

Diplomarbeit

Bernhard Hofbauer, Martin Killingseder

Vergleich von drei Lupinensorten im Hinblick auf den Ertrag, die Anthraknose-toleranz und die Eignung als Futtermittel für die Schweinemast

Betreuerin: DI Michaela Fröhlich
Pflanzenbau

außerschulische Partner: DI Silvia Papst
Saatbau Linz

Ing. Marco Göttfried
Probstdorfer Saat-zucht

Rudolf Burgstaller
H. Wilhelm Schaumann Futtermittel

DI Marion Gerstl
Boden.Wasser.Schutz.Beratung der
Landwirtschaftskammer Oberösterreich

Christa Killingseder und DI Andreas Seidl-
Killingseder
Landwirtschaftlicher Betrieb

Ehrenerklärung

Wir erklären hiermit, dass wir die vorliegende Diplomarbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt haben. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Stellen sind als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit wurde bisher weder in gleicher noch in ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

St. Florian, am 31. März 2023

Unterschrift der Verfasser

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Bernhard Hofbauer', written in a cursive style.

Bernhard Hofbauer

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Martin Killingseder', written in a cursive style.

Martin Killingseder

THEMA

2022/23

Vergleich von drei Lupinensorten im Hinblick auf den Ertrag, die Anthraknosetoleranz und die Eignung als Futtermittel für die Schweinemast.

SCHULE

Höhere Landwirtschaftliche Bundeslehranstalt St. Florian
 A-4490 St. Florian, Fernbach 37, Tel.: +43 7224 8917, <http://www.hblba-florian.at>
 Direktion: DI Dr. Hubert Fachberger

AUTOREN

SUBTHEMEN

Bernhard Hofbauer	Beschreibung der bei Lupine durchzuführenden Kulturmaßnahmen sowie der Eignung der Lupine als Futtermittel in der Schweinemast. Auswertung des Praxisversuches.
Martin Killingseder	Beschreibung der untersuchten Lupinensorten sowie der Lupinenkrankheit Anthraknose. Anlage und Betreuung des Praxisversuches.

BETREUERIN

PARTNERUNTERNEHMEN

DI Michaela Fröhlich	<p>DI Silvia Papst Produktentwicklung, Saatbau Linz Mobil: +43 664 8581686</p> <p>Ing. Marco Göttfried Produkt- und Anbauberatung, Leitung Sortenentwicklung, Probstdorfer Saatzucht Mobil: +43 664 1254332 E-Mail: mgoettfried@probstdorfer.at</p> <p>Rudolf Burgstaller Fachberatung, H. Wilhelm Schaumann GmbH & Co KG Mobil: +43 664 4459825</p>
----------------------	---

	<p>DI Marion Gerstl Fachbereich Bioberatung Boden.Wasser.Schutz. Beratung der Landwirtschaftskammer Oberösterreich marion.gerstl@lk-ooe.at</p> <p>Landwirtschaftlicher Betrieb Christa Killingseder und DI Andreas Seidl- Killingseder Oberspitzling 6, 4760 Raab E-Mail: andreas.seidl@infodat.net Mobil: Christa: +43 650 3900190 oder Andreas: +43 664 4285991</p>
--	---

PROBLEMSTELLUNG

Der Lupinenanbau kam aufgrund der Anthraknose zum Erliegen. Da nun anthraknosetolerante Sorten der Weißen Lupine verfügbar sind, wird in dieser Diplomarbeit die Toleranz der Anthraknose durch regelmäßige Bonituren überprüft und ermittelt, wie sich diese auf den Kornertrag auswirkt. Außerdem wird durch eine Inhaltsstoffanalyse die Eignung als Eiweißfuttermittel in der Mastschweinehaltung überprüft.

ZUSAMMENFASSUNG

Im Rahmen der vorliegenden Diplomarbeit wurde ein Feldversuch mit der Kulturpflanzenart Weiße Lupine durchgeführt. Der Versuch, der sich in 4760 Raab befand, wurde in Form eines Streifenversuches angelegt. Es wurden die drei Sorten Celina, Frieda und Sulimo miteinander verglichen. Um etwaige extreme Bodenunterschiede zu kompensieren, wurde eine Wiederholung von jeder Sorte angelegt.

Die Lupinensorten wurden auf ihre Anthraknosetoleranz und den zu erzielenden Kornertrag untersucht, eine Analyse der Inhaltsstoffe und des Alkaloidgehaltes durchgeführt und die Eignung des Lupinenschrotes im Vergleich mit Sojaextraktionsschrot als Futtermittel für die Schweinemast eruiert. Im Literaturteil werden die Lupine und ihre Eigenschaften beschrieben. Im Ergebnisteil erfolgt die Darstellung der Resultate mit Hilfe von Grafiken. Die Ergebnisse des Feldversuches zeigen, dass die Lupine als Kulturart in diesem Jahr auf dem Versuchsstandort keine optimalen Bedingungen vorfinden konnte. Grundsätzlich kann die Lupine den Anforderungen eines Eiweißfuttermittels in der Mastschweinefütterung gut gerecht werden. In der vorliegenden Diplomarbeit werden die Ergebnisse anschließend interpretiert und diskutiert.

TOPIC

2022/23

Comparison of three lupine varieties in terms of yield, anthracnose tolerance and suitability as feed for pig fattening

SCHOOL

Federal Secondary College for Agriculture at St. Florian
 A-4490 St. Florian, Fernbach 37, Tel.: +43 7224 8917, <http://www.hblfla-florian.at>
 Direktion: DI Dr. Hubert Fachberger

WRITERS

SUBTOPICS

Bernhard Hofbauer

Description of the cultivation measures to be carried out with lupine and the suitability of lupine as feed in pig fattening. Evaluation of the practical trial.

Martin Killingseder

Description of the investigated lupine varieties and the lupine disease anthracnose. Installation and supervision of the practical trial.

SPECIALIZED

COMPANY

DI Michaela Fröhlich

DI Silvia Papst

Production Management, Saatbau Linz
 Mobil: +43 664 8581686

Ing. Marco Göttfried

Production- and Cultivation Advice, Head of
 variety development, Probstdorfer Saatzucht
 Mobil: +43 664 1254332
 E-Mail: mgoettfried@probstdorfer.at

Rudolf Burgstaller

Expert Advice, H. Wilhelm Schaumann GmbH &
 Co KG
 Mobil: +43 664 4459825

	<p>DI Marion Gerstl Bioconsulting Department Boden.Wasser.Schutz. Beratung der Landwirtschaftskammer Oberösterreich marion.gerstl@lk-ooe.at</p> <p>Landwirtschaftlicher Betrieb Christa Killingseder und DI Andreas Seidl- Killingseder Oberspitzling 6, 4760 Raab E-Mail: andreas.seidl@infodat.net Mobil: Christa: +43 650 3900190 oder Andreas: +43 664 4285991</p>
--	--

TASK

Lupine cultivation came to a standstill due to anthracnose, which is a type of fungus. Since anthracnose-tolerant varieties of white lupin are now present, this diploma thesis will check anthracnose tolerance by regular monitoring and determine how this affects grain yield. In addition, the suitability of lupine as protein feed in fattening pig husbandry is evaluated by a constituent analysis.

ABSTRACTS

Within the scope of this diploma thesis, a field trial was carried out using the crop species white lupine. The trial, located at 4760 Raab, was set up in the form of a strip trial. The three varieties Celina, Frieda and Sulimo were compared with each other. To compensate for any extreme soil differences, a duplicate of each variety was planted.

The lupine varieties were investigated for their anthracnose tolerance and the grain yield. Furthermore, an analysis of the ingredients and the alkaloid content was carried out and the suitability of the lupine meal compared to soybean extraction meal as feed for pig fattening was evaluated. In the literature section, the lupine and its properties are described. In the results section, graphs are used to present the results. The findings are subsequently interpreted and discussed.

Although the trial site did not see optimal growing conditions for lupine this year, it can be concluded through this study that lupins can effectively meet the requirements as a protein feed for pigs.

Vorwort

In einer Unterhaltung über die aktuelle Problematik der Eiweißimporte für die Schweinemast zwischen Bernhard Hofbauer und Martin Killingseder, im Sommersemester des 3. Jahrganges im Zuge des Projekt- und Qualitätsmanagementunterrichtes, entstand die Idee, sich, in der zu verfassenden Diplomarbeit über die alternative Eiweißkultur Lupine, genauer die Weiße Lupine, zu befassen.

Es stellte sich jedoch die Frage, wie diese Thematik in Form einer Diplomarbeit untersucht werden könne. Nach ersten Rechercharbeiten wurde das Diplomarbeitsteam auf Sorten, welche gegenüber dem pilzlichen Schaderreger Anthraknose tolerant sind, aufmerksam. Hinzu entstand das Interesse, die einzelnen Sorten auf deren Kornertrag, als auch auf deren Inhaltsstoffe zu untersuchen, um die Eignung als Eiweißfuttermittel für die Schweinemast festzustellen. Daraufhin wurde das erste Gespräch mit der Pflanzenbaulehrerin DI Michaela Fröhlich eingeleitet, welche uns auch den Kontakt der Boden.Wasser.Schutz.Beratung der Landwirtschaftskammer Oberösterreich herstellte.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	15
2	Literaturberichte	16
2.1	Überblick über die Hülsenfrüchtler (<i>Fabaceae</i>)	16
2.1.1	Historische Einführung	16
2.1.2	Hülsenfrüchtler	18
2.1.2.1	Systematik, Verbreitung und Morphologie	18
2.1.2.2	Stickstofffixierung mit Knöllchenbakterien	20
2.1.3	Landwirtschaftlich relevante Lupinenarten	21
2.1.3.1	Weißer Lupine (<i>Lupinus albus</i>)	21
2.1.3.2	Gelber Lupine (<i>Lupinus luteus</i>)	22
2.1.3.3	Schmalblättrige- oder Blaue Lupine (<i>Lupinus angustifolius</i>)	24
2.2	Artenportrait der Weißen Lupine (<i>Lupinus albus</i>)	26
2.2.1	Verbreitung und Bedeutung	26
2.2.1.1	Anbaugebiete, Anbauzahlen	26
2.2.1.2	Wirtschaftliche Bedeutung in Europa	26
2.2.2	Standortansprüche	28
2.2.2.1	Bodenansprüche	28
2.2.2.2	Klimaansprüche	28
2.2.3	Botanik	29
2.2.3.1	Systematik und Herkunft	29
2.2.3.2	Morphologie	29
2.2.3.3	Physiologie	32
2.2.4	Züchtung	33
2.2.4.1	Fortpflanzungsbiologie	33
2.2.4.2	Ziele	33
2.2.4.3	Methoden	34
2.2.4.4	Saatgutproduktion	34
2.2.5	Produktionstechnische Daten	35
2.2.5.1	Fruchtfolgeansprüche	35
2.2.5.2	Bodenbearbeitung	36
2.2.5.3	Aussaat	36
2.2.5.4	Pflanzenernährung und Düngung	40
2.2.5.5	Pflanzenschutz	42
2.2.5.6	Ernte	47
2.2.6	Verwertung	48
2.2.6.1	Tierernährung	48
2.2.6.2	Humanernährung	52
2.2.7	Inhaltsstoffe und Qualitätsbeurteilung	53
2.2.7.1	Alkaloidgehalt	53
2.2.7.2	Proteingehalt	54
2.2.7.3	Fett- und Ölgehalt	54
2.2.7.4	Entscheidende Inhaltsstoffe in der Mastschweineproduktion	55
2.2.8	Wirtschaftliche Faktoren	56
2.2.8.1	Ertragspotential	56
2.2.8.2	Anthraknosetoleranz	57
3	Versuchsanlage und Merkmalerhebung	58
3.1	Erläuterung der Versuchsfrage	58
3.2	Beschreibung des Versuchsstandortes	59
3.2.1	Beschreibung der Bodendaten	59
3.2.2	Beschreibung der Klimadaten	61
3.2.3	Beschreibung der Fruchtfolge	61
3.3	Beschreibung der Versuchsanlage	62
3.3.1	Versuchsvarianten	63
3.3.2	Versuchsparameter	64
3.4	Beschreibung der Versuchsdurchführung	65
3.4.1	Auflistung der Kulturmaßnahmen	65
3.4.2	Durchführung der Bonituren	67

3.4.3	Ertragsermittlung	67
3.4.4	Inhaltsstoffuntersuchung	68
4	Ergebnisse	69
4.1	Ergebnisse der Erhebung der Bestandesdichte	69
4.2	Ergebnisse der Hülsenbonitur	70
4.3	Ergebnisse der Bonitur der Anthraknose	75
4.4	Ergebnisse der Ertragsermittlung	80
4.5	Ergebnisse der Inhaltsstoffuntersuchung	82
4.6	Ergebnisse der betriebswirtschaftlichen Analyse	85
4.7	Ergebnisse ähnlicher Versuche	88
5	Diskussion und Schlussfolgerungen	92
5.1	Schlussfolgerung Anthraknose	92
5.2	Schlussfolgerung Kornenertrag	92
5.3	Schlussfolgerung Eignung als Eiweißfuttermittel für die Schweinemast	94
5.4	Empfehlungen für die Praxis	94
6	Literaturverzeichnis	95
7	Arbeitsplan / Zeitplan	98
8	Anhang	103

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aktives Rhizobium an der Wurzel	20
Abbildung 2: Knöllchenbakterien an der Wurzel	20
Abbildung 3: Messung der Weißen Lupine in der Blüte	21
Abbildung 4: Lupinen von Boden in Richtung Himmel	21
Abbildung 5: Weiße Lupine in der Blüte	21
Abbildung 6: Gelbe Lupine in der Blüte (Feldsaaten Freudenberger)	23
Abbildung 7: Samen der Gelben Lupine (Bibliothek der Justus-Liebig-Universität Gießen)	23
Abbildung 9: Samen in der Hülse von der Blauen Lupine (Bibliothek der Justus-Liebig-Universität Gießen)	25
Abbildung 10: Weißblühende Schmalblättrige Lupine in der Blüte (Saatzucht Steinach)	25
Abbildung 8: Schmalblättrige Lupine in der Blüte (Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung e.V. ZALF; 2022)	25
Abbildung 11: Vergleich von den Samen der drei verwendeten Sorten, Sorte Frieda ist blau durch Inokulationsmedium	31
Abbildung 13: Samen der Weißen Lupine in der Hülse	31
Abbildung 14: Schematische Darstellung des Kornes der Weißen Lupine (Handbuch der Samenkunde für Landwirtschaft, Gartenbau und Forstwirtschaft)	31
Abbildung 12: Samen der Weißen Lupine	31
Abbildung 15: Ausgewählte Entwicklungsstadien der Lupine nach BBCH-Code (Terres Inovia; Zeichnungen: Inovia Lands)	32
Abbildung 16: Screenshot Beschreibende Sortenliste zeigt die Sortenübersicht der Sorten Celina und Frieda (Bundessortenamt; 2022)	39
Abbildung 17: Symptome der drei in Mitteleuropa relevanten Lupinenarten bei Befall der Anthraknose (Feiler und Nirenberg)	45
Abbildung 19: Drohnenvideo mit der Parzelle Sulimo in der Mitte	46
Abbildung 18: Geknickte Pflanze mit braunem Fleck an der Knickung	46
Abbildung 21: Totalausfall der Sorte Sulimo	46
Abbildung 20: Pflanzen mit stark verkümmerten Hülsen und welken Blättern	46
Abbildung 22: Nährstoffgehalte der Lupine im Vergleich zum Sojaextraktionsschrot	48
Abbildung 23: Inhaltsstoffe der Süßlupine im Vergleich zu Rapsextraktionsschrot (Bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft)	50
Abbildung 24: Empfohlene Höchstanteile von Lupinen in der Schweinefütterung (Artikel: Die Lupine ist die Sojabohne des Nordens)	51
Abbildung 25: Vergleich der wichtigsten Inhaltsstoffe für die Schweinefütterung von der Lupine mit heimischen Sojabohnen (UFOP-Praxisinformation; Ackerbohnen, Körnerfüttererbsen, Süßlupinen und Sojabohnen in der Schweinefütterung)	55
Abbildung 26: Vergleich der Weißen Lupine mit der Erbse, der Ackerbohne und der Blauen Lupine (Deutsche Saatveredelung)	56

Abbildung 27: Der Kornertrag der anthraknosetoleranten Weißen Lupinensorten Celina und Frieda im Vergleich zu nicht anthraknosetolerante Weiße Lupinensorten (Deutsche Saatgutveredelung AG)	57
Abbildung 28: Bodenprofil laut ebod (Bundesforschungszentrum für Wald)	60
Abbildung 29: Lage der Versuchsfläche (DORIS interMAP, 2022)	62
Abbildung 30: Eingezeichnete Parzellen im Versuchsfeldstück (DORIS interMap, 2022)	64
Abbildung 31: Auszug des österreichischen Pflanzenschutzmittelregisters für die drei verwendeten Pflanzenschutzmittel (Bundesamt für Ernährungssicherheit BAES im Fachbereich Pflanzenschutzmittel; Auszug Pflanzenschutzmittelregister)	66
Abbildung 32: Bestandesdichte der verwendeten Sorten im Versuch	69
Abbildung 33: Bestandesdichte der einzelnen Parzellen des Feldversuches	70
Abbildung 34: Hülsenansatzhöhe bei den Pflanzen der einzelnen Parzellen des Versuches	71
Abbildung 35: Ermittlung der Höhe der ersten Hülse an der Sprossachse	71
Abbildung 36: Anzahl der Samen je Pflanze der einzelnen Parzellen des Feldversuches	72
Abbildung 37: Anzahl der Hülsen pro Pflanze von den einzelnen Parzellen auf der Versuchsfläche	73
Abbildung 38: Hülse mit ersichtlichen Plätzen der einzelnen Körner	73
Abbildung 39: Anzahl der errechneten durchschnittlichen Körner pro Hülse der Parzellen im Feldversuch	74
Abbildung 40: Messung der Größe der Körner in einer Hülse	74
Abbildung 41: Anzahl der gesunden Pflanzen auf den einzelnen Parzellen der Versuchsfläche	75
Abbildung 42: Anzahl der gesunden Pflanzen pro m ² der einzelnen Sorten auf der Versuchsfläche	76
Abbildung 43: Anzahl der befallenen Pflanzen pro Quadratmeter der Einzelnen Sorten auf der Versuchsfläche	76
Abbildung 44: Prüfbericht von der Österreichischen Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH (AGES) zur Überprüfung auf den Befall von der Pilzkrankheit Anthraknose	77
Abbildung 45: Anzahl der gesunden Pflanzen pro Quadratmeter der einzelnen Parzellen auf der Versuchsfläche	78
Abbildung 46: Anzahl der gesunden Pflanzen pro Quadratmeter der einzelnen Sorten auf der Versuchsfläche	78
Abbildung 47: Anzahl der mit Anthraknose befallenen Pflanzen pro Quadratmeter auf der Versuchsfläche	79
Abbildung 48: Drohnenaufnahme, des Versuchsfeldes von der Anthraknose befallenen Parzelle mit der Sorte Sulimo	79
Abbildung 49: Kornertrag in kg der einzelnen Parzellen auf der Versuchsfläche	80
Abbildung 50: Feuchtigkeitsmessung	80
Abbildung 51: Hektolitergewicht der einzelnen Sorten am 18.08.2022	81
Abbildung 52: Deckungsbeitrag der Weißen Lupine mit den Werten des Feldversuches dieser Arbeit (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Agrarökonomie)	85

Abbildung 53: Auszug aus dem angewendeten Berechnungsprogramm (Berechnung der Preiswürdigkeit von Einzelfuttermittel für Schweine nach der Austauschmethode Lühr, von der Internetseite des Landesbetriebes Landwirtschaft Hessen)	86
Abbildung 54: Resultate der Versuche des Strickhofs (Strickhof)	89
Abbildung 55: Die Sorte Frieda der Weißen Lupine im Streifenversuch (Strickhof)	89
Abbildung 56: Ergebnisse des Versuches (bionet)	90
Abbildung 57: Ergebnisse des Bodenbedeckungsgrads zum Blühbeginn sowie zum Blühende (bionet)	91
Abbildung 58: Drohnenaufnahme der Parzellen auf der Versuchsfläche	93
Abbildung 59: Abgestorbene Knöllchenbakterien	93
Abbildung 60: Gesunde Knöllchenbakterien	93
Abbildung 61: Prüfbericht der Inhaltsstoffanalyse der Sorte Celina	103
Abbildung 62: Prüfbericht der Inhaltsstoffanalyse der Sorte Frieda	104
Abbildung 63: Prüfbericht der Alkaloiduntersuchung der Sorte Celina	105
Abbildung 64: Prüfbericht der Alkaloiduntersuchung der Sorte Frieda	106
Abbildung 65: Prüfbericht von der Untersuchung der Samen der Sorte Sulimo auf den Erreger Anthraknose	107
Abbildung 66: Prüfbericht von der Untersuchung der gesamten Pflanze von der Sorte Sulimo auf den Erreger Anthraknose	108
Abbildung 67: Erste Seite der Bodenuntersuchung des Feldes, auf welchem sich der Feldversuch befand	109
Abbildung 68: Zweite Seite der Bodenuntersuchung des Feldes, auf welchem sich der Feldversuch befand	110

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Legende zur beschreibenden Sortenliste (Bundessortenamt, 2022)	39
Tabelle 2: Versuchsplan	63
Tabelle 3: Berechnung der Aussaatstärke je Hektar	65
Tabelle 4: Inhaltsstoffuntersuchung der Weißen Lupine mit den Sorten Celina und Frieda (LKS Labor)	82

Danksagung

An dieser Stelle möchten wir uns bei all denjenigen bedanken, die uns während der Erstellung dieser Diplomarbeit unterstützt und motiviert haben.

Besonderer Dank gilt unserer Betreuungslehrerin DI Michaela Fröhlich, die uns bei unserer Diplomarbeit bestens unterstützt hat und uns immer mit Rat zur Seite stand.

Weiters gilt ein großer Dank der Höheren landwirtschaftlichen Bundeslehranstalt St. Florian, welche uns die Chance gab, unsere Diplomarbeit zu verwirklichen.

Ebenso bedanken wir uns bei allen fünf Projektpartnern, denn ohne diese hätte die Diplomarbeit nicht in dieser Form durchgeführt werden können. Hierbei möchten wir uns ganz besonders bei Frau DI Marion Gerstl von der Boden.Wasser.Schutz.Beratung der Landwirtschaftskammer Oberösterreich für die zahlreichen Tipps und Ratschläge bedanken.

Abschließend möchten wir uns beide bei unseren Eltern bedanken, die uns während der gesamten Schullaufbahn tatkräftig unterstützt haben und immer ein offenes Ohr für uns hatten.

Vielen Dank!

Bernhard Hofbauer

Martin Killingseder

St. Florian, 31.03.2023

1 Einleitung

Die Nachfrage nach heimischen Eiweißfuttermitteln für den Einsatz in der Schweinemast wird immer größer. Der Druck der Bevölkerung und auch der Politik, Sojaimporte aus Übersee zu ersetzen, steigt stetig.

Die Weiße Lupine war bis in die 1990er Jahren eine sehr wichtige Kulturpflanzenart. Durch den pathogenen Pilz Anthraknose wurde der Anbau stark dezimiert. Aufgrund fortschreitender Züchtung wurden neue Sorten der Weißen Lupine entwickelt, welche eine Toleranz gegenüber dieser Pilzerkrankung aufweisen.

Das Ziel der vorliegenden Diplomarbeit ist es, aus den Ergebnissen der Anthraknosebonitur, der Ertragsauswertung und der Inhaltsstoffuntersuchung, die aus wirtschaftlicher und pflanzenbaulicher Sicht geeignetste Sorte der Weißen Lupine für den Versuchsstandort, zu ermitteln.

2 Literaturberichte

2.1 Überblick über die Hülsenfrüchtler (*Fabaceae*)

2.1.1 Historische Einführung

Die Lupine (*Lupinus*) wird auch Feigbohne oder Wolfsbohne genannt. Diese Gattung aus der Familie der Hülsenfrüchtler (*Fabaceae*) und der Unterfamilie der Schmetterlingsblütler (*Faboideae*) tritt meist in Form von Kräutern oder Halbsträuchern, seltener auch als Strauch auf. Die drei bis 15-zähligen Blätter sind entweder einfach oder handförmig ausgeprägt. Die endständigen, meist quirligen Blütentrauben ragen weit aus dem Kelch vor und sind oftmals mit einer seidenhaarigen Hülse umgeben, welche wiederum mit schwammigen Querwänden versehen ist. Die Lupine benötigt je nach Art und Witterung zwischen 20 bis 24 Wochen von der Aussaat bis zur Ernte, wobei das Saatgut maximal zwei Jahre ihre Keimfähigkeit behält. (Meyers Konversations-Lexikon, 1897, S. 623-624)

Das Verbreitungsgebiet der rund 100 Arten erstreckt sich hauptsächlich über den Westen Nordamerikas, einige Arten sind jedoch in Brasilien und im Mittelmeergebiet beheimatet. Die Weiße Lupine (*Lupinus albus*) welche über weiße Blüten und gelbweiße Samen verfügt, ist im Orient heimisch, wird jedoch in erster Linie im Mittelmeerraum kultiviert. Die Römer nutzten sie für die Gründüngung als erste Bevölkerungsgruppe in Mitteleuropa. Die mehltreichen, aber bitteren Samen wurden vom Menschen verzehrt, die größte Bedeutung hat diese Art jedoch als Gründünger, da das Vieh Blattwerk und Samen verschmäht. Sie wird bis heute in Italien kultiviert, im 16. Jahrhundert wurde sie vermehrt am Rhein gesät und im 18. Jahrhundert in Sachsen. Nach Gewöhnung der Tiere an die bitteren Lupinenkörner sind diese leicht verdaulichen Samen ein ausgezeichnet geeignetes Mastfutter. (Meyers Konversations-Lexikon, 1897, S. 623-624)

„Die Lupine, und besonders die gelbe, ist für ärmeren sandigen Boden wegen ihrer mannigfaltigen Benutzung zur Weide, zu Grünfütter, zur Heu- und Körnergewinnung und ganz besonders auch zur Kräftigung und Hebung des Bodens, als Gründünger, von großem Wert.“ (Meyers Konversations-Lexikon, 1897, S. 624)

Sandiger Untergrund ohne Staunässe in sonniger und freier Lage sind die optimalen Bedingungen für den Anbau der Lupine. Unbedingt zu vermeiden sind moorige und undurchlässige Standorte, aber auch solche mit hohem Kalk- und Tongehalten. Zur Futternutzung eignet sich lehmiger Sand und für die Körnernutzung armer Sand, welcher noch Roggen (*Secale cereale*) trägt, am besten, wobei der Blattwuchs durch Gips gefördert werden kann. Alle Lupinenarten werden als sogenannte Brachfrüchte oder auch Pionierpflanzen deklariert. Dies bedeutet, dass sie als eine der ersten Arten auf einem Standort auftreten und über eine ausgezeichnete

Vorfruchtwirkung verfügen, weshalb Roggen auch ohne zusätzliche Düngung nach Lupine üppig wächst. (Meyers Konversations-Lexikon, 1897, S. 624)

„Auf geeignetem Boden kann man sie ein- oder mehreremal nach sich selbst folgen lassen und erhält aus der zweiten und dritten Bestellung das beste Saatgut.“ (Meyers Konversations-Lexikon, 1897, S. 624)

Einmaliges Tiefpflügen vor der Aussaat, bei trockenen Verhältnissen auch schon im Herbst möglich, ist als Bodenbearbeitung ausreichend. (Meyers Konversations-Lexikon, 1897, S. 624)

Das in der Lupine enthaltene Lupinin ($C_{21}H_{40}N_2O_2$) ist ein kristallisierbares Alkaloid, welches farblose, luftbeständige Kristalle bildet. Das stark bitter schmeckende, aber angenehm fruchtartig riechende Alkaloid ist in Wasser, Alkohol als auch in Äther löslich und der Schmelzpunkt liegt bei 68 Grad Celsius. (Meyers Konversations-Lexikon, 1897, S. 624)

Es sind unzählige Methoden für die Entbitterung der Lupine bekannt. Nach Seeling-Saulenfels werden 100 Kilogramm trockene Lupinensamen mit 200 Liter heißem Wasser übergossen und zum Eintreten der Milchsäuregärung wird etwas Sauerteig oder auch saure Milch zugegeben. Das Wasser wird nach etwa zehn Stunden abgelassen und aufgrund des hohen Stickstoffgehaltes als Dünger verwertet. Danach werden die Samen zweimal mit kaltem Wasser abgewaschen, anschließend 45 Minuten mit Wasser und später mit Zugabe von fünf Gramm Kochsalz je Liter ursprünglich trockener Lupinenkörner eineinhalb Stunden gekocht. Die abschließend mit Wasser abgewaschenen Samen werden gequetscht und mit 5 Gramm Salz pro Liter ursprünglich trockener Lupinensamen vermischt, nun können diese Körner als Futter verwendet werden. Diese sind nun nicht mehr bitter und werden von Kühen äußerst gerne gefressen, wobei durch die Entbitterung rund 19 Prozent Proteinstoffe, 18 bis 24 Prozent stickstofffreie Nährstoffe und 40 bis 50 Prozent Salze entzogen werden. Außerdem finden die wertvollen Samen als Arzneimittel oder kosmetische Salben sowie Pflaster Gebrauch und sie werden sogar als Kaffeesurrogat eingesetzt. (Meyers Konversations-Lexikon, 1897, S. 624)

Die Lupinose (*Icterus gravis*), ausgelöst durch Verfütterung von Lupine, ist eine bösartige akut verlaufende Gelbsucht. Aufgrund der häufigen Verfütterung der Lupine an Schafe, sind diese besonders anfällig für diese Krankheit, wobei alle Wiederkäuer diese Gelbsucht durch die Aufnahme solcher Samen bekommen können.

Die Ursache der Lupinose ist nicht in der Wirkung der Alkaloide begründet, sondern wird durch das sogenannte Lupinotoxin hervorgerufen. Dieses Toxin entsteht nicht durch Verderbnis der Pflanze oder Samen, sondern auch bei einwandfreien Futtermitteln der Lupine, vor allem jedoch bei der Gelben Lupine. Als Symptome für Lupinose können Appetitlosigkeit, Fieber und Atembeschleunigung als auch Beeinträchtigung des Bewusstseins genannt werden. Bei leichteren Fällen kann von einer Genesung ausgegangen werden, bei schwerem Verlauf hingegen tritt der Tod drei bis zehn Tage nach Beginn der Erkrankung ein. Eine sofortige Änderung der

Futtration ist essenziell für eine Behandlung der Krankheit. (Meyers Konversations-Lexikon, 1897, S. 624-625)

2.1.2 Hülsenfrüchtler

2.1.2.1 Systematik, Verbreitung und Morphologie

Die Hülsenfrüchtler werden zur Ordnung der Schmetterlingsblütenartigen (*Fabales*) gezählt. Als drittgrößte Pflanzenfamilie umfasst sie in etwa 19.500 Arten in ungefähr 730 Gattungen. Die Innere Systematik, sprich die Hierarchie innerhalb der Familie, ist laut derzeitigem Wissensstand noch nicht vollständig geklärt.

Diese Familie hat ihren Schwerpunkt des Vorkommens in den Tropen, Subtropen und den gemäßigten Breiten, ist jedoch weltweit verbreitet. Die Unterfamilie der Schmetterlingsblütler, die bekannteste Unterfamilie mit der Zugehörigkeit aller relevanten Kulturpflanzen, ist hauptsächlich in den nördlichen gemäßigten Breiten zu finden. Eine Vielzahl der Arten innerhalb dieser Familie sind, aufgrund ihrer Fähigkeit Stickstoff zu fixieren, sogenannte Pionierpflanzen, welche auch auf äußerst kargen Böden gedeihen können.

Die Hülsenfrüchtler können als Kräuter, Halbsträucher, Sträucher oder große Bäume auftreten und ein- als auch mehrjährig sein. Bei einigen Vertretern der Leguminosen sind die Kurztriebe als stark verzweigte, bis zu 20 Zentimeter lange Sprossdornen ausgebildet. Beinahe alle Arten dieser Familie gehen eine Symbiose mit Rhizobien ein.

Als Charakteristikum der Leguminosen können die wechselständig angeordneten Blätter, welche gefiedert sind, hervorgehoben werden. Bei der Lupine sind die handförmig angeordneten Fieder ein markantes Merkmal. Bei wenigen Ausnahmen sind die Blätter klein und ungeteilt, ein Beispiel hierfür ist der Stechginster (*Ulex europaeus*). Als weitere Besonderheit dieser vielfältigen Familie ist die Zusammenfaltung der Blätter in der Nacht zu nennen. Einige Arten, wie in den Gattungen der Platterbsen (*Lathyrus sp.*) oder der Wicken (*Vicia sp.*), verfügen über eine Blattranke anstatt des terminalen Fiederblättchens. Beim überwiegenden Teil der verschiedenen Species befinden sich zwei Nebenblätter an der Blattbasis, welche manchen Arten als Fraßschutz in Form von Stipulardornen dienen. Ein Großteil der Vertreter dieser Familie verfügt über eine traubenartige Anordnung der Einzelblüten, vereinzelt treten jedoch auch köpfchenartige Blütenstände auf, wie bei den meisten Luzerne- und Kleearten (*Medicago sp.* und *Trifolium sp.*). Die Blüten in der Unterfamilie der Schmetterlingsblütler sind ausschließlich als zwittrige Form ausgebildet. Meist sind die fünf Kelchblätter stark miteinander verwachsen, worauf sich fünf Kronblätter befinden. Das median hinterste Kronblatt bildet bei den Schmetterlingsblütlern die Fahne. Diese überdeckt die beiden seitlichen Kronblätter, welche als Flügel bezeichnet werden. Beim überwiegenden Teil der Arten dieser Familie sind die beiden median vordersten Kronblätter als Schiffchen verwachsen. Alle Staubblätter einer Blüte sind in dieser Pflanzenfamilie aus zwei

Wirteln und aus jeweils fünf Staubblättern aufgebaut. Die Staubfäden der Staubblätter konnten im Laufe der Zeit durch das dichte Zueinanderstehen dieser beiden Einheiten zu einer Filamentröhre verwachsen. Meistens ist der hinterste Staubfaden jedoch nicht verwachsen. Ein oberständiges Fruchtblatt bildet den Fruchtknoten.

Die charakteristische Frucht, eine Hülsenfrucht, von der diese Familie ihren Namen hat, öffnet sich zur Samenreife und besteht lediglich aus einem Karpell. Diese Art von Frucht wird im Volksmund fälschlicherweise als „Schote“ bezeichnet. Dies ist im botanischen Sinne jedoch eine Sonderform der Kapsel, welche aus mehreren miteinander verwachsenen Karpellen aufgebaut ist. Je nach Abreife der Hülse unterscheidet man in der Botanik verschiedene Hülsenformen bzw. Hülsenarten. (Dörken)

2.1.2.2 Stickstofffixierung mit Knöllchenbakterien

Die Knöllchenbakterien, auch Rhizobien genannt, sind im Boden befindliche Bakterien, welche zur Familie der Rhizobiaceae gehören. Diese verfügen über die Fähigkeit eine Symbiose mit verschiedenen Pflanzen eingehen zu können, wobei sich dies bei den landwirtschaftlichen Kulturarten auf die Familie der Hülsenfrüchtler beschränkt. Als eines der wichtigsten Verfahren der Stickstoffbindung können diese Bakterien an den Wurzeln der Pflanze elementaren Luftstickstoff (N_2) fixieren und diesen in pflanzenverfügbaren Ammoniak (NH_3) bzw. Ammonium (NH_4^+) umwandeln. Die Pflanzen geben Wurzelstoffe ab, wodurch die Knöllchenbakterien angelockt werden. Durch das Eindringen in die Wurzelhaare der Pflanze werden nach der Infektion die charakteristischen Wurzelknöllchen gebildet. Unter sauerstoffarmen Milieu können diese Bakterien ihre Stickstofffixierung ausführen, denn bei bereits geringen Sauerstoffkonzentrationen im Boden wird das hierfür benötigte Enzym Nitrogenase inaktiv und zersetzt sich selbst. In den Wurzelknöllchen wird der benötigte Sauerstoffgehalt durch die Pflanze reguliert, außerdem werden Nährstoffe, wie das eisenhaltige Protein Leghämoglobin oder Zucker von der Pflanze an die Bakterien abgegeben. Daraus ergibt sich die blutrote Färbung bei voller Aktivität der Rhizobien. Im Gegenzug dafür erhält die Pflanze Stickstoff vom Symbionten. Es ergibt sich ein Standortvorteil, wodurch die Wirtspflanzen auch auf stickstoffarmen Böden wachsen können. Ein zu hoher Stickstoffgehalt im Boden kann die Stickstofffixierung bremsen, jedoch stellen die Bodenbakterien hohe Ansprüche an die Phosphat-, Kupfer-, und Molybdänversorgung. Im konkreten Fall der Weißen Lupine ist die Bakterienart *Bradyrhizobium lupini* für die Bindung des elementaren Luftstickstoffes verantwortlich. Dieser Bakterienstamm ist auch für die Luftstickstofffixierung bei allen anderen Lupinenarten und der Gattung Serradella (*Ornithopus*) verantwortlich. (Strotmann, 2020), (Pflanzenforschung.de, 2013), (Minol, kein Datum)



Abbildung 1: Aktives Rhizobium an der Wurzel



Abbildung 2: Knöllchenbakterien an der Wurzel

2.1.3 Landwirtschaftlich relevante Lupinenarten

Grundsätzlich sind folgende drei Lupinenarten (*Lupinus sp.*), die Gelbe Lupine (*Lupinus luteus*), die Schmalblättrige Lupine (*Lupinus angustifolius*) und die Weiße Lupine (*Lupinus albus*), von landwirtschaftlicher Bedeutung. Durch die Pilzkrankheit Anthraknose (*Colletotrichum lupini*) kam der Lupinenanbau in Mitteleuropa in den 1990er Jahren beinahe völlig zum Erliegen. Deshalb wurde nur noch die von vornherein toleranteste Art, die Blaue Lupine, weiterhin vereinzelt angebaut. In den letzten Jahren wurde bzw. wird intensiv an der Toleranz gegenüber der Anthraknose der beiden anderen Arten gearbeitet, um die Anbauwürdigkeit und die Wirtschaftlichkeit als alternative Eiweißquelle zu erhöhen. Außerdem weisen diese beiden Arten bezüglich dem Kornertrag große Vorzüge auf, die Gelbe Lupine bringt auch auf äußerst ungünstigen Standorten noch einen vernünftigen Ertrag und die Weiße Lupine weist ohnehin das höchste Ertragspotenzial aller drei Arten auf. Hierbei lässt sich ein klarer Widerspruch mit dem früher angewandtem Wissen erkennen, wie im Absatz 2.1.1 „Historische Einführung“ anders zitiert, ist aus aktueller Sicht keine der Lupinenarten selbstverträglich, im Gegenteil, es müssen große Fruchtfolgeabstände eingehalten werden. Des Weiteren darf auf keinen Fall das Saatgut aus einer mehrmalig hintereinander erfolgenden Bestellung eines Schlages gewonnen werden, zumal ohnehin der Nachbau nur mit einem negativen Ergebnis einer Untersuchung des Saatgutes auf den Pilz *Colletotrichum lupini* zulässig ist.

2.1.3.1 Weiße Lupine (*Lupinus albus*)

Die Art der Weißen Lupine in der Gattung der Lupinen wird im Kapitel 2.2 genauer beschrieben. Dies ist darin begründet, dass der in der vorliegenden Diplomarbeit beschriebene Feldversuch mit dieser Lupinenart durchgeführt wurde.



Abbildung 5: Weiße Lupine in der Blüte



Abbildung 4: Lupinen von Boden in Richtung Himmel



Abbildung 3: Messung der Weißen Lupine in der Blüte

2.1.3.2 Gelbe Lupine (*Lupinus luteus*)

Das Genzentrum aller drei landwirtschaftlich relevanten Lupinenarten befindet sich im Mittelmeerraum und auf der Iberischen Halbinsel. Aus beispielsweise Korsika, Sizilien und Spanien sind Wildformen der Gelben Lupine bereits lange bekannt, als Kulturpflanzen wurde diese Art, wie die Schmalblättrige Lupine jedoch anders als die Weiße Lupine, aber erst im 18. Jahrhundert verwendet. Wie alten Kräuterbüchern zu entnehmen ist, wurde sie bis 1840 nur in Gärten als Zier- und Arzneipflanze angebaut, fortan wird sie auch als Gründüngung verwendet. (Schuster, kein Datum)

Für lange Zeit waren eines ihrer Hauptanbauggebiete die deutschen Bundesländer Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern. Dort wurde sie vor allem auf sandigen, extensiv bewirtschafteten Flächen kultiviert, weshalb sie mit der Erbse in diesem Gebiet die anbaustärkste Körnerleguminose war. Agrarpolitische Schwerpunkte, aber vor allem die Anfälligkeit für die Pilzkrankheit Anthraknose, welche in den 1990er Jahren auftrat, lassen die Gelbe Lupine bis heute nahezu völlig vom Acker verschwinden. (Pflanzenproduktion)

Durch die Entdeckung von alkaloidarmen Sorten und deren Züchtung wird die Gelbe Lupine seit den 1930er Jahren landwirtschaftlich als Körnerfrucht kultiviert. Bei diesen Sorten sind die Hülsen nur gering behaart, platzfester und weitaus weichschaliger. Als Zwischenfrucht wird sie bereits länger genutzt. Nennenswerte Bedeutung in Mitteleuropa konnte die Gelbe Lupine jedoch nur kurz vor und während des Zweiten Weltkrieges erlangen, aber natürlich auch nur auf Standorten, wo für diese Art angepasste Bodenverhältnisse vorzufinden waren. Endgültig, bis auf wenige Hektar, verschwand sie im Jahr 1989 vom Acker. Dies wurde von billigen Importen aus Übersee und vor allem die Pilzkrankheit Anthraknose veranlasst. Von 1945 bis 1990 machte auch die Züchtung keine Fortschritte. Die Züchtung ist bis heute bemüht, durch Zuchtziele wie Ertragssicherheit, Toleranz gegen den pilzlichen Schaderreger Anthraknose, so wie eine geringere Kalkempfindlichkeit, den Anbau der Gelben Lupine wieder attraktiver zu machen. Als 1850 SCHULTZ-LUPITZ die Bedeutung der Gelben Lupine als Kulturbringer auf leichten Standorten erkannte, breitete sie sich vor allem in Preußen, Südkandinavien und Russland aus. Im Jahr 1926 wurden rund 40.000 Hektar dieser Art zur Korngewinnung genutzt. Die bittere Form der Gelben Lupine war auf leichten, sauren Sandböden Kulturbringer und wurde als Gründüngung, aber auch als Schaffutter in Form von Heu verwendet oder die Samen wurden dem Krafftutter von Schafen beigemischt. Letzteres konnte jedoch bei zu hohen Mengen zu Erkrankungen oder gar zum Tod der Schafe führen. (Schuster, kein Datum)

Die einjährige Pflanze gehört der Gattung der Lupinen (*Lupinus sp.*) an. Auf einer oberirdischen Wuchshöhe von 80 bis 120 Zentimetern kann eine bis zu über einen Meter tiefreichende Pfahlwurzel folgen, welche für diese Art charakteristisch ist. Ein behaarter, langer Blattstiel, welcher fünf bis neun ungestielte, spitz zulaufende Blättchen enthält, bilden das fingerförmig ausgebildete Laubblatt. Die kleinen

Nebenblätter sind spitz und gekrümmt. Die Blüte ist als ährenförmige, aufrechte Traube ausgebildet, wobei ihre Blütenfarbe von goldgelb bis schwefelgelb ausgeprägt sein kann. Die angenehm duftende Blüte wird größtenteils von pollensammelnden Hummeln aber auch anderen Bienen angefliegen. Lupinen bilden allerdings keinen Nektar. Alle drei landwirtschaftlich relevanten Arten verfügen über denselben Blühverlauf. Dabei werden von fünf länglichen Staubgefäßen bereits vor der Ausbildung der Blüte die Pollen entlassen. Bei der Fremdbestäubung wird der Pollen durch das herabgedrückte Schiffchen mit dem behaarten Narbenkopf vor sich hingeschoben, wodurch er für das Insekt erreichbar wird. Dieser Vorgang wird auch Nudelpumpenmechanismus genannt. Die Gelbe Lupine ist jedoch zum überwiegenden Teil Selbstbefruchter, dennoch wird sie nach Untersuchungen in Müncheberg/Mark öfter als die Weiße Lupine von Insekten bestäubt. Die knotigen, länglich-lanzettlichen Hülsen werden meist fünf bis sechs Zentimeter lang und verfügen über eine Breite eines Zentimeters. Diese enthalten rundliche bis leicht ovale Samen, welche glatt abgeflacht und ungefähr ein Ausmaß von acht Millimetern Länge, sechs Millimetern Breite und viereinhalb Millimetern Höhe besitzen. Dabei verfügen sie über ein Tausendkorngewicht von 50 bis 120 Gramm, in der Farbe variieren die Samen von schwarz über gelblich-weiß mit dunkler Marmorierung bis völlig weißsamig.

Sandige, gut durchlässige und saure Bodenverhältnisse sind ideale Standortbedingungen für die Gelbe Lupine. Bei zu hohen Kalkgehalten erkrankt sie an Kalkchlorosen, weshalb ein pH-Wert zwischen vier und sechseinhalb optimal für den Anbau dieser Art ist. Durch ihre tiefe Pfahlwurzel wird diese Lupinenart trotz ihres hohen Wasserbedarfs, speziell in der Blüte, als trockenheitstolerant eingestuft.

In der Humanernährung wird die Gelbe Lupine beispielsweise als Mehl, Brotaufstrich oder Tofuersatz verwendet. Außerdem ist sie als Tiernahrung wegen ihres hohen Eiweißgehaltes besonders geeignet und ackerbaulich kommt sie durch die lange Pfahlwurzel als Verdichtungslockerer in Zwischenfruchtbeständen vor. (Schuster, kein Datum), (Pflanzenproduktion)



Abbildung 6: Gelbe Lupine in der Blüte (Feldsaaten Freudenberger)



Abbildung 7: Samen der Gelben Lupine (Bibliothek der Justus-Liebig-Universität Gießen)

2.1.3.3 Schmalblättrige- oder Blaue Lupine (*Lupinus angustifolius*)

Von der überwiegenden Mehrheit der Autoren wird, wie bereits erwähnt, der Mittelmeerraum als Ursprungsgebiet der Schmalblättrigen Lupine angegeben. Lediglich HACKBARTH & TROLL sehen Palästina als Heimatgebiet der Ursprungseltern der Schmalblättrigen Lupine an. Über den gesamten Mittelmeerraum sind Wildformen dieser Art verbreitet, als Kulturpflanze wurde sie etwas später als die Gelbe Lupine angebaut. Die ursprünglich in Spanien landwirtschaftlich genutzten Populationen der Schmalblättrigen Lupine stammen sowohl aus Portugal als auch aus Spanien. Später verbreitete sich diese Lupinenart auch in nördlicheren Teilen Europas auf sandigen bis leicht lehmigen Böden. Als Grund kann dabei eine geringere Kalkempfindlichkeit sowie ein geringeres Wärmebedürfnis angegeben werden. Hohe Kalkgehalte im Boden sind jedoch auch nicht für die Blaue Lupine geeignet. Mit minus vier bis minus sechs Grad Celsius wird eine geringere Frostempfindlichkeit im Vergleich zur Gelben Lupine angegeben.

Zur Kornnutzung wurden laut BECKER-DILLINGEN im Jahr 1923 22.000 Hektar und 1926 bereits 47.000 Hektar der Gelben- und Schmalblättrigen Lupine genutzt. Verursacht durch die hohen Alkaloidgehalte der alten Lupinensorten konnten diese nicht in der Tier- oder Humanernährung eingesetzt werden, ohne die Samen vorher einem Entbitterungsverfahren zu unterziehen. Diese Verfahren waren jedoch sehr aufwändig, des Weiteren kam es hierbei zu Nährstoffverlusten von bis zu 20 Prozent. Durch die Züchtung auf Eigenschaften wie unbehaarte Hülsen, gute Platzfestigkeit, Weichschaligkeit der Samen, aber vor allem auf Alkaloidarmut der Samen wurde die Lupine in Mitteleuropa erst in den 1920er Jahren zu einer anbauwürdigen Kulturpflanze. In Deutschland wurde als erstes Land in Europa die Züchtung der alkaloidarmen Sorten, der sogenannten Süßlupine, forciert. Erst später zogen die anderen europäischen Länder nach, wobei der Alkaloidgehalt als erstes bei der Blauen Lupine reduziert werden konnte. Wie bei der Gelben Lupine wurde es aus politischen und ökonomischen Gründen nach dem Zweiten Weltkrieg schwierig den Anbau aller Lupinenarten in Europa weiterhin auf demselben Niveau zu halten oder die Anbauflächen gar auszuweiten. Weitere Gründe für die rückläufigen Anbauflächen ab dieser Zeit waren die nachlassende Züchtungsintensität, sowie die billigen Sojabohnenimporte aus dem Ausland. Hingegen ist die Situation nach dem Zweiten Weltkrieg in beispielsweise Südafrika oder im Gebiet von Australien und Neuseeland eine ganz andere. Nach PLARRE wurden 1984 in Australien, Neuseeland und Südostasien 500.000 Hektar der Blauen Lupine für die Nutzung des Kornes angebaut. Durch wieder attraktivere Bedingungen sowohl für Saatzuchtunternehmen als auch für Landwirte, sollte der Anbau dieser Kulturpflanze in Mitteleuropa in Zukunft ausgeweitet werden.

Die Schmalblättrige Lupine ist im Stande die längste Pfahlwurzel aller Lupinenarten auszubilden, wobei an ihr mehrere Seitenwurzeln herausragen. Der leicht verzweigte Stängel mit meist viel Blattmasse ist schwach behaart und weist eine Höhe von bis zu 100 Zentimetern auf. Drei bis vier Zentimeter in der Länge und 0,2 bis einen halben Zentimeter in der Breite, ist das Ausmaß der schmallinealen fünf bis neun Fingerblätter. Diese Hauptblätter weisen auf der Blattunterseite eine kurze

Behaarung auf. Die linearen Nebenblätter, welche spitz zulaufen, sind mit 0,7 Zentimeter in der Länge deutlich kleiner als die Hauptblätter. Das Farbspektrum der Blütenkrone reicht von verschiedensten Blautönen über rosa bis weiß, wobei der Blütenstand deutlich kleiner als bei der Gelben Lupine ist. Zwischen drei und fünf Samen sind in je einer fünf bis sieben Zentimeter langen, hellbraun gefärbten Hülse enthalten, wobei die Körner eine nierenförmige bis rundovale Gestalt haben. Das Ausmaß der grauen bis weißen, teilweise dunkel gefleckten Samen beträgt ungefähr acht Millimeter Länge, sechs bis sieben Millimeter Breite und eine Dicke von fünf Millimeter mit einem kleinen, rundlichen Nabel. Hierbei weist beinahe jede Farbvarianten auf der Bauchseite einen dunklen Strich auf und die Tausendkornmasse schwankt zwischen 103 Gramm und 210 Gramm.

Die Kornerträge der Schmalblättrigen Lupine können höher als wie jene der Gelben Lupine eingestuft werden. Nach PLARRE werden Erträge von fünf bis 40 Dezitonnen je Hektar im weltweiten Anbau erzielt. Tendenziell kann bei der Süßlupine von geringerem Durchschnittsertrag ausgegangen werden, da diese Sorten, trotz ihrer ertragsoptimierten Züchtung, stärker auf ungünstige Umwelteinflüsse reagieren und somit hohe Ertragsschwankungen im jährlichen Vergleich möglich sind. (o.A., kein Datum)

Hinsichtlich der Sortenwahl bei der Schmalblättrigen Lupine ist die Sorte Boregine in Deutschland am stärksten vertreten. Dies hat den Grund, dass die Sorte über die Jahre ihre Ertragsstabilität unter Beweis gestellt hat. Zudem weist sie eine sehr gute Unkrautunterdrückung und eine mittlere Standfestigkeit auf, jedoch liegt sie im Rohproteintrag leicht unter dem Durchschnitt. (Rieckmann, 2020)



Abbildung 10: Schmalblättrige Lupine in der Blüte (Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung e.V. ZALF; 2022)



Abbildung 9: Weißblühende Schmalblättrige Lupine in der Blüte (Saatzucht Steinach)



Abbildung 8: Samen in der Hülse von der Blauen Lupine (Bibliothek der Justus-Liebig-Universität Gießen)

2.2 Artenportrait der Weißen Lupine (*Lupinus albus*)

2.2.1 Verbreitung und Bedeutung

2.2.1.1 Anbaugebiete, Anbauzahlen

Die Heimat der Weißen Lupine liegt im Mittelmeergebiet.

In Österreich wird die Lupine auf einer Anbaufläche von 427 Hektar (Quelle AMA Flächen 2021) kultiviert. Im Vergleich zu der Körnererbse mit 5.634 Hektar, der Ackerbohne mit 6.633 Hektar und der Sojabohne mit 75.892 Hektar ist die Lupine weiterhin ein Nischenprodukt. Durch die neuen anthraknosetoleranten Sorten wird davon ausgegangen, dass die Anbauflächen in den nächsten Jahren zunehmen.

In Deutschland fand bisher der Anbau der Weißen Lupine nur in sehr begrenztem Umfang statt. Deutschlandweit dominiert klar die Blaue Lupine, welche vorrangig in Brandenburg, in Mecklenburg-Vorpommern und in Sachsen-Anhalt kultiviert wird. Der Anbau der Gelben Lupine spielt derzeit keine Rolle. Untern anderem deswegen, da die Gelbe Lupine nur auf sehr leichten Sandböden gedeiht. Im Jahr 2021 wurden bundesweit in Deutschland, laut dem Statistischen Bundesamt, 28.900 Hektar Lupine angebaut. Durch die Stickstoffsammlung der Knöllchenbakterien, die gute Durchwurzelung des Bodens und der damit einhergehende gute Vorfruchtwirkung wird die Lupine gerne in biologischer Wirtschaftsweise angebaut. Dies belegen auch die Anbauzahlen. Wonach rund 40 Prozent der Lupinenanbauflächen in Deutschland ökologisch bewirtschaftet werden.

Weltweit betrachtet betrug 2018 die gesamte Anbaufläche der Lupin 985.000 Hektar. Davon entfällt mehr als die Hälfte auf Australien. In Australien ist die Lupine neben Soja sogar eine der flächenmäßig größten Hülsenfruchtpflanzen und es gibt einen starken Inlands- und Exportmarkt. In Australien wird vor allem die Blaue Süßlupine, auch schmalblättrige Lupine (*Lupinus angustifolius*) angebaut. Polen, Russland, Marokko und Deutschland sind weltweit weitere wichtige Anbauländer.

(Giessen, kein Datum) (Oberauer, 2022) (Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, 2022, S. 5) (Spelsberg, 2020) (Goossen, 2022)

2.2.1.2 Wirtschaftliche Bedeutung in Europa

Die Heimat der Weißen Lupine liegt, wie schon erwähnt im Mittelmeerraum. Es wird davon ausgegangen, dass die Lupine schon im ägyptischen, griechischen und römischen Altertum domestiziert wurde. Damals wurde sie hauptsächlich als Vorfrucht für Getreide verwendet und war somit eine Feldfrucht, welche die darauffolgende Saat düngte. Im 12. Jahrhundert wurde die Weiße Lupine dann auch in Mitteleuropa kultiviert. Als Zier- und Heilpflanze fand die Lupine im 16. und 17. Jahrhundert Verwendung, jedoch blieb die Anbaufläche gering.

Durch Nahrungsmittelengpässe im 1. Weltkrieg begann ein vermehrter Anbau der Weißen Lupine. Erstmals wurde sie auch als Körnerfrucht zur Eiweiß- und Ölgewinnung eingesetzt. Nach dem 1. Weltkrieg ergaben sich immer mehr Möglichkeiten Eiweiß und andere Rohstoffe zu importieren. Dadurch schwand das Interesse an der Lupine wieder.

Die Neuzüchtung einer süßen Sorte gelang im Laufe des 20. Jahrhunderts, jedoch konnte die Weiße Lupine nicht die erhoffte Ausdehnung der Anbauflächen erreichen. Durch stark schwankende Erträge, Krankheitsbefall mit Anthraknose kombiniert mit schlechter Ausreife setzte sich die Weiße Süßlupine in den nördlichen Gebieten Europas nie durch. Ihr Anbau beschränkte sich auf den Mittelmeerraum.

Zurzeit werden wieder vermehrt Versuche zur Korngewinnung durchgeführt, vor allem auch deswegen, weil bei der Weißen Lupine, neue gegen Anthraknose tolerante Sorten gezüchtet wurden.

Die Blaue Lupine hat, vor allem in Norddeutschland sowie in Polen eine durchaus wirtschaftliche Bedeutung. Die Gelbe Lupine hat auch wirtschaftlich eine eher vernachlässigbare Bedeutung.

Im Vergleich zu Australien und anderen Kontinenten hat auch die Weiße Lupine in Europa zurzeit eine geringe Bedeutung.

Wirtschaftlich steigt die Bedeutung der Lupine im Allgemeinen vor allem in den letzten Jahren. Da die Lupine als Quelle für Vitamine und Proteine und wegen der gesundheitlichen Vorteile ein gutes Nahrungsergänzungsmittel ist, steigt die Beliebtheit der Lupine bei den Konsumenten. Beispielsweise gibt es bereits Kaffee, Milchersatzprodukte, Speiseeis und Mehl aus Lupine. In Fleischersatzprodukten und in der veganen sowie vegetarischen Ernährung gewinnt sie vor allem als Eiweißquelle immer mehr an Bedeutung. In Form von Proteinisolat kann die Lupine als Emulsionsbildner in fett- oder ölhaltigen Lebensmitteln wie Suppen, Dressings, Mayonnaise, Backwaren, Brotaufstrichen und Wurstwaren eingesetzt werden.

Auch in der Tierhaltung steigt die wirtschaftliche Bedeutung der Lupine. Dies liegt vor allem daran, dass ein Ersatz für Soja beziehungsweise Sojaextraktionsschrot gesucht wird. Im Schweine- aber auch im Rindersektor ist die Lupine vielseitig einsetzbar.

Einen offiziellen Marktpreis gibt es bei der Lupine nicht. Standardmäßig ist der Preis häufig am Erbsenpreis angelehnt, obwohl die Lupine deutlich mehr Protein aufweist.

(Deutsche Saatveredlung AG, 2022) (Giessen, kein Datum) (Deutsche Saatveredlung AG, 2022) (Fry, 2020) (agrarheute, 2011)

2.2.2 Standortansprüche

2.2.2.1 Bodenansprüche

Hinsichtlich der Bodenart kann man die Weiße Lupine auf nahezu allen Böden finden. Im Vergleich zur Blauen Lupine hat die Weiße Lupine etwas höhere Standortansprüche. Sie sollte nur auf Feldern mit mehr als 25 Boden Punkten gesät werden. Ein gut durchlässiger Boden ohne Staunässe ist wichtig für die Lupine, denn auf staunasse Böden reagiert die Lupine empfindlich und der Befall von Auflauf- und Fußkrankheiten wird dadurch zusehends gefördert. Zur Keimung und bei der Blüte hat die Lupine einen relativ hohen Wasserbedarf. Wenn ein tiefgründiger Boden vorliegt, ist sie aufgrund ihrer ausgeprägten Pfahlwurzel insgesamt aber gut trockenverträglich. Auf flachgründigen Böden kann sie diesen Vorteil jedoch nicht ausspielen. Schläge in Waldnähe sollten gemieden werden, da die Weiße Lupine sehr schmackhaft für das Wild ist. Auch Tauben können ab dem Auflaufen massive Schäden verursachen. Im Gegensatz zur Blauen und Gelben Lupine verträgt die Weiße Lupine einen pH-Wert bis mindestens 7,3. Ein pH-Wert von 5,5 sollte nicht unterschritten werden. Entscheidend für die Lupine ist aber der freie Kalkgehalt, also der Gehalt an Kalziumcarbonat (CaCO_3) im Boden. Ist dieser zu hoch hindert er die Lupine genügend Eisen aus dem Boden aufzunehmen. Diesen wiederum brauchen die Knöllchenbakterien, um Stickstoff aus der Luft zu fixieren. Stickstoffmangel für die Pflanze wäre die Folge, welcher sich an gelben Blättern und kümmerlichen Wachstum widerspiegelt. Ein Kalkgehalt von <3 Prozent ist anzustreben. Liegt der Kalkgehalt zwischen 3 und 10 Prozent ist ein Anbauversuch empfehlenswert. Zusätzlich sollte beachtet werden, dass die Weiße Lupine eine längere Reifezeit als die übrigen Lupinenarten benötigt. Dies sollte bei der Standortwahl beachtet werden. (Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, 2022, S. 5) (Dr. Eike Hupe, 2021) (Deutsche Saatveredlung AG, 2022, S. 14)

2.2.2.2 Klimaansprüche

Durch die längere Abreife bei der Weißen Lupine ist eine lange Vegetationsdauer Grundvoraussetzung für den Anbau. Je nach Sorte ist die Vegetationsdauer zwischen 140-175 Tage lang. Darum ist auch eine Höhenlage über 500 Meter Seehöhe nicht zu empfehlen, da ansonsten die Ernte sehr spät erfolgen kann. Die Weiße Lupine ist nicht spätfrostgefährdet und hält Fröste bis -7 Grad Celsius aus. Hohe Erträge erfordern bis zum Streckenwachstum kühle Temperaturen und eine gute Wasserversorgung. (Hansueli Dierauer, Lupine, 2004, S. 3) (Stuck, 2016, S. 9) (Deutsche Saatveredlung AG, 2022, S. 14)

2.2.3 Botanik

In diesem Kapitel werden die Systematik und Herkunft der Weißen Lupine, als auch ihre morphologischen und physiologischen Eigenschaften beschrieben.

2.2.3.1 Systematik und Herkunft

Die Gattung der Lupinen (*Lupinus sp.*) gehört der Familie der Hülsenfrüchtler (*Fabaceae*) in der Ordnung der Schmetterlingsblütenartigen (*Fabales*) an. Hierbei ist die Gattung der Lupinen wiederum in den Tribus *Genisteae* einzuordnen, welcher die Rangstufe zwischen Gattung und Familie bildet. Derzeit lassen sich mehr als 200 Arten in dieser Gattung feststellen, wobei hiervon nur fünf Arten wirklich domestiziert und für den Anbau geeignet sind. Die Weiße Lupine ist eine Art der Gattung der Lupinen.

Die monophyletische Gattung der Lupinen stammt voraussichtlich aus dem Genzentrum Südamerika. Erst später entstanden durch das Auseinanderdriften der Kontinente die sogenannten Altwelt- und Neuweltlupinen. Die ausschließlich einjährigen Altweltlupinen haben ihr ursprüngliches Verbreitungsgebiet im Mittelmeerraum und die Neuweltlupinen, welche überwiegend perennierend, also mehrjährig, sind, in Südamerika.

Die beiden Arten Weiße Lupine und Buntlupine (*Lupinus mutabilis*) wurden zeitgleich bereits vor 2000 Jahren im Mittelmeergebiet bzw. in Südamerika kultiviert.

Die kultivierte Weiße Lupine (*Lupinus albus ssp. albus*) verfügt über eine Wildform (*Lupinus albus ssp. graecus*), wobei letztere sehr leicht platzende Hülsen besitzt. Diese Eigenschaft wurde der domestizierten Form herausgezüchtet. Sie verfügt über einen doppelten Chromosomensatz von 50 ($2n=50$).

(Plarre, 1999, S. 690-691)

2.2.3.2 Morphologie

Die für Lupinen typisch gefiederten Blätter sind bei der Weißen Lupine eher breit ausgebildet und die Blüte nimmt die charakteristische Schmetterlingsblütenform an. Das kahnförmige Schiffchen wird von den untersten beiden Kronenblättern gebildet, worin die zehn in sich verwachsenen Staubgefäße enthalten sind. Die Mutation „Mirus“ weist ein offenes und zurückgebildetes Schiffchen auf, wodurch die ansonsten hauptsächlich stattfindende Selbstbefruchtung beeinträchtigt wird. Diese Mutante wurde, wie in der Mutationszüchtung üblich, mittels Röntgenbestrahlung hergestellt. Die Hülse wird durch ein Fruchtblatt gebildet, wobei die echten Kulturformen über eine fest verwachsene Bauch- und Rückennaht verfügen. Die Weiße Lupine bildet, wie alle Lupinenarten aus der Alten Welt, eine kräftige Pfahlwurzel mit stark verdickten Wurzelspitzen aus. Der Haupttrieb wird knapp unter dem ersten Blütenkranz beziehungsweise der ersten Etage dreifach verzweigt. Es können bis zu vier Etagen gebildet werden. Die Etagen sind bei der bereits oben

erwähnten Mutante zu einem traubenförmigen, seitlich verzweigten Blütentrieb umgewandelt. Dadurch entsteht ein entscheidender Erntevorteil, da die Hülsen eine beinahe gleichmäßige Abreife aufweisen, außerdem ist diese Mutation frühreifer als die Ausgangsgenetik. Es wurde ein weiterer Genotypus mit wenig verzweigten Trieben entdeckt, welcher der Mutation „Mirus“ ähnelt, jedoch eine schlechtere Lichtnutzungseffizienz bezüglich Trockenmassebildung aufweist. Hingegen kann dieser Typ die Assimilate für die Korntragsbildung effizienter einsetzen. Es sind zwei Populationen bekannt, die westliche und die östliche Population. Bei ersterer sind die Merkmale eines indeterminierten Wachstums, eines thermosensitiven Wachstumstypuses, zu beobachten und sie reagiert auf eine Vernalisationstemperaturveränderung mit einer verkürzten Vegetationsdauer. Die östliche Population ist hingegen thermoneutral, ihre Wuchsform ist determiniert und sie verfügt über keinerlei Vernalisationsbedarf.

Grundsätzlich setzt sich der Korntrags aus der Anzahl der Pflanzen je Quadratmeter und der Samen je Pflanze, welche wiederum durch die Anzahl der Samen je Hülse und die Hülsenanzahl je Pflanze bestimmt wird, zusammen. Die größte Bedeutung der ertragsmorphologischen Merkmale kommt dem Tausendkorngewicht zu. Da *Lupinus albus* über eine sehr große Bandbreite dieses Merkmals verfügt, sind Sorten mit höherem Tausendkorngewicht für die Körnernutzung und jene mit geringerem für die Gründüngung oder für die Grünfütternutzung zu bevorzugen.

(Plarre, 1999, S. 693-695)

Es ist anzufügen, dass alle Lupinenarten über eine sehr langsame Jugendentwicklung verfügen.

Die Lupinensamen können bis zu 15 Millimeter lang und zwölf Millimeter breit werden, sowie eine Dicke von sechs Millimetern erreichen. Die flach zusammengedrückten Körner können in ihrer Größe jedoch relativ stark schwanken. Die breiten Seitenflächen sind in ihrer Mitte meist leicht eingesenkt, der Umriss kann von kreisförmig über rundlich bis hin zu viereckig sein. Der weiße Nabel verfügt über einen wulstigen Rand und eine gelbe Vertiefung. Die Keimblätter sind gelblich, auf jeden Fall dunkler als die Samenschale. Die Oberfläche des Samens kann sehr stark variieren, meist ist sie jedoch gelblich, weiß oder fleischfarben mit glatter bis matter Farbe. Die Hülsenlänge erstreckt sich von 60 bis 110 Millimeter, in der Breite beträgt sie in etwa 15 Millimeter und die Hülse ist in ihrer Form flachgedrückt. Weiters ist die Hülsenoberfläche gelb bis bräunlich mit Haaren und beinhaltet meist drei bis vier Samen bei einem Tausendkorngewicht von 400 bis 500 Gramm. (Walther Brouwer, 1975, S. 314)



Abbildung 14: Samen der Weißen Lupine



Abbildung 12: Samen der Weißen Lupine in der Hülse



Abbildung 11: Vergleich von den Samen der drei verwendeten Sorten, Sorte Frieda ist blau durch Inokulationsmedium

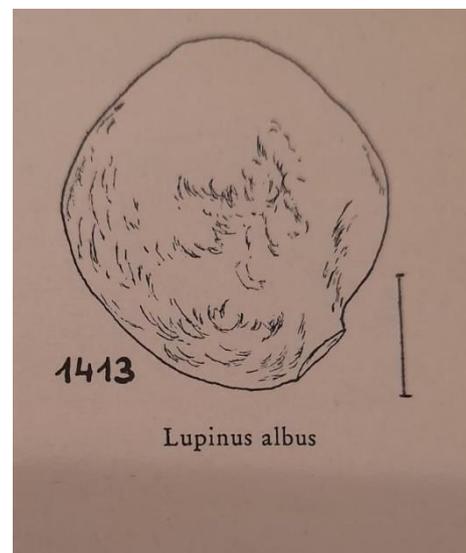


Abbildung 13: Schematische Darstellung des Kornes der Weißen Lupine (Handbuch der Samenkunde für Landwirtschaft, Gartenbau und Forstwirtschaft)

2.2.3.3 Physiologie

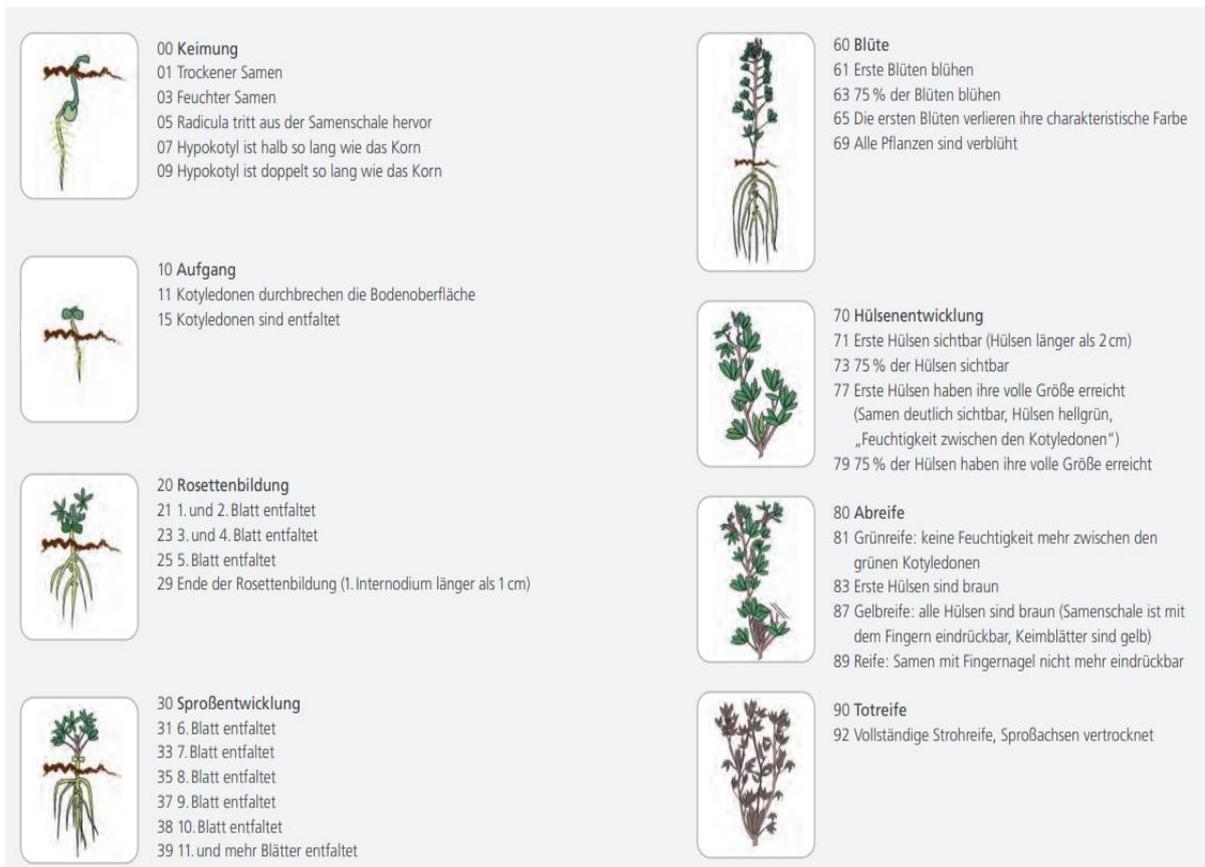


Abbildung 15: Ausgewählte Entwicklungsstadien der Lupine nach BBCH-Code (Terres Inovia; Zeichnungen: Inovia Lands)

Die Entwicklungsstadien werden aus heutigem Wissensstand mit einem Code beurteilt, welcher von der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, dem Bundessortenamt und der chemischen Industrie ausgearbeitet wurde. Daher rührt die Abkürzung und gebräuchliche Bezeichnung BBCH-Code.

Bei Sorten mit indeterminiertem, verzweigtem Wuchs handelt es sich um Pflanzen, welche mehrere Etagen ausbilden oder um solche, welche über eine Bestockungsphase verfügen. Bei den determinierten Sorten findet man einen endständigen Wuchstyp vor. Der indeterminierte Wuchstyp benötigt einen längeren Vegetationszeitraum, wobei er einen höheren Kornertrag bei ungleichmäßigerer Kornreife gegenüber den endständigen Typen zeigt.

Aufgrund der Evolution verfügen Lupinen über hohe Alkaloidgehalte. Bei einem geringeren Gehalt als 0,04 Prozentpunkten in den Samen und 0,05 Prozentpunkten in den Blättern der Trockenmasse, können sie als Süßlupinen deklariert werden. Der Metabolismus bezüglich des Alkaloidgehaltes korreliert jedoch negativ mit der Ertragsbildung, hierbei besonders mit dem Grünmasseertrag.

(Plarre, 1999, S. 696)

2.2.4 Züchtung

Dieses Kapitel befasst sich mit der Fortpflanzungsbiologie und der Züchtung der Lupine, im Speziellen der Weißen Lupine. Außerdem wird der Ablauf der Saatgutproduktion erläutert.

2.2.4.1 Fortpflanzungsbiologie

Alle Arten der Gattung *Lupinus* sind grundsätzlich Selbstbefruchter. Je nach Art und innerartlich sortenbedingt gibt es jedoch teilweise beträchtliche Unterschiede im Fremdbefruchtungsanteil. So verfügt die Blaue Lupine lediglich über einen Fremdbefruchtungsanteil von null bis maximal 0,04 Prozent, die Buntlupine (*Lupinus mutabilis*) ist hingegen bereits als fakultativer Fremdbefruchter, mit einer Fremdbefruchtungsrate von vier bis zu elf Prozent, einzustufen. Die Gelbe- als auch die Weiße Lupine sind sich in der Höhe des Fremdbefruchtungsanteils bei 1,3 bis 4,1 Prozent sehr ähnlich, wobei bei diesen beiden Arten sortenbedingt starke Ausreißer nach oben vorkommen können. (Plarre, 1999, S. 699)

2.2.4.2 Ziele

Das vorrangige Ziel des Lupinenanbaus ist die Gewinnung einer Eiweißfrucht, in Form von Grünfutter für Wiederkäuer, hauptsächlich aber für die Körnergewinnung. Deshalb ist es das vorrangige Ziel der Züchtung, einen möglichst hohen Eiweißertrag zu erzielen. Die primären Zuchtziele in der Lupinenzüchtung sind ein hoher Kornertrag und daraus resultierend eine entsprechende Ertragssicherheit. Hierfür sind wiederum eine gleichmäßige und frühe Abreife, als auch eine hohe Platzfestigkeit der Hülsen verantwortlich. Außerdem wird auf eine gute Stresstoleranz gezüchtet.

Grundsätzlich kann man zwei Typen für den Drusch der Lupinen unterscheiden, den Eiweißtyp mit hohem Eiweißgehalt im Korn und guter Eiweißqualität bzw. gutem Aminosäuremuster und den Öltyp mit Rohfettgehalten über 15 Prozent im Samen, wobei ersterer weitaus bedeutender ist.

Des Weiteren wird diskutiert, ob und wie intensiv die Züchtung der Bitterlupinen weitergeführt werden sollte. Unter folgenden Gesichtspunkten ist dies nicht abwegig, da diese zum einen über ein deutlich höheres Ertragspotenzial, als auch eine bei Weitem geringere Krankheitsanfälligkeit verfügen. Würden Entbitterungsverfahren weiterentwickelt und effizienter gestaltet werden, oder gar wie manche Autoren berichten, durch Genmanipulation die Translokation der Alkaloide von der Blüte in den Samen unterbunden werden, wäre die Zucht der Bitterlupine sicherlich eine interessante Alternative zur ertragsschwächeren Süßlupine.

(Plarre, 1999, S. 699)

Aufgrund des Alters des im vorherigen Absatz zitierten Standardwerkes, indem die Anthraknose noch kaum eine Rolle spielte, ist die Wichtigkeit der Toleranz gegenüber dieser Krankheit nicht beschrieben. Die Anthraknose war in den letzten Jahren und wird in den nächsten Jahren ein sehr großes und entscheidendes Zuchtziel sein, um eine passable Ertragssicherheit zu erzielen. Die Krankheit Anthraknose wird im Kapitel 2.2.5.5 detailliert beschrieben.

2.2.4.3 Methoden

Grundsätzlich können folgende drei Zuchtmethoden unterschieden werden, Linienzüchtung, Kreuzungszüchtung und Selektion. Die Linienzucht wird bei strengen Selbstbefruchtern und bei jenen Arten mit nur geringem Fremdbefruchtungsanteil verwendet. Eine Individualauslese oder Massenselektion wird üblicherweise bei Arten und Sorten mit höherem Fremdbefruchtungsanteil eingesetzt, wodurch Populationssorten gebildet werden. Letztere Zuchtmethode wird beispielsweise auch bei der Weißen Lupine eingesetzt. Bereits seit langer Zeit ist die Kreuzungszüchtung gängige Praxis bei der Lupine, jedoch bis in jüngste Zeit nur mit mäßigem Zuchterfolg. Seit einiger Zeit werden weiters Kreuzungen vorgenommen, bei denen der Verwandtschaftsgrad möglichst gering ist, wodurch Erfolge bei der Weißen Lupine und der Schmalblättrigen Lupine, verzeichnet werden konnten. Zur Erhöhung der Variabilität des Züchtungsausgangsmaterial werden Mutanten wie „mirus“ und wilde Bitterlupinen eingekreuzt. Um einen noch höheren Heterosiseffekt zu erzielen, werden auch Kreuzungen verschiedener Arten untereinander vorgenommen. Sind diese zu weit voneinander entfernt verwandt, können meistens keine fertilen Bastardisierungen gezüchtet werden. Durch Zufall wurde jedoch ausgerechnet auf diese Weise ein fruchtbarer Bastard der beiden sehr unterschiedlichen Neuwelt-Lupinenarten *Lupinus polyphyllus* x *Lupinus mutabilis* erzeugt. Die Tochtergeneration dieses Bastards, welcher einen Ertragstypen darstellt, verfügt über eine gleichmäßige Hülsenabreife. Verschiedenste Bastardisierungen, möglicherweise sogar mit mehr als zwei Arten, konnten mittels biotechnischer Manipulation realisiert werden. Außerdem konnte mit der somatischen Hybridisierung einige willkürliche Hybriden erzeugt werden. Die Methode der somatischen Hybridisierung beruht auf der Erzeugung von Zellen ohne Zellwand, sogenannten pflanzlichen Protoplasten. Die letzten beiden Zuchtmethoden sind jedoch nicht weit verbreitet, sehr kostspielig und stellen einen hohen züchterischen Aufwand dar. (Plarre, 1999, S. 699 bis 700)

2.2.4.4 Saatgutproduktion

Werden verschiedene Sorten von einer Lupinenart mit hohem Fremdbestäubungsanteil, wie die Weiße Lupine, in Nachbarschaft vermehrt, sollte bekannt sein, welche Gene für die Vererbung des Alkaloidgehaltes verantwortlich sind. Die Tochtergeneration ist als bitterer Genotyp festzulegen, sofern für diese oben genannte Eigenschaft verschieden Faktoren verantwortlich sind. Wird der

kritische Wert des Alkaloidgehaltes überschritten, so wird die Anerkennung als Saatgut aberkannt. Deshalb sollten in einem kleinen Gebiet nur Neuzüchtungen vorgenommen werden, bei welchen das ausschlaggebende Gen für den Bitterstoffgehalt das gleiche ist.

Der Tüpfeltest hat sich im Zuchtgarten und bei der Feldanerkennung zur Ermittlung von bitteren Genotypen bewährt und zur Erkennung von bitteren Samen, wird eine einfache Laboranalyse vorgenommen.

Eine Fläche mit möglichst optimalen Standortansprüchen, bei warmen bis trockenen Bedingungen, wodurch eine langsame Ausreife bedingt wird, sollte für die ersten Vermehrungsstufen verwendet werden. Durch mäßigen Wind kann der Läusebefall reduziert und dadurch Virusinfektionen verhindert werden. Außerdem ist bei der Saatgutproduktion darauf zu achten, dass sich in der Nähe der Lupinenvermehrung keine Phaseolusbohnen befinden, um das Bohnenmosaikvirus nicht zu vermehren.

(Plarre, 1999, S. 706)

2.2.5 Produktionstechnische Daten

2.2.5.1 Fruchtfolgeansprüche

Pflanzenbaulich hat die Lupine viele positive Eigenschaften. Als Leguminose geht die Lupine eine Symbiose mit den Knöllchenbakterien ein und kann somit Stickstoff binden. Zusätzlich kann sie Nährstoffe wie zum Beispiel Phosphor mobilisieren. Durch die tiefreichende Pfahlwurzel wird der Boden gelockert und die Bodenstruktur verbessert. Somit hinterlässt sie eine gute Bodengare. (Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, 2022)

Aufgrund des Risikos der Infektion mit Sklerotinia sind Sonnenblumen, Raps, Kartoffeln und Kohl als Vorfrucht wenig geeignet. Die Lupine ist nicht selbstverträglich. Zu sich selbst sollte eine Anbaupause von fünf bis sechs Jahren eingehalten werden und zu anderen Leguminosen zwei bis vier Jahre. Dies ist notwendig, um bodenbürtige Pilzkrankheiten und eine Leguminosenmüdigkeit zu verhindern. Von Leguminosenmüdigkeit spricht man, wenn durch häufigen Anbau von Leguminosen die Erträge sinken. Biotische Faktoren wie zum Beispiel Krankheiten, Schädlinge, Bakterien oder Viren können neben den abiotischen Faktoren der Auslöser dafür sein. Abiotische Faktoren sind unter anderem die einseitige Verarmung der Böden hinsichtlich essenzieller Nährstoffe, Allelopathien oder eine schlechte Bodenstruktur. Neben der Leguminosenmüdigkeit verursacht vor allem die Pilzkrankheit Anthraknose oder auch Brennfleckenkrankheit Probleme. Der Pilz ist samenbürtig daher sollte vor allem auf ein gesundes Saatgut geachtet werden. (Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, 2022) (Pflanzenzüchtung, 2015) (Deutsche Saatveredlung AG, 2022, S. 15)

Von den durchschnittlich 150 Kilogramm gebundenen Rein-Stickstoff je Hektar sind 20 bis 120 Kilogramm Rein-Stickstoff je Hektar für die Nachfrucht verfügbar. Wintergetreide kann die Lupine am besten als Vorfrucht ausnutzen. Sollte nach der Lupine Sommergetreide angebaut werden, ist eine Zwischenfrucht sinnvoll, um den hinterlassenen Stickstoff zu binden. (Pflanzenzüchtung, 2015, S. 68-69)

2.2.5.2 Bodenbearbeitung

Bei einer wendenden Grundbodenbearbeitung im Herbst ist besonders auf eine trockene Witterung zu achten. Hierbei ist vor allem wichtig keine Pflugsole zu verursachen. Der Boden sollte durchlässig sein und Staunässe muss vermieden werden. Ein reines Saatbett ist absolut vorteilhaft, da die Lupine nur eine geringe Unkrautunterdrückung aufweist.

Bei der nicht wendenden Bodenbearbeitung bleibt Stroh von der Vorfrucht an der Bodenoberfläche. Dabei ist es wichtig, dass der Strohbedeckungsgrad nicht höher als 40 Prozent ist. Der Vorteil des konservierenden Systems liegt unter anderem bei der Entstehung eines stabilen Porensystems, welches zu einer guten Bodendurchlüftung und zu einer verbesserten Wasserinfiltration führt. Durch die Mulchschicht erreicht man einen Erosions-, Verschlammungs- und Austrocknungsschutz. Ist der Boden locker, besitzt er eine Frostgare und ist er eben, kann die Saat auch ohne voraus gehende Bodenbearbeitung erfolgen. (Pflanzenzüchtung, 2015, S. 69)

Zum jetzigen Stand sind Herbizide gegen breitblättrige Unkräuter nur im Voraufbau zugelassen. Damit das Herbizid ausreichend wirkt, sollte das Saatbett nicht zu grobschollig sein. (Deutsche Saatveredlung AG, 2022, S. 19)

2.2.5.3 Aussaat

Bei einem Erstanbau von Lupine oder bei längeren Anbaupausen ist eine Impfung des Saatgutes unmittelbar vor der Saat nötig. Diese Impfung mit einem Rhizobienpräparat für Lupinen ist Voraussetzung für einen sicheren Ertrag. Fest formulierte Mittel auf Torfbasis sowie flüssige Mittel stehen zur Verfügung. Dabei ist es wichtig auf die Herstellerangaben zu achten. Da die Präparate nach der Impfung schnell an Wirkung verlieren, ist es wichtig diese unmittelbar vor der Aussaat aufzubringen. Während der Lagerung des Impfmittels sowie des beimpften Saatgutes darf keine direkte Sonneneinstrahlung erfolgen. Hitze und chloriertes Leitungswasser schädigen die Knöllchenbakterien. Bei erfolgreicher Impfung werden die Wurzeln mit zahlreichen Knöllchen besiedelt, welche wiederum die Stickstoffversorgung der Pflanze garantieren. (Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, 2022, S. 7) (Deutsche Saatveredlung AG, 2022, S. 20-21)

Durch das Risiko einer Infektion mit der samenbürtigen Pilzkrankheit Anthraknose ist nur zertifiziertes Saatgut zu empfehlen, beziehungsweise erlaubt. (Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, 2022, S. 20)

Die Saat sollte möglichst bald im Frühjahr erfolgen. In Abhängigkeit vom Standort, sollte die Lupine Mitte März bis Ende April gesät werden. Erfolgt die Aussaat erst Anfang Mai, ist eine rechtzeitige Abreife der Weißen Lupine gefährdet. Besonders die Weiße Lupine ist weniger frostempfindlich als die Blaue- und Gelbe Lupine. Nach dem Auflaufen verträgt die Weiße Lupine Spätfröste bis minus sieben Grad Celsius. Die Keimung beginnt bereits bei vier Grad Celsius Bodentemperatur. Kühle Temperaturen, während der Wachstumsphase, fördern außerdem das Wurzelwachstum und die generative Entwicklung der Pflanze. Der Lupinenbestand kommt so schneller in die Blüte und in die darauffolgende Hülsenentwicklung. (Pflanzenzüchtung, 2015, S. 69) (Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, 2022, S. 7) (Deutsche Saatveredlung AG, 2022, S. 19-21)

Bei der Weißen Lupine wird eine Bestandesdichte von 50-70 Pfl./m² empfohlen. Im Vergleich zu den anderen Arten ist die Bestandesdichte bei den Weißen Lupinen etwas geringer. Höhere Saatstärken erhöhen das Lagerrisiko und bringen keinen wirtschaftlichen Mehrwert. Durch ertragsschwache oder sehr schwere Standorte sowie den Einsatz eines Stiegels ergibt sich eine Ausnahme. Hier ist ein Saatgutzuschlag von 10% sinnvoll. Je nach Tausendkorngewicht, welches meist bei 350 bis 430 g liegt und der Berücksichtigung der Keimfähigkeit ergibt sich eine Aussaatstärke von 180 bis 240 kg/ha. Durch das geringere Tausendkorngewicht der anderen Lupine Arten liegt deren Aussaatstärke auch deutlich unter der der Weißen Lupine.

(Pflanzenzüchtung, 2015, S. 69) (Deutsche Saatveredlung AG, 2022, S. 20)

Aufgrund der epigäischen Keimung sollte auf eine flache Aussaattiefe geachtet werden. Wegen dem hohen Keimwasserbedarf hat sich eine Ablagetiefe von 3-4 cm bewährt. Ist der Boden nach oben jedoch leicht durchdringbar kann man auch eine tiefere Einstellung mit 5 cm wählen. Wichtig dabei ist, dass bei der Aussaat die Ablagetiefe gleichmäßig ist und das Saatgut vollständig mit dem Boden bedeckt wird. (Pflanzenzüchtung, 2015) (Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, 2022)

Das Saatbeet sollte feinschollig bis krümelig, 2 bis 3 cm tief gelockert und der Oberboden gut abgesetzt sein. Gleichzeitig wird eine kompakte untere Schicht mit gutem Bodenschluss gefordert. Die besten Ergebnisse hinsichtlich der Saattiefe, der Aussatgenauigkeit, der Samenzahl/m² und der Standraumverteilung werden mit einer Einzelkorn- oder einer pneumatischen Sämaschine erzielt. Jedoch ist auch die Aussaat mit einer mechanischen Drillsämaschine möglich. Dabei sollten Verstopfungen bei der Aussaat überprüft werden. (Pflanzenzüchtung, 2015) (Deutsche Saatveredlung AG, 2022, S. 20)

Ein Reihenabstand von 12,5 cm sorgt für eine günstige Standraumverteilung der Einzelpflanzen und einen verbesserten Feldaufgang. Bei Reihenabständen von 25 bis 35 cm kann auch gehackt werden. Jedoch sollte der Reihenabstand von 35 cm nicht überschritten werden, denn ansonsten steigt die Gefahr der Spätverunkrautung durch das späte Schließen der Reihen. Diese kann auch bei der

Ernte für Probleme sorgen. (Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, 2022) (Deutsche Saatveredlung AG, 2022, S. 20)

Bei der Lupine gibt es endständige = determinierte und verzweigte = indetermierte Wuchstypen. Für Lagen mit kürzerer Vegetationszeit sind vor allem die endständigen Lupinen zu empfehlen da sie in der Regel früher reif und standfester sind. Jedoch haben die endständigen Typen eine geringere Unkrautunterdrückung und es ist eine höhere Saatstärke notwendig. Die verzweigten Typen eignen sich für Lagen mit längerer Vegetationszeit, sie sind ertragsstärker und weisen eine bessere Unkrautunterdrückung auf. Bei schlechter Witterung bilden die verzweigten Typen Nach- und Kompensationstrieb aus, welche zu einer späten und ungleichen Abreife führten.

Für die Sortenauswahl sind, neben dem eben genannten Kornertrag und der gleichmäßigen Abreife von Hülsen und Stroh, der Rohproteintrag, die Platzfestigkeit der Hülsen und der Alkaloidgehalt wichtige Kriterien. Beim Alkaloidgehalt sind natürliche Schwankungen normal, zudem ist der Gehalt stark durch die Umwelt beeinflusst. Was den Anthraknosebefall betrifft besitzen die Blauen und Gelben Lupinen Resistenzen. Seit kurzem gibt es bei der Weißen Lupine erstmals tolerante Sorten gegenüber dieser Pilzkrankung. Die Toleranz der Sorten wird zurzeit noch durch Versuche ermittelt. (Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, 2022, S. 6) (Gerstl, 2021) (Hansueli Dierauer, Merkblatt Lupine, 2004, S. 4)

Die anthraknosetoleranten DSV-Sorten Frida und Celina stehen seit 2019 zur Verfügung und laut ersten Versuchsergebnissen können sie ihre Toleranz auch bestätigen. Eine deutliche Ertragsüberlegenheit der Weißen Lupine gegenüber der Blauen Lupine ist durch Feldversuche bereits ersichtlich. (Rieckmann, 2020)

Die Sorte Frieda ist ein bitterstoffarmer Verzweigungstyp und stellt wegen ihrer Anthraknosetoleranz in den üblichen Lupinenanbauregionen eine echte alternative Eiweißquelle dar. Sie verfügt über eine ausgeprägte Hülsenplatzfestigkeit und über einen guten Proteinwert von 31-33%. Durch die stark ausgeprägte Pfahlwurzel ist die Sorte vor allem auf tiefgründigen Böden sehr tolerant gegen trockene Phasen in der Abreifephase. (Probstdorfer Saatzeit, 2020) (Göttfried, 2022, S. 5)

Die zweite Sorte der Deutschen Saatveredlung mit der Bezeichnung Celina ist auch ein bitterstoffarmer Verzweigungstyp. Mit der Toleranz gegenüber der Anthraknose kann der Befall mit der Pilzkrankheit deutlich reduziert werden und so können auch hohe Erträge an hochwertigem Eiweiß sichergestellt werden. Im Gegensatz zur Sorte Frieda hat die Sorte Celina einen etwas höheren Korn- und Rohproteintrag. Ansonsten sind die zwei Sorten recht ähnlich. (Deutsche Saatveredlung AG, 2022)

In der nachstehenden Abbildung ist eine Sortenübersicht der Sorten Celina und Frieda, hinsichtlich ihrer, für den Anbau und die Verwendung bedeutenden Eigenschaften, dargestellt. In der darauf folgenden Tabelle ist die Legende abgebildet.

Sortenbez.	Knr	Jahr der Zulassung	Be. Hinweise	Bittr stoff geh.	Det. Wuchs	Blüt.- Farbe	Korn Orna- ment.	Blüh- be- ginn	Reife	Pflan- zen länge
Frieda	183	2019		1	1	2	1	3	4	5
Celina	182	2019		1	1	2	1	3	4	5

Sortenbez.	Knr	Jahr der Zulassung	Be. Hinweise	Neig. zu Lager	TKM	Korn- ertrg	Roh- prot. ertrg	Roh- prot. geh.	Zulas- sungs rubr.
Frieda	183	2019		3	7	6	7	3	1
Celina	182	2019		3	7	7	8	3	1

Abbildung 16: Screenshot Beschreibende Sortenliste zeigt die Sortenübersicht der Sorten Celina und Frieda (Bundessortenamt; 2022)

Legende zur Beschreibenden Sortenliste		
Bitterstoffgehalt	1: Bitterstoffarm	9: bittersoffhaltig
Determinierter Wuchs	1: fehlend	9: vorhanden
Blütenfarbe	1: weiß	2: bläulich- weis
Korn Ornamentierung	1: keine	5: schwarz
Blütebeginn	1: sehr früh	9: sehr spät
Reife	1: sehr früh	9: sehr spät
Pflanzenlänge	1: sehr kurz	9: sehr lang
Neigung zu Lager	1: fehlend oder sehr gering	9: sehr stark
Tausendkornmasse	1: sehr niedrig	9: sehr hoch
Kornertrag	1: sehr niedrig	9: sehr hoch
Rohproteintrag	1: sehr niedrig	9: sehr hoch
Zulassungsrubrik	1: Mit Voraussetzung des landeskulturellen Wertes in Deutschland zugelassen	1: In einem anderen EU-Land eingetragen

Tabelle 1: Legende zur beschreibenden Sortenliste (Bundessortenamt, 2022)

(Bundessortenamt, 2022)

Aus der Grafik ist ersichtlich, dass beide Sorten 2019 zugelassen wurden und bitterstoffarm sind. Des Weiteren ist kein determinierter Wuchs festzustellen und die Blütenfarbe bläulich-weiß ist auch bei beiden gleich. Es ist angeführt, dass keine Korn Ornamentierung, also keine Verfärbung bei den Sorten vorliegt. Der Blühbeginn und die Reife sind früh beziehungsweise mittelfrüh. Bei der Sorte Celina als auch bei der Sorte Frieda ist die Wuchshöhe mittel, die Neigung zu Lager gering und die Tausendkornmasse hoch. Unterschiede treten beim Kornertrag und beim Rohproteintrag auf. Hier ist die Sorte Celina mit „hoch“ beziehungsweise „hoch bis sehr hoch“ etwas besser als die Sorte Frieda, wo der Kornertrag „mittel bis hoch“ ist und der Rohproteintrag „hoch“ beträgt.

Eine weitere neue Sorte ist die französische Sorte Sulimo. Zugelassen wurde die Sorte erstmals 2016. Sie kann sich vor allem durch eine hohe Ertragsleistung und einen hohen Proteingehalt auszeichnen, zusätzlich weist sie eine gute Standfestigkeit auf. Die Sorte Sulimo ist im Vergleich zu den Sorten Celina und Frieda um etwa ein Monat später reif. Angegeben ist bei Sulimo, ähnlich wie bei den anderen Sorten, dass sie tolerant gegen die Pilzkrankheit Anthraknose ist. Besonders bei hohem Krankheitsdruck kann die Sorte Sulimo bei weitem nicht so gute Ergebnisse bringen wie die anderen Lupinen Sorten. (Arncken, 2020)

2.2.5.4 Pflanzenernährung und Düngung

Da die Lupinen zur Familie der Hülsenfrüchtler gehören, ist es ihnen möglich, durch ihre Symbiose mit den Knöllchenbakterien, Stickstoff zu fixieren, weshalb auf eine Stickstoffdüngung grundsätzlich verzichtet werden kann. Eine kleine Startgabe mit ungefähr 15 Kilogramm Rein-Stickstoff je ha wirkt sich jedoch stark fördernd auf das Pflanzenwachstum aus. Trotz des guten Phosphataufschließungsvermögens ist auf eine ausreichende Versorgung mit den Grundnährstoffen, auch Makronährstoffe genannt, unbedingt achtzugeben, sofern höhere Kornerträge angestrebt werden. Hierzu werden etwa 50 Kilogramm Rein-Phosphor je Hektar und ungefähr 70 Kilogramm Rein-Kalium je Hektar empfohlen.

Eine Behandlung, sehr oft auch Impfung genannt, mittels Knöllchenbakterien des Stammes *Rhizobium lupini* wird bei erstmaligem Anbau empfohlen, da dadurch das Pflanzenwachstum und die Stickstoffversorgung durch Fixierung gravierend erhöht wird. (Plarre, 1999, S. 703)

Grundsätzlich ist, sofern keine Höchsterträge angestrebt werden, eine Düngung der Grundnährstoffe, aufgrund der Fähigkeit Stickstoff zu fixieren und Phosphat bis in eine große Tiefe zu erschließen, nicht zwingend nötig. Sollten jedoch hohe Kornerträge von bis zu vier Tonnen je Hektar erwartet werden, wird eine Düngung der Makronährstoffe notwendig. Befindet man sich bei den einzelnen Nährstoffen in der Gehaltsklasse C oder höher, so wird eine entzugsorientierte Düngung empfohlen, mit der Ausnahme von Stickstoff. Die Entzugswerte können bei einem Ertragsniveau von ungefähr vier Tonnen je Hektar mit ungefähr 40 Kilogramm Diphosphorpentoxid (P_2O_5), 60 Kilogramm Kaliumoxid (K_2O) und 20 Kilogramm Magnesiumoxid (MgO) je Hektar angegeben werden. Durch eine Stickstoffdüngung würde die N-Fixierung durch die Rhizobien stark vermindert werden und dadurch der enorme ökonomische als auch ökologische Mehrwert verloren gehen. Zudem würde unnötigerweise die Abreife stark verzögert und das Unkrautwachstum enorm gefördert werden.

Der Makronährstoff Kalium ist vor allem für die Steuerung des Wasserhaushaltes der Pflanze verantwortlich, wodurch eine bessere Trockentoleranz erzielt werden kann. Außerdem wird eine bessere Besiedelungsrate an der Wurzel der Lupine durch ausreichende Kaliumversorgung erreicht. Diese Faktoren lassen darauf schließen, dass vor allem auf leichten Standorten und in trockenen Jahren auf eine ausreichende Kaliumversorgung geachtet werden muss. Am günstigsten erscheint

es, den Kaliumdünger direkt in den Bestand zu streuen, da Kalium relativ auswaschungsgefährdet ist.

Die Calciumdüngung wird üblicherweise durch eine Kalkung durchgeführt, welche bei einer Fruchtfolge mit Lupine bereits zur Vorfrucht gegeben werden sollte. Ansonsten kann die Lupinen-Chlorose, durch Festlegung des freien Eisens im Boden, zum Vorschein kommen.

Die Energieversorgung der Knöllchenbakterien, wobei der Phosphorgehalt in diesen bis zu drei Mal höher ist als in der restlichen Pflanze, wird maßgeblich durch den Nährstoff Phosphor beeinflusst. Eine Düngung wird nur bei den Gehaltsklassen A oder B empfohlen.

Als wichtiger Baustein von Chlorophyll ist Magnesium außerdem für den Stärketransport und die Proteinsynthese mitverantwortlich. Bei der Magnesiumversorgung muss der Kationen-Anionen-Antagonismus beachtet werden. Auf schwereren Böden ist meist ausreichend Magnesium vorhanden, weshalb auf diesen Standorten meist keine Düngung notwendig ist. Wie bei Kalium ist eine Magnesiumdüngung, meistens in Verbindung mit der Kaliumdüngung, bei trockenen Bedingungen, vor allem auf leichten Böden, aufgrund der schlechten Verfügbarkeit, wichtig.

Da Schwefel an vielen verschiedenen Prozessen in der Pflanze beteiligt ist, kommt diesem Nährstoff eine besondere Bedeutung zu. Zu seinen Hauptaufgaben zählen die Beteiligung am Proteinstoffwechsel, wodurch bei Mangelercheinungen die Stickstoff-Fixierungsleistung stark verringert wird. Ebenfalls in Kombination mit der Kaliumdüngung kann eine Schwefeldüngergabe, je nach Quelle von null bis 60 Kilogramm oder von zehn bis 30 Kilogramm Rein-Schwefel je Hektar, erfolgen.

Mikronährstoffe, wie beispielsweise Bor, Kupfer, Zink, Eisen, Mangan, Molybdän und Kobalt, werden von der Pflanze nur in sehr geringen Mengen benötigt, sind jedoch essenziell für die Entwicklung der Pflanze. Meist sind sie in ausreichender Menge im Boden vorhanden, wobei die Verfügbarkeiten je nach Mikronährstoff sehr stark schwanken und bei verschiedensten Bodenverhältnissen sehr unterschiedlich sind. Daher in manchen Jahren eine Düngung über das Blatt nötig sein. Eine standardmäßige Gabe der Mikronährstoffe, außer von Bor, wird dennoch nicht empfohlen. Wenn eine Gabe nötig ist, kann diese mit einer etwaigen Fungizid- oder Insektizidbehandlung mittels Pflanzenschutzspritze durchgeführt werden. Bei Manganmangel kann eine Blattspritzung im Sechsstadium vorgenommen werden. Sinkt der pH-Wert des Bodens auf unter fünf und herrschen zusätzlich trockene Bedingungen, ist die Verfügbarkeit des für den Energiestoffwechsel zuständigen Mikronährstoffes Molybdän, welcher auch für die Rhizobien unbedingt ausreichend zur Verfügung stehen muss, sehr bescheiden. Bor ist für viele pflanzenphysiologische Vorgänge verantwortlich oder mitverantwortlich, wodurch diesem Element unter den Mikronährstoffen die wahrscheinlich bedeutendste Rolle zukommt. Neben der Beteiligung an der Entwicklung der Knöllchenbakterien ist dieser Nährstoff neben Kalium und Calcium für die Zellteilung und für den Aufbau der Zellwände nötig, hierbei insbesondere für

die Stabilität und Strukturbildung. Des Weiteren ist es auch für diverse Stoffwechselfvorgänge, wie den Eiweißhaushalt, den Hormonstoffwechsel, aber auch den Kohlenhydratstoffwechsel, essenziell. Außerdem hat dieses Element noch Bedeutung für den Zuckerhaushalt der Pflanze, die Ausbildung wachsender chlorophyllhaltiger Zellen und für die Bildung bzw. das Wachstum der Pollenschläuche in der Blütezeit. Letztere Aufgabe kann bei etwaigem Mangel zu einer gehinderten Entwicklung der generativen Organe führen, wodurch Ertragsverluste möglich sein können. Üblicherweise ist Bor, bei einem sehr geringen Bedarf von etwa 150 Gramm je Hektar, ausreichend im Boden vorhanden. Jedoch ist, wie bei den meisten Mikronährstoffen, die Verfügbarkeit für die Pflanze bei Trockenheit gering. Deshalb wird eine Bordüngung über das Blatt sehr häufig als Standard kurz vor dem Reihenschluss durchgeführt. Sollte es bei äußerst trockenen Bedingungen oder exorbitant hoher Ertragserwartungen notwendig sein, kann eine zusätzliche Gabe in den BBCH-Stadien 39 bis 51 nachgelegt werden. Bor wird zur Gänze nur über die sogenannten Xyleme, dies sind wasserleitende Gefäße, transferiert. Wird die Verdunstung des Wassers über die Blätter, dabei besonders über die Spaltöffnungen, auch Transpiration genannt, geringer, so herrscht eine schwache Versorgung der Pflanze vor. Besonders junge und frische Blätter, speziell bei trockenen Verhältnissen, verfügen oft über eine unzureichende Borversorgung, aufgrund der Tatsache, dass diese Pflanzen meist eine geringere Transpiration aufweisen.

(Deutsche Saatveredlung AG, 2022, S. 18 bis 19) (Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, 2022, S. 9) (e.V., 2007, S. 20 bis 21) (Schachler, 2016, S. 23)

Die Vorgehensweise und die verschiedenen Anwendungsmöglichkeiten für die Impfung mit Rhizobien des Stammes *Rhizobium lupini* wird im Kapitel 2.2.5.3 ausführlich erläutert.

2.2.5.5 Pflanzenschutz

Zuerst wird in diesem Kapitel der Pflanzenschutz allgemein und anschließend die mit Abstand bedeutendste Krankheit, die Anthraknose (*Colletotrichum lupini*), beschrieben.

Durch die Bodenbearbeitung und durch Voraufbauherbizide kann der Acker gut unkrautfrei gehalten werden. Es würden auch Herbizide für den Nachaufbau zur Verfügung stehen, aus Gründen der Empfindlichkeit der Lupine gegenüber Kontaktherbiziden und aus ökologischer Sicht sollten diese Pflanzenschutzmittel nicht eingesetzt werden. Das Striegeln ist im Rosettenstadium gut möglich. Einer der wichtigsten Faktoren für einen erfolgreichen Lupinenanbau mit vitalen Pflanzen ist ein gesundes zertifiziertes Saatgut, welches über eine hohe Triebkraft verfügt. Die Unkrautunterdrückung während der Jugendentwicklung ist bei jenen jungen Pflanzen am höchsten, welche über eine große Blattfläche verfügen. (Plarre, 1999, S. 703 bis 704)

Grundsätzlich hat der Pflanzenschutz, bei jeglichen Kulturen, nach der verpflichtenden Praxis des Integrierten Pflanzenschutzes zu erfolgen. Um dies zu bewerkstelligen sind eine angepasste Fruchtfolgegestaltung und das Auswählen von Schlägen mit geringem Unkrautdruck unerlässlich. Die Unkrautunterdrückung und die daraus resultierende Konkurrenzkraft gegenüber Unkräutern ist, wie für alle Hülsenfrüchtler charakteristisch, aufgrund ihrer langsamen Jungendentwicklung und des späten Bestandesschlusses, sehr gering. Deshalb ist die Unkrautregulierung bei der Lupine sehr herausfordernd, sie stellt jedoch den Schlüssel zum Erfolg des Lupinenanbaues dar. Hinzu kommt, dass nur wenige Herbizide zugelassen sind. Die Vorauflaufbehandlung mit Herbiziden hat, ähnlich dem Blindstriegel, rasch nach der Aussaat zu erfolgen, um den Keimling keine Schäden zuzuführen. Klassische Problemunkrautarten in der Lupinenkultivierung sind der Windenknöterich (*Fallopia convulvulus*), Durchwuchsrap (*Brassica napus*) und Wurzelunkräuter, sowie die Ackerwinde (*Convolvulus arvensis*) und die Ackerkratzdistel (*Cirsium arvense*). Diese Arten werden nur teilweise durch die Herbizide ausreichend erfasst. Die beste Wirkung von Bodenherbiziden im Vorauflauf, erhält man, indem die Applikation auf ein feuchtes, gleichmäßig abgesetztes und glutenfreies Saatbett erfolgt. Es kann jedoch auch auf die mechanische Unkrautregulierung zurückgegriffen werden. Das rasch nach der Saat durchzuführende Blindstriegeln mit einer zusätzlichen Striegelanwendung im Vier- bis fünfblatt-Stadium der Lupine, stellt eine gute Strategie dar, um das Unkraut effektiv zu bekämpfen. Wird ein weiterer Reihenabstand gewählt, um Hack,- als auch Striegelmaßnahmen zu setzen, empfiehlt sich eine leicht erhöhte Aussaatmenge. Die mechanische Unkrautregulierung hat bei trockener Witterung zu erfolgen, um mögliche Schäden an den Pflanzen zu vermeiden. Ab dem Zeitpunkt des Reihenschlusses verfügt die Lupine durch ihre Beschattung, über eine gute Konkurrenzkraft gegenüber den Unkräutern.

Die beiden weitaus wichtigsten Schädlinge im Lupinenanbau sind der Gemeine Lupinenblattrandkäfer (*Sitona griseus*) und die Lupinenblattlaus (*Macrosiphum albifrons*). Zu deren Bekämpfung können bei Bedarf Insektizide eingesetzt werden. Die Vorgaben des integrierten Pflanzenschutzes sind stets zu beachten und einzuhalten. Es werden, von Autor zu Autor unterschiedlich, auch noch weitere Schädlinge angegeben. Wildtiere können, vor allem in Waldnähe, doch erheblichen Schaden durch Verbiss anrichten. Dabei sind vor allem das Europäische Reh (*Capreolus capreolus*) und der Feldhase (*Lepus europaeus*) zu nennen.

Bei der Vermeidung der pilzlichen Schaderreger ist stets auf ein zertifiziertes Saatgut zu achten und allen Maßnahmen des integrierten Pflanzenbaues Folge zu leisten, wie beispielsweise eine angepasste Fruchtfolgegestaltung, entsprechende Anbaupausen, richtiger Saatzeitpunkt oder die optimale Saattiefe. Zusätzlich kann auf tolerante Sorten gegenüber der Anthraknose zurückgegriffen werden. Werden diese Faktoren beachtet, ist meist keine Behandlung durchzuführen, welche ohnehin nur sehr begrenzt möglich und erfolgreich ist.

(Deutsche Saatveredlung AG, 2022, S. 21 bis 22 und 24 bis 31) (Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, 2022, S. 10 bis 13) (e.V., 2007, S. 25 bis 32) (Schachler, 2016, S. 23) (Struck, 2016, S. 35 bis 41)

In Abhängigkeit der verwendeten Quelle, werden unterschiedlichste pilzliche Schaderreger der Lupinenarten genannt, diese haben jedoch, mit Ausnahme der Anthraknose, eine nur äußerst geringe Auswirkung auf die Ertragsleistung. Dieser Umstand führt dazu, dass ausschließlich die Anthraknose im Zuge dieser Diplomarbeit beschrieben wird. Dies ist wiederum darin begründet, dass die Anthraknosetoleranz einzelner Sorten der Weißen Lupine untersucht wird.

Als pathogener Schaderreger kann die Gattung *Colletotrichum*, welche zu den Deuteromyceten gezählt wird, auf unterschiedlichen Pflanzenarten vorkommen. Dadurch können mehr oder minder starke Ertragsausfälle verursacht werden, wobei bis zu 50 Prozent Ertragsminderung keine Seltenheit ist. Dazu ist, bei günstigen Bedingungen für den Erreger, ein Befall des Saatgutes mit lediglich 0,1 Prozent ausreichend. Die Fachliteratur rund um die Gattung *Colletotrichum* ist sehr spärlich, wenige Arbeitsgruppen in Australien und Deutschland beschäftigen sich mit dieser Gattung. Die Brennfleckenkrankheit, oder auch Anthraknose genannt, wird von dem Pilz *Colletotrichum lupini* verursacht. Diese Krankheit ist die gefährlichste, häufigste und mit dem größten Verbreitungsgebiet vorkommende Krankheit der Lupinenarten in den Anbaugebieten. Diese Pilzart wurde 2002 von den drei Autoren NIRENBERG, FEILER und HAGEDORN, als *Colletotrichum lupinin* neu beschrieben, derzeit sind zwei Varietäten bekannt. Zuvor war dieser Pilz unter den Namen *Colletotrichum gloeosporioides* oder auch *Colletotrichum acutatum* bekannt. In Südamerika wurde dieser Pilz im Jahre 1914 das erste Mal als solcher erkannt und identifiziert. In Europa kommt er seit Mitte der 1990er Jahre vor. Es werden alle Lupinenarten befallen, die Schmalblättrige Lupine weist die beste natürliche Toleranz gegenüber dem Schaderreger auf. Da der Erreger samenbürtig ist, konnte er sich durch die Einschleppung mittels südamerikanischen Saatgutes in Europa rasch verbreiten. Ab 1994 wurden in ganz Europa starke Ertragsausfälle verzeichnet, vor allem bei der Weißen Lupine, bis hin zu Totalausfällen. Bis heute ist die Lage dramatisch und der Lupinenanbau war zeitweise beinahe völlig eingestellt. Die schädigende Varietät in Mitteleuropa ist *Colletotrichum lupini* var. *setosum*. Diese Varietät ist hoch spezialisiert und verursacht ausschließlich bei den Lupinenarten, einschließlich deren Hybriden, einen Schaden. Durch tolerante Sorten sollte ein Wiederaufschwung der Kultivierung gelingen. (Feiler, 2003, S. 7 bis 9) (Alkemade, 2021, S. 1 bis 3) (Nirenberg F. u., 2010) (Tschöpe, 2011, S. 3)

Das Schadbild und die Symptome sind je nach Lupinenart unterschiedlich, wobei in der vorliegenden Arbeit nur jene der Weißen Lupine beschrieben werden. Eine Verlängerung des Hypokotyls ist bei befallenen Pflanzen im Keimstadium sichtbar. Die jungen Pflanzen sind gefährdet, dass sie bei der Bildung der ersten Laubblätter umfallen, aber vorerst noch Chlorophyll produzieren und grün bleiben. Der Keimstängel, in der Fachsprache Hypokotyl genannt, kann mit unterschiedlich langen braunen Flecken befallen sein. Wenn Verdrehungen oder Sprossverlängerungen an der Pflanze vorkommen, sind die Primärblätter meistens

noch an der Pflanze vorhanden. Solche Symptome können bereits im Zwei- bis Vierblattstadium auftreten. Die Blätter hängen sehr oft durch und machen einen welken Eindruck, während die Stiele des ersten Laubpaares oftmals verlängert sind. Verletzungen und Flecken am Stängel sind meistens ab dem Zehn- bis Zwölfblattstadium sichtbar. Die fleischigen Keimblätter sind bei kranken Pflanzen noch öfters sichtbar, entgegen denen von vitalen Individuen. In allen Entwicklungsstadien bis zur Blüte konnten Missbildungen der Laubblätter festgestellt werden. Verdrehungen am Hauptspross und das Abfallen der Fiederblättchen ist während der Blühdauer der Weißen Lupine bei einem Befall sehr typisch. Sind die Bedingungen sehr trocken und tritt dennoch ein Befall auf, so sind Verkrümmungen an den Blattstielen sichtbar. Welche Blätter, herabhängende und eingeschnürte Blattstiele, als auch geknickte Pflanzen sind sehr häufig zu finden. Die charakteristischen Brennflecken der Hülsen treten bei dieser Lupinenart besonders oft auf. Hülsenmissbildungen sind die häufige Folge des Befalles bei trockener Witterung. Bis zur Blüte und bei trockenem Wetter ist das Schadbild sehr unspezifisch. Deshalb ist eine Bonitur für eine sachliche Einschätzung des Befalles unerlässlich. Auf die Krümmung der Nebentriebe und Blattstiele ist ein besonderes Augenmerk zu legen. Herabhängende Blätter samt Stiel und vertrocknete oder abgeknickte Blätter können bei allen Arten der Lupine festgestellt werden. Bei keiner sicheren Diagnose der Anthraknose, kann Pflanzenmaterial in einen verschlossenen Plastikbeutel gegeben und darin einen Tag in Ruhe gelassen werden. Sobald gelb bis orange Konidienlager erscheinen, ist von einem Befall auszugehen und er kann unter einem Mikroskop untersucht werden. Bei Spätbefall handelt es sich um verdeckten Befall, welcher vorerst nicht sichtbar war. Werden diese Flächen genau beobachtet und bonitiert, kann man die oben genannten Merkmale genauso finden. (Nirenberg U. F., 2004, S. 4 bis 5)

Tab. 2. Überblick der *Colletotrichum*-Befallssymptome bei den drei landwirtschaftlich genutzten Lupinenarten

Pflanzenstadium	<i>Lupinus albus</i>	<i>Lupinus angustifolius</i>	<i>Lupinus luteus</i>
Auflauf bis Ausbildung der ersten beiden Laubblattpaare	<ul style="list-style-type: none"> • Verlängerung Hypokotyl • Umfallen der Keimlinge • Hypokotylflecken • Verdrehung u. Verkrümmung des Stengels und der Blattstiele • Verlängerung der Blattstiele des ersten Laubblattpaares 	<ul style="list-style-type: none"> • Auflaufverzögerung • unspezifische Welkeerscheinungen • unspezifische Flecken an den Primärblättern 	<ul style="list-style-type: none"> • Auflaufverzögerung • Flecken auf den Primärblättern • gelbliche Verfärbungen und Verformungen • Hypokotylfäule → oft bleiben nur Primärblätter übrig
6–12 Blätter	<ul style="list-style-type: none"> • Stengelflecken • Primärblätter noch vorhanden • Missbildungen an Laubblättern 	<ul style="list-style-type: none"> • unspezifische Welkeerscheinungen • Zwergwuchs • Stengelkrümmungen 	<ul style="list-style-type: none"> • Stengelkrümmungen • Verfärbungen
Blüte – Hülsenansatz	<ul style="list-style-type: none"> • Abfallen der Fiederblätter • Verdrehung des Sprosses • Abknicken der Pflanzen in Höhe der Stengelflecken 	<ul style="list-style-type: none"> • Einrollen der Fiederblätter • Herabhängen einzelner Laubblätter 	<ul style="list-style-type: none"> • Stengelkrümmungen • Verfärbungen • unspezifische Stengel- und Blattflecken
Reife	<ul style="list-style-type: none"> • Hülsenflecken • Hülsenmissbildungen • Blattflecken bei Feuchtigkeit 	<ul style="list-style-type: none"> • verformte Hülsen mit unspezifischen Flecken 	<ul style="list-style-type: none"> • Missbildungen • Vergilbung • Stengelflecken • unspezifische Hülsenflecken

Abbildung 17: Symptome der drei in Mitteleuropa relevanten Lupinenarten bei Befall der Anthraknose (Feiler und Nirenberg)



Abbildung 18: Drohnenfoto mit der Parzelle Sulimo in der Mitte



Abbildung 19: Geknickte Pflanze mit braunem Fleck an der Knickung



Abbildung 20: Totalausfall der Sorte Sulimo



Abbildung 21: Pflanzen mit stark verkümmerten Hülsen und welken Blättern

Ein Wert für die Schadschwelle konnte, aufgrund der sehr unterschiedlichen und teilweise undeutlichen Symptome, nicht gefunden werden. Außerdem ist die Fachliteratur in diesem Punkt sehr spärlich.

Als wirksame Bekämpfung können eigentlich nur vorbeugende Maßnahmen getroffen werden. Dazu zählen zertifiziertes Saatgut zu verwenden, die Maschinen nach dem Einsatz in möglicherweise befallenen Beständen zu reinigen und nicht zuletzt ist die Sortenwahl ausschlaggebend, wobei mittlerweile tolerante Sorten der Weißen Lupine zur Verfügung stehen. Bei den Fungizidbehandlungen war bisher

eine Saatgutbeize sehr vielversprechend, diese ist jedoch nicht mehr zugelassen. Die derzeit zugelassenen fungiziden-Wirkstoffwirken gegen den Schaderreger nur unzureichend. Im Vermehrungsanbau ist eine zweifache Behandlung üblich. Die erste Überfahrt wird im Vierblattstadium durchgeführt und zwei bis drei Wochen später folgt die zweite Behandlung. Beim Konsumanbau ist die Wirtschaftlichkeit der Fungizidmaßnahmen zu hinterfragen. (Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, 2022, S. 10)

2.2.5.6 Ernte

Die Ernte kann vorgenommen werden, sobald die Körner hart sind und in der Hülse bei Schüttelbewegungen rascheln, denn zu diesem Zeitpunkt sind die Rückennaht der Hülse und der Nabelstrang getrennt. Zudem werden auch noch Parameter, wie abgeworfene Blätter oder braunes Stroh, genannt. Tendenziell ist die Schmalblättrige Lupine mit einem Erntetermin zwischen Mitte und Ende Juli am frühreifsten. Die Weiße Lupine ist meist Ende August bis Anfang September druschreif, somit ca. zwei Wochen später als Ackerbohne (*Vicia faba*) und vier Wochen früher als die Sojabohne (*Glycine max*). Die Gelbe Lupine reiht sich im Druschtermin zwischen diesen beiden Lupinenarten ein. Die verzweigten Wuchstypen benötigen oftmals ein bis zwei Wochen länger als jene Sorten mit endständigem Wuchstyp. Bei feuchter Witterung ist der Erntezeitpunkt schwieriger festzustellen und es kann sein, dass eine spontane Ernte vorgenommen werden muss, um Regenfenster optimal auszunutzen. Die optimale Kornfeuchte beim Drusch liegt bei 14 bis 16 Prozent Wassergehalt im Korn. Die höchste Hülsenplatzfestigkeit liegt bei der Weißen- und bei der Gelben Lupine vor, die Schmalblättrige Lupine ist bei zu fortgeschrittener Reife nicht platzfest.

Dadurch kann die Weiße Lupine zu jeder Tages- und Nachtzeit mittels Mähdrescher geerntet werden, zu bevorzugen wären jedoch die frühen Morgenstunden. Bei einer Hülsenansatzhöhe von 15 bis 20 Zentimeter wird kein Flex-Schneidwerk am Mähdrescher benötigt, um erhebliche Ernteverluste zu vermeiden. Auch bei Lager ist die Lupine gut dreschbar. Die Dreschtrommel sollte mit einer möglichst niedrigen Drehzahl angetrieben werden, um die Körner zu schonen. Außerdem sollte der Dreschkorb so weit als möglich geöffnet werden und der Wind sollte scharf eingestellt werden, um eine rasche Trennung des Strohs zu gewährleisten.

Ein maximaler Wassergehalt des Kornes von 14 bis 15 Prozent muss gegeben sein, um das Erntegut aufbereiten zu können und damit es lagerfähig ist. Eine Temperatur von 35 bis 40 Grad Celsius, diese Werte sind je nach Autor unterschiedlich, darf bei der Trocknung nicht überschritten werden. Es gilt jedoch, je niedriger die Temperatur, desto schonender ist die Trocknung und die Neigung zu Schalenrissen. Der Gebläseeinsatz und hohe Fallhöhen sollten auf jeden Fall bei der Saatgutproduktion nicht angewandt werden, um das Saatgut bestmöglich zu schonen.

(Deutsche Saatveredlung AG, 2022, S. 22 bis 23) (Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, 2022, S. 13 bis 14) (e.V., 2007, S. 23 bis 25) (Schachler, 2016, S. 32 bis 33)

2.2.6 Verwertung

2.2.6.1 Tierernährung

Vor allem in der Schweine- und Rinderfütterung aber auch in der Geflügelfütterung ist die Weiße Lupine aufgrund ihres hohen Eiweißgehalts und der guten Verdaulichkeit interessant.

Im Vergleich zur Lupine weist die Ackerbohne und auch die Futtererbse einen deutlich niedrigeren Rohprotein- und Rohfettgehalt auf. Ein weiterer Vorteil der Lupine ist, dass sie ohne vorherige Behandlung geschrotet oder gequetscht als Futtermittel verwendet werden kann. Somit entfällt im Vergleich zur Sojabohne das Toasten.

Ausschlaggebend dafür, ob die Lupine für die Tierernährung geeignet ist, ist der Alkaloidgehalt. Diese antinutritiven Inhaltsstoffe sind auch als gesundheitsbeeinträchtigende Bitterstoffe bekannt. Bei der Tierernährung ist es vor allem ein Problem, dass die Alkaloide bitter sind und so den Tieren nicht schmecken. Daher wird für den Alkaloidgehalt ein Schwellenwert von 0,05 Prozent also 500 Milligramm je Kilogramm angegeben, um keine Einschränkung der Futteraufnahme beziehungsweise der Gesundheit der Tiere zu riskieren. Bei Schweinen sollte der Alkaloidgehalt der gesamten Ration unter 0,02 Prozent liegen. Der Grund dafür ist, dass Schweine auf den bitteren Geschmack sehr empfindlich reagieren. Um die Ration optimal mischen zu können, ist eine Inhaltsstoffanalyse inklusive einer Alkaloidgehaltsbestimmung sehr zu empfehlen, da diese Werte stark schwanken können. (Deutsche Saatveredlung AG, 2022, S. 38) (Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, 2022, S. 15)

In der nachfolgenden Abbildung wird der Unterschied der wesentlichen Nährstoffgehalte der Weißen und Blauen Lupine im Vergleich zum Sojaextraktionsschrot angeführt.

Futtermittel	Rohasche g/kg TM	Rohprotein g/kg TM	Rohfett g/kg TM	Rohfaser g/kg TM	Stärke g/kg TM	Zucker g/kg TM
Weiße Lupine <i>Lupinus albus</i>	40	373	88	130	74	73
Blaue Lupine <i>Lupinus angustifolius</i>	37	333	57	163	101	55
Sojaextraktions- schrot	57	510	15	67	69	108

Quellen: DLG: Kleiner Helfer, 10. Auflage 1999

Abbildung 22: Nährstoffgehalte der Lupine im Vergleich zum Sojaextraktionsschrot

Der hohe Gehalt an Rohfaser, der zu einen überwiegenden Anteil aus Nicht- Stärke-Polysacchariden oder abgekürzt NSP besteht, ist vor allem bei der Verfütterung an Schweine und an Geflügel zu beachten. Als Nicht-Stärke-Polysaccharide (NSP) werden alle Polysaccharide bezeichnet, die vorwiegend in den Zellwänden von Pflanzen vorkommen und die nicht der Stärke zuzuordnen sind. Dem tierischen Organismus fehlen körpereigene Enzyme zum Abbau von NSP. Die Lupine hat im Vergleich zu Erbse und Ackerbohne einen niedrigen Stärkegehalt und ersetzt damit nur sehr gering das Getreide in der Ration. Ein Kilogramm Lupine entspricht etwa 0,3 Kilogramm Getreide und 0,7 Kilogramm Sojaextraktionsschrot. Die geringere Stärkemenge, welche zudem noch langsam abbaubar ist, ist in energiereichen Rationen von Vorteil. Beispielsweise wird in der Rinderfütterung dadurch das Risiko der Pansenazidose verringert. Die Zucker- und Rohfettgehalte sind hoch in der Lupine, daher liegt der energetische Futterwert auf einem deutlich höheren Niveau als der der Ackerbohne. Die Erbse, mit ihrem hohen Stärkegehalt und die Lupine übertreffen mit ihrem energetischen Futterwert sogar den Sojaschrot. Die Lupine ist zudem relativ reich an Lysin. Werden die praecaecalen Verdaulichkeiten beurteilt, fällt auf, dass die Lupine ähnlich hohe Werte wie der Sojaschrot aufweist. Damit wird der etwas geringerer Bruttolysinwert gegenüber den anderen Körnerleguminosen ein wenig ausgeglichen. Zusätzlich ist der geringe Gehalt an Methionin und Cystin in der Ration zu beachten. Bei anspruchsvollen Tierkategorien wie zum Beispiel bei Ferkeln oder bei Geflügel, ist das für einzelne Aminosäuren suboptimale Aminosäurenprofil von Nachteil und erfordert einen entsprechenden Ausgleich mit gezielt ausgewählten Proteinträgern oder mit Aminosäuren. Daher sollte in der Geflügelfütterung der Rationsanteil an Lupinenkörner 25 Prozent nicht überschreiten. (Deutsche Saatveredlung AG, 2022, S. 38) (Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, 2022, S. 16) (Bracher, 2019) (Weber, 2016)

In der nachstehenden Abbildung sind die Inhaltsstoffe der Süßlupine aufgelistet. Zum Vergleich sind die Inhaltsstoffe von Rapsextraktionsschrot angeführt. Die Werte der Inhaltsstoffe sind stark umweltbeeinflusst und können daher schwanken. Die Abbildung gibt lediglich einen ungefähren Überblick. (Bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), 2020)

2. Inhaltsstoffe pro kg TM im Vergleich zu Rapsextraktionsschrot (nach Gruber Tabelle 2020)

	Süßlupinen	Rapsextraktionsschrot
Trockenmasse [g]	880	890
Rohasche [g]	41	78
Rohprotein [g]	376	387
nXP [g]	217	252
UDP [%]	20 ¹⁾	35
Lysin [g]	18,1	19,9
Methionin [g]	2,3	7,5
NEL [MJ]	9,3	7,2
ME [MJ]	14,7	11,8
pansenabbaubare Kohlenhydrate [g]	129	80
Rohfett [g]	88	35
Rohfaser [g]	136	133
Kalzium [g]	2,9	8,7
Phosphor [g]	5,1	11,9
Natrium [g]	0,6	0,5
Kalium [g]	9,5	14,2

¹⁾ Kann durch thermische Behandlung erhöht werden

Abbildung 23: Inhaltsstoffe der Süßlupine im Vergleich zu Rapsextraktionsschrot (Bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft)

Die Lupine ist unter anderem aufgrund des hohen Gehaltes an Lysin für die Schweinefütterung gut geeignet. Aufgrund des schon angesprochenen hohen energetischen Futterwertes ist die Lupine mit Mais lastigen Rationen nur beschränkt kombinierbar. Durch den höheren Rohfasergehalt ist die Lupine speziell bei tragenden Sauen interessant. Bei tragenden Sauen könnte die Lupine den Proteinbedarf ohne zusätzlichen Proteinträgern decken. Bei Futtermischungen, speziell für Mastschweine wird ein Einmischen von zusätzlichen Eiweißkomponenten in die Ration nötig sein. Der geringe Gehalt an Methionin und Cystin muss mittels Mineralfutter in der Ration ergänzt werden. Anstatt des Mineralfutter kann auch Rapsextraktionsschrot zum Ausgleich des geringen

Methioningehalte herangezogen werden. Genaue Angaben zu einer exakten Rationszusammensetzung mit enthaltener Lupine für die Schweinemast sind schwer möglich, da die Inhaltsstoffe der Lupine, abhängig vom Standort stark schwanken. Daher sollte immer eine betriebsindividuelle Inhaltsstoffanalyse durchgeführt werden, um die richtige Zusammensetzung zu finden.

Zusammengefasst kann gesagt werden, dass etwa die Hälfte des Sojaschrotes durch die Lupine ersetzt werden kann. Zu beachten sind dabei die geringen Gehalte an schwefelhaltigen Aminosäuren Methionin und Cystin. Diese können wie schon angesprochen, durch freie Aminosäuren in den Rationen ersetzt werden. Je nach Autor sind unterschiedliche empfohlene Höchstanteile in der Ration zu finden. Dies liegt vor allem daran, dass der Alkaloidgehalt und die Inhaltsstoffe der Lupine stark schwanken. (Deutsche Saatveredlung AG, 2022) (Dr. H. Lindermayer, 2011) (Redaktion Landwirtschaft heute, 2008) (Bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), 2020)

In der ökologischen Schweinehaltung ist der Einsatz noch beschränkter möglich, da nur wenige Lieferanten für die essenziellen Aminosäuren Methionin und Cystin in der Ration zur Verfügung stehen. (Deutsche Saatveredlung AG, 2022)

In der nachstehenden Abbildung ist eine grobe Empfehlung für den Höchstanteil von Lupinen in der Schweinefütterung gegeben. Die Werte schwanken je nach Inhaltsstoffen stark. (Redaktion Landwirtschaft heute, 2008)

Tabelle 2: Empfohlene Höchstanteile von Lupinen für Schweine in Prozent						
Futtermittel	Ferkel		Sauen		Mast	
	< 15 kg LG	> 15 kg LG	tragend	säugend	AM	EM
im Trockenfutter:						
Süßlupine blau	-	5	20-25	15-20	15-20	15-20
Süßlupine gelb	-	5	20-25	15-20	15-20	15-20
Süßlupine weiß	-	5	20-25	15-20	10-15	15-20
Spannen abhängig vom Alkaloidgehalt, bezogen auf lufttrockenes Futter (880 g TM); AM= Anfangsmast; EM= Endmast						

Abbildung 24: Empfohlene Höchstanteile von Lupinen in der Schweinefütterung (Artikel: Die Lupine ist die Sojabohne des Nordens)

2.2.6.2 Humanernährung

Durch den hohen Eiweißgehalt der Lupine wird diese in den Mittelmeerländern bereits seit über 3.000 Jahren als Nahrungsmittel genutzt. Zurzeit gewinnt die Lupine in der Humanernährung wieder an Bedeutung. Dies liegt vor allem daran, dass sie cholesterin-, gluten-, und laktosefrei ist, somit kann sie vielseitig eingesetzt werden. Beispielsweise gibt es bereits Kaffee, Milchersatzprodukte, Speiseeis und Mehl aus Lupine. In Fleischersatzprodukten und in der veganen sowie vegetarischen Ernährung gewinnt sie vor allem als Eiweißquelle immer mehr an Bedeutung. In Form von Proteinisolat kann die Lupine als Emulsionsbildner in fett- oder ölhaltigen Lebensmitteln wie Suppen, Dressings, Mayonnaise, Backwaren, Brotaufstrichen und Wurstwaren eingesetzt werden.

Hinsichtlich gesundheitlicher Aspekte wirkt sich die Weiße Lupine auf verschiedene Weisen positiv auf die menschliche Gesundheit aus. Unter anderem sind die mehrfach ungesättigten Fettsäuren und der hohe Gehalt an Mineralstoffen, Carotinoide, Vitamin A, B1 und E ein Grund für den gesundheitlichen Vorteil. Bei Rheumaerkrankungen, der Gicht und bei Nierenprobleme wirkt sich der vergleichsweise sehr geringe Gehalt an Harnsäure positiv aus. Profitieren können auch Diabetiker. Durch die langsame Verfügbarkeit der Kohlenhydrate ist der glykämische Index niedrig und somit verlangsamt sich eine Erhöhung des Blutzuckerspiegels. Zudem weist die Lupine viele Ballaststoffe auf, die im Vergleich zu anderen Hülsenfrüchten besser verträglich sind, da sie weniger blähend wirken.

Die Lupine enthält auch Alkaloide, sogenannte Bitterstoffe, welche gesundheitsbeeinträchtigend sein können. Durch Züchtung wurde die Lupine, von der Bitterlupine mit einem sehr hohen Alkaloidgehalt, zu einer bitterstoffarmen Lupine gezüchtet, welche auch unter Süßlupine bekannt ist. Der Schwellenwert bei der Humanernährung liegt meist bei 0,02 Prozent der Originalsubstanz das entspricht 200 Milligramm je Kilogramm. Je nach Abnehmer kann auch der Schwellenwert abweichen. Durch eine Verarbeitung ist oft auch eine Reduktion des Alkaloidgehaltes möglich. Sollte dieser trotzdem noch zu hoch sein, kann die Lupine auch mittels Entbitterung behandelt werden, bevor sie als Lebensmittel vermarktet wird.

Wegen der Verwandtschaft zu Erdnüssen und Soja können durchaus auch Kreuzallergien auftreten. Deshalb muss man das Vorhandensein von Lupine auf der Zutatenliste auch vermerken. (Deutsche Saatveredlung AG, 2022, S. 36,37)

2.2.7 Inhaltsstoffe und Qualitätsbeurteilung

Um eine Qualitätsbeurteilung bei der Lupine anstellen zu können, müssen die drei Stoffgruppen Alkaloide (Bitterstoffe) Proteine (Eiweiße) und Lipide (Fette) in Betracht gezogen werden. Hierbei ist die quantitative Ausprägung als auch die qualitative Zusammensetzung entscheidend. Beispielsweise eignen sich Bitterlupinen ausgezeichnet als Zwischenfrüchte für die Gründüngung, da sie über eine hohe Grünmasseproduktion verfügen. (Plarre, 1999, S. 697)

2.2.7.1 Alkaloidgehalt

Jede Lupine, selbst Süßlupinen, haben einen gewissen Gehalt an Alkaloide. Die Grenzwerte liegen hierfür bei 0,04 Prozent im Korn und bei 0,05 Prozent in den Blättern, an der Trockenmasse gemessen. Die Art des Alkaloides spielt hierbei jedoch keine Rolle. Dennoch können prozentual gesehen, die Werte von besonders toxischen Alkaloidformen, wie beispielsweise Lupanin oder Spartein, in den Süßlupinen höher sein als bei den bitteren Formen. Krämpfe und Nervenlähmungen, bis hin zu einem Herzstillstand, können durch einen Gesamtalkaloidgehalt von über 0,2 Prozent in Lebens- oder Futtermittel verursacht werden. Extrem süße Lupinen, mit einem Bitterstoffgehalt gegen null, wären äußerst kompliziert zu züchten, da diese über einen zwei- und mehrfach rezessiv homozygoten Genotyp verfügen. Die Lupinose wird durch Toxine, welche sich auf abgestorbenem Pflanzenmaterial der Lupinen bilden, verursacht und stammt von der Pilzart *Phomopsis leptostromiformis*. Diese Erkrankung kann bei Tieren zu Leber- und Nierenschäden oder gar zum Tode führen. (Plarre, 1999, S. 697 bis 698)

2.2.7.2 Proteingehalt

Wie alle Körnerleguminosen zählen auch die Lupinen zu den Öl- und Eiweißfrüchten. Das Aminosäuremuster aller Lupinenarten ist grundsätzlich als wertvoll und gut zu bezeichnen, wobei art- und sortenspezifische Unterschiede auftreten. Dieses Muster ist für die Ernährungsphysiologie von entscheidender Bedeutung, um eine angepasste Rationsgestaltung durchführen zu können. Des Weiteren ist das Aminosäuremuster auch bei der Ernährung des Menschen zu berücksichtigen.

Der Anteil des Nicht-Protein-Stickstoffes kann sehr groß sein, weshalb, sofern eine Stickstoffuntersuchung nach KJELDAHL durchgeführt wird, ein Umrechnungsfaktor von 5,70 anstatt 6,25 verwendet werden sollte. Somit kann ein realistischer Rohproteingehalt ermittelt werden. Die Verdaulichkeit des Lupinenproteins der Samen liegt bei ungefähr 90 Prozent und jenes der Grünmasse bei 70 bis 80 Prozent, wodurch man von einer sehr hohen Verdaulichkeit für Tiere und Menschen sprechen kann. Trypsin-Inhibitoren sind bei der Lupine im Gegensatz zur Sojabohne nicht bekannt. Diese Substanzen bewirken eine Hemmung des Trypsins. Bei einer Sorte der Gelben Lupine konnte eine biologische Wertigkeit von 72 festgestellt werden, womit sie über jener von Soja liegt. Grundsätzlich lässt sich sagen, dass sie bei allen Lupinen höher als 60 ist. Durch Umwelteinflüsse können die Gehalte von Tryptophan und Methionin stark schwanken. Teilweise werden bei Cystein höhere Werte als bei Sojabohnen festgehalten. Die energetischen Werte der Lupine sind mit jenen von Sojabohnenmehl vergleichbar. (Plarre, 1999, S. 698)

Der Lysingehalt von Lupinenarten zu anderen Eiweißfuttermitteln im Vergleich schwankt, je nach Autor, enorm stark, weshalb in diesem Abschnitt darauf nicht näher eingegangen wird.

2.2.7.3 Fett- und Ölgehalt

Als Ölpflanzen sind derzeit nur die Weiße Lupine und die Anden-Lupine (*Lupinus mutabilis*) vernünftig verwendbar. Physiologisch bedingt korrelieren Fett- und Eiweißeinlagerung bei Pflanzen, so auch bei den Doppelnutzungs-Lupinen, negativ miteinander. Eine hohe zwischen- und innerartliche Variabilität ist beim Fettmuster, sprich der Zusammensetzung des Öles, zu beobachten. Dies ist umweltbedingt, aber auch von der Genetik, abhängig. Durch Zucht kann man bei der Weißen Lupine den Gehalt an Linolen- und Erucasäure verringern, vergleichbar mit einem 000-Raps. (Plarre, 1999, S. 698)

2.2.7.4 Entscheidende Inhaltsstoffe in der Mastschweineproduktion

Bei der Fütterung der Mastschweine sind vor allem die Inhaltsstoffe Lysin, der Alkaloidgehalt und der Rohproteingehalt entscheidend. Die Bitterstoffe sind ausschlaggebend, um mögliche Erkrankungen der Tiere zu vermeiden. Der Rohproteingehalt, als auch der Lysingehalt sind entscheidend für die Wertigkeit des Futtermittels. Diese beiden Werte dienen auch als wichtige Anhaltspunkte, wenn es um den Vergleich von zwei Futtermitteln geht. Im Falle des Lupinenschrotes wird dieser oft mit Sojaextraktionsschrot verglichen.

Aus der nachfolgenden Abbildung sind die Gehalte der Lupinensamen, im Vergleich zum heimischen Sojaextraktionsschrot, dargelegt. Diese Werte sind wichtig für eine ausgewogene Rationsgestaltung und den daraus resultierenden möglichen Anteil des Lupinenschrotes in der Gesamtration.

Merkmal	Blaue Süßlupinen		Weiße Süßlupinen		Sojabohnen (europäisch)	
	g		g		g	
Rohasche	35	30–50	35	30–50	47	45–53
Rohprotein	289	180–330	339	200–350	340	250–450
Rohfaser	140	110–170	113		55	30–80
Rohfett	56	42–65	83		200	140–240
Stärke	(70) ¹	10–150	(77) ¹		(52) ¹	20–70
Zucker	50	20–70	64		71	60–90
NSP ²	389		315		257	
aNDFom ³	220	150–240	167		130	100–150
ADFom ⁴	180	140–240	128		90	70–100
Calcium	2,5	2,0–2,9	1,9	1,4–2,7	2,5	1,7–3,3
Phosphor	4,1	3,4–4,9	4,8	3,3–4,1	5,8	5,0–7,0
Kalium	13,4		10,6	7,3–11,5	19,9	15,7–23,9
Natrium	0,1		0,4	0,1–0,8	0,2	0,1–0,4
Magnesium	1,7	1,5–1,8	1,3	1,4–1,8	2,5	2,1–3,2
Lysin	14,0	11,5–14,6	15,9		21,8	17–29
Methionin	1,8	1,7–2,1	2,0		4,8	4,6–5,1
Cystin	4,4		5,0		5,0	4,7–5,6
Threonin	10,5	9,0–11,5	11,9		13,4	13,0–14,0
Tryptophan	2,4	2,3–2,7	2,7		4,8	2,8–6,4

¹ Stärke, gemessen mit der polarimetrischen Methode, hierbei werden auch Nicht-Stärke-Bestandteile erfasst

² NSP: Nicht-Stärke-Polysaccharide

³ aNDFom: Neutral-Detergenzien-Faser nach Amylasevorbehandlung und Veraschung

⁴ ADFom: Säure-Detergenzien-Faser nach Veraschung

Quellen: UFOP-Monitoring 2015, Mitteilungen Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft 2013–2015, Jeroch et al. 2016, DLG-Futterwerttabellen Schweine 2014, Zuber et al. 2019

Abbildung 25: Vergleich der wichtigsten Inhaltsstoffe für die Schweinefütterung von der Lupine mit heimischen Sojabohnen (UFOP-Praxisinformation; Ackerbohnen, Körnerfüttererbsen, Süßlupinen und Sojabohnen in der Schweinefütterung)

2.2.8 Wirtschaftliche Faktoren

2.2.8.1 Ertragspotential

Durch die mehrjährigen Daten der Wertprüfung des deutschen Bundessortenamtes ist ein Vergleich der Weißen Lupine mit der Erbse, der Ackerbohne und der Blauen Lupine möglich. In der folgenden Abbildung werden die Mittelwerte der Ergebnisse der Jahre 2017 und 2018 verglichen.

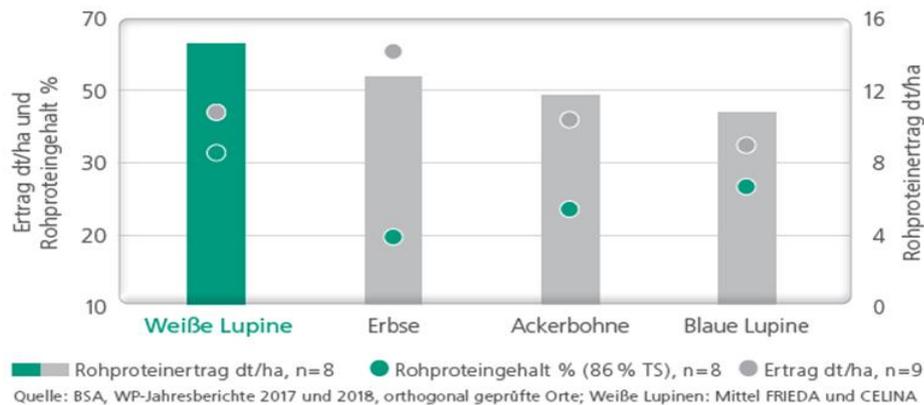


Abbildung 26: Vergleich der Weißen Lupine mit der Erbse, der Ackerbohne und der Blauen Lupine (Deutsche Saatveredelung)

Die Sorten Frieda und Celina erreichen im Mittel über beide Prüfungsjahre einen Ertrag von 4,73 Tonnen pro Hektar, somit erzielt die Weiße Lupine ein ähnliches Ertragsniveau wie die Ackerbohne und liegt dadurch deutlich über der Blauen Lupine. Nur die Erbse erreicht in diesem Versuch einen höheren Ertrag. Wie allgemein bekannt, hat die Lupine unter den heimischen Körnerleguminosen den höchsten Eiweißertrag. Die Weiße Lupine hat mit rund 32 Prozent Rohproteingehalt bei einer Trockenmasse von 86 Prozent einen deutlich höheren Eiweißgehalt als die Blaue Lupine. Umgerechnet auf den Eiweißertrag ergibt das 1,46 Tonnen pro Hektar. Mit diesem Wert liegt die Weiße Lupine deutlich höher als die anderen Körnerleguminosen.

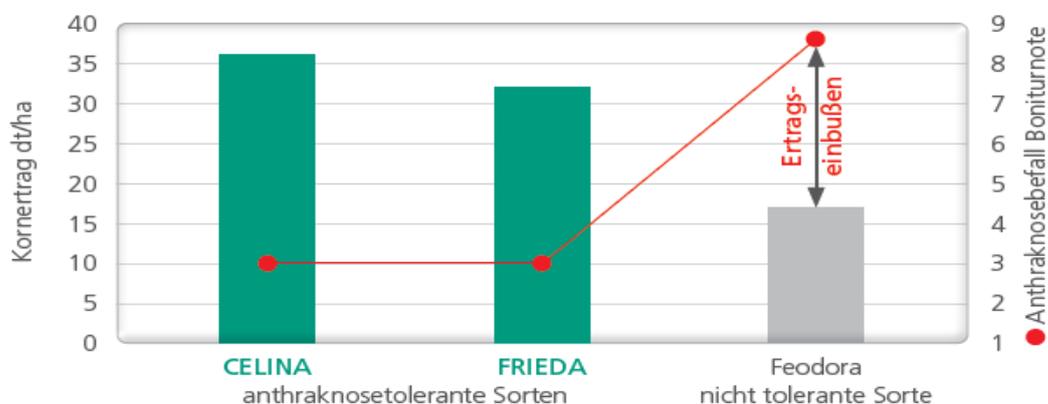
Durch die starke Pfahlwurzel ist der Ertrag auch in trockenen Jahren sehr stabil. Einen großen Einfluss auf den Ertrag hat unter anderem auch die Platzfestigkeit der Hülsen. Im Vergleich zur Blauen Lupine hat auch hier die Weiße Lupine einen Vorteil. Durch die deutlich bessere Platzfestigkeit kann der Verlust durch Kornausfall vor und während der Ernte verringert werden. Auf staunassen Standorten ist mit Ertragseinbußen zu rechnen. Auch bei einer zu engen Fruchtfolge mit anderen Leguminosen ist die Gefahr der Leguminosenmüdigkeit groß welche wiederum zu sinkenden Erträgen führt. Der wichtigste Aspekt ist jedoch die Toleranz gegen die Pilzkrankheit Anthraknose. Bei nicht toleranten Sorten kann diese Krankheit bis zum Totalausfall führen. Die toleranten Sorten haben gegenüber den Anthraknose

anfälligen Vergleichssorten im Mittel einen um 40 bis 60 Prozent höheren Kornertrag. (Deutsche Saatveredlung AG, 2022)

2.2.8.2 Anthraknosetoleranz

In den 1990er Jahren brachte die Pilzkrankheit Anthraknose den Anbau der Weißen Lupine zu erliegen. Die detailliertere Beschreibung der Anthraknose ist im Kapitel 2.2.5.5 Pflanzenschutz zu finden. 2021 begannen die Landwirtschaftlichen Lehranstalten (LLA) Triesdorf/Mittelfranke mit erster Züchtungsarbeit. Das Zuchtprogramm war darauf abgestimmt Lupine Sorten zu entwickeln, welche eine gute Toleranz gegenüber der Anthraknose aufweisen, um so die Ertragssicherheit zu gewährleisten. Ziel war es den Anbau der Weißen Lupine in Mitteleuropa wieder zu ermöglichen. 2012 mündete die Züchtungsarbeit in ein Forschungsprojekt, in dem die selektierten Zuchtstämme geprüft wurden. Die Projektpartner Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), die Landwirtschaftliche Lehranstalt Triesdorf und die Deutsche Saatveredlung AG (DSV) prüften 20 in Triesdorf selektierte Linien der Weißen Lupine, auf sechs Standorten über drei Jahre auf Resistenzen, Kornertrag und weitere agronomische Parameter. Es konnte auf den Versuchsflächen eine verbesserte Gesundheit der Zuchtlinien festgestellt werden. Dies geht einher mit einem um 40 bis 60 Prozent höheren Kornertrag im Vergleich zu den Anthraknose anfälligen Sorten. 2019 wurden die Sorten Frieda und Celina durch das deutsche Bundessortenamt als anthraknosetolerante Sorten der Weißen Lupine zugelassen. Anthraknosetolerante Sorte bedeutet, dass der Befall durch die Pilzkrankheit zwar möglich ist, dieser aber in einem deutlich geringeren Ausmaß passiert. Der Bestand wird stark verlangsamt befallen und somit ist eine deutlich verbesserte Ertragsstabilität gegeben. Weiters ist auf eine Steigerung des Ertragspotenzials sowie auf die Absenkung der Alkaloidgehalte und auf eine Reiferverfrüherung gezüchtet worden. (Deutsche Saatveredlung AG, 2022, S. 6 bis 7)

In der nachstehenden Abbildung ist der Kornertrag und der Anthraknosebefall der anthraknosetoleranten Sorten Celina und Frieda im Vergleich mit der nicht toleranten Sorte Feodora abgebildet.



Quelle: Internationaler Sortenversuch Weiße Lupine 2020, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), DSV Sorten CELINA und FRIEDA im Vergleich zu Vergleichssorte Feodora, Standort Hummel, Anthraknosebonitur: Anthraknosebefall grüne Hülsen, 1 = kein, 9 = starker Befall

Abbildung 27: Der Kornertrag der anthraknosetoleranten Weißen Lupinensorten Celina und Frieda im Vergleich zu nicht anthraknosetolerante Weiße Lupinensorten (Deutsche Saatgutveredlung AG)

3 Versuchsanlage und Merkmalserhebung

3.1 Erläuterung der Versuchsfrage

Aufgrund der Anthraknose kam der Lupinenanbau zum Erliegen. Da nun anthraknosetolerante Sorten der Weißen Lupine verfügbar sind, wird in dieser Diplomarbeit die tatsächliche Toleranz gegenüber der Anthraknose durch regelmäßige Bonituren überprüft und ermittelt und wie sich diese auf den Kornertrag auswirkt. Des Weiteren wird durch eine Inhaltsstoffanalyse die Eignung als alternatives Eiweißfuttermittel in der Mastschweinehaltung überprüft. Dadurch soll geklärt werden, inwieweit der Sojaextraktionsschrot durch den Lupinenschrot ersetzt werden kann. Die Ertragsfähigkeit wird auf dem ausgewählten Standort mit einer Kornertragsermittlung untersucht. Es werden drei verschiedenen Sorten der Weißen Lupine (*Lupinus albus*) im Versuch miteinbezogen. Des Weiteren wird die Wirtschaftlichkeit der Lupine durch eine Deckungsbeitragsberechnung ermittelt.

Die Untersuchung soll klären, welche der Sorten der Weißen Lupine sich auf dem Versuchsstandort in Bezug auf den Kornertrag und die Anthraknosetoleranz am günstigsten erweist. Die Ergebnisse werden anhand einer Ertragsermittlung und einer Bonitur dargelegt. Außerdem wird die Wirtschaftlichkeit als Ackerkultur und Futtermittel in der Schweinemast behandelt.

3.2 Beschreibung des Versuchsstandortes

3.2.1 Beschreibung der Bodendaten

Eine Erhebung der Bodendaten mittels Bodenuntersuchung gibt Auskunft über physikalische, chemische und mikrobiologische Eigenschaften, welche äußerst wichtig für den Landwirt sind, um eine standortangepasste, sach- und umweltgerechte Düngung durchzuführen. Dadurch ist eine gezielte und sinnvolle Reaktion auf fehlerhaftes Pflanzenwachstum, Eutrophierung oder aber auch einer Oligotrophie einer Ackerfläche möglich, wodurch Betriebskosten minimiert werden können und eine möglichst effiziente und kostengünstige Bewirtschaftung der Fläche gewährleistet werden kann. Im Zuge dieser Diplomarbeit war die Bodenuntersuchung notwendig, um eine optimale Nährstoffversorgung der Weißen Lupine sicherstellen zu können und um Schlüsse auf etwaige suboptimale Ausprägungen einzelner Bodeneigenschaften, in Bezug auf die im Versuch verwendete Kulturpflanze, ziehen zu können. (Ing. Egger, 2018)

Die Erhebung der Bodeneigenschaften- bzw. Daten erfolgte durch eine Bodenuntersuchung mittels Bodenproben, welche auf der Versuchsfläche entnommen wurden.

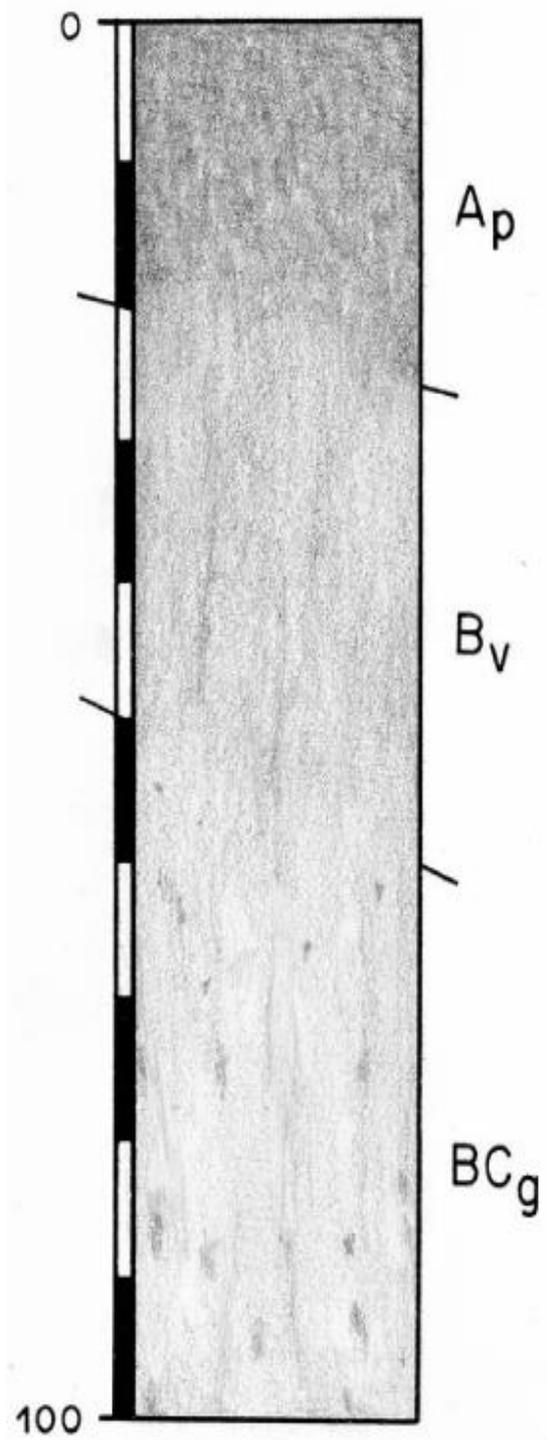
Am 29.01.2022 von 09:45 Uhr bis 10:30 Uhr wurden die Einzelproben auf der 9000 Quadratmeter großen Versuchsfläche entnommen. Auf zufällig ausgewählten Punkten wurden, in Form von Schlangenlinien über die gesamte Versuchsfläche verteilt, 20 Einzelproben gezogen. Die Entnahme der Einzelproben erfolgte mittels Bodenbohrer. Dieser wurde bis auf Bearbeitungstiefe von 20 Zentimeter eingestochen, an diesem Punkt angelangt, um 180 Grad gedreht und anschließend wieder herausgezogen. Danach wurden die Einzelproben mittels Schaber in einem sauberen Kunststoffkübel gesammelt, wodurch eine Mischprobe der gesamten beprobten Fläche entstand. Anschließend wurde die Probe getrocknet. Nach dreitägiger Trocknung wurde die Erde im Kübel zerbröckelt, vermengt und in ein mit Kunststoff beschichtetes Papiersäckchen abgefüllt. Diese Probe wurde beschriftet und mittels Post an das Analyselabor cewe GmbH mit Sitz in Nußbach versendet.

Für die Beprobung wurde ein Bodenbohrer und ein gereinigter Kunststoffkübel verwendet.

(Redaktion, 2019)

Die hier beschriebene Bodenform kann man auf der Versuchsfläche vorfinden.

<p>Bodentyp pseudovergleyte kalkfreie Lockersediment-Braunerde aus sandig-lehmigem Schliermaterial</p> <p>Wasserverhältnisse gut versorgt, mäßige Speicherkraft, mäßige Durchlässigkeit</p> <p>Horizonte Ap(20-25 cm); Bv(50-60 cm); BCg(100 cm)</p> <p>Bodenart und Grobanteil Ap, Bv, BCg sandiger Lehm</p> <p>Humusverhältnisse A mittelhumos bei 1,5 bis 4% Humusgehalt, Mull</p> <p>Kalkgehalt kalkfrei</p> <p>Bodenreaktion sauer bei 4,6 bis 5,5</p> <p>Erosionsgefahr nicht gefährdet</p> <p>Bearbeitbarkeit gut zu bearbeiten, gut befahr- und beweidbar</p> <p>Natürlicher Bodenwert hochwertiges Ackerland, hochwertiges Grünland</p> <p>Sonstige Angaben Tiefgründig, meist ab dem BCg-Horizont dicht gelagert</p>



(Bodenkarte)

Abbildung 28: Bodenprofil laut ebod (Bundesforschungszentrum für Wald)

3.2.2 Beschreibung der Klimadaten

Folgende Klimadaten des Jahres 2022 stammen von der Wetterstation Ried im Innkreis, der nächsten verfügbaren Station vom Versuchsstandort in Raab.

Im Jahr 2022 ist ein Niederschlag von 779 Millimeter bis zum 26. November zu verzeichnen. Während des Vegetationszeitraumes der Weißen Lupine, welcher bei unserem Feldversuch von 19. März 2022 bis zum 18. August 2022 andauerte, fielen 384 Millimeter Niederschlag.

Im Jahr 2022 ist eine Sonnenscheindauer von 1817 Stunden bis zum 26. November zu verzeichnen. Während des Vegetationszeitraumes der Weißen Lupine herrschte eine Sonnenscheindauer von 1166 Sonnenscheinstunden.

Im Jahr 2022 ist eine durchschnittliche Tages-Lufttemperatur von zwölf Grad Celsius bis zum 26. November zu verzeichnen.

Während des Vegetationszeitraumes der Weißen Lupine, kann eine durchschnittliche Tages-Lufttemperatur von 15,3 Grad Celsius festgehalten werden.

(Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik ZAMG, 2022)

3.2.3 Beschreibung der Fruchtfolge

Als Vorfrucht der Weißen Lupine wurde Winterweichweizen (*Triticum aestivum*) kultiviert. Dieser ist humuszehrend und hinterlässt einen nährstoffarmen Bodenzustand, da das Stroh abgefahren wurde. Dadurch kann die Lupine ihre Vorfruchtwirkung auf die nachfolgende Kultur perfekt ausspielen.

3.3 Beschreibung der Versuchsanlage

Der Versuch wurde als Streifenversuch angelegt. Bei dieser Art von Versuchsanlage werden die verschiedenen Versuchsvarianten nebeneinander angelegt. Gewählt wurde dieser Typ, da sich die Streifenanlage gut für einen Sortenversuch eignet. Die Versuchsfläche wurde so gewählt, dass der Schlag schnell und gut erreichbar war. Der Versuch fand auf dem Schlag mit der Bezeichnung „Spitzlinger Acker“, der Katastralgemeindenummer (KG-Nummer) 48126 und der Grundstücksnummer 866/2 statt. Die Versuchsfläche wurde mittig im Feld gewählt, um etwaige Verfälschungen des Ergebnisses durch Vorgewände zu vermeiden. Die beiden Abbildungen in diesem Kapitel, welche von DORIS interMAP stammen, sind in Richtung Norden ausgerichtet.

In der folgenden Grafik ist die Versuchsfläche auf dem Versuchsfeld eingezeichnet



Abbildung 29: Lage der Versuchsfläche (DORIS interMAP, 2022)

Bodenbearbeitung

Umgebrochen wurde diese Fläche das letzte Mal zur Zwischenfruchtaussaat im Sommer 2021. Bei der Aussaat wurde der Boden nach der Zwischenfrucht Phacelia in Reinsaat nur mittels Kreiselegge beim kombinieren Anbauvorgang bearbeitet.

Fruchtfolge

Die übliche Fruchtfolge am Betrieb ist wie folgt.

Winterweichweizen – Körnerraps – Winter Gerste – Zwischenfrucht – Körnermais.

Die Lupine wurde nach dem Winterweichweizen statt dem Körnerraps angebaut.

3.3.1 Versuchsvarianten

Für den Versuch wurden drei verschiedene Sorten der Weißen Lupine gewählt, für die von den Saatgutfirmen angegeben wurde, dass sie tolerant gegen die Pilzkrankheit Anthraknose sind. Die drei Sorten Celina, Frieda und Sulimo wurden ausgesucht und in Form des Streifenversuches mit zwei Wiederholungen angebaut. Celina war die Kontrollsorte und wurde folglich drei Mal wiederholt. Die einzelnen Sortenbeschreibungen sind im Kapitel 2.2.5.3 Aussaat ersichtlich.

In der folgenden Tabelle ist die Anordnung der Sorten in den einzelnen Parzellen ersichtlich. Eine Parzelle ist 18 Meter breit und 53 Meter lang, das ergibt eine ungefähre Fläche von 960 Quadratmeter je Parzelle. Die Blickrichtung ist von Süd-Westen nach Nord-Osten, wobei sich die Straße auf der linken Seite befindet.

Die einzelnen Parzellen sind in der nachfolgenden Abbildung auf dem Feldstück eingezeichnet.

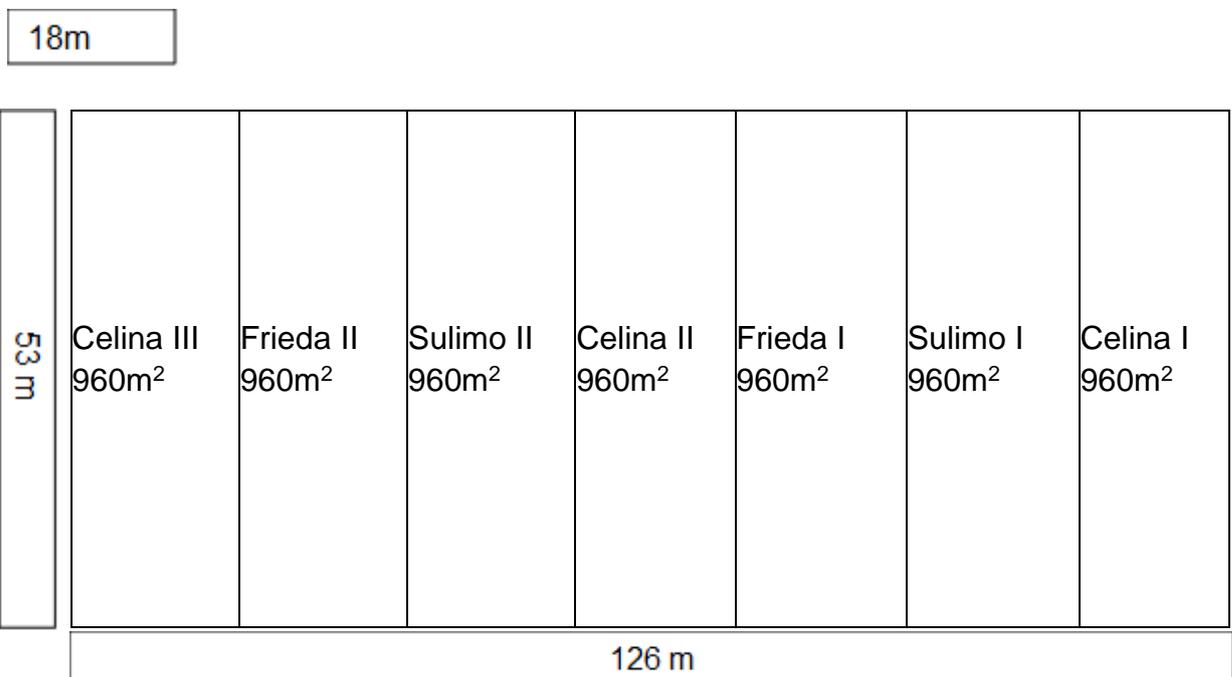


Tabelle 2: Versuchsplan



Abbildung 30: Eingezeichnete Parzellen im Versuchsfeldstück (DORIS interMap, 2022)

3.3.2 Versuchsparmeter

Der Versuch zielt darauf ab die Prüfmerkmale Anthraknosetoleranz, Kornertrag sowie die Qualität und die damit verbundene Verfütterungseignung für die Mastschweine festzustellen. Neben den verschiedenen Weißen Lupinensorten gab es keine anderen Prüffaktoren, die im Versuch verändert wurden. Das bedeutet, dass sowohl die Impfung als auch die Kornzahl pro Meter und der Pflanzenschutz bei allen Sorten gleich war. Der Versuch beschränkte sich lediglich auf den Sortenunterschied. Als Faktorstufen werden die einzelnen Ausprägungen des untersuchten Faktors bezeichnet. Bei diesem Versuch waren es 3 Faktorstufen da die drei unterschiedlichen Sorten Celina, Frieda und Sulimo untersucht wurden.

3.4 Beschreibung der Versuchsdurchführung

3.4.1 Auflistung der Kulturmaßnahmen

Im Folgenden sind sämtliche Kulturmaßnahmen, die sowohl maschinell als auch händisch durchgeführt wurden, in chronologischer Reihenfolge angeführt.

- **22.08.2021:** zwölf Kilogramm am Hektar Phacelia in Reinsaat als Zwischenfrucht säen, Vorfrucht der Lupine
- **29.01.2022:** Entnahme der Bodenprobe
- **18.03.2022:** 16:00 bis 19:00 700 Kilogramm Saatgut der Lupine mit dem Impfmittel „Turbolupin“ von der Saatbau Linz in Mischmaschine inokulieren
- **19.03.2022:** 08:45 bis 16:15 mit halber Stunde Mittag Lupine säen mit sortenbedingten unterschiedlichen Aussaatstärken
- **24.03.2022:** Voraufspritzung mit einer Aufwandmenge von drei Liter Boxer und zwei Liter Stomp Aqua am Hektar
- **04.05.2022:** Gräserbekämpfung mit einem Liter je Hektar Fusilade Max; viertes Fiederblatt voll entwickelt
- **30.05.2022:** Frau Marion Gerstl von der BWSB und Frau Silvia Papst von der Saatbau Linz besichtigen den Versuch, wobei bei der ungefähr zwei stündigen Feldbegehung die erste Anthraknosebonitur vorgenommen wurde
- **25.06.2022:** Mit drei Personen jeweils eine Stunde Ampfer stechen
- **An mehreren Tagen Anfang und Mitte August:** Mit zwei Personen jeweils fünf Stunden Durchwuchsrapss abschneiden
- **18.08.2022:** Drusch der Lupine mit einer Dauer von ungefähr zwei Stunden
- **18.08.2022:** Bodenbearbeitung mit Flügelschargrubber auf eine Arbeitstiefe von acht Zentimetern bei einem Zeitbedarf von zweieinhalb Stunden

Berechnung der Aussaatstärke

Sorten	Celina	Frieda	Sulimo
TKM in g	402,50	331,50	326,00
Körner je qm	60,00	60,00	60,00
Keimfähigkeit in %	85,00	85,00	85,00
Aussaatstärke je ha in kg	284	234	230

Tabelle 3: Berechnung der Aussaatstärke je Hektar

Die Keimfähigkeit wurde mit 85 Prozent laut Sackanhänger der Sorte Frieda, welche von der Firma Probstdorfer Saatzucht stammt, angenommen. Die Tausendkornmasse wurde eigenständig ermittelt. Dabei werden 500 zufällig ausgewählte Körner aus dem Sack herausgezählt, in ein bereits gewogenes Gefäß gegeben und das befüllte Gefäß wird nochmals gewogen. Anschließend wird das Gewicht des leeren Gefäßes von jenem des vollen Gefäßes abgezogen und dieses Gewicht mal zwei gerechnet, wodurch man das gewünschte Gewicht für 1000 Körner erhält. Dieser Vorgang wurde für alle drei Sorten durchgeführt.

Der Anbau erfolgte am 19. März 2022 mittels drei Meter Drillsämaschine. Im Vorhinein wurde die Aussaatstärke mit der unten angegebenen Formel berechnet. Die Werte, welche dafür angesetzt wurden, sind der obigen Tabelle zu entnehmen.

Formel: (Tausendkornmasse x Körner je Quadratmeter) / Keimfähigkeit in Prozent

Pflanzenschutz

Bei der Unkrautregulierung per Hand wurde ein Ampferstecher für das Ausstechen des Stumpfbältrigen Ampfers (*Rumex obtusifolius*) verwendet. Der Durchwuchsrap wurde mittels Messer in Bodennähe abgeschnitten. Das gesammelte Pflanzenmaterial des Ampfers wurde entsorgt, jenes vom Raps, wurde am Feld belassen.

Bei der chemischen Unkrautbekämpfung wurden zwei Maßnahmen durchgeführt, eine Voraufspritzung zur Bekämpfung der einkeimblättrigen, aber vor allem der zweikeimblättrigen Unkräuter und eine weitere Maßnahme zur Bekämpfung der einkeimblättrigen Unkräuter. Bei der ersten Anwendung wurden die beiden Mittel Boxer und Stomp Aqua, mit den Wirkstoffen Prosulfocarb und Pendimethalin, kombiniert eingesetzt. Bei der Gräserbehandlung wurde das Pflanzenschutzmittel Fusilade MAX mit dem Wirkstoff Fluazifop-P eingesetzt. Bei der Gräserbekämpfung wurde Fusilade MAX mit einer Aufwandmenge von einem Liter je ha verwendet. Bei der Spritzung im Voraufspritzung wurde das Mittel Boxer mit drei Liter je Hektar und das Pflanzenschutzmittel Stomp Aqua mit zwei Liter je Hektar aufgewendet.

In der folgenden Abbildung ist ein Auszug des österreichischen Pflanzenschutzmittelregisters für die entsprechenden Pflanzenschutzmittel abgebildet. Genauere Information zu den einzelnen Mitteln sind diesem Abschnitt des Pflanzenschutzmittelregisters zu entnehmen.

Handelsbezeichnung	Registernummer	Wirkstoff / Organismus	Einsatzgebiet	Kultur/Objekt	Schadfaktor	Anwendungsbereich
Boxer	2525-0	Prosulfocarb	Ackerbau	Lupine-Arten	Einjährige ein- und zweikeimblättrige Unkräuter	Freiland
Fusilade MAX	2790-0	Fluazifop-P	Ackerbau	Lupine-Arten	Einjährige einkeimblättrige Unkräuter, Quecke	Freiland
Stomp Aqua	3107-0	Pendimethalin	Ackerbau	Lupine-Arten	Einjährige zweikeimblättrige Unkräuter	Freiland

Abbildung 31: Auszug des österreichischen Pflanzenschutzmittelregisters für die drei verwendeten Pflanzenschutzmittel (Bundesamt für Ernährungssicherheit BAES im Fachbereich Pflanzenschutzmittel; Auszug Pflanzenschutzmittelregister)

3.4.2 Durchführung der Bonituren

Die Bonituren hatten das vorrangige Ziel die Ermittlung des Anthraknosebefalles der einzelnen Sorten. Die zusätzlichen Bonituren der Hülsen und die Bonitur der tatsächliche Bestandesdichte wurden durchgeführt, um die Ergebnisse der Ertragsermittlung durch die Kornertragsermittlung zu unterstreichen.

Die Anthraknosebonitur wurde zweimal durchgeführt. Die erste Auszählung der Anthraknose befallenen Pflanzen fand am 30.05.2022 statt. Ausgezählt wurde jede Parzelle mit jeweils fünf Wiederholungen. Die fünf Wiederholungen waren in der Parzelle zufällig verteilt. Bei der Bonitur wurden die gesunden beziehungsweise die Anthraknose befallenen Pflanzen in einer Reihe auf einer Länge von einem Meter gezählt. Die erhaltene Zahl wurde mal acht multipliziert da der Reihenabstand 12,5 Centimeter betragen hat. So wurden die Anzahl der gesunden und der kranken Pflanzen je Quadratmeter evaluiert. Als Anthraknose befallen wurde die Pflanze gewertet, wenn sie die dafür üblichen Schadbilder aufzeigte. Genaueres über die Schadbilder der Anthraknose wird im Kapitel 2.2.5.5 erläutert. Bei der zweiten Bonitur am 02.07.2022 wurde das gleiche Auszählungsverfahren angewandt.

Die Hülsenbonitur erfolgte am 10.08.2022 und ermittelte die Hüslenhöhe, die Hülsen je Pflanze, die Körner je Hülse und die daraus ermittelten Körner je Pflanze. Es wurden, gleich wie bei der Bonitur zur Anthraknose, fünf zufällig in der Parzelle verteilte Wiederholungen gemacht.

Die Bonitur der Bestandesdichte am 14.05.2022 erfolgte mit einem Zehntel Quadratmeter Zählrahmen. Hier wurden die fünf Wiederholungen in der Parzelle immer gleich angeordnet. Die Zählungen fanden in jeder Parzelle vorne rechts, vorne links, mittig, hinten rechts und hinten links statt. Aus den daraus erworbenen Ergebnissen wurde ein Mittelwert errechnet und dieser mit zehn multipliziert, um auf einen Quadratmeter hochzurechnen.

3.4.3 Ertragsermittlung

Der Drusch der Lupine fand am 18.08.2022 statt. Zuerst wurde um den Versuch ausgedroschen. Vor dem Drusch wurden die Grenzen der einzelnen Parzellen mittels Farbspray für den Drescherfahrer sichtbar gemacht. Jede einzelne Parzelle wurde im Wiegewagen gewogen, Nach jeder Parzelle wurde der Wiegewagen entleert, dabei wurde von jeder Parzelle zuerst eine Probe genommen. Somit wurde ein parzellenspezifischer- und sortenspezifischer Ertrag ermittelt. Die jeweils entnommenen Einzelproben wurden noch auf ihre Kornfeuchte gemessen. Je Sorte wurde der Mittelwert der einzelnen Ergebnisse des Feuchtegehaltes berechnet.

3.4.4 Inhaltsstoffuntersuchung

Mittels einer Inhaltsstoffuntersuchung, als Synonym dafür wird auch Inhaltsstoffanalyse verwendet, kann ein Produkt auf deren Inhaltsstoffe und Bestandteile untersucht werden. Diese Untersuchung spielt für den Landwirt eine entscheidende Rolle, da daraus die Eignung eines gewissen Produktes abgeleitet werden kann. In unserem Fall wurden die Samen der Weißen Lupine untersucht, um herauszufinden, ob sie für die Schweinemast geeignet sind. Dies ist wiederum wichtig, um über die Wirtschaftlichkeit der Lupine eine Aussage treffen zu können.

Da diese Untersuchung nicht selbst durchgeführt werden kann, wurden die Proben in ein Futtermittellabor versendet. Die Untersuchung der Proben obliegt somit dem Labor. In unserem Fall wurden die Proben über die Firma Schaumann an das deutsche Labor „LKS Labor“ mit Sitz in 09577 Niederwiesa OT Lichtenwalde versendet.

Für die Entnahme der Proben wurde während des Abtankens des Mähdreschers ein Säckchen, zum Befüllen, unter das Abtankrohr gehalten. Es wurde jede einzelne Parzelle extra geerntet, weshalb auch von allen fünf Parzellen, wo eine Ernte stattgefunden hat, eine Probe entnommen wurde. Dass es sich lediglich um fünf, anstatt sieben Parzellen handelt, ist dem Grund geschuldet, dass die Sorte Sulimo ein Totalausfall war. Anschließend wurden die Proben wenige Tage in einem Heizraum getrocknet und dann wurden per Hand alle Hülsenreste und verbliebene Pflanzenteile aussortiert. Dadurch wurde gut die Hälfte des Probengutes entfernt. Anschließend wurden alle Proben der gleichen Sorte gründlich vermengt und in ein Säckchen zusammengegeben. Diese wurden dann, über die Firma Schaumann Futtermittel, an ein deutsches Futtermittellabor versendet, welches die Inhaltsstoffuntersuchung vornahm.

Für die Durchführung wurde lediglich ein Nylonsäckchen mit einem Fassungsvermögen von ungefähr zehn Litern benötigt. Zusätzlich wurde in jedes Säckchen ein bereits vorgefertigtes Kärtchen, mit der Beschriftung der jeweiligen Parzellen, hineingegeben, um spätere Verwechslungen zu verhindern.

4 Ergebnisse

4.1 Ergebnisse der Erhebung der Bestandesdichte

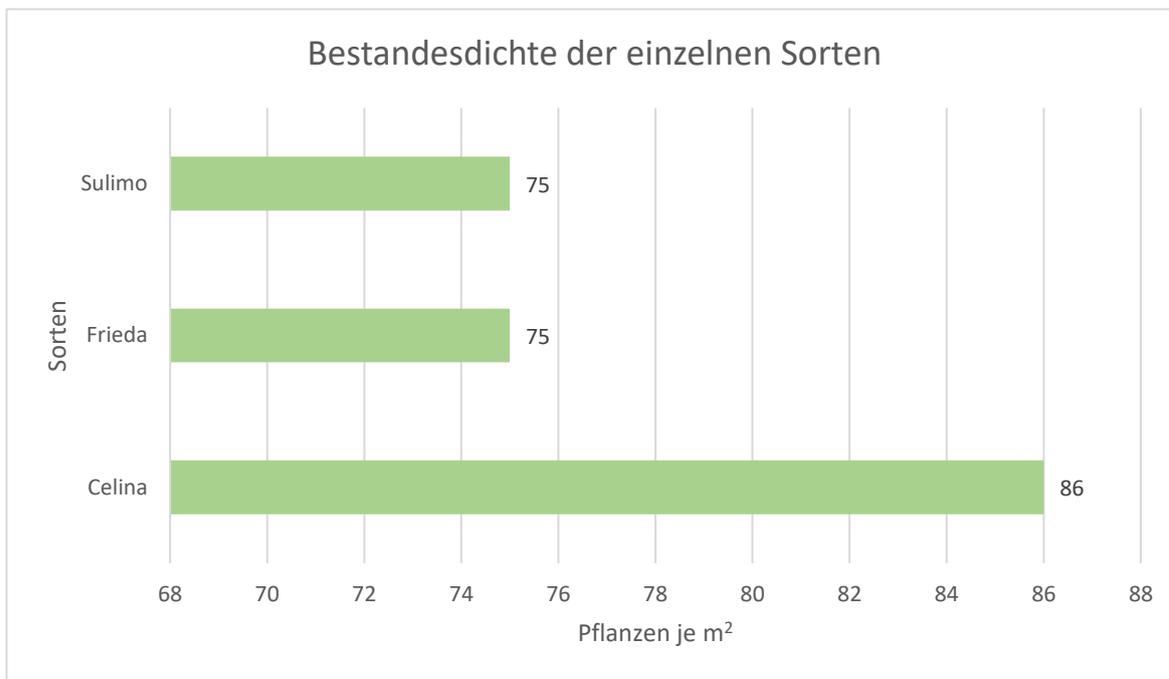


Abbildung 32: Bestandesdichte der verwendeten Sorten im Versuch

Aus der Abbildung 32 sind die Bestandesdichten, in der Einheit Pflanzen je Quadratmeter, der einzelnen Sorten zu entnehmen. Wie unter dem Kapitel 3.4.1 in der Tabelle 3 ersichtlich, wurde bei allen Sorten dieselbe Anzahl an Körnern je Quadratmeter gewählt. Die Anzahl der Pflanzen je Quadratmeter ist bei den beiden Sorten Frieda und Sulimo mit 75 Pflanzen am Quadratmeter identisch. Bei der Sorte Celina ergab die Erhebung eine deutlich höhere Anzahl an Pflanzen je Quadratmeter, konkret 86 an der Zahl. Dabei ist die deutlich höhere Bestandesdichte der Sorte Celina auffällig. Diese Tatsache könnte darin begründet sein, dass beim Auszählen des Tausendkorngewichtes ein Fehler unterlaufen ist. Weiters könnte die angenommene Keimfähigkeit niedriger sein als der tatsächliche Wert, da keine Keimprobe durchgeführt wurde, und so eine mögliche Ursache für die höhere Bestandesdichte darstellen könnte.

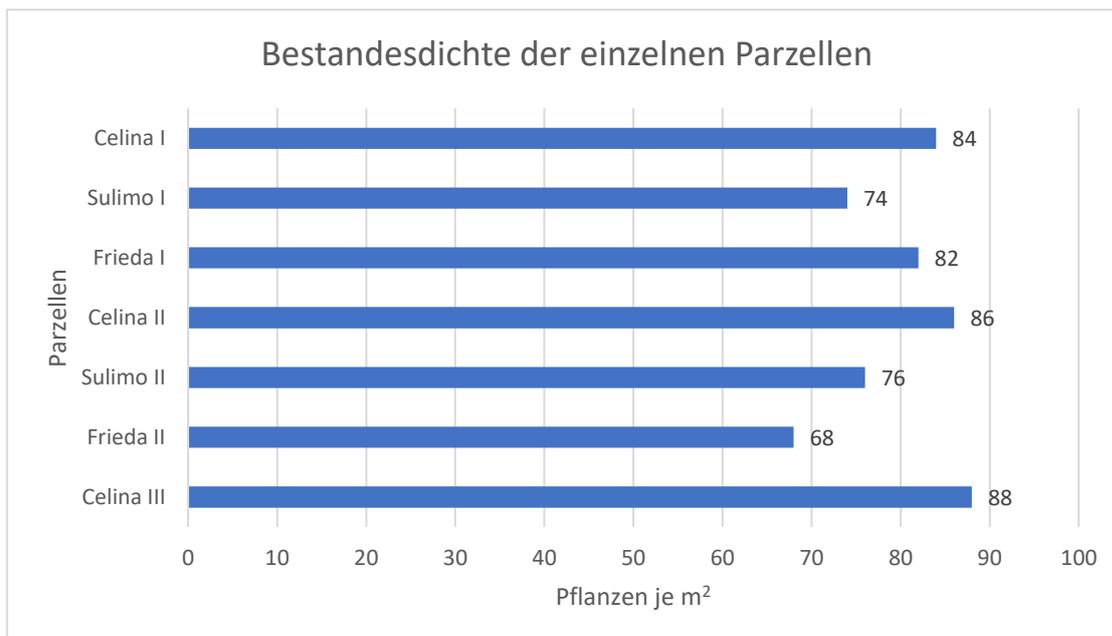


Abbildung 33: Bestandesdichte der einzelnen Parzellen des Feldversuches

Im Kapitel 3.3.1 in Tabelle 2 ist die Anordnung der einzelnen Parzellen auf der Versuchsfläche ersichtlich. In dieser Darstellung ist die Bestandesdichte der einzelnen Parzellen des Versuches dargelegt. Daraus ist zu entnehmen, dass die Bestandesdichte auch innerhalb der einzelnen Sorten zwischen den Parzellen schwankt. Die Unterschiede der Anzahl der Pflanzen je Quadratmeter sind bei den Sorten Celina und Sulimo in den unterschiedlichen Parzellen sehr gering. Wobei die Sorte Celina über eine hohe Bestandesdichte verfügt und die Sorte Sulimo eine vergleichsweise geringe Bestandesdichte aufweist. Hingegen ist der Unterschied der Pflanzenzahl pro Quadratmeter in den beiden Parzellen der Sorte Frieda mit 14 Pflanzen sehr hoch.

4.2 Ergebnisse der Hülsenbonitur

Die Sorte Sulimo stellte einen Totalausfall dar, weshalb sie nicht geerntet wurde und in keiner der folgenden Ergebnisse der Hülsenbonitur enthalten ist. Sämtliche Untersuchungsparameter der Hülsenbonitur einer Wiederholung wurden auf jeweils dieselbe Pflanze bezogen. Bei dieser Hülsenbonitur wurden die Parameter Höhe des Hülsenansatzes, die Anzahl der Hülsen je Pflanze und die Anzahl der Körner je Pflanze untersucht. Aus den letzteren beiden Untersuchungsparametern wurde die durchschnittliche Anzahl der Körner je Hülse ermittelt.

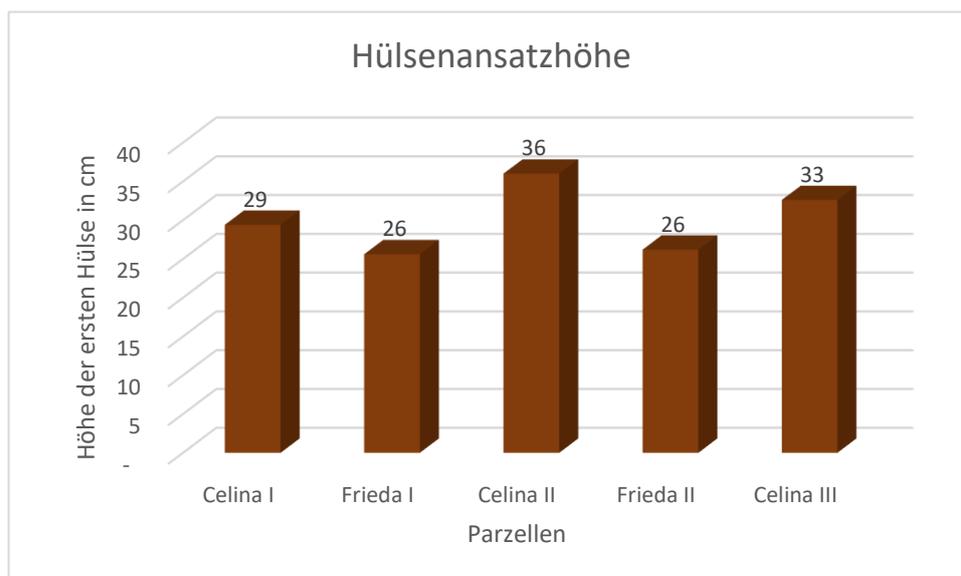


Abbildung 34: Hülsenansatzhöhe bei den Pflanzen der einzelnen Parzellen des Versuches

Aus der Abbildung 34 ist zu entnehmen, dass die Höhe der ersten Hülse der Pflanze bei der Sorte Frieda deutlich geringer ist. Die Hülsenansatzhöhe beträgt bei der Sorte Celina im Durchschnitt 33 Zentimeter, bei der Sorte Frieda hingegen beträgt sie lediglich 26 Zentimeter. Dabei ergibt sich ein Unterschied von sieben Zentimetern, welcher doch beachtlich ist. Auffällig ist, dass die Ansatzhöhe der Hülsen der Sorte Frieda bei beiden Parzellen dieselbe Höhe aufweist. Dagegen variiert diese Höhe bei der Sorte Celina um sieben Zentimeter zwischen den beiden Parzellen. Die höchste Hülsenansatzhöhe wurde in der Parzelle Celina II bonitiert.



Abbildung 35: Ermittlung der Höhe der ersten Hülse an der Sprossachse

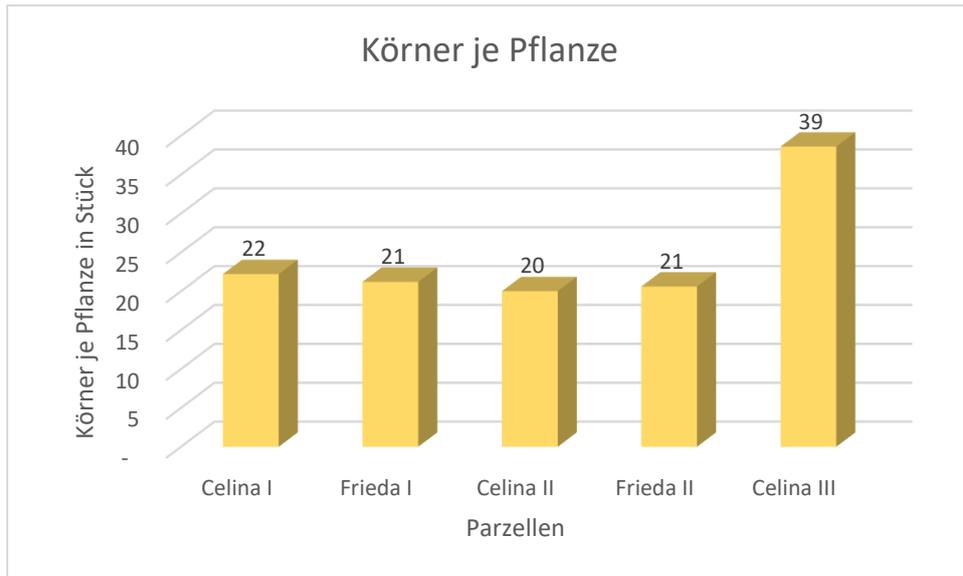


Abbildung 36: Anzahl der Samen je Pflanze der einzelnen Parzellen des Feldversuches

In Abbildung 36 sieht man, dass die Parzelle Celina III mit einer Körneranzahl von 39 Stück je Pflanze einen deutlichen Ausreißer darstellt. Dieser Wert beträgt beinahe das Doppelte der restlichen Parzellen, konkret liegt dieser Wert hier bei 20 bis 22 Stück je Pflanze. Diese gravierende Abweichung könnte den Gründen geschuldet sein, dass die Fläche der Parzelle Celina III bessere Bodenverhältnisse und einen optimaleren pH-Wert aufweist oder über eine bessere Wasserversorgung verfügt. Wiederum ist in dieser Graphik auffällig, dass die Werte beider Parzellen der Sorte Frieda identisch sind.

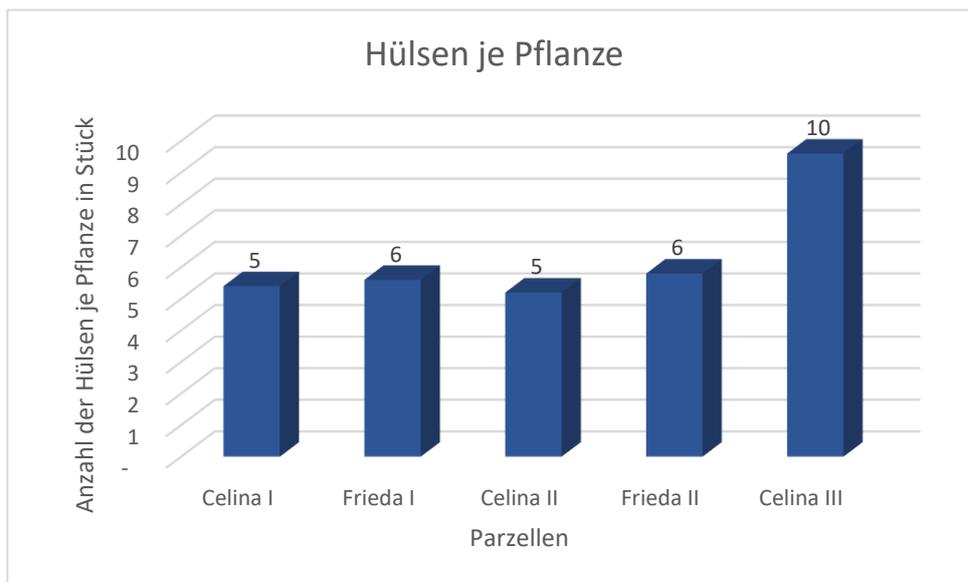


Abbildung 37: Anzahl der Hülsen pro Pflanze von den einzelnen Parzellen auf der Versuchsfläche

Abbildung 37 ist zu entnehmen, dass die Parzelle Celina III mit einer Anzahl an Hülsen von zehn Stück je Pflanze einen deutlichen Ausreißer nach oben darstellt. Dieser Wert beträgt beinahe das Doppelte der restlichen Parzellen, konkret liegt die Anzahl der Hülsen dort konstant bei fünf oder sechs Hülsen je Pflanze. Dieser starke Unterschied könnte durch schwankende Bodenverhältnisse, eine bessere Wasserversorgung oder aber durch einen günstigeren pH-Wert hervorgerufen werden. Weiters ist in diesem Graphen festzustellen, dass jeweils die beiden Parzellen der Sorte Frieda mit sechs Hülsen und die beiden Parzellen Celina I und Celina II mit fünf Hülsen über die identische Anzahl an Hülsen je Pflanze verfügen.



Abbildung 38: Hülse mit ersichtlichen Plätzen der einzelnen Körner

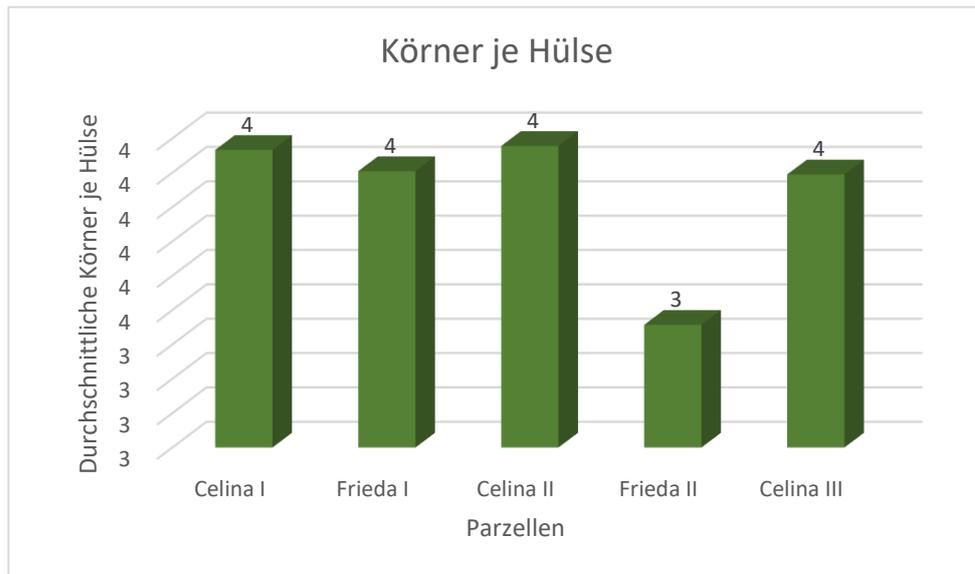


Abbildung 39: Anzahl der errechneten durchschnittlichen Körner pro Hülse der Parzellen im Feldversuch

Der Abbildung 39 ist zu entnehmen, dass alle Parzellen, mit Ausnahme der Parzelle Frieda II, über durchschnittlich vier Körner je Hülse verfügen. In den Hülsen der Pflanzen der Parzelle Frieda II befanden sich im Durchschnitt drei Körner. Dieser Wert wurde aus der Anzahl der Hülsen je Pflanze und der Anzahl der Körner pro Pflanze berechnet. Die Messung der Samengröße, wie in Abbildung 40 ersichtlich, wurde vorgenommen, damit man die Größenordnung der Körner einschätzen kann. Dieses Samen weist eine Größe von 1,4 Zentimeter auf.



Abbildung 40: Messung der Größe der Körner in einer Hülse

4.3 Ergebnisse der Bonitur der Anthraknose

Die Anthraknosebonitur wurde zweimal, in unterschiedlichen Entwicklungsstadien durchgeführt. Die Erste Bonitur fand am 30.05.2022 statt und die zweite wurde am 02.07.2022 durchgeführt. Jede Parzelle wurde einzeln bonitiert wobei jedes Mal fünf Wiederholungen durchgeführt wurden, welche zufällig in der Parzelle verteilt wurden.

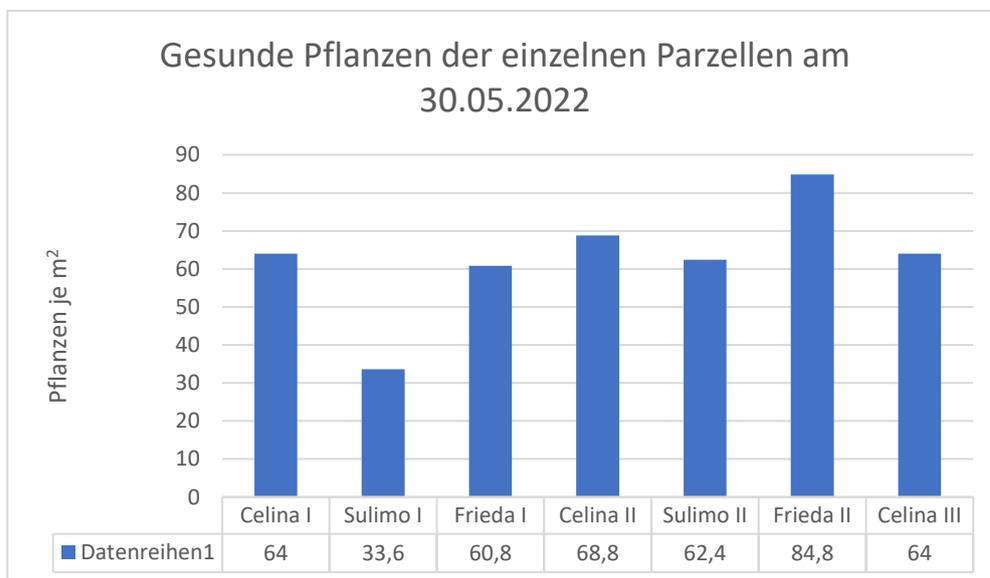


Abbildung 41: Anzahl der gesunden Pflanzen auf den einzelnen Parzellen der Versuchsfäche

In Abbildung 41 ist gut zu erkennen, dass bereits bei der ersten Anthraknosebonitur eine Verminderung der gesunden Pflanzen, vor allem bei der Parzelle Sulimo I, auffällt. Die Parzelle Frieda II fällt hier zudem mit sehr vielen gesunden Pflanzen auf. Bereits bei der Erhebung der Besandesdichte war zu erkennen, dass speziell bei der Sorte Frieda stärkere Schwankungen bei den Pflanzen pro Quadratmeter aufliegen. Dies spiegelt sich auch bei der Bonitur der gesunden Pflanzen wider.

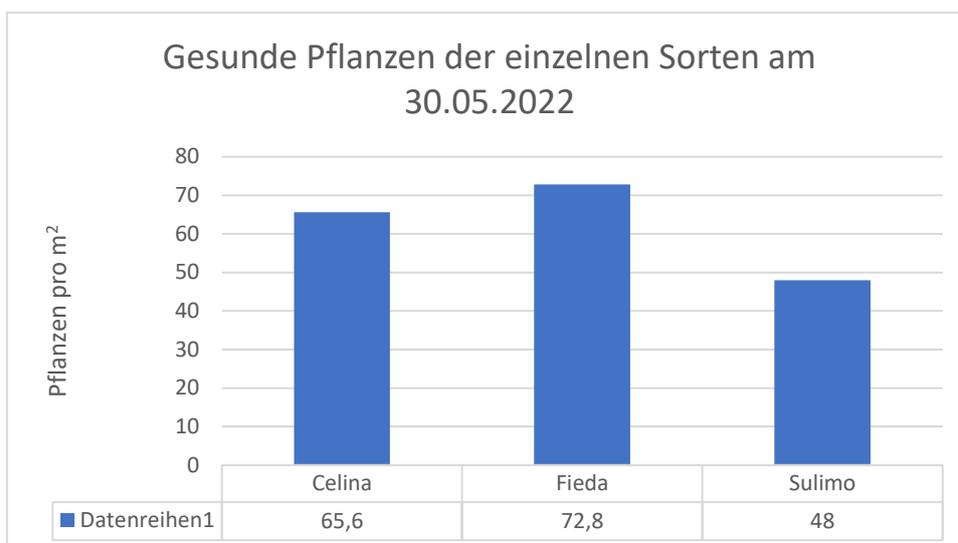


Abbildung 42: Anzahl der gesunden Pflanzen pro m² der einzelnen Sorten auf der Versuchsfläche

In Abbildung 42 ist ersichtlich, dass die Sorte Sulimo im Gegensatz zu den anderen beiden Sorten 30 Prozent weniger gesunde Pflanzen pro Quadratmeter aufweist. Die Sorte Frieda hat in diesem Fall die meisten gesunden Pflanzen pro Quadratmeter, wobei sich die Sorten Celina und Frieda auf etwa dem gleichen Niveau befinden.

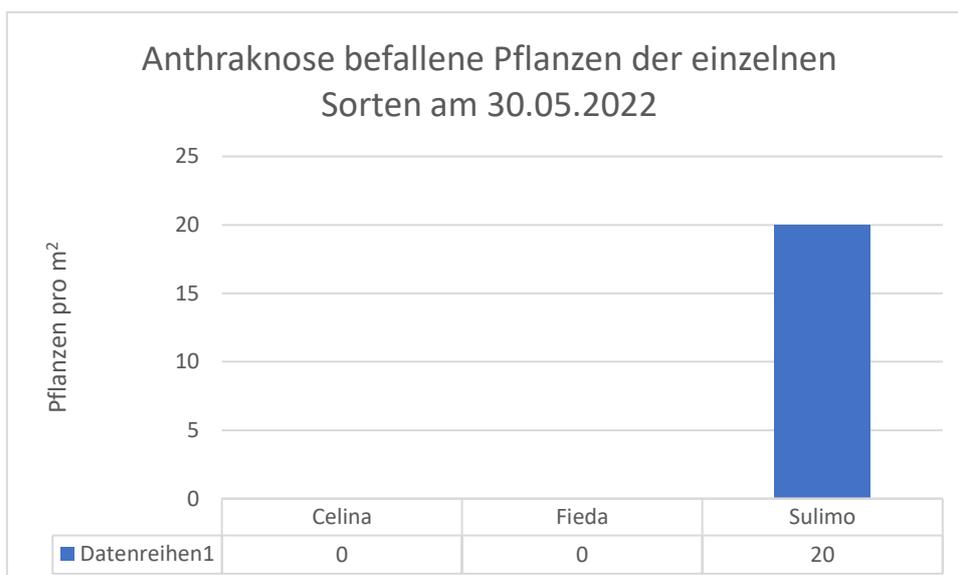


Abbildung 43: Anzahl der befallenen Pflanzen pro Quadratmeter der Einzelnen Sorten auf der Versuchsfläche

Aus Abbildung 43 ist zu entnehmen, dass bereits bei der ersten Anthraknosebonitur am 30.05.2022 ein Befall mit Anthraknose bei der Sorte Sulimo vorliegt. Das ist auch der Grund, weshalb die Sorte Sulimo bei den gesunden Pflanzen pro Quadratmeter eine geringere Anzahl aufweist als die zwei anderen Sorten.

Bei der Bonitur wurden auch befallene Pflanzen aufgenommen und in das Labor der Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH kurz AGES geschickt, um sicher zu gehen, dass es sich tatsächlich um die Pilzkrankheit Anthraknose handelt. Das Ergebnis des Berichtes ist in Abbildung 44 aufgeschlüsselt.

Auftragsnummer: 22070472

Probennummer: 22070472-001

Probeneingang: 08.06.2022
 Material: Sonstige Pflanzenarten
 Untersucher Pflanzenteil: Ganze Pflanze
 Probenehmer: Kunde
 Kundenprobenbezeichnung: Weiße Lupine 'Sulimo'
 Laborprobennummer: 1003/22
 Herkunft der Probe:
 Herkunftsland: AT
 Beschreibung der Probe:
 Probenzustand: geeignet
 Untersuchung von-bis: 08.06.2022 - 10.06.2022

Die Untersuchung der Probe ergab folgendes Ergebnis:

Parameter	Ergebnis	N	K
Untersuchter Schaderreger			
Pilze	Anthraknose (<i>Colletotrichum sp.</i>) nachgewiesen	x	1
Durchgeführte Methoden			
Probenaufarbeitung	durchgeführt	x	2
PCR-Ansatz	durchgeführt	x	3

Allfällig verwendete Abkürzungen:
 N ... Hinweis auf nicht akkreditiertes Verfahren
 x ... Verfahren nicht akkreditiert
 K ... Kommentar

Kommentare (Verwendete Untersuchungsverfahren):

1.) Prüfprogramm für den Nachweis von ausgewählten phytopathogenen Bakterien und Pilzen aus Pflanzenmaterial mittels PCR

Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH
 Spargelfeldstraße 191 | A-1220 Wien
 www.ages.at | DVR: 0014541 | Registergericht: Handelsgericht Wien | Firmenbuch: FN 223056c
 BAWAG P.S.K. | IBAN: AT85 6000 0000 9605 1513 | BIC: SWIFT: BAWAAT33 | UID: ATU 54088605



1 von 2

Institut für Nachhaltige Pflanzenproduktion
 Spargelfeldstraße 191, 1220 Wien
 Leitung: Mag. Bernhard Föger



2.) DNA-Extraktion mit Hilfe von Extraktionskits
 3.) Qualitative PCR für den Nachweis phytopathogener Schaderreger
 Sok.Code: PV_PSP_LITE_PPOM_003

Abbildung 44: Prüfbericht von der Österreichischen Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH (AGES) zur Überprüfung auf den Befall von der Pilzkrankheit Anthraknose

Wie in dem Bericht ersichtlich, wurde Anthraknose (*Colletotrichum sp.*) auf den eingeschickten Pflanzen der Sorte Sulimo nachgewiesen.

Die zweite Anthraknosebonitur erfolgte nach dem gleichen Schema wie die erste Bonitur zur Ermittlung der befallenen Pflanzen.

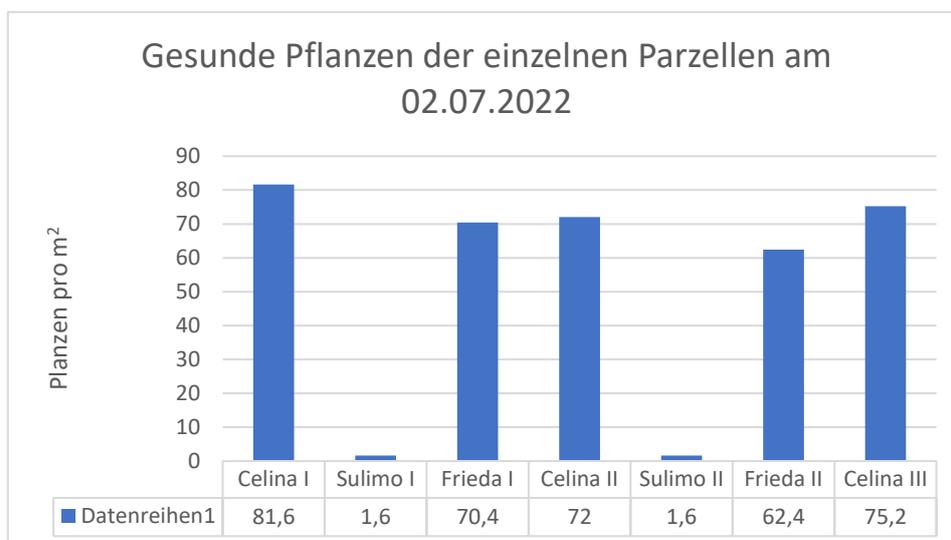


Abbildung 45: Anzahl der gesunden Pflanzen pro Quadratmeter der einzelnen Parzellen auf der Versuchsfläche

In Abbildung 45, bei der Bonitur vom 02.07.2022, ist ganz klar ersichtlich, dass bei der Sorte Sulimo nur mehr vereinzelt gesunde Pflanzen vorliegen. Die Werte der Sorten Celina und Frieda sind ähnlich zu den Ergebnissen der ersten Bonitur und liegen im Bereich von 60 bis 80 gesunden Pflanzen pro Quadratmeter. Die Abweichungen zu den Ergebnissen der ersten Bonitur lassen sich darauf zurückführen, dass die Wiederholungen wieder zufällig in den Parzellen verteilt wurden und nicht auf denselben Stellen durchgeführt wurden. Da der Pflanzenbestand der einzelnen Parzellen nicht gleichmäßig war, ergeben sich bei den einzelnen Messungen Unterschiede.

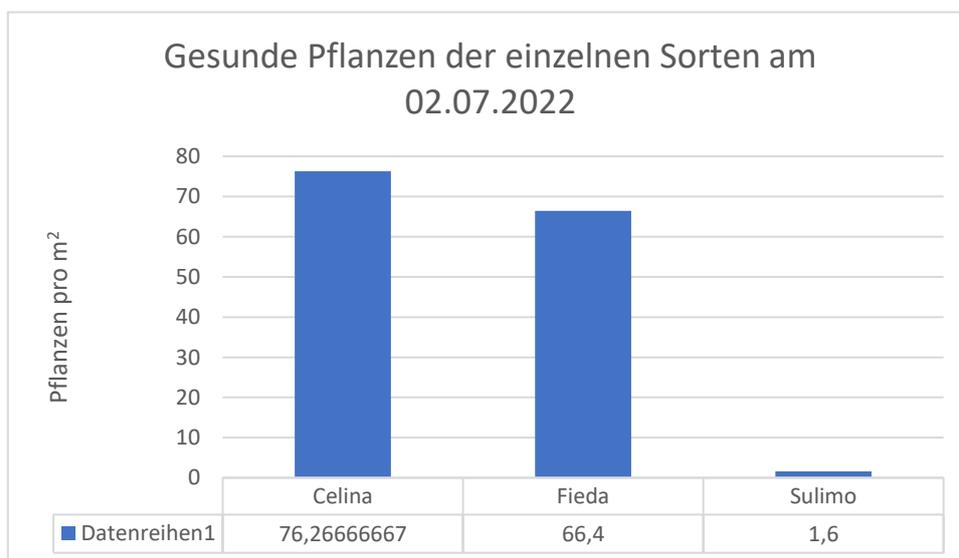


Abbildung 46: Anzahl der gesunden Pflanzen pro Quadratmeter der einzelnen Sorten auf der Versuchsfläche

Abbildung 46 zeigt ein ähnliches Bild. Die Sorte Sulimo zeigt nur mehr sehr wenige gesunde Pflanzen. Die Sorten Celina und Frieda bewegen sich wieder im Bereich zwischen 66 und 76 Pflanzen pro Quadratmeter.

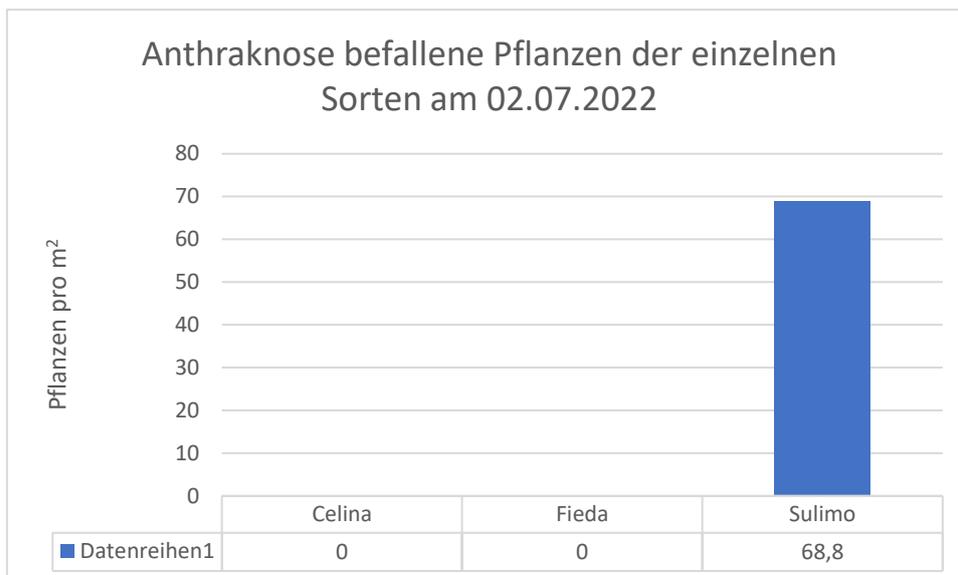


Abbildung 47: Anzahl der mit Anthraknose befallenen Pflanzen pro Quadratmeter auf der Versuchsfläche

In Abbildung 47 ist deutlich zu sehen, wie sehr die Sorte Sulimo befallen wurde. Am Tag der zweiten Bonitur waren bereits 98 Prozent aller Pflanzen der Sorten Sulimo investiert, somit war die Sorte Sulimo ein Totalausfall. Bei den Sorten Celina und Frieda wurde, unter Ausnahme des Übergangsbereiches zu der Sorte Sulimo kein signifikanter Befall festgestellt. Bei den Parzellen der Sorte Celina und Frieda, wo die Sorte Sulimo als Nachbarparzelle angrenzte, wurde auch bei den Sorten Celina und Frieda ein Befall mit Anthraknose festgestellt. In Windrichtung reichte der Befall der Anthraknose, zum Ende der Vegetation bis zu einem halben Meter in den gesunden Bestand.



Abbildung 48: Drohnenaufnahme, des Versuchsfeldes von der Anthraknose befallenen Parzelle mit der Sorte Sulimo

Auf Abbildung 48 ist gut die Anthraknose befallene Parzelle Sulimo II zu erkennen. Links befindet sich die gesunde Parzelle Celina II und rechts, ebenfalls gesund, die Parzelle Frieda II. Leicht kann man den Übergriff der Anthraknose auf die Nachbarsparzellen erkennen. Das Foto wurde am 07.07.2022 mit einer Drohne aufgenommen.

4.4 Ergebnisse der Ertragsermittlung

Die Ertragsermittlung erfolgte mithilfe eines Wiegewagens, mit dem jedes Druschergebnis der einzelnen Parzelle gewogen wurde.

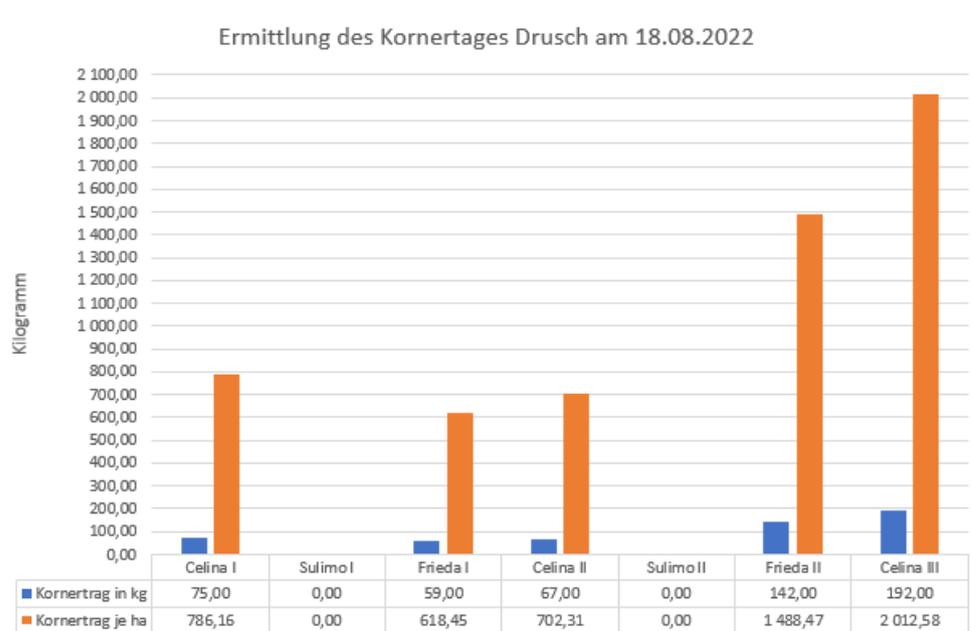


Abbildung 49: Kornertrag in kg der einzelnen Parzellen auf der Versuchsfläche

In Abbildung 49 ist zu erkennen, wie sehr der Ertrag schwanken kann. Der Ertrag der Parzellen Celina I, Frieda I, Celina II ist in etwa gleich groß und liegt in etwa zwischen 75 und 65 Kilogramm auf den einzelnen Parzellen. Die Parzellen waren jeweils 954 Quadratmeter groß aufgerechnet ergibt das einen Kornertrag von 600 bis 800 Kilogramm pro Hektar. Die Parzellen Frieda II und Celina III weisen einen um mehr als das Doppelte erhöhten Kornertrag auf, erreichten jedoch auch nicht mehr als 2.000 Kilogramm pro Hektar. Hingegen weist die Sorte Sulimo, wie schon bei der Anthraknosebonitur erwähnt, einen Totalausfall auf. Diesen Parzellen wurden auch nicht gedroschen, da sie völlig mit Anthraknose befallen waren und nicht druschfähig waren. Zudem wurde von den meisten Pflanzen keine Hülse gebildet. Zu erwähnen ist, dass die Druschergebnisse des Versuches im Vergleich zu angegebenen Kornerträgen in der Literatur sehr unterdurchschnittlich sind.

Feuchtigkeit des Kornes von Celina am 18.08.2022 13,30
Feuchtigkeit des Kornes von Frieda am 18.08.2022 15,80

Abbildung 50: Feuchtigkeitsmessung

Am Tag des Dreschens wurde die Feuchtigkeit der Sorten Celina und Frieda gemessen. Die Messungen ergaben 13,30 Prozent Feuchte bei der Sorte Celina und 15,80 Prozent bei der Sorte Frieda.

Die errechneten Hektolitergewichte sind Abbildung 50 zu entnehmen

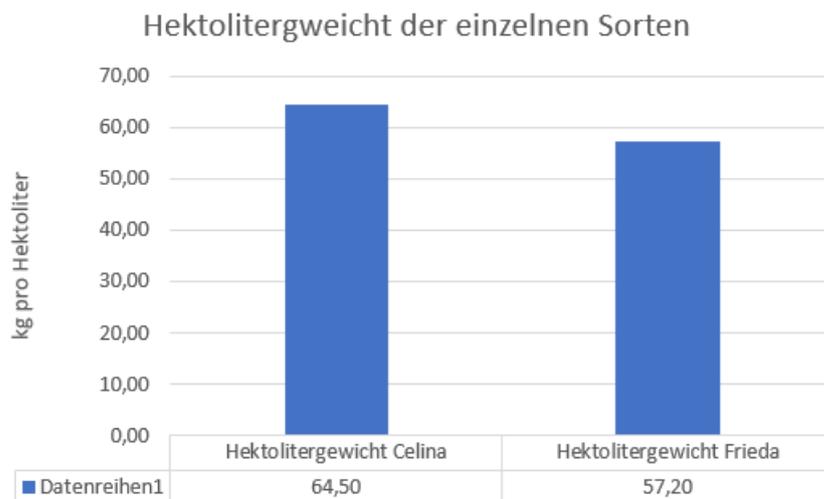


Abbildung 51: Hektolitergewicht der einzelnen Sorten am 18.08.2022

Abzulesen ist, dass die Sorte Celina ein höheres Hektolitergewicht von knapp 65 kg aufweist. Das Hektolitergewicht der Sorte Frieda liegt bei ungefähr 57 Kilogramm, das ist ein um 11 Prozent geringerer Wert als bei der Sorte Celina.

4.5 Ergebnisse der Inhaltsstoffuntersuchung

Untersuchungsparameter	Einheit	Celina	Frieda
Sensorischer Befund			
Geruch		arteigen	arteigen
Farbe		weiß bis	weiß bis
Form der Samen		hellbraun ganze Samen	hellbraun ganze Samen
Analytischer Befund			
Trockensubstanz	g je kg Originalsubstanz	896,00	898,00
Rohasche	g je kg Trockensubstanz	46,00	46,00
Rohprotein	g je kg Trockensubstanz	340,00	365,00
Rohfaser	g je kg Trockensubstanz	138,00	118,00
Rohfett	g je kg Trockensubstanz	93,00	97,00
Zucker	g je kg Trockensubstanz	76,00	79,00
Stärke	g je kg Trockensubstanz	62,00	59,00
Lysin	g je kg Trockensubstanz	16,26	17,00
Methionin	g je kg Trockensubstanz	2,40	2,74
Methionin und Cystin	g je kg Trockensubstanz	7,49	8,26
Threonin	g je kg Trockensubstanz	8,90	9,53
Tryptophan	g je kg Trockensubstanz	2,61	2,78
Valin	g je kg Trockensubstanz	13,28	14,09
Säure-Detergenz-Faser (ADFom)	g je kg Trockensubstanz	192,00	184,00
Gasbildung (HFT)	ml/200 mg Trockensubstanz	62,80	62,30
Energetischer Befund			
nutzbares Rohprotein	g je kg Trockensubstanz	207,00	212,00
ruminale N-Bilanz	g je kg Trockensubstanz	21,00	24,00
Umsetzbare Energie Rind	MJ je kg Trockensubstanz	14,60	14,80
Netto-Energie-Laktation	MJ je kg Trockensubstanz	9,20	9,30
Umsetzbare Energie Geflügel	MJ je kg Trockensubstanz	10,50	11,00
Umsetzbare Energie Schwein	MJ je kg Trockensubstanz	15,70	15,90
Alkaloiduntersuchung			
Lupinin	mg je kg Originalsubstanz (mehr als)	500,00	500,00
13a-Hydroxylupanin	mg je kg Originalsubstanz	120,00	100,00
Cytisin	mg je kg Originalsubstanz (weniger als)	10,00	10,00
Sparteïn	mg je kg Originalsubstanz	27,00	29,00
Angustifolin	mg je kg Originalsubstanz	30,00	26,00
Lupinin	mg je kg Originalsubstanz (weniger als)	10,00	10,00
Multiflorin	mg je kg Originalsubstanz	27,00	20,00
a-Isolupanin	mg je kg Originalsubstanz	15,00	11,00
Summe der Alkaloide	mg je kg Originalsubstanz (mehr als)	719,00	686,00

Tabelle 4: Inhaltsstoffuntersuchung der Weißen Lupine mit den Sorten Celina und Frieda (LKS Labor)

In der Tabelle 4 sind sämtliche Inhaltsstoffe, welche vom Labor untersucht wurden, angeführt. Es wurden eine Vollanalyse und eine toxikologische Untersuchung durchgeführt.

Die Volluntersuchung enthält eine sensorische Untersuchung, wo Farbe, Geruch und Aussehen objektiv beurteilt werden, eine analytische Untersuchung und eine energetische Untersuchung. Der analytische Untersuchungsteil enthält alle Bestandteile der Probe, welche mittels der üblichen Untersuchungsmethode nach Wender festgestellt und ermittelt werden können. Weiters wurde noch mittels NIRS-Methodik der Gehalt an Rohfaser ermittelt, welche durch eine Zugabe von Säure zersetzbar ist. Diese Form an Rohfaser nennt man ADF, was ausgeschrieben acid detergent fiber und zu Deutsch Säure-Detergenz-Faser bedeutet. Außerdem wurde noch die Gasbildung HFT ebenfalls mit der NIRS-Technik festgestellt. Es wurden auch die wichtigsten essenziellen Aminosäuren untersucht, da diese eine hohe Bedeutung in der Fütterung besitzen. Bei der energetischen Untersuchung wurde die umsetzbare Energie für Rind, Geflügel und Schwein ermittelt. Des Weiteren wurden noch die Netto-Energie-Laktation, welche bei der Milchviehfütterung von Bedeutung ist, die ruminale Stickstoffbilanz und das nutzbare Rohprotein analysiert. Die toxikologische Untersuchung enthält eine Analyse der wesentlichen Alkaloide der Lupine. Bei diesen Alkaloiden handelt es sich um Chinolizidinalkaloide.

Der spezifische Geruch der Lupine wird vom Labor als „arteigen“ beschrieben und die weiße Farbe ist für die Weiße Lupine, wie es bereits im Namen steckt, typisch. Durch den hohen Rohproteingehalt von 34 beziehungsweise 36,5 Prozent in der Trockenmasse, gilt die Lupine als die eiweißreichste der heimischen Leguminosen. Hinzu kommt, dass ihr Aminosäuremuster, wie in der Analyse ersichtlich, als sehr gut, dennoch etwas schlechter als jenes von Sojaextraktionsschrot, einzuschätzen ist. Typisch für die Lupine ist der sehr niedrige Gehalt der Aminosäure Methionin, welcher lediglich 0,24 beziehungsweise 0,274 Prozent in der Trockenmasse beträgt. Bei Sojaextraktionsschrot beträgt dieser Wert meistens das Doppelte. Die Aminosäuren sind, neben den Alkaloiden, in der Tierernährung der begrenzende Faktor für die Höhe der Einsatzmenge in der Ration. Vor allem bei Schweinen und Geflügel wird dies tragend, da diese im Gegensatz zu den Wiederkäuern nicht in der Lage sind Aminosäuren durch die Pansenmikroben aufzunehmen. Außerdem ist der relativ hohe Wert an Rohfaser und Rohfett ein Charakteristikum der Lupinensamen. Der Gehalt von 1,626 beziehungsweise 1,7 Prozent Lysin ist im Gegensatz zum Sojaextraktionsschrot um zirka das eineinhalbfache niedriger. Der Verdauungsgrad des Rohproteins ist als sehr hoch einzuschätzen und die Umsetzbare Energie ist beim Schwein am höchsten.

Dieser Grenzwert für Alkaloide liegt für Futtermittel bei 0,04 Prozent, also 400 Milligramm je Kilogramm Trockenmasse der Körner. Werden die Samen für die menschliche Ernährung verwendet, liegt dieser Grenzwert bei 0,02 Prozent, sprich 200 Milligramm Alkaloide je Kilogramm Trockenmasse der Samen. (Petersen, 2022)

Laut der Analyse der vorliegenden Proben des Feldversuches beträgt der Alkaloidgehalt bei der Sorte Celina mindestens 719 Milligramm und bei der Sorte Frieda mindestens 686 Milligramm je Kilogramm Originalsubstanz. Diese Gehalte beziehen sich hier auf die Originalsubstanz und nicht auf die Trockenmasse, wie in der obigen Quelle für den Grenzwert angegeben. Diese Werte weichen aber nur gering ab, da der Trockenmassegehalt der Samen beinahe 90 Prozent beträgt.

Wie den Prüfberichten auf den Seiten 105 beziehungsweise 106 zu entnehmen ist, schlich sich bei dem Labor „LKS Labor“, von welchem die Analysen durchgeführt

wurden, ein Fehler ein. Durch Kontaktaufnahme mit dem Labor wurde auf den Fehler aufmerksam gemacht, welcher laut Angaben des Labors ein Einzelfall sein dürfte. Dieser Prüfbericht entnimmt den Richtwert für den Alkaloidgehalt der Stellungnahme 003/2017 des BfR vom 27. März 2017 mit dem Namen „Risikobewertung des Alkaloidvorkommens in Lupinensamen“, welche vom deutschen Bundesinstitut für Risikobewertung veröffentlicht wurde. Aus dieser Stellungnahme wurde der Richtwert der Australia New Zealand Food Authority (ANZFA) zitiert. Von folgender zitierter Stelle der Stellungnahme des BfR sollte die Angabe des Grenzwertes für den Alkaloidgehalt, welcher vom Labor angegeben wurde, stammen.

„Lupinensorten, die Samen mit niedrigen Alkaloidgehalten liefern und durch gezielte Züchtung erhalten wurden, werden als „Süßlupinen“ bezeichnet, solche deren Samen aufgrund höherer Alkaloidgehalte bitter schmecken, als „Bitterlupinen“ (ANZFA 2001; Gessner & Orzechowski 1974; Ternes et al. 2007). Dabei werden die Alkaloidgehalte von Süßlupinensamen mit einem Bereich von 0,01 - 0,08 % (100 - 800 mg/kg) (Gessner & Orzechowski 1974) angegeben. Andere Autoren definieren, dass die Alkaloidgehalte in den Samen der Süßlupinen-Varietäten < 500 mg/kg Trockenmasse und in denen der Bitterlupinen-Varietäten > 10 000 mg/kg Trockenmasse betragen.“ (ANZFA, 2017, S. 5)

Da der Alkaloidgehalt mit insgesamt mindestens 719 beziehungsweise 686 Milligramm je Kilogramm den Grenzwert für die Tierernährung von 400 Milligramm je Kilogramm überschreitet, dürfen die Lupinensamen in der Schweinemast nicht verwendet werden. Da der Grenzwert für den Alkaloidgehalt in der Humanernährung noch geringer angesetzt wird, dürfen sie auch nicht für diesen möglichen Einsatzzweck verwendet werden.

4.6 Ergebnisse der betriebswirtschaftlichen Analyse

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

Institut für Agrarökonomie

Menzinger Str. 54, 80638 München

Tel.: 08161 8640-1111, E-Mail: Agrarökonomie@LfL.bayern.de



Ausdruck vom 03.01.2023

LfL-Deckungsbeiträge und Kalkulationsdaten - Blaue Lupinen

Grundlegende Angaben

Betrachtungszeitraum Erntejahr 2022 ohne MwSt.
(vorläufig)
Schlaggröße 2 ha

Übersicht

Erträge und Preise		
Ertrag	dt/ha	8.0114
Erzeugerpreise	€/dt	43.79
Leistungen		
N-Lieferung an nachfolgende Früchte	€/ha	17.6
Summe Leistungen	€/ha	368.4
Variable Kosten		
Saatgut	€/ha	425.8
Dünger	€/ha	0.0
Pflanzenschutz	€/ha	95.8
Variable Maschinenkosten	€/ha	261.0
Lohnkosten für Saison-Arbeitskräfte	€/ha	0.0
Reinigung	€/ha	12.0
Trocknung	€/ha	0.0
Hagelversicherung	€/ha	14.7
Sonstige variable Kosten	€/ha	0.0
Summe variable Kosten	€/ha	809.3
Deckungsbeitrag	€/ha	-440.9
Sonstige Leistungen/Prämien	€/ha	0.0
Deckungsbeitrag inkl. sonstiger Leistungen/Prämien	€/ha	-440.9
Arbeitszeitaufwand je ha	AKh/ha	5.9

Abbildung 52: Deckungsbeitrag der Weißen Lupine mit den Werten des Feldversuches dieser Arbeit (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Agrarökonomie)

Für die betriebswirtschaftliche Analyse wurde die Deckungsbeitragsberechnung herangezogen. Dieses Verfahren wurde aufgrund der Vergleichbarkeit mit anderen Versuchen angewendet, denn die Fixkosten schwanken von Betrieb zu Betrieb sehr stark.

Dieser Deckungsbeitrag wurde mit dem Internet-Deckungsbeitragsrechner „Lfl-Deckungsbeiträge und Kalkulationsdaten“ der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft ausgerechnet. Die Auswahl ist darin begründet, dass bei den beiden verfügbaren österreichischen Internet-Deckungsbeitragsrechnern kein Deckungsbeitrag für die Lupine erstellt werden kann. Die Voreinstellungen für die zu kalkulierende Kultur sind auf die Schmalblättrige Lupine angepasst, da die Weiße Lupine nicht verfügbar ist. Diese wurden jedoch auf die Werte der Weißen Lupine, welche bei dem Versuch dieser Arbeit erzielt wurden, adaptiert.

Es wurde bei den grundlegenden Angaben eingestellt, dass ausschließlich das Jahr 2022 für die vorgelegten Werte berücksichtigt wird. Es wurde eine Schlaggröße von zwei Hektar eingestellt. Die gesamte Kalkulation wurde mit Preisen ohne Mehrwertsteuer durchgeführt, um die Vergleichbarkeit aufrechtzuerhalten. Dieses Kalkulationsprogramm stammt aus Bayern, wodurch andere Steuersätze als in Österreich gelten würden.

Der Ertrag von 801,14 Kilogramm je Hektar wurde im Durchschnitt aller Parzellen der Versuchsfläche, auf ein Hektar aufgerechnet, erzielt. Hierbei wurde auch die Fläche der Sorte Sulimo miteinbezogen, welche einen Totalschaden darstellte und nicht geerntet wurde.

Als Preis der Weißen Lupine wurde ein Substitutionswert aus Sojaextraktionsschrot mit 44 Prozent Eiweiß und Futterweizen mit zwölf Prozent Eiweiß errechnet. Dieser Wert wurde mit Hilfe der Exceltabelle „Berechnung der Preiswürdigkeit von Einzelfuttermitteln für Schweine nach der Austauschmethode Lühr“, welche vom Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen im Internet zur Verfügung steht, ermittelt. Die Berechnung des Substitutionswertes mit der Methode nach Lühr wurde angewendet, da sie bei sehr vielen Quellen verwendet wird und als übliche Methode zur Berechnung des Substitutionswertes eines Futtermittels gilt. Dazu ist hinzuzufügen, dass kein Preis für die Lupine existiert, wodurch man auf eine solche Berechnung angewiesen ist. Als Preis für den Sojaextraktionsschrot mit 44 Prozent Eiweiß wurde der durchschnittliche Preis des Jahres 2022, welcher am Betrieb Killingseder bezahlt wurde, mit 599 Euro je Tonne angesetzt. Dieselbe Preisermittlung wurde für den Futterweizen verwendet, wodurch ein Preis von 300 je Tonne verwendet wurde.

In Abbildung 53 ist ein Auszug dieses Berechnungsprogrammes mit den relevanten Parametern für die Kalkulation des Substitutionswertes der Weißen Lupine ersichtlich.

Futtermittel	% Rohprotein in der FM in %	Qualität	Proben in % *	Trockenmasse (TM) g	Rohprotein (XP) g	vd. Rohprotein (XP) g	Rohfaser (XF) g	ME ** MJ	Lysin (Lys) g	verdaul. Lysin (dv. Lys) g	Marktpreise Einkauf frei Hof	Austauschpreis
GEHALTE JE KG FUTTERMITTEL											Preis in €/dt	
Weizen 12% RP	12		23	880	120	108	26	13,7	3,6	3,2	30,00 €	
Sojaschrot 44% RP	44		14	890	440	361	67	13,2	27,2	23,7	59,90 €	
Lupinen weiß 33% RP DLG 2014	33	DLG 2014		880	326	290	114	13,96	14,2	12,0	30,00 €	43,79 €

Abbildung 53: Auszug aus dem angewendeten Berechnungsprogramm (Berechnung der Preiswürdigkeit von Einzelfuttermitteln für Schweine nach der Austauschmethode Lühr, von der Internetseite des Landesbetriebes Landwirtschaft Hessen)

Als monetär bewertbaren Teil des Vorfruchtwertes ist die Stickstoff-Lieferung an die Folgekultur im Deckungsbeitrag inkludiert. Bei dieser Stickstoffnachlieferung wird die Differenz des eingebrachten Stickstoffes durch die Lupine und des Stickstoffentzuges durch die Ernte berechnet. Diese Differenz, welche im Fall dieses Feldversuches acht Kilogramm ergibt, wird mit dem Reinnährstoffpreis von Stickstoff, welcher mit 2,20 Euro je Kilogramm angesetzt wurde, multipliziert. So ergibt diese Bewertung eine zusätzliche Leistung von 17,60 Euro je Hektar. Wie im Kapitel 2.2.5.1 detaillierter beschrieben, ist die Lupine eine hervorragende Vorfrucht und deshalb ist dies aus pflanzenbaulicher Sicht unbedingt zu berücksichtigen. In manchen Quellen wird auch der mögliche Mehrertrag in den Deckungsbeitrag mit einbezogen, was hier nicht gemacht wurde.

Bei den Kosten des Saatgutes fällt auf, dass diese im Vergleich zu jenen in unseren Breiten üblichen Ackerkulturen enorm hoch sind. Dies ist einerseits dem miteingerechneten Impfmittel der Knöllchenbakterien und andererseits den hohen Saatgutkosten bei einer hohen Aussaatstärke je Hektar geschuldet. Für das Impfmittel wurden die Preise je Packung und die Aufwandmenge dieses Impfstoffes von der Saatbau Linz herangezogen. Die Kosten je Hektar belaufen sich hierbei auf knappe 90 Euro je Hektar. Der Preis für das Saatgut wurde dem Onlineshop der BayWa AG entnommen und auf den Netto-Betrag umgerechnet. Dabei ergeben sich, bei einer durchschnittlichen Aussaatstärke aller drei Sorten von knapp 250 Kilogramm je Hektar, Saatgutkosten je Hektar in der Höhe von zirka 335 Euro. Addiert man die Kosten des Impfmittels mit jenen des Saatgutes, so ergeben sich Kosten für das Saatgut von insgesamt 425 Euro je Hektar.

Die Kosten des Pflanzenschutzes wurden für die tatsächlich im Versuch eingesetzten Mittel adaptiert. Die Preise für die Pflanzenschutzmittel wurden der aktuellen Preisliste für 2022 des Agrarhandels Fuchshuber entnommen. Die durchgeführten Maßnahmen des Pflanzenschutzes sind dem Kapitel 3.4.1 zu entnehmen. Die händische Unkrautregulierung wurde ausschließlich von Familienmitgliedern des Betriebes Killingseder durchgeführt, wofür keine Kosten eingerechnet wurden. Eine Düngung wurde nicht durchgeführt.

Für die Berechnung der Maschinenkosten wurden ausschließlich die tatsächlich auf der Versuchsfläche durchgeführten Maßnahmen, wie im Kapitel 3.4.1 ersichtlich, berücksichtigt. Die Kosten für die Eigenmechanisierung wurden den ÖKL-Richtwerten für Maschinenselbstkosten entnommen und an die Verhältnisse des Betriebes angepasst. Bei den Kosten für den Drusch wurde der tatsächlich verrechnete Preis des Lohnunternehmers mit 145 Euro je Hektar angesetzt.

Da die gesamte Ware gereinigt werden musste, wurden 0,015 Euro je Kilogramm für die Reinigung angesetzt. Die Lupinen wurden für etwa einen halben Tag am Fahrsilo flach aufgeschüttet, wofür keine Kosten miteinbezogen wurden.

Außerdem ist in der Kalkulation eine Versicherung für einen etwaigen Hagelschaden enthalten. Bei dieser Position wurden die voreingestellten Werte des Deckungsbeitragsrechners unverändert übernommen.

Daraus ergibt sich eine Gesamtleistung von 368,40 Euro je Hektar. Hiervon sind die gesamten variablen Kosten abzuziehen, welche sich bei unserem Versuch auf 809,30 Euro je Hektar beliefen. Somit ergibt sich ein Deckungsbeitrag von minus 440,90 Euro je Hektar. Daraus lässt sich schließen, dass die Kulturart Weiße Lupine aus Sicht der Ökonomie, in dem Feldversuch der im Zuge der Diplomarbeit durchgeführt wurde, nicht wirtschaftlich ist.

4.7 Ergebnisse ähnlicher Versuche

Der erste ausgewählte Versuch mit dem Titel „Bio-Lupinen Sortenversuche 2019-2020“ lief, wie der Name bereits verrät, über zwei Versuchsjahre. Der Versuch wurde vom Strickhof, einer Abteilung des Amtes für Landschaft und Natur in der Schweiz, durchgeführt. Der Auftraggeber war der Kanton Zürich und dessen Amt für Landschaft und Natur.

In den Versuchsjahren 2019 und 2020 wurden verschiedene Sorten der Weißen Lupine und der Blauen Lupine angebaut. Bei der Blauen oder auch Schmalblättrigen Lupine wurde eine Stützfrucht in Form von 3,5 Kilogramm Leindotter pro Hektar ausgesät. Diese Entscheidung wurde wegen der geringeren Unkrautunterdrückung und wegen der schlechteren Standfestigkeit getroffen. Der Versuch war auf fünf verschiedene Versuchsstandorte in der Schweiz verteilt. Pro Standort wurde immer eine Wiederholung durchgeführt. Der Versuch war in Form eines Streifenversuches aufgebaut.

Die Saatedichte betrug bei dem Versuch 65 Körner pro Quadratmeter bei der Weißen Lupine, beziehungsweise 100 Körner bei der Blauen Lupine. Die Kulturmaßnahmen waren bei allen Parzellen gleich. Nach der Herbstfurche wurde das Saatbett im Frühjahr mit einer Kulturegge vorbereitet. Anschließend wurden mit einer kombinierten Sämaschine ausgesät. Vor der Aussaat wurde das Saatgut für eine bessere Knöllchenbakterienentwicklung geimpft. Da der Versuch nach den Biologischen Richtlinien durchgeführt wurde, wurden keine chemischen Pflanzenschutzmittel eingesetzt.

Die Blaue Lupine stand nur 2019 mit vier Sorten im Versuch. Bei der für uns relevanten Weißen Lupine wurden in jedem Versuchsjahr zwei andere Sorten getestet. 2019 waren dies Feodora und Amiga, 2020 kamen die neuen Sorten Frieda und Sulimo zum Einsatz. Die Ernte erfolgte bei der Weißen Lupine 2019 in der zweiten Augushälfte. 2020 zeigte sich ein deutlicher Unterschied bei den Sorten. Die Sorte Frieda konnte am 11. September geerntet werden. Bei der Sorte Sulimo musste bis 9. Oktober gewartet werden.

Erträge 2019 und 2020

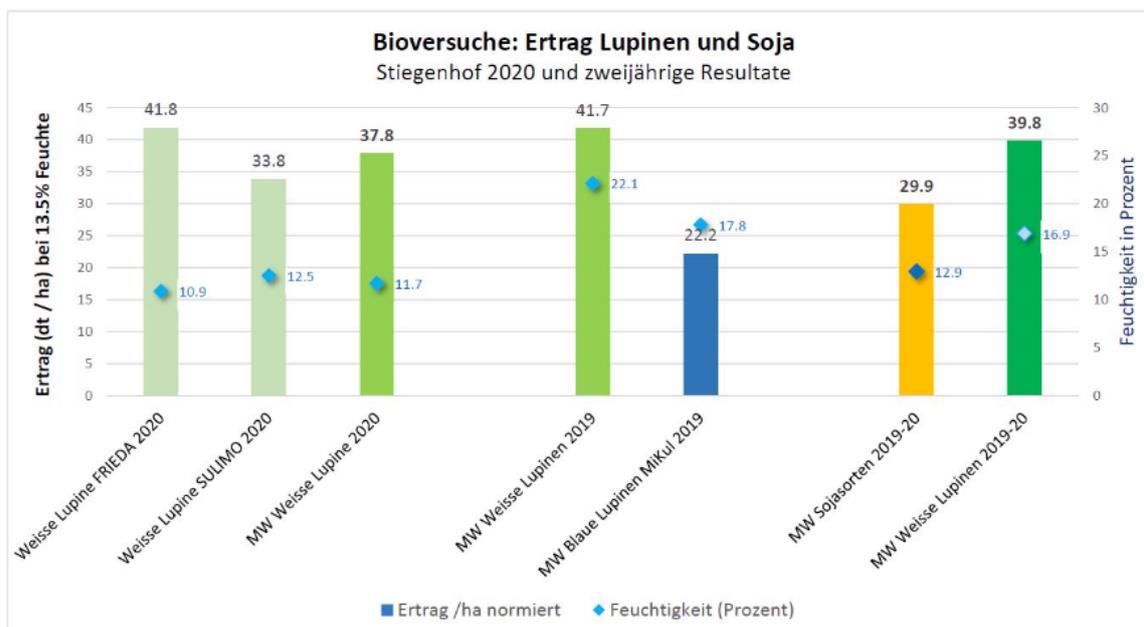


Abbildung 54: Resultate der Versuche des Strickhofs (Strickhof)

In Abbildung 54 werden die Erträge sowie die dazugehörigen Feuchtegehalte der verschiedenen Lupinenarten und Sorten gezeigt. Die Abkürzung MW bedeutet Mittelwert. Links sind die Ergebnisse des Jahres 2020 abgebildet, in der Mitte der Mittelwert aller Sorten der Weißen sowie der Blauen Lupine und rechts ist ein Vergleich zwischen der Weißen Lupine und den zweijährigen Durchschnitt der verschiedenen Futtersoja-Sorten im Bio-Streifenversuch dargestellt.

Die Erträge zeigen, dass die Blaue Lupine einen durchschnittlichen Ertrag von 22,2 Dezitonnen pro Hektar erreichen konnte. Im Mittelwert über die zwei Jahre erreichte die Weiße Lupine umgerechnet, einen Ertrag von knapp 40 Dezitonnen pro Hektar. Der Ertrag der Sojabohnen schwankte in den beiden Anbaujahren stark und lag zwischen 33,8 bis 44,2 Dezitonne pro Hektar.

Die Weiße und auch die Blaue Lupine blieben in beiden Versuchsjahren überwiegend von der Pilzkrankheit Anthraknose verschont. 2019 konnten die zwei nicht toleranten Weißen Lupinensorten durch den frühen Drusch vor einem Befall bewahrt werden. Im Versuchsjahr 2020 konnten die neuen Sorten ihre Toleranz ausspielen und bleiben gesund. (Spielmann, 2020)



Abbildung 55: Die Sorte Frieda der Weißen Lupine im Streifenversuch (Strickhof)

Ein weiterer Versuch mit dem Titel „BioNet-Lupinenpraxisversuch Niederösterreich 2021“ wurde auf den Standort in der Gemeinde Mold im niederösterreichischen Bezirk Horn durchgeführt. Der Boden ist auf dem Versuchsstandort eine schwach vergleyte Lockersedimentbraunerde. Als Vorfrucht war Winterdinkel angebaut. Der Versuch war in Form einer Blockanlage aufgebaut und von jeder Sorte gab es vier Wiederholungen. Angebaut wurden 60 Körner pro Quadratmeter. Die Versuchsbetreuung übernahm die Landwirtschaftskammer Niederösterreich, das Forschungsinstitut für biologischen Landbau und der Versuchswirtschaftler Clemens Brunner.

In der folgenden Grafik werden die Ergebnisse des Versuches gezeigt.

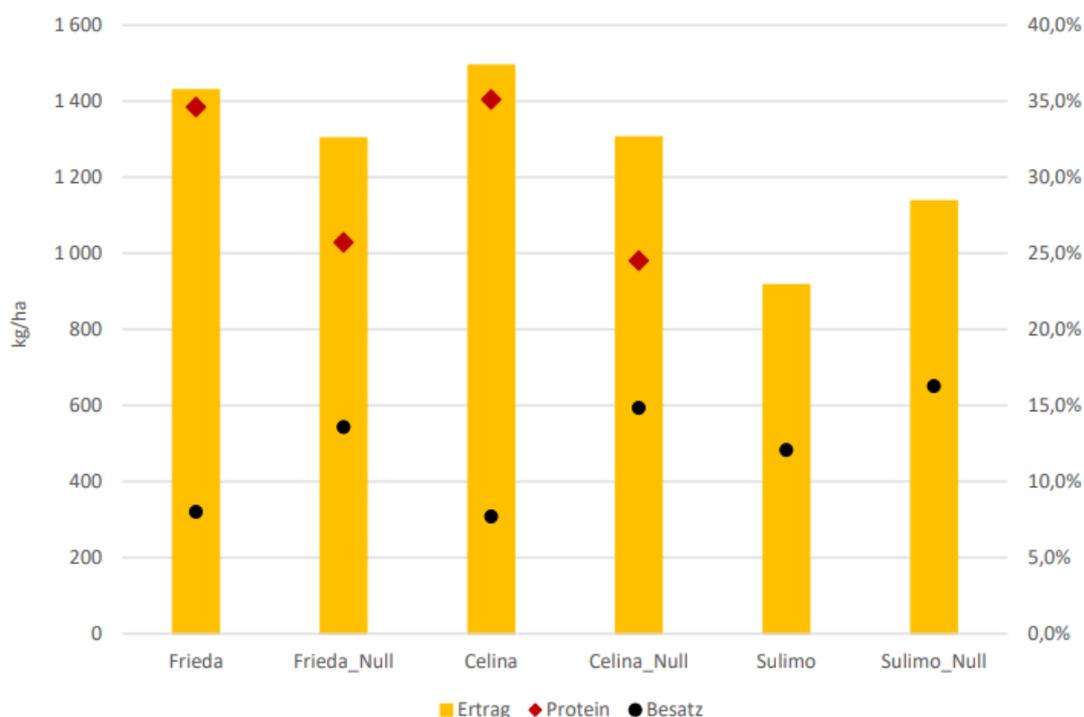


Abbildung 56: Ergebnisse des Versuches (bionet)

Der Kornertrag ist deutlich erkennbar bei den Sorten Frieda und Celina am höchsten. Die beiden Sorten erreichen im Schnitt 1.380 Kilogramm je Hektar. Der Proteinwert schwankt doch sehr deutlich zwischen 25 und 35 Prozent. Beim Besatz ist auffällig, dass die Parzellen mit dem besten Ertrag auch den höchsten Besatz aufweisen. Die Erntefeuchte bewegte sich bei der Sorte Frieda zwischen 17 und 18,6 Prozent und bei der Sorte Celina zwischen 16,4 und 19 Prozent. Der Durchschnitt der beiden Sorten liegt bei rund 17,7 Prozent Erntefeuchte. Der Kornertrag bei der Sorte Sulimo bewegt sich zwischen 900 und 1.100 Kilogramm pro Hektar und der Besatz ist mit 12 und 16 Prozent im Mittelwert auch höher als bei den beiden Sorten Frieda und Celina. Bei der Sorte Sulimo wurde eine Erntefeuchte von 19,8 und 23,9 Prozent gemessen.

In Abbildung 57 wird der Bodenbedeckungsgrad zu Blühbeginn beziehungsweise zum Blühende angegeben.

Variante	DG1	DG2
Frieda	36%	45%
Frieda Null	39%	43%
Celina	43%	44%
Celina Null	48%	39%
Sulimo	40%	53%
Sulimo_Null	36%	48%

DG1 ... Bodendeckung zu Blühbeginn

DG2 ... Bodendeckung zu Blühende

Abbildung 57: Ergebnisse des Bodenbedeckungsgrads zum Blühbeginn sowie zum Blühende (bionet)

Es ist ersichtlich, dass die Sorte Sulimo bei dem durchgeführten Versuch zu Blüteende den höchsten Bodenbedeckungsgrad aufweist. Die Parzellen der Sorte Celina sind weisen ähnliche Werte auf. Die Bodenbedeckung bei der Sorte Frieda ist deutlich geringer.

(Andreas Kranzler)

5 Diskussion und Schlussfolgerungen

5.1 Schlussfolgerung Anthraknose

Aufgrund der gewonnenen Daten der Bonituren, bei denen jeweils in den einzelnen Parzellen die gesunden und die befallenen Pflanzen ausgezählt wurden, lässt sich erkennen, dass die Sorte Sulimo den Angaben nach eine gegen die Pilzkrankheit Anthraknose tolerante Sorte zu sein, nicht halten kann. Durch den Befall mit Anthraknose wurden alle Pflanzen abgetötet und es entstand ein Totalausfall. Die Sorte Celina und die Sorte Frieda hingegen zeigten keinen stärkeren Befall mit der Pilzkrankheit. Lediglich im Randbereich zu den Parzellen der Sorte Sulimo greift die Anthraknose leicht in die beiden anderen Sorten über. Vor allem in Windrichtung ließ sich der Befall häufiger beobachten. Trotz des enormen Krankheitsdrucks war die Anthraknoseinfektion auf die Sorten Celina und Frieda nur sehr gering. Bei diesen beiden Sorten kann von einer guten Toleranz gegen den Pilz *Colletotrichum acutatum* ausgegangen werden. Ein Unterscheid in der Krankheitstoleranz zwischen Frieda und Celina, lies sich nach unseren Beobachtungen nicht eindeutig feststellen.

5.2 Schlussfolgerung Kornertrag

Insgesamt fiel das Ergebnis des Kornertrages schlecht aus und ist für den Betrieb nicht zufriedenstellend. Die Sorte Sulimo verzeichnete, wie schon angesprochen, einen Totalausfall und konnte nicht geerntet werden. Die Sorte Frieda wies durchschnittlich einen Kornertrag von rund 1.050 Kilogramm pro Hektar auf. Je nach Literatur liegt der Kornertrag der Sorte Frieda bei in etwa vier Tonnen pro Hektar. Der zu erwartende Kornertrag bei der Sorte Celina liegt etwas höher als bei der Sorte Frieda, bewegt sich jedoch auch meist um rund vier Tonnen je Hektar. Entgegen den Erwartungen lag auch der Kornertrag der Sorte Celina mit durchschnittlich 1.160 Kilogramm pro Hektar unter den Erwartungen. Somit waren beide Sorten in unserem Versuch nicht wirtschaftlich. Auf die genauen wirtschaftlichen Auswirkungen wird im Kapitel 4.6 Ergebnisse der betriebswirtschaftlichen Analyse eingegangen. Ein möglicher Grund für das schlechte Ergebnis könnte das Absterben der Knöllchenbakterien nach der Blütezeit gewesen sein. Trotz Recherche wurde kein möglicher Grund gefunden, warum die Knöllchenbakterien abgestorben sind.



Abbildung 58: Drohnenaufnahme der Parzellen auf der Versuchsfläche

Es ist gut ersichtlich, dass der Bestand, auf den hier rechts liegenden Parzellen, Frieda II und Celina III am besten entwickelt und am dichtesten ist. Je weiter es nach links geht, desto dünner wird der Bestand. Das Bild spiegelt genau die erhobenen Daten der Ertragsermittlung wider. Die beiden Sulimo Parzellen sind zudem auch gut ersichtlich. Das Foto stammt vom 07.07.2022

Auf den nachfolgenden Bildern ist das Absterben der Knöllchen nach der Blütezeit gut ersichtlich. Die Fotos wurden am 08.07.2022 aufgenommen. Ein möglicher Grund wieso die Knöllchenbakterien abgestorben sind wurde in der Literatur nicht gefunden



Abbildung 59: Abgestorbene Knöllchenbakterien

Wie auf der Abbildung 60 ersichtlich, welchen vom 30.05.2022 stammt, sind die Knöllchenbakterien zu diesem Zeitpunkt noch lebendig und intakt. Das eingekreiste Knöllchenbakterium wurde aufgeschnitten. Anhand der roten Farbe im Inneren des Knöllchens ist gut ersichtlich, dass die Symbiose mit der Pflanze funktioniert und bereits Stickstoff produziert wird.



Abbildung 60: Gesunde Knöllchenbakterien

5.3 Schlussfolgerung Eignung als Eiweißfuttermittel für die Schweinemast

Aus den Ergebnissen lässt sich schließen, dass die Sorte Frieda im Kornertrag etwas schlechter, von der Qualität des Kornes jedoch günstiger als die Sorte Celina abschnitt. Unter Qualität des Kornes ist die Menge an Inhaltsstoffen gemeint. Die wertbestimmenden Inhaltsstoffe sind in einer höheren Quantität und die sekundären Pflanzenstoffe, sprich die Alkaloide, in einer geringeren Konzentration in den Körnern der Sorte Frieda, im Vergleich zur Sorte Celina, enthalten. Dadurch kann der geringere Ertrag zu einem gewissen Grad von der Sorte Frieda ausgeglichen werden. Dennoch konnten beide Sorten den Grenzwert für den Bitterstoffgehalt nicht einhalten. Die Verfütterung als auch die Verwendung für die menschliche Ernährung sind aufgrund des zu hohen Alkaloidgehaltes nicht zulässig. Aus diesem Grund wurde für diese Diplomarbeit, anders als ursprünglich geplant, keine Ration für die Mastschweinefütterung erstellt. Wird der Grenzwert des Alkaloidgehaltes unterschritten, so ist der Einsatz in der Fütterung erlaubt. Die Lupine ist als sehr wertvoller Eiweißträger in der Mastschweinefütterung einzustufen. Dies ist in ihrem hohen Eiweißgehalt und der guten Eiweißqualität begründet. Diese beiden Werte sind mit der Sojabohne vergleichbar, welche den geeignetsten pflanzlichen Eiweißträger in der Fütterung der Mastschweine darstellt.

5.4 Empfehlungen für die Praxis

Aufgrund der gewonnenen Erkenntnisse kann gesagt werden, dass der erfolgreiche Lupinenanbau mit einer guten Anthraknosetoleranz der Sorte, optimalen Standortverhältnissen und einem geringen Unkrautdruck einhergehen muss. Durch den zu hohen Krankheitsdruck der Anthraknose erlag die Sorte Sulimo dieser Krankheit völlig, weshalb daraus ein Totalausfall resultierte und somit nicht empfohlen werden kann. Die beiden Sorten Celina und Frieda der Deutschen Saatveredelung zeigten im Feldversuch eine gute Anthraknosetoleranz, es ist jedoch darauf zu achten, dass keine befallenen Pflanzen einer anderen Sorte in unmittelbarer Nähe stehen. Denn dadurch kann es zu einer, wenn auch nur geringen, windbedingten Verschleppung der Anthraknose auf die tolerante Sorte kommen. Der im Versuch erhobene Ertrag ist im Vergleich zu jenem, welcher in der Literatur angegeben wird, sehr gering. Auch schwankten die Parzellenerträge innerhalb des Feldes enorm stark, was darauf schließen lässt, dass die Standortverhältnisse des Feldversuches für die Weiße Lupine suboptimal waren und diese Kultur sehr empfindlich auf Bodenunterschiede reagiert. Folglich kann, nach den Erhebungen dieser Diplomarbeit, der Schluss gezogen werden, dass diese Kulturart nicht für den zugrundeliegenden Versuchsstandort geeignet ist und somit nicht empfohlen werden kann. Eine geringe Unkrautunterdrückung und der mangelnde Reihenschluss der Weißen Lupine setzen eine geringe Ausgangsverunkrautung am Standort voraus. Die Saatstärke kann jedoch nur bedingt erhöht werden, denn ansonsten würden die Kosten für das Saatgut enorm ansteigen und zudem würde die Lagerneigung laut Literatur massiv gefördert werden. Abschließend lässt sich erwähnen, dass die Weiße Lupine auf einem passenden Standort mit einer anthraknosetoleranten Sorte durchaus eine fruchtfulgauflockernde alternative Körnerleguminose darstellt.

6 Literaturverzeichnis

- agrarheute. (2011). Lupine: Alternative zu Soja. Abgerufen am 25. 11 2022 von <https://www.agrarheute.com/pflanze/raps/lupinen-alternative-soja-473799>
- Alkemade, M. V. (2021). *nature scientific reports*. Abgerufen am 26. November 2022 von Genetic diversity of *Colletotrichum lupini* and its virulence on white and Andean lupin: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-92953-y>
- Andreas Kranzler, F. Ö. (kein Datum). *bionet*. Von <https://www.bionet.at/praxisversuche/ackerbau/praxisversuche-nach-standorten/niederoesterreich.html> abgerufen
- ANZFA, (. N.-a. (2017). *Risikobewertung des Alkaloidvorkommens in Lupinensamen*. Bundesinstitut für Risikobewertung. Abgerufen am 04. 01 2023 von <https://mobil.bfr.bund.de/cm/343/risikobewertung-des-alkaloidvorkommens-in-lupinensamen.pdf>
- Arncken, C. (24. 11 2020). *UFA REVUE*. Abgerufen am 26. 11 2022 von <https://www.ufarevue.ch/pflanzenbau/hoffnungsvolle-neue-sorten>
- Bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL). (2020). *lfl.Bayern*. Abgerufen am 2022 von <https://www.lfl.bayern.de/ite/rind/082553/index.php>
- Bodenkarte, D. (kein Datum). eBOD Digitale Bodenkarte. (B. f. (BFW), Hrsg.) Abgerufen am 25. November 2022 von <https://bodenkarte.at/#/center/13.6552,48.3394/zoom/15.9>
- Bracher, A. (2019). *Körnerleguminosen als alternative Proteinquellen zu importierten Eiweissträgern*. Agrarforschung Schweiz.
- Bundessortenamt. (2022). *Beschreibende Sortenliste*. (Bundessortenamt, Herausgeber) Abgerufen am 26. 11 2022 von https://www.bundessortenamt.de/apps9/web/bsa_bsl/public/de/result
- Deutsche Saatveredelung AG. (2022). *dsv-saaten*. (D. S. AG, Herausgeber) Abgerufen am 2022. 11 26 von <https://www.dsv-saaten.de/sorte/2039>
- Deutsche Saatveredelung AG. (2022). *Die Weiße Lupine*. Lippstadt: Deutsche Saatveredelung AG. Abgerufen am 23. 10 2022
- Dörken, D. V. (kein Datum). *Hülsenfrüchtler*. Abgerufen am 22. Februar 2022 von https://www.biologie.uni-konstanz.de/typo3temp/secure_downloads/88622/0/d923e9937980394e863bc14e1d737207437aa9b5/Fabaceae.pdf
- Dr. Eike Hupe, C. K. (2021). *dsv-saaten*. Abgerufen am 04. 10 2022 von <https://www.dsv-saaten.de/produkte/organic/lupine/weiße-lupine/anbauhinweise>
- Dr. H. Lindermayer, D. W. (2011). *Schweinefütterung mit heimischen*. Bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL). Abgerufen am 2022
- e.V., R. d. (Februar 2007). *Lupinen Verwertung und Anbau*. (G. z. e.V., Hrsg.) Abgerufen am 25. November 2022 von Gesellschaft zur Förderung der Lupine e.V.: https://www.ufop.de/files/4813/3922/7223/Bericht_Lupinen_060307.pdf
- Feiler, N. u. (2003). *Bundesprogramm Ökologischer Landbau*. Abgerufen am 26. November 2022
- Fry, J. (2020). Süßlupinen. Abgerufen am 25. 11 2022 von <https://www.agrarheute.com/pflanze/leguminosen/suesslupinen-mehr-muckefuck-568841>
- Gerstl, D. M. (2021). Bio-Süßlupine. Abgerufen am 26. 11 2022 von <https://www.lko.at/bio-s%C3%BC%C3%9Flupine+2400+3413540>
- Giessen, u. (kein Datum). *geb.uni-giessen.de*. Von http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2000/320/original/w_lupine.htm abgerufen
- Goossen, M. (2022). *rucht mit wachsender Beliebtheit*. ecodemy. Abgerufen am 25. 11 2022 von <https://ecodemy.de/magazin/lupine/>
- Göttfried, I. M. (2022). *Sortenempfehlungen zum Frühjahrsanbau 2022*. Probstdorfer Saatzucht. Abgerufen am 22. 11 2022
- Hansueli Dierauer, D. B. (2004). *Lupine*. Ackerstrasse und Linz: Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL) und BIO ERNTE AUSTRIA. Abgerufen am 13. 10 2022
- Hansueli Dierauer, D. B. (2004). *Merkblatt Lupine*. Forschungsinstitut für biologischen Landbau und Bio Ernte Austria. Abgerufen am 11 2022
- Ing. Egger, H. (15. Februar 2018). *Ergebnisse von Bodenuntersuchungen interpretieren*. Abgerufen am 26. Februar 2022 von <https://ktn.lko.at/ergebnisse-von-bodenuntersuchungen-interpretieren+2400+2702295>
- Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, I. f. (2022). *Lupine Anbau und Verwertung*. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL). Würzburg: Printzipia/bonitasprint GmbH. Abgerufen am 14. 09 2022 von

- https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/informationen/lupine-anbau-verwertung_lfl-information.pdf
- Meyers Konversations-Lexikon. (1897). In Elfter Band fünfte Auflage, *Lupine und Lupinose* (S. 623-625). Leipzig und Wien: Bibliographisches Institut.
- Minol, D. K. (kein Datum). *Pflanzenforschung.de*. Abgerufen am 11. 04 2022 von <https://www.pflanzenforschung.de/de/pflanzenwissen/lexikon-a-z/rhizobien-1562>
- Nirenberg, F. u. (September 2010). *Australasian Plant Pathology Society APPS*. Abgerufen am 26. November 2022 von Parhogen of the month - September 2010.
- Nirenberg, U. F. (2004). *Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Pflanzenvirologie, Mikrobiologie und biologische*. (E. U. Co., Hrsg.) Abgerufen am 26. November 2022 von Anthraknose an Lupine.
- o.A. (kein Datum). *Schmalblättrige Lupine oder Blaue Lupine*. Abgerufen am 16. 08 2022 von http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2000/320/original/s_lupine.htm#TopOfPage
- Oberauer, A. (02. 02 2022). *saatbau.com*. (S. Linz, Herausgeber) Abgerufen am 13. 09 2022 von <https://www.saatbau.com:https://www.saatbau.com/die-weisse-lupine/>
- Petersen, P. D. (Dezember 2022). Es gibt noch einige Unsicherheiten. *Verlagsbeilage Saatgut Magazin zu DLG-Mitteilungen 12/2022*(Winter 2022), S. 12 und 13. Abgerufen am 04. Jänner 2023
- Pflanzenforschung.de, R. v. (27. 09 2013). *pflanzenforschung.de*. Abgerufen am 2022. 02 28 von <https://www.pflanzenforschung.de/de/pflanzenwissen/journal/die-unsichtbare-macht-wurzel-mikroben-und-ihre-bedeutun-10142>
- Pflanzenproduktion, V. I. (kein Datum). *Gelbe Lupine*. Abgerufen am 21. August 2022 von <https://www.isip.de/isip/servlet/resource/blob/180634/f217c4aed9c5c6b0c946cf8abdf090e7/gelbe-lupine-data.pdf>
- Pflanzenzüchtung, I. f. (2015). *Großkörnige Leguminosen*. Freising-Weihenstephan: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL). Abgerufen am 15. 10 2022
- Plarre, W. (1999). Lupine. In W. P. Ernst Keller, & H. H.-U. Ernst Robert Keller (Hrsg.), *Handbuch des Pflanzenbaues 3, Knollen- und Wurzelfrüchte, Körner- und Futterleguminosen* (Bd. 3, S. 689 bis 710). Stuttgart (Hohenheim): Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co. Abgerufen am 08. 10 2022
- Probstdorfer Saatzucht. (2020). *Probstdorfer*. Von https://www.probstdorfer.at/fruehjahrensanbau/weisse_lupine/frieda/ abgerufen
- Redaktion Landwirtschaft heute. (2008). Die Lupine ist die Sojabohne des Nordens. *Landwirtschaft heute*, S. 3. Abgerufen am 2022 von [Lupine_bei_Schweinen_fuettern.pdf](https://www.landwirtschaft-heute.de/Lupine_bei_Schweinen_fuettern.pdf)
- Redaktion, L. K. (07. März 2019). *LK Kärnten*. (L. Kärnten, Hrsg.) Abgerufen am 25. November 2022 von [file:///C:/Users/Leonhard/Downloads/Bodenuntersuchung_richtig_interpretieren_20190308%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Leonhard/Downloads/Bodenuntersuchung_richtig_interpretieren_20190308%20(1).pdf)
- Rieckmann, D. a. (2020). Landessortenversuch 2020 Lupinen. *Landwirtschaftskammer Niedersachsen*. Abgerufen am 26. 11 2022 von https://www.lwk-niedersachsen.de/lwk/news/36881_Landessortenversuche_2020_Lupinen#:~:text=Seit%202019%20stehen%20f%C3%BCr%20die,eine%20Vermehrungsf%C3%A4che%20von%20177%20bzw.
- Schachler, B. (2016). *Lupinen Anbau und Verwertung*. (G. z. (G.F.L.), Hrsg.) Abgerufen am 25. November 2022 von Gesellschaft zur Förderung der Lupine e.V.: https://www.ufop.de/files/4715/0512/9540/LUPINEN_Anbau_und_Verwertung.pdf
- Schuster, W. (kein Datum). *Gattung Lupinus*. Abgerufen am 24. August 2022 von http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2000/320/original/g_lupin.htm
- Spelsberg, G. (18. 04 2020). *transparenz Gentechnik*. (F. B.-u.-V. e.V., Herausgeber) Abgerufen am 15. 09 2022 von <https://www.transgen.de/datenbank/pflanzen/1968.lupine.html>
- Spielmann, K. C. (2020). *Strickhof*. Von <https://www.strickhof.ch/publikationen/bio-lupinen-sortenversuche-2019-2020/> abgerufen
- Strotmann, K. (24. Juni 2020). *agrarheute*. (D. L. GmbH, Herausgeber) Abgerufen am 27. Februar 2022 von <https://www.agrarheute.com/pflanze/leguminosen/leguminosen-kommt-luftstickstoff-boden-554556>
- Struck, C. (2016). *Lupinen Anbau und Verwertung*. (G. z. (G.F.L.), Hrsg.) Abgerufen am 26. November 2022 von Gesellschaft zur Förderung der Lupine e.V.: https://www.ufop.de/files/4715/0512/9540/LUPINEN_Anbau_und_Verwertung.pdf
- Stuck, D. C. (2016). *Lupine Anbau und verwendung*. Bocksee: Gesellschaft zur Förderung der Lupine (G.F.L.). Abgerufen am 13. 10 2022

- Tschöpe, P. R. (2011). *Zentralstelle der Länder für EDV-gestützte Entscheidungshilfen und Programme im Pflanzenschutz ZEPP*. (U. z.-u. UFOP, Hrsg.) Abgerufen am 26. November 2022
- Walther Brouwer, A. S. (1975). *Handbuch der Samenkunde für Landwirtschaft, Gartenbau und Forstwirtschaft* (2. Auflage Ausg.). Frankfurt am Main: DLG-Verlags-GmbH. Abgerufen am 01. 11 2022
- Weber, D. M. (2016). *Praxisinformation „Ackerbohnen, Futtererbsen, Blaue Süßlupinen und Sojabohnen in der Schweinefütterung“*. Proteienmarkt.de. Abgerufen am 2022
- Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik ZAMG. (2022). *Klima aktuell, Klimamonitoring*. Abgerufen am 26. November 2022

7 Arbeitsplan / Zeitplan

Stundenerfassung: Bernhard Hofbauer

Datum	Tätigkeit	Aufwand [h]
3. Jahrgang 2020/21	Projektmanagement Unterricht (Themenfindung und erste Vorbereitungen)	50
17.11.2021	1. Besprechung mit DI Fröhlich	0,5
29.01.2022	Entnahme der Bodenproben	1
16.02.2022	2. Besprechung mit DI Fröhlich	0,5
02.03.2022	Versuchsplanung	1
18.03.2022	Lupinensaatgut mit Rhizobien impfen	3
19.03.2022	Aussaat Lupine	7
10.05.2022	Inhaltsverzeichnis ausarbeiten	1
30.05.2022	Versuchsbesichtigung und Anthraknosebonitur mit Frau Gerstl und Frau Papst (mit Zusammenstellung des Skriptes)	5
16.06.2022	Einreichung der Themenstellung auf der Datenbank	0,5
18.08.2022	Drusch der Lupine	5
09.09.2022	Literaturarbeit	1,5
21.09.2022	Literaturarbeit	7
07.10.2022	Zitation / Rohdatenerfassung	2
13.10.2022	Literaturarbeit	7
16.10.2022	Literaturarbeit	5
22.10.2022	Literaturarbeit	1,5
30.10.2022	Literaturarbeit	5
31.10.2022	Literaturarbeit	3

06.11.2022	Literaturarbeit	3
12.11.2022	Literaturarbeit	4,5
13.11.2022	Literaturarbeit	4
25.11.2022	Literaturarbeit	5
26.11.2022	Literaturarbeit	10
27.11.2022	Literaturarbeit und Beschreibung der Versuchsanlage und Merkmalerhebung	7
02.01.2023	Verbesserung der Literaturarbeit und Versuchsdurchführung	2
05.01.2023	Verbesserung der Literaturarbeit und Versuchsdurchführung	4
05.01.2023	Ergebnisse auswerten	4,5
06.01.2023	Ergebnisse auswerten	11
10.01.2023	Ergebnisse auswerten	4
11.01.2023	Ergebnisse auswerten	1,5
01.03.2023	Vorwortausarbeitung/ Plakat	2
02.03.2023	Verbesserung der Ergebnis Ausmusterung	3
22.03.2023	Verbesserung nach dem Korrekturlesen	4
Gesamtaufwand Hofbauer Bernhard		176

Stundenerfassung: Martin Killingseder

Datum	Tätigkeit	Aufwand [h]
2020/21 3. JG	Projektmanagement Unterricht (Themenfindung und erste Vorbereitungen)	40
29.01.2021	Entnahme der Bodenproben	1
22.08.2021	Zwischenfrucht säen	2,5
17.11.2021	1. Besprechung mit DI Fröhlich	0,5
16.02.2022	2. Besprechung mit DI Fröhlich	0,5
20.02.2022	Erste Recherchearbeiten	2
22.02.2022	Recherche	5
24.02.2022	Recherche	3,5
26.02.2022	Erhalt Saatgut der Sorte Frieda und Recherche	2
27.02.2022	Recherche	1,5
18.03.2022	Lupinensaatgut mit Rhizobien impfen	3
19.03.2022	Aussaat Lupine	7
24.03.2022	Voraufspritzung	1
10.04.2022	Literaturarbeit	2
11.04.2022	Literaturarbeit	0,5
04.05.2022	Gräserbekämpfung Nachauflauf	0,5
14.05.2022	Erhebung der Bestandesdichte	1,5
30.05.2022	Versuchsbesichtigung und Anthraknosebonitur mit Frau Gerstl und Frau Papst (mit Zusammenstellung des Skriptes)	4
16.06.2022	Einreichung der Themenstellung auf der Datenbank	0,5
25.06.2022	Eine Stunde je Mann zu dritt Ampfer stechen	1
02.07.2022	Anthraknosebonitur	1,5
07.07.2022	Drohnenflug für Fotos (von Frau Gerstl organisiert)	0,5

Im August	5 h je Mann zu zweit Raps abschneiden	5
10.08.2022	Hülsenbonitur	2
18.08.2022	Drusch der Lupine (2 h) und Bodenbearbeitung (2,5 h)	4,5
Während Vegetationszeit	Jedes Wochenende Fotos machen (je Wochenende ungefähr 1,5 h)	33
21.08.2022	Literaturarbeit	5
24.08.2022	Literaturarbeit	3
28.08.2022	Literaturarbeit	6
29.08.2022	Literaturarbeit	3
13.09.2022	Literaturarbeit	4,5
04.10.2022	Zitation, Inhaltsverzeichnis	3
07.10.2022	Rohdatenerfassung	3,5
31.10.2022	Literaturarbeit	1,5
01.11.2022	Literaturarbeit	2,5
02.11.2022	Literaturarbeit	3
03.11.2022	Literaturarbeit	2,5
24.11.2022	Literaturarbeit	2,5
25.11.2022	Literaturarbeit und Ausarbeitung Versuchsfrage, Versuchsstandort	8
26.11.2022	Literaturarbeit und Ausarbeitung Versuchsdurchführung	8,5
27.11.2022	Literaturarbeit	3
27.12.2022	Verbesserung Literaturarbeit	2,5
28.12.2022	Verbesserung Literaturarbeit und Versuchsdurchführung	2
02.01.2023	Ergebnisse auswerten	9,5
03.01.2023	Ergebnisse auswerten	5
04.01.2023	Ergebnisse auswerten	4,5

05.01.2023	Ergebnisse auswerten	6
06.01.2023	Schlussfolgerungen formulieren	3,5
13.01.2023	Zusammenfassung ausfüllen und Anhang erstellen	1,5
22.02.2023	Verbesserung der Ergebnisse und Erstellung Plakat	3
01.03.2023	Erstellung Vorwort und Plakat	2
20.03.2023	Letzte Korrekturen DA	2
21.03.2023	Letzte Korrekturen DA	3,5
22.03.2023	Letzte Korrekturen DA	1,5
Gesamtaufwand Martin Killingseder		232

8 Anhang

Im Anhang sind sämtliche Untersuchungsberichte ersichtlich.

LKS - Landwirtschaftliche Kommunikations- und
Servicegesellschaft mbH
Futtermittel- und Bodenlabor



August-Bebel-Str. 6 • 09577 Niederwiesa OT Lichtenwalde
Tel: 037206 / 87-140 • Web: www.lksachsen.de • E-Mail: luw@lks-mbh.com

H. Wilhelm Schaumann GmbH & Co. KG Jacob-Fuchs-Gasse 25-27 2345 Brunn am Gebirge Österreich	Debitoren: 26532 Journal-Nr.: 202252505 Auftragsnr.: 1657222 Probeneingang: 26.09.2022 Attestdatum: 11.10.2022_16:33 Bearbeiter: Frau Hotho Prüfzeitraum: 26.09.2022 - 11.10.2022
---	---

Prüfbericht

Prüfberichts-Nr.: 1657222-20221011-163302

Auftragsdaten (Kundenangaben)

Probenart: Lupine	Handelsname: Lupine "Celina"
Probe-Nr.: keine Angabe	Erntejahr: 2022
Probenahme: keine Angabe	Lagerort: Seidl in Raab
Probennehmer: Burgstaller	Silferrmittel: entfällt, bzw. keine Angabe

Sensorischer Befund (LKS FMUAA 101:2020-07 nicht akkred.)

arteigener Geruch,
weiße bis hellbraune Färbung,
ganze Samen

Analytischer Befund:	Einheit	pro kg OS	pro kg TS	Richtwerte
Trockensubstanz	g	896	1000	860-960
Rohasche	g	41	46	30-50
Rohprotein	g	305	340	200-450
Rohfaser	g	123	138	115-190
Rohfett	g	83	93	45-80
Zucker	g	68	76	20-60
Stärke	g	55	62	10-160
Lysin (ber.)	g	14,57	16,26	
Methionin (ber.)	g	2,15	2,40	
Methionin u. Cystin (ber.)	g	6,71	7,49	
Threonin (ber.)	g	7,97	8,90	
Tryptophan (ber.)	g	2,34	2,61	
Valin (ber.)	g	11,90	13,28	
ADFom (NIRS)	g	172	192	
HFT (NIRS)	ml / 200 mg	56,3	62,8	

Energetischer Befund (berechnet, nicht akkred.)	Einheit	pro kg Futter	pro kg TS	Richtwerte
Umsetzbare Energie (Rind)	MJ/kg	13,1	14,6	
Netto-Energie-Laktation	MJ/kg	8,2	9,2	
nutzbares Rohprotein	g/kg	185	207	
ruminale N-Bilanz	g/kg	19	21	
Umsetzbare Energie (Schwein), GfE 2006/DLG 2014	MJ/kg	14,1	15,7	
Umsetzbare Energie (Geflügel) nach VO(EG) 152/2009	MJ/kg	9,4	10,5	

Prüfberichts-Nr.: 1657222-20221011-163302 • Journal-Nr.: 202252505 • Probenart: Lupine

1/2

Abbildung 61: Prüfbericht der Inhaltsstoffanalyse der Sorte Celina

LKS - Landwirtschaftliche Kommunikations- und
Servicegesellschaft mbH

Futtermittel- und Bodenlabor



August-Bebel-Str. 6 • 09577 Niederwiesa OT Lichtenwalde
Tel: 037206 / 87-140 • Web: www.lksachsen.de • E-Mail: luw@lks-mbh.com

H. Wilhelm Schaumann GmbH & Co. KG Jacob-Fuchs-Gasse 25-27 2345 Brunn am Gebirge Österreich	Debitor: 26532 Journal-Nr.: 202252504 Auftragsnr.: 1657221 Probeneingang: 26.09.2022 Attestdatum: 11.10.2022_16:13 Bearbeiter: Frau Hotho Prüfzeitraum: 26.09.2022 - 11.10.2022
---	---

Prüfbericht

Prüfberichts-Nr.: 1657221-20221011-161336

Auftragsdaten (Kundenangaben)

Probenart: Lupine	Handelsname: Lupine " Frieda"
Probe-Nr.: keine Angabe	Erntejahr: 2022
Probenahme: keine Angabe	Lagerort: Seidl in Raab
Probenehmer: Burgstaller	Siliermittel: entfällt, bzw. keine Angabe

Sensorischer Befund (LKS FMUAA 101:2020-07 nicht akkred.)

arteigener Geruch,
weiße bis hellbraune Färbung,
ganze Samen

Analytischer Befund:	Einheit	pro kg OS	pro kg TS	Richtwerte
Trockensubstanz	g	898	1000	860-960
Rohasche	g	41	46	30-50
Rohprotein	g	328	365	200-450
Rohfaser	g	106	118	115-190
Rohfett	g	87	97	45-80
Zucker	g	71	79	20-60
Stärke	g	53	59	10-160
Lysin (ber.)	g	15,27	17,00	
Methionin (ber.)	g	2,46	2,74	
Methionin u. Cystin (ber.)	g	7,42	8,26	
Threonin (ber.)	g	8,56	9,53	
Tryptophan (ber.)	g	2,50	2,78	
Valin (ber.)	g	12,65	14,09	
ADFom (NIRS)	g	165	184	
HFT (NIRS)	ml / 200 mg	55,9	62,3	

Energetischer Befund (berechnet, nicht akkred.)	Einheit	pro kg Futter	pro kg TS	Richtwerte
Umsetzbare Energie (Rind)	MJ/kg	13,3	14,8	
Netto-Energie-Laktation	MJ/kg	8,3	9,3	
nutzbares Rohprotein	g/kg	190	212	
ruminale N-Bilanz	g/kg	22	24	
Umsetzbare Energie (Schwein), GfE 2006/DLG 2014	MJ/kg	14,3	15,9	
Umsetzbare Energie (Geflügel) nach VO(EG) 152/2009	MJ/kg	9,9	11,0	

Prüfberichts-Nr.: 1657221-20221011-161336 • Journal-Nr.: 202252504 • Probenart: Lupine

1/2

Abbildung 62: Prüfbericht der Inhaltsstoffanalyse der Sorte Frieda

LKS - Landwirtschaftliche Kommunikations- und
Servicegesellschaft mbH



Futtermittel- und Bodenlabor

August-Bebel-Str. 6 • 09577 Niederwiesa OT Lichtenwalde
Tel: 037206 / 87-140 • Web: www.lksachsen.de • E-Mail: luw@lks-mbh.com

H. Wilhelm Schaumann GmbH & Co. KG Jacob-Fuchs-Gasse 25-27 2345 Brunn am Gebirge Österreich	Debitor: 26532 Journal-Nr.: 202252505 Auftragsnr.: 1657222 Probeneingang: 26.09.2022 Attestdatum: 14.10.2022_11:52 Bearbeiter: Frau Hotho Prüfzeitraum: 26.09.2022 - 14.10.2022
---	---

Prüfbericht

Prüfberichts-Nr.: 1657222-20221014-115222

Auftragsdaten (Kundenangaben)

Probenart: Lupine	Handelsname: Lupine "Celina"
Probe-Nr.: keine Angabe	Erntejahr: 2022
Probenahme: keine Angabe	Lagerort: Seidl in Raab
Probennehmer: Burgstaller	Silierungsmittel: entfällt, bzw. keine Angabe

Sensorischer Befund (LKS FMUAA 101.2020-07 nicht akkred.)

arteigener Geruch,
weiße bis hellbraune Färbung,
ganze Samen

Analytischer Befund:	Einheit	im kg Originalsubstanz	Richtwerte
Lupanin	mg	> 500	
13 α -Hydroxylupanin	mg	120	
Cytisin	mg	< 10	
Sparteïn	mg	27	
Angustifolin	mg	30	
Lupinin	mg	< 10	
Multiflorin	mg	27	
α -Isolupanin	mg	15	
Summe der bestimmten Chinolizidinalkaloide	mg	> 719	50*

Abbildung 63: Prüfbericht der Alkaloiduntersuchung der Sorte Celina

LKS - Landwirtschaftliche Kommunikations- und
Servicegesellschaft mbH
Futtermittel- und Bodenlabor



August-Bebel-Str. 6 • 09577 Niederwiesa OT Lichtenwalde
Tel: 037206 / 87-140 • Web: www.lksachsen.de • E-Mail: luw@lks-mbh.com

H. Wilhelm Schaumann GmbH & Co. KG Jacob-Fuchs-Gasse 25-27 2345 Brunn am Gebirge Österreich	Debitor: 26532 Journal-Nr.: 202252504 Auftragsnr.: 1657221 Probeneingang: 26.09.2022 Attestdatum: 14.10.2022_11:46 Bearbeiter: Frau Hotho Prüfzeitraum: 26.09.2022 - 14.10.2022
---	---

Prüfbericht

Prüfberichts-Nr.: 1657221-20221014-114609

Auftragsdaten (Kundenangaben)

Probenart: Lupine	Handelsname: Lupine " Frieda"
Probe-Nr.: keine Angabe	Erntejahr: 2022
Probenahme: keine Angabe	Lagerort: Seidl in Raab
Probenehmer: Burgstaller	Silierzusatz: entfällt, bzw. keine Angabe

Sensorischer Befund (LKS FMUAA 101:2020-07 nicht akkred.)

arteigener Geruch,
weiße bis hellbraune Färbung,
ganze Samen

Analytischer Befund:	Einheit	im kg Originalsubstanz	Richtwerte
Lupanin	mg	> 500	
13 α -Hydroxylupanin	mg	100	
Cytisin	mg	< 10	
Sparteïn	mg	29	
Angustifolin	mg	26	
Lupinin	mg	< 10	
Multiflorin	mg	20	
α -Isolupanin	mg	11	
Summe der bestimmten Chinolizidinalkaloide	mg	> 686	50*

Abbildung 64: Prüfbericht der Alkaloiduntersuchung der Sorte Frieda

Institut für Saat- und Pflanzgut, Pflanzenschutzdienst und Bienen
Spargelfeldstraße 191, 1220 Wien
Leitung: Dipl.-Ing. Andreas Ratzenböck



Landwirtschaftskammer OÖ, Boden Wasser
Schutz Beratung
Auf der Gugl 3
4021 Linz

Datum: 15. Juni 2022
Kontakt: Josef Hartmann
Tel: +43(0)5 0555 34830
E-Mail: saatgut@ages.at
Dok. Nr.: 2021SA23039/D-462459

PRÜFBERICHT

Dieser Prüfbericht gilt nur für den/die Untersuchungsgegenstand/-gegenstände der gegenständlichen Auftragsnummer. Dieser Prüfbericht darf grundsätzlich nur im Gesamten vervielfältigt und nur mit Zustimmung der AGES weitergegeben oder veröffentlicht werden, weiters darf nichts hinzugefügt werden. Es gelten die AGB der AGES.

Art:	Weisse Lupine	Kontrollnummer:	-
Sorte/Herkunft:	Sulimo		
Kategorie:	Keine Angabe		
Saatgutbehandlung:	unbehandelt		
Lagerhalter:	Landwirtschaftskammer OÖ, Boden Wasser Schutz Beratung, Auf der Gugl 3, 4021 Linz		
Probenahme:	Die Probenahme erfolgte durch den Auftraggeber.		
Leistungszeitraum:	03.06.2022 – 15.06.2022		

Die Probe wurde durch den Auftraggeber entnommen bzw. übermittelt.

Untersuchungsergebnis:			Akkr.*	Labor*
Colletotrichum Lupine 1)	0 %	Agar-Methode, 10 Min. 1% NaOCl, PDA, 7 Tage 20 °C D ₇	n.a.	INT

* Durchführendes Labor: EXT = autorisiertes Firmenlabor, INT = AGES-Labor; n.a. = nicht akkreditierte Methode
1) Untersuchung auf Befehl mit Anthracnose (Colletotrichum spp.) bei Weisser Lupine (Lupinus albus), Blauer Lupine (Lupinus angustifolius) und Gelber Lupine (Lupinus luteus); Ext.Norm: Methoden für Saatgut und Sorten, Dok.Code: PV 4968

Es wurde davon ausgegangen, dass die Probe von oben näher bezeichnetem Saatgut nicht gentechnisch verändert ist. Ist dies nicht der Fall ersuchen wir umgehend um Meldung an die AGES - Institut für Saat- und Pflanzgut, Pflanzenschutzdienst und Bienen.
Anmerkung(en): **Untersuchung im Auftrag von Frau Marion Gerstl.**

Dieses Dokument wurde elektronisch signiert.
Informationen zur Prüfung der elektronischen Signatur
finden Sie unter <https://www.signaturpruefung.gv.at>.
Die Echtheit eines Ausdrucks kann durch Vorlage beim
Absender verifiziert werden.

Für den Direktor:

Dipl. I

----- Ende des Prüfberichts -----



Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH | Spargelfeldstraße 191 | 1220 Wien
Registergericht: Handelsgericht Wien | Firmenbuch: FN 223056z
BAWAG P.S.K. | IBAN: AT85 6000 0000 9605 1513 | BIC/SWIFT: BAWAATWW | UID: ATU 54088605



Seite 1 von 1

Abbildung 65: Prüfbericht von der Untersuchung der Samen der Sorte Sulimo auf den Erreger Anthracnose

Institut für Nachhaltige Pflanzenproduktion
Spargelfeldstraße 191, 1220 Wien
Leitung: Mag. Bernhard Föger



Landwirtschaftskammer OÖ
Boden.Wasser.Schutz.Beratung
Marion Gerstl
Auf der Gugl 3
4021 Linz

Datum: 10.06.2022
Kontakt: Mag. Helga Reisenzein
Tel.: +43(0)5 0555 33340
Fax: +43 50 555 22019
E-Mail: helga.reisenzein@ages.at
Dok. Nr.: D-18768682

PRÜFBERICHT

Dieser Prüfbericht einschließlich der enthaltenen Prüfergebnisse gilt ausschließlich für den/die vorliegenden Prüfgegenstand/-gegenstände und den Umfang der durchgeführten Untersuchungen. Auf Probenahme, Lagerung und Transport bis zur Übergabe an die AGES hatte die Prüfstelle keinen Einfluss, sofern die Probenahme nicht durch die AGES erfolgte und nachstehend dokumentiert ist. Die Messunsicherheit, die sich aus der Probenahme ergibt, ist nicht in der erweiterten Messunsicherheit (sofern angegeben) berücksichtigt, sofern nicht ausdrücklich anders angegeben. Dieser Prüfbericht darf grundsätzlich nur im Gesamten vervielfältigt und nur mit Zustimmung der AGES weitergegeben oder veröffentlicht werden, weiters darf nichts hinzugefügt werden. Es gelten die AGB der AGES.

Auftragsnummer: 22070472

Probenummer: 22070472-001

Probeneingang: 08.06.2022
Material: Sonstige Pflanzenarten
Untersuchter Pflanzenteil: Ganze Pflanze
Probenehmer: Kunde
Kundenprobenbezeichnung: Weiße Lupine 'Sulimo'
Laborprobennummer: 1003/22
Herkunft der Probe:
Herkunftsland: AT
Beschreibung der Probe:
Probenzustand: geeignet
Untersuchung von-bis: 08.06.2022 - 10.06.2022

Die Untersuchung der Probe ergab folgendes Ergebnis:

Parameter	Ergebnis	N	K
Untersuchter Schaderreger			
Pilze	Anthraknose (<i>Colletotrichum</i> sp.) nachgewiesen	x	1
Durchgeführte Methoden			
Probenaufarbeitung	durchgeführt	x	2
PCR-Ansatz	durchgeführt	x	3

Allfällig verwendete Abkürzungen:

N ... Hinweis auf nicht akkreditiertes Verfahren
x ... Verfahren nicht akkreditiert
K ... Kommentar

Kommentare (Verwendete Untersuchungsverfahren):

1.) Prüfprogramm für den Nachweis von ausgewählten phytopathogenen Bakterien und Pilzen aus Pflanzenmaterial mittels PCR

Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH
Spargelfeldstraße 191 | A-1220 Wien
www.ages.at | DVR: 0014541 | Registergericht: Handelsgericht Wien | Firmenbuch: FN 223056z
BAWAG P.S.K. | IBAN: AT85 6000 0000 9605 1513 | BIC/SWIFT: BAWAATWW | UID: ATU 54088605



1 von 2

Abbildung 66: Prüfbericht von der Untersuchung der gesamten Pflanze von der Sorte Sulimo auf den Erreger Anthraknose



Proben-Nr: 0599

Spitzlinger Acker

Boden - Ackerland mittelschwerer Boden

Datum der Durchführung:

31.03.2022

Physikalische Eigenschaften:

Parameter	Einheit	Analyseergebnis	Stufe
pH-Wert CaCl ₂ / En 15933		6,27	schwach sauer
pH-Wert AK / ÖNorm L1086-1		4,10	

Pflanzenverfügbare Elemente:

Parameter	Einheit	Analyseergebnis	Stufe
K pfv. / ÖNorm L1087	mg/kg	80	B
K ₂ O / ÖNorm L1087	mg/kg	96	
Mg pfv. / ÖNorm L1093	mg/kg	248	E
MgO / ÖNorm L1093	mg/kg	408	
P pfv. / ÖNorm L1087	mg/kg	17	A
P ₂ O ₅ / ÖNorm L1087	mg/kg	39	

Spurenelemente:

Parameter	Einheit	Analyseergebnis	Stufe
Cu pfv. / ÖNorm L1089	mg/kg	5	C
Fe pfv. / ÖNorm L1089	mg/kg	1234	E
Mn pfv. / ÖNorm L1089	mg/kg	612	E
Zn pfv. / ÖNorm L1087	mg/kg	8	C

Kohlen- & Stickstoffe:

Parameter	Einheit	Analyseergebnis	Stufe
N ges. / EN 16168	mg/kg	2000	
N ges. / EN 16168	% TM	0,20	
HU / EN 15936	%	2,8	C

Prüfbericht-Nr: 144

6

Proben-Nr: 0599

Abbildung 67: Erste Seite der Bodenuntersuchung des Feldes, auf welchem sich der Feldversuch befand



Proben-Nr. 0599

Spitzlinger Acker

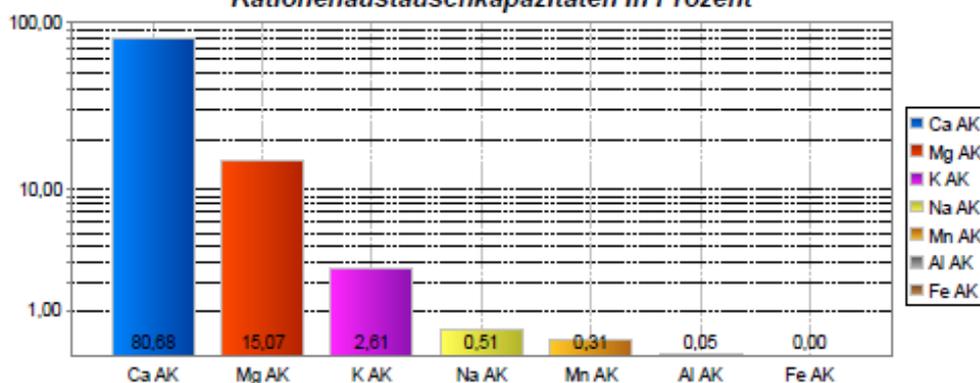
Boden - Ackerland mittelschwerer Boden

Datum der Durchführung:

31.03.2022

Kationenaustauschkapazitäten:

Parameter	Einheit	Analyseergebnis	Stufe
Al AK / ÖNorm L1086-1	cmol _c kg ⁻¹	0,01	
Ca AK / ÖNorm L1086-1	cmol _c kg ⁻¹	15,74	
Fe AK / ÖNorm L1086-1	cmol _c kg ⁻¹	<0,01	
H+ AK / ÖNorm L1086-1	cmol _c kg ⁻¹	0,15	
K AK / ÖNorm L1086-1	cmol _c kg ⁻¹	0,51	
Mg AK / ÖNorm L1086-1	cmol _c kg ⁻¹	2,94	
Mn AK / ÖNorm L1086-1	cmol _c kg ⁻¹	0,06	
Na AK / ÖNorm L1086-1	cmol _c kg ⁻¹	0,10	
KAK / ÖNorm L1086-1	cmol _c kg ⁻¹	19,51	

Kationenaustauschkapazitäten in Prozent

Prüfbericht-Nr. 144

7

Proben-Nr. 0599

Abbildung 68: Zweite Seite der Bodenuntersuchung des Feldes, auf welchem sich der Feldversuch befand