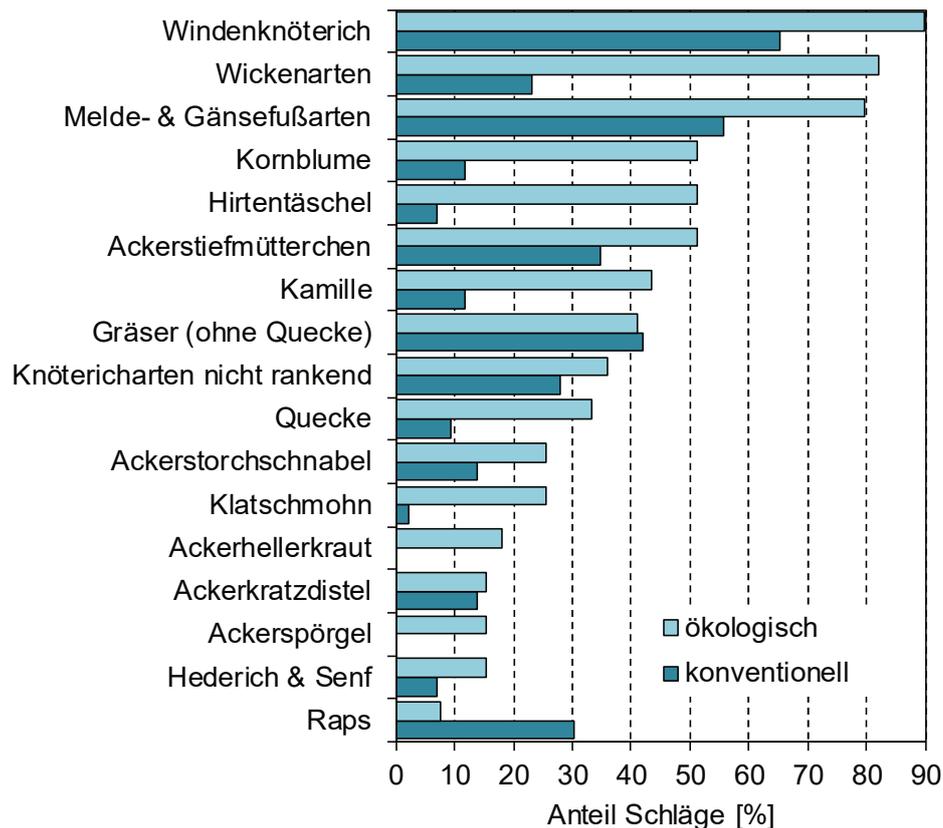


Anzahl Unkrautarten an zwei 5 m²-Messparzellen je Schlag

Die wichtigsten Einflussfaktoren im Detail

Auch in der Artenzusammensetzung waren deutliche Unterschiede zwischen den Anbausystemen erkennbar. Während z. B. Windenknöterich, Gänsefuß- und Meldearten sowie Quecke in beiden Systemen stark vertreten

waren, traten Wickenarten, Kornblume und Hirtentäschel vor allem in Öko-Beständen auf. Rapsdurchwuchs war hingegen überwiegend ein Problem auf einigen konventionellen Schlägen.



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

Bei dem wichtigen Ertragsfaktor „Unkrautdeckungsgrad zum Ende der Lupinenblüte“ erfolgte eine statistische Analyse der wesentlichen Einflussfaktoren. Es wurden dieselben Lupinenbestände einbezogen wie beim Ertrag (S. 25).

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

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

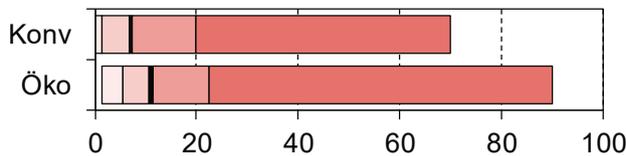
Die im Weiteren genannten Faktoren können also nur Hinweise auf mögliche Maßnahmen bzw. Bedingungen sein, die den Unkrautdruck auf den Untersuchungsschlägen gefördert bzw. reduziert haben.

Übersicht:

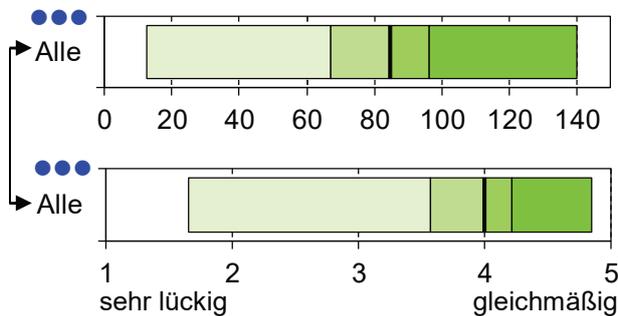
Wesentliche Faktoren des Unkrautdeckungsgrads

Die Untersuchung hat ergeben, dass sich die konventionelle und ökologische Bewirtschaftung in den wesentlichen Faktoren kaum unterscheiden. Deshalb werden sie auf dieser Seite gemeinsam dargestellt. Die Faktoren sind nach Ihrer Bedeutung für den Unkrautdeckungsgrad sortiert. Details finden sich auf den genannten Seiten.

Die Farben der Balken weisen auf den Zusammenhang mit dem Unkrautdeckungsgrad hin:
grün: hohe Werte des Faktors → oft geringe Unkrautdeckung → gut für den Ertrag;
rot: hohe Werte des Faktors → oft hohe Unkrautdeckung → schlecht für den Ertrag.

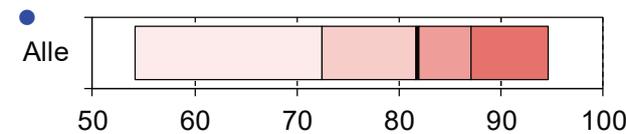


Unkrautdeckungsgrad [%], Ende Blüte:
 Negativer Einfluss auf den Ertrag
 S. 49

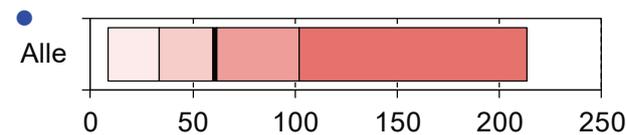


Faktoren hängen stark voneinander ab:
Bestandesdichte [Pflanzen/m²]: Je höher die Dichte an Lupinenpflanzen, umso weniger Unkrautdeckung (bis max. 90 Pfl./m²)
 S. 54

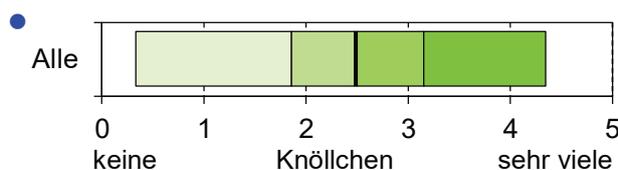
Bestandeshomogenität, Ende Blüte (Boniturnoten 1-5): je gleichmäßiger der Bestand, umso weniger Unkrautdeckung
 S. 58



Sandanteil im Boden [%], 0-20 cm: je mehr Sand, umso mehr Unkraut
 S. 59



Summe von Niederschlag und Beregnung im Juni [l/m²]: Höherer Unkrautdeckungsgrad bei feuchteren Bedingungen
 S. 59



Knöllchen, Ende Blüte (Boniturnoten 0-5): Geringerer Unkrautdeckungsgrad bei hohem Knöllchenbesatz
 S. 60

Weitere Faktoren des Unkrautdeckungsgrads

Die folgenden Faktoren spielten nur bei bestimmten Bewirtschaftungssystemen bzw. einigen wenigen Beständen eine Rolle oder hatten einen relativ geringen Effekt auf den

Unkrautdeckungsgrad zum Ende der Lupinenblüte. Diese Faktoren werden getrennt nach Bewirtschaftungssystem – ökologisch und konventionell – aufgeführt.

Konventionell

- In einigen Fällen war der Unkrautdeckungsgrad geringer, wenn vor der Saat eine **tiefe Bodenbearbeitung** (20 bis 30 cm) durchgeführt wurde (S. 60).
- 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 Voraufbauherbizid 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 **Voraufbauherbizide** traten seltener hohe Unkrautdeckungsgrade auf (S. 61). Diese Beobachtung sollte weiter untersucht werden.
- Die Ergebnisse weisen auf einen geringeren Unkrautdeckungsgrad in den Fällen keiner oder sehr **flacher Stoppelbearbeitung** im Vorjahr hin (S. 60). Diese Beobachtung widerspricht allerdings vielen Praxiserfahrungen und Versuchsergebnissen.



Hohes Unkrautauftreten nach Voraufbauherbizid auf humosem Boden (13,4 %) im Mai und im Juni

Ökologisch

- Die Ergebnisse zeigen nur eine leichte Tendenz dafür, dass bei häufigerer **mechanischer Unkrautregulierung** der Unkrautdeckungsgrad geringer war (S. 62).
- 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 (S. 60). Diese Beobachtung widerspricht allerdings vielen Praxiserfahrungen und Versuchsergebnissen.



10 Lupinenpflanzen Mitte Mai; die Saattiefe variierte von 1 bis 5 cm

Details zu den Unkrautfaktoren

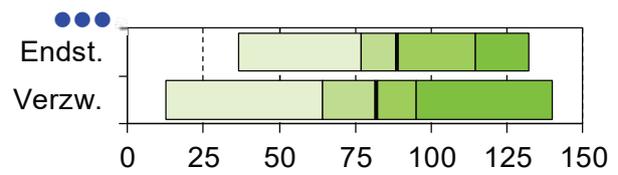
Bestandesdichte und -homogenität

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

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

Bestandesdichte

Die Bestandesdichte zum Ende der Lupinenblüte variierte in einem weiten Bereich von 13 bis 140 Pflanzen/m² und lag im Mittel bei 83 Pflanzen/m². Bestände mit endständigen Sorten lagen durchschnittlich bei 93 Pflanzen/m², Bestände mit verzweigten Sorten bei 79 Pflanzen/m². Unkrautdeckungsgrade über 20 % traten, bis auf eine Ausnahme, nur in Beständen mit weniger als 80 Lupinenpflanzen/m² auf.



Bestandesdichte [Pflanzen/m²] zum Ende der Lupinenblüte bei endständigen und verzweigten Lupinensorten

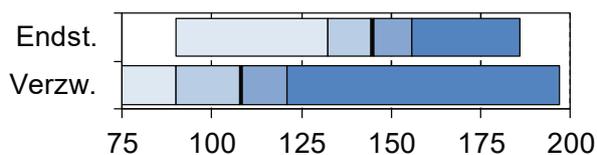
Die Bestandesdichte hatte sowohl als direkter Einflussfaktor als auch über die Beeinflussung des Unkrautdeckungsgrades einen starken Effekt auf den Lupinenertrag.



Unterschiedliche Lupinenbestandesdichten, von links nach rechts: 40, 60, 85, 110 und 130 Pflanzen/m²

Welche Faktoren beeinflussen den Unkrautdruck?

Ein wichtiger Faktor der Bestandesdichte ist die **Aussaatstärke**. Sie legt den Grundstein für die maximal erreichbare Anzahl Lupinenpflanzen/m². Insgesamt machten die Betriebe für 73 Schläge Angaben zur Aussaatstärke. Bei endständigen Sorten schwankte diese zwischen 90 und 186 Körner/m² (\bar{x} 143 Körner/m²) und bei verzweigten Sorten zwischen 75 und 197 Körner/m² (\bar{x} 111 Körner/m²). Leider unterschieden die Betriebe oft nicht zwischen Gesamtzahl oder Anzahl keimfähiger Körner. In den meisten Fällen weisen die Ergebnisse aber auf die Gesamtzahl hin. Insgesamt waren die Angaben zur Aussaatstärke oft relativ grob und in einigen Fällen nicht plausibel. Auswertungsergebnisse, bei der die Aussaatstärke beteiligt war, sind somit nur unter Vorbehalt zu interpretieren.



Aussaatstärke bei endständigen und verzweigten Lupinensorten [Körner/m²], Angaben der Betriebsleitung (siehe Text)

Die angegebenen Aussaatstärken unterschieden sich im Mittel nicht zwischen den

Bewirtschaftungssystemen konventionell oder ökologisch. Die Bestandesdichte zum Ende der Lupinenblüte lag jedoch im Durchschnitt bei den ökologisch bewirtschafteten Schlägen um 10 Pflanzen/m² niedriger als bei den konventionellen.

Neben der Aussaatstärke ist die **Auflauftrate**, d. h. der Prozentsatz von Saatgutkörnern, aus denen sich Pflanzen entwickeln, bestimmend für die Bestandesdichte. Als wesentliche Faktoren der Auflauftrate in der Zeitspanne 2- bis 8-Blattstadium wurden die Saatgutqualität (Keimfähigkeit und Triebkraft) und verschiedene Bewirtschaftungsmaßnahmen identifiziert.

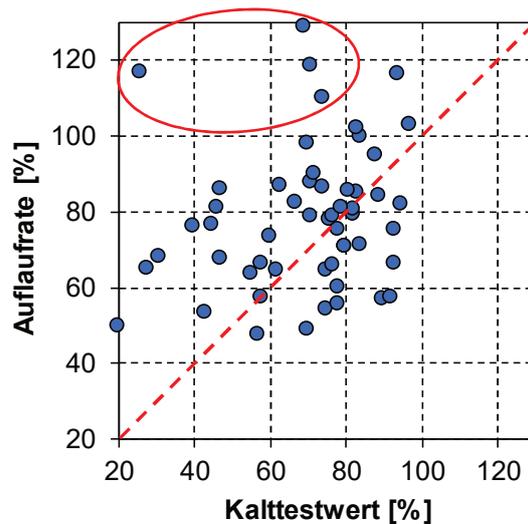
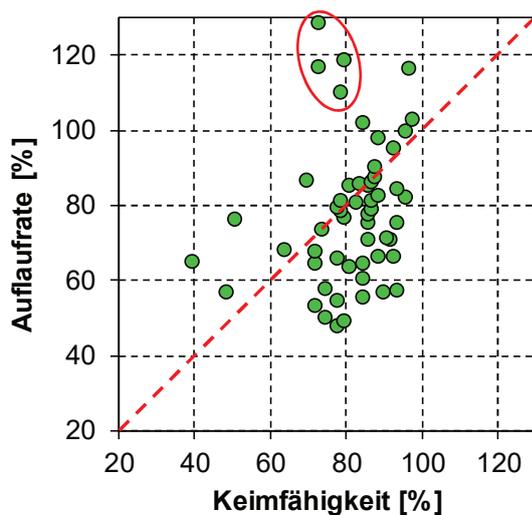
Die Betriebe stellten von insgesamt 60 Untersuchungsschlägen Proben des eingesetzten Saatguts zur Verfügung. Die **Keimfähigkeit** der untersuchten Proben schwankte zwischen 40 und 98 %. Bei 35 % der Proben lag die Keimfähigkeit unter 80 %.

Mit dem **Kalttest** wird die Keimfähigkeit bei niedrigeren Temperaturen und einer höheren Bodenaufgabe bestimmt, auch als Triebkraft bezeichnet. Sie reichte von 8 bis 97 %. Die meisten Proben lagen im Bereich von 55 bis 85 %. Ein deutlicher Unterschied zwischen Nachbau, Z- oder Basissaatgut war nicht nachzuweisen.



Lupinenbestand mit 110 Pflanzen/m²; Aussaatstärke war 150 Körner/m²

Die wichtigsten Einflussfaktoren im Detail



Zusammenhang von Keimfähigkeit bzw. Kalttestwert (Keimfähigkeit unter erschwerten Bedingungen: Triebkraft) und Auflaufrate (% Lupinenpflanzen von Anzahl ausgesäter Körner) 2015 bis 2018; rote Linie: alle als keimfähig getestete Körner haben eine Pflanze gebildet; weitere Erläuterungen im Text

Bei vier Schlägen gaben die Betriebe die Aussaatstärke vermutlich viel geringer an als tatsächlich ausgesät wurde. Deshalb lagen die Auflaufraten deutlich über der Keimfähigkeit (rot eingekreiste Punkte in der Grafik). Über der Keimfähigkeit liegende Auflaufraten können mit fehlerhaften Angaben der Betriebe aber auch mit der Entwicklung anormal gekeimter Körner zu vollwertigen Pflanzen begründet sein. Beim Keimfähigkeitstest werden nur normal gekeimte Körner gewertet. Bei ca. 30 % der Bestände lag die Auflaufrate deutlich unterhalb der Keimfähigkeit. Eine erheblich geringere Auflaufrate als der Kalttestwert wiesen nur 12 % der Bestände auf (siehe Grafiken). Das bedeutet, dass für die Berechnung der Aussaatstärke bei schwierigen Saatbedingungen der Kalttestwert besser geeignet ist als die Keimfähigkeit.

In einigen Fällen war die Saatgutqualität schon nach Augenschein bedenklich. Bei 12 % der Proben wurden 2 bis 7 % auffällige Körner gezählt. Dabei handelte es sich um halbierte, gequetschte oder verfärbte Körner. In diesen Fällen lag die Auflaufrate nur zwischen 47 und 75 %. Optisch auffällige Saatgutchargen

sollten in jedem Fall vor der Saat auf Keimfähigkeit untersucht werden.

Es gibt eine ganze Reihe von Bedingungen und Einflüssen, die über die Saatgutqualität hinaus die Auflaufrate beeinträchtigen können. In der Literatur werden z. B. ungünstige Saatbett- und Witterungsbedingungen, schlechte Qualität der Aussaat und zu große Saattiefe genannt. Bei der Auswertung der Untersuchungsschläge konnten folgende Faktoren mit Einfluss auf die Auflaufrate ermittelt werden:

- Die Auflaufrate lag bei einer tieferen Bodenbearbeitung vor der Saat meist höher als bei sehr flacher Bearbeitung. Dies galt vor allem in dem Bereich 0 bis 15 cm Bearbeitungstiefe.
- In Einzelfällen lag die mittlere Saattiefe zwischen 6 und 7 cm. Diese sehr tiefe Saat war mit schlechtem Feldaufgang verbunden.

Welche Faktoren beeinflussen den Unkrautdruck?

- In wenigen Fällen wurde auf konventionellen Betrieben gebeiztes Saatgut eingesetzt. Die Auflauftrate war auf diesen Schlägen meist vergleichsweise hoch.
- Im Durchschnitt schien geimpftes Saatgut eine etwas geringere Auflauftrate zu haben als ungeimpftes. Bei ca. der Hälfte der Bestände wurde das Saatgut auf den Betrieben geimpft.

Zum Zeitpunkt Ende der Lupinenblüte wurden im Durchschnitt 10 Pflanzen/m² weniger ermittelt als im 2- bis 8-Blattstadium. Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass hohe **Pflanzenverluste bis Ende der Blüte** vor allem dann auftreten wenn:

- der vorherige Winter relativ warm ist,
- die N_{min}-Werte (0-30 cm) vor der Saat hoch sind,
- das Saatgut eine geringe Tausendkornmasse aufweist,

- die Temperaturen während der Jugendentwicklung vergleichsweise niedrig sind,
 - die Wasserversorgung von der Saat bis Ende der Blüte für eine gute Entwicklung nicht ausreicht,
 - starker Sklerotiniabefall auftritt,
 - viele Wildfraßschäden an den Lupinenpflanzen beobachtet werden.
- Ob in allen Fällen ein realistischer Zusammenhang vorliegt, muss weiter untersucht werden.

Fazit: Um eine hohe Bestandesdichte zu erreichen, ist es wichtig, bei der Saat sowohl die Saatgutqualität als auch mögliche zukünftige Verluste einzukalkulieren. Sorgfalt bei der Saatbettbereitung, beim Einstellen der Drillmaschine und der Aussaat sind wichtige Voraussetzungen für einen unkrautunterdrückenden Bestand.



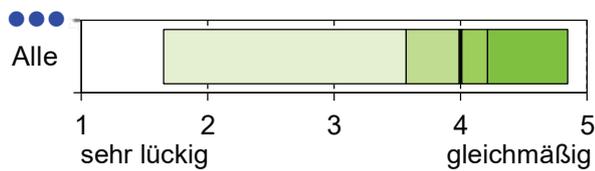
Lupinensaat in leichten, trockenen Boden

Die wichtigsten Einflussfaktoren im Detail

Bestandeshomogenität

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

Etwa die Hälfte der Bestände erreichte mindestens die Boniturnote 4. Unterschiede in den Ergebnissen zwischen konventioneller und ökologischer Bewirtschaftung wurden nicht nachgewiesen.



Bestandeshomogenität zum Ende der Lupinenblüte (Boniturnoten 1-5)

Der wichtigste Faktor für das Erreichen homogener Bestände war eine hohe Bestandesdichte. Daneben wurden aber noch folgende Faktoren ermittelt:

- Je höher der Sandanteil im Boden war, umso ungleichmäßiger waren im Durchschnitt die Bestände.
- Im Mittel waren die Bestände gleichmäßiger bei einer tieferen Bodenbearbeitung vor der Saat (Spannweite: 2 bis 30 cm).
- Eine gleichmäßige Saattiefe ergab häufig auch homogene Bestände.
- Je mehr Pflanzen zum Ende der Blüte keine Knöllchen mehr aufwiesen – meist durch Blattrandkäferlarven verursacht –, umso ungleichmäßiger waren die Bestände.

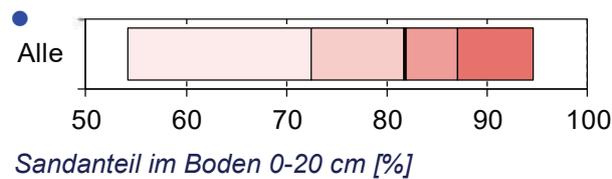


Die ungleichmäßige Verteilung von Lupinenpflanzen ist oft auf eine ungleichmäßige Saatgutablage in den Drillreihen zurückzuführen und kann zu gravierenden Lücken im Bestand führen.

Boden

Sandanteil

Ein Großteil der untersuchten Lupinenbestände wurde auf sehr leichten Böden angebaut. Über die Hälfte der Schläge wiesen einen Sandanteil von mehr als 80 % auf.



Im Durchschnitt stieg der Unkrautdeckungsgrad am Ende der Lupinenblüte mit dem

Sandanteil an. Ob dieser Zusammenhang z. B. mit der geringeren Konkurrenzkraft der Lupinen oder der extensiveren Bewirtschaftung auf sehr leichten Böden begründet ist, konnte nicht geprüft werden.

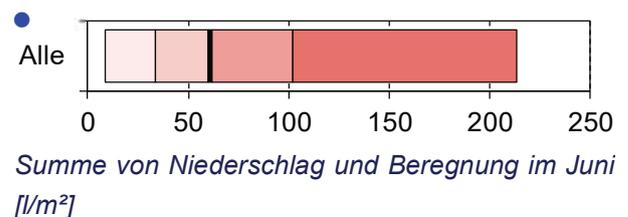
Organische Substanz

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

Wasserversorgung

Von den konventionellen Betrieben wurde eine schlechte Wirkung des Voraufbauherbizids oft auf **trockene Boden- bzw. Witterungsbedingungen** zurückgeführt. Im Mittel konnte in der Untersuchung jedoch kein Zusammenhang zwischen Niederschlag in den Wochen vor und nach der Saat und dem Unkrautdeckungsgrad nachgewiesen werden.

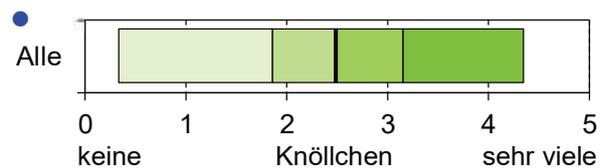
Von einer insgesamt **guten Wasserversorgung** profitierte häufig nicht nur die Lupine, sondern auch das Unkraut. Besonders auf Schlägen mit überdurchschnittlich hohen Niederschlagsmengen im Juni war der Unkrautdeckungsgrad am Ende der Lupinenblüte häufig hoch und führte zu geringeren Lupinerträgen (S. 36).



Knöllchenbesatz der Wurzeln

Auf Seite 30 wurde der starke Zusammenhang von Knöllchenbesatz an den Lupinenwurzeln und dem Ertrag behandelt. Auch zwischen Knöllchenbesatz und Unkrautdeckungsgrad konnte ein Zusammenhang beobachtet werden. Bei höherem Knöllchenbesatz war der Unkrautdeckungsgrad zum Ende der Blüte meist geringer als bei wenigen Knöllchen an den Wurzeln. Wahrscheinlich ist dies auf die

bessere Stickstoffversorgung der Lupinenpflanzen und die dadurch erhöhte Konkurrenzskraft zurückzuführen.



Knöllchen zum Ende der Lupinenblüte (Boniturnoten 0-5)

Bodenbearbeitung

Schon die Intensität der **Stoppelbearbeitung** nach der Vorfrucht schien einen Einfluss auf den Unkrautdeckungsgrad in den untersuchten Lupinenbeständen gehabt zu haben. Im Gegensatz zu anderen Praxiserfahrungen und Forschungsergebnissen war jedoch das Unkraut nach fehlender oder sehr flacher Stoppelbearbeitung im Durchschnitt etwas geringer. Das traf sowohl für die konventionellen als auch die ökologisch bewirtschafteten Schläge zu. Dieser Effekt ist auch gegensätzlich zur direkten Ertragswirkung, bei der eine tiefe Stoppelbearbeitung eher positiv bewertet wurde (S. 39). Zur Wirkung der Stoppelbearbeitung auf die Unkrautentwicklung, insbesondere auf leichten Böden, sind weitere Untersuchungen wünschenswert.

Auf den konventionellen Schlägen zeigte die **letzte Bodenbearbeitung vor der Saat** einen geringen Effekt. Bei tieferer Bearbeitung (15-30 cm) wurden keine Fälle mit hohem Unkrautdeckungsgrad in den Lupinen festgestellt. Ob hier ein kausaler Zusammenhang besteht, ist aus den Ergebnissen nicht abzuleiten.

Plausibel ist hingegen der negative Effekt von **unebenem Saatbett** und **ungleichmäßiger Saattiefe** auf ökologisch bewirtschafteten Schlägen. Bei einzelnen Beständen wurden dabei erhöhte Lupinenverluste durchs Striegeln, verbunden mit einem hohen Unkrautdeckungsgrad zum Ende der Blüte, beobachtet. Ein ungleichmäßiger Feldaufgang kann die Einsatzmöglichkeiten des Striegels einschränken oder zu hohen Verlusten an Lupinenpflanzen führen.

Direkte Unkrautregulierung

Herbizideinsatz

Bei der Unkrautbekämpfung gab es auf den konventionellen Untersuchungsschlägen nur ein relativ enges Spektrum an Maßnahmen. Auf 18 % der Schläge wurde schon zwischen Ernte der Vorfrucht und der Lupinensaat eine Totalherbizidanwendung durchgeführt (Glyphosat). Auswirkungen auf den Unkrautdeckungsgrad in den Lupinen waren nicht erkennbar.

Auf 93 % der konventionellen Schläge kamen Voraufbauherbizide zum Einsatz. Dabei wurden insgesamt drei verschiedene Präparate pur oder in Kombination verwendet. Am häufigsten war ein Mittel mit den Wirkstoffen S-Metolachlor und Terbutylazin vertreten (80 %). Meist erfolgte nur eine Anwendung. In einem Fall wurde zweimal im Voraufbau behandelt.

Bei der Kombination der beiden Mittel mit den Wirkstoffen S-Metolachlor, Terbutylazin und Prosulfocarb (Mix1 in der Tabelle) sowie der Kombination aller drei Mittel traten keine Fälle mit einem Unkrautdeckungsgrad von über 10 % auf. Bei den anderen Kombinationen und der reinen Mittelanwendung gab es jeweils einige Schläge mit höherem Unkrautdeckungsgrad.

In zwei von den drei konventionellen Fällen ohne Voraufbauherbizid lag der Unkrautdeckungsgrad am Ende der Lupinenblüte bei über 20 %.

Nur in 5 % der Bestände kam ein Nachaufbauherbizid zur Gräserbekämpfung (Fluazifop-P) zum Einsatz. Für eine Bewertung des Erfolgs der Anwendung waren es zu wenig Fälle.

Bekanntermaßen kann der Wirkungsgrad von Herbiziden durch trockene Boden- bzw. Witterungsbedingungen oder hohe Humusgehalte des Bodens reduziert werden. Im Mittel war jedoch kein Zusammenhang zwischen Niederschlag im Zeitraum vor und nach der Saat und dem Unkrautdeckungsgrad zu erkennen. In einzelnen Fällen trat auf sehr humosen Böden trotz Voraufbauherbizid ein hoher Unkrautdruck auf.

Insgesamt wurde auf einem Viertel der konventionellen Schläge zum Ende der Lupinenblüte ein Unkrautdeckungsgrad von über 20 % festgestellt. Mit den erhobenen Daten konnte nicht für jeden dieser Schläge die Ursache dafür geklärt werden.

Einsatz von Voraufbauherbiziden auf Lupinenschlägen, Anteil der konventionellen Schläge [%]

Mittel mit den Wirkstoffen:	pur	Mix1	Mix2	Mix3	Mix4
S-Metolachlor & Terbutylazin	55	10		12	3
Prosulfocarb			13		
Pendimethalin					

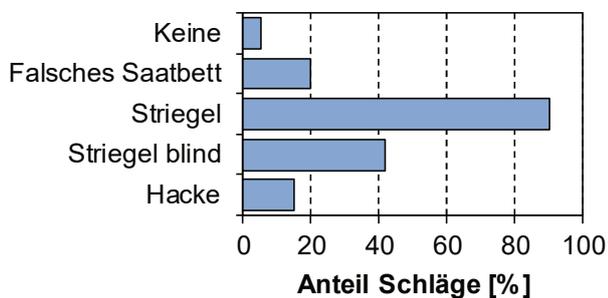
Die wichtigsten Einflussfaktoren im Detail

Mechanische Unkrautregulierung

Auf den ökologisch bewirtschafteten Lupinenschlägen wurden verschiedene Maßnahmen zur mechanischen Unkrautregulierung durchgeführt. Der Striegel kam am häufigsten zum Einsatz. In einigen Fällen wurde aber auch vor der Saat das „Falsche Saatbett“ angewendet oder im Bestand die Maschinenhacke eingesetzt.

Bei geeigneten Boden- und Witterungsbedingungen kann vor der Lupinensaat die Maßnahme „**Falsches Saatbett**“ eingesetzt werden. Hierbei wird relativ frühzeitig ein Saatbett bereitet, das nach beginnendem Keimungsprozess der Unkräuter erneut flach bearbeitet wird. Bei 20 % der untersuchten Öko-Lupinenbestände wurde diese Maßnahme durchgeführt, in einem Fall sogar zweimal. Ein deutlicher Einfluss auf den Unkrautdeckungsgrad im Lupinenbestand war jedoch nicht zu erkennen.

Zwischen Saat und Auflaufen der Lupine wurden über 35 % der Lupinenschläge einmal gestriegelt (**Blindstriegeln**), nur in 5 % zweimal. Im Mittel war der Unkrautdeckungsgrad in Beständen mit und ohne Blindstriegeln jedoch nicht unterschiedlich.

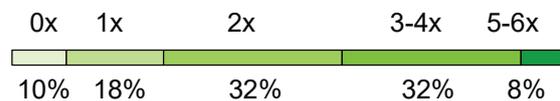


Mechanische Unkrautregulierung, Anteil der Öko-Lupinenbestände je Maßnahme [%]

Die Häufigkeit der **Striegeleinsätze** variierte in einem weiten Bereich. Auf 10 % der Schläge wurde nicht gestriegelt, auf der Hälfte

erfolgten ein bis zwei Striegelgänge. 40 % der Bestände wurden zwischen drei- und sechsmal gestriegelt. Die Ergebnisse zeigen eine leichte Tendenz, dass bei häufigerer **mechanischer Unkrautregulierung** der Unkrautdeckungsgrad zum Ende der Lupinenblüte geringer war.

In einigen Fällen konnte ein hoher Unkrautdeckungsgrad bei großem zeitlichen Abstand von der Saat bis zum ersten Striegeln beobachtet werden. Bekanntermaßen ist eine Bekämpfung von Unkräutern mit dem Striegel umso erfolgreicher, je früher nach deren Keimung die Maßnahme erfolgt.



Häufigkeit des Einsatzes vom Striegel, Anteil der Öko-Lupinenbestände [%]

Auf zwei Projektbetrieben wurde mit einer **Maschinenhacke** gearbeitet. Insgesamt wurden 15 % der untersuchten Öko-Schläge gehackt. Meist wurde nur ein Arbeitsgang durchgeführt, dann erfolgten zusätzlich auch Striegeleinsätze. In zwei Fällen wurde ohne Striegeln in zwei Durchgängen gehackt. Die Bestände mit Einsatz der Maschinenhacke waren im Unkrautdeckungsgrad durchschnittlich deutlich geringer als bei ausschließlicher Striegeln. Der Unkrautdeckungsgrad erreichte hier maximal 15 %.

Trotz der großen Unterschiede bei der Intensität der direkten mechanischen Unkrautregulierung waren die Effekte der Regulierungsintensität auf den Unkrautdeckungsgrad zum Ende der Lupinenblüte kaum nachzuweisen. Es steht außer Frage, dass mit Striegel, Maschinenhacke und falschem Saatbett eine deutliche Reduzierung der Verunkrautung möglich ist. Verschiedene Gründe können dafür verantwortlich sein, dass dieser Effekt in der vorliegenden Untersuchung nur in

Welche Faktoren beeinflussen den Unkrautdruck?

geringem Maße nachweisbar war. Zum einen hängt die Wirksamkeit jeder einzelnen Maßnahme von vielen Faktoren ab, z. B. aktueller Bodenzustand, Gerätezustand und -einstellung, Qualität der Durchführung sowie der folgenden Witterung. Diese konnten im vorliegenden Projekt nicht erfasst werden. Zum anderen spielt der jeweilige Unkrautdruck einer Fläche eine große Rolle. So kann eine niedrige Regulierungsintensität bei geringem Unkrautdruck zu ähnlichem Unkrautdeckungs-

grad führen wie eine hohe Intensität bei starkem Unkrautdruck. Bei Beständen mit geringem Unkrautdeckungsgrad kann es sein, dass die Betriebe schlagspezifisch die „richtige Intensität des Striegeln“ in Abhängigkeit vom Unkrautdruck durchgeführt haben.

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



*Oben: Erster Striegelarbeitsgang und Einsatz einer Gänsefußscharhacke in Lupinenbeständen
Unten: Rotary Hoe-Striegel zur Unkrautregulierung und zum Krustenbrechen (im Projekt nicht verwendet)*

Ungeprüfte mögliche Faktoren des Unkrautdeckungsgrads

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

- Nicht alle **Standortbesonderheiten** konnten durch die Untersuchungen genau ermittelt werden; z. B. Witterungsdaten nicht vom Schlag, sondern von der jeweils nächstgelegenen Wetterstation, spezielle Unterbodenbedingungen, Besonderheit in der Vorgeschichte, die nicht aufgezeichnet wurden.
- Die **langjährige Bewirtschaftung** spielt für die Entwicklung des Unkrautdrucks und damit auch des aktuellen Unkrautdeckungsgrads eine wichtige Rolle. Im Projekt konnte die 10-jährige Anbaugeschichte der untersuchten Schläge zwar berücksichtigt werden. Allerdings lagen weder Angaben zum Zustand der angebauten Haupt- und Zwischenfrüchte (z. B. Unkrautunterdrückung, aussamende Unkräuter, etc.) noch zur Qualität der organischen Düngemittel vor (Unkrautbesatz, Unkrautimport). Diese Gründe können mit dafür verantwortlich sein, dass in dieser Untersuchung kaum Unkrautfaktoren aus dem Bereich der langfristigen Bewirtschaftung gefunden wurden.
- **Qualität der Bodenbearbeitung:** Von der Grundbodenbearbeitung bis zur Saatsbettbereitung spielt der jeweilige Bodenzustand, die Qualität der Durchführung und die Wachstumsstadien der vorhandenen Unkräuter für die unkrautunterdrückende Wirkung eine große Rolle. Eine Erfassung dieser Bedingungen war nicht möglich.
- Die eingesetzte **Saattechnik** und die **Qualität der Aussaat** können einen deutlichen Einfluss auf die Bestandesentwicklung und damit auch auf die Verunkrautung haben. Es konnte im Rahmen des Projekts jedoch nur abgefragt werden, welche Saattiefe angestrebt wurde.
- Die **Wirksamkeit von Herbizidanwendungen** können z. B. erheblich durch die Geräteeinstellungen, den Düsenzustand, die Witterung und die Durchführung beeinflusst werden. Eine detaillierte Erfassung dieser Faktoren war nicht möglich.
- Die **Wirksamkeit der Maßnahmen zur mechanischen Unkrautregulierung** hängen u. a. stark von dem Gerätezustand, den Einstellungen, dem Bodenzustand, der Durchführung und der folgenden Witterung ab. Eine detaillierte Erfassung dieser Faktoren war nicht möglich.

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

Welche Bedingungen hatten keinen nachweisbaren Einfluss auf das Unkraut?

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

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

Welche Faktoren beeinflussen den Proteingehalt?

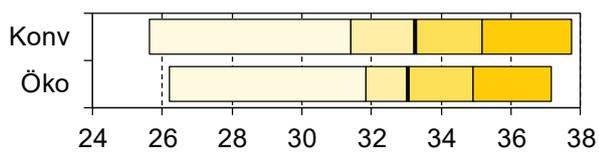
Details zum Proteingehalt

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

Die nach der Kjeldahl-Methode ermittelten und auf die Trockensubstanz bezogenen Proteingehalte der Ernteproben variierten in einem weiten Bereich von unter 26 % bis fast 38 %. Im Durchschnitt wurden 33 % erreicht. Weder in der Spannweite noch im Median waren deutliche Unterschiede zwischen konventioneller und ökologischer Bewirtschaftung zu erkennen.

Ähnlich wie bei Ertrag und Unkrautdruck wirkten auch beim Proteingehalt die Faktoren auf den konventionell und ökologisch bewirtschafteten Schlägen sehr ähnlich. Deshalb wurden auch sie gemeinsam ausgewertet. Berücksichtigt wurden 37 konventionelle und 38 ökologische Lupinenbestände.

Mit den im Folgenden dargestellten sechs wichtigsten Faktoren konnten 50 % der Proteingehaltsunterschiede erklärt werden.



Proteingehalte der Handernteproben [% i. d. TS]

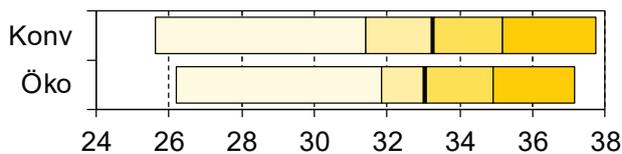


Verschiedene Handernteproben von Praxis-Lupinenschlägen

Übersicht: Wesentliche Faktoren des Proteingehalts

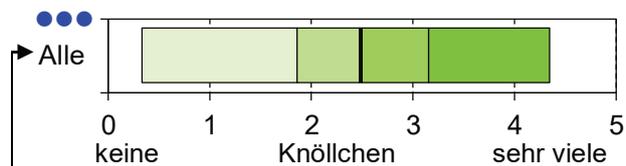
Die Faktoren sind nach Ihrer Bedeutung für den Proteingehalt sortiert. Details finden sich auf den genannten Seiten.

Die Farben der Balken weisen auf den Zusammenhang mit dem Proteingehalt hin:
grün: hohe Faktorwerte → hohe Proteingehalte;
rot: hohe Faktorwerte → niedrige Proteingehalte.



Proteingehalt [% i. d. TS]

S. 66

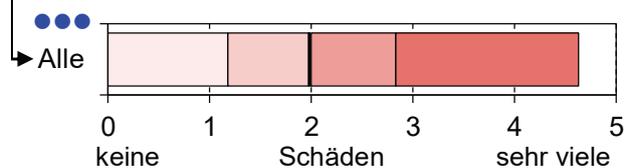


Faktoren hängen stark voneinander ab:

Knöllchen, Ende Blüte (Boniturnoten 0-5):

∅ ca. **+1,0 Prozentpunkte pro Boniturnote**

S. 68 & S. 30

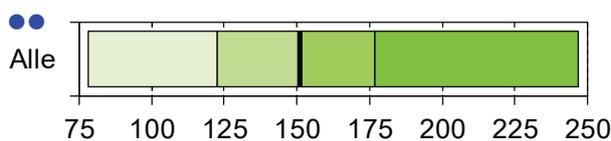


Wurzelschäden, Ende Blüte

(Boniturnoten 0-5):

∅ ca. **-0,9 Prozentpunkte pro Boniturnote**

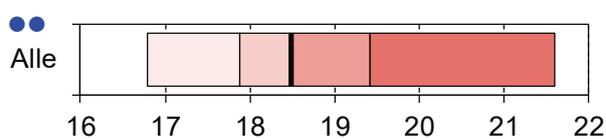
S. 68 & S. 30



Bodenwasser [l/m²] in 0-90 cm, Frühjahr vor Saat:

∅ ca. **+0,6 Prozentpunkte pro 10 l/m²**

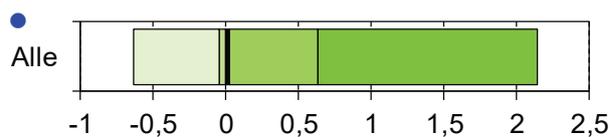
(Effekt nur bis 150 l/m²; besonders stark bei hohen Temperaturen vor der Ernte) S. 69



∅ Temperatur [°C], Tageslufttemperatur in den vier Wochen vor der Ernte:

∅ ca. **-0,8 Prozentpunkte pro 1 °C**

(Effekt besonders stark bei geringer Bodenwassermenge im Frühjahr) S. 69

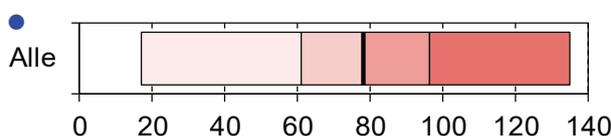


Sortenpotential Protein [% i. d. TS],

Unterschied zur Sorte 'Boregine' (Median deutscher Sortenversuche 2015-2018: 31,7 % i. d. TS):

∅ ca. **+0,6 Prozentpunkte pro +1 %**

S. 70



Bestandesdichte [Pflanzen/m²] zur Ernte:

∅ ca. **-0,2 Prozentpunkte pro 10 Pfl./m²**

S. 71 & S.54

Weitere Faktoren des Proteingehalts

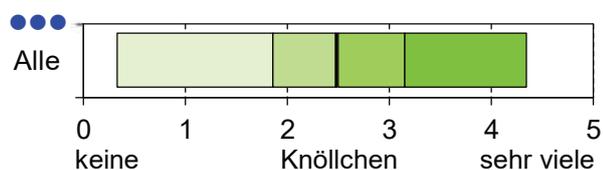
Einzelne Faktoren spielten nur bei wenigen Beständen eine Rolle oder hatten einen relativ geringen Effekt auf den Proteingehalt:

- 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 (siehe S. 49).
- In einigen Fällen waren die Hülsen bei der Ernte dunkel verfärbt, wahrscheinlich durch **Schwärzepilze**. Diese Verfärbung war häufig mit unterdurchschnittlichen Proteingehalten verbunden.

Details zu den Proteinfaktoren

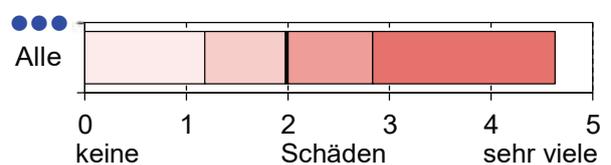
Lupinenwurzeln – Knöllchenbesatz und Schädigungen

Den stärksten Einfluss auf den Proteingehalt hatten der Knöllchenbesatz und die Schäden an den Lupinenwurzeln. Im Durchschnitt erhöhte sich der Proteingehalt **mit jeder Knöllchen-Boniturnote um 1 Prozentpunkt**. **Jede Wurzelschaden-Boniturnote** verringerte dagegen den Gehalt um **0,9 Prozentpunkte**.



Knöllchenbesatz am Ende der Lupinenblüte (Boniturnoten 0-5)

Da das Ausmaß der Wurzelschädigungen und der Knöllchenbesatz eng miteinander zusammenhängen (S. 30) war eine klare Trennung der Einzeleffekte auf den Proteingehalt nicht möglich.



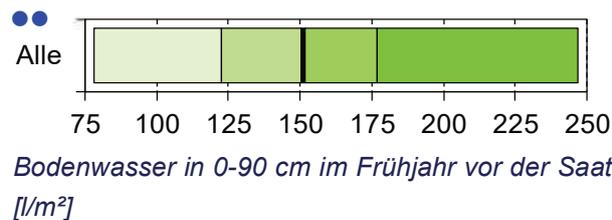
Wurzelschäden am Ende der Lupinenblüte (Boniturnoten 0-5)

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

Details zu den Einflussfaktoren auf den Knöllchenbesatz und die Wurzelschäden finden sich ab Seite 30.

Bodenwasser

Die Menge an Bodenwasser in 0 bis 90 cm Tiefe im Frühjahr vor der Lupinensaat hatte nicht nur auf den Ertrag, sondern auch auf den Proteingehalt einen positiven Einfluss (siehe auch S. 37).

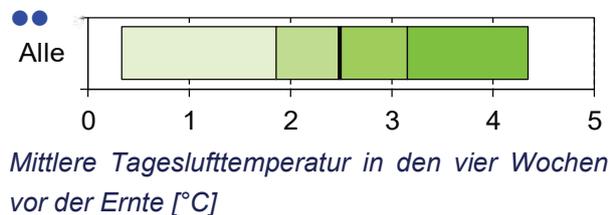


Pro **10 l/m² Bodenwasser** erhöhte sich der Proteingehalt um durchschnittlich ca. **0,6 Prozentpunkte**. Dieser Effekt zeigte sich nur bis zu einer Bodenwassermenge von maximal 150 l/m² und galt somit für die Hälfte der untersuchten Schläge. Besonders stark war der Einfluss des Bodenwassers bei überdurchschnittlich hohen Temperaturen vor der Ernte (siehe auch nächster Punkt: *Temperatur*). Dieser Effekt weist darauf hin, dass das Bodenwasser als Maß der Wasserhaltefähigkeit des Bodens eine besondere Rolle spielte.

Temperatur

Mit Ausnahme der Temperaturen vor der Ernte, hatten die Temperaturbedingungen während der Vegetation anscheinend wenig Einfluss auf den Proteingehalt.

Mit jedem **Grad** mehr bei der durchschnittlichen Lufttemperatur in den **4 Wochen vor der Ernte** nahm der Proteingehalt durchschnittlich um **0,8 Prozentpunkte** ab. Ein ähnlicher Effekt durch Hitzeperioden vor der Ernte wird auch in der Literatur beschrieben.



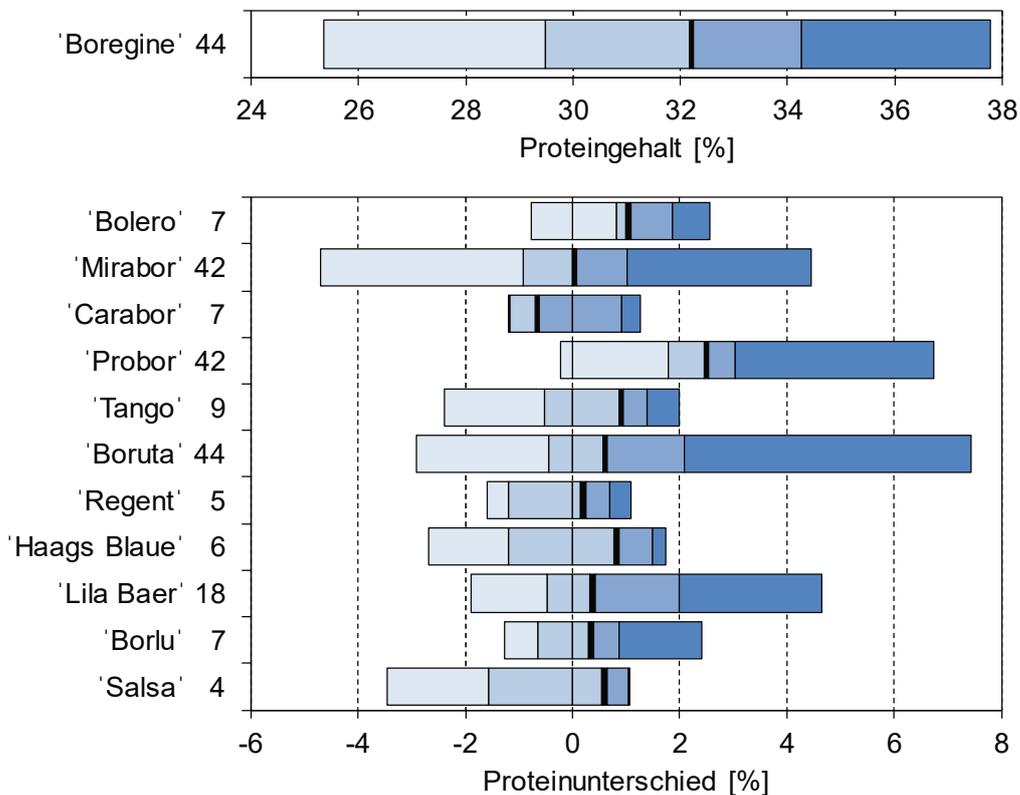
Im vorliegenden Versuch trat dieser Temperatureinfluss bei geringem Bodenwassergehalt stärker auf als bei Böden mit höherem Wassergehalt. Deshalb ist ein Teil des Temperatureffekts wahrscheinlich auf Wasserstress zurückzuführen. Möglicherweise behindern hohe Temperaturen während der Abreife die Verlagerung von Proteinen innerhalb der Pflanze.

Aufgrund unterschiedlicher Witterungsbedingungen variierte die durchschnittliche Temperatur in den 4 Wochen vor der Ernte zwischen 16,8 und 21,6 °C.

Sortenpotential

Insgesamt wurden in den Jahren 2015 bis 2018 auf den Untersuchungsschlägen 8 verschiedene Sorten der Blauen Lupine angebaut (S. 47). Um den Sorteneinfluss auf den Proteingehalt zu prüfen, wurden die Ergebnisse von Landessortenversuchen verwendet.

Bei der Auswertung von 44 Landessortenversuchen der Jahre 2015 bis 2018 zeigte sich eine große Streuung der Ergebnisse. Sowohl die absoluten Proteingehalte als auch die Unterschiede zwischen den Sorten variierten je Standort und Jahr in einem weiten Bereich. Im Mittel lag nur die Sorte 'Carabor' leicht unter dem Proteingehalt der Vergleichssorte 'Boregine'. Die anderen Sorten erreichten ein vergleichbares oder höheres Niveau.

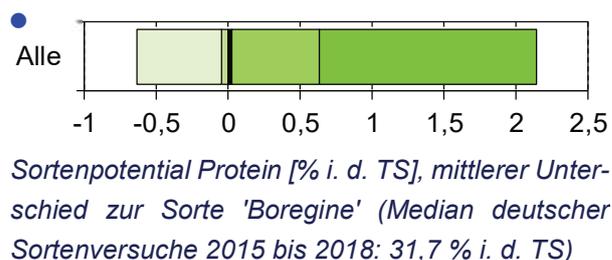


Oben: Proteingehalt (in der Trockenmasse) der Vergleichssorte 'Boregine' in 44 Landessortenversuchen aus den Jahren 2015 bis 2018

Unten: Proteingehaltsdifferenz verschiedener Lupinensorten zur Sorte 'Boregine' aus den Jahren 2015 bis 2018, Anzahl Versuche je Sorte hinter dem Sortennamen

Welche Faktoren beeinflussen den Proteingehalt?

Bei der Auswertung der Proteinergebnisse von den Untersuchungsschlägen wurde geprüft, ob ein Zusammenhang zwischen dem mittleren Sortenpotential (Proteinunterschied zur Sorte 'Boregine' aus den Sortenversuchen) und den Praxisergebnissen bestand. **Je Prozentpunkt Proteinunterschied in den Versuchen** wurde ein Effekt von **0,6 Prozentpunkten** gefunden. Das heißt, Sorten mit im Durchschnitt hohen Proteingehalten zeigten dies auch unter Praxisbedingungen, allerdings in geringerem Ausmaß.

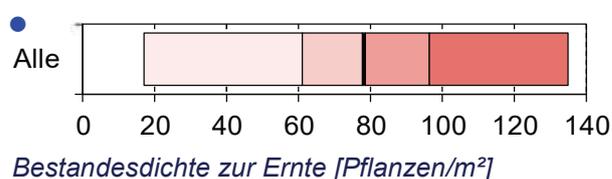


Sortenvergleich im Feldversuch

Bestandesdichte

Die Ergebnisse aus den Praxisuntersuchungen weisen darauf hin, dass hohe Bestandesdichten bei der Blauen Lupine mit etwas geringeren Proteingehalten verbunden sein können. Je 10 Pflanzen/m² mehr zur Ernte nahm der Proteingehalt im Durchschnitt um 0,2 Prozentpunkte ab. Es gibt jedoch keine Ergebnisse aus anderen Untersuchungen, die einen direkten Zusammenhang zwischen Bestandesdichte und Proteingehalt bestätigen. Eventuell könnte es sich um einen

scheinbaren Zusammenhang handeln, z. B. dadurch, dass bestimmte Einflüsse sowohl die Bestandesdichte als auch den Proteingehalt beeinflussen. Mehr Informationen zur Bestandesdichte sind auf Seite 54 zu finden.



Ungeprüfte mögliche Faktoren des Proteingehalts

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

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

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

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

Es ist in jedem Fall wichtig, neben den in diesem Projekt ermittelten wesentlichen Faktoren des Proteingehalts der Lupine auch die Hinweise und Tipps der vielfältig verfügbaren Anbauanleitungen zu berücksichtigen (S. 89).

Welche Bedingungen hatten keinen nachweisbaren Einfluss auf Proteingehalt

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

- Wie beim Ertrag zeigte sich auch beim Proteingehalt kein wesentlicher Einfluss von **Pflug** bzw. **pflugloser Grundbodenbearbei-**

tung, weder bei den konventionellen (60 % Pflug) noch bei den ökologischen Schlägen (97 % Pflug).

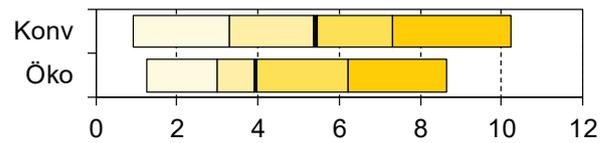
- Die untersuchten **Makro-** und **Mikronährstoffe** (P, K, Mg, S, Mn, B, Cu, Zn) im VDLUFA-Versorgungsstufenbereich von B bis E und der **pH-Wert** im Bereich von 4,7 bis 6,9 wiesen keine deutlichen Effekte auf den Proteingehalt auf.
- Der **Unkrautbesatz** hatte, anders als beim Ertrag, keinen deutlichen Effekt auf den Proteingehalt.

Proteinertrag

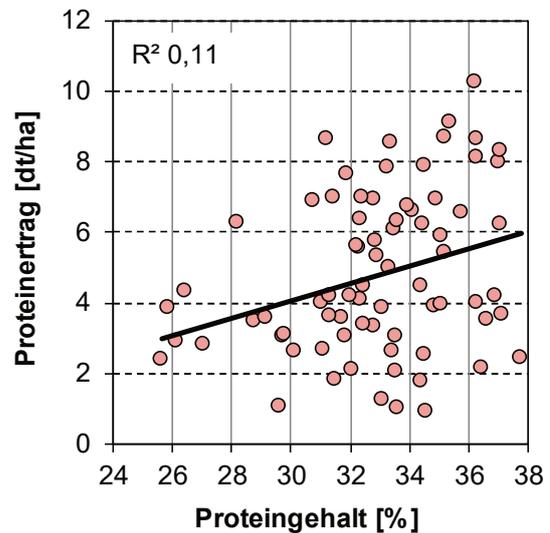
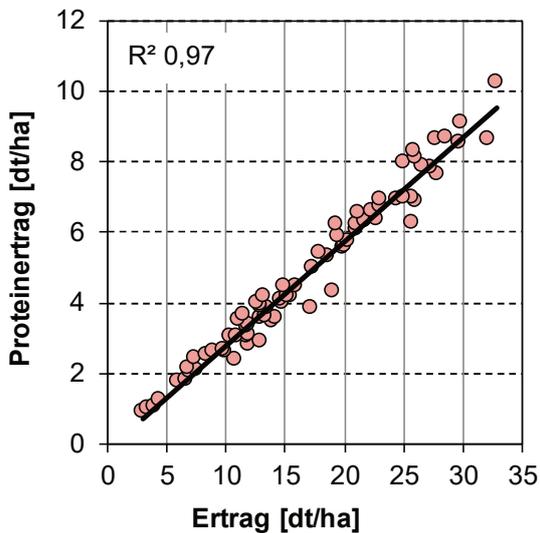
Aus dem von den Betrieben ermittelten Lupinenertrag und dem Proteingehalt der Handerntproben wurde der Proteinertrag pro Hektar errechnet. Ein Unterschied zwischen ökologischer und konventioneller Bewirtschaftung war statistisch nicht nachweisbar.

Die Streubreite im Proteinertrag wurden vor allem durch die Ertragsunterschiede und nur in geringem Maße durch die Variation der

Proteingehalte verursacht. Für einen hohen Proteinertrag ist somit in erster Linie ein hoher Kornertrag ausschlaggebend.



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



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



Auf dieser neu umgestellten Öko-Fläche wurde 2017 mit 8,7 dt/ha einer der höchsten Proteinerträge erzielt.

Ist die Lupine im Gemenge eine Option?



Ist die Lupine im Gemenge eine Option?

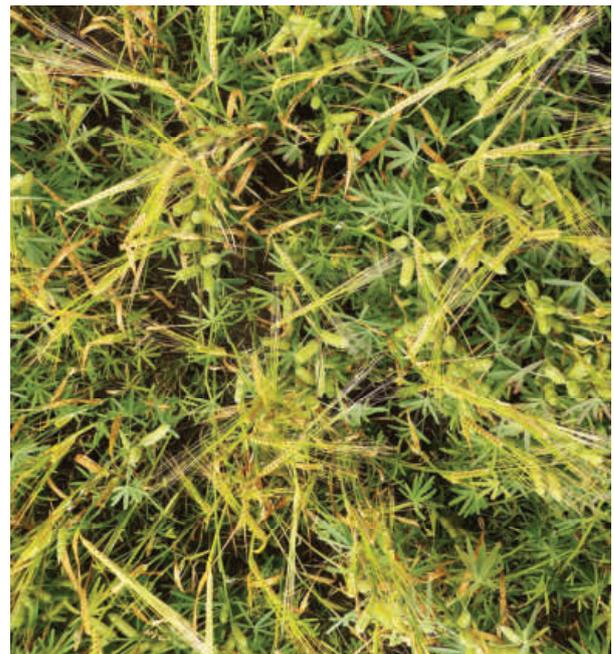
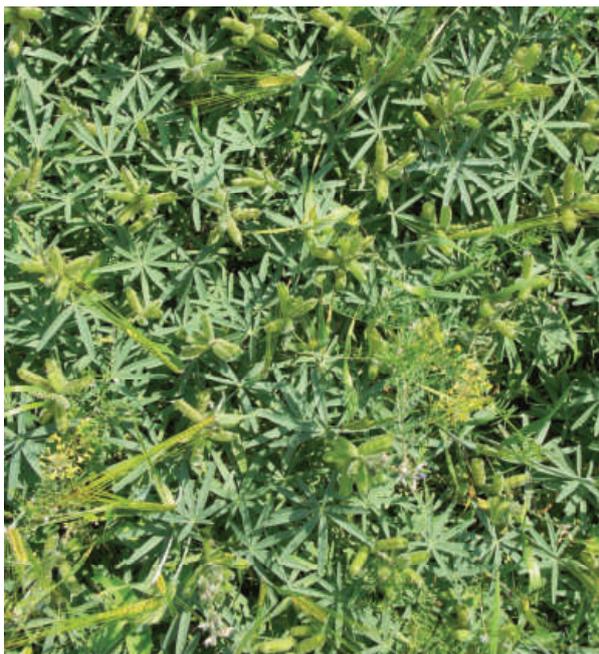
Im Ökolandbau wird für Körnererbsen und Ackerbohnen neben dem Reinanbau auch der Gemengeanbau z. B. mit Getreide empfohlen. Positive Effekte eines solchen Gemengeanbaus sind u. a. ein Risikoausgleich durch den Anbau verschiedener Arten, die Nutzung von Bodenstickstoff durch den Getreidepartner und eine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

In der vorliegenden Praxisuntersuchung wurde auf vier Öko-Schlägen die Blaue Lupine im Gemenge mit Sommergerste angebaut. Für grundsätzliche Aussagen zum Gemengeanbau sind das allerdings zu wenig Fälle. Trotzdem sollen die Untersuchungsergebnisse als Beispiele hier kurz vorgestellt und diskutiert werden.

In allen vier Fällen – in jedem Untersuchungs-jahr ein Schlag – wurde sehr ähnlich gewirtschaftet. Nach dem Pflügen im Frühjahr erfolgte die Aussaat der endständigen

Lupinensorte 'Sonet' mit 10 % Sommergerste, insgesamt 175 bis 220 kg/ha. Es wurden dabei 120 Lupinenkörner/m², d. h. die volle Aussaatstärke, und ca. 40 bis 45 Gerstenkörner/m² in einem Arbeitsgang mit Säkombination und Packerwalze gesät. Die Böden waren immer Sandböden mit über 90 % Sand und 22 bis 24 Bodenpunkten. Eine Unkrautregulierung erfolgte nicht.

Während die Anzahl Lupinenpflanzen/m² kaum variierte (86 bis 97, siehe auch Tabelle auf der nächsten Seite) schwankte die Anzahl Gerstenähren zwischen 53 und 179 Ähren/m². Der Unkrautdeckungsgrad zum Ende der Lupinenblüte lag immer zwischen 10 und 20 % und damit etwas über dem Durchschnitt der anderen Öko-Schläge. Bezieht man den extensiven Anbau ohne jede direkte Unkrautregulierung in die Bewertung mit ein, ist der Unkrautdruck als relativ niedrig einzustufen.



Blaue Lupine im Gemenge mit Sommergerste: links 86 Lupinenpflanzen und 72 Gerstenähren/m²; rechts: 85 Lupinenpflanzen und 179 Gerstenähren/m²

Ist die Lupine im Gemenge eine Option?

Ergebnisse von vier Praxis schlägen mit Anbau von Blauer Lupine im Gemenge mit Sommergerste

		2015	2016	2017	2018
Unkrautdeckungsgrad Ende der Blüte	[%]	19	12	15	19
Lupinenpflanzen/m ² zur Ernte		86	85	90	97
Gerstenähren/m ² zur Ernte		72	179	115	53
Lupinenertrag	[dt/ha]	27	13	12	7
Gerstenertrag	[dt/ha]	5	15	10	5
Gesamtertrag	[dt/ha]	32	28	22	12
Proteinерtrag	[dt/ha]	8,2	4,2	5,0	2,5

Für die Bewertung der Erträge wurde für jeden Gemengeschlager der theoretische Ertrag für einen reinen Lupinenanbau (Rein-saat) geschätzt. Dazu wurden die auf Seite 28 vorgestellten ertragswirksamen Faktoren verwendet (u. a. Bestandesdichte, Unkraut, Wasserversorgung).

Der Lupinenertrag aus den **untersuchten Gemengen** (ohne Getreide) lag in den Jahren 2016 bis 2018 deutlich unter den geschätzten Reinsaaten. 2015 war der Getreideanteil im Gemenge sehr gering, der Lupinenertrag lag dort auf dem Niveau einer Reinsaat.

Bei der Betrachtung des Gesamtertrags lagen die Schläge 2017 und 2018 niedriger, die Schläge 2015 und 2016 etwas höher als der geschätzte pure Lupinenertrag in Reinsaat.

Beim Gesamtproteinерtrag (Lupine und Getreide) erreichten die Schläge 2016 und 2018 nicht das Niveau des geschätzten Proteinерtrags der Lupinenreinsaat. Die beiden anderen Schläge lagen auf dem mittleren Niveau der Reinsaatbestände.

Der Lupinenanteil im Erntegut erreichte auf den Untersuchungsschlägen maximal 84 % und blieb immer über 45 %.

Die Ergebnisse variierten stark von Jahr zu Jahr und geben keinen klaren Hinweis darauf, dass der hier durchgeführte Gemengeanbau das Ertragsniveau insgesamt steigerte, stabilisierte oder den Unkrautdruck deutlich reduzierte.

Forschungsergebnisse zum Gemengeanbau mit Lupinen auf deutlich fruchtbareren Böden (Quellen siehe S. 90) zeigen, dass bei Gemengen mit reduzierter Lupinenaussaatstärke meist niedrige Ertragsanteile der Lupinen realisiert wurden als bei den vorliegenden Beispielen. Dies ist wohl vor allem auf die hohe Konkurrenzkraft des Getreides auf fruchtbaren Böden zurückzuführen. Höhere Lupinenertragsanteile wurden in Gemengen mit voller Saatstärke der Lupinen und z. B. 60 Körnern Getreide/m² erzielt.

Die Unkrautunterdrückung nahm in Gemengen mit voller Saatstärke der Lupinen bis zu den maximal getesteten 120 Getreidekörnern/m² deutlich zu. Eine große unkrautunterdrückende Wirkung der auf den Praxis-schlägen gesäten 40 bis 45 Getreidekörner/m² ist somit nicht anzunehmen.

Ist die Lupine im Gemenge eine Option?

Trotz unterschiedlicher Gemengeanteile von Lupine und Sommergetreide lagen die Gesamterträge der Gemenge immer deutlich über dem Ertrag der Lupinenreinsaat, aber meist niedriger als bei reinem Sommergetreideanbau. Aufgrund des oft niedrigen Lupinenanteils im Erntegut war jedoch der Proteinertrag der Gemenge fast immer niedriger als bei den Lupinenreinsaaten und maximal auf ähnlichem Niveau.

Insgesamt ist aus den Beispielen und den bisherigen Erkenntnissen keine klare Empfehlung zum Gemengeanbau abzuleiten. Aufgrund der relativ geringen Konkurrenzkraft der Lupine sollten Gemenge in jedem Fall mit voller Saatstärke der Lupinen und einer dem Standort angepassten Getreidesaatstärke (z. B. zwischen 60 und 120 Körner/m²) angebaut werden, um eine gute Unkrautunterdrückung zu erzielen. Vor allem auf fruchtbaren Böden ist mit getreidereichen Beständen zu rechnen.

Praxisbeispiele

Im Folgenden werden 4 Beispiele erfolgreichen Lupinenanbaus detailliert vorgestellt.

Beispiel 1 – konventionell

Standort:

Ackerzahl 28, schwach lehmiger Sand (SI2)
73 % Sand, 20 % Schluff, 7 % Ton
Steinanteil ca. 3 %, Bodensonde: max. bis
Ø 54 cm, ab 30 cm sehr dicht
1,0 % organische Substanz, pH 6,7
Vor Saat in 0-90 cm:
20 kg/ha N_{min} und 123 l/m² Wasser



Vorbewirtschaftung (10 Jahre):

Pflug oder Grubber, max. 25 cm tief
100 % Druschfrüchte, 90 % Winterfrüchte,
kein Zwischenfruchtanbau; 0 % Lupine

Bewirtschaftung bis zur Saat:

01.08.16 Ernte Rauhafer
10.08.16 Scheibenegge (12 cm)
07.09.16 Pflug (22 cm)

Saatgut:

Sorte 'Boregine'; Keimfähigkeit & Triebkraft
keine Probe; Potential (zu 'Boregine'):
Ertrag +0,0 dt/ha, Protein +0,0 %
Basis-Saatgut
Impfung durch Betrieb

Beispiel 2 – konventionell

Standort:

Ackerzahl 32, mittel lehmiger Sand (SI3)
54 % Sand, 34 % Schluff, 12 % Ton
Steinanteil ca. 4 %, Bodensonde: max. bis
Ø 57 cm, keine Verdichtungen
2,2 % organische Substanz, pH 6,9
Vor Saat in 0-90 cm:
55 kg/ha N_{min} und 196 l/m² Wasser



Vorbewirtschaftung (10 Jahre):

Pflug und Scheibenegge, 15 bis 20 cm tief
80 % Druschfrüchte, 80 % Winterfrüchte,
20 % mit Zwischenfrucht; 18 % Lupine

Bewirtschaftung bis zur Saat:

23.09.16 Ernte Silomais
05.10.16 Mulcher
12.12.16 Scheibenegge (15 cm)
21.03.17 Grubber (leicht, 9 cm)
08.04.17 Grubber (leicht, 9 cm)

Saatgut:

Sorte 'Probor'; Keimfähigkeit 86 %, Triebkraft
78 %; Potential (zu 'Boregine'):
Ertrag -1,9 dt/ha, Protein +2,5 %
Nachbau-Saatgut
Keine Impfung

Fortsetzung Beispiel 1 - konventionell

Saat bis Ernte:

07.04.17 Drillkombination (Horsch)

90 K./m², 3 cm tief, 15 cm Reihe

25.04.17 Herbizid (Stomp Aqua &

Gardo Gold)



Temperatur: Ø 1 Woche vor Saat 11,2 °C

Ø Saat bis Ende Blüte 15,7 °C,

Niederschlag: 2 Wochen n. Saat bis 3 Wochen vor Ernte 355 l/m², keine Beregnung

Ende Blüte: 22 % Unkrautdeckungsgrad, homogener Bestand (3,8), hoher Knöllchenbesatz (3,2), niedrige Aktivität (10 %), wenig Wurzelschäden (1,9) Bestandeshöhe 36 cm (oberste Hülse)



09.08.17 Drusch, 30 dt/ha (86 % TS),
Handernte ausgefallen

Fortsetzung Beispiel 2 - konventionell

Saat bis Ernte:

10.04.17 Drillmaschine

140 K./m², 2,5 cm tief, 15 cm Reihe

11.04.17 Herbizid (Gardo Gold & Boxer)

15.06.17 Fungizid (Ortiva & Folicur)



Temperatur: Ø 1 Woche vor Saat 9,0 °C

Ø Saat bis Ende Blüte 12,5 °C

Niederschlag: 2 Wochen n. Saat bis 3 Wochen vor Ernte 138 l/m², keine Beregnung

Ende Blüte: 0 % Unkrautdeckungsgrad, sehr homogener Bestand (4,5), hoher Knöllchenbesatz (3,0), hohe Aktivität (85 %), wenig Wurzelschäden (1,6) Bestandeshöhe 53 cm



30.09.16 Drusch, 29 dt/ha (86 % TS),
Handernte 43 dt/ha,
35,2 % Protein (i. d. TS)

Beispiel 3 – ökologisch

Standort:

Ackerzahl 30, reiner Sand (Ss)
87 % Sand, 9 % Schluff, 4 % Ton
Steinanteil ca. 12 %, Bodensonde: max. bis
Ø 38 cm, ab 30 cm dicht
2,1 % organische Substanz, pH 5,7
Vor Saat in 0-90 cm:
24 kg/ha N_{min} und 155 l/m² Wasser



Vorbewirtschaftung (10 Jahre):

Ökologisch seit 1998
Pflug, max. 28 cm tief
80 % Druschfrüchte, 80 % Winterfrüchte,
30 % mit Zwischenfrucht; 0 % Lupine

Bewirtschaftung bis zur Saat:

02.08.15 Ernte Roggen
12.10.15 Pflug (20 cm)
26.10.15 Grubber (15 cm)
31.03.16 Pflug (28 cm)

Saatgut:

Sorte 'Boruta'; Keimfähigkeit 94 %, Triebkraft
89 %; Potential (zu 'Boregine'):
Ertrag -3,2 dt/ha, Protein +0,6 %
Basis-Saatgut
Impfung durch Betrieb

Beispiel 4 – ökologisch

Standort:

Ackerzahl 38, schwach lehmiger Sand (SI3)
78 % Sand, 15 % Schluff, 7 % Ton
Steinanteil <0,1 %, Bodensonde: tiefgründig
>80 cm, keine Verdichtungen
2,1 % organische Substanz, pH 6,4
Vor Saat in 0-90 cm:
37 kg/ha N_{min} und 181 l/m² Wasser



Vorbewirtschaftung (10 Jahre):

Ökologisch seit 2016
Pflug, max. 25 cm tief
50 % Druschfrüchte, 60 % Winterfrüchte,
40 % mit Zwischenfrucht; 0 % Lupine

Bewirtschaftung bis zur Saat:

11.08.16 2 x Scheibenegge (5 cm)
Kleegrasumbruch
22.08.16 2 x Scheibenegge (5 cm)
05.09.16 Grubber (10 cm)
06.09.16 Scheibenegge (5 cm) & ZF-Saat
14.03.17 11 t/ha Kompost
15.03.17 Scheibenegge (10 cm)
25.03.17 Pflug (25 cm)

Saatgut:

Sorte 'Boruta'; Keimfähigkeit 40 %, Triebkraft
28 %; Potential (zu 'Boregine'):
Ertrag -3,2 dt/ha, Protein +0,6 %
Nachbau-Saatgut
Impfung durch Betrieb

Fortsetzung Beispiel 3 - ökologisch

Saat bis Ernte:

- 13.04.16** Drillkombination (Horsch)
125 K./m², 3,5 cm tief, 12,5 cm Reihe
- 24.04.16** Glattwalze
- 18.04.16** Striegel
- 10.05.16** Striegel
- 12.05.16** Striegel
- 18.05.16** Striegel



Temperatur: Ø 1 Woche vor Saat 9,0 °C
Ø Saat bis Ende Blüte 13,0 °C,
Niederschlag: 2 Wochen n. Saat bis 3 Wochen vor Ernte 230 l/m², keine Beregnung
Ende Blüte: 28 % Unkrautdeckungsgrad, sehr homogener Bestand (4,1), hoher Knöllchenbesatz (2,9), hohe Aktivität (70 %), mittlere Wurzelschäden (2,7)
Bestandeshöhe 69 cm



24.08.16 Drusch, 25 dt/ha (86 % TS),
Handernte 45 dt/ha,
32,8 % Protein (i. d. TS)

Fortsetzung Beispiel 4 - ökologisch

Saat bis Ernte:

- 25.03.17** Packer, Kreiselegge, Drillmaschine
130 K./m², 3,0 cm tief, 20 cm Reihe
- 06.05.17** Striegel
- 18.05.17** Maschinenhacke
- 12.05.16** Striegel
- 05.06.17** Beregnung 25 l/m²
- 25.06.17** Beregnung 25 l/m²



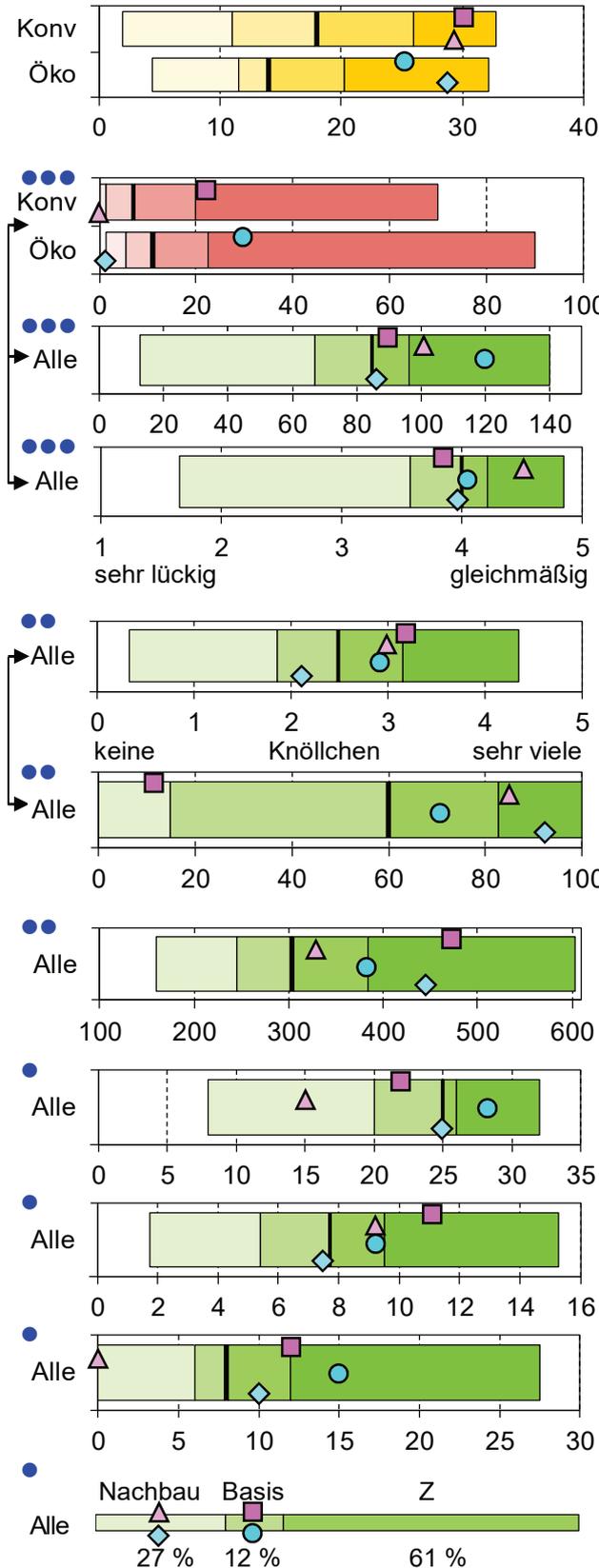
Temperatur: Ø 1 Woche vor Saat 7,5 °C
Ø Saat bis Ende Blüte 11,1 °C
Niederschlag: 2 Wochen n. Saat bis 3 Wochen vor Ernte 209 l/m² + 50 l/m² Bereg.
Ende Blüte: 3 % Unkrautdeckungsgrad, homogener Bestand (3,9), mittlerer Knöllchenbesatz (2,1), hohe Aktivität (92 %), kaum Wurzelschäden (0,4)
Bestandeshöhe 71 cm



06.08.17 Drusch, 28 dt/ha (86 % TS),
Handernte 45 dt/ha,
36,3 % Protein (i. d. TS)

Übersicht: Einstufung der Beispiele bei den Ertragsfaktoren

■ Beispiel 1 konventionell, ▲ Beispiel 2 konventionell, ● Beispiel 3 ökologisch, ◆ Beispiel 4 ökologisch. Erläuterungen zu Ertrag und den Faktoren ab Seite 28.



Ertrag [dt/ha, 14 % Feuchte], vom Betrieb ermittelt: Unterschied konventionell/ökologisch nicht signifikant S. 25

Faktoren hängen stark voneinander ab:
Unkrautdeckungsgrad [%], Ende Blüte:
 Ø ca. -2,0 dt/ha pro 10 % Deckungsgrad S. 49

Bestandesdichte [Pflanzen/m²]:
 Ø ca. +1,3 dt/ha pro 10 Pfl./m² (bis max. 100 Pfl./m²) S. 26 & 54

Bestandeshomogenität, Ende Blüte (Boniturnoten 1-5):
 Ø ca. +3,5 dt/ha pro Boniturnote S. 58

Faktoren hängen stark voneinander ab:
Knöllchen, Ende Blüte (Boniturnoten 0-5):
 Ø ca. +1,5 dt/ha pro Boniturnote S. 30

Anteil aktiver Knöllchen [%], Ende Blüte:
 Ø ca. +0,6 dt/ha pro 10 % aktive Knöllchen S. 31

Summe von Bodenwasser vor Saat (bis 90 cm), **Niederschlag und Beregnung** 2 Wo. nach Saat bis 3 Wo. vor Ernte [l/m²]:
 Ø ca. +2,5 dt/ha pro 50 l/m² (bis 300 l/m²)
 Ø ca. -2,5 dt/ha pro 50 l/m² (ab 450 l/m²) S. 36

Tiefe letzter Grundbodenbearbeitung [cm]:
 Ø ca. +0,4 dt/ha pro 1 cm (bis 25 cm) S. 39

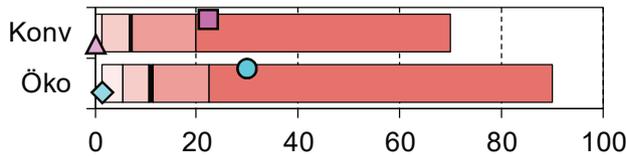
Ø **Temperatur** [°C], in der Woche vor Saat:
 Ø ca. +0,7 dt/ha pro 1°C (bis 12°C) S. 38

Tiefe letzter Stoppelbearbeitung [cm]:
 Ø ca. +0,6 dt/ha pro 1 cm (ab 10 cm) S. 39

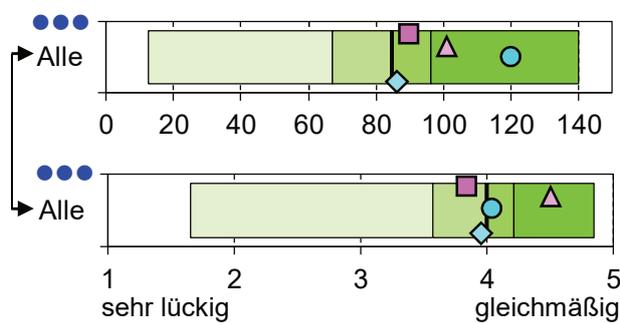
Verwendung von Z-Saatgut:
 Ø ca. +2,5 dt/ha bei Z-Saatgut S. 40

Übersicht: Einstufung der Beispiele bei den Unkrautfaktoren

■ Beispiel 1 konventionell, ▲ Beispiel 2 konventionell, ● Beispiel 3 ökologisch, ◆ Beispiel 4 ökologisch. Erläuterungen zu Unkraut und den Faktoren ab Seite 49.

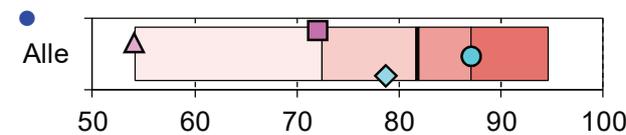


Unkrautdeckungsgrad [%], Ende Blüte:
Negativer Einfluss auf den Ertrag
S. 49

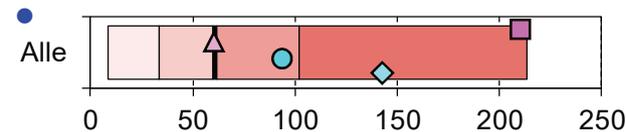


Faktoren hängen stark voneinander ab:
Bestandesdichte [Pflanzen/m²]: Je höher die Dichte an Lupinenpflanzen, umso weniger Unkrautdeckung (bis max. 90 Pfl./m²)
S. 54

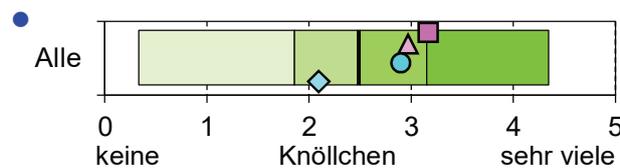
Bestandeshomogenität, Ende Blüte (Boniturnoten 1-5): je gleichmäßiger der Bestand, umso weniger Unkrautdeckung
S. 58



Sandanteil im Boden [%], 0-20 cm: je mehr Sand, umso mehr Unkraut
S. 59



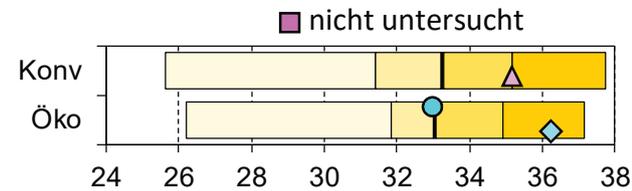
Summe von Niederschlag und Beregnung im Juni [l/m²]: Höherer Unkrautdeckungsgrad bei feuchteren Bedingungen
S. 59



Knöllchen, Ende Blüte (Boniturnoten 0-5): Geringerer Unkrautdeckungsgrad bei hohem Knöllchenbesatz
S. 60

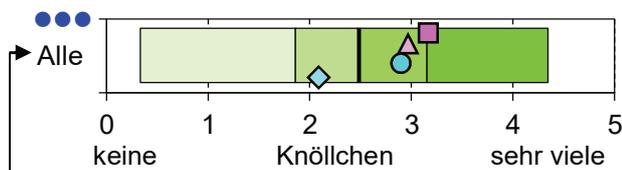
Übersicht: Einstufung der Beispiele bei den Proteingehaltsfaktoren

■ Beispiel 1 konventionell, ▲ Beispiel 2 konventionell, ● Beispiel 3 ökologisch, ◆ Beispiel 4 ökologisch. Erläuterungen zu Proteingehalt und den Faktoren ab Seite 66.



Proteingehalt [% i. d. TS]

S. 66

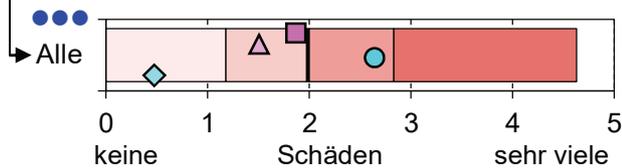


Faktoren hängen stark voneinander ab:

Knöllchen, Ende Blüte (Boniturnoten 0-5):

Ø ca. **+1,0 Prozentpunkte pro Boniturnote**

S. 68 & S. 30

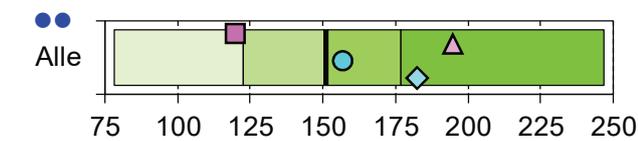


Wurzelschäden, Ende Blüte

(Boniturnoten 0-5):

Ø ca. **-0,9 Prozentpunkte pro Boniturnote**

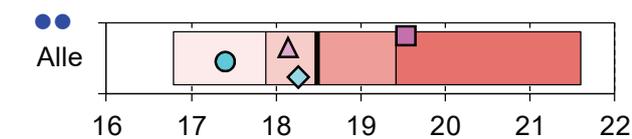
S. 68 & S. 30



Bodenwasser [l/m²] in 0-90 cm, Frühjahr vor Saat:

Ø ca. **+0,6 Prozentpunkte pro 10 l/m²**

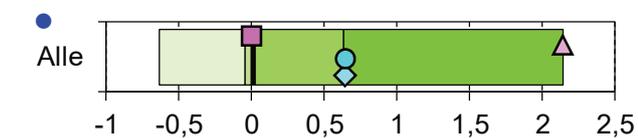
(Effekt nur bis 150 l/m²; besonders stark bei hohen Temperaturen vor der Ernte) S. 69



Ø Temperatur [°C], Tageslufttemperatur in den vier Wochen vor der Ernte:

Ø ca. **-0,8 Prozentpunkte pro 1 °C**

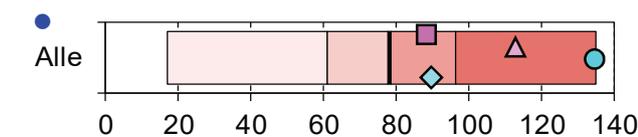
(Effekt besonders stark bei geringer Bodenwassermenge im Frühjahr) S. 69



Sortenpotential Protein [% i. d. TS],

Unterschied zur Sorte 'Boregine' (Median deutscher Sortenversuche 2015-2018: 31,7 % i. d. TS):

Ø ca. **+0,6 Prozentpunkte pro +1 %** S. 70



Bestandesdichte [Pflanzen/m²] zur Ernte:

Ø ca. **-0,2 Prozentpunkte pro 10 Pfl./m²**

S. 71 & S.54

Fazit der Praxisbeispiele

Beispiel 1 - konventionell

Viele der wesentlichen Ertragsfaktoren lagen im positiven Bereich, so dass ein Druschertrag von 30 dt/ha erreicht wurde. Mit den ausgesäten 90 Körner/m² konnte sehr effektiv ein Bestand mit 87 Pflanzen/m² erreicht werden. Trotz Voraufbauherbizid war der Unkrautdeckungsgrad relativ hoch. Aufgrund der sehr hohen Wasserversorgung entwickelte sich eine Spätverunkrautung, die allerdings weitgehend niedrig blieb und den Ertrag wahrscheinlich wenig beeinträchtigte. Der relativ hohe Ertrag trotz geringer Knöllchenaktivität am Ende der Lupinenblüte lässt auf eine späte Schädigung der Knöllchen und damit eine ausreichende Stickstoffversorgung schließen.

Beispiel 2 - konventionell

Fast alle Ertragsfaktoren lagen mindestens im Mittelfeld, meist aber im positiven Bereich. Der Drusch erbrachte 29 dt/ha. Die wesentlichen Faktoren Bestandesdichte und Knöllchenbesatz waren überdurchschnittlich, die Wasserversorgung ausreichend. Aufgrund der hohen Aussaatstärke von 140 Körnern/m² wurde trotz geringer Auflauftrate eine hohe Bestandesdichte erreicht. Bei einer tieferen Bodenbearbeitung wäre evtl. ein höherer Ertrag möglich gewesen. Der Proteingehalt betrug 35,2 % da alle Faktoren im positiven Bereich lagen.

Beispiel 3 - ökologisch

Auch hier lagen fast alle Ertragsfaktoren mindestens im Mittelfeld, oft aber im positiven Bereich. Der Ertrag war mit 25 dt/ha überdurchschnittlich. Trotz hoher Bestandesdichte und viermaligen Striegeln war der Unkrautdeckungsgrad relativ hoch. Am Ende der

Lupinenblüte war das Unkraut aber meist noch viel niedriger als die Lupinenpflanzen. Bei überdurchschnittlichem Sortenpotential wurde nur ein mittlerer Proteingehalt von 32,8 % erreicht. Das könnte mit den hohen Temperaturen vor der Ernte und der sehr hohen Bestandesdichte zusammenhängen.

Beispiel 4 - ökologisch

Die Ertragsfaktoren erreichten meist den mittleren Bereich. Nur der Knöllchenbesatz war unterdurchschnittlich, jedoch bei einem hohen Anteil aktiver Knöllchen. Der Unkrautbesatz war sehr gering, obwohl die Unkrautfaktoren eher im mittleren bis leicht negativen Bereich lagen. Allerdings war der Schlag erst ein Jahr in ökologischer Bewirtschaftung und die Unkrautregulierung erfolgte mit Hacke und Striegel.

Bei mittleren bis positiven Bereichen der Proteinfaktoren wurde ein hoher Proteingehalt von 36,3 % ermittelt.

Insgesamt zeigen die 4 Beispiele relativ erfolgreichen Lupinenanbaus, dass zur Erreichung eines hohen Ertrags bzw. Proteingehaltes nicht unbedingt alle wesentlichen Faktoren im Optimum liegen müssen. Gemeinsam haben diese Beispiele vielmehr, dass viele Faktoren mindestens im Mittelfeld liegen, Extreme im negativen Bereich hingegen kaum vorkommen. Es ist offensichtlich, dass extreme Bedingungen bei einzelnen Faktoren auch dann zu schlechten Ergebnissen führen, wenn die anderen Faktoren im Optimum liegen. Bei der Blauen Süßlupine scheinen vor allem eine ausreichende Bestandesdichte und Wasserversorgung unabdingbare Voraussetzungen für hohe Erträge zu sein.

Anhang

Untersuchungsmethodik

Im Rahmen des von der Eiweißpflanzenstrategie der Bundesregierung geförderten Forschungsprojekts „Erweiterung und ackerbauliche Auswertung der Praxiserhebungen und -untersuchungen im Rahmen der modellhaften Demonstrationsnetzwerke Soja, Lupine, Erbse und Bohne der Eiweißpflanzenstrategie“ (FKZ 2814EPS035) wurden im Zeitraum 2015 bis 2018 Lupinenbestände in der Praxis untersucht. Auf insgesamt 27 Betrieben, die am Lupinen-Netzwerk der Eiweißpflanzenstrategie beteiligt waren, wurden Untersuchungsschläge mit einer weiten Spannweite an Böden und Bewirtschaftungssystemen ausgewählt. Jeweils ca. die Hälfte der Betriebe wurde konventionell bzw. ökologisch bewirtschaftet.

Für die Einbeziehung der Sorteneigenschaften wurden von den deutschen Landessortenversuchsanstellern die Ergebnisse der Jahre 2015 bis 2018 abgefragt.

Auf jedem Untersuchungsschlag wurden zwei Messparzellen in einem für den Schlag charakteristischen und möglichst homogenen Bereich mit ausreichend Abstand zum Rand bzw. zum Vorgewende ausgewählt. Der Abstand der beiden Messparzellen betrug meist ca. 15 m. Es sollte damit nicht der gesamte Schlag abgebildet werden, sondern ein charakteristischer Bereich des Schlages, mit der dort kleinräumig auftretenden Streuung der einzelnen Parameter.



Punkte für die ackerbauliche Auswertung, die aus der umfassenden Befragung der Betriebsleitung durch die im Lupinen-Netzwerk tätigen Berater ausgewählt wurden

Bereiche	Konkrete Punkte
Standort	Ackerzahl, Bodenart
Schlaggeschichte	10 Jahre: Fruchtfolge, Düngung, Bodenbearbeitungssystem
Bewirtschaftungsmaßnahmen von Ernte der Vorfrucht bis Lupinensaat	Bodenbearbeitung (Art und Termin, Bearbeitungstiefe); Pflanzenschutz; Zwischenfrüchte (Arten, Aufwuchs); mineralische und organische Düngung;
Anbau Lupine	Sorte, Saatgutkategorie, Beizung, Impfung; Saattiefe, Saattechnik, Saattermin, Aussaatmenge; Details zur direkten Unkrautregulierung; Erntetermin, Schlagertrag; Besonderheiten im Anbaujahr

Parameter, die an den Messpunkten bzw. für den Schlag (Witterung) erhoben wurden

Parameter	Angaben
Boden	
N _{min} und TM	0 - 90 cm; vor Saat
pH, C _{org} , N _t , K, P, Mg, Mn, Zn, Cu, B, S, Na	0 - 20 cm
Korngrößenverteilung (Sand, Schluff, Ton)	0 - 20 cm
Visuelle Beurteilung in Einzelfällen	0 - 40 cm (Ende Lupinenblüte)
Penetrometer	0 - 80 cm; je 10 Einstiche an 2 Messpunkten, Winter/Frühjahr
Lupine	
Keimfähigkeit, Triebkraft, TKG, Bonitur, Pathogenbesatz	Lupinensaatgut
Saattiefe	10 Pflanzen je Parzelle
Pflanzen/m ² , Deckungsgrad (Foto), Schädlings-, Krankheits- und Bestandesbonituren, Prüfung von Symptomen im Bedarfsfall	Nach Auflaufen und Ende der Lupinenblüte
Wurzelbonitur (Schädigungen und Knöllchenbesatz) Prüfung von Symptomen im Bedarfsfall	Ende der Lupinenblüte
TM-Ertrag, Bonitur, N (Protein) _t	Handernte, 2,5 m ² je Parzelle, vor Betriebsernte
Unkraut	
Deckungsgrad	Nach Auflaufen, Ende Blüte und vor Ernte
Bestimmung der Arten und quantitative Bonitur	Ende der Lupinenblüte
Klima Witterung	
Tageswerte Temperatur und Niederschlag	Dem Schlag nächstgelegene verfügbare Wetterstation

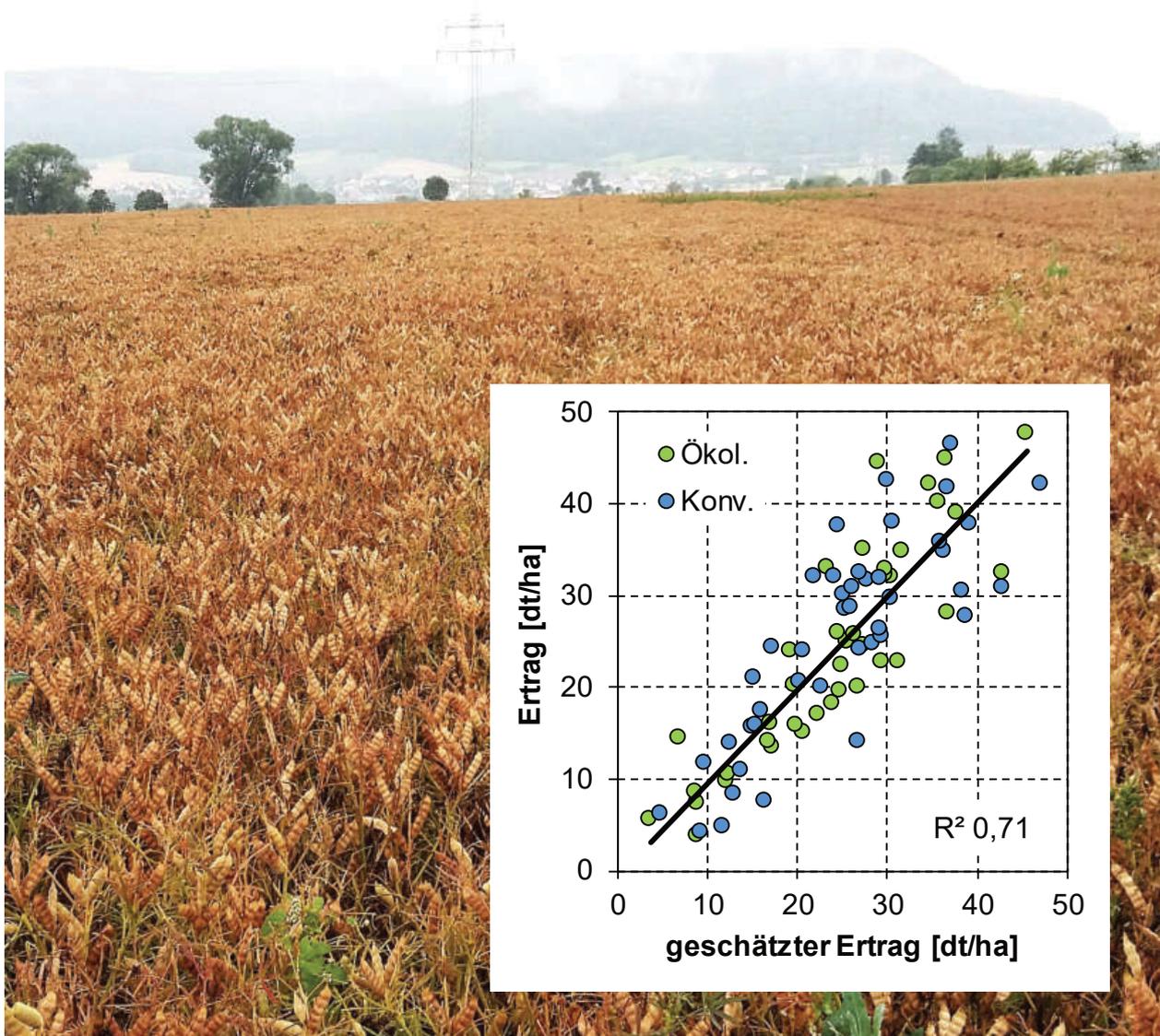
Anhang

Für die Auswertung wurden die erhobenen Informationen und Daten in statistisch verrechenbare Parameter umgesetzt. Nicht quantifizierbare Besonderheiten der einzelnen Fallbeispiele wurden bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt.

Mit statistischen Methoden wurden wesentliche Faktoren der Zielgrößen Ertrag, Unkrautdeckungsgrad und Proteingehalt qualitativ und quantitativ ermittelt. Die Linearität der Zusammenhänge wurde graphisch und mithilfe der Kurvenanpassung geprüft und ggf. einzelne Parameter transformiert oder

angepasst. Die ermittelten wesentlichen Faktoren wurden mithilfe der multiplen Regression zusammengefasst und gewichtet (Beta-Wert). Die Analyse lieferte weiterhin den Anteil der Streuung, den die gewählten Faktoren abdecken.

Zusätzlich zur statistischen Auswertung wurden die Ergebnisse von einzelnen Betrieben bzw. Schlägen im Sinn von Fallstudien geprüft. Dabei wurden besonders diejenigen Betriebe bzw. Schläge beleuchtet, die bei der betriebsübergreifenden Auswertung aufgefallen sind.



Zusammenhang von geschätztem Ertrag (aus den wesentlichen Faktoren des Ertrags geschätzter Messparzellenertrag, multiple Regression) und Handernteertrag an den Messparzellen

Online-Informationen und Literaturhinweise

Umfassende Informationen zu allen Themen des Lupinenanbaus

<http://lupinenverein.de/>

<https://lupinen-netzwerk.de/>

Aktuelle Anbauanleitungen

Schachler, B., Schmiechen, U., Sauermann, W. (2016): Anbauratgeber Blaue Süßlupine. ufop, Berlin

<https://www.ufop.de/agrar-info/erzeuger-info/futtererbsen-ackerbohnen-suesslupinen/anbauratgeber-blaue-suesslupine/>

LfL (2016): Lupine – Anbau und Verwertung. LfL, Freising.

<https://lupinen-netzwerk.de/literaturverzeichnis/>

Böhler, D., Dierauer, H. (2012): Biolupinen. FiBL, Frick.

<https://shop.fibl.org/chde/1143-biolupinen.html>

Publikationen zur Blauen Lupine in verschiedenen Bereichen (z. T. auch andere Lupinenarten enthalten)

Allgemein

Böhme, A., Dietze, M., Gefrom, A., Pripke, A., Schachler, B., Struck, C., Wehling, P. (2016): Lupinen - Verwertung und Anbau. G.F.L., Bocksee.

<http://lupinenverein.de/downloadbereich/anbau/>

Ziesemer, A. (2010): Lupinenanbau im Ökolandbau. LFA MV Institut für Betriebswirtschaft, Gülzow

https://www.landwirtschaft-mv.de/Suche/?mnogo.q=Lupinenanbau&search_submit=

Krankheiten und Schädlinge

Kaufmann, K., Schachler, B., Thalmann, R., Struck, C. (2009): Pilzkrankheiten und Schädlinge bei Süßlupinenarten. ufop, Berlin

<https://www.ufop.de/medien/downloads/agrar-info/weitere/>

Paak, M.-L., Beyer, A., Dietrich, R. Struck, C. (2019): Entwicklung von Strategien zur Kontrolle von Lupinenblattrandkäfern (*Sitona* spp.) im integrierten und ökologischen Lupinenanbau – Schlussbericht. Uni Rostock

www.orgprints.org/35261/

Thalmann, R., Kaufmann, K., Struck, C. (2008): Schwarze Wurzelfäule bei Blauen Lupinen – frühzeitige und spezifische Detektion des Erregers *Thielaviopsis basicola*. In: Gesunde Pflanzen 60 (2), S. 67-75.

Anhang

Gemengeanbau

Böhm, H. (2019): Weniger Unkraut im Gemenge: Gemengeanbau von Blauer Süßlupine zur Unkrautregulierung. LOP Lumbrico 2(1), S. 23-28.

Kling, C., Böhm, H. (2018): Unkrauttoleranz und Unkrautunterdrückungsvermögen der Blauen Lupine (*Lupinus angustifolius*) Julius-Kuhn-Archiv 458, S. 294-301.

Böhm, H., Kling, C. (2018): Erhöhung der Ertragsstabilität und Ertragsleistung der Süßlupine zur Sicherung der einheimischen Eiweißversorgung. Abschlussbericht des Teilprojektes TI: Unkrautunterdrückung und Gemengeanbau, Thünen-Institut für Ökologischen Landbau, Arbeitsgruppe Acker- und Futterbau, D-Westerau.

<https://orgprints.org/34349/1/34349-14EPS007-ti-ol-boehm-2018-lupibreed.pdf>

Winterling, A., Ostermaier, M., Uhl, J., Urbatzka, P. (2019): Anbauwürdigkeit von Blauer Lupine im Gemenge mit Getreide. In: Beiträge zur 15. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. Verlag Dr. Köster, Berlin, S. 32-33.

Autoren



Dr. Harald Schmidt
Stiftung Ökologie & Landbau
Bereich Praxisforschung
Himmelsburger Str. 95
53474 Bad Neuenahr-Ahrweiler
Tel. 02641 912205
schmidt@soel.de

Studium der Agrarwissenschaften und Promotion an der Universität Kassel-Witzenhausen. Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Professur für Organischen Landbau in Gießen. Seit 2004 Praxisforschung bei der Stiftung Ökologie & Landbau. Themenschwerpunkte sind ackerbauliche Fragestellungen vor allem in den Bereichen Fruchtfolge, Bodenbearbeitung und Unkrautregulierung im Ökolandbau sowie der Leguminosenanbau.



Lucas Langanky
Stiftung Ökologie & Landbau
Bereich Praxisforschung
Hof Aischland 2
97990 Weikersheim
Tel. 0176 34127797
Langanky@soel.de

Studium des Ökologischen Landbaus an der Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde (HNEE). Seit 2015 Praxisforschung bei der Stiftung Ökologie & Landbau mit dem Themenschwerpunkt Leguminosenanbau.

Danksagung

Der Dank der Autoren gilt besonders

- der Geschäftsstelle Eiweißpflanzenstrategie bei der BLE für die Förderung der Projekte „Modellhaftes Demonstrationsnetzwerk zur Ausweitung und Verbesserung des Anbaus und der Verwertung von Sojabohnen in Deutschland“ und „Erweiterung und ackerbauliche Auswertung der Praxiserhebungen und -untersuchungen im Rahmen der modellhaften Demonstrationsnetzwerke Soja, Lupine, Erbse und Bohne der Eiweißpflanzenstrategie“ sowie den Mitarbeitern, die mit ihrer begleitenden Unterstützung der Projekte einen wichtigen Beitrag zum Erfolg geleistet haben,
- allen beteiligten Landwirtinnen und Landwirten, die durch ihre große Kooperationsbereitschaft und ihre geduldige Zusammenarbeit bei den umfangreichen Befragungen die Projekte erst ermöglicht haben,
- den Betriebsberatern und Betriebsberaterinnen im Lupinen-Netzwerk, deren Einsatz bei der Datenerfassung und den Erhebungen auf dem Acker ein wesentlicher Bestandteil der Projektdurchführung war,
- allen Mitwirkenden im Lupinen-Netzwerk für den wertvollen fachlichen Austausch und die vielfältigen Anregungen,
- Dr. Herwart Böhm vom Institut für Ökologischen Landbau des Thünen-Instituts, 1. Vorsitzender der Gesellschaft zur Förderung der Lupine (G.F.L.), für die kompetenten und hilfreichen Kommentare und die fachliche Unterstützung beim Verfassen der Broschüre.

Bildnachweis

- H. Böhm, Institut für Ökologischen Landbau, Thünen-Institut; Gesellschaft zur Förderung der Lupine (G.F.L.): S. 63/3, S. 63/4, S. 71
- K. Bothe, Lupinen-Netzwerk-Beraterin, LFA Mecklenburg-Vorpommern: S. 58
- E. Engels, Lupinen-Netzwerk-Beraterin, LWK Nordrhein-Westfalen: Cover/4, S. 13/1, S. 13/2, S. 15, S. 17/1, S. 74, S. 79/3, S. 88
- J. Kaiser, Lupinen-Netzwerk-Beraterin; LMS-Beratung: S. 3
- C. Kreikenbohm, Lupinen-Netzwerk-Berater, LWK Niedersachsen: S. 10, S. 12/2, S. 17/2, S. 52/1, S. 54/2, S. 63/1, S. 63/2, S. 73, S. 81/1, S. 81/3.
- L. Langanky, SÖL: S. 6, S. 12/1, S. 19/2, S. 26/2, S. 26/3, S. 29, S. 30/1, S. 30/2, S. 30/5, S. 33/4, S. 35/1, S. 35/2, S. 42/1, S. 42/2, S. 48, S. 54/3, S. 66/1, S. 66/3, S. 66/4, S. 66/5, S. 66/6, S. 78/1, S. 79/2, S. 80/2, S. 81/2,
- A. Pfannenbergl, Lupinen-Netzwerk-Beraterin; LMS-Beratung: S. 79/1
- G. Schmiedt, Lupinen-Netzwerk-Berater, LFA Mecklenburg-Vorpommern: S. 21/1, S. 21/2
- H. Schmidt, SÖL: Cover/1 2&3, S. 0, S. 2/1, S. 2/2, S. 2/3, S. 4/1, S. 4/2, S. 5/1, S. 5/2, S. 7, S. 8, S. 11/1, S. 11/2, S. 18/1, S. 18/2, S. 19/1, S. 19/3, S. 20/1, S. 20/2, S. 26/1, S. 30/3, S. 30/4, S. 31/1, S. 31/2, S. 33/1, S. 33/2, S. 33/3, S. 33/5, S. 34/1, S. 34/2, S. 34/3, S. 34/4, S. 37, S. 41/1, S. 41/2, S. 41/3, S. 41/4, S. 41/5, S. 46/1, S. 46/2, S. 46/3, S. 46/4, S. 52/2, S. 53, S. 54/1, S. 54/2, S. 54/4, S. 54/5, S. 55, S. 66/2, S. 75/1, S. 75/2, S. 78/2, S. 79/4, S. 80/1, S. 81/4, S. 86
- G. Schrage, Lupinen-Netzwerk-Berater, LLG Sachsen-Anhalt: S. 25
- A. Steffen, Mitarbeiter Lupinen-Netzwerk, LFA Mecklenburg-Vorpommern: S. 22
- W. Koch, LLG Sachsen-Anhalt: S. 57
- Karte auf Seite 1: Quelle: Bundesanstalt für Kartographie und Geodäsie (BKG) (2014); Kartenerstellung H. Schmidt, SÖL

