

Gesellschaft zur
Förderung der Lupine e.V.



L U P I N E N



Anbau und Verwertung



Steinacher Lupinen. Blühende Vielfalt.



SAATZUCHT STEINACH GmbH & Co KG

Betrieb Bocksee · Klockower Straße 1 · 17219 Ankershagen
Telefon +49 (0) 39921 7170 · info@saatzucht.de · www.saatzucht.de

LUPINEN

Anbau und Verwertung

Gesellschaft zur
Förderung der Lupine e.V.





Inhaltsverzeichnis

1 / Lupinenzüchtung	4
2 / Anbaufläche, Sorten und Erträge der Lupine	12
3 / Anbautechnik Lupinen	20
4 / Pilzliche und tierische Schaderreger und ihre Bekämpfung	39
5 / Verwertungsmöglichkeiten der Süßlupinen	47
6 / Wirtschaftlichkeit und Umweltleistungen von Lupinen in Fruchtfolgen	75
Literaturverzeichnis	81
Autorinnen und Autoren	86
Impressum	88

1 / Lupinenzüchtung

► Brigitte Ruge-Wehling und Florian Haase

Fast hundert Jahre nach der Selektion der ersten Süßlupine durch Reinhold von Sengbusch und seinem Team hat sich die Züchtung von Schmalblättrigen (*Lupinus angustifolius*), Weißen (*L. albus*), aber auch den zuletzt wenig beachteten Gelben Lupinen (*L. luteus*) enorm gewandelt. Die Bezeichnung Schmalblättrige Lupine ist vom wissenschaftlichen Namen abgeleitet und gleichzusetzen mit der im Sprachgebrauch genutzten Bezeichnung als Blaue Lupine. Durch die Entwicklung anthraknoseresistenter Linien bei Schmalblättriger und Gelber Lupine sowie die Selektion von Toleranzen bei der ertragreichen Weißen Lupine ist eine Ertragsstabilität im Anbau entstanden, die in den letzten Jahren eine kontinuierliche Anbaufläche von etwa 30.000 ha in Deutschland garantiert. Etwa 50 % der Fläche wird ökologisch genutzt.

Lange nur als Tierfutter verwertet, findet diese heimische Eiweißressource zunehmend Platz in der Humanernährung, nicht zuletzt durch das steigende Bewusstsein für alternative Ernährungsformen. Im Non-Food-Bereich eröffnen sich ebenfalls neue Absatzmärkte durch Nutzung der Nebenprodukte (Schalen, Keime, Hülsen) zur Herstellung von natürlichen Kunststoffen und Textilfasern sowie in der Entwicklung veganer Kosmetik.

Seit etwa fünf Jahren steht auch die Andenlupine (*L. mutabilis*) als Biomasse-lieferant im Fokus der Forschung. Der Anbau kann zu einer höheren Vielfalt in der Agrarlandschaft und einer an öffentlicher Akzeptanz gewinnenden Energieproduktion beitragen.

Die nachhaltige Verwertung der Lupinen entlang der Wertschöpfungskette stellt die Pflanzenzüchtung und die Züchtungsforschung vor immer neue Herausforderungen. Für einen erfolgreichen Anbau der Leguminose müssen die Sorten den Anforderungen des Marktes gerecht werden. Zu den besonderen Zuchtzielen der Zukunft zählen die Merkmalsverbesserung vor dem Hintergrund des aktuellen Klimawandels.



Abb. 1.1: Pflanzengenetische Ressourcen halten mit einer breiten genetischen Variabilität neue wertvolle Merkmale für die zukünftige Züchtung ertragreicher Lupinen vor.

Foto: Julius Kühn-Institut.

Im Fokus stehen (1.1) die Erhöhung der Ertragsstabilität (Alkaloidarmut, Resistenz, Platzfestigkeit) sowie (1.2) die Ertragserhöhung (Kornertrag, Proteingehalt). Eine Realisierung des Züchtungsfortschritts kann nur durch die Einbeziehung bisher ungenutzter genetischer Ressourcen (Landsorten, Genbankmaterial) erfolgen. Die Nutzung eines breiten Sortiments erhöht

die Selektion neuer wertvoller Merkmale und ermöglicht deren Übertragung (Kreuzung) in Zuchtmaterial. Genomische Informationen beschleunigen den Zuchtfortschritt und ermöglichen den Einsatz moderner Züchtungstechniken (1.3).

1.1 / Ertragsstabilität

1.1.1 / Alkaloidarmut

Die größte Herausforderung an die Züchtungsforschung ist zurzeit die Entwicklung stabil alkaloidarmer Lupinen. Trockenheit im Frühjahr und steigende Temperaturen im Sommer können den Alkaloidgehalt der Samen erhöhen und somit der stabilen Verwertung des Lupinenproteins entgegenstehen. Das aktuelle Sortenspektrum bei der Schmalblättrigen Lupine trägt nur ein Gen für Alkaloidarmut. Der genetische Faktor *iucundus* ist nicht umweltstabil und kann zu unerwünscht hohen Alkaloidgehalten im Samen führen. Ein ähnliches Bild findet sich in der Weißen Lupine. Hier kann der genetische Faktor *pauper* ebenfalls keine Umweltstabilität garantieren. Daher zielt die aktuelle Forschung auf die Selektion neuer Erbfaktoren (Gene) für Alkaloidarmut ab. Hierzu wird ein umfangreiches Set an bisher kaum bekannten genetischen Ressourcen und aktuellen Sorten an mehreren Standorten (Feldversuche) in Deutschland auf den Gehalt an Alkaloiden im Samen geprüft. Gleichzeitig werden Komponenten zur Ertragsleistung des Testsortiments ermittelt.

1.1.2 / Resistenzen

In den vergangenen zehn Jahren wurden viele Forschungsinitiativen gestartet, um die Pilzkrankheit Anthraknose unter Kontrolle zu bekommen. Bei den Arten *L. angustifolius*, *L. albus*, *L. luteus* konnten inzwischen genetische Faktoren identifiziert werden, die eine Resistenz oder Toleranz im Feld bedingen

und in der Züchtung genutzt werden. Krankheiten, die durch bodenbürtige Pilze wie Fusarium und Pythium verursacht werden, wurden weniger intensiv bearbeitet, hier besteht aktueller Forschungsbedarf (vgl. Kap. 4).

1.1.3 / Platzfestigkeit

Für den Anbau der Schmalblättrigen Lupine hat die Platzfestigkeit weiterhin eine große Bedeutung. In der Vergangenheit konnten über Kreuzungsprogramme die in Australien bekannten Erbfaktoren *tardus* und *lentus* (Boersma et al. 2009) in das deutsche Zuchtmaterial übertragen werden. Eine Selektion neuer Erbfaktoren (Genen) unter hiesigen Umweltbedingungen wäre erstrebenswert.

REIFT FRÜH - HÄLT DAS KORN

IG BLAUE LUPINE

BOLERO

- Höchstserträge – besonders auf leichten, Lupine-typischen Standorten
- Sehr geringe Verluste dank überaus hoher Hülsenplatzfestigkeit
- Frühe Abreife bei solider Standfestigkeit und kurzem Wuchs
- Besonders hohe Rohproteinträge

IG PFLANZENZUCHT
BESSER ERNTEN

Folgen Sie uns auf Social Media! @ig.pflanzenzucht.de ig_pflanzenzucht

IG-PFLANZENZUCHT.DE | HOTLINE: 089 532950-10

1.2 / Ertragserhöhung

1.2.1 / Kornertrag

Zusätzlich zu der Selektion ertragreicher Linien im Zuchtmaterial zeigen Forschungsansätze zur Selektion optimierter Wuchstypen in genetischen Ressourcen bereits erste Erfolge. Hochverzweigte Genotypen kombinieren ein hohes Ertragspotential mit einer homogenen Reife und gleichmäßiger Erntequalität.

1.2.2 / Proteinertrag

Die Selektion auf proteinreiche Linien gilt als Zuchtziel für alle Lupinenarten. Bei der Gelben Lupine ist es gelungen, Linien mit über 40 % Proteingehalt im Samen zu selektieren. Der resultierende Proteinertrag demonstriert eindeutig die Wettbewerbsfähigkeit der Gelben Lupine im Vergleich zur Schmalblättrigen Lupine, die unter ähnlichen Standortbedingungen kultiviert wird.



Abb. 1.2: Ertragsprüfungen im Prebreedingprozess der Schmalblättrigen Lupine.

Foto: Julius Kühn-Institut

1.3 / Moderne Züchtungstechniken

Viele dieser Zuchtziele werden in Kooperationsprojekten zwischen Züchtungsforschung und den privaten Pflanzenzüchtern gemeinsam realisiert. Durch das Einwerben von Forschungsgeldern wird der Einsatz von modernen pflanzentechnologischen und genomischen Methoden in der Lupinenzüchtung ermöglicht. Hierzu gehört die Nutzung der Genominformation, also des Erbguts der Lupinen, auf dessen Basis Selektionswerkzeuge zur Merkmalsidentifizierung entwickelt werden.

Referenzgenome sind für die Schmalblättrige und Weiße Lupine frei zugänglich (Hufnagel et al. 2020, Wang et al. 2021) und bieten Grundlage für die Assoziation von genetischen Sequenzabfolgen mit züchtungsrelevanten Merkmalen und erleichtern somit die Entwicklung von molekularen Selektionsmarkern.

In der Schmalblättrigen Lupine ist es möglich, die beiden bekannten Antraknoseresistenzgene, *Lanr1* und *LanrBo*, mit effizienten molekularen Markern zu selektieren (Ruge-Wehling und Haase 2022), ohne dass aufwendige Resistenztests zur Differenzierung von resistenten und anfälligen Pflanzen durchzuführen sind.

In der Gelben Lupine konnte ein Majorgen (*Llur*) in einer polnischen Sorte nachgewiesen werden (Ruge-Wehling et al. 2021). Molekulare Marker erlauben den Nachweis im Zuchtmaterial. Ein weiterer Resistenzfaktor wurde von chilenischen Forschern in einer Genbankressource identifiziert (Lichtin et al. 2020). Jüngste Erkenntnisse weisen auf Toleranzfaktoren in der Weißen Lupine hin (Schwertfirm et al. 2024). Zurzeit werden für diesen Faktor ebenfalls Marker entwickelt.

Über merkmalsassoziierte Marker ist auch das Gen *tardus* (Boersma et al. 2007), welches für Platzfestigkeit in der Schmalblättrigen Lupine verantwortlich ist, nachweisbar. Der Marker kann in den Zuchthäusern bei der Auswahl neuer, platzfester Zuchtlinien unterstützen.

Unterstützung beim Zuchtprogramm in der Schmalblättrigen Lupine können molekulare Marker für Frühzeitigkeit (*ku*), Alkaloidarmut (*iucundus*) und Weichschaligkeit (*mollis*) liefern (Plewinski et al. 2019).

Darüber hinaus könnten auch Techniken des sogenannten Genome Editing Einzug in die Züchtung bei Lupinen finden. Hierzu müssen in einem ersten Schritt die anwendungsmethodischen Voraussetzungen geschaffen werden. In verwandten legumen Arten wie Sojabohne, Erbse und Kichererbse wird die sogenannte CRISPR/Cas9-Methode bereits erfolgreich angewendet. ◀





**Nordic Seed fördert als innovativer
Pflanzenzüchter von heimischen Leguminosen
regionale Eiweißlieferanten.**

 Blaue Lupinen  Ackerbohnen  Körnerfuttererbsen

Erfahren Sie mehr über Nordic Seed und unsere
vielfältige Produktauswahl



Nordic Seed 

2 / Anbaufläche, Sorten und Erträge der Lupinen

► Anke Böhme und Herwart Böhm

2.1 / Anbaufläche

Der Anbau von Lupinen in Deutschland war bis Mitte der 1990er Jahre hauptsächlich von der Weißen und Gelben Süßlupine geprägt. Die Anbauflächen dieser beiden Lupinenarten nahmen jedoch mit dem Auftreten der samenbürtigen Krankheit Anthraknose erheblich ab. Die Einführung der anthraknetoleranten Schmalblättrigen (Blauen) Lupinen im Jahr 1997 führte zu einem erneuten Anstieg der Anbaufläche Ende der 1990er und Anfang der 2000er Jahre (Abb. 2.1).

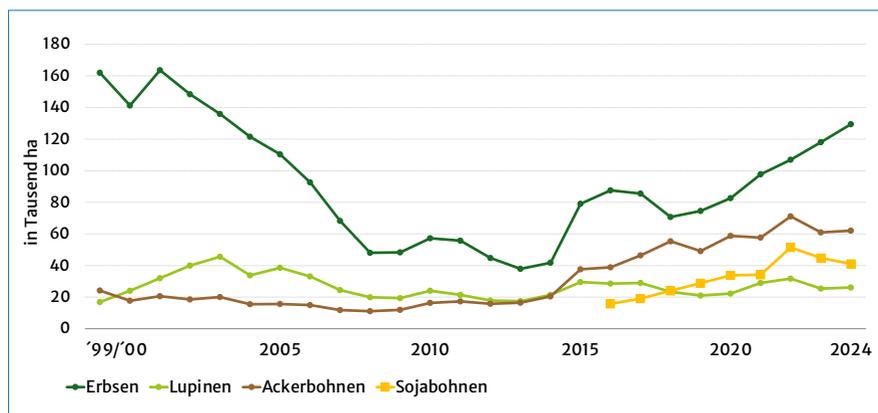


Abb. 2.1: Anbau von Körnerleguminosen in Deutschland 1999–2024.

Quelle: Statistisches Bundesamt (Destatis) 2024.

Allerdings sank der Anbau der Schmalblättrigen Lupine und anderer großkörniger Leguminosen aufgrund ihrer geringeren Wirtschaftlichkeit im Vergleich zu anderen Marktfrüchten in den 2000er Jahren erneut. Die Einführung des Greenings im Jahr 2015 führte zu einem abermaligen Anstieg der Anbauzahlen, jedoch sanken diese wieder nach Einführung des Verbots des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln im Rahmen des Greenings. Die Züchtung anthraknosetoleranter Weißer Lupinen verlieh dieser Lupinenart nach Zulassung von zwei Sorten im Jahr 2019 wieder an Bedeutung im deutschen Anbau (Abb. 2.1).

Der Anbau von Schmalblättrigen Lupinen konzentriert sich hauptsächlich auf die Bundesländer Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern und Sachsen-Anhalt, da in diesen Regionen ein hoher Anteil an Sandböden mit niedrigen pH-Werten vorhanden ist. Von den Körnerleguminosenarten sind die Schmalblättrigen Lupinen aufgrund ihrer Standortansprüche derzeit am besten geeignet. Mit der Wiedereinführung der Weißen Lupinen hat sich deren Anbau auch auf andere Bundesländer wie Bayern, Sachsen, Niedersachsen und Thüringen ausgedehnt (Abb. 2.2).

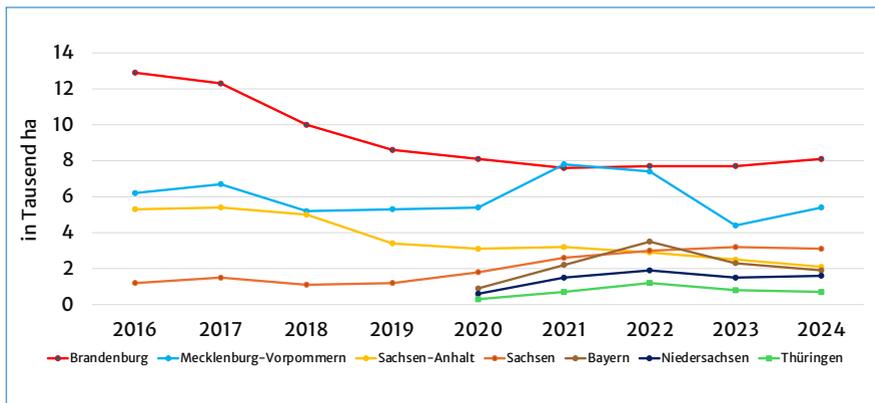


Abb. 2.2: Entwicklung der Anbaufläche von Lupinen in den Bundesländern mit über 1.000 ha Anbaufläche.

Quelle: Statistisches Bundesamt (Destatis) (2024).

Hervorzuheben ist der hohe Anteil von Lupinen im ökologischen Landbau (Abb. 2.3), der zwischen 40 und 50 % der gesamten Lupinenanbaufläche be­trägt. Dies liegt vor allem an dem Einsatz von überwiegend betriebseigenen angebaute Eiweißfuttermitteln in der ökologischen Tierhaltung und der Bedeutung der N_2 -Fixierleistung der Leguminosen als N-Inputquelle in den Betriebskreislauf.

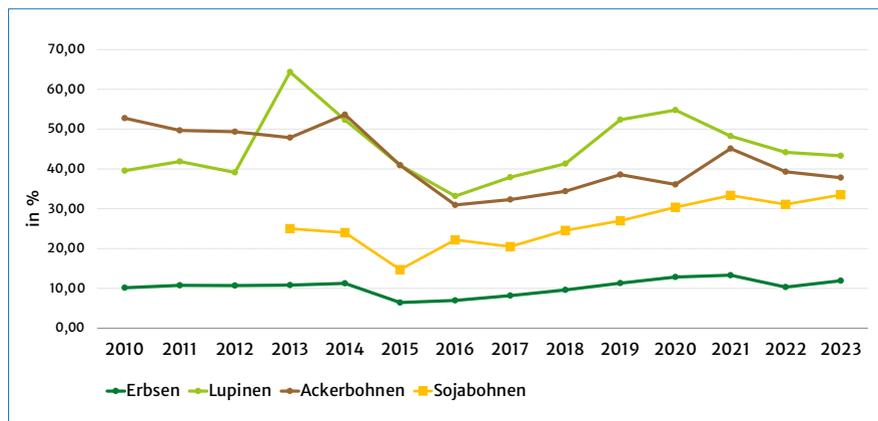


Abb. 2.3: Prozentuale Öko-Anbaufläche von Körnerleguminosen 2010–2023 zur Gesamtfläche Körnerleguminosen.

Quelle: Statistisches Bundesamt (Destatis) (2024), AMI (2011–2024).

2.2 / Sorten

Seit Ende der 1990er Jahre dominiert in Deutschland die Schmalblättri­ge Süßlupine. Es gab nur sporadische kleine Vermehrungen von Gelben und Weißen Lupinen sowie Schmalblättrigen Bitterlupinen, die in Deutschland eine Zulassung für den Sommerzwischenfruchtanbau haben (BSA 2024).

Bei den Lupinen unterscheidet man Sorten mit determiniertem Wuchs, auch

als endständige oder unverzweigte Sorten bezeichnet, und Sorten ohne determinierten Wuchs, auch als verzweigte Sorten bekannt.

Die Saatzucht Steinach ist gegenwärtig das einzige Züchterhaus in Deutschland, das Schmalblättrige Süßlupinen züchtet und Sorten zur Zulassung gebracht hat. Die verzweigte Sorte Boregine beherrschte seit ihrer Zulassung im Jahr 2003 den deutschen Markt (Tab. 2.1), was sich auch in den Vermehrungsflächen widerspiegelt. Probor (Zulassung 2004) erlangte Marktbedeutung als Sorte mit hohem Rohproteingehalt. Die Sorten Carabor (Zulassung 2018, Vertrieb über DSV) und Lunabor (Zulassung 2020) wurden vom Bundessortenamt als ertragsstärker eingestuft. Neben den Sorten der Saatzucht Steinach wird auch die Sorte Bolero (polnische Züchtung, Vertrieb über IG Pflanzenzucht) angebaut, die sich durch verbesserte Hülsenplatzfestigkeit auszeichnet. Im Jahr 2024 wurde die Sorte SM Orion (Züchter Nordic Seed) neu vom Bundessortenamt zugelassen und im Ertrag und Rohprotein-ertrag als hoch bis sehr hoch (BSA-Note 8) eingestuft (Tab. 2.2).

Als endständige Sorte hat nur Boruta (Zulassung 2001) eine Anbaubedeutung, hauptsächlich in Lagen, in denen eine frühe bzw. aufgrund der Standortbedingungen eine sehr gleichmäßige Abreife gefragt ist.

Tab. 2.1: Lupinen-Vermehrungsflächen in Hektar differenziert nach Sorten.

Sorte	2010	2015	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Boregine	467	968	1035	1180	1362	1380	1265	853	492	686
Probor	506	445	401	266	206	140	82	30	26	65
Lunabor	0	0	0	0	0	0	5	50	131	134
Boruta	142	289	151	157	166	133	54	105	23	28
Bolero	0	0	0	15	63	162	343	248	110	50
Carabor	0	0	0	12	15	65	132	340	288	604
Frieda	0	0	0	0	101	191	853	1320	996	725
Celina	0	0	0	0	2	578	1365	1140	773	622

Quelle: Beschreibende Sortenliste (2011, 2016, 2021, 2024a), Bundessortenamt (2024b).

Im Jahr 2019 wurden die Weißen Lupinensorten Frieda und Celina von der DSV zugelassen, die über eine Anthraknosetoleranz verfügen. Das höhere Ertragsniveau der Weißen Lupine hat eine hohe Nachfrage seitens der Landwirtschaft generiert, und die Vermehrungsflächen dieser beiden Sorten liegen mittlerweile über denen der Schmalblättrigen Lupine (Tab. 2.1).

In geringem Umfang werden auch die Sorten Feodora, Butan und Boros angebaut, letztere ist als endständige Weiße Lupinensorte eingestuft. Aktuelle Sortenempfehlungen der verschiedenen Bundesländer bzw. für die jeweiligen Anbauregionen werden u.a. auf der Homepage der GFL unter www.lupinenverein.de veröffentlicht.

Tab. 2.2: Merkmalsbonituren von 1 (geringe Ausprägung) bis 9 (starke Ausprägung).

	Jahr der Zulassung	Bitterstoffgehalt	Determinierter Wuchs	Blütenfarbe	Ornamentierung des Korns	Blühbeginn	Reife	Pflanzenlänge	Neigung zu Lager	Tausendkornmasse	Kornertrag	Rohproteintrag	Rohproteingehalt
Schmalblättrige Lupine													
Mit Voraussetzung des landeskulturellen Wertes in Deutschland zugelassen													
Bolero	2018	1	1	3	4	3	5	3	6	5	7	6	5
Boregin	2003	1	1	1	1	3	5	4	5	6	6	5	5
Boruta	2001	1	9	4	3	4	5	3	5	3	5	6	5
Carabor	2018	1	1	3	4	3	5	3	5	5	8	7	5
Lunabor	2020	1	1	4	1	3	5	4	5	4	8	7	4
Probor	2005	1	1	3	3	3	5	3	5	3	6	7	6
SM Orion*	2024	1	1	3	2	3	5	3	4	5	8	8	6
Weißer Lupine													
Mit Voraussetzung des landeskulturellen Wertes in Deutschland zugelassen													
Celina	2019	1	1	2	1	3	4	5	3	7	6	8	3
Feodora	2004	1	1	2	1	3	4	5	-	6	6	7	3
Frieda	2019	1	1	2	1	3	4	5	3	7	6	7	3
In einem anderen EU-Land eingetragen													
Boros	2003	1	9	2	1	3	3	4	-	6	5	3	3
Butan	2000	1	1	2	1	3	3	5	-	6	5	5	3

Quelle: Bundessortenamt (2024a), * Neuzulassung 2024.

Die Tabelle 2.2 bietet eine Zusammenfassung der im Jahr 2024 in der Beschreibenden Sortenliste des Bundessortenamtes eingetragenen Lupinensorten, die in Deutschland von Bedeutung sind, mit ihren wichtigsten Eigenschaften.

2.3 / Erträge

Die Erträge von Lupinen sind stark von der jährlichen Witterung, den Standortbedingungen und nicht zuletzt von der Wahl der Lupinenart und der Sorte abhängig. In den letzten 20 Jahren schwankten die durchschnittlichen Praxiserträge im Mittel beider Lupinenarten in Deutschland zwischen 9 und 24 dt/ha (Abb. 2.4)

Unter optimalen Bedingungen können bei der Schmalblättrigen Lupine Erträge von über 40 dt/ha erzielt werden, während bei den Weißen Lupinen Erträge von über 50 dt/ha möglich sind. Oftmals werden Lupinen jedoch auf sehr leichten Standorten angebaut, wodurch die Erträge in der Praxis zwischen 15 und 25 dt/ha bei den Schmalblättrigen und 25–35 dt/ha bei den Weißen Lupinen liegen.

Die Sorten Carabor und Lunabor wurden vom Bundessortenamt um drei Ausprägungsstufen höher im Kornertag eingestuft als Boregine (Tab. 2.2). Carabor hat diese Bewertung bisher noch nicht eindeutig in den LSV bestätigt, während Lunabor erst seit 2022 geprüft wird. Das Ertragspotenzial der Weißen Lupinensorten Frieda und Celina scheint vergleichbar (Abb. 2.5).

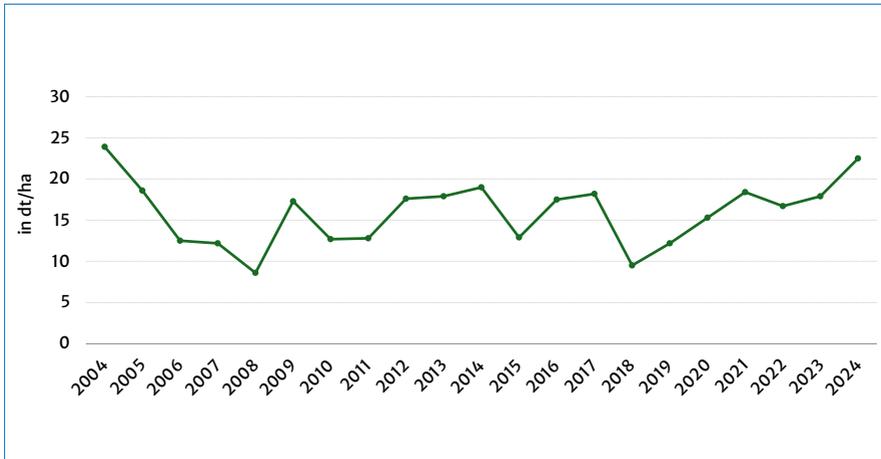


Abb. 2.4: Erträge von Lupinen in Deutschland.

Quelle: Statistisches Bundesamt (Destatis) (2024).

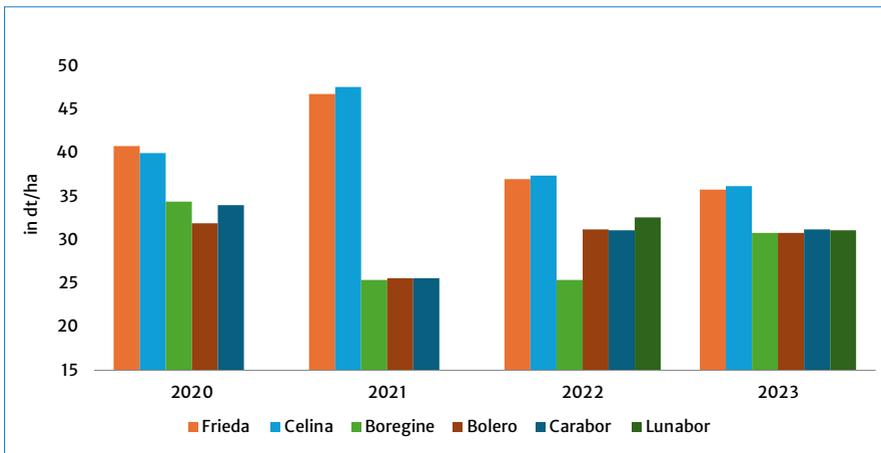
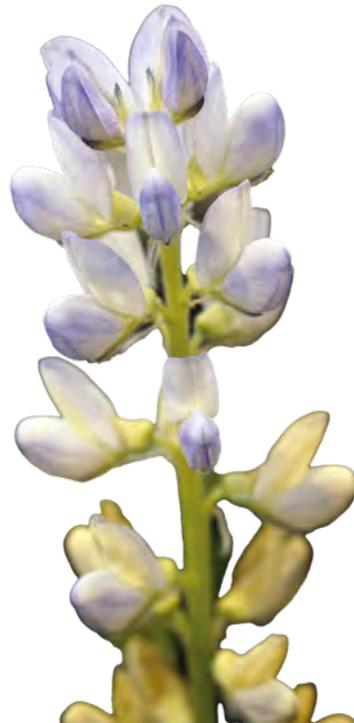


Abb. 2.5: Durchschnittserträge von Weißen und Schmalblättrigen Lupinen auf den Löss- und Verwitterungsstandorten in den Bundesländern Sachsen, Thüringen und Sachsen-Anhalt.

Quelle: Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (2023 a, b).

2.4 / Rohproteingehalte

Die Rohproteingehalte der Schmalblättrigen Lupinen weisen auf Datenbasis der Landessortenversuche in den Bundesländern Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen in den Jahren 2019 bis 2023 im Vergleich zu den Weißen Lupinen tendenziell niedrigere Werte auf. Innerhalb der Schmalblättrigen Lupinen bewegen sich die Proteingehalte zwischen 26 und 31 % (bez. auf 86 TS), während sie bei den Weißen Lupinen zwischen 29 und 33 % (bez. auf 86 TS) liegen (LfULG 2022, 2023 a, b). Es ist anzumerken, dass lediglich die Sorte Probor bei den Schmalblättrigen Lupinen etwas höhere Rohproteingehalte aufweist. Bei den beiden Sorten der Weißen Lupine zeigen sich vergleichbare Proteingehalte. ◀



3 / Anbautechnik Lupinen

► Herwart Böhm, Jens Bojahr und Claus Wiegelmann–Marx

3.1 / Standort- und Klimaansprüche

Für einen erfolgreichen Anbau der Lupinen ist die Wahl des Standortes von entscheidender Bedeutung. Im Vordergrund der Standortwahl sollte die Ackerzahl und der pH-Wert des Bodens stehen. Hiernach richtet sich die Auswahl der passenden Lupinenart und Sorte. Böden mit stauender Nässe und auch flachgründige Böden sind für den Anbau weniger geeignet. Die Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Lupinenarten hinsichtlich der Anforderungen und Eigenschaften sind in Tab. 3.1 vergleichend zusammengetragen. Die Gelbe und die Weiße Lupine haben eine längere Vegetationszeit im Vergleich zur Schmalblättrigen (Blauen) Lupine und benötigen Standorte, die eine sichere Ernte im September bis Oktober ermöglichen. Ist die frühe Ernte ein entscheidendes Kriterium für den Anbau, sollte die Schmalblättrige Lupine angebaut werden. Durch die unterschiedlichen Wuchsformen stehen Sorten zur Verfügung, die ein sehr breites Spektrum der Abreife abdecken. Endständige Formen reifen in der Regel gleichmäßiger und sicherer ab. Sie sollten besonders auf guten Böden, in niederschlagsreichen Gebieten und in Mittelgebirgslagen angebaut werden. Bei den verzweigten Formen kann es in den genannten Regionen zu ständigem Neuaustrieb und somit zu ungleichmäßiger Abreife kommen und sind daher eher für trockenere Standorte geeignet. Das Anbauverfahren ist bei den drei Arten sehr ähnlich.

Tab. 3.1: Vergleichende Ansprüche der Lupinenarten.

	Gelbe Lupine (<i>Lupinus luteus</i>)	Schmalblättrige Lupine (<i>L. angustifolius</i>)	Weißer Lupine (<i>L. albus</i>)
Boden	Leichte Böden: Sande; schwach lehmige Sande	Leichte bis mittlere Böden: Sande; sandige Lehme; Lößlehme	Mittelschwere Böden: sandige Lehme; Löß- lehme; Schwarzerden
	Staunässe muss vermieden werden, fördert den Befall mit Auflauf- und Fußkrankheiten		
pH-Wert	4,6–6,0	5,0–6,8	5,5–7,3
Klima	keine zu hohen Tem- peraturen während der Jugendentwicklung; trockenes Wetter wäh- rend der Reife	für alle Klimatalagen Deutschlands geeignet, auch für Gebiete mit kurzer Vegetationszeit; Vorgebirgslagen, Küs- tengebiete	warmes, feuchtes Frühjahr; hohe Erträge erfordern kühle Tempe- raturen bis zum Beginn des Streckungswachs- tums
	eine gute Wasserversorgung zur Blüte und mäßige Temperaturen sorgen für einen ausgeprägten Hülsenansatz und hohen Ertrag		
Vegetationsdauer in Tagen (sorten- abhängig)	150–170	110–130	150–190
Vorfrüchte	Lupinenarten sind mit sich selbst unverträglich, Anbaupausen von 5 Jahren sind einzuhalten; Raps, Sonnenblumen, Kartoffeln und Kohl meiden, wegen Infektion mit Sklerotinia; zu Erbsen, Ackerbohnen, Klee und Luzerne mind. 2–4 Jahre Anbaupause einhalten		
Vorfruchtwert	Stickstofffixierung mit Bereitstellung für Folgekultur (bis zu 40 kg N/ha), Humusanreicherung, verbesserte Bodengare und leichte Bearbeitbarkeit zur Folgekultur		
Saatzeit und -bett	Mitte März bis Ende April bei Bodentemperaturen ab +8 °C, ! Bodentemperatur vor Aussaatzeitpunkt!, Ablagetiefe einhalten		
Ablagetiefe (cm)	2–3	2–3	2–4
Aussaat (keimfähige Kör- ner/m ²)	70–80	endständige Sorten 110–130 verzweigte Sorten 80–110	50–70
	Berechnung des Saatgutbedarfs: $\text{kg/ha} = \frac{\text{Körner}}{\text{m}^2} \times \text{TKG} \times \text{Keimfähigkeit (\%)}$		
Wurzelsystem	Verzweigtes Wurzelsystem mit ausgeprägter Pfahlwurzel		
Ertragspotential in dt/ha	10–25	20–45	20–60
Rohproteingehalt in % bei 100 % TS	40–44	30–38	35–40

3.2 / Fruchtfolge

Lupinen sind Stickstoffsammler und tragen durch ihr kräftiges, weit verzweigtes Wurzelsystem zur Strukturverbesserung des Bodens bei. Alle drei Arten haben eine lange Pfahlwurzel (Abb. 3.1), mit der sie Nährstoffe und Wasser auch aus tieferen Schichten nutzen können. Des Weiteren sind sie in der Lage schwer verfügbaren Phosphor aufzuschließen und somit pflanzenverfügbar zu machen.



Abb. 3.1: Wurzelsystem einer Schmalblättrigen Lupine.

Foto: Julius Kühn-Institut

Die Integration von Lupinen in die Fruchtfolge beeinflusst das gesamte Anbausystem sehr positiv. Die größte Bedeutung hat dabei die hohe Stickstofffixierung und die Bereitstellung von Stickstoff für die nachfolgenden Kulturen. Weitere positive Vorfruchtwirkungen sind die Anreicherung von Humus und die Verbesserung der Bodenstruktur und -gare. Im ökologischen Landbau stellen Lupinen eine unverzichtbare Stickstoffquelle dar und der Vorfruchteffekt ist hier höher zu bewerten. Lupinen selbst stellen geringe Ansprüche an die Vorfrucht. Ein Anbau nach Kartoffeln ist nicht empfehlenswert, da mit einer erhöhten Rhizoctoniainfektion zu rechnen ist. Das Gleiche gilt für den Mais in Bezug auf Fusariosen. In Fruchtfolgen mit Raps kann ein Befall mit Sklerotinia negative Auswirkungen auf den Ertrag haben (Tab. 3.1).

Die günstigsten Folgefrüchte sind Wintergetreide und Winterraps. Der wertvolle Stickstoff wird von der Folgekultur verwertet und somit nicht ausgewaschen. Ist als Hauptkultur jedoch eine Sommerung vorgesehen, ist in jedem Fall eine schnellwachsende Zwischenfrucht zu drillen. Hier eignen sich

besonders Senf, Ölrettich und Phacelia. Diese Kulturen verwerten und binden den Stickstoff, sodass die Auswaschungsgefahr minimiert wird.

Die drei Lupinenarten sind mit sich selbst unverträglich. Somit sind Anbaupausen von mehr als 5 Jahren unbedingt einzuhalten. Bei engeren Fruchtfolgen kann es mit der Zeit zu starken Ertragseinbußen durch eine Reihe pilzlicher Schaderreger kommen, aber auch durch einen verstärkten Blatt- und Randkäferbefall (s.a. Kap. 4).

3.3 / Düngung

Eine Düngung der Grundnährstoffe ist im konventionellen Anbau ab Versorgungsstufe C, im ökologischen Anbau ab Stufe B erforderlich.

Phosphor ist ein wichtiger Nährstoff für die Pflanze, da dieser an der Energieversorgung der Rhizobien maßgeblich beteiligt ist. Der Phosphorgehalt ist dort dreimal höher als in der Wurzel oder im Spross. Eine Düngung von 10–15 kg Phosphor ist aber nur bei Versorgungsstufe A oder B erforderlich, da die Lupine ein hohes Phosphoraufschlussvermögen hat.

Da Kalium auswaschungsgefährdet ist, sollte in Abhängigkeit von der Bodenart vor allem auf leichten und durchlässigen Böden die Düngung direkt zu den Lupinen erfolgen. Körnerleguminosen haben insgesamt einen hohen Bedarf an Schwefel. Empfehlenswert ist daher eine Düngung mit 20–30 kg S/ha. Diese kann als Kombination mit schwefelhaltigen Kaliumdüngern erfolgen.

Als Stickstoffsammler (Tab. 3.2) wird den Lupinen kein Stickstoffdünger in jeglicher Form verabreicht. Mit der Gabe von Stickstoff würde der Gratisfaktor der biologischen N-Fixierung deutlich verringert, und damit ginge ein bedeutender Vorteil des Lupinenanbaus verloren.

Hinzu kommt, dass durch die Stickstoffdüngung das Unkrautwachstum stark gefördert, die Abreife verzögert und somit die Erntebedingungen deutlich verschlechtert würden. Diese Aspekte treffen in gleicher Form für organische Dünger wie beispielsweise Stallung und Gülle zu.

Tab. 3.2: Anhaltswerte zur Stickstoffbindung verschiedener Lupinenarten im Vergleich zu Körnererbse.

Art	Korn- ertrag 86 % TM (t/ha)	N-Gehalt im Korn (kg N/t FM)	N-Entzug Korn (kg N/ha)	N- Bindung (kg N/ha)	N-Saldo (kg N/ ha)
Schmalblättrige Lupine	2,5	48	120	150	30
Gelbe Lupine	2,5	61	152	190	38
Weißer Lupine	2,5	52	130	163	33
Körnererbse	3,0	35	105	123	18

Verändert nach: KTBL Heft 100 (2013)

Zusätzlich zu den Makronährstoffen ist die Mikronährstoffversorgung zu beachten. Hier sind vor allem Molybdän und Bor von Bedeutung, insbesondere auch im Hinblick auf die N-Fixierleistung.

Molybdän beeinflusst den Energiestoffwechsel. Bei pH-Werten unter 5,5, auf leichten Böden und bei Trockenheit, ist die Verfügbarkeit schlecht. Bei einem Mangel wird eine Molybdän-Düngung zum 6-Blattstadium empfohlen.

Bor ist in der Pflanze neben Calcium und Kalium für den Aufbau der Zellwände und für die Zellteilung notwendig. Daneben ist Bor für verschiedene Stoffwechselprozesse (z. B. Kohlenhydratstoffwechsel, Eiweißhaushalt, Hormonstoffwechsel) und die Zuckerbildung sowie insbesondere für die Ausbildung wachsender grüner Zellen von Bedeutung. Neben der Strukturbildung und Stabilität der Zellwand unterstützt Bor insbesondere die

Ausbildung der Pollenschläuche während der Blüte, sodass es bei Bor-Mangel häufig zu einer gehemmten generativen Entwicklung kommt.

Da Bor in der Pflanze ausschließlich in den wasserleitenden Gefäßen (Xylem) transportiert und mit nachlassender Transpiration nur noch relativ schwach zu den Zielorganen verlagert wird, kann bei Bedarf eine Ergänzung über das Blatt sinnvoll sein.

3.4 / Impfung

Lupinen leben wie alle Leguminosen in Gemeinschaft (Symbiose) mit Bakterien (Rhizobien). Mithilfe des Multienzymkomplexes Nitrogenase können sie molekularen Stickstoff (N_2) aus der Luft in pflanzenverfügbares Ammoniak (NH_3) umwandeln. Dadurch versorgen sich Leguminosen weitestgehend selbst mit dem Hauptnährstoff Stickstoff. Die Rhizobien dringen in die Wurzelhaare der Lupine ein, vermehren sich und differenzieren sich zu Bakteroiden, die als Wurzelknöllchen sichtbar werden. Die Rhizobien sind spezifisch für die verschiedenen Leguminosenarten. Für die Lupine ist es *Bradyrhizobium lupini*, das in den heimischen Böden natürlicherweise in unzureichender Anzahl vorkommt. Daher sollte das Saatgut vor der Aussaat mit Rhizobien-Präparaten beimpft werden. Hierdurch können sich ausreichend Knöllchen zur Sicherstellung der Stickstoffversorgung als Voraussetzung für gute Erträge mit hohem Proteingehalt bilden.

Es wird empfohlen auf Flächen, auf denen noch nie oder länger als acht bis zehn Jahre keine Lupinen oder Seradella angebaut wurden, eine Impfung des Saatgutes zur Ertragssicherung durchzuführen.

Andernfalls können die Lupinen ihren Stickstoffbedarf nur aus dem Bodenvorrat decken und reagieren je nach Standort mit deutlichen Mindererträgen.

Am Markt werden unterschiedliche Rhizobien-Impfmittel für Lupinen angeboten, die sich in der Formulierung (Torf, flüssig, Pflanzenkohlenbasis, mit oder ohne zusätzlichem Haftmittel) und der Rhizobiendichte unterscheiden (Tab. 3.3). Teilweise bieten Firmen mittlerweile spezifische Impfmittel für Weiße und Schmalblättrige Lupinen an (Tab. 3.3).

Untersuchungen zur Wirkung der unterschiedlichen Impfmittel auf die Pflanzenentwicklung und Ertragsbildung bei Lupinen haben nicht immer deutliche und gleichgerichtete Wirkungen gezeigt (Böhm et al. 2023a, b; Wegner 2023). Dies liegt auch daran, dass am Saatgut anhaftende Rhizobien sich im Boden zusammen mit den Leguminosen nur weiterentwickeln, wenn die Lebensbedingungen für sie erfüllt sind. Dazu gehören eine ausreichende Bodenfeuchte und -temperatur. Folgt z.B. nach der Saat eine langanhaltende Periode ohne Niederschläge kann dies die Vermehrung der Rhizobien beeinträchtigen. Auch die Versorgung mit Nährstoffen, insbesondere mit denjenigen, die für den Prozess der N-Fixierung benötigt werden (Schwefel, Phosphor, Bor, Molybdän, Eisen), muss stimmen. Ebenfalls ist der pH-Wert



Leguminosen
brauchen zur Stickstoff-Bindung Rhizobien.
Sie brauchen

RADICIN® Impfstoff für Saatgut

- Lupine
- Futtererbse
- Ackerbohne
- Soja
- Kleearten ...

Jetzt zum noch günstigerem Hektar-Preis!

JOST GmbH | Giesestr. 4 | 58636 Iserlohn
Fon 02371 94850 | www.jost-group.com

von Bedeutung. Unter sehr sauren Bodenbedingungen wird die N-Fixierung gehemmt, aber auch die Lebensfähigkeit der Rhizobien eingeschränkt. Die N-Fixierleistung ist zudem von den N_{\min} -Gehalten im Boden abhängig – je niedriger diese sind, desto effektiver ist die N-Fixierleistung der Rhizobien.

Bei der Anwendung der Impfmittel sind die Hinweise der jeweiligen Hersteller zu beachten. In der Praxis ist die Impfung des Saatgutes am weitesten verbreitet. Bei der Saatgutimpfung gilt für alle Präparate, dass sie unmittelbar vor der Aussaat auf das Saatgut aufgebracht werden sollten, da sie schnell an Wirkung verlieren. Rhizobien sind empfindlich gegenüber Licht und Hitze, d.h. während der Lagerung, der Aufbringung der Präparate und bis zur Aussaat sollten sie bzw. das beimpfte Saatgut keiner direkten Sonnenstrahlung (UV-Strahlung) und Hitze ausgesetzt werden.



Abb.: 3.2: Knöllchenbakterien an einer Wurzel der Schmalblättrigen Lupine.

Foto: Jens Bojahr, Saatzucht Steinach

Die Impfung kann direkt in der Drillmaschine oder in geeigneten (Beton-)mischern durchgeführt werden. Die Saatgutimpfung kann mit flüssig formulierten Präparaten auch sehr einfach und effektiv mit einer (Kompressorbetriebenen) Sprühpistole erfolgen. Generell sollte darauf geachtet werden, dass das Saatgut immer sehr schonend behandelt wird, damit es nicht mechanisch geschädigt wird (Haarrisse sind Eintrittspforten für Schaderreger) und die Keimfähigkeit erhalten bleibt. So sollten Fallhöhen und Quetschungen durch zu enge Durchgänge vermieden und Mischmaschinen so langsam wie möglich angetrieben werden.

Im konventionellen Anbau können flüssige Impfmittel bei der

Herbizidapplikation mit ausgebracht werden. Dabei ist zu beachten, dass die Ausbringung nicht bei direkter Sonneneinstrahlung erfolgen darf und ausreichende Bodenfeuchte vorhanden ist. Weiterhin ist eine genügend große Wassermenge notwendig, die von den Herstellern mit mindestens 300–400 l/ha angegeben wird. Auch sollte die Ausbringung mit möglichst geringem Druck (< 2 bar) erfolgen.



Abb. 3.3: Rosa gefärbte Knöllchen sind aktiv und fixieren Stickstoff.

Foto: Christine Struck, Universität Rostock

Der Erfolg der Impfung kann ab Knospenstadium bis zur Vollblüte direkt an ausgegrabenen und vorsichtig von Boden befreiten, eventuell in Wasser getauchten, Lupinenwurzeln überprüft werden. An den Wurzeln sollten sich zahlreiche Wurzelknöllchen befinden (s. Abb. 3.2). Aktive Knöllchen sind innen orange-rot gefärbt (Abb. 3.3), was sich durch Aufschneiden schnell feststellen lässt.

Die Kosten für die Impfmittel liegen bei 30–50 Euro/ha. Hinzu kommt die Arbeitszeit für die Impfung des Saatgutes. Grundsätzlich gilt: Besser zu viel als zu wenig Impfmittel verwenden! Besonders bei Erstanbau verwenden erfahrene Praktiker eine höhere Impfmittelmenge als empfohlen.



Abb. 3.4: Impfmittelversuch in Schmalblättriger Lupine am Standort Trenthorst (Thünen-Institut für Ökologischen Landbau) im Jahr 2020.

Vorne rechts: mit Impfmittel, links daneben: unbehandelte Kontrolle

Foto: Herwart Böhm, Thünen-Institut

Tab. 3.3: Rhizobien-Impfmittel für Lupinen (Stand Frühjahr 2024).

Impfmittel	Hersteller	Vertrieb	Formulierung	Bakterienkonzentration ²⁾
LEGUMEFIX®	Legume Technology Ltd (GB)	Fabian van Beesten Impfmittel-	Torf	2–5 x 10 ⁹
LIQUIFIX®	Legume Technology Ltd (GB)	handel www.legumino.de	flüssig	1 x 10 ¹⁰
RADICIN®-Lupin	Radicin-Institut GmbH (DE)	Jost GmbH (DE)	flüssig	1 x 10 ⁸
RhizoFix® RF-40	Feldsaaten Freudenberger GmbH & Co KG (DE)	Landhandel	flüssig	1 x 10 ⁹
Rhizo power® ¹⁾	nadicom GmbH (DE)	nadicom GmbH (DE)	flüssig	0,5–1 x 10 ⁹
RHIZA-pur® ^{1,3)}	nadicom GmbH (DE)	SemoBio GmbH (DE)	flüssig	0,5–1 x 10 ⁹
Turbo Lupin ⁴⁾	Rhizobacter Argentina S.A. (AR)	Hahn & Karl Saatenhandel (DE)	flüssig	1 x 10 ⁹
RhizoLiq Top® ⁴⁾	Rhizobacter Argentina S.A. (AR)	Bay Wa AG (DE)	flüssig	2 x 10 ⁸
Legumino® Lupine	Saphium Biotechnology GmbH (AU)	Direkt und bei Vertriebspartnern	Pflanzenkohle	1 x 10 ⁹

¹⁾ für Weiße und Schmalblättrige Lupinen werden spezifische Impfmittel angeboten,

²⁾ koloniebildende Einheiten (kBE) pro g bzw. ml, ³⁾ mit „Kleber“ zur besseren Haftung,

⁴⁾ mit Premax® als Zellschutz für Bakterien

3.5 / Bodenbearbeitung

Lupinen können als recht anspruchslose Kulturen angesehen werden, was aber nicht bedeutet, dass auf einen ackerbaulichen guten Zustand des Feldes verzichtet werden kann. Die Lupine hat ein geringes Konkurrenzvermögen und kann nur dort gut gedeihen, wo der Zustand des Bodens das erlaubt. Im konventionellem wie auch im ökologischen Landbau müssen alle ackerbaulichen Maßnahmen so gestaltet sein, dass der Unkrautdruck so gering wie möglich gehalten wird. Es stehen nur sehr eingeschränkte Möglichkeiten zur Unkrautregulierung zur Verfügung und die müssen durch Schlagauswahl, Bodenbearbeitungsmaßnahmen, Aussaatzeit und Aussaatverfahren unterstützt werden.

Die Bodenvorbereitung sollte nach Möglichkeit bereits im Vorjahr mit der Herbstfurche beginnen (Vorgaben der GAP sind zu beachten). Gerade auf sandigen Böden sind tiefgründige Bearbeitungsschritte im Frühjahr immer mit hohen Wasserverlusten verbunden, ein Großteil der Winterfeuchtigkeit geht verloren.

Die Saatbettbereitung erfolgt flach, sodass gekeimte bzw. in Keimung befindliche Unkräuter zerstört werden und der Wasserverlust recht gering ist. Eine tiefere Bearbeitung würde ein erneutes Unkrautsamenpotential in die oberen Bodenschichten befördern. Das Saatbett sollte feinkrümelig und gut abgesetzt sein, um eine gleichmäßige Ablagetiefe von 2–4 cm zu gewährleisten. Im ökologischen Landbau kann zwischen Saatbettbereitung und Aussaat durchaus ein längerer Zeitraum verbleiben, um bei der Aussaat erneut keimende Unkräuter zu bekämpfen. Das sogenannte falsche Saatbett ist nach Möglichkeit sowohl im ökologischen als auch im konventionellen Landbau mit einzuplanen.

3.6 / Aussaat

Lupinen keimen schon bei geringeren Bodentemperaturen und sind je nach Art tolerant gegenüber leichten Frösten.

Der Aussaattermin ist dabei nicht allein nach dem Kalender zu wählen, sondern sollte sich stärker an der Bodentemperatur orientieren. Hier sollte eine Bodentemperatur von 8 °C angestrebt werden.

Frühe Saaten in einen kalten Boden bedeuten verlängerte Auflaufzeiten. Dies hat den Nachteil, dass sowohl die Lupinen- aber auch Unkrautsamen noch nicht in Keimstimmung sind. Auflaufende Unkräuter können dabei weder mechanisch noch mit Bodenherbiziden bekämpft werden. Um optimale Aussaatbedingungen zu haben, ist ein späterer Aussaattermin durchaus in Kauf zu nehmen. Die oberste Grenze für die Aussaat könnte um den 20. April liegen. Gelbe Lupinen haben sortenspezifisch ein Vernalisationsbedürfnis und sind daher auf frühe Aussaaten angewiesen.

Alle Lupinenarten keimen epigäisch, das heißt sie schieben die Keimblätter über den Boden. Daher ist eine flache Aussaat notwendig. Die Aussaatstärke sollte bei endständigen Sorten der Schmalblättrigen Lupine bei 110–130 keimfähigen Körnern/m² und bei verzweigten Sorten bei 80–110 Körnern liegen. Bei der Weißen Lupine ist eine Aussaatstärke von 50–70 keimfähige Körner/m² angemessen (Tab. 3.1). Die Samen müssen gleichmäßig mit Boden bedeckt sein, oben aufliegende Körner werden nur schlecht keimen. Tiefere Saaten führen zu ungleichmäßigem Aufgang und zu Ertragsdepressionen. Die Reihenabstände sind denen von Getreide gleich. Reihenabstände von mehr als 25 cm sind durchaus sinnvoll, stellen aber an die Bodenbearbeitung, das Unkrautmanagement und die Aussaattechnik besonders hohe Anforderungen.

Gegen bodenbürtige Krankheiten und damit verbundene Auflaferkrankungen ist es im konventionellen Anbau sinnvoll eine zugelassene Beizung einzusetzen. Zurzeit ist Prepper (Wirkstoff Fludioxonil) mit einer Zulassung

gegen Fusarium-Arten und Ascochyta spec. am Markt verfügbar. Hier ist die jeweils gültige Zulassungssituation zu beachten.

3.7 / Gemengeanbau

Für den Gemengeanbau ist vor allem die Schmalblättrige Lupine geeignet, da die Weiße Lupine in der Regel zu spät abreift und Getreide dann bereits ausfällt oder von Pilzen besiedelt wird. Für den Gemengeanbau mit Schmalblättrigen Lupinen werden additive Gemenge empfohlen, d.h. die Lupinen werden in voller Saatkichte, wie beim Anbau in Reinsaat gedrillt (s. Kap. 3.6). Dazu wird der Getreidepartner mit einer deutlich reduzierten Saatkichte, d.h. 60–120 keimfähige Körner/m² gemischt. Bei höherem Unkrautdruck sollte die höhere Saatkichte gewählt werden. Die optimalen Saatkichtenverhältnisse sind jedoch vom Standort und der Witterung abhängig, sodass für den eigenen Betrieb eine Anpassung notwendig wird.

Lupinen-Getreide-Gemenge können vor der Saat gemischt und gemeinsam gedrillt werden. Lupinen können auch im Gemenge mit Leindotter angebaut werden.

Leindotter hat eine etwas bessere unkrautunterdrückende Wirkung als Getreide. Gemenge mit Leindotter müssen jedoch in zwei Arbeitsgängen gedrillt werden, da es in der Drillmaschine aufgrund des stark unterschiedlichen Tausendkorngewichtes schnell zur Entmischung kommt.

Alternativ kann eine Drillmaschine mit zwei Saatkästen zum Einsatz kommen. In Ergebnissen von Böhm (2019) eignete sich die endständige Sorte Boruta im Vergleich zur verzweigten Sorte Boregine etwas besser für den Gemengeanbau, da der Kornertrag der Lupine im Gemenge im Vergleich zur Reinsaat weniger reduziert wurde und der Gesamtertrag höher war als der Ertrag der Lupine in Reinsaat.

3.8 / Unkrautregulierung

Lupinen verfügen, wie auch andere Körnerleguminosen, aufgrund ihrer langsamen Jugendentwicklung nur über eine geringe Konkurrenzkraft gegenüber Unkräutern. Im konventionellen Anbau stehen zudem immer weniger Herbizide zur Verfügung. Daher sind grundsätzlich Maßnahmen der vorbeugenden Unkrautregulierung durch eine vielfältige Fruchtfolge und eine ausreichende Stoppelbearbeitung der Vorfrucht auszuschöpfen. Vorfrüchte wie z.B. Getreide, die wenig Stickstoff hinterlassen, eignen sich besonders gut. Erfolgreich können Lupinen zudem nur auf Flächen mit geringem Unkrautdruck und wenigen Problemunkräutern, z. B. Wurzelunkräutern angebaut werden. Zusätzliche Bearbeitungen vor der Aussaat mit Feingrubber, Egge oder Striegel helfen, Unkräuter zum Auflaufen anzuregen und somit vor der Aussaat zu bekämpfen.

3.8.1 / Mechanische Verfahren

Die mechanische Unkrautregulierung gewinnt aufgrund fehlender Herbizide oder entsprechenden Bewirtschaftungsvorgaben im konventionellen Anbau an Bedeutung. Im ökologischen Landbau ist sie beim Anbau von Reinsaaten zwingend erforderlich. Die Maßnahmen sind am effektivsten, wenn sich die Unkrautpflanzen im Fädchen- oder Keimblattstadium befinden.

Als reihenunabhängiges Verfahren mit hoher Flächenleistung hat sich das Striegeln im Voraufbau bewährt, das auch quer oder schräg zur Drillrichtung ausgeführt werden kann (Tab. 3.4). Aufgrund der recht flachen Saatgutablage der Lupinen darf der Striegel mit schleppend eingestellten Zinken nur flach in den Boden eingreifen. Eine intensive Kontrolle ist notwendig, damit die Samen in ihrem Saatbett verbleiben bzw. keine Keimlinge abgebrochen werden. Je nach Witterungs- und Auflaufbedingungen kann eine zweite Überfahrt erfolgen.

Ab 5 cm Pflanzenhöhe bzw. dem 4–5 Blattstadium kann wieder mit dem

Striegel oder der Hacke gearbeitet werden (Abb 3.5 a, Abb.3.5 b, Tab. 3.4). Die Gratwanderung besteht darin, nicht zu früh aber früh genug den Striegeleinsatz nach dem Auflaufen durchzuführen. Dies muss standortspezifisch in Abhängigkeit der Witterung entschieden werden. Für den Einsatz der Maschinenhacke sind Reihenweiten von mindestens 20–25 cm notwendig. Durch optoelektronische Reihenführungen mittels kameragesteuerter Lenkung und/oder dem Einsatz von globalen Navigationssatellitensystemen (GPS) kann sehr präzise und effektiv bei gleichzeitig erhöhter Flächenleistung Unkraut bekämpft werden. Beim Vergleich des Striegeleinsatzes (Reihenabstand 12,5 cm) und dem Einsatz der Maschinenhacke in Reihenweiten von 25 und 37,5 cm beobachteten Böhm & Aulrich (2011) die höchsten Erträge in der Striegelvariante und der Hackvariante mit 25 cm Reihenabstand.

Tab. 3.4: Kulturführung von Lupinen in Reinsaat mit mechanischen Verfahren.

Maßnahme	Blindstriegeln	Striegeln		Maschinenhacke		
		1. Einsatz	2. Einsatz, ggf. weitere	1. Einsatz	2. Einsatz	3. Einsatz, ggf. weitere
Häufigkeit	1–2 mal	1. Einsatz	2. Einsatz, ggf. weitere	1. Einsatz	2. Einsatz	3. Einsatz, ggf. weitere
Zeitpunkt	bis 5 Tage nach der Saat	ab 5 cm Höhe	je nach Unkrautbesatz bis Reihenabschluss	ab 5 cm Höhe	je nach Unkrautbesatz bis Reihenabschluss	
Arbeits-tiefe	max. 2 cm	2–3 cm	2–3 cm	2 cm	2–4 cm	3–4 cm
Einstellung	Zinken schlep-pend	Zinken sanft	Zinken scharf	Reihen-schutz notwe-nig	leichtes Häufeln in die Reihe	Stärkeres Häufeln möglich

verändert nach Watzka (2023)

Beide mechanische Verfahren sollten bei möglichst optimalen Boden- und trockenen Witterungsbedingungen durchgeführt werden. Der beste Bearbeitungszeitraum ist in den Mittags- und frühen Nachmittagsstunden, da die Pflanzenzellen dann einen geringeren osmotischen Druck aufweisen und somit weniger empfindlich sind, d. h. nicht so schnell verletzt werden und weniger abknicken.



Abb. 3.5 a: Lupinenfläche vor dem Einsatz des Striegels.

Foto: Herwart Böhm, Thünen-Institut



Abb. 3.5 b: Lupinenfläche nach dem Einsatz des Striegels.

Foto: Herwart Böhm, Thünen-Institut

3.8.2 / Chemische Unkrautbekämpfung

Zur chemischen Unkrautbekämpfung stehen nur wenige Mittel zur Verfügung (Tab. 3.5). Über den Stand der zugelassenen Mittel sollte sich stets aktuell informiert werden. Dazu können über die zuständigen Pflanzenschutzämter und über die aktuelle Datenbank des Bundesamtes für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) die notwendigen Auskünfte erhalten werden (<https://psm-zulassung.bvl.bund.de/psm/jsp/>).

Die Voraufmittel benötigen für eine optimale Wirkung neben einer

ausreichenden Bodenfeuchte vor allem ein feinkrümeliges, gleichmäßiges Saatbett. Da die Wirkung der Herbizide zeitlich begrenzt ist, müssen Zeitpunkt der Applikation und Aufgang der Unkräuter zusammenpassen. Dies ist der Fall, wenn die Aussaat in einen warmen, leicht feuchten Boden erfolgt und die Lupinen wie auch die Unkräuter zügig aufgehen können. Demnach ist, wie bereits erwähnt, für eine optimale Wirkung auch ein leicht verspäteter Aussaattermin in Kauf zu nehmen.

Bodenbearbeitung, Aussaat und Aussaattermin müssen so terminiert und in höchster Qualität durchgeführt werden, dass die Herbizide beste Bedingungen für deren Wirkung haben. Es gibt danach keine Möglichkeit einer Nachauflaufbehandlung dikotyler Unkräuter! Die Vorauflaufbehandlung ist kurz nach der Aussaat durchzuführen, die Lupinen dürfen noch nicht den Boden angehoben haben. Danach verursachen diese Mittel teilweise starke Schäden. Es ist darauf zu achten, dass ausreichend Bodenfeuchte vorhanden und Niederschlag nach der Behandlung gemeldet ist. Im Nachauflauf sind nur Mittel mit graminizider Wirkung zugelassen.

Tab. 3.5: Im Lupinenanbau zugelassene Herbizide (Stand 04/2024).

Handelsbezeichnung	Wirkstoff	Termin	Zulassung bis	Aufwandsmenge (l/ha)	Bemerkung
Boxer Filon	Prosulfocarb	VA	30.04. 2025	5,0	in Mischung mit Stomp Aqua
Stomp Aqua Stomp Raps	Pendimethalin	VA	30.06. 2025	2,6	
Fusilade Max TRIVKO Venture	Fluazifop	NA	31.05. 2027	1,0	
Select 240EC	Clethodim	NA	31.12. 2024	0,5	
Spectrum plus	Pendimethalin/ Dimethenamid	VA	31.12. 2027	4,0	

Tab. 3.6: Wirkung der zugelassenen Herbizide gegenüber wichtigen Unkrautarten.

Art	Stomp Aqua	Boxer	Spectrum Plus
Ehrenpreisarten	+++	+++	+++
Weißer Gänsefuß	+++	+	+++
Kamillearten	o	o	++
Klatschmohn	+++	o	
Klettenlabkraut	o	+++	++
Vogelknöterich	o	+	+++
Windknöterich	++	+	+
Kornblume	o	o	
Meldearten	++	+	++
Stiefmütterchen	+++	o	+++
Taubnesselarten	+++	+++	++(+)
Raps	o	+++	o
Nachtschatten	++	+(+)	++(+)
Hirse	+	+	+++
Gräser	+	++	+

Quelle: LWK NRW, Herstellerangaben 2024 / Achtung: Anwendungsempfehlung der Hersteller beachten. Angaben nach bestem Wissen und Gewissen, jedoch ohne Gewähr.

3.9 / Ernte, Lagerung und Aufbereitung

Die verschiedenen Lupinenarten unterscheiden sich deutlich in ihrer Vegetationszeit (Tab. 3.1).

Die Gelbe und die Weiße Lupine sind sehr platzfest, während ältere Sorten der Schmalblättrigen Lupine über eine nur mittelmäßige Platzfestigkeit verfügen. Bei neuen Sorten wurde bei der Züchtung besonders auf die Platzfestigkeit Wert gelegt. Die Schmalblättrige Lupine ist besonders in warmen und trockenen Sommern möglichst Tag genau zu dreschen, bzw. ab einer Kornfeuchte von 16 %. Alternativ empfiehlt es sich besonders in den frühen Morgenstunden bzw. späten Abendstunden in die Bestände zu fahren, wenn

die Hülsen elastisch sind und nicht sofort bei Berührung mit der Haspel aufplatzen. Der Drusch ist schonend bei ca. 16 % Kornfeuchte durchzuführen, damit Beschädigungen, wie Bruchkorn oder Haarrisse vermieden werden. Die Produktion für die Futter- und Lebensmittelindustrie erfordert hohe Rohwarenqualitäten. Bruchkorn führt zu erhöhten Pilzbelastungen bzw. zur Oxidation der enthaltenen Öle und somit zu einer deutlich schlechteren Qualität. Im Bereich der Saatgutproduktion ist das besonders wichtig, um eine hohe Keimfähigkeit zu sichern. Hoher Besatz mit Unkräutern ist zu vermeiden, da diese die Lüftung/Trocknung verlängern und trockene Lupinen im Lager rückbefeuchten können.

Die in den Betrieben vorhandenen Feuchtemessgeräte sind im Gegensatz zu dem hier abgebildeten Gerät (Abb. 3.6) meist nicht für Lupinen ausgelegt. Die Messung mit anderen Leguminosen-Einstellungen ist ungenau und kann nur einen Anhaltspunkt geben. Grundsätzlich ist das Mahlen dreimal auszuführen, um eine gute und einheitliche Konsistenz des Lupinenmehls zu erhalten. Abhängig von der Konsistenz und dem Aussehen des Mahlgutes kann eine grobe Aussage über die Feuchte getroffen werden (Abb. 3.6 a–c). ◀



- Feuchte größer 19 %
- Mahlgut ist verklebt
- Löst sich nur schwer aus der Messzelle

- Feuchte 15–18 %
- Die Lupinen sind nur teilweise zermahlen
- Ganze Körner haben Abdrücke von der Messzelle

- Feuchte unter 15 %
- Die Lupinen sind vollständig zermahlen
- Beim Mahlen knacken die Körner hörbar

Abb. 3.6 a–c: Ergebnisse der Messung des Feuchtegehaltes einer Lupinenprobe mit unterschiedlichen Feuchtegehalten. / Fotos: Bernd Schachler, Saatzucht Steinach

4 / Pilzliche und tierische Schaderreger und ihre Bekämpfung

► Christine Struck

4.1 / Schadpilze

Lupinen können von zahlreichen pflanzenpathogenen Pilzen befallen werden. Nur die wichtigsten Erreger, die ertragswirksame Krankheiten verursachen, sollen hier beschrieben werden. Dazu gehören in erster Linie bodenbürtige (bzw. Fruchtfolge-) Erreger, wie *Fusarium*- und *Sclerotinia*-Arten, *Pythium spp.*, *Rhizoctonia solani* und der Erreger der Schwarzen Wurzelfäule *Thielaviopsis basicola*. Des Weiteren sollte der Grauschimmelpilz *Botrytis cinerea* genannt werden sowie die bereits in Kap. 1 erwähnte Anthraknose.

4.1.1 / Wurzel- und Stängelfäulen

Lupinenwelke (*Fusarium spp.*)

Unter den *Fusarium*-Arten, die an Lupinenpflanzen Wurzel- und Welkekrankheiten hervorrufen und die z. T. zu erheblichen Ertragsausfällen führen, haben *F. avenaceum*, *F. solani* und *F. oxysporum* die größte Bedeutung. Sie gelten als samen- und bodenbürtig und entwickeln sich bei verunreinigtem Saatgut in der Keimwurzel, wobei das unter zu feuchten und für die Pflanze ungünstigen Bedingungen zum Absterben der Keimlinge führen kann. Vorwiegend dringen die Erreger aber, ausgehend von Sporen oder Mycelresten aus dem Boden, über Verletzungen der Wurzeln oder Stängelbasis in die Pflanze ein. Von dort aus besiedeln sie dann die Leitbahnen, sodass es

zur verminderten Wasser- und Nährstoffversorgung kommt. Die typischen Symptome werden erst relativ spät im Frühsommer sichtbar. Die Pflanze zeigt Welkeerscheinungen und Rotverfärbungen der Blätter (Abb. 4.1) und bleibt im Wachstum zurück. An den Wurzeln sind Verbräunungen sichtbar (Abb. 4.5; Wurzelfäule). Besonders *F. avenaceum* verursacht zudem Hülsenfäulen.



Abb. 4.1: Lupinenpflanze mit Lupinenwelke-Symptom verursacht durch *Fusarium spec.*

Foto: Christine Struck, Universität Rostock

Sclerotinia-Stängelfäule

Sclerotinia sclerotiorum ist ein bodenbürtiger Erreger mit sehr weitem Wirtsspektrum, zu dem neben allen Leguminosen und Sonnenblumen vor allem Raps gehört. Unter hohem Infektionsdruck und feucht-warmen Bedingungen führt ein Befall zum Keimlingssterben. Die Hauptinfektionszeit liegt jedoch später; wenn Ascosporen, die sich in den Apothecien am Boden entwickelt haben durch Regenspritzer an die Pflanze gelangen. Bei warmer

Witterung und sehr hoher Luftfeuchtigkeit kann der Pilz sich auf absterbenden Blättern/Blütenblättern entwickeln und ausgehend von Ansatzstellen der Blätter oder Seitentriebe den Stängel besiedeln. Der Stängel wird weich und weißes Pilzmycel wird sichtbar. Die Pflanzenteile oberhalb dieser Stelle werden nicht mehr versorgt und beginnen zu welken und vorzeitig abzureifen. Im Stängel und z. T. auch in den Hülsen werden schwarze, harte Sclerotien gebildet, die im Boden überdauern können. Getreidearten werden von diesem Erreger nicht befallen, sie gelten daher als geeignete Folgekultur.

Weitere Wurzel- und Stängelfäulen

Neben den o.g. Pathogenen sind weitere Erreger als Verursacher von Wurzel- und Stängelfäulen von Bedeutung, wie *Pythium spp.*, *Thielaviopsis basicola* und *Rhizoctonia solani*, die alle recht ähnliche Symptome hervorrufen: Auflaufschäden oder Keimlingssterben bzw. Umfallen der Keimlinge, dunkle Einschnürungen oder Verbräunungen an der Stängelbasis und/oder Wurzel (bei *Rhizoctonia* als „Augenfleck“ erkennbar). In späteren Entwicklungsstadien der Lupinen werden Braun- bzw. Schwarzverfärbungen oder Vermorschungen an der Stängelbasis oder Wurzel sichtbar (Abb. 4.5). Die Pflanzen zeigen Welkeerscheinungen, Vergilbungen und bleiben im Wachstum zurück.

Hervorgehoben werden soll der Erreger der Schwarzfäule, *Thielaviopsis basicola* (syn. *Chalara elegans*, syn. *Berkeleyomyces basicola*). Dieser Erreger kann die Wurzeln und die Stängelbasis der Pflanzen bereits sehr früh besiedeln, denn er ist in der Lage, aktiv in das intakte Wurzelgewebe einzudringen. Es kommt zur Verbräunung und Nekrotisierung des Wurzelgewebes.

4.1.2 / Anthraknose

Die Krankheit wird durch den Erreger *Colletotrichum lupini* hervorgerufen. Die drei in Deutschland genutzten Lupinenarten sind betroffen. Während es jedoch zu erheblichen Verlusten bis zum Totalausfall bei Gelben und Weißen Lupinen kommen kann, reagieren die Schmalblättrigen (Blauen) Lupinen weniger anfällig. Zu nennenswerten Ausfällen kann es bei dieser Art kommen, wenn infiziertes Saatgut verwendet wurde und zudem für den Pilz optimale, warm-feuchte Infektionsbedingungen herrschen. Alle oberirdischen Pflanzenteile können betroffen sein. Junge Pflanzen lassen die Blätter hängen und es zeigen sich Einschnürungen an den Blattstielen. Diese Pflanzen sterben oft ab. Bei älteren Pflanzen sind die typischen, bräunlichen, eingesunkenen Brennflecken sichtbar, außerdem sind die Stängel verdreht, Blattstiele knicken ab und Blätter welken infolgedessen (Abb. 4.2 a und Abb. 4.2 b.) An den Hülsen zeigen sich ebenfalls Brennflecken (Abb. 4.3), zudem können sie deformiert erscheinen. Der Pilz überdauert an und in den Samen. Von der Aussaat dieses Saatgutes gehen Primärinfektionen im Bestand aus.



Abb. 4.2 a: Anthraknose-Symptome an der Weißen Lupine. Verdrehter Stängel mit eingesunkenen Brennflecken.

Foto: Florian Haase, Julius Kühn-Institut



Abb. 4.2 b: Anthraknose-Symptome an der Weißen Lupine. Brennfleck an der Hülse.

Foto: Florian Haase, Julius Kühn-Institut

4.1.3 / Grauschimmel (*Botrytis cinerea*)

Zu einem Grauschimmelbefall kommt es in dichten Beständen oder bei sehr hoher Luftfeuchtigkeit und geringer Luftzirkulation vorrangig in der späten Blütezeit über eine Infektion der abgestorbenen Blütenblätter oder über Verwundungen. Die Konidien des Pilzes verbreiten sich vor allem mit dem Wind. Die befallenen Pflanzenteile (Blätter, Stängel oder Hülsen) verfärben sich zunächst graugrün, es bildet sich dann der typische graue Pilzrasen. Insbesondere der Hülsenbefall kann zu beträchtlichen Ernteaufällen führen.

4.1.4 / Bekämpfungsmöglichkeiten von Pilzkrankheiten

Zur Vermeidung von Pilzkrankheiten bei Lupinen steht an erster Stelle die Einhaltung einer vielfältigen Fruchtfolge.

Insbesondere die bodenbürtigen Erreger können durch Anbaupausen von vier bis sechs Jahren unterdrückt werden. Zudem ist die Verwendung von gesundem und gebeiztem Z-Saatgut sowie resistenter Sorten zu empfehlen.

Zur Bekämpfung der Anthraknose sind die Wirkstoffe Tebuconazol und Azoxystrobin zugelassen bis zum 15.08.2027 bzw. bis 31.12.2025. Eine Tankmischung mit jeweils 0,5 l/ha ist wegen ihrer spezifischen Wirkungen empfehlenswert. Ein starker Befall bei Gelben und Weißen Lupinen wird allerdings nicht befriedigend erfasst. Zugelassen (bis 31.12.26) ist ebenfalls eine fungizide Wirkstoffmischung aus dem Gemüsebau (Cyprodinil + Fludioxonil). Ein sehr starker Besatz mit *Sclerotinia* durch Pflanzenreste am Boden kann mit dem parasitischen Pilz *Coniothyrium minitans* (Stamm CON/M/91-08, zugelassen bis 31.07.2033) vor der Aussaat oder direkt nach der Ernte bekämpft werden. Wobei das Mittel nur effektiv ist, wenn ausreichend Feuchtigkeit vorhanden ist.

4.2 / Tierische Schaderreger

Lupinenblattrandkäfer

Die Schmalblättrigen und die Weißen Lupinen, sowohl Süß- als auch Bitterlupinen, sind die bevorzugten Wirtspflanzen der Blattrandkäferarten Großer Lupinenrüssler (*Sitona gressorius* syn. *Charagmus gressorius*) und Grauer oder Gemeiner Lupinenrüssler (*S. griseus* syn. *Ch. griseus*). Der Gemeine Lupinenrüssler tritt in veränderlichen Farbschattierungen zwischen braun und grau auf; der Große Lupinenrüssler zeichnet sich durch die helle Mittellinie auf dem Halsschild aus (Abb. 4.3 a und Abb. 4.3 b).



Abb. 4.3 a: Gemeiner (od. Grauer) Lupinenrüssler, *Sitona griseus*.

Foto: Wolfgang H. Kirchner, Ruhr Universität Bochum



Abb. 4.3 b: Großer Lupinenblattrandrüssler, *S. gressorius*.

Foto: Wolfgang H. Kirchner, Ruhr Universität Bochum

Die Käfer treten vorwiegend auf den leichten Standorten auf. In einer Vielzahl an Untersuchungen konnten Ertragseinbußen von 26–58 % gegenüber nicht befallenen Beständen ermittelt werden (Ströcker et al. 2013). Die Tiere fliegen im Frühjahr aus ihren Winterquartieren in die auflaufenden Bestände ein und verursachen den für sie typischen Buchtenfraß an den Blättern (Abb. 4.4).



Abb. 4.4: Buchtenförmiger Fraß verursacht von Blattrandkäfern an Lupinenblättern.

Foto: Christine Struck, Universität Rostock



Abb. 4.5: Wurzelschäden verursacht durch Knöllchenfraß der Blattrandkäferlarven und Sekundärbefall mit Wurzelfäulepilzen.

Foto: Christine Struck, Universität Rostock

Der hohe wirtschaftliche Schaden resultiert vor allem aus dem Knöllchenfraß an den Wurzeln (Abb. 4.5), der von den Larven der Käfer verursacht wird. Es kommt zu Stickstoffverlusten und zur Schaffung von Eintrittspforten für eine Reihe von pilzlichen Schaderregern, die zu Wurzel- und Stängelfäulen führen (s.o.).

Eine Bekämpfung der Blattrandkäfer ist nur in einem sehr frühen Stadium der Lupine (zwischen Keimblattstadium bis etwa zum 4–6 Blattstadium) vor der Eiablage sinnvoll. Dabei ist es schwierig, die tatsächliche Befallssituation zu erfassen, denn auch bei nur geringfügigen Fraßschäden an den Blättern legen die weiblichen Tiere zahlreiche Eier, aus denen sich Larven entwickeln können, sodass die Fraßschäden an den Wurzeln ungleich viel stärker sein können als an den Blättern. Eine Insektizidbehandlung (Tab. 3.1) pro Vegetationsperiode ist zugelassen.

Blattläuse

Drei Blattlausarten besiedeln Lupinen und könnten zu Ertragsausfällen führen: die Schwarze Bohnenlaus (*Aphis fabae*), die Grüne Erbsenblattlaus (*Acyrtosiphon pisum*) und die Lupinenblattlaus (*Macrosiphum albifrons*).

Tab. 4.1: Im Lupinenanbau zugelassene Insektizide.

Handelsbezeichnung	Wirkstoff	Zulassung bis	Aufwandmenge	Schädlinge
Karate Zeon KUSTI Lambda WG	Lambda-Cyhalothrin	30.03.2025	75 ml/ha	Beißende und saugende Insekten
Cyperkill Max	Cypermethrin	28.02.2026	50 ml/ha	Blattrandkäfer

Schäden ergeben sich einerseits durch Assimilatentzug, andererseits durch den abgegebenen Honigtau, der die Besiedelung von Pilzen nach sich zieht. Vor allem aber sind die Blattläuse als Überträger verschiedener Viroser von Bedeutung. Eine Bekämpfung wird erst bei Koloniebildung sinnvoll. Es stehen nur wenige Insektizide zur Verfügung (Tab. 4.1). ◀

5 / Verwertungsmöglichkeiten der Süßlupinen

5.1 / Verwertung in der Tierernährung

► Antje Priepke und Harald Sievers

5.1.1 / Futterwert

In der Fütterung stehen die Süßlupinen in direkter Konkurrenz zum Sojaextraktionsschrot (SES), das als Goldstandard der Proteinfuttermittel gilt. Dessen Rohproteingehalt von ca. 44 % (bei 88 % TS) wird von keiner heimischen Körnerleguminose erreicht. Jedoch wird SES derzeit noch nahezu vollständig importiert und ist zu einem Großteil gentechnisch verändert. Soll darauf verzichtet werden, z. B. im Biobereich oder im Marktsektor „ohne Gentechnik“ oder verstärkt auf regional produziertes Futter gesetzt werden, führt kein Weg an den heimischen Körnerleguminosen vorbei.

Dabei zeigen sich die Vorteile der Süßlupine gegenüber den anderen Körnerleguminosen: sie weisen die höchsten Proteingehalte vor Ackerbohne und Erbse auf.

Die Schmalblättrige (Blaue) Lupine hat einen durchschnittlichen Proteingehalt von 29 % (in 88 % TS). Noch höhere Gehalte weisen die Weiße Lupine mit durchschnittlich 34 % bzw. die Gelbe Lupine mit durchschnittlich 38 % auf (Weber 2000, DLG 2014). Damit wird der Rohproteingehalt des Rapsextraktionsschrotes (34 %), das in Deutschland seit 2016 die Nummer eins der verwendeten Ölschrote ist (OVID 2023), erreicht bzw. überschritten. Die Gelbe

Lupine ist jedoch, wie bereits in Kapitel 1 hervorgehoben, aufgrund der Anthraknoseproblematik nur sehr begrenzt im Anbau.

Der Proteingehalt der Lupinen kann jedoch in Abhängigkeit von der Sorte, dem Standort und dem Erntejahr erheblich variieren. So weist die Schmalblättrige Lupine eine Variation von 18–33 % im Rohproteingehalt auf (bezogen auf 88 % TS; Weber et al. 2020). Eine ähnlich große Spannweite wird für die Weiße Lupine mit 20–35 % angegeben. Für eine bedarfsgerechte Proteinvertsorgung sind also unbedingt aktuelle Analyseergebnisse bei der Rationsplanung heranzuziehen.

Im Gegensatz zur Ackerbohne und Erbse enthalten Lupinen wenig Stärke (DLG 2014, polarimetrische Bestimmung entsprechend der Methodenvorschriften der VDLUFA), wodurch gerade bei maisbetonten Milchkurrationen der Gesamtstärkegehalt entlastet wird. Jansen et al. (2006) konnten mit Hilfe der enzymatischen Analyse nachweisen, dass die Lupinen an sich stärkefrei sind und die klassischerweise ausgewiesene Stärke vorrangig der Nicht-Stärke-Polysaccharide-(NSP)-Fraktion zugehörig ist.

Im Vergleich zu den anderen Körnerleguminosen weist die Lupine einen deutlich höheren Gehalt an Rohfaser sowie Neutral- und Säure-Detergenzien-Faser (aNDFom und ADFom) auf. Dennoch ist die Rohfaser wegen der geringen Lignifizierung für Wiederkäuer hoch verdaulich.

Beim Monogaster wird häufig der hohe Gehalt der Nicht-Stärke-Polysaccharide (bei der Schmalblättrigen Lupine durchschnittlich 390 g/kg bei 88 % TS) als einsatzbeschränkend beschrieben, da diese Kohlenhydrate enzymatisch unverdaulich sind und nur im Dickdarm unter Entstehung von Gasen abgebaut werden können. Gleichzeitig besitzen sie die Fähigkeit, Nährstoffe zu umhüllen, die Verdaulichkeit und damit den Energiegehalt zu reduzieren sowie die Viskosität des Verdauungsbreies zu erhöhen. Dabei unterscheidet sich die NSP-Zusammensetzung der Lupine deutlich von der des Getreides.

Während die antinutritive Wirkung der weniger verzweigten Polysaccharide von Getreide hinsichtlich der Viskositätssteigerung bekannt ist, gibt es für die höher verzweigten Lupinen-NSP weniger wissenschaftliche Belege auf die Auswirkungen beim Tier. Vorrangig wurden hier beim Geflügel negative Effekte auf die Futterraufnahme, die Nährstoffverdaulichkeit und das Energielieferungsvermögen nachgewiesen. Hingegen wird die Faserversorgung beim Schwein im Hinblick auf die Darmgesundheit und das Wohlbefinden heute anders bewertet als noch vor einigen Jahren. Ein gewisser Anteil an dickdarmfermentierbaren Faserstoffen kann eine gesunde Darmflora unterstützen.

Zudem ist bekannt, dass Lupinenfasern ein hohes Wasserbinde- und Quellvermögen besitzen, was die Lupine auch in der Humanernährung oder industriellen Nutzung interessant macht. In der Schweinefütterung führt diese Eigenschaft zu einem höheren Volumen des Verdauungsbreies und zu einer längeren Sättigung, was in gewissen Anteilen zum Wohlbefinden des Tieres beiträgt. Unter den üblichen Rationsanteilen ist von keinen negativen Auswirkungen der NSP auszugehen.

Charakteristisch für die Lupinen ist zudem ihr hoher Fettgehalt, der sich einerseits positiv auf den Energiegehalt auswirkt, andererseits aber bei der Lämmer- und Milchkuhfütterung einkalkuliert werden muss. Der hohe Anteil an ungesättigten Fettsäuren (PUFA) ist ernährungsphysiologisch vorteilhaft und kann auch das Fettsäuremuster der Milch positiv beeinflussen. Im Hinblick auf die Fleischqualität muss er jedoch in der Schweinefütterung berücksichtigt werden, wenn weitere Komponenten mit hohen PUFA-Anteilen verfüttert werden.

Aus den Nährstoffgehalten und -verdaulichkeiten resultieren für die Süßlupinen hohe Energiewerte für Schweine. Beim Wiederkäuer übersteigt der Energiewert sogar den des Sojaextraktionsschrotes (SES; Tab. 5.1). Der Energiewert für Geflügel ist dagegen vorwiegend aufgrund des hohen NSP-Anteils relativ gering.

Tab. 5.1: Nährstoff- und Energiegehalt von Eiweißfuttermitteln im Vergleich (in kg mit 88 % TS).

		SES	RES	Schmalblättrige Lupine	Weißer Lupine	Gelber Lupine	Ackerbohne	Erbse
Rohasche	(g)	60	69	35	35	44	35	33
Rohprotein	(g)	440	339	289	339	378	260	200
Rohfett	(g)	13	27	56	83	51	14	13
Rohfaser	(g)	60	116	143	113	150	86	57
aNDF om	(g)	132	263	220	167	-	135	100
ADF om	(g)	79	209	180	128	-	106	70
Stärke	(g)	60	0	(70) ¹	(77) ¹	(40) ¹	390	430
NSP	(g)	140-190 ²⁾		389	315	150 ³⁾	175	190
Zucker	(g)	95	71	50	62	48	28	40
ME _{Schwein}	(MJ)	13,0	9,8	13,5	14,2	13,6	12,4	13,3
ME _{Geflügel}	(MJ)	9,5	7,1	8,2	10,2	8,9	10,7	11,8
ME _{Rind GfE 1997}	(MJ)	12,10	10,6	12,6	13,1	12,6	12,0	11,8
NEL _{Rind GfE 1997}	(MJ)	7,6	6,5	7,9	8,2	7,9	7,6	7,5
UDP 5 ⁵⁾	(% XP)	30	35	17	17	17 ⁴⁾	15	17
nXP 5 ⁵⁾	(g)	259	222	189	200	215	171	163
RNB 5 ⁵⁾	(g)	+30	+18	+16	22	26	+14	+6
OMD _{Rind FAN1} ⁶⁾	%	91,6	78,8	92,8	94,8	93,9 ⁴⁾	91,3	89,8
ME _{Rind FAN1 GfE 2023}	(MJ)	12,1	10,3	13,6	14,5	13,6	12,1	11,8
ME _{Rind FAN3 GfE 2023}	(MJ)	11,9	10,2	13,2	14,0	13,2	11,8	11,5
EDG _{FAN3 GfE 2023}	%	62	68	81	81	81	82	82
RMD _{FAN3 GfE 2023}	g N	26	22	19	26	32	17	9
sidUDP _{FAN3 GfE 2023}	%	96	81	65	65	65	83	99
sidP _{FAN3 GfE 2023}	g	231	148	109	117	121	112	107
Calcium	(g)	3,0	7,7	2,5	1,9	1,8	1,2	1,0
Phosphor	(g)	6,4	10,7	4,1	4,8	4,9	5,5	4,1
Natrium	(g)	0,2	0,5	0,1	0,4	0,4	0,2	0,2
Magnesium	(g)	2,7	5,3	1,7	1,3	2,2	1,4	1,3

¹⁾Stärke, gemessen mit der polarimetrischen Methode, hierbei werden auch Nicht-Stärke-Bestandteile miterfasst, ²⁾ NSP im SES (Simon und Vahjen (2004)), ³⁾ Jansen et al. 2006, ⁴⁾ Mittelwert aus Blauer und Weißer Lupine, ⁵⁾ Pansenpassagerate von 5 %/h, ⁶⁾ Werte aus Sammlung Verdaulichkeitsuntersuchungen bundesweit (Losand mdl. Mitteilung), Nährstoffgehalte Erbse, Ackerbohne, Schmalblättrige und Weiße Lupine: Losand et al. (2020), Weber et al. (2020), Bellof et al. (2020) Nährstoffgehalte SES und RES: DLG (2014), aNDFom und ADFom SES und RES: Futterwerttabelle Rinderfütterung LWK NRW (2011), ME/NEL Rind: DLG (1997), ME Rind GfE2023:(GfE 2023)

Die Bewertung von Futtermitteln für Wiederkäuer wird künftig auf Basis der Empfehlungen der GfE (2023) erfolgen, weshalb diese Werte ergänzend in die Tab. 5.1 aufgenommen werden. Basis für die Energiebewertung wird ausschließlich die Umsetzbare Energie (ME) sein, die dreistufig unter Verwendung der Verdaulichkeit der organischen Masse (OMD %) berechnet wird. In der zukünftigen Rationsberechnung wird eine vom Niveau der Futterraufnahme (FAN) abhängige Passagerate im Hinblick auf die mit der FAN zunehmenden „Verluste“ an Kot- und abnehmenden Verluste an Methanenergie sowie eine verringerte Abbaubarkeit des Proteins (EDG = Effective Degradation) berücksichtigt. Dies führt bei höherer Futterraufnahme (Futterraufnahmeniveau (FAN) 3; ca. 20 kg Milch) gegenüber 1 (Erhaltungsbedarf) insgesamt zu einer geringeren Energieausnutzung.

Auch die Proteinbewertung wird künftig geändert. Bisher wurde der Proteinwert beim Wiederkäuer durch das nutzbare Rohprotein (nXP), d. h. der Summe aus mikrobiellem Protein und des im Pansen unabgebauten Futterprotein (UDP = im Pansen nicht abbaubares Protein), definiert. Aufgrund des hohen Energiegehaltes der Lupinen liegt der Gehalt an nXP über dem der anderen heimischen Körnerleguminosen, aber unter dem des SES und RES. Künftig wird die Proteinlieferung mit dem Futter auf Basis des dünndarmverdaulichen Proteins (sidP) bzw. der dünndarmverdaulichen Aminosäuren bewertet, welches sich aus dem verdaulichen Mikrobenprotein (siMP) und dem verdaulichen UDP (sidUDP) zusammensetzt. Im Vergleich zur bisherigen Bewertung der UDP-Verdaulichkeit im Dünndarm, die pauschal mit 85 % angesetzt war, verlieren die Lupinen in der neuen futtermittelspezifischen Bewertung durch die geringer angesetzte Verdaulichkeit von 65 % gegenüber anderen Proteinfuttermitteln relativ im Proteinwert.

Auch in der Schweine- und Geflügelfütterung wird die Proteinqualität durch die Aminosäurezusammensetzung und -verdaulichkeit charakterisiert. Das Lupinenprotein weist wie alle heimischen Körnerleguminosen einen geringen Gehalt an schwefelhaltigen Aminosäuren auf, weshalb eine Kombination z. B. mit Rapsprodukten, sinnvoll ist.

Berücksichtigt man den vergleichsweise hohen Proteingehalt sowie die hohe praecaecale (pc) Aminosäureverdaulichkeit der Lupinen, ergeben sich im Vergleich zu den anderen heimischen Körnerleguminosen Vorteile im Gehalt an pc verdaulichem Methionin, Cystin, Threonin und Tryptophan je kg, sowohl beim Schwein als auch beim Geflügel (bei 88 % TS) (Abb. 5. 1 und Abb. 5. 2).

Die Gelbe Lupine weist hierbei aufgrund des deutlich höheren Proteingehaltes auch Vorteile beim Gehalt an pc verdaulichen Aminosäuren auf.

Um 1 kg SES zu ersetzen, benötigt man für den äquivalenten Austausch des Lysins und der schwefelhaltigen Aminosäuren etwa die doppelte Menge an Schmalblättrigen Lupinen. Bei der Gelben Lupine wären es bezüglich der Lysinversorgung nur 1,4 kg, die Versorgung mit schwefelhaltigen Aminosäuren ist hier als gleichwertig anzusehen.

Die Mineralstoffgehalte der Körnerleguminosen sind im Vergleich zu den Extraktionsschroten durch geringere Calcium- und Phosphorgehalte charakterisiert. Im Verfahren der stark N-/P-reduzierten Fütterung, die gemäß TA Luft als neuer Standard in der Schweinefütterung definiert wird, ist dies ein Vorteil. Dabei weist das UFOP-Körnerleguminosenmonitoring (2015 und 2016) für die Schmalblättrige Lupine höhere Ca- und P-Werte sowie geringere Na-Werte als tabelliert aus. Dies gilt es weiterzuverfolgen.

Bei der Beurteilung des Futterwertes und der Festlegung von maximalen Einsatzgrenzen ist neben dem Nährstoff- und Aminosäuregehalt der Gehalt an spezifischen antinutritiven Substanzen (NSP und Alkaloide) zu beachten.

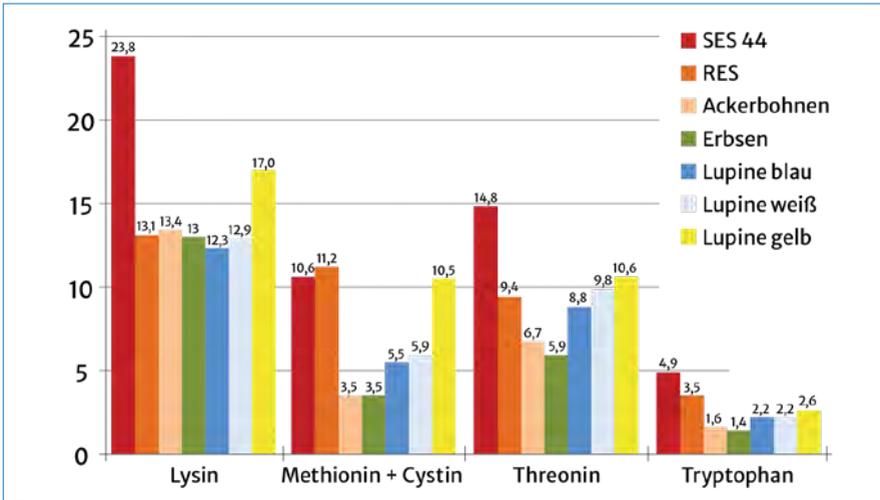


Abb. 5.1: Gehalte an praecaecalen verdaulichen Aminosäuren (Schwein) von Körnerleguminosen (g/kg mit 88 % TM).

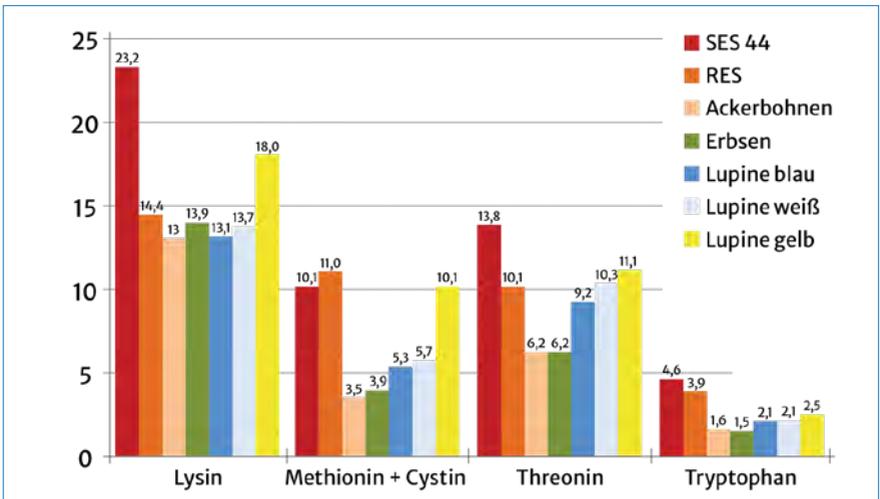


Abb. 5.2: Gehalte an praecaecalen verdaulichen Aminosäuren (Geflügel) von Körnerleguminosen (g/kg mit 88 % TM).

Quelle Abb. 5.1 und 5.2: nach DLG Futterwerttabelle Schwein (2014), Lysin RES: Weber et al. (2022)

5.1.2 / Konservierungsverfahren

Die uneinheitliche Abreife ist ein häufiges Problem bei Lupinen. Bei Restfeuchtegehalten von > 12–14 % kann es schnell zu einer Schimmelbildung kommen, weshalb zum Erhalt der Lagerfähigkeit eine Konservierung erforderlich ist.

Die einfachste, aber häufig auch eine der kostenintensivsten Varianten, ist die Trocknung, die sowohl in klassischen Trockenwerken als auch mit Hilfe von Biogasabwärme erfolgen kann.

Zudem können Körnerleguminosen mit Hilfe von Säuren konserviert werden, wozu in der Regel propionsäurehaltige Mittel, z. T. in Mischung mit anderen Säuren genutzt werden. Die Dosierempfehlungen liegen in der Regel nur für Getreide vor. Eine vorsichtige Einschätzung lautet, dass die Dosierempfehlung für Körnermais angesetzt werden kann, plus ein Zuschlag von 20–30 %. Auch die Konservierung mit Natronlauge und Futterharnstoff ist möglich, benötigt aber wie die Säurebehandlung Fingerspitzengefühl und ein HACCP-Konzept.

Im Rahmen der hofeigenen Verwertung ist zudem die milchsaure Silierung interessant. Hierzu sind Feuchtegehalte von ca. 35 % zu empfehlen, um eine ausreichende Bildung stabilitätswirksamer Milch- und Gärsäuren sicher zu stellen. Bei Ernte am Ende der Teigreife ist nicht mit Qualitätsverlusten des Futterwertes zu rechnen. Zudem besteht die Möglichkeit, trockenes Erntegut zum Silieren später rückzubefeuchten (Gefrom 2012). Für die Silierung erntefeuchter Lupinenkörner wird das Verfahren der Schlauchsilierung favorisiert.

Vor- und Nachteile der jeweiligen Verfahren wurden durch Thaysen (2014) zusammengefasst.

5.1.3 / Behandlungsverfahren

Neben den reinen Konservierungsverfahren gibt es eine Vielzahl von Behandlungsverfahren, die auf eine Erhöhung der Lagerstabilität und Verbesserung des Hygienestatus setzen. Gleichzeitig wird eine Verbesserung des Futterwertes durch einen verringerten Proteinabbau im Pansen, eine erhöhte Nährstoffverdaulichkeit sowie den Abbau von antinutritiven Substanzen angestrebt.

Neben chemischen sind physikalische Behandlungsverfahren wie Toasten, Rösten, Extrudieren, Expandieren, Mikronisieren (Strahlungswärme) oder auch Mikrowellenverfahren verfügbar. Die umfangreichsten Untersuchungen liegen zum Toasten und Expandieren vor. Dabei konnten eine Verschiebung der Proteinfractionen, eine reduzierte Proteinlöslichkeit und infolgedessen ein erhöhter UDP-Anteil am Rohprotein nachgewiesen werden. Auch die Verringerung der antinutritiven Substanzen ist bei Körnerleguminosen mit Hilfe der thermischen Verfahren möglich, da beim Toasten Trypsinhibitoren und Lektine nahezu vollständig, Tannine teilweise reduziert werden, ohne dass dabei eine Proteinschädigung erfolgt (Abraham 2015). Die Alkaloide der Lupine sind dagegen hitzestabil und lassen sich durch Hitzeverfahren kaum reduzieren (Kempkens et al. 2015).

Die Wirkung der Behandlungsverfahren auf die Nährstoffverdaulichkeit und Leistung ist nicht einheitlich. Eine Verbesserung der Nährstoffverdaulichkeit sowie des Energiegehaltes für Wiederkäuer konnte beim Toastungsverfahren nicht festgestellt werden (Pries et al. 2007, Priepke et al. 2014). Dennoch führte der Einsatz von getoasteten/expandierten Lupinen im Vergleich zu unbehandeltem Material teilweise zu einer Erhöhung der Milchleistung.

Beim Schwein führte das Toasten eines Körnerleguminosengemisches zu einer Erhöhung der verdaulichen organischen Masse und des Energiegehaltes. Eine Verbesserung der Aufzucht- bzw. Mastleistungen konnte unter Verwendung einer thermisch behandelten Lupine (Hagemann 2004) bzw. eines Leguminosengemisches (Kempkens et al. 2015) jedoch nicht nachgewiesen werden.

Etwas anders sehen Untersuchungen beim Geflügel aus. Bei Verdaulichkeitsuntersuchungen mit Legehennen konnte mit der thermischen Behandlung eines Leguminosengemisches (LEGUMI-therm®) keine signifikante Verbesserung des Futterwertes (Gehalt an umsetzbarer Energie und pc verdaulichen Aminosäuren) erzielt werden (Nülken et al. 2013). Frühere Untersuchungen zum Einsatz thermisch behandelter Lupinen ergaben jedoch höhere Masttagszunahmen bei Broilern (Neumann 2002). Eine Verbesserung der Kotkonsistenz konnte hingegen nicht festgestellt werden.

Das Verfahren des Schälens führte in Untersuchungen von Kluth et al. (2022) bei der Lupine, anders als bei der Erbse, zu einem Anstieg des Protein- und Aminosäuregehaltes. Auch die praecaecale Aminosäureverdaulichkeit wurde beim Broiler verbessert. Eine Kombination von Toasten und anschließendem Schälens führte zu keiner weiteren Verbesserung.

Eine weitere Behandlungsmöglichkeit ist das Fermentieren von Futtermitteln. Die Fermentation von Gelben oder Schmalblättrigen Lupinen führte in Untersuchungen von Kasprowicz-Potocka et al. (2021) zu einer signifikanten Verbesserung der praecaecalen Aminosäureverdaulichkeit beim Schwein.

5.1.4 / Praktische Einsatzmöglichkeiten der Schmalblättrigen Lupine

Lupinen sind in der Fütterung vielfältig einsetzbar. Wichtig sind in jedem Fall eine exakte Rationskalkulation auf Basis der tatsächlichen Nährstoffgehalte und die Vermeidung abrupter Futterwechsel.

Wiederkäuer

Während im mittleren Leistungsbereich der Milchkühe Süßlupinen als alleinige Eiweißergänzung im Kraftfutter einsetzbar sind, ist im Hochleistungsbereich der Milchkühe die Ausstattung mit nicht abbaubarem Rohprotein ein begrenzender Faktor. Mit steigender Leistung nimmt der Bedarf an nXP zu.

Dieses muss zunehmend aus pansenstabilem Protein (UDP) bestehen, da die Mikrobenproteinbildung je MJ ME konstant bleibt und die Energieaufnahme durch die Futtermittelaufnahme begrenzt wird. In Kombination der Süßlupine mit Rapsextraktionsschrot können bei fachgerechter Rationsoptimierung und Berücksichtigung der RNB-Werte Milchleistungen von > 40 kg je Kuh und Tag erzielt werden (Engelhard 2016, 2017). Besondere Bedingungen gelten unter ökologischen Produktionsbedingungen bei hohen Anteilen an Grassilage in der Ration. Da hier die Möglichkeit der Verfütterung von Extraktionsschroten mit höheren UDP-Anteilen im Protein nicht gegeben ist, sind der anteilige Ersatz von Silagen durch Heu bzw. Trockengrün oder die thermische Behandlung der Lupine eine Möglichkeit zur Erhöhung des UDP-Anteils. Dabei sollte die Kosten-Nutzen-Relation geprüft und weitere alternative Öko-Futtermittel wie Treber, Schlempen und Trester mit einbezogen werden (Engelhard 2017). Eine Reihe von Rationsbeispielen wurden von Bonsels und Weiss (2014) sowie Losand et al. (2020) zusammengestellt. Danach sind Einsatzmengen von bis zu 4 kg Lupine/Milchkuh und Tag gut möglich.

Neuere Untersuchungen zeigen jedoch, dass ein geringer Teil der Lupinen-Alkaloide in die Milch übergehen kann (BfR 2022, 2024, Engel et al. 2022). Laut Ped et al. (2023) steigt mit zunehmendem Lupinenanteil in der Ration zwar der absolute Gehalt an Alkaloiden in der Milch, jedoch sinkt gleichzeitig die Transferrate (Alkaloidgehalt in der Milch/Alkaloidgehalt in der Ration). Daher muss selbst die laut Durst et al. (2021) empfohlene Einsatzmenge von 4 kg Süßlupine/Milchkuh nicht zwangsläufig zu für die Humanernährung bedenklichen Alkaloidkonzentrationen in der Milch führen. Es bedarf weiterer Untersuchungen, um Wissenslücken in diesem Bereich zu schließen. Das BfR hat in einer Stellungnahme (051/2024) einen Wert von 2600 mg Gesamt-QA/Tier und Tag als tägliche QA-Aufnahme für Milchkühe abgeleitet, bei denen auch bei hohem Verzehr von Milchprodukten keine gesundheitlichen Effekte zu erwarten sind.

Auch für Kälber und Jungrinder gibt es aus Sicht des Futterwertes prinzipiell keine Einsatzbeschränkungen, vielmehr richtet sich der Anteil in der Ration nach dem Bedarf im jeweiligen Leistungsbereich.

In der Rinder- und Lämmermast sollten Süßlupinen immer als hochwertige Ergänzung zu anderen Eiweißträgern eingesetzt werden. In der Bullenmast sind Einsatzmengen von bis zu 2 kg/Tag möglich, dennoch sollte ihr Anteil im Mischfutter 25 % nicht übersteigen. Bei Lämmern sind deren hohe Ansprüche an die Energie- und Proteinversorgung für eine ausreichende Wachstumsintensität und eine gut ausgeprägte Bemuskelung zu beachten. In Kombination mit anderen Eiweißträgern (andere Körnerleguminosen oder Extraktionsschrote) empfiehlt es sich, Anteile von 20 % nicht zu überschreiten (Tab. 4.2; Martin 2014).

Schweine

Schweine reagieren besonders empfindlich auf erhöhte Alkaloidgehalte. Im Rahmen der EFSA-Stellungnahme wurden für Schweine tolerierbare Dosen von 1–10 mg/kg KM/d an Gesamt-Alkaloiden (*L. angustifolius*) sowie 1,5 mg/kg KM/d (*L. luteus*) abgeleitet.

Im Bereich der ökologischen Ferkelaufzucht wurden hydrothermisch behandelte Körnerleguminosen mit Anteilen von bis zu 30 % getestet und dabei vergleichbare Leistungen erzielt (Kempkens et al. 2015). Für Schmalblättrige Süßlupinen werden Einsatzmengen von bis zu 15 % in der Ferkelaufzucht als möglich angesehen (Stalljohann 2013). Dennoch empfiehlt die UFOP (Weber et al. 2020) auf Basis von Literaturergebnissen und Praxiserfahrungen, Ferkel erst ab 20 kg Lebendmasse und auch nur zu geringen Anteilen von 5 % an Süßlupinen zu gewöhnen. Für die Schweinemast wurde bisher der Einsatz von 15–20 % schmalblättrigen Lupinen ohne Beeinträchtigung der Futteraufnahme sowie Mast- und Schlachtleistung als möglich angesehen (Meyer 2016). Voraussetzung sind die Rationsbilanzierung auf Basis der pc verdaulichen Aminosäuren und ein entsprechender Aminosäureausgleich.

Neue Mastversuche zum Einsatz von Weißen Lupinen zeigten jedoch bei einem mittleren Gesamt-Alkaloidgehalt von 0,58 g/kg TM bereits ab 10 % einen Rückgang im Futterverbrauch (Krieg et al. 2024). Bezogen auf 1 kg Futter lag der Alkaloidgehalt hier bei nur 0,06 g/kg Futter, also deutlich unter

den Empfehlungen von Jeziorny et al (2010), die für die Weiße Lupine einen Alkaloidgehalt von < 0,12 g/kg Futter ableiteten. Die Einsatzempfehlungen der Weißen Lupine sind somit zu diskutieren und ggf. anzupassen.

Geflügel

Der Einsatz in der Geflügelfütterung wird durch den Gehalt an antinutritiven Substanzen begrenzt. Der hohe Anteil an NSP wirkt sich negativ auf die Kotbeschaffenheit und Einstreuhygiene aus. Laut Jeroch et al. (2016) können auch die enthaltenen Oligosaccharide v.a. bei Jungtieren oder bei höheren Rationsanteilen antinutritive Wirkungen entfalten, wobei moderne Rassen eventuell schneller mit Wachstumsdepressionen reagieren. Für Hühner wurde als tolerierbare Dosis an QA in Samen von *L. albus* 1 mg/kg KM/d durch die EFSA (2019) identifiziert.

Tab. 5.2: Empfehlungen zum maximalen Einsatz der Schmalblättrigen- und der Weißen Lupine in der Fütterung.

Tierart	Schmalblättrige Lupine	Weißer Lupine
Wiederkäuer		
Milchkuh, Kälber und Jungrinder	Ausrichtung am Bedarf im jeweiligen Abschnitt und in Abhängigkeit vom Alkaloidgehalt	
Mastbullen	1–2,5 kg/Tag, < 25 % Kraftfutteranteil	
Mutterschafe/Milchschafe	0,4 kg/Tag	
Kälber, Mastlämmer	bis 20 % Kraftfutteranteil	
Schweine		
Ferkel (< 20 kg/> 20 kg)	0 %/5 %	0 %*
Sauen (tragend/laktierend)	8 %/10 %	
Mast (Vor-/Endmast)	15 %/20 %	5 %/10 %*
Geflügel		
Legehennen (Ei, Reproduktion)	10 %	
Masthühner/Broiler	10 % (Starter bis 4. LW), 15 % (Mast ab 4. LW)	
Mastputen	10 %/15 % (Aufzucht P1/P2), 25 % (Mast P 3–4), 20 % (Mast P 5–7)*	

P = Phase, 7-Phasenmast, * vorläufig abgeleitet aus Krieg et al. (2024)

Zudem ist in jedem Fall der geringe Methioningehalt in der Rationsgestaltung zu berücksichtigen, z. B. durch Kombination mit Raps- und Sonnenblumenprodukten, gegebenenfalls durch Ergänzung mit freien Aminosäuren. Als Einsatzempfehlung wurden 10 % für die Legehennenhaltung, 10–15 % für die Broilermast und 10–25 % in der Mastputenhaltung abgeleitet (Bellof et al. 2020).

Aquakultur

In der Aquakultur ist die Schmalblättrige Lupine als Eiweißquelle alternativ zum Fischmehl interessant. Die meisten Erfahrungen gibt es dabei im asiatischen und australischen Raum. Aber auch in Europa steigt die Bedeutung der Aquakultur und damit das Interesse, im Rahmen nachhaltiger Produktionssysteme Fischmehl weitestgehend zu ersetzen.

Während die im Sojaextraktionsschrot enthaltenen Saponine und Lektine bei Lachsen darmschädigende Wirkungen auslösen können, wurde bei der Verfütterung von Lupinen kein entsprechender Effekt beobachtet (Knudsen et al. 2008). In dem BÖLN-Projekt OLA wurden Futterrezepturen mit steigenden Anteilen an Lupinenkernmehl als Haupteiweißquelle für Wolfsbarsche getestet. Zudem wurde geprüft, wie mit Hilfe von Fermentationsverfahren auf Basis von Phytase- und Xylanase-Enzympräparaten unverdauliche Substanzen wie Phytinsäure und die NSP enzymatisch aufgeschlossen werden können, um die Verdaulichkeit zu erhöhen. Obwohl die Fermentation zu einer starken Reduktion der Phytinsäure im Lupinenmehl führte, zeigte sich in Fütterungsversuchen lediglich bei kleinen Tieren unter 15 g eine positive Wirkung auf das Wachstum (Weiss et al. 2018). Bei einem anteiligen Fischmehlersatz durch Lupinenkernmehl von bis zu 50 % wurden vergleichbare Leistungen wie mit 65 % Fischmehl erzielt. Es wurden die hervorragende Eignung von Lupinen als ergänzende alternative Proteinquelle sowie das große Verwertungspotenzial auf dem Aquakulturmarkt herausgestellt. Schwankungen im Angebot, der Qualität und Zusammensetzung werden als Bedenken hinsichtlich einer kommerziellen Umsetzung identifiziert. ◀

5.2 / Lupinen in der Humanernährung

► Rebecca Thoma und Petra Zerhusen-Blecher

Die Esskultur in Deutschland ist im Wandel. Die Zahl der vegetarisch und vegan lebenden Menschen wächst und mehr als die Hälfte der Bevölkerung möchte den Fleischkonsum reduzieren oder sieht sich als Flexitarier bzw. Flexitarierin. Das zunehmende Ernährungs- und Umweltbewusstsein zeigt sich in einer steigenden Nachfrage nach Lebensmitteln, die regional und nachhaltig produziert werden. An Bedeutung gewinnt zudem eine gesteigerte Transparenz in der Lieferkette, die Verwendung von Rohstoffen pflanzlichen Ursprungs und ein hoher Gesundheits- und Wohlfühlwert. Die Zunahme ernährungsbedingter Krankheiten in den westlichen Industriegesellschaften erhöht die Dringlichkeit, vorbeugende, innovative Ernährungsstrategien auf der Grundlage gesundheitsfördernder Lebensmittel zu entwerfen. Auch die Planetary Health Diet verbindet eine ausgewogene Ernährung mit dem Schutz der Erde. Dabei spielen Hülsenfrüchte mit einer empfohlenen täglichen Verzehrsmenge von 75 g eine bedeutende Rolle. In den neuen DGE-Empfehlungen vom März 2024 werden die Hülsenfrüchte als wertvolles und vielseitiges Lebensmittel besonders betont. Die Körnerleguminosen aus heimischem Anbau – darunter auch Lupinen – bieten vor diesem Hintergrund ein hohes Innovations- und Wertschöpfungspotenzial für den Lebensmittelbereich.

Mit ihren besonderen Inhaltsstoffen stellen Lupinen eine vielversprechende Rohstoffbasis für die Entwicklung neuer und nachhaltiger Lebensmittel dar.

Körnerleguminosen sind eine traditionelle Quelle von Protein und Öl für die menschliche Ernährung. Lupinen zählen mit zu den ältesten Kulturpflanzen und werden in den Mittelmeerländern (*Lupinus albus*) und in Südamerika (*L. mutabilis*) seit mehr als 2000 Jahren als hochwertiges eiweiß- und



kohlenhydratreiches Grundnahrungsmittel geschätzt. In Deutschland stieg das Interesse am Lupinenanbau durch die in den Notzeiten des Ersten Weltkrieges und der in den darauffolgenden Jahren offenkundig werdenden Eiweißmangelsituation. „Zur Belebung des Interesses an der Lupine überhaupt war offenbar keine Anstrengung zu groß. Im Oktober 1918 gab in Hamburg die Vereinigung für Angewandte Botanik ein „Lupinenfestessen“. Auf einem Tischtuch aus Lupinenfasern wurden serviert eine Lupinensuppe, ein in Lupinenöl gebratenes und mit Lupinenextrakt gewürztes Lupinensteak. Dazu wurden gereicht Lupinenmargarine mit 20 % Lupinenbestandteilen, Käse aus Lupineneiweiß, Lupinenschnaps und Lupinenkaffee. Erhältlich waren außerdem Lupinenseife zum Händewaschen, Papier und Briefumschläge mit Lupinenklebstoff zum Schreiben“ (Hondelmann 1984). Aus dem Artenspektrum ist in Europa bislang insbesondere die Weiße Lupine (*L. albus*) für die menschliche Ernährung genutzt worden, bis ihr Anbau durch die Pilzkrankheit Anthraknose in den 90er Jahren zusammenbrach und erst mit der Züchtung anthraknosetoleranter Sorten seit 2019 wieder an Bedeutung gewann. In den vergangenen 20 Jahren erlangte auch die Schmalblättrige (Blaue) Lupine (*L. angustifolius*) als Quelle von Protein und Ballaststoffen für die Speiseanwendungen an Relevanz. Mittlerweile werden in Deutschland beide Lupinenarten für die Herstellung von Lebensmitteln verwendet. In Südamerika ist die Andenlupine (*L. mutabilis*) eine traditionelle Nahrungspflanze.

5.2.1 / Qualitätsansprüche an Rohware

Alkaloide

Ursprüngliche Herkünfte von Lupinen zeichnen sich durch hohe Gehalte an bitter schmeckenden und antinutritiven Alkaloiden aus, die einen Verzehr durch Mensch und Tier nicht ohne Weiteres erlauben. Während der Bitterstoffgehalt durch ausgiebiges Wässern der Samen reduziert werden kann, stehen weitere süße Lupinensorten zur Verfügung, die als Ergebnis pflanzenzüchterischer Bemühungen seit Beginn des 20. Jahrhunderts nur noch

niedrige Bitterstoffgehalte aufweisen. Die ersten alkaloidarmen Sorten kamen unter dem Namen „von Sengbuschs Müncheberger Gelbe Grünfütter-Süßlupine“ und „von Sengbuschs Müncheberger Blaue Grünfütter-Süßlupine“ 1933 und 1934 auf den Markt (Hondelmann 1983). Ein allgemein angenommener Richtwert von 500 mg/kg (= 0,05 %) gilt heutzutage als Referenz zur Unterscheidung zwischen Süß- und Bitterlupinen. Für die Humanernährung wird international ein Alkaloidhöchstwert von 200 mg/kg (= 0,02 %) in der Trockensubstanz der verwendeten Lupinenrohware angewandt (BfR 2017). Dieser Wert orientiert sich damit an Verordnungen aus anderen Ländern, wie Frankreich, Großbritannien, Neuseeland oder Australien. Um ein sicheres Lebensmittel zu gewährleisten, sollten die Lupinen vor der Verarbeitung auf den Alkaloidgehalt getestet werden.

Liegen die Werte über 200 mg/kg können die Samen entbittert werden. Es existieren biologische, chemische und wasserbasierte Entbitterungsverfahren, wobei aktuell nur das wasserbasierte Entbitterungsverfahren kommerziell genutzt wird. Da Alkaloide wasserlöslich sind, kann der Gehalt durch eine Kombination aus Einweichen, Kochen und Waschen reduziert werden, wie es auch traditionell bei den Bitterlupinen praktiziert wird. Je nach Dauer, Verfahren und Lupinensorte können dabei bis zu 97 % der Alkaloide entfernt werden (Schryvers et al. 2013). Alkaloide sind hitzebeständig, weshalb ein trockenes Erhitzen (z. B. Toasten) keine Reduzierung der Alkaloide bewirkt. Da bei wasserbasierten Entbitterungsverfahren auch wertvolle Inhaltsstoffe verloren gehen, wird aktuell an alternativen Methoden, z. B. über Membranverfahren geforscht. Zusätzlich sind weitere Forschungserkenntnisse nötig, um biologische Verfahren, wie z. B. Fermentation oder chemische Verfahren, sicher anwenden zu können bzw. den Zeit- und Wasserverbrauch bei der Entwässerung zu optimieren.

Der Alkaloidgehalt ist als wichtiges Qualitätsmerkmal im Blick zu behalten, da dieser durch Sortenwahl und Umwelteinflüsse, wie der pH-Wert des Bodens und Hitzestress während der Samenentwicklung, deutlich schwanken kann. Kritisch ist in diesem Zusammenhang die Verwendung von Nachbausaatgut anstelle von zertifiziertem Saatgut ohne weitere

Qualitätskontrollen zu bewerten. Gegenstand aktueller Forschungsbemühungen ist die Erschließung neuer genetischer Quellen für Alkaloidarmut. Ziel ist es, genetische Ressourcen zu identifizieren, die eine hohe Umweltstabilität aufweisen und somit eine sichere Verwertung in der Humanernährung und eine nachhaltige Nutzung gewährleisten.

Qualitätsansprüche an Speiseware

Allgemein üblich werden für den Lebensmittelbereich Lupinen mit sehr niedrigen Alkaloidgehalten (unter 0,02 % in der Trockensubstanz) gefordert. Weitere, seitens der Verarbeiter erhobene Qualitätsansprüche an das Erntegut umfassen meist allgemeine Anforderungen als handelsübliche Qualität für Futter- und Lebensmittelware:

- Wassergehalt < 14 %
- max. Fremdbesatz 2 %
- Farbe der Samen: so hell wie möglich
- geringer Anteil der Samenschale
- gleichmäßige Form
- Rückstands- und Steinfreiheit
- wenig Bruchkorn (< 5 %)
- frei von lebenden und toten Schädlingen

Da die Qualitätsanforderungen an das Erntegut je nach Verwendungszweck variieren können und der Lupinenmarkt ein Nischenmarkt ist, sollte unbedingt vor dem Anbau Sorte, Spezifikationen und Preis mit der aufnehmenden Hand vertraglich geregelt werden.

Je nach Vermarktungslinie müssen die Lupinen vor der Vermarktung und Verarbeitung als Speiseware aufbereitet werden. Die größte Nachfrage besteht für ganze, aufgereinigte Lupinensamen. Neben der Reinigung der Samen durch beispielsweise Sieb- oder Windreinigung, Gewichts- oder Farbausleser, benötigen manche Verarbeitungsunternehmen geschälte und/oder

zerkleinerte oder gemahlene Ware. Aufgrund der harten Schale der Lupinensamen und der artspezifischen unterschiedlichen Samenform gestaltet sich der Schälprozess nicht trivial bzw. können die Schälverluste hoch (ca. 30–40 %) sein. In der Praxis werden Prallschäler, Entspelzer, Schleifschäler oder Steinschäler für die Aufbereitung der Lupinensamen verwendet. Aus geschmacklichen Gründen und zur Verlängerung der Haltbarkeit können die Lupinensamen zusätzlich erhitzt oder getoastet werden. Bei der Direktvermarktung ist auf eine hohe Speisequalität und saubere sowie gereinigte Ware zu achten.

5.2.2 / Ernährungsphysiologische Qualitäten der Lupine

Lupinensamen zeichnen sich durch ihre ernährungsphysiologisch hochwertige Nährstoffzusammensetzung aus. Sie beinhalten große Mengen an Proteinen, Ballast- und Mineralstoffen bei gleichzeitig geringen Gehalten an verdaulichen Kohlenhydraten. Weiterhin sind Lupinen gluten-, cholesterin- und laktosefrei und stellen für Personen mit entsprechenden Unverträglichkeiten eine Alternative dar.

Protein

Lupinen zeichnen sich durch hohe Proteingehalte von bis zu 40 % im Samenkorn aus und gehören damit zu den Spitzenreitern unter den Hülsenfrüchten. Ernährungsphysiologisch enthalten Körnerleguminosen zu wenig Methionin und Cystein, während Lysin ausreichend vorhanden ist. Die Kombination mit lysinarmen Lebensmitteln, wie z.B. Getreide, Mais und Reis ergibt eine nahezu ideale Eiweißzusammensetzung bzw. Aminosäurezufuhr. Lupinen enthalten nur geringe Gehalte an Harnsäure produzierenden Purinen. Außerdem hat die Aufnahme von Lupinenproteinen eine blutdruck-, blutfett- und cholesterinsenkende Wirkung und kann sich daher positiv auf das Herz-Kreislauf-System auswirken (Bähr et al. 2015, Sabău et al. 2021).

Zusätzlich dazu wurde in Lupinenprodukten ein entzündungshemmendes und antioxidatives Potenzial nachgewiesen (Mota et al. 2022).

Fette

Lupinensamen haben einen Fettgehalt von bis zu 10 %. Das Öl enthält wertvolle einfach und mehrfach ungesättigte Fettsäuren (etwa 29,8–40,4 % einfach ungesättigte Ölsäure, etwa 30,1–42,4 % mehrfach ungesättigte Omega-6-Fettsäure Linolsäure, etwa 4,2–6,0 % mehrfach ungesättigte Omega-3-Fettsäure Linolensäure bei der Schmalblättrigen Lupine) (Beyer et al. 2015). Das Verhältnis zwischen Linolsäure und α -Linolensäure ist günstiger als bei Sojaöl, wobei der Gehalt an α -Linolensäure insgesamt eher gering ist (UFOP 2022).

Weißer Bio-Lupine



BROTBURO



Kohlenhydrate und Ballaststoffe

Charakteristisch ist ihr im Vergleich zu Erbsen und Ackerbohnen geringerer Gehalt an leichtverdaulichen Kohlenhydraten. Wie alle anderen Hülsenfruchtsamen haben auch die der Süßlupinen einen relativ hohen Anteil an Tri- und Oligosacchariden. Diese verursachen mitunter Flatulenzen, weil sie im Dickdarm, ähnlich wie lösliche Ballaststoffe, fermentiert werden. Gleichzeitig können sie auch durch eine positive Beeinflussung der Darmflorasammensetzung präbiotisch wirken (UFOP 2022). Zusätzlich sind Lupinen reich an Ballaststoffen, die im Vergleich zu anderen Hülsenfrüchten besser verträglich sind, da sie weniger blähend wirken. Der hohe Anteil an Ballaststoffen sowie der geringe Anteil an verfügbaren Kohlenhydraten in der Lupine kann zu einem schnellen Sättigungsgefühl führen und die glykämische Last einer Mahlzeit senken. Lupinen können sich daher vorteilhaft auf das Erkrankungsrisiko sowie die Symptombehandlung von Diabetes und Adipositas auswirken. Ballaststoffe fördern die Darmpassage und können das Darmmikrobiom positiv beeinflussen (UFOP 2022).

Tab. 5.3: Wertgebende Inhaltsstoffe der Lupinensamen.

Art	Feuchte	Roh- asche	Roh- protein	Rohfett	Roh- faser	Stärke + Zucker
Gehalte in g/kg						
Gelbe Lupine	120	53	438	57	168	113
Weißer Lupine	120	40	373	88	130	147
Schmalblättrige Lupine	120	37	333	57	163	156

Quelle: LfL 2022

Mineralstoffe und Vitamine

Körnerleguminosen enthalten erhebliche Mengen an Mineralstoffen sowie unterschiedliche Gehalte an Vitaminen. Ihre Bioverfügbarkeit ist aber abhängig von Pflanzenart und Umweltfaktoren. Lupinen weisen im Vergleich zu anderen Hülsenfrüchten hohe Gehalte an Ca, P, Fe, Mn (besonders Weiße Lupine) und Zn auf (Jeroch et al. 2017). Der Vitamingehalt kann beispielsweise durch einen Keimprozess erhöht werden. Gleichzeitig können darüber Geschmack und Geruch verbessert sowie antinutritive Inhaltsstoffe reduziert werden. Einweichen und Kochen hingegen reduziert die nutzbare Vitaminmenge im Korn (Jeroch et al. 2017).

Bioland

BIOLAND-HOF KLEIN
mit großen Idealen

Trendsetter und zugleich Traditionshüter

- Lupino Lupinenkaffee - Lupresso - Lumokka**
- Lupino arabica - Mix mit echtem Bohnenkaffee**
- Lupino Schoko - Edelvollmilchschokolade**
- Lupina Mehl und Granulat - die Eiweißergänzung**
- Lupina Flocken - getoastet, lecker ins Müsli**
- Grano Lupino - für Salate, Suppen, Bolo-Soßen...**
- Tapas Lupinos - super Snack zu Bier oder Wein**

DAS ORIGINAL
seit 1995

im Glas

Biolandhof Klein, Schmiedsgasse 1
97877 Wertheim-Sachsenhausen
Tel. 09342 6386, biolandhof-klein@t-online.de

www.lupinenkaffee.de

Allergene

Die Lupinensamen enthalten bestimmte Eiweiße mit allergischem Potenzial. Aufgrund der Ähnlichkeit zu anderen Hülsenfruchtspezifischen Eiweißen kann eine Lupinenallergie sowohl isoliert als auch als Kreuzallergie mit z.B. Erdnuss-, Soja- oder Erbsenallergie auftreten. Die allergene Wirkung der Lupine ist dabei nicht größer als bei Soja, Erbse oder Erdnuss, welche in der Lebensmittelindustrie dennoch sehr intensiv genutzt werden. Rechtlich gehören Lupinen und deren Erzeugnisse zur Gruppe der kennzeichnungspflichtigen Allergene und müssen daher als Zutat auf Verpackungen gekennzeichnet werden (Bähr et al. 2014).

5.2.3 / Lupinen in der Lebensmittelverarbeitungstechnologie

Lupinen als regionale und nachhaltige Proteinpflanzen bieten ein hohes Potenzial für den stetig wachsenden Markt für pflanzliche Proteinalternativen. Aufgrund des hohen Proteingehalts, der hohen Wasserbindungskapazität und positiven Emulgatoreigenschaften finden sowohl die Samen der Weißen als auch der Schmalblättrigen Lupine immer häufiger Verwendung in der Lebensmittelindustrie.

Um die für die jeweiligen Anwendungen notwendigen Ausgangsrohstoffe aus der Körnerleguminose zu erhalten, wird die Lupine mit ihrem leicht adstringierenden, bitteren, nussigen Geschmack in mehr oder weniger aufwändigen Produktionsprozessen verarbeitet. Die Verarbeitungsschritte reichen vom einfachen Vermahlen des Korns über Proteinmehle (Proteingehalt unter 40 %) und Proteinkonzentrate (Proteingehalte 40–80 %) bis hin zur Gewinnung von hochfunktionellen Proteinisolaten (Proteingehalt > 80 %) mit unterschiedlichen funktionellen Eigenschaften. Hervorzuheben sind in diesem Zusammenhang die hervorragenden verarbeitungstechnologischen Eigenschaften von Proteinisolaten aus Lupinen, etwa im Hinblick auf Emulgierfähigkeit und -stabilität, die mit der Entwicklung eines innovativen, am Fraunhofer-Institut für Lebensmittel- und Verpackungstechnologie (IVV)

erarbeiteten Fraktionierungsverfahrens möglich wurden. Mit diesem Verfahren lässt sich das Samenkorn der Lupine in Proteinisolat mit > 90 % Proteingehalt, Öl, Faser- und Schalenanteile fraktionieren, die dann gezielt zur Herstellung von Lebensmittelprodukten eingesetzt werden können.



Foto: Herwart Böhm

Ein Verfahren zur Herstellung von pflanzlichen Fleischalternativen aus Lupinenprotein ist die Kochextrusion. Unter Einfluss von Feuchtigkeit, Druck und Temperatur werden Rezepturen mit hohem Proteingehalt zu Trocken- und Nassextrudaten verarbeitet. Trockenextrudate sind lange haltbar und können z.B. nach dem Rehydrieren zu hackfleischähnlichen Lebensmitteln verarbeitet werden. Fleischanaloga mit muskelfleischartiger Textur werden über die Nassextrusion hergestellt und sind als Frischeprodukt nur begrenzt haltbar (DLG 2022).

Die Fermentation, als traditionelle und gleichzeitig innovative Technologie unter Einsatz von Bakterien, Hefen oder Schimmelpilzen, bietet zahlreiche Möglichkeiten zur Herstellung und Haltbarmachung von Lebensmitteln. Seit einigen Jahren wird die Fermentation vermehrt auch für die Herstellung alternativer Proteinquellen, auch aus Lupinen, genutzt wie z.B. Joghurt,

veganer Käse, Fisch- und Fleischalternativen, Tempeh, u.v.m. Durch den Fermentationsprozess können die Verdaubarkeit wesentlich gesteigert und antinutritive Inhaltsstoffe wie Enzyminhibitoren oder Glucosinolate gezielt abgebaut werden. Auch das Aromaprofil der Hülsenfrüchte kann über die Fermentation gezielt optimiert werden.

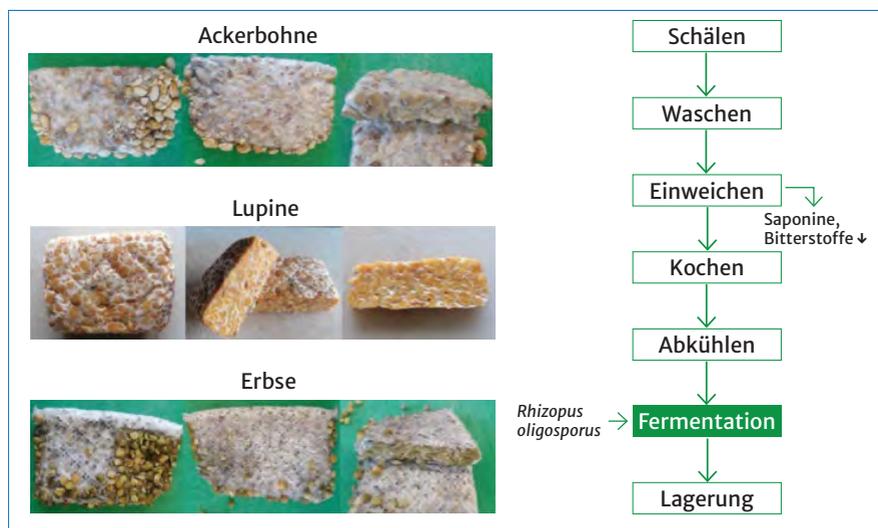


Abb. 5.3: Beispiel Fermentation: Tempeh-Herstellung aus Ackerbohnen, Lupinen und Erbsen.

Quelle: Hickisch (2023)

5.2.4 / Verwendung der Lupine in der Humanernährung – eine Marktübersicht

Die ganzen Samen der Lupine, eingelegt in Salzlake, werden traditionell in südeuropäischen Ländern, wie Spanien, Portugal oder Italien als Snack verzehrt. Auch in Deutschland werden diese Lupinensnacks angeboten. Geröstet können die ganzen Samen als koffeinfreier und regionaler Kaffeeersatz dienen. Zerkleinert oder geschrotet sind die Lupinensamen eine ideale Ergänzung in Broten, Brotaufstrichen, Suppen oder Saucen. Flockierte

Lupinensamen können, ähnlich wie Haferflocken, als Bestandteile in Müsli- oder Porridgeprodukten sein. Mittels Fermentation durch Mikroorganismen können aus den ganzen Samen Würzsaucen bzw. aus den geschälten Samen Tempehprodukte hergestellt werden. Auch im Bereich der Teig- und Backwaren können Lupinen u.a. durch ihre gute Wasserbindekapazität herkömmlich verwendete Rohstoffe ersetzen, wie z.B. die Verwendung von Lupinenmehl in Broten, Kräckern, Süßgebäck oder Pasta als glutenfreier Ersatz oder Ergänzung von Getreidemehlen oder Eiern. Durch verschiedene Fraktionierungsstufen ist es möglich, die Proteine der Lupinensamen zu isolieren bzw. zu konzentrieren. Das daraus gewonnene Extrakt wird sowohl direkt als Proteinpulver vermarktet als auch in der Herstellung von Fleisch- oder Milchersatzprodukten, wie z.B. Joghurt, Käse, Eis, Tofu, Burgerpattys oder Würstchen zur Steigerung des Proteingehalts und Verbesserung der Textur eingesetzt. Ähnlich wie Sojamilch kann Lupinenmilch oder -joghurt besonders für Personen mit Laktoseintoleranz oder Milchallergien eine geeignete Alternative darstellen.



ANBAUPARTNER GESUCHT FÜR BIOLAND-LUPINEN



- > wir machen daraus hochwertigen Lupinenkaffee
- > unser Ziel ist es den nachhaltigen Bio-Anbau zu stärken & gemeinsam zu wachsen
- > gute Auszahlungspreise
- > langfristige Abnahmeverträge

KORNKREIS Erzeugergemeinschaft GmbH
Lonetalstr. 11
89537 Giengen

T | 07324 13 23 997
www.kornkreis.bio
DE-ÖKO-006



Insgesamt trägt sowohl der Einfluss der internationalen Küche, der gesteigerte Bedarf an pflanzlichen Lebensmitteln sowie die Nachfrage nach regional und nachhaltig erzeugten Lebensmitteln zu einem großen Anwendungspotenzial der Lupine bei. Nichtsdestotrotz gibt es noch großen Entwicklungsbedarf bzgl. der Markterschließung, Anbauverfahren, Vergrößerung der Anbauflächen und Optimierung der Produktströme, um Nachfrage und Angebot zusammenzubringen und den Qualitätsanforderungen entsprechen zu können. Außerdem ist weitere Forschung zu Themen wie dem Allergenpotenzial, dem Nährstoffprofil und den Gesundheitswirkungen der antinutritiven Substanzen, Verarbeitungstechnologien sowie der Marktakzeptanz notwendig, um Herausforderungen überwinden und die Vorteile dieser vielfältigen Pflanze voll ausschöpfen zu können. In Deutschland beschäftigen sich aktuell verschiedenen Forschungsprojekte, wie z.B. das Luprome-, LupiAlk- oder LeguLand-Projekt mit diesen Themen. ◀

LUPINEN GEFÄLLIG ... als ganze Lupinen

Von wenig bis viel

und auch Lupinenmehl oder Granulat in verschiedenen Körnungen getoastet oder enzymaktiv in kleinen Mengen und auch als Palettenware lieferbar.

Eigene Reinigung
und Mühle

www.lupinenkaffee.de

Schmiedgasse 1
97877 Wertheim-Sachsenhausen
Tel.: +49 (0)9342 6386
Fax: +49 (0)9342 935847
Biolandhof-klein@t-online.de

BIOLAND HOF KLEIN

Groß im Speziellen



6 / Wirtschaftlichkeit und Umweltleistungen von Lupinen in Fruchtfolgen

► Moritz Reckling und Martin Kind

Lupinen erbringen agronomische und ökologische Leistungen, welche im Kontext der Wirtschaftlichkeit betrachtet werden müssen. Vergleichende Studien haben gezeigt, dass Lupinen und andere Körnerleguminosen oft zu einer geringeren Wirtschaftlichkeit von Fruchtfolgen führen (Preisler et al. 2015), dagegen werden häufig deutlich höhere Umweltleistungen erzielt (Notz et al. 2023, Reckling et al. 2016). Vergleiche von 31 praxisrelevanten Fruchtfolgen in Europa zeigten, dass die Integration von Leguminosen den Stickstoffdüngereinsatz und die Lachgasemissionen (N_2O) in Höhe von 6–142 kg N bzw. 1–6 kg N_2O pro ha und Jahr reduzieren kann (Notz et al. 2023). Die ökologischen Wirkungen sind komplex und vom Management der Leguminose, der Ernterückstände und der Nachfrucht abhängig. In über der Hälfte der Fruchtfolgevergleiche mit Körnerleguminosen (15 von 24) wurden niedrigere Deckungsbeiträge erzielt. Die Wirtschaftlichkeit konnte durch die Anrechnung des Futterwertes, Prämien und einer CO_2 -Steuer bei der Düngemittelherstellung in vielen Fällen nur geringfügig verbessert werden.

Ökologische Leistungen werden zwar nicht ökonomisch vergütet, sie spielen aber eine wichtige gesellschaftliche Rolle zur Minderung des Klimawandels und Förderung der Biodiversität.

Die Wirtschaftlichkeit von Lupinen hängt also maßgeblich vom Erlös (Ertrag und Preis), den Opportunitätskosten (alternative Kultur) und dem Vorfruchtwert ab.

Vorfruchteffekte ökonomisch nutzen

Der Vorfruchtwert von Lupinen und weiteren Körnerleguminosen wird durch agronomische Effekte hervorgebracht (Abb. 6.1). Es wird Stickstoff, u.a. aus den Ernterückständen und Einsparung der Bodenstickstoffgehalte, für die nachfolgende Kultur bereitgestellt. Dies kann den N-Düngeinsatz reduzieren, die Qualität der Nachfrucht verbessern und den Ertrag sowie den Deckungsbeitrag steigern. Lupinen als Vorfrucht, haben auch einen Einfluss auf den phytosanitären Zustand der nachfolgenden Kulturen, wie die Verringerung des Risikos von Krankheiten, Schädlingen, der Etablierung von Unkräutern aber auch die Verbesserung der Bodenstruktur und Förderung der mikrobiellen Prozesse (Watson et al. 2017).

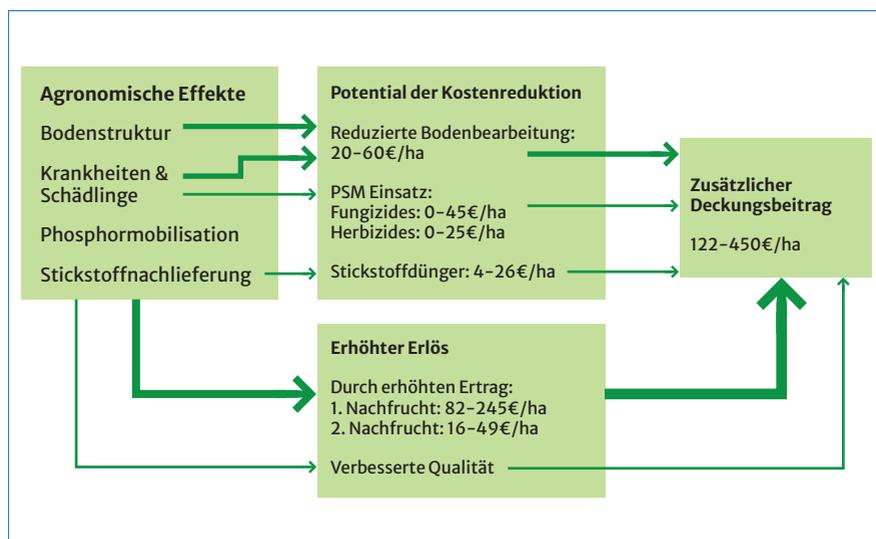


Abb. 6.1: Agronomische Effekte und deren Einfluss auf den Deckungsbeitrag durch die Integration von Körnerleguminosen in Fruchtfolgen.

Die Werte stammen aus Versuchen, siehe Alpmann und Schäfer (2014), Preise für Weizen wurden mit 163 €/t (Mittel 2016 bis 2019) und N-Dünger 0,75 €/kg angenommen (Marktinformation Ost).

Hierdurch kann die Bodenbearbeitung, aber auch der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln, über die Fruchtfolge reduziert werden, was den Deckungsbeitrag positiv beeinflussen kann. Das Ausmaß dieser Effekte ist sehr variabel und wird durch das Management der Leguminose und abiotische sowie biotische Umweltfaktoren beeinflusst. Um die agronomischen Effekte und deren Einfluss auf den Deckungsbeitrag durch die Integration von Körnerleguminosen in Fruchtfolgen zu beschreiben, wurde ein Schema (Abb. 6.1) entwickelt (Notz und Reckling 2022, angepasst von Preissel et al. 2015). Die Berechnung beschreibt einen möglichen zusätzlichen Deckungsbeitrag von 122–450 €/ha durch den Vorfruchteffekt u.a. einer Lupine auf einen Weizen im Vergleich zu einer Getreidevorfrucht.

Um die Vorfruchteffekte und Opportunitätskosten zu berücksichtigen, sollten Lupinen auf Fruchtfolgenebene bewertet werden. Da Umweltleistungen und besonders die Wirtschaftlichkeit der Lupinen sehr standort- und betriebsspezifisch ausfallen, werden beispielhaft Fruchtfolgen mit und ohne Lupinen verglichen (siehe www.legunet.de).

Lupinen in Beispielfruchtfolgen auf mittleren und schwachen Standorten

In Brandenburg wurde 2024 mit 8.000 ha ein Großteil der Lupinen in Deutschland angebaut, daher werden hier beispielhaft Berechnungen für schwächere Standorte vorgestellt. Auf Basis der Datensammlung für die betriebswirtschaftliche Bewertung landwirtschaftlicher Produktionsverfahren des Landesamts für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung in Brandenburg (LELF) wurden durchschnittliche Deckungsbeiträge mithilfe des Deckungsbeitragsrechners der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) berechnet (ohne Prämien). Deckungsbeiträge wurden in Bezug zum Protein- und Energieertrag, Einsatz von Stickstoffdünger, Lachgasemissionen und Nitratauswaschung dargestellt (für die Methoden der Berechnung siehe Notz et al. 2023). Vorfruchteffekte wurden für Erträge und den Betriebsmitteleinsatz auf Fruchtfolgenebene unter konventionellen Bedingungen berücksichtigt. Die Erzeugerpreise und variablen Kosten für Betriebsmittel und

Maschinen basieren auf Durchschnittswerten von 2020–2022 (Lfl 2024). Die Erzeugerpreise lagen im Mittel der Jahre für Winterraps bei 551 €/t, Winterweizen bei 262 €/t, Wintergerste bei 218 €/t, Winterroggen bei 221 €/t, Triticale bei 212 €/t und für Lupine in Futterqualität bei 304 €/t.

Für einen mittleren bis guten Standort (in Brandenburg Landbaugebiet 2) mit einer Ackerzahl von 36–45 wurde eine typische Fruchtfolge mit Winterraps–Winterweizen–Wintergerste hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit und Umweltleistung berechnet (Tab. 6.1). Anschließend wurde der Einfluss der Erweiterung der Fruchtfolge mit einer Schmalblättrigen Süßlupine mit vier Ertragshöhen quantifiziert, da in der Praxis instabile Erträge beobachtet werden. Die mittleren Erträge lagen bei Winterraps bei 3,3 t/ha, Winterweizen und Wintergerste bei 6,2 t/ha (LELF 2021) und Lupine bei 1,5–3,0 t/ha. Die Fruchtfolge mit Lupine zeigte einen geringeren Deckungsbeitrag im Vergleich zur Referenz (–9 bis –22 %, Tab. 6.1).

Tab. 6.1: Wirtschaftlichkeit und Umweltleistungen von Lupinen in einer Beispielfruchtfolge mit Raps für mittlere Standorte in Brandenburg.

Fruchtfolgen	Deckungsbeitrag (€/ha)	Proteintrag (kg/ha)	Energieertrag (GJ/ha)	Stickstoffdünger (kg/ha)	N ₂ O Emission (kg/ha)	NO ₃ -Auswaschung (kg/ha)
WRA–WWE–WGE	866	644	94	146	5,33	55
WRA–WWE–LUP (1,5 t/ha)–WGE	672	598	78	110	4,20	50
WRA–WWE–LUP (2,0 t/ha)–WGE	710	636	80	110	4,20	49
WRA–WWE–LUP (2,5 t/ha)–WGE	747	675	82	110	4,20	48
WRA–WWE–LUP (3,0 t/ha)–WGE	785	713	85	110	4,20	48

WRA (Winterraps), WWE (Winterweizen), WGE (Wintergerste), LUP (Lupine)

Hinsichtlich Protein- und Energieertrag spielt die Ertragshöhe der Lupine eine Rolle, ab einem Ertrag von 2,5 t/ha konnte deutlich mehr Protein pro ha geerntet werden als im Vergleich zur Fruchtfolge ohne Lupine. Die Umweltleistungen in Bezug auf den Einsatz von Stickstoffdünger (-25 %), Lachgasemissionen (-21 %) und Nitratauswaschung (-9 bis -13 %) zeigten die deutlichen Vorteile von Lupinen in der Fruchtfolge. Ein wichtiger Beitrag für die positiven Leistungen war die Stickstofffixierung von 87–174 kg/ha (bei einem Ertrag von 1,5–3,0 t/ha). Eine Anpassung der Stickstoffdüngung im nachfolgenden Getreide, abhängig von der Ertragshöhe der Vorfrucht Lupine, wurde nicht vorgenommen (daher ergeben sich wenige Änderungen bei Lachgasemissionen und Nitratauswaschung). Um die Wirtschaftlichkeit zu erhöhen, müssten höhere Preise am Markt generiert werden können, z.B. für Speiseware, gezielte Agrarförderung wie z.B. die Öko-Regelung 2 „Anbau vielfältiger Kulturen“ im Rahmen der GAP genutzt und hohe Erträge durch Management, Standort- und Sortenwahl erzielt werden. Neben der Schmalblättrigen Süßlupine wäre auf Standorten des Landbaugebiet 2 auch die Weiße Lupine zu prüfen. In Untersuchungen des ZALF, erbrachten Weiße Lupinen auch auf marginalen Standorten ähnlich hohe Erträge und könnten bei geringen Alkaloidgehalten als Speiseware zu höheren Preisen vermarktet werden.

Tab. 6.2: Wirtschaftlichkeit und Umweltleistungen von Lupinen in Beispielfruchtfolgen mit Getreide für schwache Standorte in Brandenburg.

Fruchtfolgen	Deckungsbeitrag (€/ha)	Protein-ertrag (kg/ha)	Energie-ertrag (GJ/ha)	Stickstoff-dünger (kg/ha)	N ₂ O Emis-sion (kg/ha)	NO ₃ -Auswaschung (kg/ha)
WRO-TRI-WRO	292	364	74	72	3,0	39
WRO-TRI-LUP-WRO	313	432	68	54	2,4	33

Auf einem schwächeren Standort (in Brandenburg Landbaugesamt 4) mit einer Ackerzahl von 23–28 wurde eine getreidedominierte Fruchtfolge mit und ohne Lupine berechnet (Tab. 6.2). In diesem Beispiel erlangt der Vorfruchteffekt der Lupine eine größere Bedeutung, da diese in eine Fruchtfolge ohne Blattfrüchte integriert wurde. Dies wirkte sich in einem höheren Ertrag des Winterroggens (4,6 t/ha) nach der Lupine im Vergleich zu der Referenz nach einem Getreide (4,1 t/ha) aus. Obwohl der Ertrag der Lupine hier realistisch mit nur 1,8 t/ha für den Standort angesetzt wurde, schneidet die Lupinen-Fruchtfolge hinsichtlich des Deckungsbeitrags besser als die Referenz ab (+7 %, Tab. 6.2). Mit Erfüllung der Öko-Regelung 2 würde der Deckungsbeitrag sogar deutlich höher ausfallen, in diesem Fall müsste der Betrieb allerdings noch eine weitere Kultur im Betrieb anbauen. Der mittlere Protein-ertrag war um 19 % höher und der Energieertrag um nur 8 % niedriger. Der Stickstoffdünger konnte um 24 %, die Lachgasemissionen um 20 % und die Nitratauswaschung um 15 % reduziert werden. Dazu trug eine berechnete Stickstofffixierung von 106 kg/ha der Lupine bei. ◀



Literaturverzeichnis

1 / Lupinenzüchtung

- Boersma J, Nelson M, Sivasithamparam K, Yang H (2009) Development of sequence-specific PCR markers linked to the *Tardus* gene that reduces pod shattering in narrow-leaved lupin (*Lupinus angustifolius* L.). *Mol Breed* 23:259–267.
- Boersma JG, Buirchel BJ, Sivasithamparam K, Yang H (2007) Development of two sequence-specific PCR markers linked to the *le* gene that reduces pod shattering in narrow-leaved Lupin (*Lupinus angustifolius* L.). *Genet Mol Biol* 30:623–629.
- Hufnagel B, Marques A, Soriano A, et al (2020) High-quality genome sequence of white lupin provides insight into soil exploration and seed quality. *Nat Commun* 11:1–12.
- Lichtin N, Salvo-Garrido H, Till B, Caligari P D S, Rupayan A, Westermeyer F, Olivos M (2020) Genetic and comparative mapping of *Lupinus luteus* L. highlight syntenic regions with major orthologous genes controlling anthracnose resistance and flowering time. *Sci Rep* 10:1–15.
- Plewinski P, Ksiazkiewicz M, Rychel-Bielska S, Rudy E, Wolko B (2019) Candidate Domestication-Related Genes Revealed by Expression Quantitative Trait Loci Mapping of Narrow-Leaved Lupin (*Lupinus angustifolius* L.). *Int. J. Mol. Sci.* 2019, 20, 5670.
- Ruge-Wehling B, Haase F (2022) A pre-breeding approach for high-yielding and healthy narrow-leaved lupin (*Lupinus angustifolius*). *Legume Perspectives* 2022, No. 22
- Ruge-Wehling B, Haase F, Wehling P (2021) Die Gelbe Lupine – eine fast vergessene Eiweißpflanze wird fit gemacht; Körnerleguminose für Sandböden. *LOP Pflugos*, 05.2021.
- Schwertfirm G, Schneider M, Haase F, Riedel C, Lazzaro M, Ruge-Wehling B, Schweizer G (2024) Genome-wide association study revealed significant SNPs for anthracnose resistance, seed alkaloids and protein content in white lupin. *Theor Appl Genet* 137(155).
- Wang P, Zhou G, Jian J, et al (2021) Whole-genome assembly and resequencing reveal genomic imprint and key genes of rapid domestication in narrow-leaved lupin. *Plant J* 105:1192–1210.

2 / Anbaufläche, Sorten und Erträge der Lupine

- AMI (2011–2024) AMI-Markt Studie – Strukturdaten im Ökologischen Landbau. Hrsg.: Agrarmarkt Informations-Gesellschaft mbH (AMI), Bonn.
- Bundessortenamt (2011, 2016, 2020, 2023, 2024a) Beschreibende Sortenliste Getreide, Mais, Öl- und Faserpflanzen, Leguminosen, Rüben, Zwischenfrüchte. Hrsg.: Bundessortenamt, Hannover.
- Bundessortenamt (2024b): Datenbank Saatguterzeugung. Abruf am 22.11.2024
- LfULG (2022) Ergebnisse der Landessortenversuche. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (Hrsg.).
- LfULG (2023a) Ergebnisse der Landessortenversuche. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (Hrsg.).
- LfULG (2023b) Sortenempfehlung 2024. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (Hrsg.).
- Statistisches Bundesamt (Destatis) (2024) Abruf am 16.10.2024.

3 / Anbautechnik Lupinen

- Böhm H (2019) Weniger Unkraut im Gemenge: Gemengeanbau von Blauer Süßlupine zur Unkrautregulierung. LOP Lumbrico 2(1):23–28.
- Böhm H, Homfeldt L, Rinke N (2023a) Wirkung von Rhizobien-Impfmitteln auf Ertragsparameter und Rohproteintrag der Schmalblättrigen Lupine. In: Bibic V, Schmidtko K (eds) One step ahead – einen Schritt voraus! Beiträge zur 16. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Frick (CH), FiBL Campus, 07.–10. März 2023, 296–299.
- Böhm H, Dieterich R, Homfeldt L, Rinke N (2023b) Effect of rhizobia-inoculants on yield and quality parameters of narrow-leaved lupin. In: International Lupin Conference XIV "Breeding, cultivation and use of lupins for a sustainable agriculture – recent developments": 19.–23. June 2023 in Rostock, Germany; Book of abstracts. p 78.
- Böhm H, Aulrich K (2011) Effects of different row distances and seed densities on yield and quality of blue lupin (*L. angustifolius*) in organic farming. In: Naganowska B, Kachlicki P, Wolko B (eds) "Lupin crops: an opportunity for today, a promise for the future" Proceedings of the 13th International Lupin Conference, 6–10 June 2011, Poznan, Poland, pp 144–148.
- KTBL (2013) Körnerleguminosen anbauen und verwerten. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) (Hrsg.), KTBL–Heft 100.
- Watzka A (2023) Auf Anthraknose und Alkaloide achten – Anbautipps für Süßlupinen. Bioland 11/2023, 24–25.
- Wegner C (2023) Rhizobienbehandlung bei Lupinen. Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg–Vorpommern (LFA).

4 / Pilzliche und tierische Schaderreger und ihre Bekämpfung

- Ströcker K, Wendt S, Kirchner WH & Struck C (2013) Feeding preferences of the weevils *Sitona gressorius* and *Sitona griseus* on different lupin genotypes and the role of alkaloids. *Arthropod–Plant Interactions* 7: 579–589.

5 / Verwertungsmöglichkeiten in der Tierernährung

- Abraham U (2015) Ergebnisse des Toastens der einheimischen Körnerleguminosen. Vortragsveranstaltung der GfE, Bernburg, 14.1.2015.
- Bellof G, Halle I, Rodehutschord M (2020) Ackerbohnen, Körnerfuttererbsen, Süßlupinen und Sojabohnen in der Geflügelfütterung. UFOP–Praxisinformation.
- BfR (2022) Alkaloide aus Süßlupinen gehen in geringer Menge bei Verfütterung an Kühe in die Milch über. Mitteilung Nr. 025/2022, 17.10.2022.
- BfR (2024) Lupinen als Tierfutter: Die enthaltenen Bitterstoffe und ihre möglichen gesundheitlichen Wirkungen auf Mensch und Tier sollten weiter untersucht werden. Stellungnahme 051/2024.
- Bonsels T, Weiss J (2014) Milchkuhfütterung ohne Sojaextraktionsschrot, UFOP–Schriften. DLG (1997) DLG–Futterwerttabellen Wiederkäuer, 7. Auflage, DLG–Verlag.
- DLG (2014) DLG–Futterwerttabellen Schweine, DLG–Verlag.
- Durst L, Freitag M, Bellof G (2021) Futtermittel für landwirtschaftliche Nutztiere. DLG–Verlag, Frankfurt am Main.

- Engel A M, Klevenhusen F, Moenning J-L, Numata J, Fischer-Tenhagen C, Sachse B, Schäfer B, Fry H, Kappenstein O, Pieper R (2022) Investigations on the Transfer of Quinolizidine Alkaloids from *Lupinus angustifolius* into the Milk of Dairy Cows. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 70 (37), 11749–11758.
- EFSA (2019) D.Schrenk, L. Bodin, JK Chipman, et al. : Scientific opinion on the risks for animal and human health related to the presence of quinolizidine alkaloids in feed and food, in particular in lupins and lupin-derived products. *EFSA J.* 2019, 17, 5860.
- Engelhard T (2016) Lupinen für Milchkühe – Ergebnisse aus Futterwertuntersuchungen und Fütterungsversuchen. 6. Eiweißpflanzenworkshop, 24.6.2016, Bernburg.
- Engelhard T (2017) Ökologische Tierhaltung – 3. Informationsveranstaltung für Umsteller. 17.10.2017, Iden.
- Gefrom A (2012) Die Silierung von Körnern der großsamigen Leguminosen als Verfahren der Konservierung und der Verbesserung ihres ernährungsphysiologischen Wertes für Monogastrier. Dissertation Universität Rostock.
- GfE (2001) Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchtrinder, DLG-Verlag.
- GfE (2023) Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Milchkühen, DLG-Verlag.
- Hagemann L (2004) Untersuchungen zum Einfluss der Vorbehandlung von Lupinensaat auf deren Futterwert in roggendominierten Schweinemastrationen für den ökologischen Landbau. Forum für angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung, Fulda, 24./25.3.2004.
- Jansen G, Seddig S, Jürgens HU (2006) Züchterische Bearbeitung von Süßlupinen für den ökologischen Landbau, Qualitätsuntersuchungen im Hinblick auf Futtereignung. Abschlussbericht BÖL-Projekt FKZ 03OE355.
- Jeroch H, Kozłowski K, Mikulski D, Jamroz D, Schöne F, Zduńczyk Z (2016) Lupines (*Lupinus* spp.) as a protein feedstuff for poultry. 1) Varieties, composition and nutritional values for poultry. *Europ.Poult.Sci.*, 80.
- Jezierny D, Mosenthin R, Bauer E (2010) The use of grain legumes as a protein source in pig nutrition: A Review. *Animal Feed Science and Technology*, 157 (3–4).
- Kasprowicz-Potocka, M, Zaworska-Zakrzewska A, Taciak M, Frankiewicz A (2021) The Effect of Yeast Fermentation of Two Lupine Species on the Digestibility of Protein and Amino Acids, Microflora Composition and Metabolites Production in the Ileum of Growing Pigs. *Animals* 2021, 11(10),2894.
- Kempkens K, Stalljohann G, Patzelt S, Berk A (2015) Untersuchungen zum Einsatz eines hydrothermisch behandelten Gemisches aus einheimischen Körnerleguminosen in der ökologischen Ferkelaufzucht. Schlussbericht zum BÖLN-Projekt 11NA034.
- Kluth H, Bachmann M, Okon P, Zeyner A (2022) Untersuchungen zur Verdaulichkeit von Aminosäuren aus Körnerleguminosen unter Berücksichtigung von Behandlungsverfahren (Vermahlung, Schälen, Toasten), der Rationszusammensetzung und tierartenspezifischer Faktoren (Geschlecht, Alter) beim Broiler. Abschlussbericht zum BÖLN-Projekt 2815OE036.
- Knudsen D, Jutfeld F, Sundh H, Sundell K, Koppe W, Frøkieær H (2008) Dietary soya saponins increase gut permeability and play a key role in the onset of soybean-induced enteritis in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Br. J Nutr*, 100(1).
- Krieg J, Weber M, Schmidt S, Patzelt S, Norda C, Scholz T (2024) Einsatz unterschiedlicher Mengen an Weißen Lupinen in der Schweinemast. Forum für angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinemast. Fulda, 23.-24.4.2024.

- Losand B, Pries M, Steingäß H, Bellof G (2020) Ackerbohnen, Körnerfuttererbsen und Blaue Süßlupinen in der Rinderfütterung. UFOP-Praxisinformation.
- LWK NRW (2011) Futterwerttabelle Rinderfütterung.
- Martin J (2014) Nutzung heimischer Körnerleguminosen bei der Fütterung in der konventionellen und ökologischen Lämmermast. Fachinformation Tierproduktion der LFA MV.
- Meyer A, Voigt W (2016) Welche Leistungen sind mit Ackerbohnen, Erbsen und Lupinen in der Schweinemast zu erzielen? Forum für angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung, Fulda, 12.-13.4.2016.
- Naumann P, Schöberlein L, Damme K, Vogt-Kaute W (2002) Einsatz von Lupinen in der Öko-Broilerfütterung. Versuchsbericht. Tierproduktion Infodienst 07/2002.
- Nülken C, Abraham U, Kluth H (2013) Untersuchungen zum Gehalt an ME und praecaecal verdaulichen Aminosäuren aus einem Gemisch einheimischer thermisch behandelter Körnerleguminosen (LEGUMI-therm®) bei der Legehenne. 12. Tagung Schweine- und Geflügelernährung, Lutherstadt Wittenberg, 12.-14.11.2013.
- OVID (2023) <https://www.ovid-verband.de/positionen-und-fakten/ovid-diagramme#gallery-31>.
- Ped S, Harig P, Dusel G (2023) Einsatz von Weißen Lupinen in der Milchkuhfütterung. Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung., 25./26.4.2023, Fulda.
- Pries M, Hauswald A, Freitag M, Spiekers H (2007) Effekte einer hydrothermischen Behandlung von Lupinen auf die Eiweißversorgung der Milchkuh. In: Heimische Körnerleguminosen mit geschütztem Protein in der Milchviehfütterung. UFOP-Schriften Heft 33, S. 44-49.
- Priepke A, Losand B (2014) Dummerstorfer Futterwertprüfung mit Hammeln – Prüfung von Körnerleguminosen. Mitteilungen der LFA, Jahresbericht 2014, Heft 54.
- Simon O, Vahjen W (2004) NSP-hydrolysierende Enzyme im Zusammenhang mit Soja-extraktionsschrot, 8. Tagung Schweine- und Geflügelernährung, Lutherstadt Wittenberg, 23.-25.11.2004.
- Thaysen J (2014) Körnerleguminosen Konservieren oder Silieren? UFOP-Praxisinformation.
- Weber M, Preissingen W, Bellof G (2020) Ackerbohnen, Körnerfuttererbsen, Süßlupinen und Sojabohnen in der Schweinefütterung. UFOP-Praxisinformation.
- Weber M, Schmidt S, Specht M (2022) Ergebnisse des UFOP-Monitorings 2021 zur Qualität von Proteinfuttermitteln. Forum für angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung. Fulda, 3.-4.5.2022.
- Weiss M, Hörterer C, Zeytin S, Slater M (2018) Optimierung von Lupinenmehl für die Aquakultur, Schlussbericht (OLA, FKZ 2814EPS023).

5.2 / Lupinen in der Humanernährung

- Bähr M, Fechner A, Kaatz M, Jahreis G (2014) Skin prick test reactivity to lupin in comparison to peanut, pea and soybean in atopic and non-atopic German subjects: A preliminary cross-sectional study.
- Bähr M, Fechner A, Kiehntopf M, Jahreis G (2015) Consuming a mixed diet enriched with lupin protein beneficially affects plasma lipids in hypercholesterolemic subjects: a randomized controlled trial. Clin Nutr. 2015 Feb;34(1):7-14.
- Beyer H, Jürgens HU, Jansen G, Uptmoor R, Ordon F (2015) Composition, environmental stability and potential of genetic improvement of fatty acids of *Lupinus angustifolius*. Journal of Applied Botany and Food Quality 88, 192-196.

- Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) (2017) Risikobewertung des Alkaloidvorkommens in Lupinensamen. Stellungnahme 003/2017.
- DLG (2022) Extrusion – Traditionelles Strukturierungs- und Texturierungsverfahren für die Lebensmittelproduktion der Zukunft. DLG-Expertenwissen 02/2022.
- Hickisch A (2023) Eignung von Leguminosen für die Herstellung von Milchproduktalternativen und anderen pflanzlichen Lebensmitteln. Vortrag am 4.7.2023, Pohlheim.
- Hondelmann W (1984) Die Lupine – alte und neue Kulturpflanze. Gießener Universitätsblätter 17 (1).
- Jeroch H, Lipiec A, Abel H, Zentek J, Grela ER, Bellof G (2017) Körnerleguminosen als Futter- und Nahrungsmittel. DLG-Verlag.
- LfL (2022) Lupine – Anbau und Verwertung. 4. Auflage, Freising-Weihenstephan.
- Mota J, Casimiro S, Fernandes J, Hartmann RM, Schemitt E, Picada J, Costa L, Marroni N, Raymundo A, Lima A, Boavida Ferreira R (2022) Lupin Protein Concentrate as a Novel Functional Food Additive That Can Reduce Colitis-Induced Inflammation and Oxidative Stress. *Nutrients*, 14(10):2102.
- Schryvers S, Arinzehukwu C, Miserez B, Eeckhout M, Jacxsens L (2013) The fate of quinolizidin alkaloids during the processing of lupins (*Lupinus spp.*) for human consumption. *Food Chemistry*, 429.
- Sabău R, Duda M, Urdă C, Vârban D, Muntean S, Moldovan C, Mărginean R, Suci D (2021) Phytotherapeutic Uses of Sweet Lupine (*Lupinus spp.*). Review. *Hop and Medicinal Plants*, No. 1-2, 2021.
- Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e.V. (UFOP) (2022) Im Porträt: die Süßlupine.

6 / Wirtschaftlichkeit und Umweltleistungen von Lupinen in Fruchtfolgen

- Alpmann D, Schäfer B (2014) Der Wert von Körnerleguminosen im Betriebssystem. www.ufop.de/files/9013/9593/2050/RZ_UFOP_1157_Praxis_Koernerleguminosen_web.pdf.
- LELF (2021) Datensammlung für die betriebswirtschaftliche Bewertung landwirtschaftlicher Produktionsverfahren im Land Brandenburg.
- LfL (2024) Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Deckungsbeiträge und Kalkulationsdaten und DB-Plus – LfL (bayern.de).
- Notz I, Topp CFE, Schuler J, Alves S, Gallardo LA, Dauber J, Haase T, Hargreaves PR, Hennessy M, Iantcheva A, Jeanneret P, Kay S, Recknagel J, Rittler L, Vasiljević M, Watson CA, Reckling M (2023) Transition to Legume-Supported Farming in Europe through Redesigning Cropping Systems. *Agron Sustain Dev* 43 (1):12.
- Notz I, Reckling M (2022) Utilising the pre-crop effect of grain legumes. *Legume Hub*. https://www.legumehub.eu/is_article/utilising-the-pre-crop-effect-of-grain-legumes
- Preissel S, Reckling M, Schläfke N, Zander P (2015) Magnitude and Farm-Economic Value of Grain Legume Pre-Crop Benefits in Europe: A Review. *Field Crops Res* 175:64–79.
- Reckling M, Bergkvist G, Watson CA, Stoddard FL, Zander PM, Walker R, Pristeri A, Toncea I, Bachinger J (2016) Trade-Offs between Economic and Environmental Impacts of Introducing Legumes into Cropping Systems. *Frontiers in Plant Science* 7:669.
- Watson CA, Reckling M, Preissel S, Bachinger J, Bergkvist G, Kuhlman T, Lindström K, Nemecek T, Topp CFE, Vanhatalo A, Zander P, Murphy-Bokern D, Stoddard F (2017) Grain Legume Production and Use in European Agricultural Systems. *Adv Agron* 144:235–303.

Autorinnen und Autoren

► Dr. Brigitte Ruge-Wehling

Julius Kühn-Institut, Institut für
Züchtungsforschung an landwirt-
schaftlichen Kulturen
Rudolf-Schick-Platz 3a
18190 Sanitz, OT Groß Lüsewitz

► Florian Haase

Julius Kühn-Institut
Institut für Züchtungsforschung an
landwirtschaftlichen Kulturen
Rudolf-Schick-Platz 3a
18190 Sanitz, OT Groß Lüsewitz

► Anke Böhme

I.G. Pflanzenzucht GmbH
Reichenbachstr. 1
85737 Ismaning

► Dr. Herwart Böhm

Johann Heinrich von
Thünen-Institut
Institut für Ökologischen Landbau
Trenthorst 32
23847 Westerau

► Dr. Jens Bojahr

Saatzucht Steinach GmbH & Co KG
Klockower Straße 1
17219 Ankershagen

► Claus Wiegelmann-Marx

Deutsche Saatveredelung AG
Weissenburger Straße 5
59557 Lippstadt

► apl. Prof. Dr. Christine Struck

Universität Rostock, Agrar- und
Umweltwissenschaftliche Fakultät
Phytomedizin
Satower Str. 48
18059 Rostock

► Dr. Antje Priepke

Landesforschungsanstalt für Land-
wirtschaft und Fischerei Mecklen-
burg-Vorpommern
Institut für Tierproduktion
Wilhelm-Stahl-Allee 2
18196 Dummerstorf

► **Harald Sievers**

Landesforschungsanstalt für
Landwirtschaft und Fischerei
Mecklenburg-Vorpommern
Institut für Tierproduktion
Wilhelm-Stahl-Allee 2
18196 Dummerstorf

► **Rebecca Thoma**

Gesellschaft zur Förderung
der Lupine e.V.
Klockower Straße 1
17219 Ankershagen

► **Petra Zerhusen-Blecher**

Fachhochschule Südwestfalen
Lübecker Ring 2
59494 Soest

► **Dr. Moritz Reckling**

Leibniz-Zentrum für Agrarland-
schaftsforschung (ZALF) e. V.
Eberswalder Str. 84
15374 Müncheberg

► **Martin Kind**

Leibniz-Zentrum für Agrarland-
schaftsforschung (ZALF) e. V.
Eberswalder Str. 84
15374 Müncheberg

Impressum

Publiziert durch

Gesellschaft zur Förderung der Lupine e. V.
Klockower Str. 1
17219 Ankershagen OT Bocksee

info@lupinenverein.de



Alle Informationen in dieser Ausgabe wurden von den Autorinnen und Autoren nach bestem Wissen und Gewissen zusammengestellt. Der Gesellschaft zur Förderung der Lupine e. V. ist rechtlich nicht verantwortlich für den Inhalt der Artikel.

Fotos

Titel: Herwart Böhm, Florian Haase, S. 2, 10, 80: Mirko Runge, S. 19: Florian Haase, S. 62: Rebecca Thoma

Gestaltung und Satz

bold + bündig
Engertstraße 36
04229 Leipzig
www.boldundbuendig.de

Druck

winterwork, Leipzig

Auflage

7. Auflage, vollständige Neubearbeitung,
2025

ISBN

978-3-00-082455-5



Das Eiweißwunder:

Weißer Lupine mit Anthraknosetoleranz

Der heimische Proteinträger hat eine deutlich bessere Klimaadaptation und ein geringeres Wärmebedürfnis als Soja.

FRIEDA und CELINA

- Hohe Erträge an hochwertigem Eiweiß
- Sehr hohe Ertragssicherheit, da anthraknosetolerant
- Unempfindlich gegenüber Sommertrockenheit



Hier geht es zum
Anbauratgeber



Innovation für
Ihr Wachstum

www.dsv-saaten.de

Herausgeber:

Gesellschaft zur
Förderung der Lupine e.V.



www.lupinenverein.de