



Universität für Bodenkultur Wien
Department für Nachhaltige Agrarsysteme
Institut für Ökologischer Landbau (IFÖL)

Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt Raumberg-Gumpenstein
Institut für Biologische Landwirtschaft und Biodiversität der Nutztiere

Anbau von Körnerleguminosen als Speiseware im oberösterreichischen Alpenvorland unter Bedingungen der biologischen Landwirtschaft

Masterarbeit

Masterstudium Nutzpflanzenwissenschaften

Vorgelegt von

Tobias Mayr

BetreuerInnen:

Dipl.-Ing. Walter Starz

Mag.^a Dr.ⁱⁿ Gabriele Gollner

Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. Jürgen Kurt Friedel

Wien

August 2018

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre eidesstattlich, dass ich die Arbeit selbständig angefertigt habe. Es wurden keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Formulierungen und Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Diese schriftliche Arbeit wurde noch an keiner Stelle vorgelegt.

Datum

Unterschrift

Danksagung

Zuerst möchte ich mich bei Walter Starz von der HBLFA Raumberg-Gumpenstein bedanken. Er hat sich auf meine Anfrage hin sofort bereit erklärt, meine Masterarbeit zu betreuen und mich seitdem bei jedem Schritt, von der Planung über die praktische Durchführung, statistische Auswertung bis hin zur wissenschaftlichen Formulierung, bestmöglich unterstützt. Die vielen Gespräche und Mails waren sehr motivierend und ermöglichten es mir, meine Fähigkeiten, das wissenschaftliche Arbeiten betreffend, im Laufe der Arbeit immer weiterzuentwickeln.

Ebenso bedanken möchte ich mich bei Gabriele Gollner und Prof. Jürgen Kurt Friedel vom IFÖL, die ebenfalls von Beginn der Masterarbeit an dabei waren und mir mit ihren Anregungen und Kommentaren nicht nur halfen die Arbeit zu schreiben, sondern von denen ich auch noch viel lernen konnte. Vor allem Prof. Friedel setzte bei mir durch seine kritischen Anmerkungen Denkprozesse in Gang, auf die ich vorher nicht gekommen wäre.

Für die Arbeit zur praktischen Durchführung des Versuchs möchte ich mich vor allem bei Daniel Lehner und seinen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern in Stadl-Paura sehr herzlich bedanken.

Dankeschön für das Korrekturlesen dieser Arbeit an Veronika Bauer.

Ein besonderer Dank gilt natürlich meinen Eltern, die mich immer unterstützt und mir das Studium ermöglicht haben.

Zusammenfassung

Global gesehen ist die Landwirtschaft für ca. ein Fünftel der von der Menschheit verursachten Treibhausgase verantwortlich. Besonders ressourcenaufwendig ist dabei die Produktion tierischer Produkte. Körnerleguminosen enthalten in ihren Samen wie tierische Produkte sehr viel Protein und könnten so ressourcenschonend und gesund zu einer eiweißreichen Ernährung beitragen. Auch die Abhängigkeit Europas von Proteinimporten in Form von Soja aus Amerika könnte durch den Anbau heimischer Arten verringert werden. Im vorliegenden Versuch wurden sechs Speise-Körnerleguminosen auf ihre Anbaueignung im oberösterreichischen Alpenvorland getestet. Außerdem sollte untersucht werden, ob der Anbau als Breit- oder Reihensaat vorteilhafter für die Kulturen ist. Dafür wurde am Versuchsstandort Lambach/Stadl-Paura des Institutes für Biologische Landwirtschaft und Biodiversität der Nutztiere der HBLFA Raumberg-Gumpenstein ein Feldversuch mit zwei Sorten Trockenbohnen, zwei Sorten Linsen, einer Palerbse und einer Blauen Lupine angelegt. Um die Bestandesentwicklung bewerten zu können, wurden Aufgang, Unkrautbesatz und Wurzelknöllchen bonitiert und zweimal der Blattflächenindex gemessen. Der Ertrag wurde bestimmt und eine chemische Analyse des Erntegutes durchgeführt. Außerdem wurden die Deckungsbeiträge berechnet, um die ökonomische Attraktivität des Anbaus von Speise-Körnerleguminosen bewerten zu können. Zwischen den Anbausystemen konnte bei keinem der erhobenen Parameter ein statistisch signifikanter Unterschied ermittelt werden. Der Aufgang war bei den Linsen (*Berglinse* 72 %, *Alblinse* 78 %) und Bohnen (*Rotholzer* 78 %, *Black Turtle* 82 %) am höchsten, was auch in der größten Blattfläche resultierte. Unkraut gab es dafür bei der Palerbse und Lupine am meisten. Wurzelknöllchen waren bei den Bohnen am wenigsten vorhanden. Ertragsbestimmend war im Versuchsjahr 2017 der sehr trockene und heiße Juni, durch den sich die Kulturen zwar schnell entwickelten, aber auch viele ihrer angelegten Blüten und Hülsen abwarfen. Den besten Ertrag lieferten die Bohnen (*Black Turtle* 1.628 kg ha⁻¹, *Rotholzer* 1.028 kg ha⁻¹), gefolgt von der Palerbse (766 kg ha⁻¹) und den Linsen (*Berglinse* 537 kg ha⁻¹, *Alblinse* 457 kg ha⁻¹). Die Lupine lieferte auf der Versuchsfläche wegen ihrer Kalkempfindlichkeit kaum Ertrag. In den Lupinensamen wurden aber die höchsten Gehalte an Rohprotein (376 g kg⁻¹ TM) und Fett (66,5 g kg⁻¹ TM) gemessen, Mineralstoffe waren bei der *Black Turtle* am meisten vorhanden. Der Deckungsbeitrag hängt stark von den Erzeugerpreisen ab, die erzielt werden können. Bei einem Preis von 1,90 € kg⁻¹, wie bei angenommener Lieferung an eine Erzeugergemeinschaft, fiel der Deckungsbeitrag aber abhängig vom Ertrag sehr gut aus. Am besten war er mit über 2.300 € ha⁻¹ bei der *Black Turtle*. Der Versuch hat gezeigt, dass es im humiden Alpenvorland möglich ist, Körnerleguminosen zu Speisezwecken anzubauen und sich der Anbau für Landwirtinnen und Landwirte als interessante Option erweisen kann.

Abstract

Agriculture accounts globally for approximately one fifth of all greenhouse gases. The production of animal products is particularly resource intensive. Grain legumes contain like animal products a big share of protein and can therefore be a perfect contribution to a resource saving, protein-rich and healthy diet. The local cultivation of grain legumes can also help to reduce Europe's dependence on the import of proteins from America in form of soy beans and meals. In the present experiment six food grain legumes were tested for their growing fitness in the alpine foothills of Upper Austria. Another aim was to find out whether broadcast or row sowing is better applicable for the used crops. Therefore, a field trial was conducted at the research station Lambach/ Stadl-Paura of the Institute of Organic Farming and Farm Animal Biodiversity of the HBLFA Raumberg-Gumpenstein. Two cultivars of Phaseolus bean, two of lentils, one dry pea and one blue lupin were used. To evaluate the growing fitness of the grain legumes assessments of germination rate, weed and root nodule abundance were carried out and the leaf area index (LAI) was measured on two dates. The yield was determined and a chemical analysis conducted. To evaluate the economic benefit of the crops their contribution margins were determined. Concerning the two cultivation systems broadcast and row sowing no significant differences in any of the traits could be found. Germination rate was highest in lentils (*Berglinse* 72 %, *Alblinse* 78 %) and beans (*Rotholzer* 78 %, *Black Turtle* 82 %) which also resulted in the biggest leaf area indices in these crops. Weed abundance was highest in the plots with pea and blue lupine. The root nodule abundance was lowest among the beans. The very dry and hot June was determining earnings in the trial year 2017. The crops developed very fast but also threw off many of their formed flowers and pods. Of all tested grain legumes, yield was highest with the beans (*Black Turtle* 1,628 kg ha⁻¹, *Rotholzer* 1,028 kg ha⁻¹), followed by the pea (766 kg ha⁻¹) and the lentils (*Berglinse* 537 kg ha⁻¹, *Alblinse* 457 kg ha⁻¹). The blue lupin did not yield because of incompatibility to lime in the soil. However, content of crude protein (376 g kg⁻¹ DW) and fat (66.5 g kg⁻¹ DW) were highest in the lupine grains. Mineral salts were most abundant in the *Black Turtle* bean. Contribution margins for food grain legumes are highly dependent on the manufacturer's prices that can be obtained. Using a price of 1.90 € kg⁻¹ like assumed for a producer organisation, very high contribution margins are possible. With more than 2300 € ha⁻¹ the contribution margin of the *Black Turtle* bean was the highest. The experiment showed that it is possible to grow food grain legumes in the humid area of the alpine foothills and that their cultivation might indeed provide an interesting option for farmers.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	8
2	Literatur	10
2.1	Landwirtschaft, Klima und Umwelt.....	10
2.2	Die Proteinlücke	11
2.3	Lebensmittel Fleisch	13
2.4	Alternative Körnerleguminosen	14
2.5	Geschichte des Körnerleguminosenanbaus	15
2.6	Derzeitige Konsumtrends	16
2.7	Anbau	18
2.7.1	Anbau in Österreich	18
2.7.2	Ansprüche.....	18
2.7.3	Bodenbearbeitung.....	19
2.7.4	Aussaat	19
2.7.5	Pflege	21
2.7.6	Ernte	21
2.7.7	Vorteile der Körnerleguminosen in der Fruchtfolge	22
2.7.8	Probleme	24
2.7.9	Besonderheiten im Anbau	26
3	Fragestellungen für den Versuch	28
	Arbeitshypothesen	28
4	Material und Methoden	29
4.1	Versuchsstandort	29
4.2	Klima.....	30
4.3	Versuchsplan	31
4.4	Verwendete Kulturen.....	32
4.4.1	Palerbse (<i>Pisum sativum</i>).....	32
4.4.2	Trockenbohne- Black Turtle (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	32
4.4.3	Trockenbohne- Rotholzer (<i>Phaseolus vulgaris</i>).....	32
4.4.4	Blaue Lupine (<i>Lupinus angustifolius</i>).....	32
4.4.5	Alblinse (<i>Lens culinaris</i>).....	32
4.4.6	Berglinse (<i>Lens culinaris</i>).....	33
4.5	Saatgut	33
4.6	Versuchsanlage und Pflege	33
4.6.1	Aussaat	33

4.6.2	Unkrautregulierung.....	34
4.7	Bonituren	35
4.7.1	Unkraut.....	35
4.7.2	Aufgang.....	35
4.7.3	Wurzelknöllchen	35
4.7.4	LAI-Messungen	35
4.8	Ernte.....	36
4.9	Laboranalyse der Ernte	38
4.10	Statistische Auswertung	38
4.11	Deckungsbeitrag.....	39
5	Ergebnisse.....	41
5.1	Witterung 2017	41
5.2	Bestandesentwicklung	41
5.3	Ernteerträge	46
5.4	Rohproteinerträge	47
5.5	Inhaltsstoffe	48
5.6	Deckungsbeiträge.....	50
6	Diskussion.....	52
6.1	Unterschiede zwischen den Kulturen	52
6.1.1	Bestandesentwicklung	52
6.1.2	Ertrag	53
6.1.3	Inhaltsstoffe	56
6.2	Unterschiede zwischen den Systemen.....	57
6.3	Deckungsbeitrag.....	58
7	Conclusio	60
I.	Abbildungsverzeichnis.....	62
II.	Tabellenverzeichnis	63
III.	Literaturverzeichnis	64
IV.	Anhang.....	74

1 Einleitung

In Österreich finden Körnerleguminosen als landwirtschaftliche Kultur relativ wenig Verwendung. Insgesamt machte 2017 die Produktionsmenge aller Körnerleguminosen zusammen mit 433.000 t weniger als ein Zehntel der von Getreide aus, welche 4.864.000 t betrug (STATISTIK AUSTRIA 2017). Die bedeutendste Kultur unter den Körnerleguminosen ist die Sojabohne, welche auf 64.467 ha angebaut wurde. Der Anteil anderer Körnerleguminosen wie Erbse und Ackerbohne ging in den letzten Jahren stark auf 6.721 ha beziehungsweise 10.296 ha zurück. Weitere Kulturen wie Linsen, Lupinen und Wicken werden gemeinsam nur auf 5.842 ha angebaut oder wie Buschbohnen landwirtschaftlich kaum verwendet (STATISTIK AUSTRIA 2017).

Dabei bringen Leguminosen in der Fruchtfolge viele Vorteile mit sich. Dazu zählen die biologische Fixierung von Stickstoff, die Fähigkeit zur Aufschließung anderer Nährstoffe aus dem Boden, die Förderung der Bodengare durch intensive Beschattung und Durchwurzelung und der Humuserhalt beziehungsweise die Humusmehrung (Münzer 1992, 397). Ebenso können die Samen von Körnerleguminosen als qualitativ hochwertige und proteinreiche Speiseware einen Beitrag liefern zu einer umweltfreundlichen, nachhaltigen und gesunden Ernährung.

Durch den zum größten Teil vom Menschen verursachten Klimawandel und eine weitreichende Umweltzerstörung ist es nötig, in allen Bereichen zu versuchen, ressourcenschonender zu wirtschaften und weniger Treibhausgase zu verursachen. Auch der Landwirtschaft als eine der großen Verursacher kommt hier eine wesentliche Rolle zu. Circa 20 % der Treibhausgase weltweit werden durch die Landwirtschaft verursacht, weitere 14 % kommen dazu durch die Freisetzung von Treibhausgasen bei der Änderungen in der Landnutzung und Degradierung von Böden (Cole et al. 1997). Besonders ressourcenaufwendig beziehungsweise umweltschädlich hat sich dabei die Viehhaltung gezeigt (Steinfeld 2006, xxi ff):

- 26 % der nicht von Eis bedeckten Landfläche der Erde werden als Weideland benutzt
- 33 % der landwirtschaftlich nutzbaren Fläche dienen zusätzlich der Futtermittelproduktion
- 18 % der Treibhausgase werden direkt oder indirekt durch die Viehhaltung verursacht
- 8 % des weltweiten Wasserverbrauchs gehen auf die Viehhaltung zurück

Die FAO schätzt außerdem, dass sich ausgehend von der bisherigen Entwicklung die Produktion von Fleisch bis 2050 verdoppeln wird (FAO 2016).

Heute werden in Österreich durchschnittlich über 90 kg Fleisch pro Person und Jahr verzehrt, was die offiziellen Konsumempfehlungen bei weitem übertrifft und auch viele gesundheitliche Probleme mit sich bringt (Willerstorfer 2013). In anderen Industrienationen ist es sogar noch mehr (Kriener 2013). Eine Umsetzung von Standard Ernährungsrichtlinien, die eine Reduktion des Fleischkonsums um 56 % vorsieht hätte das Potential die globale Mortalität um 6 -10 % und Treibhausgase um 29 – 70 % zu senken (Springmann et al. 2016). Weniger Fleischkonsum beziehungsweise aus nachhaltiger Produktion, Stichwort Qualität statt Quantität, sollte aus ökologischer Sicht rasch umgesetzt werden. Um trotzdem eine ausreichende Versorgung mit Eiweiß zu erreichen, sind eiweißreiche Samen von Körnerleguminosen eine optimale Alternative zu tierischen Produkten.

Viele Kulturen, die für die Ernährung besonders geeignet sind, werden in Oberösterreich sehr wenig angebaut, da sie in der Kultur einige Probleme mit sich bringen (Freyer et al. 2005, 131f; Hein et al. 2011; Diepenbrock et al. 2016, 200ff):

- Eher feuchtkaltes Klima im Alpenvorraum begünstigt Schädlinge und Krankheiten
- Probleme mit Verunkrautung
- Starke Ertragsschwankungen
- Komplikationen bei Ernte und Aufbereitung

Für manche Körnerleguminosen ist das Klima grundsätzlich im Alpenvorraum zu kalt und zu nass. Kichererbsen etwa, könnten zwar fürs Pannonikum in Österreich in Zukunft interessanter werden, im Alpenvorland ist es für sie jedoch nicht warm und trocken genug. Andere, wie Ackerbohne oder Erbsen, können mit den Bedingungen gut leben oder wachsen hier besonders gut.

Für diese Arbeit wurden sechs Kulturen ausgewählt, die entweder bezüglich des Anbaus zu Speisezwecken in Vergessenheit geraten sind oder nie Bedeutung in dieser Region hatten. Dies waren zwei Linsensorten, zwei Buschbohnen zur Nutzung als Trockenbohnen, eine Palerbse und eine Süßlupinensorte. Im Feldversuch wurden zwei verschiedene Anbausysteme, Reihen- und Breitsaat verglichen und über verschiedene Bonituren versucht festzustellen, ob es Unterschiede zwischen ihnen gibt, beziehungsweise welche Vor- oder Nachteile die Anbausysteme bedingen.

Es sollte auch ermittelt werden, ob der Anbau zurzeit für landwirtschaftliche Betriebe attraktiv sein könnte und welche Voraussetzungen dafür gelten müssen.

2 Literatur

2.1 Landwirtschaft, Klima und Umwelt

Schon heutzutage kämpft die Menschheit mit schwerwiegenden Folgen einer auch selbstverursachten Klimaerwärmung sowie Umweltzerstörung. Ein Teil davon wurde auch verursacht durch die direkten und indirekten Folgen einer nicht nachhaltigen Landwirtschaft. So wird etwa ein Fünftel der jährlichen Zunahme des Strahlungsantriebs der Erde durch die Landwirtschaft verursacht, weitere 14 % durch die Änderung von Landnutzung (Cole et al. 1997). Die sehr klimaschädlichen, vom Menschen verursachten Treibhausgase Methan und Lachgas werden sogar zu 52 % beziehungsweise 84 % von der Landwirtschaft ausgestoßen (Smith et al. 2008). Außerdem wird angenommen, dass sie der Grund für 80% der weltweiten Abholzung von Wäldern ist (Kissinger et al. 2012).

Ein besonders großer Teil der Umweltschädigung ist dabei auf die Viehhaltung zurückzuführen. Fleisch und tierische Produkte verbrauchen in der Produktion – wie schon in der Einleitung erwähnt – viel mehr Ressourcen, Fläche und Wasser und setzen dementsprechend auch mehr klimaschädliche Gase frei als die Herstellung pflanzlicher Nahrungsmittel (Smil 2013). Direkt und indirekt ist die Viehhaltung für 18% der weltweiten Treibhausgase verantwortlich (Steinfeld 2006, xxi).

Ein Grund für den hohen Ressourcenverbrauch ist, dass die Effizienz, mit der Proteine aus dem Futter in körpereigene Masse der Tiere umgewandelt werden, relativ gering ist. Bei Hühnern beträgt sie nur 20 %, bei Schweinen 10 % und bei Rindern nur 4 % (Smil 2002). Der Rest der Energie wird benötigt für die Aufrechterhaltung der Lebensfunktionen, Bewegung und Erzeugung von Wärme. Schweine brauchen etwa 6,5 kg Futter um ein kg Lebendgewicht zuzunehmen. Für ein kg verwertbares Fleisch brauchen sie 9 kg Futter. Bei Hühnern liegt dieser Wert bei 4,5 kg, für ein kg Rinderfleisch braucht es das 25-fache an Futtermenge. In diesen Werten sind die Tiere, die zur Nachzucht benötigt werden, noch nicht berücksichtigt (Smil 2002).

Durch den hohen Ressourcenverbrauch ist auch der Wasserverbrauch in der Fleischproduktion sehr hoch. Für ein kg Hühnerfleisch braucht es 3.900 l Wasser, für ein kg Schweinefleisch 4.800 l, Rindfleisch benötigt sogar 15.500 l pro produziertem kg (Hoekstra 2008, 55).

Eine Studie von Ogino et al. (2007) verwendete eine „*life cycle assessment*“ (LCA)- Methode um den gesamten Umwelteinfluss in einem Kalb-Mutterkuh-Herde-Haltungssystem („*cow-calf-operation*“) für die Erzeugung von Rindfleisch zu messen. Alle damit verbundenen Prozesse wie die Erzeugung von Futtermittel, deren Transport, die Entsorgung der Ausscheidungen und das gesamte Management wurden in ihre Rechnung miteinbezogen. Die Forscher fanden heraus, dass die Erzeugung von einem kg Rindfleisch 36,4 kg CO₂-Äquivalente verursacht (Ogino et al. 2007).

Hierbei muss aber erwähnt werden, dass bei Rindern und anderen Wiederkäuern die Klimaschädlichkeit stark von den Fütterungsbedingungen abhängt. Kommt kein Kraftfutter zum Einsatz, ist der klimaschädliche Effekt viel kleiner und außerdem konkurrieren sie nicht direkt mit dem Menschen um Nahrungsmittel, da sie auch Kohlenhydrate wie Zellulose aus Gras verwerten können (Idel 2012, 60f; Börnecke 2013). Um Zuwachsraten und Milchleistung zu erhöhen, wird Kraftfutter aber in der Rinderhaltung meistens eingesetzt, auch wenn Studien ergaben, dass eine Reduktion durchaus vorteilhaft wäre (Ertl et al. 2013; Schlager et al. 2013).

Die Weltbevölkerung wird bis 2050 auf mehr als neun Milliarden Menschen ansteigen (Bongaarts 2009). Gleichzeitig lässt sich ein Trend zu vermehrtem Fleischkonsum erkennen. Laut der Organisation

für Ernährung- und Landwirtschaft der Vereinten Nationen (FAO 2016) ist weltweit der durchschnittliche Fleischkonsum zwischen 1961 und 2009 von 23 kg auf 42 kg pro Person und Jahr gestiegen. Dieser Anstieg wird sich mit großer Wahrscheinlichkeit fortsetzen, da der Fleischkonsum mit dem Anstieg des Wohlstandsniveaus korreliert (Stoll-Kleemann 2014). Durch die rasante wirtschaftliche Entwicklung von Ländern wie China und Indien, aber auch Ländern Afrikas, kann auch dort von einem stark erhöhten Fleischkonsum ausgegangen werden. Somit wird vermutet, dass sich ausgehend von 2016 der weltweite Fleischkonsum bis 2050 noch einmal verdoppeln wird (FAO 2016).

2.2 Die Proteinlücke

Eiweiß, einer der Hauptbestandteile der Körpersubstanz von Mensch und Tier, kann von Säugetieren nicht synthetisiert werden, sondern muss über die Nahrung aufgenommen werden. In Europa wird bei Weitem nicht so viel Protein produziert wie es als Futtermittel für die Produktion von Fleisch und tierischen Produkten nötig wäre, um sich selbst zu versorgen. Die EU hat im Geschäftsjahr 2016/2017 25,01 Mio. t an proteinreichem Schrot, bestehend hauptsächlich aus Copra, Baumwollsamensamen, Fisch, Palmkernen, Erdnüssen, Raps und Sonnenblumen importiert (USDA 2018). Außerdem wurden 2016/2017 13,379 Mio. t an Sojabohnen im Ganzen und 18,862 Mio. t Sojaschrot in die EU eingeführt. Zwei Drittel der in der EU als Futtermittel eingesetzten Sojabohnen wurden importiert (Henseler et al. 2013). Die EU war damit der zweitgrößte Importeur von Sojabohnen und Sojabohnen-Produkten weltweit, hinter China, das fast nur Sojabohnen im Ausmaß von 93,495 Mio. t einfuhrte aber kaum Sojaschrot (USDA 2018).

Die größten Exporteure von Soja in die EU sind Brasilien, das jährlich weltweit 63,137 Mio. t Bohnen und 13,762 Mio. t Schrot exportiert, die USA mit 59,157 Mio. t Bohnen und 10,524 Mio. t Schrot und Argentinien mit 7,026 Mio. t Bohnen und 31,323 Mio. t Schrot (USDA 2018).

In Österreich wurden 2016 netto 975.790 t Fleisch (bezogen auf das Schlachtgewicht) erzeugt. Auch hier wird ein großer Teil des eiweißreichen Kraftfutters, das hohe Gewichtszunahmen in der Mast erlaubt, eingeführt. So werden jährlich mehr als 500.000 t Soja nach Österreich importiert (Pistrich et al. 2014, 51; Schilly 2017). In Österreich ist zwar der Anbau von gentechnisch veränderten Organismen (GVO) verboten und wird auch von der Bevölkerung in starkem Maße abgelehnt, es ist aber bei Weitem nicht frei von Gentech-Produkten. Gewisse gentechnisch veränderte Produkte dürfen nämlich importiert werden und die größten Exportländer von Sojabohnen sind auch die Länder, in denen die größten Flächen mit Kulturen von GVO wachsen, nämlich die USA gefolgt von Brasilien und Argentinien. In Brasilien machen GVO-Flächen 83 % der 25 Mio. ha an Sojaanbau aus. In den USA sind es 94 % der Sojaanbauflächen. Argentinien verwendet auf seinen 19,1 Mio. ha Soja-Anbauflächen zu fast 100 % GVO- Soja. Die weltweite Fläche von GVO Kulturen hat sich von 1,7 Mio. ha 1996 auf 160 Mio. ha 2011 erhöht. Soja macht 47 % der weltweiten Anbauflächen, die mit biotechnisch veränderten Pflanzen bestellt sind, aus und ist damit die Kultur mit dem größten Flächenanteil (USDA 2018).

Zum Einsatz kommt dabei hauptsächlich herbizidtolerantes (*HT*) - beziehungsweise „*Roundup Ready*“ (*RR*[®]) - Soja. Das heißt, die Kultur ist gegen ein Totalherbizid resistent, während alle nicht gentechnisch veränderten Pflanzen daran zu Grunde gehen, was natürlich die Unkrautbekämpfung ungemein erleichtert und sogar dazu führt, dass weniger Chemikalien auf die Felder ausgebracht werden müssen (Pistrich et al. 2014, 100).

Vor allem in Brasilien zieht der großflächige Anbau von Soja viele Folgeprobleme nach sich. Zuerst ist die soziale Komponente zu nennen. Wo früher viele Kleinbäuerinnen und Kleinbauern ihre Flächen

bewirtschafteten, finden sich nun riesige Soja-Monokulturen. Hunderttausende Familien mussten weichen, nachdem sie dem Preisdruck im Sojaanbau nicht mehr standhalten konnten. Riesige Maschinen, die sich nur kapitalstarke Agrarunternehmen leisten können, produzieren viel billiger. Kleinbäuerinnen und Kleinbauern, die für Maschinen, Dünger und Pestizide, die in den 70ern noch staatlich gestützte Kredite aufgenommen hatten, konnten diese nicht mehr zurückzahlen, da ihre Produktion nicht mehr konkurrenzfähig war. Die Folge war, dass sie ihr Land aufgeben mussten, das sich nun Großbetriebe aneigneten, um den industriellen Anbau massiv auszudehnen. Für die hochmechanisierte Produktion von Soja benötigt es heute nur noch eine Arbeitskraft für 100 bis 200 ha (Happe 2002). Im Bundesstaat Mato Grosso sind 80 % der ackerbaulichen Nutzfläche von Soja bedeckt, während gerade einmal 2 % der in der Landwirtschaft erwerbstätigen Bevölkerung ihr Einkommen dadurch finden (Coy und Neuburger 2002). Bei ungeklärten Landbesitzverhältnissen wurden die Bewohnerinnen und Bewohner teilweise auch einfach vertrieben, was vor allem bei indigenen Gruppen ohne Verständnis von Landbesitz im westlichen Sinn ein großes Problem war und ist (Happe 2002). Die Zahl der am Land lebenden Brasilianerinnen und Brasilianer hat sich von 55 % in den 1960er Jahren auf 18 % im Jahr 2000 verringert. Ausgehend vom Süden breitet sich der Sojaanbau immer mehr in den ehemals bewaldeten Norden aus (Coy und Neuburger 2002).

Die großflächige Abholzung von Wald hat neben der Freisetzung von im Boden und Biomasse gespeichertem CO₂ auch noch weitere nachteilige Folgen. Der Wald fungiert nicht mehr als Wasserspeicher. Es kommt sowohl öfter zu Überschwemmungen als auch Dürren und diese haben schwerwiegendere Folgen. Erosion nimmt zu und verschmutzt die Flüsse. Auch durch den Einsatz von Agrochemikalien als Dünger und Pestizide gelangen Giftstoffe in die Umwelt und belasten die Wasserqualität (Happe 2002).

Im Amazonas-Gebiet in Brasilien wurden sehr große Flächen abgeholzt. Seit 1988, dem Beginn des Monitorings der abgeholzten Flächen aus dem Weltall durch die Brazil's Space Agency (INPE) im Auftrag der brasilianischen Regierung waren es 428.600 km² (INPE 2017). 1995 war das Jahr, in dem die größte Fläche abgeholzt wurde, nämlich 29.059 km². 2004 waren es 27.772 km² (Arima et al. 2014; INPE 2017). Seither ist diese Zahl allerdings hauptsächlich durch Eingreifen der Regierung im Sinken begriffen. 2012 waren es „nur“ mehr 4.571 km² (INPE 2017).

Seit den 1970ern gab es eine enge Verbindung zwischen der Abholzung von Wald und der Neuschaffung von Ackerland. Mehrere Studien legen aber nahe, dass es ca. ab der Jahrtausendwende eine Entkopplung zwischen Sojaanbau und der Abholzung von Regenwald gab. Zwischen 2006 und 2011 geschah die Flächenexpansion im Bundestaat Mato Grosso, der die größte Menge an Soja in Brasilien produziert, zu 91 % auf nicht-bewaldeten Flächen, das heißt, auf Flächen, die großteils vorher für extensive Rinderhaltung verwendet wurden. Trotzdem hat der Anbau von Soja indirekt einen Einfluss auf die Abholzung von Regenwald, da die extensive Rinderhaltung nun in vormals bewaldete Regionen abgedrängt wird (Barona et al. 2010; Macedo et al. 2012; Gollnow und Lakes 2014). Eine ähnliche Entwicklung findet man auch in Nord-Argentinien, wo seit den 1970ern 2,7 Mio. ha Wald abgeholzt wurden (Gasparri et al. 2013).

Begonnen hat die massive Ausweitung des Sojaanbaus weltweit und des verstärkten Imports von Soja in die EU mit dem Verbot der Verwendung von Tiermehl in der Fütterung. Für vorher zu Futtermitteln verarbeitete Schlachtabfälle musste nun schnell ein Ersatz gefunden werden (Schilly 2017). Die erhöhte Nachfrage nach Biodiesel könnte den Bedarf an Soja in der Zukunft noch erhöhen (Nitsch und Giersdorf 2005).

Der plakative Slogan „Rinder fressen den Regenwald“ ist eigentlich nicht so weit hergeholt (Happe 2002). Wie wir unser Fleisch heutzutage produzieren, beziehungsweise auch, dass wir einfach zu viel von diesem kostbaren Lebensmittel essen, ist ein großes Problem.

Es ist mehr als fraglich, ob in der Zukunft das starke Bevölkerungswachstum gemeinsam mit dem steigenden Fleischkonsum für unseren Planeten noch tragbar ist oder ob uns ein Kollaps des Ökosystems bevorsteht. Eine vermehrt auf pflanzlichen Produkten basierende Ernährung hätte das Potential, eine wachsende Weltbevölkerung zu ernähren, ohne stark erhöhte Kosten für die Konsumentinnen und Konsumenten oder zusätzlichen Raubbau an der Natur, da vielmehr Energie aus der produzierten Biomasse genutzt werden kann (Duchin 2005). Muller et al. (2017) gingen bei einer Publikation der Frage nach, ob die Welt alleine durch biologische Landwirtschaft ernährt werden könnte. Sie kommen zum Schluss, dass es möglich wäre, wenn die Verwendung tierischer Produkte in der Ernährung und die Lebensmittelverschwendung verringert werden würden. Eine Studie aus Großbritannien ergab, dass die Treibhausgasemissionen aus der Ernährung bei Fleischessern doppelt so hoch sind wie bei Veganern (Scarborough et al. 2014).

2.3 Lebensmittel Fleisch

Fleisch spielt in der menschlichen Ernährung seit Jahrtausenden eine wichtige Rolle. Aber nicht nur der Geschmack ist der Grund für seine Beliebtheit, es hat auch sehr gute ernährungsphysiologische Eigenschaften. Fleisch besteht zu 18 bis 23 % aus Proteinen (bei Wassergehalten meist zwischen 60 und 80 %, Souci et al. 2011, 211ff). Ein Großteil der im Fleisch enthaltenen Proteine besitzt außerdem eine hohe biologische Wertigkeit, das heißt, die Aminosäuren-Zusammensetzung ist vorteilhaft für die Umsetzung in körpereigenes Eiweiß im Menschen (Baltes 2000, 117). Ein erwachsener Mensch besteht zu etwa 17 % aus Proteinen. Schon Mitte des 19. Jahrhunderts wurde ihre Bedeutung als unersetzbarer Nahrungsbestandteil erkannt (Elmadfa und Leitzmann 2015, 216). Fleisch enthält alle essentiellen Aminosäuren, essentielle Fettsäuren und leicht verfügbare Mineralien und Vitamine (FAO 2016; Smil 2013). Unabhängig ob pflanzlichen oder tierischen Ursprungs, wird empfohlen, 10-15 % des täglichen Energiebedarf mit Proteinen zu decken (Elmadfa und Freisling 2009).

Eine fleischreduzierte Ernährung gilt trotzdem unter Ernährungswissenschaftlerinnen und Ernährungswissenschaftlern auf jeden Fall als gesundheitsförderlich und es sollte auch so möglich sein, alle lebensnotwendigen Stoffe zu sich zu nehmen (Elmadfa und Leitzmann 2015, 744). Die Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V. (DGE 2017) empfiehlt, hauptsächlich pflanzliche Lebensmittel zu konsumieren und tierische Produkte und Fleisch eher als Ergänzung zu verstehen. Es sollten daher nicht mehr als 300-600 g Fleisch pro Woche auf den Teller kommen. Dividiert man den Wert des durchschnittlichen Fleischkonsums in Österreich durch die 52 Wochen eines Jahres kommt man auf einen Wert von etwa 1,8 kg wöchentlich konsumierten Fleisches, also um ein Vielfaches mehr als es förderlich für die Gesundheit wäre.

2.4 Alternative Körnerleguminosen

Um den Konsum von Fleisch zu reduzieren und trotzdem genug Protein durch die Nahrung aufzunehmen, bedarf es einer eiweißreichen pflanzlichen Alternative.

Pflanzen aus der Familie der Fabaceae – auch als Leguminosen bezeichnet – haben die Fähigkeit, mit Hilfe von bestimmten Bakterien, sogenannten Rhizobien, den Stickstoff aus der Luft zu fixieren und zu metabolisieren. Stickstoff ist in jeder Pflanze für das Wachstum und die Entwicklung in großen Mengen nötig und auch für die Herstellung von Proteinen braucht es Stickstoff. Leguminosen sind mehr als alle anderen Pflanzen in der Lage, Eiweiß zu produzieren. Körnerleguminosen speichern den Großteil des Proteins in ihren Samen, die als Bohnen, Linsen, Erbsen etc. einen wertvollen Beitrag in einer fleischreduzierten Ernährung leisten können. Für die Produktion von 100 kg Protein aus Hülsenfrüchten wird eine durchschnittliche Fläche von 0,25 ha benötigt. Bei Schweinefleisch sind es 0,36 ha, bei Fleisch von Wiederkäuern 0,6 ha (Stehfest et al. 2009).

In **Tabelle 1** sind durchschnittliche Proteingehalte von Körnerleguminosen angegeben. Der genaue Proteingehalt hängt von vielen Faktoren ab, wie der Sortenwahl, den Anbaubedingungen und dem Management sowie der Düngung beziehungsweise der Stickstofffixierleistung.

Tabelle 1: Proteingehalte in den Samen von Körnerleguminosen

	Rohproteingehalt [g kg⁻¹ TM]
Linsen	200-230
Erbse	230-250
Ackerbohne	290-300
Sojabohne	320-330
Blaue Lupine	320-350

Quelle: Jeroch et al. (2016, 52)

Nicht nur der Proteingehalt, sondern auch die Zusammensetzung des Proteins aus verschiedenen Aminosäuren ist wichtig für die Eignung von Körnerleguminosen als Nahrungsmittel. Die oben erwähnte biologische Wertigkeit sollte hier ebenfalls beachtet werden. Beeinflusst ist sie durch das Vorhandensein oder Fehlen aller wichtigen Aminosäuren als auch durch die Verdaulichkeit und Dünndarmverfügbarkeit. Erhöht wird sie durch Behandlungen wie üblicherweise Kochen (Jeroch et al. 2016, 53).

Die schwefelhaltigen Aminosäuren Methionin und Cystein kommen in Körnerleguminosen in zu geringem Ausmaß für ein optimales Aminosäuremuster vor, ebenso Tryptophan (Jeroch et al. 2016, 53). Getreide hingegen fehlt es vor allem an Lysin, während es mehr der schwefelhaltigen Aminosäuren enthält. Durch eine Kombination von Getreiden und Hülsenfrüchten kann somit die Proteinqualität und damit Eignung für die menschliche Nahrung deutlich erhöht werden (Temba et al. 2016). Soja als Referenzkultur enthält mit je 1,3 % einen verglichen mit anderen Körnerleguminosen sehr hohen Anteil an Cystein und Methionin. Nur Kichererbsen (1,3 %) haben einen ebenso hohen Anteil an Methionin wie Soja. Von den für den vorliegenden Versuch ausgewählten Kulturen haben Erbsen (1,4 %) und Lupinen (1,3 – 1,8 %) ebenfalls gleich hohe oder höhere Anteile an Cystein. Bezogen auf die in Getreide in zu geringem Anteil enthaltene Aminosäure Lysin, haben Erbsen (7,1 %), Linsen (7,2 %) und Kichererbsen (6,9 %) höhere Gehalte als die Sojabohnen (6,4 %) (Jeroch et al. 2016, 52). Bei Phaseolus-Bohnen ist vor allem der Gehalt an Lysin sehr hoch (Souci et al. 2011, 266). Die Gehalte an Methionin, Cystein, Tryptophan, Lysin und Isoleucin sind bei einer Mischung aus Bohnen und Weizen im Verhältnis

1:1 nahe 100 % der Standard-Ernährungsempfehlungen der FAO (Tivy und Holz 1993, 27; Young und El-Khoury 1996).

Es gibt auch schon eine Forschungsarbeit, die sich mit der Erhöhung des Methioningehalts im Proteinmuster von Ackerbohne, Erbse und Lupine beschäftigt. Dabei werden der Züchtung gute Chancen eingeräumt, die Gehalte deutlich zu erhöhen (Schumacher und Paulsen 2011).

Die Bedeutung der Ballaststoffe - und damit eng verbunden der Anteil an Rohfaser - sollte in der Ernährung nicht unterschätzt werden. Die Deutsche Gesellschaft für Ernährung gibt an, dass 75 % der Frauen und 68 % der Männer zu wenige Ballaststoffe essen. Empfohlen wird, täglich mindestens 30 g davon mit der Nahrung aufzunehmen. Hülsenfrüchte gelten als gute Ballaststoffquellen (DGE 2012).

Ebenfalls wichtig bei der Bewertung der gesundheitlichen Vor- und Nachteile ist die Zusammensetzung der Fettsäuren. Soja zum Beispiel, hat im Gegensatz zu Fleisch eine günstigere Fettsäurezusammensetzung mit einem Großteil ein- und mehrfach ungesättigter Fettsäuren wie Linol- und Linolensäure. Außerdem sind alle pflanzlichen Lebensmittel cholesterinfrei (Pistrich et al. 2014, 91).

2.5 Geschichte des Körnerleguminosenanbaus

Aus historischer Sicht ist anzumerken, dass Körnerleguminosen in der Vergangenheit schon einmal eine größere Rolle zur Proteinversorgung spielten. Fleisch war immer wieder in Epochen der Menschheitsgeschichte für weite Bevölkerungsschichten schlicht zu teuer.

Die ersten Spuren, die sich aus dem Gebiet des fruchtbaren Halbmondes ausbreitenden Landwirtschaft in Österreich sind 7.600 Jahre alt. Es zeigte sich, dass schon damals neben Emmer, Einkorn und Lein die Leguminosen Erbse und Linse angebaut wurden, um den Eiweißbedarf zu decken, da Fleisch keine Alltagspeise war. Linsen waren über Jahrtausende unersetzlich in der Ernährung, bis sie durch das Aufkommen der Kartoffel und eine verbesserte Getreideversorgung verdrängt wurde (Seidel 2012, 52). Ab der Bronzezeit kam die Ackerbohne dazu (Steiner 2011, 22). Sie war im Mittelalter ein wichtiges Nahrungsmittel und wurde erst im 17. Jahrhundert durch die Phaseolus-Bohnen ersetzt (Seidel 2012, 53). Die Phaseolus-Bohnen stammen ursprünglich aus Amerika und wurden erst nach der Kolonialisierung der neuen Welt nach Europa gebracht und nachweislich zum ersten Mal 1542 in Europa angebaut (Seidel 2012, 54).

Die in Europa im 18. Jahrhundert stattfindende Agrarrevolution in Form der Einführung der Fruchtwechselwirtschaft anstatt der Dreifelderwirtschaft wurde durch den Anbau von Hülsen- und Hackfrüchten möglich. Durch die Einführung des großflächigen Anbaus von Klee und anderen Leguminosen konnte nicht nur mehr Vieh mit eiweißreichem Futter versorgt werden, sondern auch der Pflanzenbau konnte durch die bessere Stickstoffversorgung im Boden höhere Erträge liefern (Miedaner 2005, 146).

Lupinen konnten sich erst im 19. Jahrhundert in Mitteleuropa etablieren, wurden aber hauptsächlich als Gründüngung eingesetzt. Erst als in den 20er-Jahren des 20. Jahrhunderts Züchtungserfolge zu Lupinen mit höheren Erträgen und vor allem niedrigeren Alkaloid-Gehalten führten, wurden sie auch großflächig als Tierfutter angebaut (Jeroch et al. 2016, 67).

Die erste vegetarische Gesellschaft wurde 1847 in Manchester gegründet. Neben ethischen und gesundheitlichen Motiven wies sie vor allem auf wirtschaftliche Argumente hin: Ackerbau sei einfach

produktiver als Viehzucht. Es handelte sich dabei aber um eine elitäre, städtische und bürgerliche Gruppierung. Die Arbeiterschaft musste sich um solche Überlegungen nicht kümmern, sie lebte in den industrialisierten Städten ohnehin weitgehend von „Brot und Tee“. Gegen Ende des 19. Jahrhunderts stieg der Konsum von tierischen Produkten (Montanari und Rawert 1995, 88).

Waren vor Anfang des 20. Jahrhunderts die Ausbringung von Wirtschaftsdüngern, Anbau von Leguminosen und später Ausbringung von Guano und Chilesalpeter die einzigen Möglichkeiten eine Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit zu erreichen, revolutionierte das Anfang des 20. Jahrhunderts entwickelte Haber-Bosch-Verfahren die Düngung mit Stickstoff. Nun konnte der Stickstoff industriell aus der Luft fixiert werden - wie Leguminosen es mit Hilfe der Rhizobien tun - und auf den Feldern ausgebracht werden. Dazu wird allerdings sehr viel Energie benötigt. In Deutschland stieg die Stickstoffdüngung von weniger als 5 kg pro ha und Jahr Anfang des Jahrhunderts auf einen Höchststand in den Achtzigerjahren von fast 130 kg pro ha und Jahr. Der Anbau von Leguminosen nahm ab (Miedaner 2005, 169ff). Prägten im 19. Jahrhundert noch rote und weiße Kleefelder die Landschaft, verschwanden diese Anfang des 20. Jahrhunderts fast vollkommen aus der Landschaft (Kjærgaard 2003). In Deutschland beispielsweise, nahm die Fläche, auf der Leguminosen angebaut wurden, von 1878 bis 1913 von 1.354.100 ha auf 849.500 ha ab, die für den Anbau von Leguminosen zur Speisennutzung von 526.800 auf 140.900 (Kuczynski 1926, 116).

Durch den steigenden Wohlstand in Europa im 20. Jahrhundert, nur gedämpft durch die Weltkriege, wurde der Konsum von mehr Fleisch für weite Bevölkerungsschichten leistbar. Nach dem Krieg galten Körnerleguminosen als Arme-Leute-Essen, Fleisch wurde zum Ausdruck für einen hohen Lebensstandard und führte zu einem Fleischkonsum, der gesundheitsschädliche Ausmaße angenommen hat (Gruber 2013, 27f; Smil 2013; Jeroch et al. 2016, 184).

2.6 Derzeitige Konsumtrends

Erst in den letzten Jahren erleben Körnerleguminosen eine Renaissance. Vor allem für Menschen, die in ihrer Ernährung komplett auf Fleisch oder sogar komplett auf tierische Produkte verzichten, nehmen sie einen wichtigen Stellenwert ein. In den westlichen Ländern lässt sich ein Trend zu veganer und vegetarischer Ernährungsweise beobachten (Elmadfa und Leitzmann 2015, 741).

In Österreich stieg der Pro-Kopf-Fleischverbrauch von 1950 bis 2010 um das 2,5-fache, nämlich von 38 auf 93 Kilogramm, und wurde von einem als besonders wertvoll angesehenen Lebensmittel zu einer mehrmals täglich konsumierten alltäglichen Speise (Willerstorfer 2013). Inzwischen dürfte aber auch in Österreich die Menge an verzehrtem Fleisch nicht weiter zunehmen. Es gibt zwar im Vergleich zu anderen Nationen wenige Vegetarierinnen und Vegetarier, trotzdem lässt sich ein langsamer Anstieg beobachten, berichtet Jürgen König vom Department für Ernährungswissenschaften (Pfligl 2017).

Gruber (2013, 31ff) nennt als Hauptgründe für eine vegetarische Ernährung ethische, religiöse, ökologische, ökonomische, soziale, emotionale und auch gesundheitliche Gründe. Durch Langzeitstudien wurde bestätigt, dass eine vegetarische Ernährung einige Vorteile für ein langes und gesundes Leben mit sich bringt. Das Risiko an chronischen Krankheiten wie Typ-2-Diabetes und Hypertonie zu erkranken, als auch für Herz- Kreislaufkrankungen und verschiedene Krebsarten ist niedriger. Des Weiteren haben Vegetarierinnen und Vegetarier seltener Übergewicht und häufiger einen niedrigeren Blutdruck. Weder in der Proteinversorgung noch in der Versorgung mit anderen essentiellen Nahrungsbestandteilen oder Vitaminen gibt es bei einer ausgewogenen fleischlosen Ernährung Probleme. Veganerinnen und Veganer gelten als Risikogruppe für Jodmangel und müssen

außerdem auf eine ausreichende Versorgung mit Vitamin B12 durch Supplemente achten, da es von Pflanzen nicht gebildet werden kann. Aus wissenschaftlicher Sicht wird eine fleischlose Ernährung als gesundheitsfördernd empfohlen (Elmadfa und Leitzmann 2015, 744).

Ist für eine vegetarische Ernährung das Essen von Hülsenfrüchten als Proteinquelle essentiell, werden sie auch von Fleischesserinnen und Fleischessern als Ergänzung des Speiseplans vermehrt konsumiert. Der Begriff des Flexitariers für Menschen, die zwar keine Vegetarierinnen oder Vegetarier sind, aber aus ökologischen, sozialen, ökonomischen, ethischen oder gesundheitlichen Gründen weniger Fleisch essen, wurde eingeführt und erfreut sich wachsender Beliebtheit. Für sie ist es auch besonders wichtig, auf die Qualität des konsumierten Fleisches zu achten und wenn schon Fleisch, zu versuchen, dieses zumindest nicht aus Massentierhaltung zu beziehen (DGE 2013; Eitenberger 2015). So dürfte sich der zu Beginn beschriebene Trend zu weltweit immer mehr Fleisch am Speiseplan zumindest in den westlichen Industrienationen schön langsam umdrehen. Smil (2013) schreibt, dass hier in den meisten Nationen die Höchstmenge des Fleischkonsums erreicht ist und nicht mehr weiter zunehmen wird. Laut einer Pressemitteilung der Universität Hohenheim lassen bereits 60 % der Deutschen ein Bereitschaft erkennen, weniger Fleisch zu konsumieren (Cordts et al. 2013; Klebs 2013).

Ein Beispiel, wie eine Region rasch auf das Thema des übertriebenen Fleischkonsums hinweisen kann und auch gleich einen Lösungsansatz liefert, zeigt die belgische Stadt Gent, wo nach einem Vortrag mit dem Motto „Less meat - less heat“ des indischen Klimaexperten Rachendra Pachauri, in einer Kampagne die Bürgerinnen und Bürger der Stadt aufgefordert wurden, einen Tag in der Woche auf Fleisch zu verzichten. Dies entspräche der Vermeidung von CO₂-Äquivalenten, die von 18.000 Autos im Jahr freigesetzt werden. Auch Bremen in Deutschland folgte dem Konzept und führte den vegetarischen Donnerstag ein (Kreutzberger und Thurn 2011).

Eine Studie aus den USA von Harwatt et al. (2017) ergab, dass wenn theoretisch Rinderfleisch durch Bohnen ersetzt werden würde, bezogen auf den Gehalt an Kalorien als auch an Proteinen, diese Maßnahme alleine 46 % bis 74 % zum selbstgesteckten Ziel der Verringerung von Treibhausgasen in den USA bis 2020 beitragen könnte. Da in den USA 45 % des konsumierten Rindfleisches zerkleinert und oft zu faschierten Laibchen verarbeitet wird (Hamburger), schlägt eine Studie von Smil (2002) vor, hier anzusetzen und das Fleisch mit proteinreichen pflanzlichen Produkten zu ergänzen, sozusagen ohne dass die Konsumenten einen großen Unterschied bemerken würden.

Für die Landwirtschaft eröffnet das Interesse an pflanzlichen, proteinreichen Nahrungsmitteln neue Perspektiven. In Österreich wird die Hälfte des geernteten Sojas zu Nahrungsmitteln verarbeitet (Schilly 2017). Das Angebot an proteinreichen Nahrungsmitteln aus heimischem Anbau außer Soja ist noch sehr überschaubar. Jedoch könnten auch andere Kulturen wie Linsen, Lupinen und Trockenerbsen und Trockenbohnen in diesem Bereich interessante Alternativen bieten, auch was die Verarbeitung zu Tofu, Hummus etc. betrifft.

Der Anbau von regional angepassten Körnerleguminosen zu Speisezwecken lässt sich auch gut mit dem Konzept der Ernährungssouveränität verbinden. Das Recht auf gesunde und kulturell angepasste Nahrung wie es in der Erklärung von Nyéléni gefordert wird, kann genauso erfüllt werden wie eine nachhaltige Produktion von Lebensmitteln unter Achtung der Umwelt (NYÉLÉNI Forum for Food Sovereignty 2007). Ebenso können sie zur Erhaltung kleinbäuerlicher Strukturen beitragen, da für die Herstellung von Speiseware viel weniger Fläche benötigt wird als für Futtermittel und bessere Preise erzielt werden könnten (Stehfest et al. 2009).

2.7 Anbau

2.7.1 Anbau in Österreich

Die Produktionsmenge von Körnerleguminosen hat sich seit 1990 stark verändert. Wurden damals noch 145.219 t Erbsen und 17.658 t Sojabohnen produziert, drehte sich das Verhältnis bis heute um. 2017 stieg die Produktion von Sojabohnen auf einen Höchstwert von 193.416 t, während nur mehr 15.259 t Körnererbsen produziert wurden (STATcube 2017). Die Fläche für Sojaanbau betrug 2017 64.467 ha, die für Körnererbsen 6.721 ha (STATISTIK AUSTRIA 2017). Die Produktion von Ackerbohnen betrug 2017 22.961,95 t, von Süßlupinen 333,58 t. Linsen, Kichererbsen und Wicken machten gemeinsam 3692,73 t aus und alle sonstigen Körner- Hülsenfrüchte 7.888,61 t (STATcube 2017).

Die Sojabohne wird mit Abstand am meisten verwendet, da sie gleichmäßig hohe Erträge bringt und eine sehr gute Zusammensetzung der Inhaltstoffe sowohl für die Fütterung als auch als Speiseware besitzt.

Im Versuch, der in dieser Arbeit beschrieben wird, wurden sechs alternative Körnerleguminosen auf ihre Eignung für den Anbau im oberösterreichischen Alpenvorland getestet. Wichtigstes Kriterium war ihre Eignung als Speiseware. Daneben flossen die folgenden Kriterien in die Auswahl der Kulturen ein:

1. Regional noch wenig oder gar nicht ackerbaulich genutzte Kulturen oder Sorten
2. Eignung zur maschinellen Aussaat und Ernte
3. Eignung für das Klima des Alpenvorraums

Ausgewählt wurden eine Körnererbse, zwei Buschbohnen, zwei Linsensorten und eine Blaue Lupine, jeweils zur Verwendung als Trockenware.

2.7.2 Ansprüche

Erbse

Erbsen wachsen bei einem pH-Wert von 6,2 – 7 am besten (Freyer et al. 2005, 97). Es empfiehlt sich mittelschwerer Boden. Leichte Sandböden sind durch die unzureichende Wasserversorgung ohne künstliche Bewässerung nicht gut geeignet (Stelling 1999, 573; Diepenbrock et al. 2016, 200). Kalte, tonige Böden haben wiederum den Nachteil, dass es schwer ist, rechtzeitig ein geeignetes Saatbett herzustellen (Naumann 1999, 581). Vorteilhaft ist mildes Klima und über 450 mm jährliche Niederschläge (Freyer et al. 2005, 97). Eine ausreichende Wasserversorgung ist in der Phase der Blüte und des Hülsenansatzes am wichtigsten (Stelling 1999, 573). Insgesamt fördern aber zu hohe Niederschläge Pilzkrankheiten und sind deshalb auch nicht günstig (Diepenbrock et al. 2016, 200). Die generative Entwicklung der Erbse wird durch hohe Temperaturen überproportional im Vergleich zur Zunahme an Trockenmasse beschleunigt. Daher kann mit niedrigeren Temperaturen ein besserer Ertrag erzielt werden (Stelling 1999, 573). Da sie nicht allzu warmes Klima benötigen, ist ihr Anbau auf Seehöhen von bis zu 2000 m möglich (Jeroch et al. 2016, 32).

Buschbohne

Der pH-Wert sollte für den Anbau von Buschbohnen zwischen 6,5 und 7,8 liegen (Jeroch et al. 2016, 38). Sie sind, was den Boden betrifft, nicht sehr anspruchsvoll. Leicht erwärmbare Böden und eine kontinuierliche Wasserversorgung kommen ihnen aber entgegen. Sehr tonige, zu Staunässe neigende Böden sind ungeeignet. Bohnen sind frostempfindlich und vor allem in der Jugendentwicklung stärker wärmebedürftig. Dafür reagieren sie weniger empfindlich auf Trockenperioden. Die Anforderungen an die Wasserversorgung sind moderat (Kratzsch 1999, 717).

Lupine

Die verschiedenen Lupinenarten haben sehr unterschiedliche Ansprüche an den Boden, die meisten reagieren aber empfindlich auf Kalk (Plarre 1999, 698). Kalkung kann zur Lupinenchlorose führen, ein zu hoher pH-Wert Totalausfälle nach sich ziehen (Bayerische LfL 2016). Der Boden sollte leicht bis mittelschwer und der pH-Wert leicht sauer, in einem Bereich von 5,5 – 6,0 sein. Kühl-mildes Klima mit Niederschlägen >500 mm jährlich ist am besten geeignet (Freyer et al. 2005, 97). Durch die kräftige Pfahlwurzel mit verdicktem Ende wirken Lupinen besonders gut bodenlockernd. Ein Nachteil ist eine erhöhte Verunkrautungsgefahr durch späten Reihenschluss (Kahnt 2008, 132).

Linse

Vom pH-Wert her bevorzugen Linsen 7,0 - 7,5, also leicht alkalische Böden (Freyer et al. 2005, 97). Für sie gilt ebenfalls, dass die frühe Erwärmung des Bodens wichtig ist und Staunässe vermieden werden sollte. Flachgründige, steinige Böden stellen kein Problem dar. Linsen haben insgesamt einen nicht sehr hohen Wasserbedarf. In den ersten Entwicklungsschritten sind sie nicht sehr kälteempfindlich, für das Ausreifen der Samen sind aber trockene und warme Bedingungen vorteilhaft (Eser et al. 1999, 736). Es gibt jedoch auch Sorten für feuchtere, kältere Standorte (Bayerische LfL 2014). Linsen haben eine sehr kurze mittlere Anbaudauer und können mitunter schon nach 100 Tagen am Feld geerntet werden (Freyer et al. 2005, 165).

2.7.3 Bodenbearbeitung

Bei Erbsen aber auch anderen Körnerleguminosen sollte eine möglichst ebene Bodenoberfläche vorhanden sein. Zum Einebnen des Bodens kann eine Walze verwendet werden. Die ebene Bodenoberfläche ist wichtig, um eine gleichmäßige Aussaat zu erreichen, die (mechanische) Unkrautbekämpfung zu erleichtern und bei der Ernte möglichst verlustarm dreschen zu können (Naumann 1999, 579).

Allgemein beinhaltet das optimale Saatbeet, dass es in möglichst wenigen Schritten und wassersparend auf 5 – 8 cm Tiefe mit einem abgesetzten, mittelkrümeligen Boden angelegt wurde. Bodenverdichtungen und Oberflächenverkrustung sollten unbedingt vermieden werden und eine gute Erwärmbarkeit des Bodens erreicht werden (Sperber 1988, 59; Kratzsch 1999, 719). Es ist von Vorteil, möglichst zeitnah vor der Saat bei einem der Bodenbearbeitungsschritte auf eine gründliche Unkrautbekämpfung zu achten, um den oft sehr konkurrenzschwachen Kulturen einen Startvorteil zu verschaffen (Eser et al. 1999, 702, 738).

2.7.4 Aussaat

Für Lupinen empfiehlt sich in Mitteleuropa eine Aussaat von Anfang März bis April (Bayerische LfL 2016). Grundsätzlich gilt, je früher desto besser, sofern die klimatischen Bedingungen gegeben sind (Plarre 1999, 702). Bei den Erbsen gilt dasselbe. Es ist jedoch auf eine ausreichende Abtrocknung und Erwärmung des Bodens zu achten, was Mitte März bis Mitte April der Fall sein sollte (Naumann 1999, 581, Diepenbrock et al. 2016, 200). Für Linsen wird je nach Anbauggebiet eine etwas spätere Aussaat im April bis spätestens Anfang Mai empfohlen (Hornburg 2003, 15; Bayerische LfL 2014). Buschbohnen sollten wegen ihrer Wärmebedürftigkeit erst Ende April bis Anfang Mai ausgesät werden (Kratzsch 1999, 719).

Unter den Körnerleguminosen finden sich sowohl epi- als auch hypogäisch keimende Arten. Bei den hypogäischen Arten kann tiefer, auf drei bis zehn cm Tiefe, gesät werden, da die Keimblätter unterirdisch verbleiben. Dazu zählen zum Beispiel die Ackerbohne, Wicke und Erbse. Zu den epigäischen Arten zählen Soja- und Buschbohne, Lupine und Linse. Bei ihnen sollte eine geringere Saattiefe von etwa zwei bis vier cm Tiefe gewählt werden (Sperber 1988, 61; Kahnt 2008, 122).

Eine zu hohe Saaddichte kann dazu führen, dass sich die Pflanzen gegenseitig stark beschatten und dadurch zu wenig verzweigen und wenige Hülsen ausbilden (Liebhard 1987). Andererseits ist darauf zu achten, auch nicht zu niedrige Saattärken zu verwenden. Erbsen werden als Beispiel genannt, dass Körnerleguminosen nicht bestocken und auch keine Regulierung fertiler Triebe pro Fläche erfolgen kann. Deshalb wirken sich Fehler bei der Saat stärker auf den Ertrag aus als bei Getreide (Melzer 1987). Auch entwickelt sich bei Körnerleguminosen nur ein kleiner Teil der Blüten zu reifen Samen. Bei der Ackerbohne zum Beispiel, wird die Hälfte der jungen Blüten abgeworfen und von den verbliebenen Samenanlagen noch einmal die Hälfte im jungen Hülsenstadium. Somit können nur von 20 % der ursprünglich vorhandenen Blüten Hülsen geerntet werden. Die sehr dürrtige Anlage und Ausreifung von Hülsen wird hauptsächlich durch einen Mangel an Assimilaten verursacht, da die Sprossgipfel mit den Hülsen in Konkurrenz stehen (Münzer 1992, 398). Auch bei Erbsen werden unter Stressbedingungen (Trockenheit) viele Hülsen abgeworfen. Buschbohnen verzweigen zwar gut, trotzdem entwickeln sich nur 28 % der angesetzten Blüten zu Hülsen mit reifen Samen. Dies führt dazu, dass bei Erbsen und anderen Körnerleguminosen sehr hohe Aussaatmengen nötig sind, was den Ertrag insgesamt mindert (Diepenbrock et al. 2016, 201).

Bei einem Versuch in Oberösterreich mit Sojabohnen konnte trotzdem kein Zusammenhang zwischen Reihenweiten von 12, 24 und 36 cm festgestellt werden. Auch zwischen verschiedenen Saattärken gab es keinen signifikanten Unterschied (Mairunteregg 2012). Obwohl die Sojabohne und andere Körnerleguminosen nicht bestocken, regulierte sich der Ertrag durch unterschiedliche Pflanzendichte doch zu einem Teil auch selbst. Wenige Pflanzen, die viel Licht bekommen, verzweigen stark, bleiben niedriger und setzen weiter unten Hülsen an. Eng stehende Pflanzen wachsen mehr nach oben, dem Licht entgegen. Die Gefahr von Lagerung steigt damit an. Es wird in der Arbeit speziell darauf hingewiesen, dass beim Festlegen der Saattärke Verluste durch Schädlinge und mangelnde Keimfähigkeit beachtet werden müssen (Mairunteregg 2012).

Ein anderer Aspekt neben der Aussaatmenge ist auch die Aussaattechnik. Dabei ist Breitsaat ebenso möglich wie Reihensaat. Die gleichmäßigste Aussaat ist bei Einzelkornsaat zu erreichen, die für den Versuch jedoch nicht zur Verfügung stand. Bei der Reihensaat, auch als Drillsaat bezeichnet, werden die Samenkörner in Reihen in möglichst regelmäßigen Abständen innerhalb der Reihe abgelegt. Die Abstände zwischen den Samen in der Reihe und zwischen den Reihen ist aber unterschiedlich, auch bei Verringerung der Reihenabstände auf den technisch kleinstmöglichen Wert zwischen 10 und 12 cm. Somit ist die Standraumzumessung nicht optimal (Diepenbrock et al. 1999, 72). Durch die Ablage des Saatgutes in Reihen bleiben Abstände zwischen den Pflanzen frei, die zur Unkrautbekämpfung oder als Fahrgassen für nachfolgende Bearbeitungsschritte genutzt werden können (Baeumer 1992, 150). Somit kann mit einem Hackgerät die Bekämpfung zwischen den Reihen erfolgen, auch wenn die Pflanzen schon größer sind (Heege 1970).

Bei der Breitsaat werden die Samen über die ganze Breite des Saatbetts verteilt. Dazu wird das Saatgut mit Säscharen in den Boden eingebracht oder es wird oberflächlich verteilt und zum Beispiel mit einer Kreiselegge in den Boden gemischt. Die Samen sind zwar insgesamt unregelmäßiger verteilt, die Seitenabstände aber in alle Richtungen etwa gleich groß und nicht wie in der Reihe nach vorne und hinten stärker limitiert. Die weiteren Vorteile sind eine erleichterte und raschere Arbeitserledigung. Ein Nachteil ist die ungleichmäßigere vertikale Verteilung des Saatguts und damit ein geringerer Feldaufgang (Heege 1970; Baeumer 1992, 149). Ein weiterer Nachteil ist, dass schon früher als bei Drillsaat keine effektive mechanische Unkrautbekämpfung mehr durchgeführt werden kann, weil

keine Spurgassen zwischen den Reihen bleiben (Heege 1970). Hier wäre auch nur Striegeln als mechanische Unkrautbekämpfung möglich, nicht aber hacken.

Während bei der Reihensaat mehr Samen pro Saatreihe abgelegt werden und somit eine Orientierung der Wurzeln vor allem nach links und rechts erfolgen kann, sind bei der Breitsaat theoretisch alle Richtungen möglich, was zu einer besseren Versorgung mit Wasser und Nährstoffen beitragen könnte. So bescheinigen von Heege (1970) durchgeführte Feldversuche bei Getreide der Breitsaat im Durchschnitt um 275 kg ha^{-1} höhere Erträge im Vergleich zu Drillsaat.

2.7.5 Pflege

Mechanische Unkrautbekämpfung in Form von Striegeln oder Hacken wird für alle Körnerleguminosen empfohlen, auch um etwaige Bodenverkrustungen aufzubrechen (Eser et al. 1999, 738; Kratzsch 1999, 721; Plarre 1999, 703; Horneburg 2003, 18; Diepenbrock et al. 2016, 118). Linsen reagieren empfindlich auf Verletzungen. Hacken muss vorsichtig durchgeführt werden (Eser et al. 1999, 738). Für das Hacken ist ein ausreichend großer Reihenabstand nötig. Bei Buschbohnen sollte dieser 40 bis 50 cm betragen (Kratzsch 1999, 720).

Pucher (2017) stellte bei einem Versuch mit Soja fest, dass eine Reihenweite von 16 cm im Vergleich zu Abständen von 40 und 80 cm den Vorteil eines höheren Bodendeckungswerts und schnelleren Bestandesschluss bringt. Dies führt zu einem besseren Unkrautverdrängungspotential. Beim Ertrag ließ sich gleichzeitig kein statischer Unterschied zwischen den Reihenweiten feststellen.

2.7.6 Ernte

Bei der Ernte sind bei Erbsen und Buschbohnen die Ernteverluste bei Schwaddrusch am geringsten und daher zu empfehlen (Kratzsch 1999, 723; Naumann 1999, 598). Beim Mähdrusch ist auf ein bodennah geführtes Schneidewerk zu achten, um die Verluste gering zu halten. Andererseits steigt dadurch die Gefahr der Aufnahme von Steinen und Erde. Daher sollte der Anbau vor allem auf steinfreien Flächen erfolgen. Ährenheber können die Aufnahme des Ernteguts verbessern (Sperber 1988, 63; Naumann 1999, 598). Bei Buschbohnen ist der Mähdrusch nur bei sehr gut entwickelten Beständen mit hohem Hülsenansatz und einheitlicher Abreife empfehlenswert. Hier ist vor allem auf sehr vorsichtigen Drusch zu achten, da sonst verstärkt Bruchkörner und Verletzungen auftreten. Auch Umrüstungen mit Gummibelägen und sehr reduzierte Drehzahlen der Dreschelemente wirken sich schonend auf das Erntegut aus (Kratzsch 1999, 722). Nach dem Drusch ist bei den meisten Kulturen eine Reinigung und Trocknung nötig (Naumann 1999, 599). Vor allem für die Verwendung als Speiseware ist es wichtig, möglichst wenig verunreinigte Körner zu erhalten.

Bei Lupinen sollte der Drusch am Feld kein Problem sein. Wichtig dafür ist aber, bei der Sortenwahl auf die Platzfestigkeit der Hülsen zu achten. Auch bei Lupinen könne sich mitunter Probleme bei der mechanischen Ernte durch vorzeitiges Aufplatzen der Hülsen, geringe Standfestigkeit und ungleichmäßige Abreife ergeben (Plarre 1999, 697).

Linsen sollten geerntet werden, wenn die untersten Samen vollreif sind, da auch hier die Hülsen zum Aufplatzen neigen. Besonders bei warmer und trockener Witterung gibt es nur ein enges Fenster für die Ernte, da die Hülsen sonst schnell brechen. Da die Verzweigung schon sehr bodennah beginnt, sind hochwüchsige Typen für die Ernte mit dem Mähdrescher klar von Vorteil (Eser et al. 1999, 735). Schwaddrusch bringt den Vorteil, dass unreife Samen besser nachreifen können, andererseits können aber auch die Verluste bei der Ernte höher sein (Horneburg 2003, 19). Bei vielen Körnerleguminosen ist die Erntezeitspanne sehr gering. Zu früh geerntet sind viele der Körner noch sehr unreif, zu spät

kann es zum Aufplatzen der Hülsen und hohen Ernteverlusten kommen (Eser et al. 1999, 740; Horneburg 2003, 19; Diepenbrock et al. 2016, 203).

In Österreich betrug 2017 der Ertrag pro ha bei Körnererbse im Durchschnitt 2,27 t (2016 2,48 t), bei der Ackerbohne 2,23 t (2016 2,56 t), bei Soja 3,0 t (2016 3,06 t). Für andere Körnerleguminosen wie Wicken, Platterbsen, Süßlupinen ist nur ein Durchschnittswert von 2,04 t (2016 2,05 t) angegeben (STATISTIK AUSTRIA 2017).

Wie in **Abbildung 1** ersichtlich sind die Erträge in der biologischen Landwirtschaft etwas niedriger. Im Mittel lagen die Erträge in Österreich zwischen 2004 und 2016 bei der Sojabohne bei 2,40 t und bei der Körnererbse bei 1,31 t pro ha (Grüner Bericht 2017).

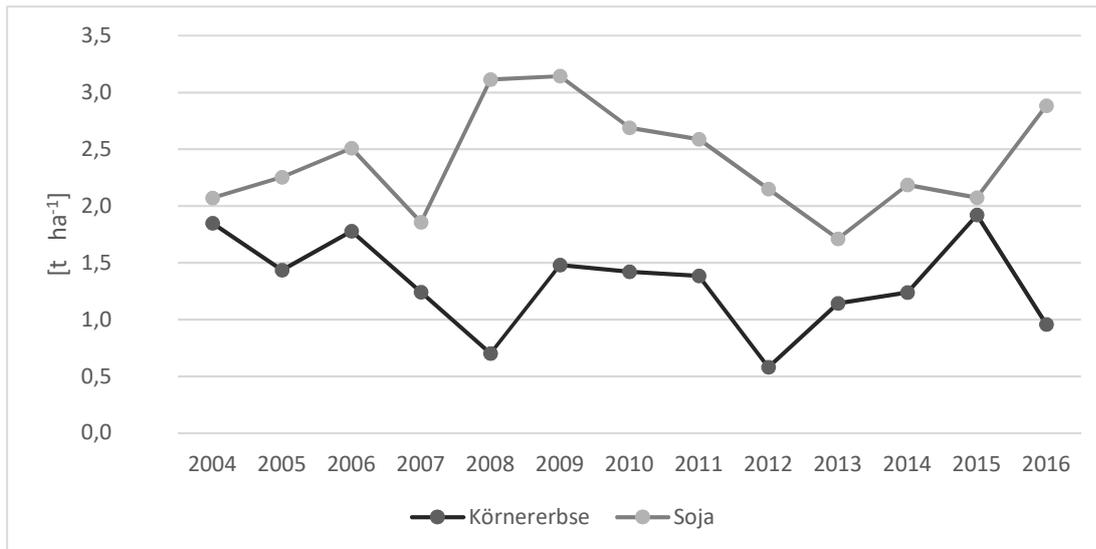


Abbildung 1: Durchschnittliche Erträge von Körnererbse und Sojabohne in t pro ha im biologischen Ackerbau in Österreich zwischen 2004 und 2016. Quelle: Vollständiger Tabellenteil Grüner Bericht 2017

Laut Literatur sind in der Praxis bei Körnererbse Spitzenerträge von 4 t (Sperber 1988, 58) bis 5 t möglich (Diepenbrock et al. 2016, 198). Bei Lupinen sind in Trockengebieten mit Bewässerung 1,3 t (Plarre 1999, 691) beziehungsweise bis zu 2,3 t (Sperber 1988, 90) oder sogar 4 t (Diepenbrock et al. 2016, 204) möglich. Bei Buschbohnen können Erträge bis zu 2,7 t (Kratzsch 1999, 713) erzielt werden. Freyer et al. (2005, 102) geben für Erbsen Erträge von 1 – 4 t an, für Linsen 0,5 t bis 2 t und für Blaue Lupinen 1,5 bis 3 t.

2.7.7 Vorteile der Körnerleguminosen in der Fruchtfolge

Eine gute Fruchtfolge ist das Um und Auf einer nachhaltigen Landwirtschaft. Langjährige Monokulturen können nur mit massivem Einsatz von Düngemitteln und Pflanzenschutzmitteln und der Inkaufnahme der Degradierung des Bodens aufrechterhalten werden. Leguminosen sind eine gute Möglichkeit, sehr halmfruchtlastige Fruchtfolgen aufzulockern. Daneben haben sie weitere positive Eigenschaften. In der biologischen Landwirtschaft sind Leguminosen zur Einbringung von Stickstoff in den Produktionskreislauf schon seit jeher ein großes Thema. Aus ökologischen aber auch ökonomischen Gründen sollten sie generell in der Landwirtschaft eine größere Rolle spielen.

Für die industrielle Herstellung von Ammoniak NH_3 aus Luftstickstoff N_2 , beziehungsweise deren Weiterverarbeitung zu Harnstoff oder Ammoniumsalzen zur Verwendung als Dünger werden sehr hohe Energiemengen benötigt, die oft aus mineralischen Energieträgern stammen. Durch die Endlichkeit dieser Energieträger, also Erdöl und Erdgas, wird sich deren Preis in der Zukunft wohl stark

erhöhen beziehungsweise sind sie irgendwann erschöpft. Schon aus betriebswirtschaftlicher Sicht ist es daher für landwirtschaftliche Betriebe vorteilhaft, sich unabhängiger von mineralischen Stickstoffdüngern zu machen (Kahnt 2008, 39). Da auch der Stickstoff in Wirtschaftsdüngern im Produktionskreislauf irgendwo herkommen muss, ist die biologische Fixierung von Stickstoff durch die Symbiose von Rhizobien mit Pflanzen der Beginn eines nachhaltigen Stickstoffkreislaufes. Außer aus der Familie der Fabaceae, also der Leguminosen, gibt es keine anderen Pflanzen, die in der Lage sind, eine so umfangreiche Symbiose mit den Rhizobien einzugehen, um den Stickstoff aus der Luft zu nutzen und dabei als Kulturpflanzen genutzt werden.

Ob und wie viele Knöllchen mit Rhizobien gebildet werden, ist abhängig von verschiedenen Faktoren wie den klimatischen Bedingungen, dem pH im Boden oder der Verfügbarkeit von Nährstoffen. Speziell Phosphor, Schwefel, Kalium, Eisen und Calcium sind für die physiologischen Vorgänge der Rhizobien und der Verwertung des fixierten Stickstoffs zu Aminosäuren besonders wichtig. Aber auch andere Elemente wie Molybdän, Cobalt, Bor, Nickel und Kupfer spielen in kleinen Mengen eine wichtige Rolle (Hansen 1994, 80ff). So kann durch die Besiedelung der Wurzeln mit Rhizobien indirekt auch auf die Nährstoffversorgung und Pflanzengesundheit geschlossen werden und auch darauf ob genügend Rhizobien als Starterkultur im Boden vorhanden waren. Wenn längere Zeit auf einer Fläche keine Leguminosen angebaut wurden, ist eventuell eine Beimpfung mit Rhizobien nötig (Kahnt 2008, 45).

Wenn ausreichend Stickstoff im Boden vorhanden ist, sparen sich Leguminosen die sehr aufwendige Fixierung von Luftstickstoff und nehmen ihn lieber aus dem Boden auf (Hansen 1994, 14). Zu viel Stickstoff kann sich sogar negativ auf den Pflanzenbestand auswirken. Das Wurzelwachstum wird gehemmt, ebenso der Hülsenansatz. Das Blattwachstum wird überproportional gefördert. Pilzkrankheiten treten vermehrt auf und durch verstärkte Lagerung wird die Ernte erschwert (Ilgen und Stamp 1993; Hansen 1985). Auch wird das Wachstum von Unkräutern gefördert, was für konkurrenzschwache Körnerleguminosen nachteilig ist (Eser et al. 1999, 739; Kahnt 2008, 69).

Gewisse Futterleguminosen können abhängig von den Anbaubedingungen bis zu 600 kg Stickstoff pro ha und Jahr fixieren, aber auch Körnerleguminosen sind in der Lage große Mengen an Stickstoff aus der Luft pflanzenverfügbar zu machen wie in **Tabelle 2** dargestellt (Kahnt 2008, 43).

Tabelle 2: Stickstofffixierungspotential verschiedener Leguminosenarten. Minimal bis maximal erreichbare Werte, Durchschnittswerte in Klammer.

Kultur	Stickstoffbindung [kg ha ⁻¹ Jahr ⁻¹]
Ackerbohne	240-400, 100-450* (170*)
Erbse	110-380, 50-300* (100*)
Sojabohne	110-380, 60-300* (100*)
Blaue Lupine	160-300
Luzerne	300-600
Weißklee	220-530
Linsen	30-100* (60*)

Quellen: Kahnt (2008, 43), * Freyer et al. (2005, 128)

Es sollte aber darauf hingewiesen werden, dass wenn Leguminosen für eine bestimmte Nutzung und nicht nur als Zwischenfrucht angebaut werden, ein großer Anteil des fixierten Stickstoffs mit dem Erntegut abtransportiert wird.

Kahnt (2008, 88) gibt eine Ersparnis von 100 – 500 € pro ha und Jahr an, die durch den Anbau von Leguminosen möglich ist. Jensen et al. (2012) beschreiben, dass die Stickstoffdüngung durch Leguminosen statt mit mineralischen Düngern einen positiven Einfluss auf die Vermeidung von Treibhausgasen, die Verringerung des Einsatzes fossiler Energieträger für die Produktion von Nahrungsmitteln und Futter und die Sequestrierung von Kohlenstoff im Boden hat.

Neben Stickstoff kann mit Hilfe von Leguminosen auch die Verfügbarkeit von anderen Nährstoffen verbessert werden. Durch ihr dichtes Wurzelsystem sind sie in der Lage Nährstoffe und Wasser aus dem Unterboden aufzuschließen (Freyer et al. 2005, 126). In mehreren Publikationen wurde beschrieben, dass es Leguminosen möglich ist, gebundenen Phosphor, der für andere Kulturen nicht nutzbar ist, durch Wurzelexsudate zu mobilisieren, aufzunehmen und für die folgenden Kulturen bereitzustellen (Gardner und Boundy 1983; Veneklaas et al. 2003; Nuruzzaman et al. 2005).

Auch zur Bodenauflockerung, zur Förderung der Gare und der Herstellung eines guten Bodengefüges können Leguminosen einen wertvollen Beitrag liefern. Einerseits durch die hohe Wurzelmasse, andererseits wie beispielsweise bei Lupine durch die starke Pfahlwurzel, die Bodenverhärtungen aufbrechen kann (Kahnt 2008, 132). Die Wurzeln der Körnerleguminosen lassen sich in drei Kategorien einteilen: Lupinen haben eine kräftige Pfahlwurzel mit wenigen Seitentrieben. Erbsen und Linsen gehören zur Gruppe der Ackerbohne mit einer Pfahlwurzel aber auch vielen Seitenwurzeln. Bei Phaseolus- und Sojabohnen hingegen sind die Seitenwurzeln am stärksten ausgebildet (Diepenbrock et al. 2016, 194).

Gewisse Problemunkräuter in Getreide können durch Leguminosen reguliert werden, zum Beispiel durch den Anbau einer mehrschnittigen Futterleguminose wie Klee und Luzerne, die auch eine gute Bodenbeschattung haben, in Verbindung mit einer flachen Bodenbearbeitung (Kahnt 2008, 67). Leguminosen haben einen positiven Einfluss auf die Biodiversität in den Äckern und bieten verschiedensten Lebewesen Nahrung und Lebensraum. Ihr Anteil in der Fruchtfolge sollte zwischen 17 und 43 % betragen, ein guter Mittelwert sind 25 % (Freyer et al. 2005, 23).

2.7.8 Probleme

Trotz der großen Vorteile von Körnerleguminosen in der Fruchtfolge werden sie in Österreich - wie eingangs beschrieben - auf relativ kleiner Fläche angebaut. Getreide liefert um einiges höhere Erträge. Die durchschnittlichen Hektarerträge lagen in Österreich 2017 bei Gerste bei 5,63 t ha⁻¹ und bei Weizen bei 4,87 t ha⁻¹, während von der ertragsstärksten Körnerleguminose, der Sojabohne, 3 t geerntet werden konnten, bei den meisten anderen Hülsenfrüchten etwas mehr als 2 t (STATISTIK AUSTRIA 2017). In der biologischen Landwirtschaft lagen die Erträge zwischen 2004 und 2016 in Österreich bei Weichweizen bei 3,49 t ha⁻¹, bei Gerste bei 3,3 t ha⁻¹. Bei Soja waren es 2,4 t ha⁻¹ und bei Körnererbse 1,32 t ha⁻¹ (Grüner Bericht 2017). Körnerleguminosen sind zwar weniger von Stickstoffdüngung als andere Pflanzen abhängig, die Fixierung von Luftstickstoff verbraucht aber auch viel Energie, die nicht für den Aufbau von Biomasse zur Verfügung steht.

Ein noch größeres Problem im Anbau von Körnerleguminosen sind die großen Ertragsschwankungen zwischen den Anbaujahren (Rühl et al. 2009). Unterschiede in der Witterung können von Jahr zu Jahr das Ernteergebnis zwischen Totalausfall und überdurchschnittlich guten Erträgen verändern. Die wichtigsten Gründe für die schwankenden Erträge sind der indetermierte (Spitzen-) Wuchs, eine hohe Neigung zum Lagern, Gefahr des Aufplatzens der Hülsen und die hohe Empfindlichkeit bei abiotischen und biotischen Stressfaktoren (Erbmeyer 1987; Laidig 1988; Stelling 1999, 568). Auch die Abreife ist durch das Weiterwachsen des Sprosses recht unterschiedlich, was die Ernte zusätzlich

erschwert (Sperber 1988, 55). Bei noch wenig züchterisch bearbeiteten, alten Sorten wie der für den Versuch verwendeten Rotholzer Trockenbohne treten diese Probleme umso mehr zum Vorschein. Wie bereits beschrieben, kann eine Trockenperiode während der Blüte zu Abwerfen von vielen Blüten führen. In der Züchtung liegt eines der Hauptaugenmerke auf der Verbesserung der Trockenheits- und Temperaturtoleranz im Blühstadium (Kratzsch 1999, 717).

Weiters wird in der Züchtung neben einem höheren Ertrag an einer verbesserten Eignung für den Drusch und einer besseren Ertragssicherheit gearbeitet. Lupinen wird zum Beispiel bescheinigt, auch in unseren Breiten durch Fortschritte in der Züchtung das Potential zu vermehrtem Einsatz zu haben. Bei ihnen hat das hohe Risiko im Ertrag dazu geführt, dass der Anbau in vielen Regionen eingestellt wurde, was vor allem an der Anfälligkeit von weißer und gelber Lupine gegen die Pilzkrankheit Anthraknose lag. Als Abhilfe für ein anderes Problem, nämlich des indeterminierten Wachses, gibt es bei Lupinen neben den indeterminierten Genotypen auch determinierte Sorten deren Spitzenwuchs endlich ist (Plarre 1999, 696).

Die Ernte ist allgemein bei vielen Körnerleguminosen problematisch. Nicht nur braucht es Erfahrung und eventuell eine spezielle technische Ausstattung, auch das Lagern und vorzeitige Aufplatzen der Hülsen bereitet Probleme und führt zu hohen Ertragseinbußen (Freyer et al. 2005, 131f; Charles et al. 2007; Doleschel und Frahm 2014, 678, 682). Bei sorgfältiger Handernte, wo es also keine oder nur sehr geringe Ernteverluste gibt und Fahrgassen sowie Lücken im Bestand ausgelassen werden, können die Erträge um 65 % höher ausfallen als bei maschineller Ernte (Schmidt und Wild 2013).

Wichtig ist, die Selbstunverträglichkeit der meisten Leguminosen zu beachten und dementsprechende Anbaupausen einzuhalten. Bei Erbsen, Buschbohnen und Linsen sollten Anbauabstände von mindestens fünf Jahren eingehalten werden, bei Ackerbohne und Blauer Lupine mindestens vier Jahre (Freyer et al. 2005, 107). Erfahrungen aus der Praxis zeigen aber inzwischen, dass bei Erbsen für sichere Erträge eher Anbaupausen von zehn Jahren eingehalten werden sollten (Friedel 2018).

In der Kulturführung ergeben sich einige Probleme vor allem bei eher feuchtkalten Bedingungen, wodurch sich der Anbau von einigen Kulturen wie Kichererbsen oder Linsen in Europa auf trockene Gebiete im Mittelmeerraum beziehungsweise in Österreich auf den pannonisch beeinflussten Osten konzentriert.

Eine Herausforderung im Anbau ist das relativ geringe Unkrautverdrängungspotential. Das Unkrautwachstum wird bei feuchten Bedingungen besonders gefördert und damit eher zum Problem. Erbsen, Linsen und Buschbohnen sind besonders stark von Verunkrautung gefährdet. Einerseits durch ihre langsame Jugendentwicklung, andererseits durch Spätverunkrautung bei fortschreitender Reife mit weniger Bodenbeschattung und Lagern (Hansen 1985; Eser et al. 1999, 739; Kratzsch 1999, 721; Diepenbrock et al. 2016, 202). Auch bei Lupinen können schnellwachsende Unkräuter leicht über den Bestand hinauswachsen und es ist auf eine sorgfältige Unkrautbekämpfung zu achten. Außerdem ist bei Süßlupinen durch die kurze Domestikationszeit und der Selektion auf alkaloidarme Typen die Resistenzzüchtung gegen Krankheiten und Schädlinge noch nicht weit fortgeschritten (Plarre 1999, 699).

Bei den meisten Körnerleguminosen gibt es eine Vielzahl von Krankheiten. Von Viren verursacht werden bei Erbsen zum Beispiel Erbsenmosaik, Blattrollkrankheit oder Erbsenstauche. Bakterien verursachen den Bakteriellen Stengelbrand. Durch Pilze kommt es zu Auflaufkrankheiten, Erbsenwelke, echtem und falschem Mehltau, Erbsenrost oder Schokoladen- oder Brennfleckenkrankheit (Naumann 1999, 591ff). Die Kombination aus einem lagernden Bestand mit

einer feuchten Witterung vor der Ernte kann bei Erbse Totalausfälle bedeuten, weil die Hülsen verschimmeln, vor allem bei Blatttypen (Hein und Waschl 2012). Tierische Schädlinge können Nematoden, Blasenfüßer, Blattläuse, Blattrand- und Erbsenkäfer, der Schmetterling Erbsenwickler und Minierfliegen sein. Die Larven des großen Erbsenwicklers dringen in die Hülsen ein und höhlen die Samen aus (Naumann 1999, 595).

Bei Buschbohnen wird die Fettfleckenkrankheit von Bakterien verursacht, ein Pilz ist für die Brennfleckenkrankheit verantwortlich. Sklerotinia und Botrytis treten eher bei feuchtem Wetter auf. Viruskrankheiten wie Bohnenmosaikviren können durch Sortenwahl vermieden werden. Tierische Schädlinge sind Bohnenfliege und Bohnenkäfer (Kratzsch 1999, 721).

Virosen von Erbsen und Bohnen können auch die Lupine befallen. Mykosen, zum Beispiel Fußkrankheitserreger wie Fusarium, Rhizoctonia und Phytium- Arten können große Schäden anrichten. Anthraknose war ebenfalls lange Zeit ein großes Problem bei Lupinen (Diepenbrock et al. 2016, 204). Die Blaue Lupine hat jedoch im Gegensatz zur Weißen und Gelben eine hohe Toleranz gegenüber der Pilzkrankheit und hat sich dadurch im Anbau in Mitteleuropa durchgesetzt. Die Blaue Lupine ist von den Lupinen auch am wenigsten kälteempfindlich, dafür macht sie die meisten Probleme was das vorzeitige Aufplatzen der Hülsen betrifft (Freyer et al. 2005, 157; Bayerische LfL 2016). Bei Lupinen sind an tierischen Schädlingen vor allem die Larven der Lupinenfliege zu nennen, während andere Insekten wie Blattrandkäfer oder Blattläuse eher durch die Übertragung von Viren schädigen (Plarre 1999, 704).

Bei Linsen gibt es verhältnismäßig wenige Krankheiten und Schädlinge. Es gibt einige Fusarium-Arten und andere pilzliche Erreger von Fußkrankheiten (Horneburg 2003, 23). Blattkrankheiten wie Roste sind eher in subtropischen Gebieten ein Problem. An tierischen Schädlingen können Samenkäfer und Hülsenbohrer genannt werden (Eser et al. 1999, 739).

Somit ist das Alpenvorland in Oberösterreich, wo das etwas kalt-feuchtere europäische Übergangsklima herrscht, von Unkraut und Krankheitsdruck her ein eher ungeeigneter Ort für den Anbau der meisten Körnerleguminosen. Andererseits kommt den Körnerleguminosen im humiden Klimaraum entgegen, dass eine gute Wasserversorgung in Zeiten den höchsten Bedarfs an Wasser während Blüte und Hülsenwachstums meist gegeben ist (Mechtler 2012).

2.7.9 Besonderheiten im Anbau

Gemengeanbau

Der Anbau im Gemenge ist eine interessante Möglichkeit, um einige der genannten Nachteile von Körnerleguminosen zumindest zum Teil auszugleichen. Vorteile können eine höhere Ertragsicherheit, geringerer Unkrautdruck, die Nutzung des Gemengepartners als Stützfrucht für die Leguminose und eine effizientere Nutzung des fixierten Stickstoffs sein. Aussaat, Ernte und Reinigung sind aber aufwendiger und verlangen eventuell nach spezieller Ausrüstung (Freyer et al. 2005, 109). Erbsen können im Gemengeanbau mitunter sogar höhere Erträge liefern als in Reinsaat (Urbatzka 2012). Bei Linsen ist der Ertrag zwar etwas niedriger, die Qualität dafür besser (Horneburg 2003, 16). Möglich sind Gemenge aus Körnerleguminosen und Getreide oder zwischen verschiedenen Körnerleguminosen.

In einem Versuch im Pannonikum testeten Freyer et al. (2006) neben dem Anbau von Körnererbsen in Reinsaat auch Gemenge von Rank- und Blatttypen. Es wurde allerdings festgestellt, dass der Deckungsbeitrag im Gemengeanbau als negativ bewertet werden muss und daher aus wirtschaftlicher Sicht nicht zu empfehlen ist.

Neugschwandtner (2015) nennt in seiner Habilitation drei Ansätze wie der Anbau von Körnerleguminosen in Mitteleuropa gefördert werden kann: neben dem Anbau von Kichererbsen als Reaktion auf trockenere, heißere Bedingungen durch den Klimawandel werden die Förderung von Leguminosen in Mischkultur mit Getreide und die Verwendungen von Körnerleguminosen als Winterungen genannt.

Körnerleguminosen als Winterung

Die meisten Körnerleguminosen werden in Österreich als Sommerungen angebaut. Der Anbau als Winterung kann jedoch Vorteile mit sich bringen: eine effektivere Unkrautregulierung, geringerer Schädlingsbefall, eine höhere Stickstoffbindung und schließlich als Folge daraus höhere Erträge (Kreuzer 2010; Wohlmuth et al. 2014). Auch können durch die bessere Nutzung der Winterfeuchtigkeit Trockenphasen im Frühling und Sommer mit geringeren Ertragseinbußen überstanden werden (Kerschbaummayr 2012).

Bei einem Versuch im Marchfeld zu Wintererbsen wurden drei Sorten, zwei Anbauermine, sowie unterschiedliche Saatstärken im Gemengeanbau mit Wintergerste sowie in Reinsaat getestet. Es wurden jedoch keine Unterschiede in den verschiedenen Saatstärken festgestellt. Auch wurde festgestellt, dass die Wintererbse zumindest in diesem Jahr keine gute Alternative zur Sommerung war. Als Hauptgründe wurden dafür starke Verunkrautung und Lagerung und uneinheitliche Abreife angegeben (Kreuzer 2010). Auch mit Winterackerbohnen wurde im Marchfeld ein Versuch durchgeführt. Das Marchfeld gilt jedoch aus klimatischer Sicht als „Grenzstandort“ für den Anbau von Winterackerbohne. Verschiedene Neuzüchtungen von Winterackerbohne wurden angebaut und Überwinterung, Ertrag und Ertragsstruktur als auch die Stickstoff-Fixierungsleistung geprüft. Obwohl die Ergebnisse zufriedenstellend waren und die Erträge der Winterformen mit den durchschnittlichen Erträgen der Sommerungen beinahe mithalten konnten, wurde die Notwendigkeit von weiterer Zuchtarbeit hervorgehoben (Ziegler 2013).

Eine Arbeit aus 2010 beschäftigte sich mit dem biologischen Anbau von Wintererbse in pannonischem Klima (Neuner 2010). Elf Sorten wurde auf Winterhärte, Standfestigkeit, Schädlingsbefall und Kornertrag getestet. Die französischen Halbblatttypen Cheyenne und Lucy lieferten im Versuchsjahr 2007/2008 die besten Erträge, nämlich 2.500 kg ha^{-1} beziehungsweise 2.060 kg ha^{-1} . Weiters wurden Winterkörnerleguminosen zu verschiedenen Anbauermine in Reinsaat und Gemenge angebaut. Dabei lieferte die Kombination eines Blatttypen im Gemenge mit Winterweizen die besten Ergebnisse.

3 Fragestellungen für den Versuch

Im Bereich des Anbaus von Speisekörnerleguminosen gibt es aus Österreich noch wenig Literatur. Vorhandene Literatur konzentriert sich auf den pannonischen Klimaraum und die Kultur der Sojabohne. Vor allem für Anbauggebiete mit ähnlichen Klimabedingungen wie im oberösterreichischen Alpenvorraum gibt es kaum Literatur.

In der vorliegenden Masterarbeit soll spezifisch auf das Thema des Anbaus von Körnerleguminosen zu Speisezwecken eingegangen werden, da dieses Thema obwohl es in mehrerlei Hinsicht für die Zukunft von Bedeutung sein kann, noch kaum wissenschaftlich untersucht wurde. Vor allem für Landwirtinnen und Landwirte die flächenmäßig eingeschränkt sind, ist die Vermarktung von Speiseware ein interessantes Thema. Sehr gute Deckungsbeiträge könnten erzielt werden. Vor allem in der Direktvermarktung könnten sich Körnerleguminosen bewähren. Dem entgegen kommt, dass grundsätzlich von einem steigenden Interesse der Konsumentinnen und Konsumenten an regionalen Lebensmitteln auszugehen ist (Halweil 2002; Reitsamer 2018).

Neben dem Ertrag war es wichtig, die Eignung für die menschliche Ernährung festzustellen. Die verwendeten Sorten sind zwar grundsätzlich alle dafür geeignet, unterscheiden sich aber in ihren Inhaltsstoffen voneinander. Besonders der Protein- und Fettanteil waren dabei von großem Interesse.

Neben der Suche nach Alternativen zu den derzeit hauptsächlich genutzten Kulturen und deren praktischer Eignung für ackerbauliche Zwecke war auch der Aspekt der Kulturführung eine Fragestellung des Versuchs. Die beiden für den Versuch zur Verfügung stehenden Anbauarten waren Breit- und Reihensaat. Ob sich eines der beiden Anbausysteme vorteilhafter für bestimmte Kulturen auswirkt, beziehungsweise ob es überhaupt Unterschiede gibt, sollte untersucht werden.

Eine besondere Bedeutung kam auch der Errechnung des Deckungsbeitrags zu, um beantworten zu können, ob der Anbau von Speisekörnerleguminosen aus ökonomischer Sicht für Landwirtinnen und Landwirte in Frage kommen kann.

Um die Fragestellung des Versuchs nach der Eignung der Kulturen für das Produktionsgebiet, dem zu bevorzugenden Anbausystem und der ökonomischen Attraktivität zusammenfassend beantworten zu können, wurden die folgenden Versuchshypothesen formuliert:

Arbeitshypothesen

1. Die untersuchten Speisekörnerleguminosen unterscheiden sich (hinsichtlich Bestandesentwicklung, Ertrag und Inhaltsstoffe) nicht signifikant voneinander.
2. Die Anbausysteme Breitsaat und Reihensaat haben bei den untersuchten Speisekörnerleguminosen keinen signifikanten Einfluss auf Bestandesentwicklung, Inhaltsstoffe und Ertrag.
3. Der Anbau der untersuchten Speisekörnerleguminosen liefert keinen ausreichend hohen Deckungsbeitrag, um den Anbau für Landwirtinnen und Landwirte wirtschaftlich interessant zu machen.

4 Material und Methoden

4.1 Versuchsstandort

Der Versuchsstandort befand sich in Stadl-Paura im Bezirk Wels-Land an der Grenze zwischen Traun- und Hausruckviertel in Oberösterreich auf 360 m Seehöhe. Die Fläche gehört zum Versuchsstandort Lambach/Stadl-Paura des Institutes für Biologische Landwirtschaft und Biodiversität der Nutztiere der Höheren Bundeslehr- und Forschungsanstalt (HBLFA) für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein.

Der Boden des Versuchsstandortes kann dem Typ der Pararendsina (Ah/C Boden) zugeordnet werden, mit Bodenart lehmiger Sand (eBod 2018). Wie in der **Abbildung 2** zu sehen, befand sich der Schlag auf einer Fläche mit dem Flussbett der Traun auf der einen Seite und bebautem Gebiet auf der anderen Seite, das über einen kleinen Hang mit Böschung abgegrenzt war.

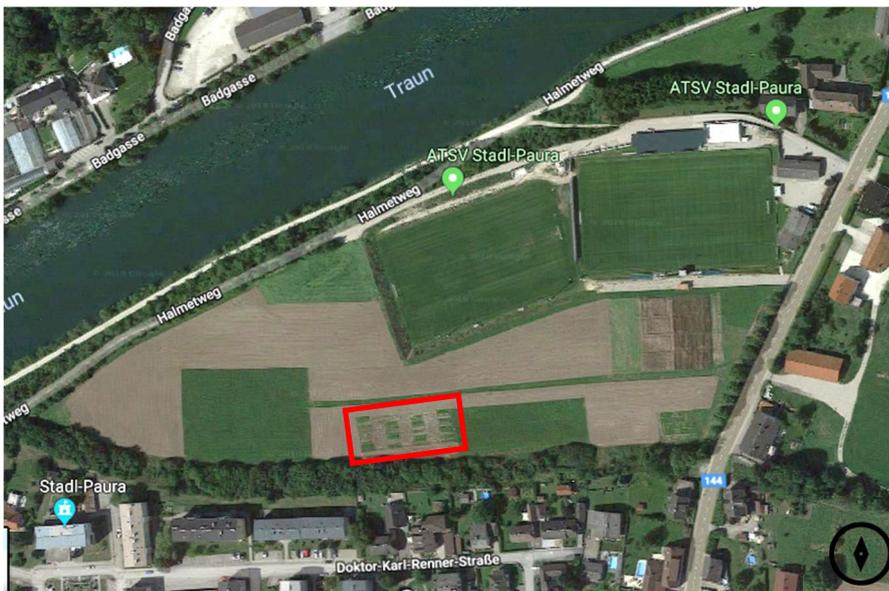


Abbildung 2: Satellitenfoto der Versuchsfläche, sie ist rot umrandet und ca. 52 m lang. Quelle: Google Kartendaten 2018

Auf dem Areal der Versuchsfläche wurde eine Mischprobe des Bodens gezogen, deren Ergebnisse in der **Tabelle 3** aufgelistet sind.

Tabelle 3: Durchschnittswerte der Bodenuntersuchung, die auf der Versuchsfläche in Stadl-Paura durchgeführt wurde.

		Einheit	Verfahren
pH-Wert	6,73		pH-Wert/CaCl ₂
Phosphor	92	[mg kg ⁻¹]	P CAL
Kalium	156	[mg kg ⁻¹]	K CAL
TOC	2,63	%	650°C TOC - Kohlenstoff
Humus	4,5	%	650°C TOC - Kohlenstoff
Stickstoff gesamt	0,281	%	Gesamtstickstoff - Boden
Ton	19	%	Tongehalt per Spindel
Schwefel	335	[mg kg ⁻¹]	Schwefel Königswasser
Chlorid	8,8	[mg kg ⁻¹]	IC-Anionen Boden
Sulfat	11,1	[mg kg ⁻¹]	IC-Anionen Boden

CAL= Calcium-Acetat-Lactat-Auszug, TOC= gesamter organischer Kohlenstoff, IC= Ionenchromatographie.

Der für den Versuch verwendete Schlag wurde mit einem über zehn Jahre bestehenden Luzerne-Bestand extensiv bewirtschaftet. Im Boden fand sich ein sehr hoher Skelettanteil mit bis zu 30 cm großen Steinen vor. Deshalb wurde die Fläche vor der Anlage des Versuchs Ende März mit einer Steinfräse bearbeitet um eine langfristig bessere Bodenbearbeitung zu erreichen.

4.2 Klima

Klimatisch gesehen befand sich der Versuchsstandort im nördlichen Alpenvorland, das sich in Oberösterreich zwischen den Alpen im Süden und der Donau im Norden erstreckt. Das vorherrschende Klima kann als Mitteleuropäisches Übergangsklima bezeichnet werden, mit häufigen Winden aus dem Westen und Nordwesten, die Regen mit sich bringen. Je weiter westlich, desto mehr ist der ozeanische Einfluss gegenüber dem kontinentalen spürbar (Sauberer 2008, 16). Ausschlaggebend für die Temperaturverhältnisse in Oberösterreich ist jedoch hauptsächlich die Seehöhe. Auch wichtig ist die Geländegestaltung und Orientierung (Auer und ZAMG 1998, 60; Sauberer 2008, 27).

Die Klimadaten für das langjährige Klimamittel 1971-2000, dargestellt in **Abbildung 3** stammten von der Messstation Lambach, die direkt neben den Versuchsflächen in Stadl-Paura lag. Der Niederschlag betrug durchschnittlich 839,8 mm pro Jahr. Die Monate mit den meisten Niederschlägen waren dabei Juni mit 104,7 mm und Juli mit 107,8 mm. Die Jahresdurchschnittstemperatur betrug 8,4 °C (ZAMG 2018a).

Für die Messstation Lambach gab es keine aktuelleren Werte, da diese nicht mehr existiert. Die nächste Klimastation ist Kremsmünster (ca. 20 km Luftlinien entfernt) mit den in **Abbildung 4** dargestellten Klimadaten. Im Klimadiagramm für das langjährige Klimamittel 1981-2010 von Kremsmünster ist ersichtlich, dass die Durchschnittstemperatur im aktuelleren Beobachtungszeitraum mit 9,1 °C etwas höher als in Lambach und die Jahresniederschläge mit 1.002 mm um 160 mm höher ausfallen (ZAMG 2018b).

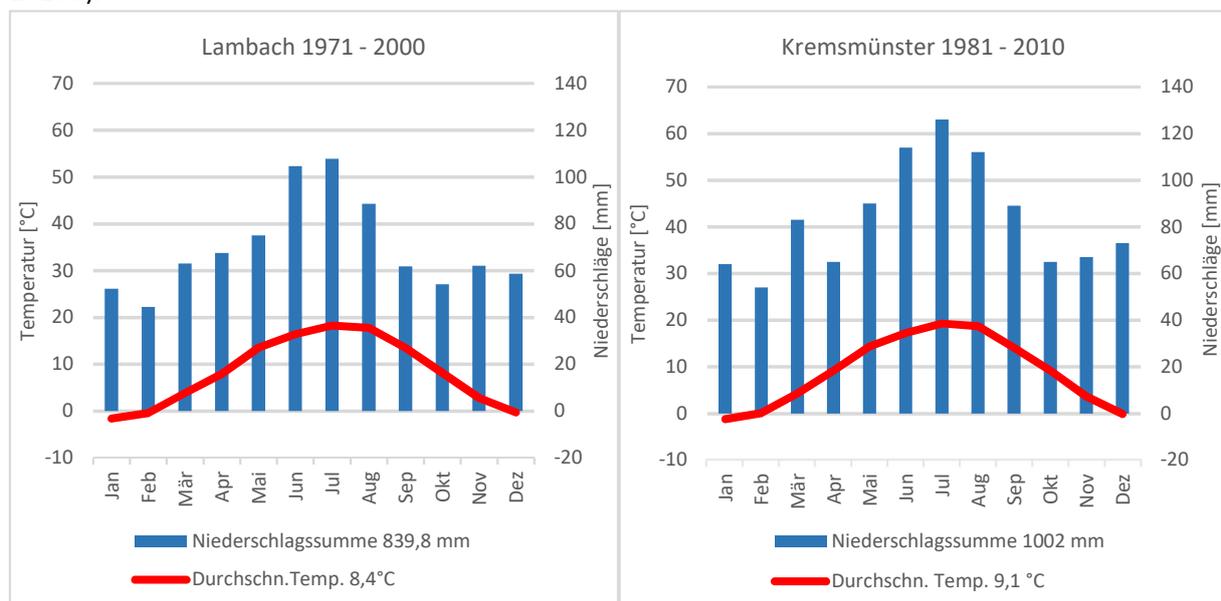


Abbildung 3: Langjährige Klima Mittelwerte Lambach.
Quelle: ZAMG 2018a

Abbildung 4: Langjährige Klima Mittelwerte Kremsmünster.
Quelle: ZAMG 2018b

4.3 Versuchsplan

Die erste Anforderung an das Versuchsdesign war eine leichte Bearbeitbarkeit. Außerdem sollte die Möglichkeit bestehen, die Parzellen zu unterschiedlichen Zeitpunkten anbauen und ernten zu können, da von den Anbauansprüchen recht unterschiedliche Kulturen verwendet wurden. Daher wurde eine Spaltanlage verwendet.

Für die Planung des Versuchs als zwei-faktorielle Spaltanlage wurde die Anwendung *SAS Feld VA II* verwendet. Der Großparzellenfaktor war dabei das Anbausystem und der Kleinparzellenfaktor die verschiedenen Kulturen. Innerhalb der beiden Stufen des Großparzellenfaktors wurden jeweils die sechs Stufen des Kleinparzellenfaktors zufällig angeordnet, um den Einfluss von Standorteffekten in der statistischen Auswertung zu vermeiden. Auch die Stufen des Großparzellenfaktors wurden zufällig angeordnet. Der Versuch wurde in vier Wiederholungen angelegt. Multipliziert mit den sechs verschiedenen Kulturen mal zwei Anbausystemen ergab das 48 Parzellen. In **Abbildung 5** ist der Versuchsplan vereinfacht dargestellt.

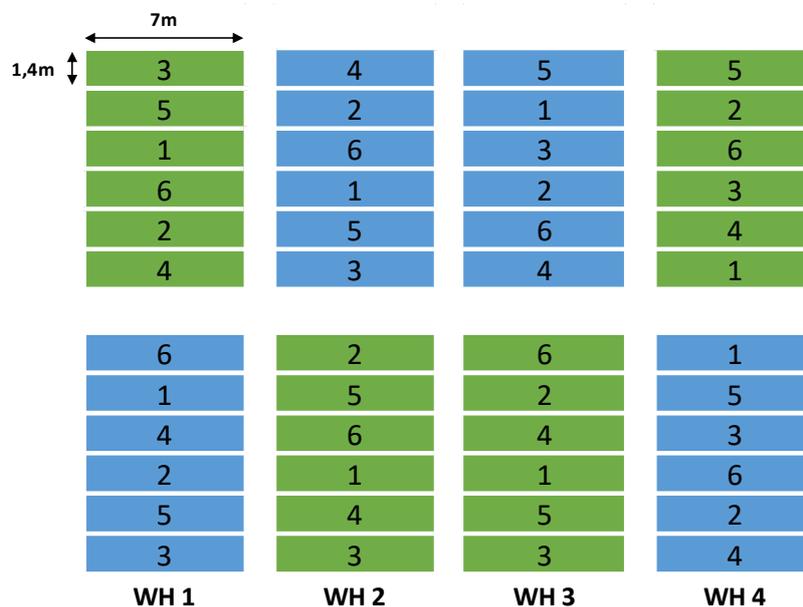


Abbildung 5: Versuchsplan als zweifaktorielle Spaltanlage mit den Anbausystemen als Großteilstücke (grün = Breitsaat, blau = Reihensaat) und den angebauten Kulturen als Kleinteilstücke (1 = Berglinse, 2 = Trockenbohne Black Turtle, 3 = Alblinse, 4 = Palerbse, 5 = Lupine, 6 = Trockenbohne Rotholzer)

Als Parzellenbreite wurde die Breite der Parzellen-Sämaschine als auch des Parzellen-Mähdreschers von 1,4 m verwendet. Jede Parzelle war 7 m lang. Hinter den Parzellen musste genug Platz zum Rangieren sein, da die unterschiedlichen Kulturen, Systeme als auch Anbautermine in der gleichen Spalte angewendet wurden.

4.4 Verwendete Kulturen

4.4.1 Palerbse (*Pisum sativum*)

Die verwendete Sorte der Palerbse heißt *Wunder von Kelvedon*, stammt vom Verein Dreschflegel, der Biosaatgut züchtet und vermehrt, und wurde vom LFZ Raumberg-Gumpenstein reproduziert (<https://www.dreschflegel-saatgut.de/>). Die Samenkörner haben eine weiße Farbe. Es handelte sich um eine niedrige Sorte, die ohne Stützen auskommt und ein Blatt-Typ ist. Diese haben den Vorteil durch besserer Bodendeckung eine höhere Konkurrenzkraft gegenüber Unkräutern zu haben. Nachteile ergeben sich aus mangelhafter Standfestigkeit was Lagern und damit Probleme beim Drusch verursacht (Freyer et al. 2005, 153).

Palerbsen haben wie Markerbsen und im Gegensatz zu Zuckererbsen eine Innenhaut. Sie werden als Trockenware verwendet und haben im reifen Zustand eine glatte Oberfläche (Watschong 2018).

4.4.2 Trockenbohne- Black Turtle (*Phaseolus vulgaris*)

Für den Versuch wurde die Sorte *Black Turtle* verwendet, eine kleinkörnige Buschbohne. Genutzt werden die fertig ausgereiften Körner also für eine Nutzung als Trockenbohne. Diese Sorte wurde ausgewählt, da mit ihr in der Region in der Praxis schon gute Erfahrungen gemacht worden waren und sie in der Vergangenheit sehr gleichmäßig gute Erträge geliefert hat. Auch bei einem Versuch 2015 wurde der Sorte Black Turtle bescheinigt, für den Anbau in Österreich geeignet zu sein, es wurde jedoch empfohlen bei der Ernte zuerst auf Schwad zu legen und erst danach zu dreschen (Stohandl 2015).

Das Saatgut wurde über die Firma Reinsaat in St. Leonhard am Hornerwald bezogen. Ein Unternehmen, dass sich auf Erhaltung, Entwicklung und Vertrieb von samenfesten, regional angepassten Sorten für den biologischen Anbau von hauptsächlich Gemüse spezialisiert hat (<https://www.reinsaat.at/>).

4.4.3 Trockenbohne- Rotholzer (*Phaseolus vulgaris*)

Die zweite verwendete Bohnensorte war die alte Tiroler Buschbohnen- Landsorte *Rotholzer*, die von der Landesanstalt für Pflanzenbau und Samenprüfung in Rinn gezüchtet worden war. Aufgrund ihrer schlechten Eignung für die maschinelle Ernte wird sie heute jedoch kaum noch verwendet (Arndorfer 2004). Das Saatgut für diese Kultur stammt von der Genbank des Landes Tirol, in der regionale Landsorten gesammelt, erhalten und beschrieben werden (<https://www.tirol.gv.at/landwirtschaft-forstwirtschaft/agrar/boden-und-pflanzen/saatgut-und-alte-sorten/>).

4.4.4 Blaue Lupine (*Lupinus angustifolius*)

Das Saatgut wurde von der Firma Saatzucht-Steinach in Bayern bezogen. Bei der verwendeten Sorte *Mirabor* handelt es sich um einen Verzweigungstypen. Verzweigungstypen haben auf Grund der größeren Blattmasse und der daraus resultierenden besseren Beschattung des Bodens ein höheres Unkrautverdrängungspotential. Die relativ neue Sorte wurde auf einen hohen Korn- und Rohproteinenertrag gezüchtet (<http://www.saatzucht-steinach.de>).

4.4.5 Alblinse (*Lens culinaris*)

Diese spezielle Linsensorte stammt aus dem Gebiet der Schwäbischen Alb und dem Albvorland in Baden-Württemberg und Bayern. Es handelt sich bei der Schwäbischen Alb um eine Hochebene, die bis auf 1.000m Seehöhe reicht. Anders als in den großen Linsenanbaugebieten der Welt wie dem Mittelmeerraum, Indien und Kanada ist das Klima dort vor allem in der Erntezeit niederschlagsreicher. Das machte sie interessant für den Versuch, da auch am Versuchsstandort im Alpenvorraum ähnliche

klimatische Bedingungen zu finden sind. Das Saatgut konnte freundlicherweise direkt von der biologisch wirtschaftenden Erzeugergemeinschaft „Lauteracher Alb-Feld-Früchte“ bestellt werden.

In der Region der Schwäbischen Alb wurden seit Jahrhunderten spezielle Linsensorten zusammen mit Getreide als Stützfrucht angebaut. Mitte des 20. Jahrhunderts verschwanden die traditionellen Sorten zusehends und wurden erst 2006 in der Wawilow-Saatgutbank in St. Petersburg wiederentdeckt. Durch große Bemühungen der Bauern in der Erzeugergemeinschaft konnten die dort erhaltenen Samen vermehrt werden, und werden seit 2012 unter dem Namen „Alb Leisa“ gemeinsam vermarktet. Bei der für den Versuch verwendeten Sorte handelt es sich um die Bioland-Linse *Späths Alblinse* – „Die Große“, die früher in der Region der Schwäbischen Alb die am weitesten verbreitete Linsensorte war (<https://lauteracher.de/>).

4.4.6 Berglinse (*Lens culinaris*)

Bei der verwendeten Berglinse handelt es sich um ein normal im Einzelhandel erhältliches Handelsprodukt. Die Berglinse produziert mehr Blattmasse als andere Linsensorten. Wie auch bei der Alblinse können sie entgegen den herkömmlichen Linsensorten auch unter kühleren, nasseren Klimabedingungen angebaut werden. Der Anbau von Berglinsen funktioniert gut im Gemengeanbau mit Getreide, zum Beispiel Gerste (Wang 2012).

4.5 Saatgut

Aufgrund der sehr unterschiedlichen Saatstärke, Keimfähigkeit und Tausendkorngewicht (TKG) der unterschiedlich die Aussaatmenge zwischen den Kulturen stark. Von den sehr kleinen Alblinsen wurden so zwar 200 Körner pro m² ausgesät, was aber nur etwa 80 g entsprach, während von der Tiroler Trockenbohne mehr als das Doppelte an Gewicht, fast 190 g ausgesät wurden, was aber nur 22 Körnern pro m² gleichkam (siehe **Tabelle 4**).

Tabelle 4: Aussaatmengen und Eigenschaften des Saatguts der einzelnen Kulturen pro Parzelle.

Kultur	Sorte	TKG [g]	Saatstärke [Körner m ⁻²]	Keimfähigkeit [%]	Saatmenge [kg ha ⁻¹]
1. Berglinse	-	47	180	95	88
2. Trockenbohne	<i>Black Turtle</i>	193	64	97	127
3. Alb-Linse	<i>Späths Alblinse groß</i>	40	200	96	83
4. Palerbse	<i>Wunder von Kelvedon</i>	231	67	93	166
5. Blaue Lupine	<i>Mirabor</i>	175	63	84	131
6. Trockenbohne	<i>Rotholzer</i>	611	22	70	192

4.6 Versuchsanlage und Pflege

4.6.1 Aussaat

Vor dem Anbau erfolgte eine Bodenbearbeitung mit einer Federzinkenegge mit nachlaufender Walze. Zum ersten Anbautermin am 28. März 2017 wurden die Parzellen mit Lupinen, Palerbsen und den beiden Linsensorten angebaut. Die Versuchsfläche wurde genau ausgemessen und mit Kalk am Boden markiert.

Pro Parzelle wurden die in **Tabelle 4** ersichtlichen Mengen an Saatgut angebaut. Es wurde eine Parzellensämaschine der Firma Wintersteiger vom Typ Plotseed mit einer Arbeitsbreite von 1,4 m verwendet (**Abbildung 6**). Vor der Saat wurden die Samen aller Kulturen mit dem Standard- Inokulum HiStick® der Firma BASF mit Knöllchenbakterien inokuliert. Dazu wurde jeweils ein Teelöffel des

Inokulums pro Saatgut einer Parzelle durch gutes Schütteln in einem Papiersack mit dem Saatgut vermischt.



Abbildung 6: Aussaat mit der Parzellensämaschine am 18.03.17. Das Saatgut für eine Parzelle wird in den Verteiltrichter eingefüllt.

Für die Reihensaat wurden die vier Säscharer der Parzellensämaschine auf einen Abstand von 35 cm eingestellt. Im System Reihensaat würde die Unkrautbekämpfung in der Praxis mit einem Hackgerät vorgenommen werden. Das andere Anbausystem war Breitsaat. Dafür wurde dieselbe Menge an Saatgut nun über zehn Auslassöffnungen im Abstand von 14 cm über die Breite der Parzelle ausgesät. Die dazugehörige Unkrautbekämpfung würde in der Praxis mit einem Striegel erfolgen. Die Ablagetiefe betrug bei beiden Systemen und für alle Kulturen 3 cm.

Ein Mantel um den Versuch in zwei Reihen, sowie die Wege zwischen den Parzellen wurden mit Sommerhafer der Sorte Prokop mit einer Menge von 30 kg ha⁻¹ am 29. März angebaut. Die Bereiche zwischen den Spalten mit der Sorte Effektiv am 31. März.

Die Aussaat der Tiroler Trockenbohne und der Black Turtle erfolgte aufgrund der höheren Wärmebedürftigkeit erst am 25. April. Abgesehen vom Termin erfolgte die Aussaat genau gleich wie bei den anderen Kulturen, wiederum vier Wiederholungen in Breitsaat und vier in Reihensaat. Um Hasenverbiss zu verhindern, wurde ein Zaun rundum den Versuch aufgestellt.

4.6.2 Unkrautregulierung

Für die Praxis wäre vorgesehen bei der Breitsaat die Unkrautbekämpfung mittels Striegeln und bei Reihensaat mittels Hacken vorzunehmen. Weil die Parzellen in der Versuchsfläche aber zu klein waren, um mit ausreichend hoher Geschwindigkeit durchfahren zu können, war dies beim Versuch nicht möglich. Eine grobe Unkrautbekämpfung wurde daher an mehreren Terminen von Hand vorgenommen. Es wurden dabei jeweils die größten Unkraut-Pflanzen entfernt. Einerseits um den Konkurrenzdruck der Unkrautpflanzen durch Wasserentzug und Beschattung der Kulturen zu vermindern, andererseits um das Aussamen des Unkrauts zu verhindern.

Die erste Unkrautbekämpfung wurde am 26. Mai durchgeführt. Unerwünschte Pflanzen wurden so gut wie möglich ausgerissen, die Erde von den Wurzeln geklopft, um ein erneutes Anwachsen zu verhindern und die Pflanzen zum Austrocknen am Feld liegen gelassen. Samenunkräuter mit fast ausgereiften Samen wurden gesammelt und neben dem Feld deponiert.

Eine zweite händische Unkrautbekämpfung wurde am 6. Juni durchgeführt. Zu diesem Termin wurden bei Parzellen, deren Bestand bereits geschlossen war, nur die Unkrautpflanzen, die daraus herausragten, ausgerissen.

Da die teilweise schon sehr früh reifen Linsen im Juli schon stark vertrocknet waren, wurden am Vortag der Linsenernte, am 16. Juli, händisch durchwachsende Unkräuter entfernt, um das Dreschen zu erleichtern.

4.7 Bonituren

4.7.1 Unkraut

Vor der ersten Unkrautbekämpfung am 26. Mai wurde eine Bonitur des Unkrauts vorgenommen. Direkt vor der Parzelle stehend wurde dabei ohne weitere Hilfsmittel der Unkrautdruck in Kategorien von 1 bis 5 eingeteilt, die in **Tabelle 5** beschrieben sind.

Tabelle 5: Kategorien für die Unkrautbonitur.

Kategorie	Beschreibung
1	(so gut wie) kein Unkraut vorhanden
2	vereinzelte Unkrautpflanzen
3	Wenige Unkrautpflanzen
4	Viel Unkraut
5	Sehr viel Unkraut, mehr Unkraut als Pflanzen der Kultur vorhanden

4.7.2 Aufgang

Die erste Bonitur zum Aufgang der am 28. März angebauten Kulturen erfolgte am 25. April. Dabei wurde in jeder Parzelle geschätzt, wieviel Prozent der Samen aufgegangen waren. Die Aufgangsbonitur der beiden Bohnensorten erfolgte nach dem gleichen Prinzip am 26. Mai.

4.7.3 Wurzelknöllchen

Am 12. Juli wurde eine Bonitierung der Knöllchenbakterien beziehungsweise der Wurzelknöllchen, in denen sie leben, vorgenommen. Dazu wurden von jeder Parzelle fünf Pflanzen zufällig ausgewählt. Die Pflanzen wurden vorsichtig händisch ausgegraben, von Erde befreit und anhand des in **Tabelle 6** beschriebenen Schemas in verschiedene Gruppen eingeteilt. Die Bonitierung erfolgte in Anlehnung an das Boniturschema der Bio Forschung Austria für die Bewertung der Knöllchen von Sojabohnen (<http://bioforschung.at/>).

Tabelle 6: Boniturschema zur Bewertung der Wurzelknöllchen an den Pflanzen der einzelnen Kulturen.

Kategorie	Beschreibung
1	Keine Wurzelknöllchen auf den Wurzeln vorhanden beziehungsweise sichtbar
2	Bis zu zehn Knöllchen auf den Wurzeln vorhanden
3	Zehn bis 30 Knöllchen
4	30 bis 100 Knöllchen
5	Über 100 Knöllchen

4.7.4 LAI-Messungen

Eine LAI (Leaf Area Index) Messung erfolgte bei jeder Parzelle an zwei Terminen. Die erste Messung erfolgte am 13. Juni. Für die Messung wurde das tragbare Gerät *AccuPAR LP-80* der Firma METER ENVIRONMENT verwendet. Eine Messung der Strahlung erfolgte mittels eines Stabes, der unter den Bestand gelegt wurde, während eine andere Sonde neben dem Bestand stehend die Referenzstrahlung

ohne Blätter maß wie in **Abbildung 7** zu sehen. Die Messung der abgefangenen photosynthetisch aktiven Strahlung unter den Blättern und andere Parameter wurden vom Gerät verwendet, um eine möglichst genaue Schätzung der Blattfläche automatisch zu errechnen. In jeder Parzelle wurden an fünf Stellen Messungen vorgenommen, verteilt auf die ganze Länge der Parzelle. Die Stellen, an denen gemessen wurde, wurden markiert. Am Tag der Messung war es sonnig, was das Ergebnis der Messung laut Herstellerangaben aber nicht beeinflussen sollte.



Abbildung 7: LAI Messung am 13. Juni 2017. Der Stab des Geräts (a) liegt unter den Bohnenpflanzen. Ein zweiter Sensor (b) misst die Sonneneinstrahlung.

Eine zweite Messung des LAI erfolgte am 12. Juli. Es wurde vorgegangen wie beim ersten Mal und wieder an den selben Stellen gemessen. An diesem Tag war es sonnig mit vereinzelt Wolken.

4.8 Ernte

Der erste Erntetermin, an dem die Alb- und Berglinse, die Lupine und die Erbse gedroschen wurden, war am 17. Juli. Für die Ernte wurde ein Parzellen-Mähdrescher der Marke Wintersteiger vom Typ *Nurserymaster* verwendet (**Abbildung 8**). Seine Arbeitsbreite betrug wie bei der Parzellensämaschine genau 1,4 m. So konnte jede Parzelle mit einer Durchfahrt geerntet werden.



Abbildung 8: Parzellenmähdrescher bei der Ernte am 17. Juli 2017. Die Bohnen auf der rechten Seite des Bildes sind noch grün, während die anderen Kulturen schon stark vertrocknet sind.

Bei den sehr kleinen Linsen wurde das hinten hinausgeblasene Stroh und die Spreu sicherheitshalber noch mit einer Kunststoffwanne aufgefangen und händisch vom Mähdrescher nicht erfasste Körner herausgesucht. Der Schneidtablett wurde möglichst niedrig über den Boden geführt, um auch herabhängende Linsen zu erfassen. Die Drehzahl für den Dreschvorgang (Trommel, Gebläse und Windgeschwindigkeit, Bewegung der Schüttler und Siebe) wurde sehr niedrig angesetzt, um von den kleinen Linsen nicht allzu viele mit dem Stroh wegzublasen. Andererseits musste eine Balance gefunden werden und die Drehzahl auch nicht zu langsam eingestellt werden, um die Verunreinigung mit Stroh und Hülsen im Erntegut niedrig zu halten.

Die über die Arbeitsbreite des Schneidwerks hinausragenden und somit für den Mähdrescher nicht erfassbaren Linsenpflanzen am Rand der Parzellen wurden zusätzlich noch händisch ausgezogen und dem Drescher zugeführt. Das Erntegut wurde am Drescher in Stoffsäcken gesammelt und nach jeder Parzelle in beschriftete Papiersäcke umgefüllt.

Da die Erbsenpflanzen zum Zeitpunkt der Ernte schon komplett verdorrt waren und zu einem großen Teil am Boden lagen, wurden die Pflanzen händisch abgeschnitten, in Kübeln gesammelt und auf den Schrägförderer des stehenden Dreschers geworfen. Die im Vergleich zu den Linsen größeren Erbsen konnten mit dem Gerät besser gedroschen werden. Hier wurden kaum Erbsen hinten ausgeschieden und ein händisches Nachsortieren war nicht nötig. In der Praxis wäre es wohl die geeignetere Vorgehensweise gewesen, zuerst zu mähen und auf Schwad zu legen und anschließend mit einem Pickup Fortsatz am Mähdrescher zu dreschen.

Am nächsten Tag, dem 18. Juli, erfolgt die Ernte der Lupinen. Da von der Lupine aber allgemein nicht mehr so viele Pflanzen übrig waren, machte es keinen Sinn mit dem Mähdrescher über die Parzelle zu fahren. Somit erfolgte eine händische Ernte der ganzen Pflanzen in Kübel und die vorhandenen Körner wurden händisch am Arbeitstisch ausgelöst, um zumindest die chemischen Analysen durchführen zu können.

Da vor allem die Linsen noch relativ stark verunreinigt waren, erfolgte eine Reinigung aller Kulturen an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein.

Beim zweiten Erntetermin am 27. September wurden die verbliebenen zwei Bohnen geerntet. Beide Bohnensorten trugen noch Hülsen in sehr unterschiedlichen Reifestadien. Waren manche Hülsen schon komplett reif, schwarz und trocken, waren andere noch grün und saftig. Dreschen am Feld mit dem Mähdrescher war daher nicht möglich. Die ganzen Pflanzen wurden händisch abgeschnitten, in Säcken gesammelt und auf den Schütten eines Trockenschrankes gleichmäßig verteilt. Das gesamte Pflanzenmaterial wurde zwei Tage lang bei 40°C nachgetrocknet.

Am 2. Oktober wurden die getrockneten Bohnen dann in den stehenden Mähdrescher geworfen und gedroschen. Ausgehend für die Einstellungen zum Dreschen von Sojabohnen wurde versucht einen Kompromiss zu finden was die Einstellung der Drehzahl betraf und somit der Stärke des Gebläses und der Intensität der Bewegung von Schüttler und Sieben. Das Erntegut wurde ebenfalls von einer Putzmaschine von Verunreinigungen befreit. Die Ernte jeder Parzelle wurde sowohl vor als auch nach dem Reinigen mit der Putzmaschine einzeln verwogen und die Werte in Gramm mit einer Nachkommastelle notiert. Danach wurden die Proben für die chemische Analyse entnommen.

4.9 Laboranalyse der Ernte

Das Erntegut wurde an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein einer chemischen Analyse unterzogen. Untersucht wurden die Rohnährstoffe, Mineralstoffe und Spurenelemente sowie der Gehalt an Schwefel. Die Analyse der Rohnährstoffe erfolgte nach Weender. Zum Einsatz kamen dafür folgende Verfahren:

- Brabender Trockenmasse (TM)- Schnellbestimmung
- Rohaschebestimmung (XA) im Muffelofen
- Rohfett (XL) - Bestimmung nach Soxhlet
- Rohprotein (XP) - Verbrennungsmethode nach Dumas
- Rohfaser (XF) - Messung mit einem Fibre-Tec Automat

Die Mineralstoffe und Spurenelemente wurden nach einem Säure-Aufschluss der Asche mit Analyse im ICP-OES (Optische Emissionsspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma) gemessen. Der Schwefel wurde bei der Verbrennungsmethode nach Dumas abgesehen von Stickstoff und Kohlenstoff mitbestimmt.

4.10 Statistische Auswertung

In der statischen Analyse wurden die Normalverteilung und Varianzhomogenität der Residuen der Daten untersucht und bestätigt. Zur Planung und Auswertung des Versuchs kam das Datenanalyse-Programm SAS 9.4 zur Anwendung. Für die Auswertung der Ergebnisse wurde die Prozedur PROC MIXED angewandt. Dabei handelt es sich um ein sehr flexibles Modell für gemischte Modelle mit fixen und zufälligen Effekten mit großer Präzision (Singer 1998). Das statistische Modell wurde von den fixen Effekten (Kultur, System) und deren Wechselwirkungen gebildet. Als zufällige (random) Effekte wurden die Wiederholung und die Spalten und deren Wechselwirkung angenommen. Die Präzision der statistischen Auswertung ist beim Kleinparzellenfaktor höher, die Unterschiede des Kleinparzellenfaktors fallen weniger deutlich aus als die des Großparzellenfaktors (Schuster und Lochow 1992, 75; Moder 2001).

Als Signifikanzniveau gilt $\alpha=5\%$, das heißt ab einem p-Wert $< 0,05$ ist von einem statistisch signifikanten Einfluss von Kultur oder System auszugehen. Ab $p < 0,10$ ist von einem Trend auszugehen.

Bei der Darstellung der Ergebnisse werden die Least Square Means (LSMEANS), der Standardfehler (SEM) und die Residualstandardabweichung (s_e) angegeben. Für die paarweisen Vergleiche der LSMEANS wurde der Tukey-Test verwendet. Die Kleinbuchstaben in den Ergebnistabellen kennzeichnen die Gruppen, zwischen denen es eine statistische Signifikanz gab.

Alle Diagramme wurden mit Microsoft Excel 2016 erstellt. Die Darstellung der Ergebnisse als Box-Plot erfolgte nach dem Schema in **Abbildung 9**.

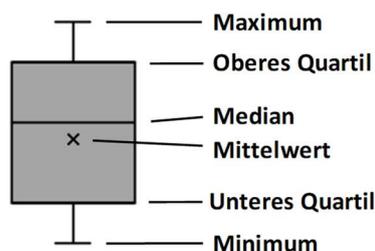


Abbildung 9: Erklärung der erstellten Box-Plot Diagramme.

4.11 Deckungsbeitrag

Für die Berechnung der Deckungsbeiträge wurde das Programm „IDB – Deckungsbeiträge und Kalkulationsdaten“ der Bundesanstalt für Agrarwirtschaft verwendet (<https://idb.awi.bmlfuw.gv.at>). Darin kommen österreichische Durchschnittswerte zu Anwendung, die aber auch manuell verändert werden können. Es wurden die Grundeinstellungen für den Anbau von Bio-Soja verwendet, da es im Rechner keine Daten für die Produktion von Linsen, Lupinen, Pelerbsen und Trockenbohnen gab.

Für alle Arbeitsschritte (Bodenbearbeitung, Aussaat, Unkrautbekämpfung) wurde Eigenmechanisierung inklusive Traktor angenommen, außer für die Ernte. Bei der Ernte wurde eine Durchführung von einem Lohnunternehmen angenommen. Die Unkrautbekämpfung wurde bei der Berechnung durch dreimaliges Striegeln beziehungsweise Hacken erledigt und ein Durchschnittswert von 12,70 € ha⁻¹ je Durchgang für beide Systeme verwendet. Das konventionelle Bodenbearbeitungssystem beinhaltet einen Pflugeinsatz. Verluste bei Ernte und Lagerung wurden mit 4 % geschätzt (Freyer et al. 2006). In **Tabelle 7** sind die variablen Maschinenkosten, die für alle Kulturen angenommen wurden dargestellt.

Tabelle 7: Berechnung der variablen Maschinenkosten für alle Kulturen

Eigenmechanisierung inklusive Traktor	Durchgänge	€ ha ⁻¹ (je Durchgang)	Summe € ha ⁻¹
Grundbodenbearbeitung	1	64,8	64,8
Saatbeetkombination	2	17,4	34,7
Sämaschine	1	14,1	14,1
Striegeln/Hacken	3	12,7	38,1
Ernteguttransport (+weitere 10 km)	2	2,9	5,8
Grubber	1	32,6	32,6
Summe			190,1
Lohndrusch	Durchgänge	€ ha ⁻¹ (je Durchgang)	Summe € ha ⁻¹
Mähdrusch Körnerleguminosen	1	145,0	145,0

Variable Maschinenkosten 335,1 € ha⁻¹

Nach Daten aus dem IDB. Alle Leistungs- und Kostenpositionen inkl. MwSt.

Alle Werte wie die Kosten für Trocknung und Hagelversicherung wurden von der Seite des IDB übernommen. Nicht angegeben im IDB waren Kosten für die Reinigung der Körnerleguminosen zur Verwendung als Speiseware. Dieser Schritt wird eventuell von den Verarbeitern übernommen, für die Direktvermarktung wäre dieser Posten aber auf jeden Fall noch zu berücksichtigen. Weder Dünger noch die Stickstoffnachlieferung an eine nachfolgende Kultur wurden berücksichtigt, da diese stark von der Fruchtfolge in der die Körnerleguminosen angebaut werden abhängt.

Für die Berechnung der Deckungsbeiträge der Kulturen war es leider nicht möglich in Österreich offizielle Erzeugerpreise für Bio-Speise-Körnerleguminosen zu erfahren. Die einzigen Körnerleguminosen die in der Preisstatistik der Statistik Austria enthalten sind, sind Futtererbse, Futterackerbohne und Speisesoja. In Österreich wird der Markt von anderen Speise-Hülsenfrüchte Großteils durch Importware abgedeckt und es gibt nur kleine lokale Märkte. Von Herrn Sarg von der *Saatbau Linz* wurden Preise für Linsen und Trockenbohnen zwischen 1,50 € kg⁻¹ und 2,50 € kg⁻¹, je nach Qualität und Sorte genannt (Sarg 2018). Von Herrn Lutz Mammel von der Erzeugergemeinschaft Lauteracher von der Schwäbischen Alb war es freundlicherweise möglich Erzeugerpreise für die Alblinse zu erfahren (Mammel 2018). Da keine anderen Daten vorlagen, wurde dieser Erzeugerpreis von 1,90 € kg⁻¹ für alle Kulturen angenommen.

Der aktuellste im IDB angegebene Preis für Speisesoja war 2016 0,79 € kg⁻¹. Auch für diesen Preis wurden die Deckungsbeiträge ermittelt. Es ist aber davon auszugehen, dass für die im Versuch verwendeten Körnerleguminosen bessere Erzeugerpreise erzielt werden können. Vor allem wenn sie an Erzeugergemeinschaften, im Vertragsanbau oder durch Direktvermarktung verkauft werden.

Um die Körnerleguminosen mit anderen Kulturen vergleichen zu können, wurden auch Deckungsbeiträge für Brotweizen (min. 12 % Eiweiß), Dinkel (Speiseware), Roggen (Speiseware), und Soja berechnet. Die durchschnittlichen Bio- Hektarerträge der Kulturen in Österreich zwischen 2003 und 2016 wurden dem *Vollständigen Tabellenteil Grüner Bericht 2017* (BMLFUW 2017) entnommen und ein Mittelwert der 14 Jahre gebildet. Für jede Kultur wurde der durchschnittliche Ertrag dann in den IDB für das letzte verfügbare Erntejahr 2016 eingegeben und der Deckungsbeitrag ermittelt. Für alle Parameter wurden dabei die Standardeinstellungen belassen.

5 Ergebnisse

5.1 Witterung 2017

Die Daten für das Klima 2017, dargestellt in der **Abbildung 10**, stammen von der Wetterstation Kremsmünster, die ca. 20 km entfernt vom Versuchsstandort liegt.

Auffallend war vor allem der sehr trockene Juni. 2017 fielen im ganzen Monat nur 55 mm Niederschlag was deutlich unter dem durchschnittlichen Wert zwischen 1981 und 2010 von 114 mm liegt. Dafür gingen in den Monaten Juli und August mit jeweils 166 mm deutlich mehr Niederschläge als im Klimamittel der letzten dreißig Jahre nieder. Da die Niederschläge im Durchschnitt in Stadl-Paura etwas niedriger sind als in Kremsmünster, sind sie auch 2017 wahrscheinlich am Versuchsstandort noch etwas niedriger ausgefallen. Die Durchschnittstemperatur war mit 10 °C etwas höher als im langjährigen Mittel wo sie 9,1 °C betrug.

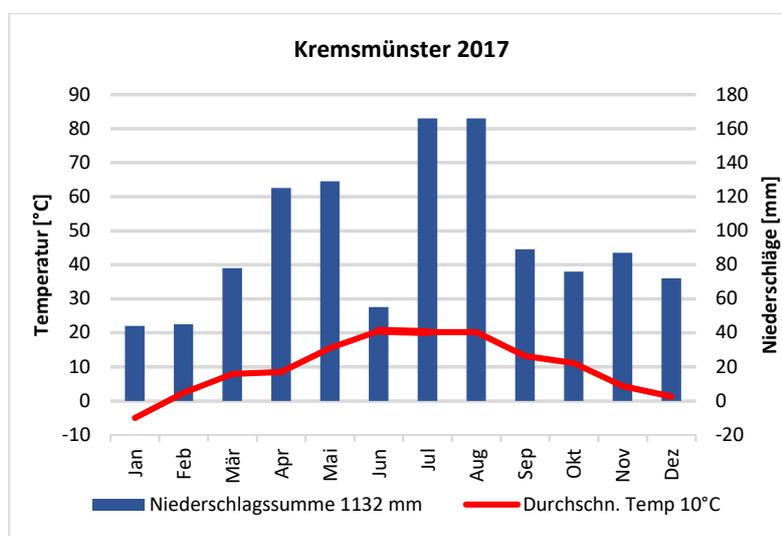


Abbildung 10: Niederschlag und Temperatur 2017 Kremsmünster, Quelle: ZAMG Histalp 2018

5.2 Bestandesentwicklung

Wie in **Tabelle 8** ersichtlich gab es weder bei der Bonitur des Aufgangs noch bei Unkraut oder Wurzelknöllchen eine signifikante Wechselwirkung oder einen statistischen Unterschied zwischen den beiden Anbausystemen. Die Wechselwirkungen sind in **Tabelle 9** dargestellt.

Tabelle 8: Übersicht über Aufgang [%], Unkraut und Wurzelknöllchen [Boniturnoten 1-5] für die Kulturen sowie die beiden Anbausysteme.

Parameter	Kultur						System		s _e	p-Wert		
	BL	BT	AL	PE	LP	RH	BS	RS		System	Kultur	System x Kultur
Aufgang	72,00 ^a	82,64 ^a	78,56 ^a	34,52 ^b	16,12 ^c	78,04 ^a	59,38	61,25	1,049	0,481	<,0001	0,267
SEM	3,98	3,99	4,18	4,07	4,17	4,06	2,72	2,72				
Unkraut	2,44 ^{bc}	2,56 ^{bc}	2,44 ^{bc}	3,06 ^b	4,75 ^a	1,94 ^c	2,81	2,92	0,583	0,540	<,0001	0,179
SEM	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,17	0,17				
Wurzelkn.	2,30 ^a	1,32 ^b	2,28 ^a	2,30 ^a	2,12 ^a	1,13 ^b	1,93	1,89	0,642	0,575	<,0001	0,913
SEM	0,09	0,08	0,09	0,86	0,09	0,09	0,06	0,06				

BL= Berglinse, BT= Black Turtle, AL= Alblinse, PE= Palerbse, LP= Lupine, RH= Rotholzer. BS= Breitsaat, RS= Reihensaat. Wurzelkn. = Wurzelknöllchen Boniturskala Unkraut: 1= kein Unkraut, 2= vereinzelte Unkrautpflanzen, 3= Wenige Unkrautpflanzen, 4= viel Unkraut, 5= Sehr viel Unkraut. Boniturskala Wurzelknöllchen: 1= keine Wurzelknöllchen, 2= bis zu zehn, 3= zehn bis 30, 4= 30 -100, 5= mehr als 100. Durchschnittswerte als die Least Square Means angegeben, SEM= Standardfehler, s_e=Residualstandardabweichung.

Tabelle 9: Übersicht über die Wechselwirkungen zwischen System und Kultur bei den Bonituren von Aufgang [%], Unkraut und Wurzelknöllchen [Noten 1-5].

Parameter	Breitsaat						Reihensaat					
	BL	BT	AL	PE	LP	RH	BL	BT	AL	PE	LP	RH
Aufgang	78,26	82,95	78,49	28,89	13,75	73,91	65,74	82,32	78,63	40,15	18,49	82,17
SEM	5,59	5,32	5,58	5,29	5,32	5,29	5,32	5,29	5,33	5,74	5,31	5,31
Unkraut	2,00	2,75	2,13	3,25	4,75	2,00	2,88	2,38	2,75	2,88	4,75	1,88
SEM	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31
Wurzelkn.	2,30	1,35	2,25	2,35	2,19	1,10	2,30	1,30	2,30	2,25	2,05	1,15
SEM	0,12	0,11	0,12	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11

BL= Berglinse, BT= Black Turtle, AL= Alblinse, PE= Palerbse, LP= Lupine, RH= Rotholzer. Durchschnittswerte als die Least Square Means angegeben, SEM= Standardfehler.

Ein statistischer Unterschied war beim Aufgang zwischen den verschiedenen Kulturen vorhanden ($p < 0,0001$). Über den Durchschnitt beider Systeme waren die Ergebnisse der beiden Trockenbohnen (BT und RH) und der beiden Linsen (BL und AL) mit 70-80 % Aufgang am besten, während bei der Palerbse zum Beobachtungstermin nur etwas mehr als 30 % aufgegangen waren. Wie an der Streuung im Diagramm in **Abbildung 11** ersichtlich, waren die Unterschiede zwischen den Parzellen bei der Erbse sehr groß. Auch bei der Berglinse war der Aufgang in Reihensaat zwischen den Parzellen sehr unterschiedlich und reichte von 35 – 80 %. Bei der Lupine war der Aufgang mit 16 % am schlechtesten. Hier kam auch noch dazu, dass ausschließlich bei Lupinen, hier aber in allen Parzellen viele junge Triebe von Vögeln abgezwickt worden waren.

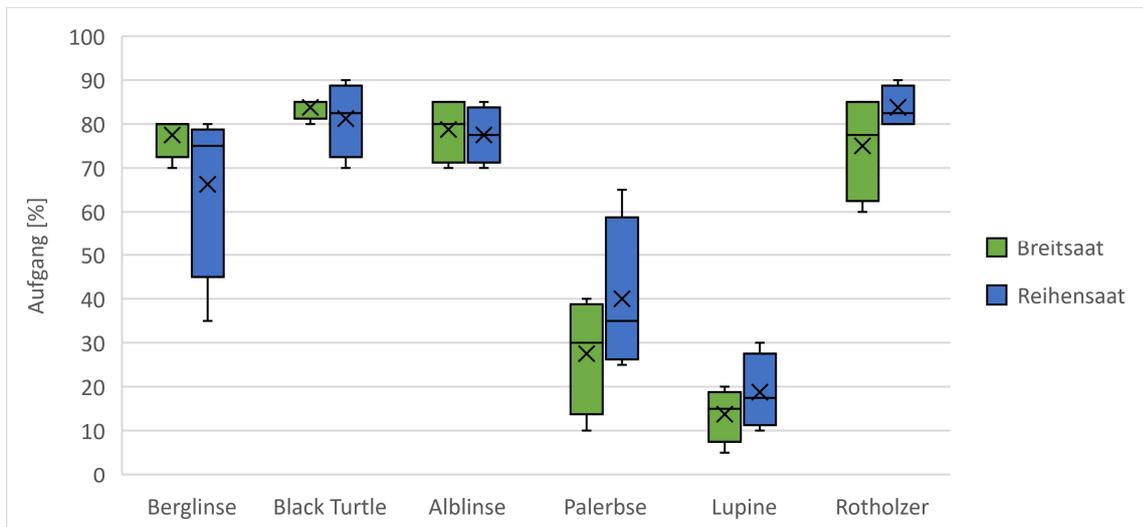


Abbildung 11: Box-Plot Darstellung der Bonitur des Aufgangs der Kulturen [%] am 26. Mai.

In **Tabelle 8** ist zu sehen, dass es beim Unkrautdruck zwischen den Kulturen einen signifikanten Unterschied gab. Am meisten Unkraut gab es bei den Lupinen mit einer durchschnittlichen Boniturnote von 4,75 wie auch in der **Abbildung 12** zu sehen. Am zweitmeisten gab es bei der Palerbse. Alblinse, Berglinse und Black Turtle lagen dazwischen und bei der Rotholzer Trockenbohne gab es mit einer Boniturnote von 1,94 am wenigsten Unkraut.

Wie an den Werten in **Tabelle 9** zu sehen gab es bei der Alblinse in Reihensaat numerisch um 28 % mehr Unkraut als in Breitsaat, und bei der Berglinse um 44 % jedoch ohne statistische Signifikanz. Bei Rotholzer, Black Turtle und Palerbse war es umgekehrt und es gab in der Breitsaatvariante numerisch mehr Unkraut, wie auch in **Abbildung 13** dargestellt, aber ebenfalls ohne statistische Signifikanz.



Abbildung 12: Die Parzellen mit Erbsen (a), Bohnen (b) und Linsen (c) sind am 6. Juni 2017 in Reihensaat relativ dicht mit den Kulturen bewachsen und es ist deshalb wenig Unkraut vorhanden. Der Lupinenbestand (d) weist viele Lücken auf und ist schon stark verunkrautet.

Unter den Unkräutern fanden sich hauptsächlich Weißer Gänsefuß (*Chenopodium album*), Ackerwinde (*Convolvulus arvensis*), kleine Taubnessel (*Lamium purpureum*), Rauhaariger Amaranth (*Amaranthus retroflexus*) und Spitzwegerich (*Plantago lanceolata*).

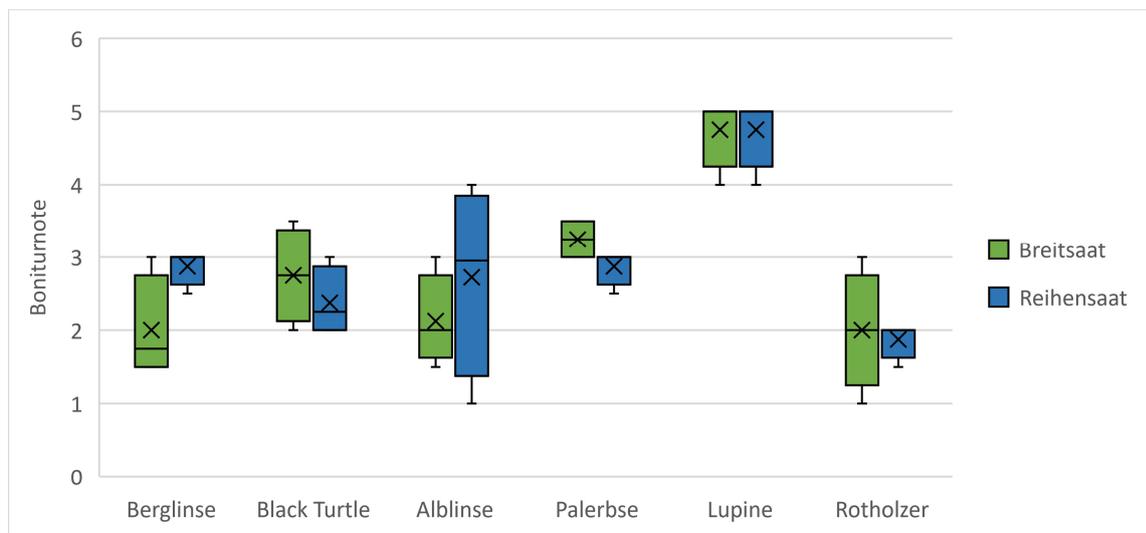


Abbildung 13: Box-Plot Diagramm des Unkrautdrucks bei der Bonitur am 26.Mai. Boniturnoten von 1 bis 5.

In **Abbildung 14** sind die durchschnittlichen Boniturnoten der Bonitur der Wurzelknöllchen dargestellt. Die beiden Trockenbohnen wiesen mit einer durchschnittlichen Note von 1,32 bei der Black Turtle und 1,13 bei der Rotholzer eine niedrigere Anzahl an Wurzelknöllchen auf als die anderen Kulturen, die mit Boniturnoten zwischen 2,12 und 2,30 nahe beieinander lagen.

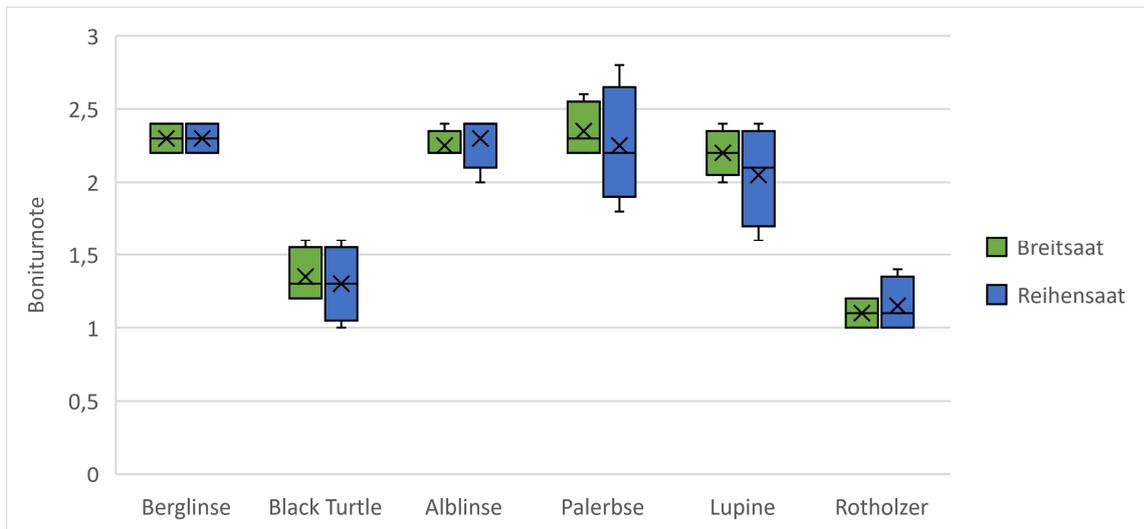


Abbildung 14: Darstellung der Wurzelknöllchenbonitur am 12. Juli 2017 als Box-Plot Diagramm. Boniturnoten von 1 bis 5.

Unterschiede gab es beim Aussehen der Knöllchen. Die Lupinen hatten im Vergleich zu den anderen Kulturen um einiges größere Knöllchen wie in **Abbildung 15** zu sehen. Diese saßen direkt auf der dicken Pfahlwurzel, die sonst auch bei keiner anderen Kultur so ausgeprägt war.

Bei den anderen Kulturen waren die Knöllchen um einiges kleiner. Die allermeisten gefundenen Knöllchen waren schon inaktiv und die Bakterienpopulationen im Innern zeigten nicht mehr die blutrote Farbe, die durch das eisenhaltige Leghämoglobin in funktionsfähigen Knöllchen verursacht wird. Teilweise waren nur mehr schlappe Hüllen mit matschigem Inhalt übrig.



Abbildung 15: (Pfahl-) Wurzel einer Lupine mit großen Knöllchen (a) an der Hauptwurzel am 12. Juli 2017.

Durch die statistische Auswertung, zusammengefasst in **Tabelle 10**, konnte kein Unterschied bei der Messung des LAI zwischen den Systemen festgestellt werden. In Breitsaat lag der LAI bei 1,37 und in Reihensaat bei 1,53.

Der LAI änderte sich zwischen den zwei Terminen signifikant. Bei der ersten Messung lag er bei 1,66, bis zum zweiten Termin verkleinerte er sich auf 0,97. Auch die Wechselwirkung zwischen Kultur und Termin zeigte einen statistisch signifikanten Unterschied. Bei der Wechselwirkung zwischen System und Kultur beziehungsweise System und Termin gab es keinen signifikanten Unterschied.

Tabelle 10: Statistische Auswertung der LAI-Messungen an den zwei Terminen für die unterschiedlichen Kulturen und die beiden Anbausysteme. 1. Termin 13.Juni 2017, 2. Termin 12.Juli 2017

Parameter	Kultur						System		Termin		s _e	p-Wert					
	BL	BT	AL	PE	LP	RH	BS	RS	1	2		Kultur	System	Termin	System x Kultur	Kultur x Termin	System x Termin
LAI	1,56 ^a	1,6 ^a	1,78 ^a	1,15 ^{ab}	0,5 ^b	1,28 ^a	1,37	1,53	1,66	0,97	0,527	<,0001	0,306	<,0001	0,640	<,0001	0,795
SEM	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,10	0,10	0,10	0,10							

BL= Berglinse, BT= Black Turtle, AL= Ablinse, PE= Palerbse, LP= Lupine, RH= Rotholzer. BS= Breitsaat, RS= Reihensaat. Durchschnittswerte als die Least Square Means angegeben, SEM= Standardfehler, se=Residualstandardabweichung.

In **Tabelle 10** ist ersichtlich, dass bei der Messung des Blattflächenindex zum ersten Termin der Wert bei 1,70 in der Breitsaat-Variante und bei 1,61 in Reihensaat lag. Beim Zweiten Termin lag er in der Breitsaat 1,04 und in Reihensaat bei 0,90. Beim ersten Termin war der LAI bei der Breitsaat bei Berglinse, Ablinse, Lupine und Rotholzer numerisch höher als bei der Reihensaat. Nur bei der Palerbse und Black Turtle war der LAI in Reihensaat höher. Beim zweiten Termin waren die Pflanzen Großteils schon vertrocknet, somit nicht mehr photosynthetisch-aktiv und der LAI bei allen Kulturen ähnlich auf einem sehr niedrigen Niveau. Nur bei der Black Turtle nahm der LAI im System Breitsaat überproportional stark zu und war nun höher als in Reihensaat (siehe **Abbildung 16**). Keiner der Unterschiede zwischen den Systemen war jedoch signifikant.

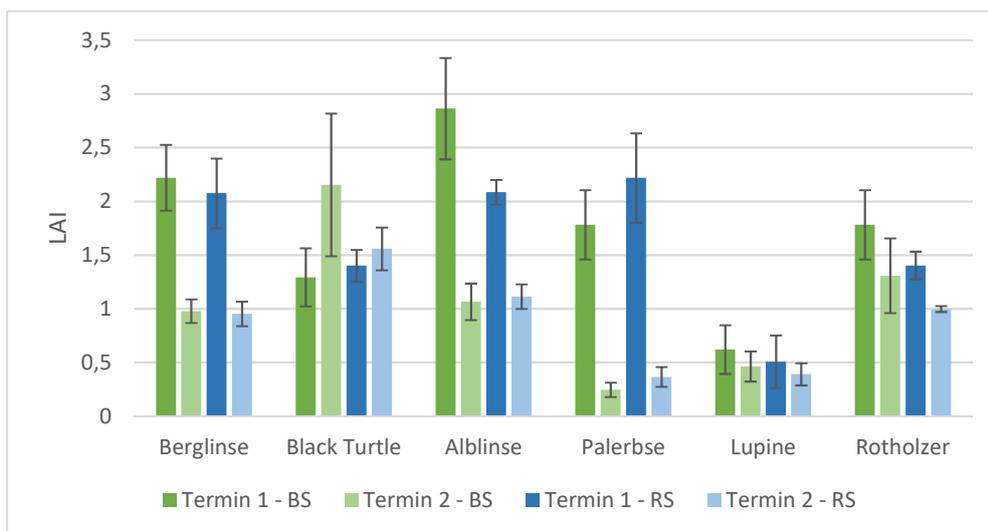


Abbildung 16: Werte der beiden LAI-Messungen für alle Kulturen und die beiden Anbausysteme. 1. Termin 13.Juni 2017, 2. Termin 12.Juli 2017. Die Fehlerbalken geben die Standardabweichung an. BS= Breitsaat, RS= Reihensaat.

Zwischen den Kulturen war zu beiden Terminen ein statistischer Unterschied festzustellen wie in **Tabelle 11** aufgelistet. Der LAI war beim ersten Termin bei der Ablinse mit 2,48 am höchsten, dann folgte die Berglinse mit 2,15 und die Palerbse mit 2, danach Rotholzer mit 1,41 und Black Turtle mit 1,35 und am kleinsten war er bei der Lupine mit 0,56. Bei der zweiten Messung war der LAI bei der Black Turtle mit 1,86 am höchsten, bei der Rotholzer mit 1,15 am zweithöchsten, dann folgten Ablinse mit 1,09, Berglinse mit 0,97 und Lupine mit 0,43. Bei der Palerbse war er mit einem Wert von 0,31 am niedrigsten.

Tabelle 11: Übersicht über die Wechselwirkungen zwischen System und Kultur bei der Messung des LAI an den zwei Terminen.

Parameter	Kultur x Termin						System x Termin			Kultur x Termin						System x Termin	
	BL	BT	AL	PE	LP	RH	BS	RS		BL	BT	AL	PE	LP	RH	BS	RS
Termin 1	2,15 ^{ab}	1,35 ^{bc}	2,48 ^a	2 ^{ab}	0,56 ^c	1,41 ^{bc}	1,70	1,61	Termin 2	0,97 ^{bc}	1,86 ^a	1,09 ^b	0,31 ^c	0,43 ^{bc}	1,15 ^{ab}	1,04	0,90
SEM	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,10	0,10	SEM	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,13	0,13

BL= Berglinse, BT= Black Turtle, AL= Alblinse, PE= Palerbse, LP= Lupine, RH= Rotholzer. BS= Breitsaat, RS= Reihensaat. Durchschnittswerte als die Least Square Means angegeben, SEM= Standardfehler.

Nach den Werten aus **Tabelle 11** gab es vom ersten auf den zweiten Termin einen statistisch signifikanten Rückgang der Blattfläche bei Alblinse (-56 %), Berglinse (-55 %) und Palerbse (-85 %). Bei Lupine (-24 %) und Rotholzer (- 18%) gab es einen numerischen Rückgang der aber nicht statistisch signifikant ausfiel. Nur bei der Black Turtle gab es einen numerischen Anstieg der Blattfläche (+38 %) der aber knapp nicht statistisch signifikant ausfiel (p=0,057).

5.3 Ernteerträge

Wie in **Tabelle 12** geschrieben, waren die Erträge in der Breitsaat-Variante mit 789 kg ha⁻¹ um knapp 8,5 % höher als in Reihensaat mit 727 kg ha⁻¹, allerdings ohne statistischer Signifikanz. Auch die Wechselwirkung zwischen System und Kultur war nicht signifikant.

Beim Wiegen hatten die Körner zwischen 8 und 9 % Restfeuchte (siehe TM-Gehalte in **Tabelle 16**).

Tabelle 12: Durchschnittliche Hektarerträge der Kulturen und Systeme und Übersicht über die statistische Auswertung.

Parameter	Kultur						System		s _e	p-Wert		
	BL	BT	AL	PE	LP	RH	BS	RS		System	Kultur	System x Kultur
Ertrag [kg ha ⁻¹]	537 ^c	1628 ^a	457 ^{cd}	766 ^{bc}	62 ^d	1098 ^b	789	727	1,1	0,417	<,0001	0,959
SEM	124	125	132	128	131	127	91	91				

BL= Berglinse, BT= Black Turtle, AL= Alblinse, PE= Palerbse, LP= Lupine, RH= Rotholzer. BS= Breitsaat, RS= Reihensaat. Durchschnittswerte als die Least Square Means angegeben, SEM= Standardfehler, s_e=Residualstandardabweichung.

Keinen Ertrag lieferte die Lupine, bei der im Durchschnitt mit einer Erntemenge von 62 kg ha⁻¹ mehr Saatgut ausgebracht worden war als Lupinen geerntet werden konnten.

Die Erntemenge der beiden Linsen war ähnlich. Die Alblinse lieferte 457 kg ha⁻¹ an Ertrag wobei er in der Breitsaatvariante um 36 % höher lag als in Reihensaat (siehe **Tabelle 13**). Bei der Berglinse waren es 537 kg ha⁻¹. Hier gab es in Breitsaat ebenfalls einen um knapp 36 % höheren Ertrag. Der Unterschied zwischen den Systemen war jedoch nicht signifikant.

Tabelle 13: Übersicht über die Wechselwirkungen zwischen System und Kultur hinsichtlich des Ertrages.

Parameter	Breitsaat						Reihensaat					
	BL	BT	AL	PE	LP	RH	BL	BT	AL	PE	LP	RH
Ertrag [kg ha ⁻¹]	619	1 646	526	819	26	1 096	455	1 610	388	712	98	1 099
SEM	171	162	171	160	162	160	162	160	163	163	161	161

BL= Berglinse, BT= Black Turtle, AL= Alblinse, PE= Palerbse, LP= Lupine, RH= Rotholzer. Durchschnittswerte als die Least Square Means angegeben, SEM= Standardfehler.

Bei der Palerbse war der Ertrag mit 766 kg ha⁻¹ statistisch höher als bei der Berglinse, jedoch nicht als bei der Alblinse. In Breitsaat lag der Ertrag mit 819 kg ha⁻¹ um 15 % höher als in Reihensaat mit 712 kg ha⁻¹.

Die beiden Bohnen lieferten die höchsten Erträge. Bei der Rotholzer-Trockenbohne waren es 1098 kg ha⁻¹. Die Black Turtle erzielte mit 1628 kg ha⁻¹ von allen Kulturen das beste Ergebnis. Die Erntemengen sind in **Abbildung 17** als Diagramm dargestellt.

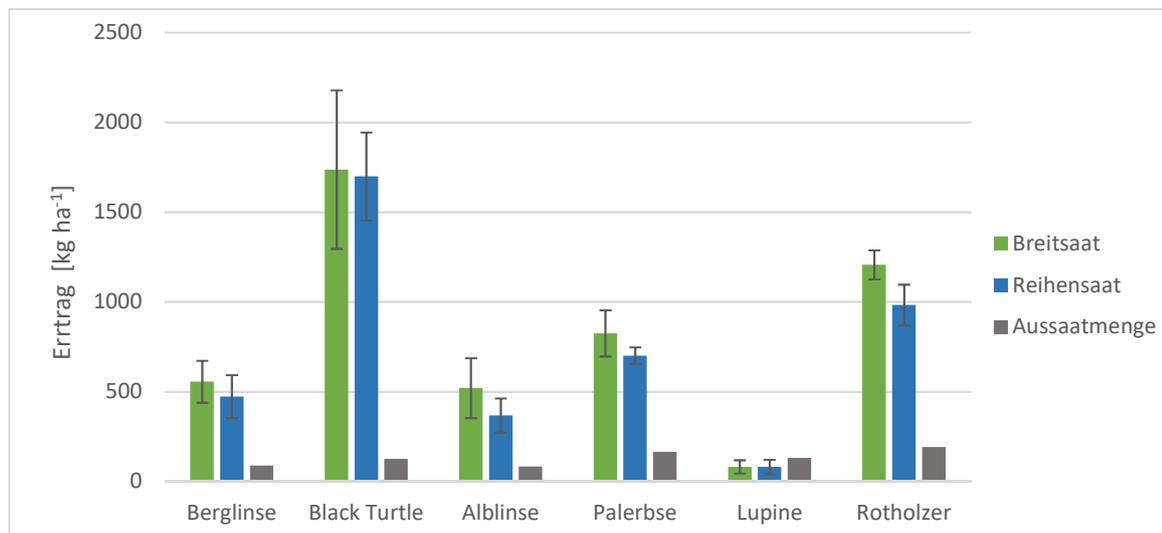


Abbildung 17: Durchschnittliche Erntemenge der Kulturen in kg ha⁻¹. Die Fehlerbalken geben die Standardabweichung an.

5.4 Rohproteinerträge

Aus dem festgestellten Hektarertrag und dem Rohproteingehalt konnte der Rohproteinерtrag pro ha berechnet werden. Die ermittelten Werte finden sich in **Tabelle 14**. Deutlich am höchsten fiel dieser bei der Black Turtle mit 385 kg ha⁻¹ aus. Knapp dahinter lag die Rotholzer mit 265 kg ha⁻¹ und danach die Palerbse mit 232 kg ha⁻¹. Der Rohproteinерtrag der Berglinse lag mit 179 kg ha⁻¹ noch etwas höher als der der Alblinse mit 152 kg ha⁻¹. Die Lupine erreichte trotz des hohen Proteingehalts nur 27 kg Rohprotein pro ha.

Tabelle 14: Durchschnittliche Rohproteinерträge der Kulturen und Systeme pro ha und statistische Auswertung.

Parameter	Kultur						System		s _e	p-Wert		
	BL	BT	AL	PE	LP	RH	BS	RS		System	Kultur	System x Kultur
Rohprotein- Ertrag [kg ha ⁻¹]	179 ^b	385 ^a	152 ^{bc}	232 ^b	27 ^c	265 ^{ab}	221	192	1,2	0,165	<,0001	0,935
SEM	39	39	41	39	40	39	30	30				

BL= Berglinse, BT= Black Turtle, AL= Alblinse, PE= Palerbse, LP= Lupine, RH= Rotholzer. BS= Breitsaat, RS= Reihensaat. Durchschnittswerte als die Least Square Means angegeben, SEM= Standardfehler, s_e=Residualstandardabweichung.

Wie in **Tabelle 15** dargestellt waren die Rohproteinерträge zwar in Breitsaat bei der Berglinse um 25 %, bei der Black Turtle um 13 %, bei der Alblinse um 37,5 %, bei der Palerbse um 18 % und bei der Rotholzer um 9 % höher, jedoch konnte kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Systemen festgestellt werden.

Tabelle 15: Statistische Auswertung der Wechselwirkungen zwischen Kultur und System bei den Rohproteinерträgen.

Parameter	Breitsaat						Reihensaat					
	BL	BT	AL	PE	LP	RH	BL	BT	AL	PE	LP	RH
Ertrag [kg ha ⁻¹]	199	410	176	252	16	276	159	360	128	213	38	253
SEM	51	48	51	48	48	48	48	48	49	49	48	48

Berglinse, BT= Black Turtle, AL= Alblinse, PE= Palerbse, LP= Lupine, RH= Rotholzer. Durchschnittswerte als die Least Square Means angegeben, SEM= Standardfehler.

5.5 Inhaltsstoffe

Wie in **Tabelle 16** aufgelistet konnte bei keiner der Analysen der organischen Inhaltsstoffe ein statistischer Unterschied zwischen den Systemen oder Wechselwirkungen festgestellt werden. Es war nur bei der Trockenmasse ein Trend zu höheren Werten in Breitsaat zu erkennen ($p=0,056$).

In der **Tabelle 16** sind außerdem alle Unterschiede in den Inhaltsstoffen der verschiedenen Kulturen dargestellt. Die Unterschiede zwischen den Kulturen fielen statistisch signifikant aus. Zwischen den Kulturen hatten Lupine mit $918,4 \text{ g TM kg}^{-1} \text{ FM}$ und Palerbse mit $914,7 \text{ g TM kg}^{-1} \text{ FM}$ die höchsten Trockenmasseanteile. Der Rohaschegehalt war bei der Black Turtle mit $54,26 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$ am höchsten.

Den höchsten Anteil an Rohprotein im Korn erreichte die Lupine mit $376,2 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$. Dann folgten die Berglinse mit $337,6 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$ und die Alblinse mit $334,4 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$. Die Palerbse erreichte mit $302,1 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$ einen mittleren Wert. Die Trockenbohnen hatten mit $238,5 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$ bei der Rotholzer und $233,7 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$ bei der Black Turtle die niedrigsten Proteingehalte.

Die beiden Linsensorten waren mit etwas mehr als $8 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$ am fettärmsten. Danach folgte die Rotholzer Trockenbohne mit $15,49 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$ Fett. Die Black Turtle und die Palerbse enthielten ein wenig mehr als 20 g Fett. Mit Abstand am meisten Fett enthielten mit $66,52 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$ die Lupinenkörner.

Auch bezogen auf die Rohfaser war der Anteil bei der Lupine mit Abstand am größten, nämlich $147,1 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$. Um mehr als die Hälfte niedriger lag der zweithöchste Wert der Palerbse von $70,6 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$. Die anderen Kulturen lagen mit Werten zwischen 40 und $50 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$ noch einmal deutlich dahinter.

Die nach Abzug der oben genannten Inhaltsstoffe von der organischen Masse übriggebliebenen Stoffe, also die stickstofffreien Extraktstoffe, waren bei der Rotholzer mit $660,4 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$ und der Black Turtle mit $644,7 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$ am höchsten. Dann folgten Palerbse mit $569,6 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$, Alblinse mit $566,4 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$ und Berglinse mit $557,7 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$. Am wenigsten N-freie Extraktstoffe waren schließlich in der Lupine mit $374,9 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$ enthalten.

Auch bei den Mengenelementen P, K, Ca, Mg und S gab es, wieder in **Tabelle 16** dargestellt, keine statistischen Unterschiede zwischen den Systemen.

Zwischen den Kulturen gab es signifikante Unterschiede. Der Phosphorgehalt war bei den Linsen mit $6,64$ und $6,51 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$ am höchsten und bei der Lupine mit $4,40 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$ am niedrigsten. Die beiden Trockenbohnen enthielten mit Werten um die $18 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$ am meisten Kalium. In der Lupine war Kalium mit ca. $10 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$ wie beim Phosphor am wenigsten enthalten.

Im Gegensatz dazu enthielten die Lupinensamen mit $3,43 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$ am meisten Calcium gemeinsam mit der Black Turtle mit $2,98 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$. Niedrige Calciumgehalte wiesen die Rotholzer mit $1,49 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$, die Palerbse mit $1,27 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$ und die Linsen mit jeweils knapp einem $\text{g kg}^{-1} \text{ TM}$ auf.

Der Gehalt an Magnesium war wieder bei der Black Turtle mit $2,10 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$ am höchsten. Am niedrigsten war er bei der Berglinse mit $1,32 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$ und der Alblinse mit $1,29 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$.

Der Schwefelgehalt reichte von $2 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$ bei der Palerbse zu $2,79 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$ bei der Black Turtle.

Tabelle 16: Statistische Auswertung der chemischen Analyse der Inhaltsstoffe der Kulturen.

Parameter	Kultur						System		s _e	p-Wert		
	BL	BT	AL	PE	LP	RH	BS	RS		System	Kultur	System x Kultur
TM [g kg ⁻¹] FM	912 ^c	912 ^c	912 ^c	915 ^b	918 ^a	912 ^c	914	913	0,93	0,056	<,0001	0,736
SEM	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6				
XA [g kg ⁻¹] TM	44,1 ^{ab}	54,3 ^a	39,9 ^b	37,1 ^b	35,3 ^b	42,1 ^b	43,2	41,1	0,99	0,270	0,0002	0,543
SEM	2,65	2,65	2,77	2,71	2,77	2,71	1,66	1,66				
XP [g kg ⁻¹] TM	338 ^b	234 ^d	334 ^b	302 ^c	376 ^a	239 ^d	306	301	1,02	0,2376	<,0001	0,5752
SEM	9,5	7,0	7,3	7,2	7,3	7,2	5,2	5,2				
XL [g kg ⁻¹] TM	8,2 ^d	22,5 ^b	8,1 ^d	20,5 ^b	66,5 ^a	15,5 ^c	23,5	23,6	0,77	0,832	<,0001	0,986
SEM	0,49	0,48	0,49	0,49	0,50	0,49	0,28	0,28				
XF [g kg ⁻¹] TM	52,6 ^c	45,5 ^c	50,5 ^c	70,6 ^b	147,1 ^a	43,8 ^c	69,1	67,6	0,98	0,386	<,0001	0,535
SEM	2,48	2,47	2,56	2,52	2,57	2,53	1,57	1,57				
XX [g kg ⁻¹] TM	558 ^b	645 ^a	566 ^b	570 ^b	375 ^c	660 ^a	558	567	1,00	0,083	<,0001	0,379
SEM	8,0	8,0	8,3	8,1	8,3	8,1	5,9	5,9				
P [g kg ⁻¹] TM	6,64 ^a	6,27 ^b	6,51 ^a	5,95 ^b	4,40 ^c	5,96 ^b	5,99	5,91	0,24	0,284	<,0001	0,689
SEM	0,11	0,11	0,12	0,11	0,12	0,11	0,08	0,08				
K [g kg ⁻¹] TM	13,0 ^{bc}	18,4 ^a	12,2 ^c	13,5 ^b	10,4 ^d	17,9 ^a	14,2	14,2	0,73	0,970	<,0001	0,852
SEM	0,36	0,36	0,38	0,37	0,38	0,37	0,25	0,25				
Ca [g kg ⁻¹] TM	0,97 ^b	2,98 ^a	1,00 ^b	1,27 ^b	3,43 ^a	1,49 ^b	1,82	1,89	0,44	0,612	<,0001	0,553
SEM	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,10	0,10				
Mg [g kg ⁻¹] TM	1,32 ^d	2,10 ^a	1,29 ^d	1,60 ^c	1,78 ^b	1,85 ^b	1,66	1,65	0,08	0,645	<,0001	0,718
SEM	0,03	0,03	0,04	0,03	0,04	0,03	0,02	0,02				
S [g kg ⁻¹] TM	2,30 ^{bc}	2,79 ^a	2,22 ^{bc}	2,00 ^c	2,45 ^b	2,53 ^{ab}	2,40	2,36	0,20	0,435	<,0001	0,571
SEM	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,05	0,05				
Na [mg kg ⁻¹] TM	27,1 ^b	14,1 ^b	32,5 ^{ab}	26,4 ^b	48,9 ^a	20,0 ^b	26,3	30,1	0,30	0,250	0,0001	0,644
SEM	5,72	5,69	5,82	5,79	5,84	5,80	4,52	4,52				
Cu [mg kg ⁻¹] TM	7,6 ^c	16,9 ^a	9,0 ^c	10,8 ^b	5,0 ^d	12,0 ^b	10,3	10,2	0,72	0,723	<,0001	0,709
SEM	0,37	0,37	0,39	0,38	0,39	0,38	0,22	0,22				
Mn [mg kg ⁻¹] TM	14,0 ^{bc}	22,4 ^a	13,0 ^c	13,9 ^{bc}	20,6 ^b	16,3 ^{abc}	17,5	15,9	0,96	0,255	0,0009	0,230
SEM	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72	1,03	1,03				
Zn [mg kg ⁻¹] TM	59,0 ^a	60,0 ^a	55,2 ^{ab}	59,5 ^a	40,9 ^c	50,9 ^b	54,9	53,6	0,93	0,206	<,0001	0,488
SEM	1,21	1,21	1,21	1,21	1,21	1,21	0,76	0,76				
Fe [mg kg ⁻¹] TM	95,3 ^{ab}	114,9 ^a	76,1 ^b	74,7 ^b	39,7 ^c	99,4 ^{ab}	84,4	82,3	23,2	0,746	<,0001	0,589
SEM	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	4,73	4,73				

BL= Berglinse, BT= Black Turtle, AL= Alblinse, PE= Palerbse, LP= Lupine, RH= Rotholzer. BS= Breitsaat, RS= Reihensaat. TM= Trockenmasse, FM= Festmasse, XA= Rohasche, XP= Rohprotein, XL= Rohfett, XF= Rohfaser, XX= N-freie Extraktstoffe. Durchschnittswerte als die Least Square Means angegeben, SEM= Standardfehler, s_e= Residualstandardabweichung.

Laut den Ergebnissen der statistischen Auswertung in **Tabelle 16** zeigten die Gehalte der Spurenelemente Na, Cu, Mn, Zn und Fe keine Unterschiede zwischen den Systemen.

Bei der statistischen Auswertung ergaben sich bei allen Gehalten der Spurenelemente signifikante Unterschiede zwischen den Kulturen. Der Gehalt an Natrium war bei der Lupine mit 48,95 mg kg⁻¹ TM am höchsten. Ebenfalls relativ hoch war er mit 32,46 mg kg⁻¹ TM bei der Alblinse. Sehr niedrige Werte gab es bei den Trockenbohnen, die jeweils unter 20 mg kg⁻¹ TM lagen.

Am meisten Kupfer war in der Black Turtle mit 16,90 mg kg⁻¹ TM enthalten. Die Lupine wiederum kam hier nur auf 5,01 mg kg⁻¹ TM und somit den schlechtesten Wert.

Mangan war ebenfalls in der Black Turtle mit 22,45 mg kg⁻¹ TM am meisten enthalten. In der Lupine war mit 20,58 mg am zweitmeisten zu finden. Alle anderen Kulturen enthielten deutlich unter 20 mg kg⁻¹ TM.

Der Zinkgehalt lag bei Berglinse, Black Turtle und Palerbse mit Werten knapp unter 60 mg am höchsten. Bei der Lupine war er mit 40,93 mg kg⁻¹ TM deutlich am niedrigsten.

Am meisten Eisen war mit 114,9 mg kg⁻¹ TM in der Black Turtle vorhanden und am wenigsten mit 39,7 mg kg⁻¹ TM in der Lupine. Auffällig war, dass der Eisengehalt in der Berglinse um 25 % höher war als in der Alblinse.

5.6 Deckungsbeiträge

In **Tabelle 17** ist die Berechnung des Deckungsbeitrags exemplarisch für alle Kulturen am Beispiel der Alblinse dargestellt. Der Deckungsbeitrag ergibt sich aus der Summe der Leistungen minus der variablen Kosten.

Tabelle 17: Darstellung der Berechnung des Deckungsbeitrages am Beispiel der Alblinse.

Alblinse		
Leistungen		
Ertrag	456,7 kg ha ⁻¹	Verluste 4 %
Preis	1,9 € kg ⁻¹	
Summe	833,0 € ha ⁻¹	
Variable Kosten		
Saatgut	157,7 € ha ⁻¹	83 kg ha ⁻¹ ; 1,9 € kg ⁻¹
Versicherung	25,7 € ha ⁻¹	
Variable Maschinenkosten	335,1 € ha ⁻¹	
Trocknung	1,2 € ha ⁻¹	
Summe	519,7 € ha ⁻¹	
Deckungsbeitrag	313,3 € ha⁻¹	

Nach Daten aus dem IDB. Alle Leistungs- und Kostenpositionen inkl. MwSt.

Bei einem Erzeugerpreis von 1,9 € kg⁻¹ reichten die Deckungsbeiträge von einem sehr negativen Betrag von -406,3 € ha⁻¹ bei der Lupine bis zu einem sehr hohen Ergebnis von 2.366 € ha⁻¹ bei der Black Turtle wie in **Tabelle 18** dargestellt. Ebenfalls sehr hoch war der bei Deckungsbeitrag bei der Rotholzer mit 1.275,5 € ha⁻¹. Danach folgten die Palerbse mit 719,5 € ha⁻¹, die Berglinse mit 451 € ha⁻¹ und die Alblinse mit 313,3 € ha⁻¹.

Tabelle 18: Ermittelte Deckungsbeiträge der Kulturen für zwei unterschiedliche Erzeugerpreise.

Kultur	Sorte	DB [€ ha ⁻¹] EP 1,90 € kg ⁻¹	DB [€ ha ⁻¹] EP 0,79 € kg ⁻¹
1. Berglinse	-	451,04	-23,93
2. Trockenbohne	Black Turtle	2366,01	772,29
3. Alb-Linse	Späths Alblinse groß	313,33	-81,19
4. Palerbse	Wunder von Kelvedon	719,46	87,68
5. Blaue Lupine	Mirabor	-406,26	-380,39
6. Trockenbohne	Rotholzer	1275,52	318,88

DB= Deckungsbeitrag, EP= Erzeugerpreis.

In der **Tabelle 18** ist auch zu sehen, dass bei drei der sechs Kulturen der Deckungsbeitrag negativ ist, wenn die Marktpreise für Bio-Soja von 0,79 € kg⁻¹ verwendet werden. Die Black Turtle weist mit 771,29 € ha⁻¹ immer noch einen positiven Deckungsbeitrag auf, wie auch die Rotholzer mit 318,88 € ha⁻¹ und die Palerbse mit 87,68 € ha⁻¹. Negativ bleibt der Deckungsbeitrag der Lupine und bei den Linsen fällt er nun ebenfalls negativ aus.

Unterschiede in den Deckungsbeiträgen zwischen den Kulturen ergaben sich einerseits durch die unterschiedlichen Ernteerträge und andererseits durch die unterschiedlichen Saatgutkosten. Diese waren zum Beispiel bei der Black Turtle von der nur 127 kg ha⁻¹ ausgesät wurden um einiges niedriger als bei der Rotholzer bei der es 192 kg ha⁻¹ waren. Keinen Einfluss auf Unterschiede zwischen den Kulturen hatten der Erzeugerpreis für die Körnerleguminosen, die Versicherung, Trocknung und die variablen Maschinenkosten da diese für alle Kulturen gleich angenommen wurden wie im Kapitel 4.11 in der **Tabelle 7** dargestellt.

Die aus den Durchschnittsdaten ermittelten Deckungsbeiträge von Speise- Getreide und Soja lagen wie in **Tabelle 19** dargestellt bei Brotweizen bei 594 € ha⁻¹, bei Dinkel bei 262 € ha⁻¹, bei Roggen bei 162 € ha⁻¹ und bei Soja bei 1.027 € ha⁻¹.

Tabelle 19: Durchschnittliche Bio- Ernteerträge (2003-2016) und Deckungsbeiträge von ausgewählten Bio- Kulturen in Österreich.

Kultur	Ertrag [t ha ⁻¹]	DB [€ ha ⁻¹]
Brotweizen	3,5	594
Dinkel Speiseware	2,6	262
Roggen Speiseware	2,6	162
Soja	2,4	1027

Durchschnittliche Erträge in der biologischen Landwirtschaft zwischen 2003 und 2016 nach Daten aus dem grünen Bericht 2017, Durchschnittliche DB ermittelt mit dem IDB, DB= Deckungsbeitrag.

Im Vergleich zu Getreide ist der Deckungsbeitrag bei Soja – der einzigen Körnerleguminose für die der Erzeugerpreis für Speiseware im IDB angegeben ist – zu Speisezwecken normalerweise höher (IDB). Sie liefert zwar im Durchschnitt weniger Ertrag, kann jedoch deutlich höhere Preise erzielen (STATISTIK AUSTRIA 2017). Die variablen Kosten sind bei Körnerleguminosen üblicherweise höher. Das Saatgut ist teurer, dafür wird bestenfalls für die Körnerleguminosen kein Dünger benötigt. Der von ihnen fixierte Stickstoff und die anderen mobilisierten Mineralstoffe können ihnen sogar positiv angerechnet werden, da sie sich ertragssteigernd auf die anderen Fruchtfolgeglieder auswirken (Weitbrecht und Pahl 2000). Die variablen Maschinenkosten sind durch höhere Kosten beim Lohndrusch etwas höher, sonst gibt es wenig Unterschiede zwischen Getreide und Körnerleguminosen (IDB).

6 Diskussion

6.1 Unterschiede zwischen den Kulturen

Hypothese 1: Die kultivierten Speisekörnerleguminosen unterscheiden sich (hinsichtlich Bestandesentwicklung, Ertrag und Inhaltsstoffe) nicht signifikant voneinander.

6.1.1 Bestandesentwicklung

Die Bonitur des Aufgangs zeigte bereits große Unterschiede zwischen den Kulturen. Die signifikant besten Ergebnisse an aufgelaufenen Pflanzen erreichten dabei die Bohnen und Linsen mit 72 – 82 %. Ihr Aufgang war hoch genug, um eine vollständige Bodenbedeckung zu erreichen, was sich auch in den signifikant höchsten LAI-Werten von 1,28 bei der Rotholzer, 1,56 bei der Berglinse, 1,6 bei der Black Turtle und 1,78 bei der Alblinse zeigte. Bei Linsen und Bohnen gab es keine Probleme mit der Aussaat, wie verstopfte Säschare bei der Palerbse und somit war der Aufgang gleichmäßig hoch in den verschiedenen Parzellen. Auch die Bodentextur und der pH-Wert waren gut für ihr Wachstum geeignet (Freyer et al. 2005, 97; Diepenbrock et al. 2016, 200; Jeroch et al. 2016, 34, 38). Bei Buschbohnen berichten Fageria et al. (2007) sogar von maximalen Erträgen bei pH 6,7 was genau den Bedingungen am Versuchsstandort entsprach.

Die Linsen schnitten bei der Messung des Blattflächenindex mit einem Wert von 2,48 bei der Alblinse und 2,15 bei der Berglinse zum ersten Termin am besten ab. Trotz der vergleichsweise kleinen Pflänzchen ergab sich ein dichter Pflanzenbestand. Somit war bei den Linsen auch nicht sehr viel Unkraut zu finden, obwohl sie von allen Kulturen als am meisten gefährdet gelten (Eser et al. 1999, 739). Beim zweiten Termin waren allerdings die meisten ihrer Blätter schon nicht mehr photosynthetisch aktiv. Das kann bei Körnerleguminosen durch geringere Bodenbeschattung zu starker Spätverunkrautung und damit Ernteschwierigkeiten führen. Allgemein besitzen die meisten Körnerleguminosen ein geringes Unkrautverdrängungspotential und sind besonders bei feuchten Bedingungen gefährdet von konkurrenzstarken Unkräutern überwachsen zu werden (Hansen 1985; Eser et al. 1999, 739; Kratzsch 1999, 720; Diepenbrock et al. 2016, 202). Durch die sehr trockene Witterung im Frühsommer des Versuchsjahres war die Verunkrautung im Allgemeinen gering und dürfte nicht stark ertragsmindernd gewirkt haben.

Die Black Turtle konnte, da die Saat der Trockenbohnen später erfolgte, zum zweiten Termin als einzige Kultur noch an Blattfläche (von 1,35 auf 1,86) zulegen. Obwohl die Trockenbohnen signifikant weniger Wurzelknöllchen bildeten als die anderen Kulturen, konnten sie eine große photosynthetisch aktive Blattfläche ausbilden. Die Anzahl der gebildeten Wurzelknöllchen korreliert grundsätzlich mit der Stickstoffversorgung (Hansen 1994, 50). Es kann sein, dass durch den Luzernebestand, der vorher am Versuchsgelände war, auch ohne Symbiose mit den Rhizobien genug Stickstoff vorhanden war um die Bohnen ausreichend zu versorgen (Diepenbrock 1999, 212). Eine andere Erklärung warum sie im Vergleich zu den anderen Kulturen viel weniger Wurzelknöllchen ausbildeten, könnte sein, dass der Bakterienstamm des verwendeten Rhizobien-Inokulats (HiStick® der Firma BASF) nicht optimal für die Bohnen geeignet war. Möglicherweise war im Inokulat nicht genug oder kein *Rhizobium phaseoli* vorhanden mit dem die Phaseolus-Bohne eine Symbiose eingehen kann (Kahnt 2008, 45). Wie sich bei der Auswertung der Erträge zeigte, hatte der geringere Knöllchenbesatz im Vergleich zu den anderen Kulturen keinen Einfluss auf den TM Ertrag, der bei den Trockenbohnen mit 1485 kg TM ha⁻¹ bei der Black Turtle und 1001 kg TM ha⁻¹ bei der Rotholzer signifikant am höchsten war.

Bei der Palerbse gab es große Unterschiede im Aufgang zwischen den Parzellen. Bei einer der Parzellen in Reihensaat waren die zwei linken Saatreihen zu 80 % aufgegangen während in den zwei rechten

Reihen kaum etwas wuchs. Möglicherweise gab es hier ein Problem mit verstopften Säscharen und die Erbsensamen wurden unregelmäßig zwischen den Saatreihen verteilt. Die Erbse als einzige hypogäisch keimende Art hätte auch etwas tiefer (5 - 8 cm) als die für alle Kulturen verwendeten 3 cm Saattiefe angebaut werden können (Sperber 1988, 61; Kahnt 2008, 122). Bei der Palerbse war somit auch nach der Lupine am meisten Unkraut zu finden. Bis zur Messung des Blattflächenindex hatte aber auch die Palerbse in der Entwicklung aufgeholt und eine große Blattfläche mit einem LAI von 2 gebildet. Normalerweise kann bei Erbsen die Blattfläche bei einem schlechten Aufgang nicht so gut ausgeglichen werden wie bei Getreide, da sie nicht bestocken (Melzer 1987). Durch verstärktes Verzweigen kann eine geringe Pflanzendichte bei guter Stickstoffversorgung aber noch besser kompensiert werden als bei schlechter, was durch den vorhergehenden langen Luzernebestand auf der Versuchsfläche gegeben war (Doré et al. 1998). Außerdem waren bei der Palerbse gemeinsam mit der Berglinse und knapp dahinter der Alblinse die meisten Wurzelknöllchen zu finden und somit eine gute Stickstofffixierleistung gegeben.

Bei den meisten Körnerleguminosen wird das Maximum der Stickstofffixierung zur Blüte erreicht und nimmt danach ab. Durch die trockene und warme Witterung waren die Kulturen in ihrer Entwicklung im Juli des Versuchsjahres schon weit fortgeschritten. Am Tag der Wurzelknöllchenbonitur (07. Juli) war die Blüte schon länger vorbei und Hülsen hatten sich gebildet. Dies führte dazu, dass die Assimilate in die Körner eingelagert wurden und nicht mehr für die Rhizobien zur Verfügung standen (Diepenbrock et al. 1999, 212). Dementsprechend waren die meisten Wurzelknöllchen am Absterben und teilweise nur mehr die leeren Hüllen zu finden. Bei kaum einem der Knöllchen war noch die rote Farbe im Innern zu finden, die auf aktive Rhizobien hindeutet. Die durch den trockenen Juni bedingte beschleunigte Entwicklung wirkte sich auch auf den Ertrag aus, worauf im nächsten Kapitel näher eingegangen wird.

Bei den Lupinen war der Aufgang so niedrig, dass zum Zeitpunkt der LAI Messung nur wenige Pflanzen auf der Versuchsfläche standen. Dementsprechend war die Blattfläche mit einem LAI von 0,5 signifikant am niedrigsten. Ein Grund für den schlechten Aufgang dürfte im pH-Wert beziehungsweise dem im Boden des Versuchsstandorts vorhandenen Kalk begründet liegen. Mit einem pH von etwa 6,7 war er zu wenig sauer um ein gutes Wachstum zu gewährleisten (Plarre 1999, 698). Das kann bei Lupinen Totalausfälle zur Folge haben (Freyer et al. 2005, 97). Bei jungen Pflanzen konnte eine Gelbverfärbung der Blätter ausgehend vom Rand beobachtet werden, was auf Lupinenchlorose hindeutete (Bayerische LfL 2016). Bei den Lupinen kam auch noch dazu, dass von den verbliebenen Pflanzen viele durch Vögel abgezwickte Keim-Blätter aufwiesen. Die Lupinen konnten den schlechten Aufgang auch nicht mehr ausgleichen und bildeten keinen geschlossenen Bestand. An den Wurzeln der wenigen verbliebenen Lupinenpflanzen waren aber von allen Kulturen die größten Wurzelknöllchen zu finden.

6.1.2 Ertrag

Bei der Lupine war aufgrund der schlechten Bestandesentwicklung der Ertrag so gering, dass sich die Ernte in der Praxis nicht gelohnt hätte. In der Literatur angegebene durchschnittliche Erntemengen von 1,3 t (Plarre 1999, 691), 2,3 t (Sperber 1988, 90) oder Spitzenerträge von 4 t (Diepenbrock et al. 2016, 204) konnten bei weitem nicht erreicht werden. Auch der in der STATISTIK AUSTRIA (2017) angegebene Durchschnittsertrag für Körnerleguminosen wie Wicken, Platterbsen, Süßlupinen von 2,04 t ha⁻¹ liegt viel höher. Hauptgrund dafür war, wie oben angegeben der mit 16 % von allen Kulturen niedrigste Aufgang, wodurch nur wenige Pflanzen auf der Versuchsfläche zu finden waren. Wie sich

zeigte war der schwach saure pH am Versuchsstandort mit 6,7 nicht für die Lupine geeignet. Der Boden sollte unbedingt einen pH von unter 6 aufweisen da Lupinen keinen Kalk vertragen (Freyer et al. 2005, 97).

Mit 765 kg ha⁻¹ war der Ertrag der Palerbse im Vergleich zu in der Literatur angegebene Spitzenerträgen von bis zu 5 t um ein vielfaches niedriger (Diepenbrock et al. 2016, 198). Auch der Durchschnittsertrag 2017 von 1,31 t ha⁻¹ in der biologischen Landwirtschaft in Österreich war fast um das doppelte höher als der Erntertrag im Versuch (BMLFUW 2017). Im Versuch von Freyer et al. (2006) im Pannonikum lagen die Erträge ebenfalls höher. Bei jenem Versuch wurden verschiedene Körnererbsensorten angebaut, die im Versuchsjahr 2002 zwischen 1440 und 3382 kg und im Versuchsjahr 2003 zwischen 1117 und 2450 kg Ertrag pro ha erreichten.

Bei der Palerbse war der Aufgang mit etwa 30 % zwar nach der Lupine der niedrigste von allen Kulturen, sie konnte aber trotzdem bis zur Messung des LAI am 13. Juni eine große Blattfläche bilden, was Voraussetzung für einen guten Ertrag ist. Sie war jedoch wie alle Kulturen stark von der Trockenheit im Juni betroffen. Der Ertrag hätte durch Bewässerung während der Blüte und zu Beginn des Hülsenwachstums verbessert werden können (Salter und Williams 2015).

Trockenheit ist weltweit gesehen der wichtigste abiotische Faktor der zur Ertragsreduktion führt und war wohl auch im vorliegenden Versuch der Hauptgrund dafür (Abate et al. 2012). Wassermangel wirkt sich bei Körnerleguminosen, wenn sie sich in der generativen Phase befinden negativer auf den Ertrag als in der vegetativen (Candraková und Macák 2014; Daryanto et al. 2015). So hat der sehr trockene Juni den Kulturen zu schaffen gemacht. Da im Juni insgesamt nur 55 mm Regen fielen, waren die Pflanzen nicht ausreichend mit Wasser versorgt was zu einer geringeren Assimilationsleistung führte. Viele der angelegten Blüten wurden daher wahrscheinlich als Folge der intrapflanzlichen Konkurrenz um Nährstoffe abgestoßen oder verkümmerten (Diepenbrock et al. 1999, 49f). Die Trockenperiode konnte wohl auch nicht mehr durch die danach überreichlich vorhandenen Niederschläge ausgeglichen werden. Andererseits war durch den trockenen Frühsommer der Unkraut- und Krankheitsdruck sicher geringer als er bei sehr feuchter Witterung gewesen wäre (Diepenbrock et al. 2016, 200).

Die beiden Trockenbohnen standen im Juni gerade in Blüte und warfen fast die ganze erste Generation der Blüten ab. Trotzdem, und obwohl sie gemeinsam mit der Rotholzer von allen Kulturen am wenigsten Wurzelknöllchen ausgebildet hatte, war der Kornertrag bei der Black Turtle mit 1.627 kg ha⁻¹ von allen Kulturen am höchsten. Die Stickstoffversorgung im Boden war hoch genug, um die Bohnen auch ohne Symbiose mit den Rhizobien mit ausreichend Stickstoff zu versorgen. Auf einem Feld mit schlechterer Stickstoffversorgung würde sich die schwache Bildung von Wurzelknöllchen stärker auf den Ertrag auswirken (Hansen 1994, 50). Vergleichsertragswerte von der im Versuch verwendeten Sorte liegen bei der Black Turtle vor. Bei einem Versuch im Jahr 2015 in Wies in der Steiermark konnten von der Black Turtle Trockenbohne knapp 2.000 kg ha⁻¹ geerntet werden (Stohandl 2015). Der Unterschied zum im Versuch erzielten Ertrag ist also nicht sehr groß und kann mit den sehr trockenen Bedingungen im Frühsommer erklärt werden.

Daryanto et al. (2015) empfehlen in der Züchtung vermehrt Augenmerk auf die phänotypische Plastizität zu legen um wechselnde Wasserversorgung für die Kulturen weniger problematisch werden zu lassen. Vor allem für die Phaseolus Bohne sind noch große züchterische Fortschritte nötig, da sie zu den empfindlichsten aller Körnerleguminosen zählt was Wassermangel betrifft (Daryanto et al. 2015).

Bei der Rotholzer Trockenbohne kam die Trockenheit im Juni ebenfalls in der kritischen Phase des generativen Wachstums. Sie erreichte trotzdem mit 1.098 kg ha⁻¹ den zweithöchsten Ertrag. Dieser

kam aber ebenfalls nicht an in der Literatur genannte Erträge von bis zu $2,7 \text{ t ha}^{-1}$ heran (Kratzsch 1999, 713). Bei der Rotholzer war außerdem die Qualität des Ernteguts stark beeinträchtigt. Viele der Bohnen waren gebrochen, was für den Verkauf als Trockenware ein Problem darstellen kann. Bei der Weiterverarbeitung zu anderen Lebensmitteln würden zerbrochene Bohnen aber nicht stören. Da es sich um eine alte noch züchterisch wenig bearbeitete Sorte handelt, wird auch in der Sortenbeschreibung darauf hingewiesen, dass die Sorte nicht gut zum maschinellen Dreschen geeignet ist (AGES 2015). Eine spezielle Ausstattung beim Dreschen wie Gummibeläge an heiklen Stellen und eine reduzierte Drehzahl hätte den Anteil gebrochener Bohnen vermindern können (Kratzsch 1999, 722).

Ein großes Problem bei den Trockenbohnen war die unregelmäßige Abreife. Manche Hülsen waren im September schon überreif und die Bohnen drohten herauszufallen, während andere noch fest verschlossen waren, wie in **Abbildung 18** zu sehen. Nachtrocknen war unbedingt nötig, da sonst der Ertrag niedriger ausgefallen wäre. Auch wenn die Kosten für die Nachtrocknung nicht sehr hoch sind, bedeutet es doch einen bedeutenden Mehraufwand im Vergleich zum Dreschen am Feld. Durch züchterische Arbeit an erfolversprechenden Bohnensorten könnte dieses Problem verbessert werden (Kelly et al. 1998; Svetleva 2003).



Abbildung 18: Sehr unterschiedlich reife Hülsen am 27. September 2018. Während einige Hülsen schon voll reif und schwarz sind und beginnen aufzuplatzen (a), stehen andere noch voll im Saft (b).

Das Problem der ungleichen Abreife war bei allen verwendeten Kulturen zu beobachten. Auch die Hülsen der Linsen waren einerseits schon vorzeitig aufgeplatzt und andererseits konnten sie vom Mähdrescher nicht gut geöffnet werden. Bei der Ernte war bei den Linsen außerdem das Problem, dass sie von allen Kulturen die kleinsten Samen hatten. Obwohl das Schneidewerk des Mähdreschers so bodennah wie möglich geführt wurde, wurden die unten an den Pflanzen sitzenden Linsen nicht gut erfasst. Ein Ährenheber beim Dreschen könnte hier Abhilfe schaffen (Sperber 1988, 63; Naumann 1999, 598).

Im Versuch konnten von der Alblinse durchschnittlich 457 kg ha^{-1} an Körnern geerntet werden. In der Breitsaatvariante lag der Ertrag allerdings bei 526 kg ha^{-1} , was einem um 36 % höheren Ertrag als in Reihensaat entspricht. Der Unterschied war allerdings nicht signifikant. Bei der Alblinse können im Gebiet der Schwäbischen Alb, von wo das Saatgut bezogen worden war, im Durchschnitt 500 bis 700 kg ha^{-1} geerntet werden, was somit in etwa dem Ertrag der Breitsaatvariante entspricht.

Bei der Berglinse war der Ertrag mit 537 kg ha⁻¹ sogar noch etwas höher. Mit 610 kg ha⁻¹ lag er ebenfalls in der Breitsaatvariante um 36 % höher. Den Linsen kam sicher zugute, dass bei ihnen der Ertrag normalerweise weniger stark von Trockenperioden beeinflusst wird, als das bei anderen Körnerleguminosen der Fall ist (Daryanto et al. 2015).

Bei allen verwendeten Kulturen blieben die Erträge hinter den in der Literatur angegebenen Erträgen zurück (Sperber 1988, 58, 90; Kratzsch 1999, 713; Plarre 1999, 691; Freyer et al. 2005, 102; Diepenbrock et al. 2016, 200, 204; Jeroch et al. 2016, 27). Allerdings gibt es in der Literatur keine Ergebnisse von Versuchen deren Produktionsbedingungen sich mit denen am Versuchsstandort genau decken. Außerdem wurden für den vorliegenden Versuch auch Sorten verwendet bei denen das Hauptaugenmerk nicht auf einem maximalen Ertrag, sondern auf Eignung für den Standort und als Speiseware lag.

6.1.3 Inhaltsstoffe

Bei einem höheren Kornertrag wäre bei der Lupine auch ein sehr guter Proteinertrag möglich gewesen, da die Lupinensamen mit 376 g kg⁻¹ TM den signifikant höchsten Rohproteingehalt aufwiesen, der sogar noch über Werten, die in der *Standard Reference Database* der USDA (2018) angegeben sind lag. Auffällig war, dass bei der Lupine der Gehalt an Rohfaser und Fett um ein Vielfaches höher war als bei den anderen Kulturen. Die hohen Gehalte können aber auch ein Resultat des geringen Ertrags sein. Mengen- und Spurenelemente waren bis auf Ca aber vergleichsweise wenig vorhanden (Brand et al. 2004).

Bei den Linsen mit ca. 330 g kg⁻¹ TM und der Erbse mit 300 g kg⁻¹ TM konnten im Vergleich zur Literatur ebenso überdurchschnittlich hohe Proteingehalte gemessen werden, wodurch auch der Hektar-Proteinertrag verhältnismäßig stärker stieg als bei den Bohnen, die nur etwa 23 % Rohprotein enthielten (Freyer et al. 2005, 134; Jeziorny et al. 2010; USDA 2018).

Auch im Vergleich zu anderen Daten waren die Fettgehalte bei Lupine mit 66,5 g kg⁻¹ TM, Black Turtle mit 22,5 g kg⁻¹ TM und Palerbse mit 20,5 g kg⁻¹ TM überdurchschnittlich hoch. Die Linsen dagegen hatten mit ca. 8 g kg⁻¹ TM nur wenig Fett und wie die Rotholzer mit 15,5 g kg⁻¹ TM auch weniger als die Durchschnittswerte aus der Literatur (Grela und Günter 1995).

Bei der Black Turtle waren die Gehalte an den Mengenelementen P (6,27 g kg⁻¹ TM), K (18,4 g kg⁻¹ TM), Ca (2,98 g kg⁻¹ TM), Mg (2,10 g kg⁻¹ TM) und S (2,79 g kg⁻¹ TM) überdurchschnittlich hoch im Vergleich zur Literatur. Bei der Rotholzer war der K-Gehalt mit 17,9 g kg⁻¹ TM ebenfalls sehr hoch, die anderen Mengenelemente lagen im Vergleich zur Literatur im Mittelfeld. Die beiden Linsen schnitten bezüglich ihrer Mineralstoffe, vor allem P (6,5 - 6,6 g kg⁻¹ TM) und K (12,2 - 13 g kg⁻¹ TM) im Vergleich mit der Literatur sehr gut ab. Die Palerbse enthielt deutlich mehr P (5,95 g kg⁻¹ TM), K (13,5 g kg⁻¹ TM) und Mg (1,6 g kg⁻¹ TM) als in anderen Quellen angegeben und der Ca-Gehalt war gut. (Souci et al. 2011, 266, 273, 290; Sandberg 2002; Cabrera et al. 2003; Brand et al. 2004; Jeroch et al. 2016, 61). Die Menge an Mineralstoffen, die von Körnerleguminosen eingelagert werden hängt von der Art aber auch der Umwelt und dem Klima ab (Hanczakowska 2016, 62). Alle Kulturen lagen mit ihren Werten mindestens im Durchschnitt. Bei der Black Turtle, die auch beim Ertrag das beste Ergebnis erzielte waren sie überdurchschnittlich hoch, bei der Lupine mit dem schlechtesten Ertrag unterdurchschnittlich.

Die Gehalte an Spurenelementen lagen im Vergleich zu Werten aus der Literatur meist gut bis überdurchschnittlich hoch. Die Erbse und die Trockenbohnen schnitten besonders gut ab. Bei den Linsen und der Lupine war der Gehalt an Mn niedriger als Vergleichswerte, bei der Lupine außerdem

auch Fe. In den anderen Kulturen waren dafür die Eisengehalte durchwegs überdurchschnittlich hoch im Vergleich zu Literaturangaben (Souci et al. 2011, 266, 273, 290; Sandberg 2002; Cabrera et al. 2003; Brand et al. 2004; Jeroch et al. 2016, 61).

Die Hypothese 1 konnte mit den Versuchsergebnissen widerlegt werden:

Die kultivierten Speisekürnerleguminosen unterscheiden sich (hinsichtlich Bestandesentwicklung, Ertrag und Inhaltsstoffe) signifikant voneinander.

6.2 Unterschiede zwischen den Systemen

Hypothese 2: Die Anbausysteme Breitsaat und Reihensaat haben bei den untersuchten Speisekürnerleguminosen keinen signifikanten Einfluss auf Bestandesentwicklung, Ertrag und Inhaltsstoffe.

In der Literatur wird der Breitsaat ein schlechterer Aufgang als der Reihensaat zugeschrieben (Heege 1970; Baeumer 1992, 149). Dies konnte im vorliegenden Versuch allerdings nicht bestätigt werden, da der Aufgang mit 59 % in Breitsaat dem Aufgang in Reihensaat mit 61 % sehr ähnlich war und auch die statistische Analyse keine signifikanten Unterschiede zwischen den Systemen feststellen konnte. Für den vorliegenden Versuch wurde allerdings in beiden Anbausystemen die gleiche Anbautechnik mit Hilfe von Säscharen verwendet. Bei einer oberflächlichen Ausbringung des Saatgutes und einer nachfolgenden Einmischung in den Boden, wie die Breitsaat auch durchgeführt werden kann, kann die unterschiedliche Tiefenverteilung der Samen zu einem schlechteren Feldaufgang in Breitsaat führen (Heege 1970).

Dadurch, dass der Aufgang in beiden Systemen etwa gleich groß war und sich die Pflanzen gleich entwickelten, wurde auch in der statistischen Analyse des Blattflächenindex mit 1,37 in Breitsaat und 1,51 in Reihensaat kein signifikanter Unterschied zwischen den Systemen gefunden. Alle Kulturen bildeten in Breit- und Reihensaat eine in etwa gleich große Blattfläche aus, obwohl bei der Reihensaat zwischen den Saatzeilen auch Streifen waren auf denen gar keine Pflanzen standen. Weil in beiden Systemen die gleiche Saatstärke verwendet worden war, waren in Reihensaat in den Pflanzenreihen mehr Pflanzen hintereinander zu finden die somit weniger Platz für Wachstum nach vorne und hinten hatten. Um die gleiche Blattfläche ausbilden zu können, mussten sich die Pflanzen in ihrer Verzweigung mehr auf die Seite und nach oben orientieren. Das erhöht die Gefahr von Lagern (Mairunteregg 2012). Wenn die Pflanzen seitlich mehr Platz und somit Licht haben setzen sie auch weiter unten Hülsen an. Das kann zum Beispiel bei den sowieso sehr kleinen Linsenpflanzen die Ernte erschweren und den Ertrag mindern (Eser et al. 1999, 735).

Der Unterschied in der Unkrautbekämpfung zwischen den Systemen also Striegeln oder Hacken hatte beim vorliegenden Versuch keinen Einfluss auf die Bestandesentwicklung, da die Unkrautbekämpfung bei beiden Systemen gleichermaßen von Hand durchgeführt wurde. Außerdem war im Versuchsjahr durch die Trockenheit im Frühsommer wenig Unkraut vorhanden. Vor allem in Jahren mit mehr Niederschlägen und höherem Unkrautdruck ist es aber grundsätzlich ein großer Vorteil, dass bei der Reihensaat zwischen den Saatzeilen Fahrgassen freibleiben (Heege 1970). Diese können verwendet werden um auch bei bereits größeren Pflanzen noch eine mechanische Unkrautbekämpfung mit einem Hackgerät durchzuführen (Baeumer 1992, 150).

Bei der Reihensaat wirkt sich der Reihenabstand oft auf den Ertrag aus. Bei Getreide erhöht sich der Ertrag pro cm geringeren Reihenabstandes um 0,7 % (Schön 1998, 172). Demnach hätte auch bei den Körnerleguminosen eine verringerte Reihenweite zu einem besseren Ertrag führen können. Ein

Versuch mit Sojabohnen konnte jedoch weder bei unterschiedlichen Reihenweiten zwischen 12 und 36 cm noch bei unterschiedlichen Saatstärken einen Unterschied im Ertrag feststellen (Mairunteregg 2012). Bei einem anderen Versuch mit Soja wurde darauf hingewiesen, dass eine geringere Reihenweite zwar zu einem höheren Bodendeckungswert und einem schnelleren Bestandesschluss führt, es konnte aber ebenfalls kein statistischer Unterschied im Ertrag zwischen den Reihenweiten festgestellt werden (Pucher 2017).

Die Breitsaat ist vom Verfahren her unkomplizierter als die Reihensaat (Baeumer 1992, 149). Außerdem kann bei Getreide laut Literatur durch die bessere Standraumnutzung von einem Mehrertrag von 275 kg ha⁻¹ ausgegangen werden wenn eine gleichmäßige Ablagetiefe erreicht wird (Heege 1970). Schön (1998, 173) gibt bei Getreide einen um 4 – 6 % höheren Ertrag in Breitsaat an. Beim Versuch mit Körnerleguminosen der in der vorliegenden Arbeit behandelt wird war der Mehrertrag in Breitsaat zwar mit 8,5 % noch größer als bei Schön (1998, 173), jedoch konnte keine statistische Signifikanz ermittelt werden. Weitere Versuche in Folgejahren wären notwendig um die Systeme unter anderen Witterungsbedingungen erneut zu testen.

In einem Artikel aus der Schweiz (Angehrn und Messerli 2008) wurde mit einer Vollkostenrechnung die Wirtschaftlichkeit von Breit- und Reihensaat bei Raps untersucht. Wenn für beide Systeme der gleiche Ertrag angenommen wird, schneidet Breitsaat insgesamt besser ab, da die Arbeiterledigungskosten insgesamt niedriger sind. Es wird jedoch betont, dass die Wirtschaftlichkeit in erster Linie davon abhängt welche Maschinen am Betrieb schon vorhanden und wie gut ausgelastet diese sind (Angehrn und Messerli 2008). Da im vorliegenden Versuch keine statistisch abgesicherten Unterschiede in den Erträgen ermittelt werden konnten und Hacken laut Daten des IDB nur um 0,70 € ha⁻¹ teurer ist als Striegeln, kann auch bei den Deckungsbeiträgen von gleichen Werten für Breit- und Reihensaat ausgegangen werden.

In sämtlichen untersuchten Inhaltsstoffen der Körnerleguminosen waren die Ergebnisse der Systeme Breit und Reihensaat sehr ähnlich. Statistisch konnte kein Unterschied gefunden werden. Es ist daher davon auszugehen, dass das System keinen Einfluss auf die Inhaltsstoffe hatte.

Die Hypothese 2 wurde im Versuch bestätigt.

6.3 Deckungsbeitrag

Hypothese 3: Der Anbau der untersuchten Speisekörnerleguminosen liefert keinen ausreichend hohen Deckungsbeitrag, um den Anbau für Landwirtinnen und Landwirte wirtschaftlich interessant zu machen.

Der Deckungsbeitrag war bei der Black Turtle Trockenbohne mit 2.366 € ha⁻¹ mit Abstand am höchsten. Das hat den Grund, dass sie einerseits den besten Ertrag lieferte, andererseits bei ihr weniger Saatgut ausgebracht wurde als zum Beispiel bei der Rotholzer Trockenbohne oder der Palerbse. Da preismäßig nicht zwischen den Kulturen unterschieden wurde war der Ertrag der bestimmende Faktor. Um den Deckungsbeitrag in der Praxis zu verbessern wäre demnach der erste Schritt durch eine optimierte Kulturführung den Ertrag zu erhöhen. Dazu könnten eine besser an die Kulturen angepasst Aussaat und Ernte sowie eine effektivere Unkrautbekämpfung zählen. Auch der Anbau als Mischkultur von Körnerleguminose und einem Getreide könnte eine Option sein.

Wenn mit dem Erzeugerpreis von 1,90 € kg⁻¹ gerechnet wird, können alle Körnerleguminosen mit den Deckungsbeiträgen von Speisegetreide konkurrieren. Auch die Linsen mit 313 € ha⁻¹ und 450 € ha⁻¹

liegen über den Deckungsbeiträgen von Roggen mit 162 € ha⁻¹ und Dinkel mit 262 € ha⁻¹, jedoch hinter Brotweizen mit 549 € ha⁻¹. Die Palerbse liegt mit 719 € ha⁻¹ hinter der Sojabohne mit 1027 € ha⁻¹. Die Rotholzer mit 1275 € ha⁻¹ liegt vor der Sojabohne und die Black Turtle 2366 € ha⁻¹ überhaupt um mehr als das doppelte darüber. Wenn mit dem Erzeugerpreis von 0,79 € kg⁻¹ gerechnet wird liegt nur die Black Turtle mit 770 € ha⁻¹ vor dem Weichweizen, alle anderen dahinter und bei drei der Kulturen ist der Deckungsbeitrag überhaupt negativ.

Das heißt, dass der Deckungsbeitrag von alternativen Körnerleguminosen neben dem Ertrag stark davon abhängig ist wie sie vermarktet werden. Je nachdem an welche Stellen geliefert wird, kann der Deckungsbeitrag besser oder schlechter ausfallen. Es ist davon auszugehen, dass in der Direktvermarktung noch bessere als die ermittelten Preise erzielt werden können (Mayr 2011; KeyQUEST 2016). Dem kommt entgegen, dass von einem steigenden Interesse der Konsumentinnen und Konsumenten nach regionalen Bio-Lebensmitteln und einer fleischreduzierten Ernährung ausgegangen werden kann (Elmadfa und Leitzmann 2015, 741; Reitsamer 2018). Bei der Direktvermarktung ist allerdings mit hohen Reinigungskosten zu rechnen, wenn dies nicht von einem Verarbeiter übernommen wird. Dabei wäre besonders darauf zu achten die Bestände unkrautfrei zu halten um eine Verschmutzung mit Samen oder Pflanzenteilen möglichst zu verhindern.

Bei der Berechnung des Deckungsbeitrages wurde der sogenannte einfache Deckungsbeitrag verwendet. Dieser deckt aber nur einen relativ kurzen Beobachtungszeitraum und nur den monetären Erfolg der aktuell angebauten Kultur ab. Die vielen positiven Eigenschaften die Körnerleguminosen in der Fruchtfolge haben, werden vom einfachen Deckungsbeitrag nicht ausreichend berücksichtigt. Besser wäre es den erweiterten oder sogar Fruchtfolge-Deckungsbeitrag zu verwenden. Diese umfassen auch den Wert der Kultur für die Nachfrucht beziehungsweise die ganze Fruchtfolge. So wird nicht nur die Fixierung und Einbringung von Stickstoff in das System berücksichtigt, sondern auch die Förderung der Bodengare, Humusmehrung, phytosanitäre Wirkung und Ertragseffekte auf die Folgefrüchte (Weitbrecht und Pahl 2000; Freyer et al. 2006).

Durch die Verwendung eines erweiterten Deckungsbeitrages würde sich aus wirtschaftlicher Sicht die Attraktivität des Anbaus von Körnerleguminosen stark erhöhen. Weitbrecht und Pahl (2000) geben an, dass der Wert von Körnerleguminosen in der Fruchtfolge meist mit Beträgen zwischen 100 und 175 € pro ha und Jahr beziffert werden kann. Kahnt (2008, 88) gibt einen monetären Vorteil zwischen 100 und 500 € pro ha und Jahr an der durch die Verwendung von Körnerleguminosen in der Fruchtfolge entsteht.

Entscheidend für die Attraktivität des Anbaus von Körnerleguminosen sind also einerseits die Möglichkeiten der Vermarktung und andererseits wie gut sie in die Fruchtfolge integriert werden können um so auch neben dem Verkauf der Ernteerträge einen Mehrwert zu schaffen.

Die Hypothese 3 wurde teilweise widerlegt:

Der Anbau der untersuchten Speisekörnerleguminosen liefert abhängig von den Vermarktungsmöglichkeiten einen ausreichend hohen Deckungsbeitrag, um den Anbau für Landwirtinnen und Landwirte wirtschaftlich interessant zu machen.

7 Conclusio

In diesem Versuch wurde überprüft ob und unter welchen Bedingungen Körnerleguminosen zu Speisezwecken im Alpenvorland angebaut werden können. Leguminosen nehmen vor allem in der biologischen Landwirtschaft einen besonderen Platz ein. Durch Symbiose mit Bakterien haben sie die Fähigkeit Stickstoff aus der Luft zu fixieren und in das Fruchtfolgesystem einzubringen. Aber auch für die gesamte Gesellschaft sind sie von großer Bedeutung. Als sehr proteinreiche Nahrungsmittel können die Samen von Körnerleguminosen einen wichtigen Stellenwert in der Ernährung der Bevölkerung einnehmen. Vor allem im Vergleich mit Proteinen aus tierischen Produkten können sie ressourcenschonender produziert werden und bringen gesundheitliche Vorteile mit sich. Auch könnte durch ihren vermehrten Anbau die Abhängigkeit in der Proteinversorgung von anderen Kontinenten verringert werden.

Für einen erfolgreichen Anbau von Körnerleguminosen sind in der Praxis folgende Aspekte zu beachten. Durch ihre relativ schwache Konkurrenzkraft sind Körnerleguminosen gefährdet, stark zu verunkrauten. Vor allem unter niederschlagsreichen Bedingungen muss eine effektive Unkrautbekämpfung vorgenommen werden können. Auch für die Aussaat und Ernte ist von Seiten der Landwirtinnen und Landwirte sowohl einiges an Wissen (bezüglich Bodenbearbeitung, Saatstärke, Aussaat- und Erntetermin) als auch eine geeignete maschinelle Ausstattung nötig, um gute Erträge zu erzielen.

Für die Aussaat wurden im vorliegenden Versuch die beiden Systeme Reihen- und Breitsaat verglichen. Der Vorteil der Reihensaat für die Praxis ist eine erleichterte Unkrautbekämpfung durch das Freibleiben von Fahrgassen und Hackreihen. Bei der Breitsaat können die Pflanzen den Standraum besser nutzen. Zwischen den beiden untersuchten Anbausystemen ließ sich jedoch im Versuch bei keinem der untersuchten Parameter ein statistisch signifikanter Unterschied feststellen. Welches System in der Praxis gewählt werden sollte, hängt in erster Linie von den schon vorhandenen Geräten ab.

Bei der Ernte können die ungleiche Abreife und das vorzeitige Platzen der Hülsen zu Problemen führen. Es sollte daher auf möglichst schonendes Dreschen geachtet werden. Spezielle Ausrüstung wie die Verwendung eines Ährenhebers kann die Ernte erleichtern. Es wäre auch wünschenswert, durch weitere züchterische Bearbeitung der Kulturen hinsichtlich gleichmäßigerer Abreife und verbesserter Platzfestigkeit der Hülsen eine Erleichterung der Ernte zu erreichen.

Die Trockenbohnen erreichten von allen Kulturen die höchsten Erträge – gefolgt von der Palerbse. Die Linsen folgten dahinter, konnten jedoch - verglichen mit der Literatur - auch gute Erträge erzielen. Die Lupine lieferte am Versuchsstandort aufgrund ihrer Kalkempfindlichkeit keinen Ertrag.

In den vergangenen Jahren war zu sehen, dass der Anbau von Körnerleguminosen durch starke Ertragsschwankungen zwischen den Jahren von einem gewissen Risiko geprägt war. Der Anbau in Mischkultur oder als Winterung könnte eine Möglichkeit darstellen, dieses Risiko zu vermindern. Dadurch könnten Trockenperioden im Frühling besser durch die Winterfeuchte ausgeglichen werden, aber auch eine bessere Unterdrückung des Unkrautes erreicht werden.

Wie sich gezeigt hat, können je nach Erzeugerpreisen die Deckungsbeiträge sehr unterschiedlich ausfallen. Geeignete Absatzmöglichkeiten – sei es in der Direktvermarktung oder durch eine

Erzeugergemeinschaft – bestimmen ob die Preise hoch genug sind, um für die aufwendige Produktion zu entschädigen.

Grundsätzlich konnte gezeigt werden, dass der Anbau von Speisekörnerleguminosen im Alpenvorland möglich ist und unter Berücksichtigung der behandelten Aspekte für die Landwirtinnen und Landwirte eine vielversprechende Option ist.

I. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Durchschnittliche Erträge von Körnererbse und Sojabohne in t pro ha im biologischen Ackerbau in Österreich zwischen 2004 und 2016. Quelle: Vollständiger Tabellenteil Grüner Bericht 2017.....	22
Abbildung 2: Satellitenfoto der Versuchsfläche, sie ist rot umrandet und ca. 52 m lang. Quelle: Google Kartendaten 2018.....	29
Abbildung 3: Langjährige Klima Mittelwerte Lambach, Quelle: ZAMG.....	31
Abbildung 4: Langjährige Klima Mittelwerte Kremsmünster, Quelle: ZAMG	30
Abbildung 5: Versuchsplan der verwendeten zweifaktoriellen Spaltanlage mit den Großteilstücken (grün = Breitsaat, blau = Reihensaat) und den angebauten Kulturen als Kleinteilstücke (1 = Berglinse, 2 = Trockenbohne Black Turtle, 3 = Albinse, 4 = Palerbse, 5 = Lupine, 6 = Trockenbohne Rotholzer).....	31
Abbildung 6: Aussaat mit der Parzellensämaschine am 18.03.17. Das Saatgut für eine Parzelle wird in den Verteiltrichter der Parzellensämaschine eingefüllt.....	34
Abbildung 7: LAI Messung am 13.Juni 2017. Der Stab des Geräts (a) liegt unter den Bohnenpflanzen. Ein zweiter Sensor (b) misst die Sonneneinstrahlung.....	36
Abbildung 8: Parzellenmähdrescher bei der Ernte am 17.Juli 2017. Die Bohnen auf der rechten Seite des Bildes sind noch grün, während die anderen Kulturen schon stark vertrocknet sind.	36
Abbildung 9: Erklärung der erstellten Box-Plot Diagramme.....	38
Abbildung 10: Niederschlag und Temperatur 2017 Kremsmünster, Quelle: ZAMG Histalp.....	41
Abbildung 11: Box-Plot Darstellung der Bonitur des Aufgangs der Kulturen [%] am 26.Mai.	42
Abbildung 12: Die Parzellen mit Erbsen (a), Bohnen (b) und Linsen (c) sind am 6. Juni 2017 in Reihensaat relativ dicht mit den Kulturen bewachsen und es ist deshalb wenig Unkraut vorhanden. Der Lupinenbestand (d) weist viele Lücken auf und ist schon stark verunkrautet.....	43
Abbildung 13: Box-Plot Diagramm des Unkrautdrucks bei der Bonitur am 26.Mai. Boniturnoten von 1 bis 5.	43
Abbildung 14: Darstellung der Wurzelknöllchenbonitur am 12.Juli 2017 als Box-Plot Diagramm. Boniturnoten von 1 bis 5.....	44
Abbildung 15: (Pfahl-) Wurzel einer Lupine mit großen Knöllchen (a) an der Hauptwurzel am 12. Juli 2017.....	44
Abbildung 16: Werte der beiden LAI-Messungen für alle Kulturen und die beiden Anbausysteme. 1. Termin 13.Juni 2017, 2. Termin 12.Juli 2017. Die Fehlerbalken geben die Standardabweichung an. BS= Breitsaat, RS= Reihensaat.....	45
Abbildung 17: Durchschnittliche Erntemenge der in kg ha ⁻¹ . Die Fehlerbalken geben die Standardabweichung an.....	47
Abbildung 18: Sehr unterschiedlich reife Hülsen am 27. September 2018. Während einige Hülsen schon voll reif und schwarz sind und beginnen aufzuplatzen (a), stehen andere noch voll im Saft (b).	54
Abbildung 19: Plan für die Anlage des Versuchs am Standort Stadl-Paura als zweifaktorielle Spaltanlage.	74

II. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Proteingehalte in den Samen von Körnerleguminosen.....	14
Tabelle 2: Stickstofffixierungspotential verschiedener Leguminosenarten. Minimal bis maximal erreichbare Werte, Durchschnittswerte in Klammer.....	23
Tabelle 3: Durchschnittswerte der Bodenuntersuchung, die auf der Versuchsfläche in Stadl-Paura durchgeführt wurde.	29
Tabelle 4: Aussaatmengen und Eigenschaften des Saatguts der einzelnen Kulturen pro Parzelle	33
Tabelle 5: Kategorien für die Unkrautbonitur.	35
Tabelle 6: Boniturschema zur Bewertung der Wurzelknöllchen an den Pflanzen der einzelnen Kulturen.	35
Tabelle 7: Berechnung der variablen Maschinenkosten für alle Kulturen.....	39
Tabelle 8: Übersicht über Aufgang [%], Unkraut und Wurzelknöllchen [Boniturnoten 1-5] für die Kulturen sowie die beiden Anbausysteme.	41
Tabelle 9: Übersicht der Wechselwirkungen zwischen System und Kultur bei den Bonituren von Aufgang [%], Unkraut und Wurzelknöllchen [Noten 1-5].	42
Tabelle 10: Statistische Auswertung der LAI-Messungen an den zwei Terminen für die unterschiedlichen Kulturen und die beiden Anbausysteme. 1. Termin 13.Juni 2017, 2. Termin 12.Juli 2017	45
Tabelle 11: Übersicht über die Wechselwirkungen zwischen System und Kultur bei der Messung des LAI an den zwei Terminen.	46
Tabelle 12: Durchschnittliche Hektarerträge der Kulturen und Systeme und Übersicht über die statistische Auswertung.	46
Tabelle 13: Übersicht der Wechselwirkungen zwischen System und Kultur hinsichtlich des Ertrages. 46	
Tabelle 14: Durchschnittliche Rohproteinträge der Kulturen und Systeme pro ha und statistische Auswertung.	47
Tabelle 15: Statistische Auswertung der Wechselwirkungen zwischen Kultur und System bei den Rohproteinträgen.....	47
Tabelle 16: Statistische Auswertung der chemischen Analyse der Inhaltsstoffe der Kulturen.	49
Tabelle 17: Darstellung der Berechnung des Deckungsbeitrages am Beispiel der Albinse.	50
Tabelle 18: Ermittelte Deckungsbeiträge der Kulturen für zwei unterschiedliche Erzeugerpreise.	50
Tabelle 19: Durchschnittliche Bio- Ernterträge (2003-2016) und Deckungsbeiträge von ausgewählten Bio- Kulturen in Österreich.....	51
Tabelle 20: Übersicht der Wechselwirkungen der Ergebnisse der chemischen Analyse zwischen System und Kultur.	75

III. Literaturverzeichnis

- Abate, T.; Alene, A. D.; Bergvinson, D.; Shiferaw, B.; Silim, S.; Orr, A.; Asfaw, S. (2012): Tropical grain legumes in Africa and South Asia. Knowledge and opportunities. Nairobi, Kenya: ICRASAT.
- AGES (2015): SLK - Sortenliste / Sortenbeschreibungen. Online verfügbar unter <http://slk.ages.at/slk-sortenliste-beschreibungen-saatgutbezug/>, zuletzt geprüft am 17.06.2018.
- Angehrn, J.; Messerli, N. (2008): Vollkostenrechnung für Reihen- und Breitsaat. Bio Suisse, FIBL. Liebegg. Online verfügbar unter <http://www.bioaktuell.ch/pflanzenbau/ackerbau/oelpflanzen/raps/wirtschaftlichkeit-raps/vollkostenrechnung-fuer-reihen-und-breitsaat.html>, zuletzt aktualisiert am 09.02.2010, zuletzt geprüft am 16.05.2018.
- Arima, E. Y.; Barreto, P.; Araújo, E.; Soares-Filho, B. (2014): Public policies can reduce tropical deforestation. Lessons and challenges from Brazil. In: *Land Use Policy* 41, S. 465–473. DOI: 10.1016/j.landusepol.2014.06.026.
- Arndorfer, M. (2004): Bluzza, Köch & Umrurken. Auf den Spuren traditioneller Gemüsesorten in Österreich. ARCHE NOAH. Schiltern.
- Auer, I.; ZAMG (1998): Klimatographie und Klimaatlas von Oberösterreich. Linz: OÖ. Musealverein-Ges. f. Landeskunde.
- Baeumer, K. (1992): Allgemeiner Pflanzenbau. 3., überarb. und erw. Aufl. Stuttgart: Ulmer (UTB für Wissenschaft Uni-Taschenbücher Agrarwissenschaften, 18).
- Baltes, W. (2000): Lebensmittelchemie. Fünfte, vollständig überarb. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer (Springer-Lehrbuch).
- Barona, E.; Ramankutty, N.; Hyman, G.; Coomes, O. T. (2010): The role of pasture and soybean in deforestation of the Brazilian Amazon. In: *Environmental Research Letters* 5 (2). DOI: 10.1088/1748-9326/5/2/024002.
- Bayerische LfL (2014): Linsen. Anbau und Verwertung. Freising-Weihenstephan: Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung.
- Bayerische LfL (2016): Lupine. Anbau und Verwertung. Freising-Weihenstephan: Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung.
- Bedlan, G. (Hg.) (2011): Landwirtschaft, Lebensmittel und Veterinärmedizin – Zukunft der Forschung in Österreich. Graz, 23. – 24.05.2011. Arbeitsgemeinschaft für Lebensmittel-, Veterinär- und Agrarwesen. Wien.
- BMLFUW (2017): Grüner Bericht 2017. Bericht über die Situation der Österreichischen Land- und Forstwirtschaft im Jahr 2016. 58. Aufl. Wien.
- Bongaarts, J. (2009): Human population growth and the demographic transition. In: *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences* 364 (1532), S. 2985–2990. DOI: 10.1098/rstb.2009.0137.
- Börnecke, S. (2013): Mit Vieh, Futter und Dünger in den Klimawandel. In: Chemnitz, C. und Benning, R. (Hg.): Fleischatlas. Berlin: *Heinrich-Böll-Stiftung, Bund für Umwelt-und Naturschutz, Le Monde diplomatique*. S. 30–31.

- Brand, T. S.; Brandt, D. A.; Cruywagen, C. W. (2004): Chemical composition, true metabolisable energy content and amino acid availability of grain legumes for poultry. In: *South African Journal of Animal Science* 34 (2), S. 116–122.
- Cabrera, C.; Lloris, F.; Gimenez, R.; Olalla, M.; Lopez, M. C. (2003): Mineral content in legumes and nuts. Contribution to the Spanish dietary intake. In: *Science of the Total Environment* 308 (1-3), S. 1–14.
- Candr kov, E.; Macak, M. (2014): Yield Formation Strategies of Common Pea. In: *Research Journal of Agricultural Science* 46 (1), S. 117–123.
- Charles, R.; Gaume, A.; Richthofen, J.-S. von (2007): Auswertung des Körnerleguminosenanbaus durch die Produzenten. In: *AGRARForschung* 14 (7), S. 300–305.
- Chemnitz, C.; Benning, R. (2013): Fleischatlas. Berlin: *Heinrich-Böll-Stiftung, Bund für Umwelt-und Naturschutz, Le Monde diplomatique*.
- Cole, C. V.; Duxbury, J.; Freney, J.; Heinemeyer, O.; Minami, K.; Mosier, A.; Paustian, K.; Rosenberg, N.; Sampson, N.; Sauerbeck, D.; Zhao, Q. (1997): Global estimates of potential mitigation of greenhouse gas emissions by agriculture. In: *Nutrient Cycling in Agroecosystems* (49), S. 221–228.
- Cordts, A.; Spiller, A.; Nitzko, S.; Grethe, H.; Duman, N. (2013): Fleischkonsum in Deutschland. Von unbek mmerten Fleischessern, Flexitariern und (Lebensabschnitts-) Vegetariern. In: *FleischWirtschaft* 7, S. 59–63.
- Coy, M.; Neuburger, M. (2002): Aktuelle Entwicklungstendenzen im lndlichen Raum Brasiliens. In: *Petermanns Geographische Mitteilungen* 146 (5), S. 74–83.
- Daryanto, S.; Wang, L.; Jacinthe, P.-A. (2015): Global Synthesis of Drought Effects on Food Legume Production. In: *PloS one* 10 (6). DOI: 10.1371/journal.pone.0127401.
- DGE (2012): Mehr Ballaststoffe bitte! Ballaststoffzufuhr lässt sich im Alltag leicht steigern. Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V. Bonn. Online verfügbar unter <https://www.dge.de/presse/pm/mehr-ballaststoffe-bitte/>, zuletzt geprüft am 06.06.2018.
- DGE (2013): Flexitariere — die flexiblen Vegetariere. Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V. Bonn (DGEInfo, 10/2013). Online verfügbar unter <https://www.dge.de/wissenschaft/weitere-publikationen/fachinformationen/flexitariere-die-flexiblen-vegetariere/>, zuletzt geprüft am 13.03.2018.
- DGE (2017): Vollwertig essen und trinken nach den 10 Regeln der DGE. Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V. Bonn. Online verfügbar unter <https://www.dge.de/10regeln>, zuletzt geprüft am 06.06.2018.
- Diepenbrock, W.; Ellmer, F.; Léon, J. (2016): Ackerbau, Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung. 4., überarb. Aufl. Stuttgart: Ulmer (UTB, 2629).
- Diepenbrock, W.; Fischbeck, G.; Heyland, K.-U.; Knauer, N. (1999): Spezieller Pflanzenbau. 3., neubearb. und erg. Aufl. Stuttgart: Ulmer (UTB f r Wissenschaft, 111).
- Doleschel, P.; Frahm, J. (2014): Landwirtschaftlicher Pflanzenbau (Komplettausgabe). 1. Aufl. München: BLV Buchverlag.
- Doré, T.; Meynard, J. M.; Sebillotte, M. (1998): The role of grain number, nitrogen nutrition and stem number in limiting pea crop (*Pisum sativum*) yields under agricultural conditions. In: *European Journal of Agronomy* 8 (1-2), S. 29–37. DOI: 10.1016/S1161-0301(97)00006-3.

- Duchin, F. (2005): Sustainable consumption of food. A framework for analyzing scenarios about changes in diets. In: *Journal of Industrial Ecology* 9 (1-2), S. 99–114.
- eBod (2018): Digitale Bodenkarte von Österreich. Online verfügbar unter www.bfw.ac.at/ebod, zuletzt geprüft am 28.06.2018.
- Eitenberger, M. (2015): Was ist ein Flexitarier? RMA Gesundheit GmbH. Wien. Online verfügbar unter <http://www.gesund.at/a/flexitarier-schnell-erklart>, zuletzt aktualisiert am 09.02.2015, zuletzt geprüft am 13.03.2018.
- Elmadfa, I.; Freisling, H. (Hg.) (2009): Österreichischer Ernährungsbericht 2008. 1. Aufl. Wien: Bundesministerium für Gesundheit.
- Elmadfa, I.; Leitzmann, C. (2015): Ernährung des Menschen. 5., vollst. überarb. und erw. Aufl. Stuttgart: Ulmer.
- Erbmeyer, E. (1987): Zur Bedeutung der Ertragssicherheit in der Züchtung von Ackerbohnen. In: *Vorträge für Pflanzenzüchtung* 6 (12), S. 168–179.
- Ertl, P.; Knaus, W.; Steinwidder, A. (2013): Biologische Milchviehhaltung ohne Kraftfuttereinsatz. Auswirkungen auf Tiergesundheit, Leistung und Wirtschaftlichkeit. In: Grünlandbasierte BIO-Rinderhaltung. Ergebnisse aus Forschung und Umsetzung ; Fachtagung für biologische Landwirtschaft 2013. Irdning: Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein, S. 5–9.
- Eser, D.; Sait Adak, M.; Plarre, W. (1999): Linse. In: Keller, E. R. (Hg.): Knollen- und Wurzelfrüchte, Körner- und Futterleguminosen. Stuttgart: Ulmer (Handbuch des Pflanzenbaues, 3).
- Fageria, N. K.; Baligar, V. C.; Zobel, R. W. (2007): Yield, Nutrient Uptake, and Soil Chemical Properties as Influenced by Liming and Boron Application in Common Bean in a No-Tillage System. In: *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 38 (11-12), S. 1637–1653. DOI: 10.1080/00103620701380413.
- FAO (2016): Meat & Meat Products. Unter Mitarbeit von Anthony Bennett. FAO. Online verfügbar unter <http://www.fao.org/ag/againfo/themes/en/meat/home.html>, zuletzt aktualisiert am 26.04.2016, zuletzt geprüft am 06.04.2018.
- Freyer, B.; Pietsch, G.; Hrbek, R.; Winter, S. (2005): Futter- und Körnerleguminosen im biologischen Landbau. 1. Aufl. Leopoldsdorf: Österreich. Agrarverl.
- Freyer, B.; Pietsch, G.; Starz, W. (2006): Optimierung von Körner- und Futtererbsenanbau und -verwertung unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus im pannonischen Klimagebiet. *Endbericht Projekt 1290*. Wien: BMLFUW, BOKU-IFÖL.
- Friedel, J., K. (2018): Erfahrungen aus der Praxis zu Anbaupausen bei Erbsen. Persönliche Mitteilung am 09.05.2018 an Mayr Tobias.
- Gardner, W. K.; Boundy, K. A. (1983): The acquisition of phosphorus by *Lupinus albus* L. IV. The effect of interplanting wheat and white lupin on the growth and mineral composition of the two species. In: *Plant and Soil* 70 (3), S. 391–402.
- Gasparri, N. I.; Grau, H. R.; Gutiérrez Angonese, J. (2013): Linkages between soybean and neotropical deforestation. Coupling and transient decoupling dynamics in a multi-decadal analysis. In: *Global Environmental Change* 23 (6), S. 1605–1614. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2013.09.007.

- Gollnow, F.; Lakes, T. (2014): Policy change, land use, and agriculture. The case of soy production and cattle ranching in Brazil, 2001–2012. In: *Applied Geography* 55, S. 203–211. DOI: 10.1016/j.apgeog.2014.09.003.
- Grela, E. R.; Günter, K. D. (1995): Fatty acid composition and tocopherol content of some legume seeds. In: *Animal Feed Science and Technology* 52 (3), S. 325–331. DOI: 10.1016/0377-8401(94)00733-P.
- Gruber, M. (2013): Die Zukunft is(s)t vegetarisch. Der Wandel von einer fleischdominierten Esskultur zu einer vegetarischen Ernährungsweise. Hamburg: Diplomica-Verl.
- Halweil, B. (2002): Home grown: The case for local food in a global market. Worldwatch Paper 163, Washington: Worldwatch Institute.
- Hanczakowska, E. (2016): Mineralstoffe. In: Heinz Jeroch, Antoni Lipiec, Hansjörg Abel, Jürgen Zentek, Eugenius R. Grela und Gerhard Bellof (Hg.): *Körnerleguminosen als Futter- und Nahrungsmittel*. Frankfurt: DLG-Verlag, S. 60–64.
- Hansen, A. (1985): Körnerleguminosen. In: *Rationalisierungskuratorium f. Landwirtschaft*. Kiel. S. 417–491.
- Hansen, A. P. (1994): Symbiotic N₂ fixation of crop legumes. Achievements and perspectives. Weikersheim: Margraf-Verl. (Hohenheim tropical agricultural series, 2).
- Happe, B. (2002): Deutsches Vieh darf nicht länger im Regenwald weiden! Unter Mitarbeit von Wolfgang Hees, Johannes Holz und Bernhard Walter. In: Kerstin Lanje (Hg.): *Das neue Qualitätsprüfzeichen für Lebensmittel - eine Perspektive für den nachhaltigen Sojahandel?* 1. Aufl. Rehbürg-Loccum: Evang. Akad (Loccumer Protokolle, 2001,59), S. 39–45.
- Harwatt, H.; Sabaté, J.; Eshel, G.; Soret, S.; Ripple, W. (2017): Substituting beans for beef as a contribution toward US climate change targets. In: *Climatic Change* 143 (1-2), S. 261–270. DOI: 10.1007/s10584-017-1969-1.
- Heege, H. J. (1970): Die Kornverteilung über die Bodenfläche bei der Drill-oder Breitsaat des Getreides. In: *Grundlagen der Landtechnik* 20 (2).
- Hein, W.; Waschl, H.; Böhm, M. (2011): Körnerleguminosen im Biolandbau als besondere Herausforderung im Hinblick auf Ertrag und Qualität. In: Gerhard Bedlan (Hg.): *Landwirtschaft, Lebensmittel und Veterinärmedizin – Zukunft der Forschung in Österreich*. Graz, 23. – 24.05.2011. Arbeitsgemeinschaft für Lebensmittel-, Veterinär- und Agrarwesen. Wien, S. 232–234.
- Hein, W.; Waschl, H. (2012): Körnerleguminosen im Biolandbau: Werden sie den Erwartungen gerecht? In: *Biologischer Anbau von Körnerleguminosen als besondere Herausforderung im humiden Klimagebiet*. Fachtagung Biologischer Ackerbau. HLFS St. Florian, 08.11.2012. Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein. Irdning, S. 23–31.
- Henseler, M.; Piot-Lepetit, I.; Ferrari, E.; Mellado, A. G.; Banse, M.; Grethe, H. et al. (2013): On the asynchronous approvals of GM crops. Potential market impacts of a trade disruption of EU soy imports. In: *Food Policy* 41, S. 166–176. DOI: 10.1016/j.foodpol.2013.05.005.
- Hoekstra, A. Y. (2008): The water footprint of food. In: Förare, J. (Hg.): *Water for food*. Stockholm, Sweden, S. 49–61.
- Horneburg, B. (2003): *Frischer Wind für eine alte Kulturpflanze! Linsen im ökologischen Anbau, ihre Geschichte und Verwendung*. 1. Aufl. Göttingen: Dreschflegel e.V.; Inst. für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Universität Göttingen.

Idel, A. (2012): Die Kuh ist kein Klima-Killer! Wie die Agrarindustrie die Erde verwüstet und was wir dagegen tun können. 4., durchges. Aufl. Marburg: Metropolis-Verl. (Agrarkultur im 21. Jahrhundert).

Ilgen, B.; Stamp, P. (1993): Nitrogen Effects on Seedling Roots of Crucifers and Legumes. In: *J Agron Crop Sci* 170 (1), S. 18–24. DOI: 10.1111/j.1439-037X.1993.tb01051.x.

INPE (2017): Projeto Prodes – Monitoramento da floresta Amazônica brasileira por satélite. *Taxas Anuais 1988 a 2017*. Instituto de Pesquisas Espaciais [INPE]. Online verfügbar unter <http://www.obt.inpe.br/prodes/dashboard/prodes-rates.html>, zuletzt aktualisiert am 17.10.2017, zuletzt geprüft am 11.05.2018.

Jensen, E. S.; Peoples, M. B.; Boddey, R. M.; Gresshoff, P. M.; Hauggaard-Nielsen, H.; J.R. Alves, B.; Morrison, M. J. (2012): Legumes for mitigation of climate change and the provision of feedstock for biofuels and biorefineries. A review. In: *Agron. Sustain. Dev.* 32 (2), S. 329–364. DOI: 10.1007/s13593-011-0056-7.

Jeroch, H.; Lipiec, A.; Abel, H.; Zentek, J.; Grela, E. R.; Bellof, G. (Hg.) (2016): *Körnerleguminosen als Futter- und Nahrungsmittel*. Frankfurt: DLG-Verlag.

Jezierny, D.; Mosenthin, R.; Bauer, E. (2010): The use of grain legumes as a protein source in pig nutrition. A review. In: *Animal Feed Science and Technology* 157 (3-4), S. 111–128. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2010.03.001.

Kahnt, G. (2008): *Leguminosen im konventionellen und ökologischen Landbau*. Frankfurt am Main: DLG-Verlag.

Kelly, J. D.; Kolkman, J. M.; Schneider, K. (1998): Breeding for yield in dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.). In: *Euphytica* 102 (3), S. 343–356. DOI: 10.1023/A:1018392901978.

Kerschbaummayr, T. (2012): Erfolgsversprechende Sorten im Körnerleguminosenanbau in den Feucht- und Übergangslagen von heute und morgen. In: *Biologischer Anbau von Körnerleguminosen als besondere Herausforderung im humiden Klimagebiet*. Fachtagung Biologischer Ackerbau. HLFS St. Florian, 08.11.2012. Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein. Irdning, S. 41–44.

KeyQUEST (2016): *Landwirte-Befragung zu Direktvermarktung*. Marktforschung im Auftrag des Agrar.Projekt.Verein/LK Österreich. Garsten. Online verfügbar unter <http://www.keyquest.at/news0/news-einzeldarstellung/article//jetzt-neu-ergebnisse-der-landwirte-befragung-vom-dezember-2016.html>, zuletzt geprüft am 17.06.2018.

Kissinger, G. M.; Herold, M.; Sy, V. de (2012): *Drivers of deforestation and forest degradation*. A synthesis report for REDD+ policymakers. Lexeme Consulting.

Kjærgaard, T. (2003): A Plant that Changed the World. The rise and fall of clover 1000-2000. In: *Landscape Research* 28 (1), S. 41–49. DOI: 10.1080/01426390306531.

Klebs, F. (2013): *Fleischkonsum in Deutschland: Zahl der Vegetarier verdoppelt sich / genereller Trend zu weniger Fleisch*. Universität Hohenheim (Pressemitteilungen Schwerpunkt Bioökonomie). Online verfügbar unter https://biooekonomie.uni-hohenheim.de/97677?&tx_ttnews%5Btt_news%5D=16795&L=0&cHash=d49a8b3a9b097bff69c66e4ee5e810b9, zuletzt aktualisiert am 22.07.13, zuletzt geprüft am 13.03.2018.

Kratzsch, G. (1999): Buschbohne. In: Keller, E. R. (Hg.): *Knollen- und Wurzelfrüchte, Körner- und Futterleguminosen*. Stuttgart: Ulmer (Handbuch des Pflanzenbaues, 3).

Kreutzberger, S.; Thurn, V. (2011): Die Essensvernichter. Warum die Hälfte aller Lebensmittel im Müll landet und wer dafür verantwortlich ist. 3. Aufl. Köln: Kiepenheuer & Witsch. Online verfügbar unter <http://www.socialnet.de/rezensionen/isbn.php?isbn=978-3-462-04349-5>.

Kreuzer, A. S. (2010): Einfluss von Saattermin und Saatstärke auf die Jugendentwicklung, Überwinterung und den Ertrag von Wintererbsen. Diplomarbeit. Universität für Bodenkultur, Wien. Department für Nutzpflanzenwissenschaften (DNW) | Abteilung Pflanzenbau.

Kriener, M. (2013) Der Speiseplan der Mittelschicht. In: C. Chemnitz und R. Benning (Hg.): Fleischatlas, S. 18–19.

Kuczynski, R. (1926): Deutschlands Versorgung mit pflanzlichen Nahrungs- und Futtermitteln. Zweiter Teil: Pflanzliche Nahrungs- und Futtermittel. München: J.F. Bergmann-Verlag (Die Volksernährung, Veröffentlichungen aus dem Tätigkeitsbereiche des Reichsministeriums für Ernährung und Landwirtschaft). Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-40977-0>.

Laidig, F. (1988): Genetische Variabilität und Umweltvariabilität des Ertrages bei Wertprüfungen. In: *Arbeitsag. AG Saatzuchtleiter, Gumpenstein* (39), S. 127–138.

Liebhart, P. (1987): Saat- und Sätechniken bei Körnerleguminosen. In: *Landtechnische Schriftenreihe des ÖKL* (144).

Macedo, M. N.; DeFries, R. S.; Morton, D. C.; Stickler, C. M.; Galford, G. L.; Shimabukuro, Y. E. (2012): Decoupling of deforestation and soy production in the southern Amazon during the late 2000s. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 109 (4), S. 1341–1346. DOI: 10.1073/pnas.1111374109.

Mairunteregg, N. (2012): Optimierung pflanzenbaulicher Faktoren für den Sojaanbau in Oberösterreich. Masterarbeit. Universität für Bodenkultur, Wien. Department für Nutzpflanzenwissenschaften (DNW) | Abteilung Pflanzenbau.

Mammel, L. (2018): Erzeugerpreis für Alblinsen. Persönliche Mitteilung am 02.05.2018 an Mayr Tobias.

Mayr, M. M. (2011): Warum steigen Bäuerinnen in die Direktvermarktung ein? Fallstudie zu bäuerlichen Entscheidungen anhand ausgewählter oberösterreichischer Direktvermarkterinnen. Masterarbeit. BOKU, Wien. Institut für Agrar- und Forstökonomie.

Mechtler, K. (2012): Körnerleguminosenarten für den humiden Klimaraum. In: Biologischer Anbau von Körnerleguminosen als besondere Herausforderung im humiden Klimagebiet. Fachtagung Biologischer Ackerbau. HLFSt. Florian, 08.11.2012. Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein. Irdning, S. 5–11.

Melzer, H. (1987): Anbauempfehlungen für Körnerfuttererbsen. In: *Getreidewirtschaft* 4 (21), S. 86–87.

Miedaner, T. (2005): Von der Hacke bis zur Gen-Technik. Kulturgeschichte der Pflanzenproduktion in Mitteleuropa. Frankfurt am Main: DLG.

Montanari, M.; Rawert, M. (1995): Der Hunger und der Überfluss. Kulturgeschichte der Ernährung in Europa. 2., unveränd. Aufl. München: Beck (Europa bauen).

Muller, A.; Schader, C.; El-Hage Scialabba, N.; Brüggemann, J.; Isensee, A.; Erb, K.-H.; Smith, P.; Klocke, P.; Leiber, F.; Stolze, M.; Niggli, U. (2017): Strategies for feeding the world more sustainably with organic agriculture. In: *Nature communications* 8 (1), S. 1290. DOI: 10.1038/s41467-017-01410-w.

- Münzer, W. (1992): Integrierter Pflanzenbau: Hülsenfruchtbau. In: BLV Verlagsgesellschaft München, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup (Hg.): Pflanzliche Erzeugung, Bd. 1. 10., neubearb. Aufl. 6 Bände. München: BLV (Lehrbuch für Landwirtschaftsschulen ; Band 1, 1), S. 395–411.
- Naumann, S. (1999): Produktionstechnik zu Integration in das Ökosystem des Standortes und betriebliche Aspekte [der Erbse]. In: Keller, E. R. (Hg.): Knollen- und Wurzelfrüchte, Körner- und Futterleguminosen. Stuttgart: Ulmer (Handbuch des Pflanzenbaues, 3).
- Neuschwandtner, R. (2015): Reinforcing grain legume production in Central European cropping systems. Habilitationsschrift. Universität für Bodenkultur, Wien. Department für Nutzpflanzenwissenschaften | Abteilung Pflanzenbau.
- Neuner, E. (2010): Wintererbse (*Pisum sativum* ssp. *sativum*): Produktionskriterien und Versuchsergebnisse im Biologischen Landbau unter pannonischen Klimabedingungen. Diplomarbeit. Universität für Bodenkultur, Wien. Department für Nutzpflanzenwissenschaften (DNW) | Abteilung Pflanzenbau.
- Nitsch, M.; Giersdorf, J. (2005): Biotreibstoffe in Brasilien. Berlin: Freie Univ. Fachbereich Wirtschaftswiss. (Diskussionsbeiträge des Fachbereichs Wirtschaftswissenschaft der Freien Universität Berlin Volkswirtschaftliche Reihe, 12).
- Nuruzzaman, M.; Lambers, H.; Bolland, M. D. A.; Veneklaas, E. J. (2005): Phosphorus uptake by grain legumes and subsequently grown wheat at different levels of residual phosphorus fertiliser. In: *Aust. J. Agric. Res.* 56 (10), S. 1041. DOI: 10.1071/AR05060.
- NYÉLÉNI Forum for Food Sovereignty (Hg.) (2007): Erklärung von NYÉLÉNI. Sélingué, Mali. Online verfügbar unter <https://nyeleni.org/spip.php?article331>, zuletzt geprüft am 11.05.2018.
- Ogino, A.; Orito, H.; Shimada, K.; Hirooka, H. (2007): Evaluating environmental impacts of the Japanese beef cow-calf system by the life cycle assessment method. In: *Animal Science Journal* 78 (4), S. 424–432. DOI: 10.1111/j.1740-0929.2007.00457.x.
- Pfogl, J. (2017): Vegetarier in Österreich: Fleischlos aus schlechtem Gewissen. In: *Kurier*, 25.08.2017. Online verfügbar unter <https://kurier.at/wissen/vegetarier-in-oesterreich-fleischlos-aus-schlechtem-gewissen/282.442.901>.
- Pistrich, K.; Wendtner, S.; Janetschek, H. (2014): Versorgung Österreichs mit pflanzlichem Eiweiß - Fokus Sojakomplex. Endbericht des Projektes Nr. AWI/167/09 "Versorgungssicherheit mit pflanzlichem Eiweiß in Österreich". Wien: AWI - Bundesanst. für Agrarwirtschaft (107).
- Plarre, W. (1999): Lupine. In: Keller, E. R. (Hg.): Knollen- und Wurzelfrüchte, Körner- und Futterleguminosen. Stuttgart: Ulmer (Handbuch des Pflanzenbaues, 3).
- Pucher, M. A. (2017): Agronomische Analysen unterschiedlicher Reihenweiten beim Anbau von Soja. Masterarbeit. Wien, Universität für Bodenkultur. Department für Nutzpflanzenwissenschaften (DNW) | Abteilung Pflanzenbau.
- Reitsamer, R. (2018): Was auf den Tisch kommt. In: *Salzburger Nachrichten* 74, 16.03.2018 (63), S. 13.
- Rühl, G.; Bramm, A.; Greef, J. (2009): Aspekte des Anbaus von Körnerleguminosen. In: *Journal für Kulturpflanzen* 61 (9), S. 312–317.
- Salter, P. J.; Williams, J. B. (2015): The Effect of Irrigation on Pea Crops Grown at Different Plant Densities. In: *Journal of Horticultural Science* 42 (1), S. 59–66. DOI: 10.1080/00221589.1967.11514193.

- Sandberg, A.-S. (2002): Bioavailability of minerals in legumes. In: *British Journal of Nutrition* 88 (3), S. 281–285.
- Sarg, Andreas (2018): Preise von Speisekörnerleguminosen. Persönliche Mitteilung am 19.06.2018 an Mayr Tobias.
- Sauberer, N. (Hg.) (2008): Biodiversität in Österreich. Räumliche Muster und Indikatoren der Arten- und Lebensraumvielfalt. Ruth und Herbert Uhl-Forschungsstelle für Natur- und Umweltschutz. Bern: Haupt (Bristol-Schriftenreihe, Bd. 20).
- Scarborough, P.; Appleby, P. N.; Mizdrak, A.; Briggs, A. D. M.; Travis, R. C.; Bradbury, K. E.; Key, T. J. (2014): Dietary greenhouse gas emissions of meat-eaters, fish-eaters, vegetarians and vegans in the UK. In: *Climatic Change* 125 (2), S. 179–192. DOI: 10.1007/s10584-014-1169-1.
- Schilly, J. (2017): "Für ein Kilo Fleisch 15 Kilo Soja füttern". In: *Der Standard*, 09.03.2017, S. 14–15.
- Schlager, K.; Steinwidder, A.; Fallmann, G.; Riegler, H. (2013): Einfluss einer reduzierten Kraftfuttermittellieferung auf die Leistung von Kühen der Rasse Fleckvieh bei biologischer Milchviehhaltung. In: Grünlandbasierte BIO-Rinderhaltung. Ergebnisse aus Forschung und Umsetzung; Fachtagung für biologische Landwirtschaft 2013. Irdning: Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein, S. 11–21.
- Schmidt, H.; Wild, M. (2013): Faktoren des Körnererbsenertrages in der Ökolandbaupraxis. In: Neuhoff, D.; Stumm, C.; Ziegler, S.; Rahmann, G.; Hamm, U.; und Köpke, U. (Hg.): Ideal und Wirklichkeit - Perspektiven Ökologischer Landwirtschaft. 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. Bonn, 05.03.2013 - 08.03.2013. Berlin: Dr. Köster, S. 98–101.
- Schön, H. (1998): Landtechnik, Bauwesen. Verfahrenstechniken - Arbeit - Gebäude - Umwelt. 9., völlig Neubearb. u. erw. Aufl. München: BLV-Verlagsges (Die Landwirtschaft, 3).
- Schumacher, H.; Paulsen, H. M. (2011): Selektion auf Methioninreichtum bei heimischen Leguminosen (*Vicia faba*, *Pisum sativum* und *Lupinus angustifolius*). Abschlussbericht zum Projekt 05OE024. Trenthorst und Hannover: Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI).
- Schuster, W.; Lochow, J. v. (1992): Anlage und Auswertung von Feldversuchen. Anleitungen und Beispiele für die Praxis der Versuchsarbeit. 3., überarb. Aufl. Frankfurt: Strothe.
- Seidel, W. (2012): Die Weltgeschichte der Pflanzen. Orig.-Ausg. Köln: Eichborn.
- Singer, J. D. (1998): Using SAS PROC MIXED to Fit Multilevel Models, Hierarchical Models, and Individual Growth Models. In: *Journal of Educational and Behavioral Statistics* 23 (4), S. 323. DOI: 10.2307/1165280.
- Smil, V. (2002): Worldwide transformation of diets, burdens of meat production and opportunities for novel food proteins. In: *Enzyme and Microbial Technology* 30 (3), S. 305–311. DOI: 10.1016/S0141-0229(01)00504-X.
- Smil, V. (2013): Should We Eat Meat. Evolution and Consequences of Modern Carnivory. 1. Aufl. Chichester, UK: Wiley-Blackwell.
- Smith, P.; Martino, D.; Cai, Z.; Gwary, D.; Janzen, H.; Kumar, P. et al. (2008): Greenhouse gas mitigation in agriculture. In: *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 363 (1492), S. 789–813. DOI: 10.1098/rstb.2007.2184.

- Souci, S. W.; Fachmann, W.; Kraut, H. (Hg.) (2011): *Lebensmitteltabelle für die Praxis. Der kleine Souci-Fachmann-Kraut*. Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie. 5. Aufl. Stuttgart: Wiss. Verl.-Ges.
- Sperber, J. (1988): *Öl- und Eiweisspflanzen. Anbau, Kultur, Ernte*. Wien, München: Österr. Agrarverl.; BLV-Verl.-Ges.
- Springmann, M.; Godfray, H. C. J.; Rayner, M.; Scarborough, P. (2016): Analysis and valuation of the health and climate change cobenefits of dietary change. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 113 (15), S. 4146–4151. DOI: 10.1073/pnas.1523119113.
- STATcube (2017): STATcube - Statistische Datenbank von STATISTIK AUSTRIA. Wien. Online verfügbar unter statcube.at. Zuletzt geprüft am 08.03.2018.
- STATISTIK AUSTRIA (2017): *Feldfrucht- und Dauerwiesenproduktion. Endgültiges Ergebnis 2017*. Wien. Online verfügbar unter http://www.statistik-austria.at/web_de/statistiken/wirtschaft/land_und_forstwirtschaft/agrarstruktur_flaechen_ertraege/feldfruechte/115813.html, zuletzt geprüft am 08.03.2018.
- Stehfest, E.; Bouwman, L.; van Vuuren, D. P.; den Elzen, M. G. J.; Eickhout, B.; Kabat, P. (2009): Climate benefits of changing diet. In: *Climatic Change* 95 (1-2), S. 83–102. DOI: 10.1007/s10584-008-9534-6.
- Steiner, E. (Hg.) (2011): *Kraut & Rüben. Kulturpflanzen im Blickpunkt*; [ersch. anlässlich der Ausstellung "Kraut & Rüben - Menschen und ihre Kulturpflanzen", 20.03.2011 bis 12.02.2012]. Niederösterreichisches Landesmuseum. Linz: Freya (Katalog des Landesmuseums Niederösterreich, N.F., 492).
- Steinfeld, H. (2006): *Livestock's long shadow. Environmental issues and options*. Rom: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Stelling, D. (1999): Biologische und ökologische Grundlagen [der Erbse]. In: Keller, E. R. (Hg.): *Knollen- und Wurzelfrüchte, Körner- und Futterleguminosen*. Stuttgart: Ulmer (Handbuch des Pflanzenbaues, 3).
- Stohandl, N. (2015): Der Anbau von Trockenbohnen in Österreich. Eine Möglichkeit zur Schließung einer Versorgungslücke? In: *Haidegger Perspektiven* (4), S. 3–5.
- Stoll-Kleemann, S. (2014): Fleischkonsum im 21. Jahrhundert - ein Thema für die humanökologische Forschung. In: *GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society* 23 (4), S. 366–368. DOI: 10.14512/gaia.23.4.18.
- Svetleva, D. (2003): Biotechnology as a useful tool in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) improvement. In: *Euphytica* 131 (2), S. 189–200. DOI: 10.1023/A:1023983831582.
- Temba, M. C.; Njobeh, P. B.; Adebo, O. A.; Olugbile, A. O.; Kayitesi, E. (2016): The role of compositing cereals with legumes to alleviate protein energy malnutrition in Africa. In: *International Journal of Food Science & Technology* 51 (3), S. 543–554. DOI: 10.1111/ijfs.13035.
- Tivy, J.; Holz, C. (1993): *Landwirtschaft und Umwelt. Agrarökosysteme in der Biosphäre*. Heidelberg: Spektrum Akad.-Verl.
- Urbatzka, P. (2012): Anbau verschiedener Winter- und Sommererbsentypen in Rein- und Gemengesaat unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus. In: *Biologischer Anbau von Körnerleguminosen als besondere Herausforderung im humiden Klimagebiet*. Fachtagung

Biologischer Ackerbau. HLFS St. Florian, 08.11.2012. Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein. Irdning, S. 13–22.

USDA (2018): Oil Seeds: World Market and Trade. Online verfügbar unter <https://www.fas.usda.gov/data/oilseeds-world-markets-and-trade>, zuletzt geprüft am 14.02.2018.

Veneklaas, E. J.; Stevens, J.; Cawthray, G. R.; Turner, S.; Grigg, A. M.; Lambers, H. (2003): Chickpea and white lupin rhizosphere carboxylates vary with soil properties and enhance phosphorus uptake. In: *Plant and Soil* 248 (1/2), S. 187–197. DOI: 10.1023/A:1022367312851.

Wang, L. (2012): Lentil production in Germany. Testing different mixed cropping systems, sowing dates and weed controls. Dissertation. Universität Hohenheim, Hohenheim. Fakultät für Agrarwissenschaften.

Watschong, L. (2018): Pflanzenportrait: Erbsen. Dreschflegel Bio-Saatgut. Online verfügbar unter <https://www.dreschflegel-saatgut.de/pflanzenportraits/huelsenfruechte/erbsen.php>.

Weitbrecht, B.; Pahl, H. (2000): Lohnt sich der Anbau von Körnerleguminosen? In: *Ökologie & Landbau* 4 (116), S. 39–41.

Willerstorfer, T. (2013): Der Fleischverbrauch in Österreich von 1950-2010. Trends und Drivers als Zusammenspiel von Angebot und Nachfrage. In: *Social Ecology Working Paper* (139).

Wohlmuth, M.-L.; Gollner, G.; Koschier, E. (2014): Erbsenlaus und Blattrandkäfer - geringer Befall bei Wintererbse? In: HBLFA für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein (Hg.): Internationale Bio-Forschungsergebnisse aus Core Organic II sowie Düngekonzepte im Bio-Grünland. Fachtagung für biologische Landwirtschaft 2014, 06.11.2014. Irdning: HBLFA Raumberg-Gumpenstein, S. 87–88.

Young, V. R.; El-Khoury, A. E. (1996): Human amino-acid requirements. A re-evaluation. In: *Food and Nutrition Bulletin (UNU)* 17 (3).

ZAMGa (2018): Klimadaten von Österreich 1971 - 2000. Online verfügbar unter http://www.zamg.ac.at/fix/klima/oe71-00/klima2000/klimadaten_oesterreich_1971_frame1.htm., zuletzt geprüft am 17.04.2018.

ZAMGb (2018): Klimadaten von Österreich 1981 - 2010. Online verfügbar unter <http://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/informationsportal-klimawandel/daten-download/klimamittel>, zuletzt geprüft am 17.04.2018.

ZAMG HISTALP 2018: Historical Instrumental Climatological Surface Time Series Of The Greater Alpine Region. Online verfügbar unter <http://www.zamg.ac.at/histalp/>, zuletzt geprüft am 17.04.2018

Ziegler, V. K. (2013): Analyse pflanzenbaulicher Parameter von Winter-Ackerbohnen (*Vicia faba* L.) im pannonischen Klimaraum. Masterarbeit. Universität für Bodenkultur, Wien. Department für Nutzpflanzenwissenschaften (DNW) | Abteilung Pflanzenbau.

IV. Anhang

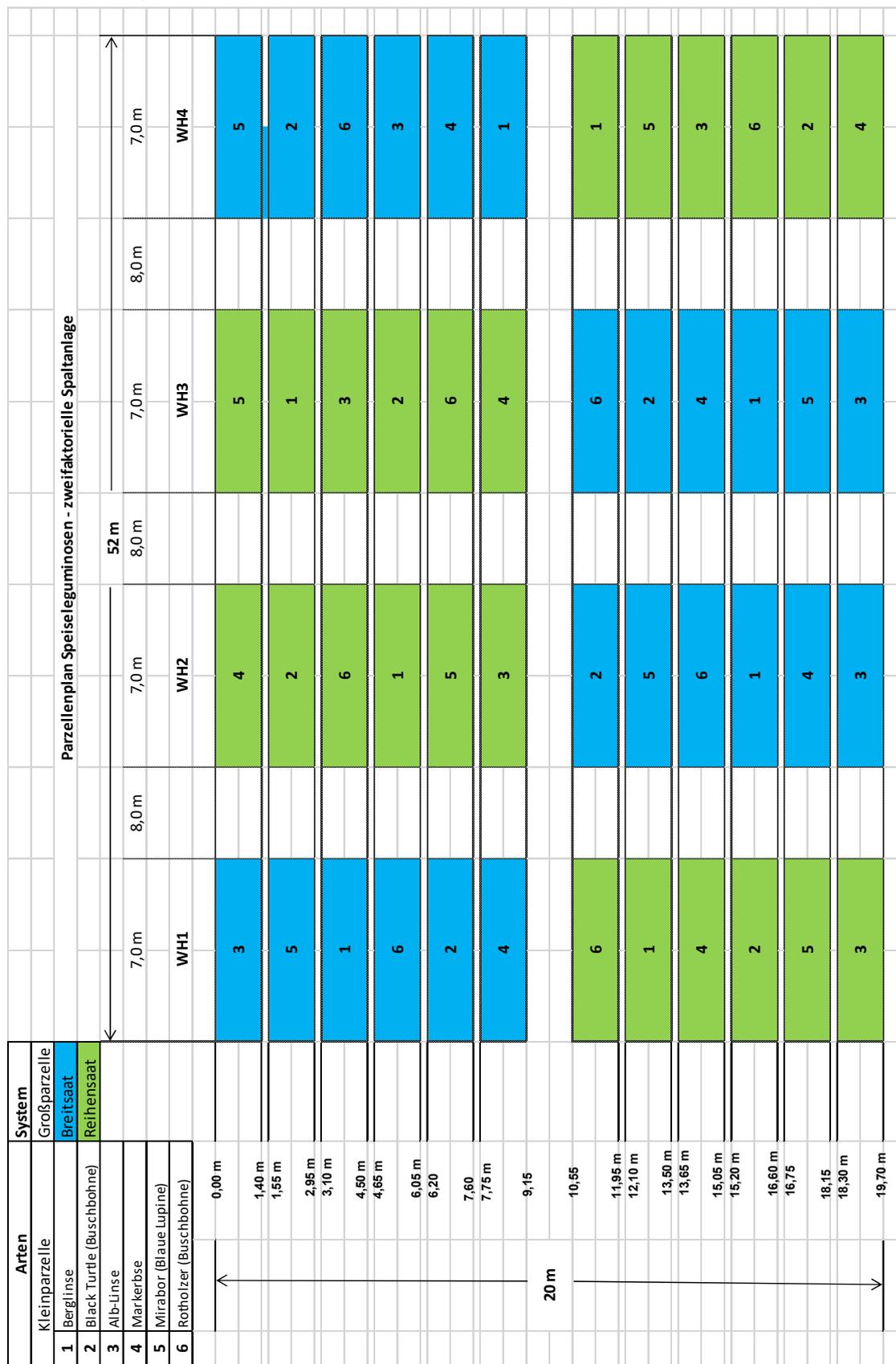


Abbildung 19: Plan für die Anlage des Versuchs am Standort Stadl-Paura als zweifaktorielle Spaltanlage.

Tabelle 20: Übersicht über die Wechselwirkungen zwischen System und Kultur der Ergebnisse der chemischen Analyse.

Parameter	Breitsaat						Reihensaat					
	BL	BT	AL	PE	LP	RH	BL	BT	AL	PE	LP	RH
TM [g kg ⁻¹] FM	913	913	913	915	919	912	912	912	912	915	918	912
SEM	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
XA [g kg ⁻¹] TM	43,5	56,3	38,9	37,7	35,4	47,2	44,8	52,2	40,8	36,5	35,1	37,0
SEM	3,82	3,64	3,81	3,63	3,64	3,63	3,64	3,63	3,64	3,64	3,63	3,63
XP [g kg ⁻¹] TM	339	239	332	308	373	247	336	228	337	296	380	230
SEM	9,5	9,1	9,5	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1
XL [g kg ⁻¹] TM	8,2	22,6	8,1	20,3	66,3	15,7	8,2	22,4	8,1	20,8	66,7	15,3
SEM	0,70	0,69	0,70	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,68	0,68	0,69	0,69
XF [g kg ⁻¹] TM	51,5	45,8	49,4	71,8	151,6	44,7	53,6	45,2	51,6	69,3	142,6	43,0
SEM	3,53	3,39	3,53	3,40	3,39	3,40	3,39	3,40	3,39	3,39	3,39	3,39
XX [g kg ⁻¹] TM	557	637	571	563	374	646	558	653	562	576	376	675
SEM	10,7	10,3	10,7	10,3	10,3	10,3	10,3	10,3	10,3	10,3	10,3	10,3
P [g kg ⁻¹] TM	6,54	6,40	6,54	6,02	4,47	5,97	6,74	6,13	6,47	5,87	4,33	5,94
SEM	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
K [g kg ⁻¹] TM	12,7	18,3	12,3	13,6	10,7	17,8	13,3	18,6	12,0	13,4	10,2	17,9
SEM	0,50	0,48	0,50	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48
Ca [g kg ⁻¹] TM	1,15	2,98	0,72	1,30	3,44	1,33	0,79	2,99	1,27	1,24	3,42	1,64
SEM	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Mg [g kg ⁻¹] TM	1,32	2,14	1,26	1,61	1,80	1,84	1,32	2,06	1,32	1,59	1,76	1,85
SEM	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
S [g kg ⁻¹] TM	2,31	2,80	2,17	2,00	2,59	2,55	2,29	2,79	2,26	2,01	2,31	2,50
SEM	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
Na [mg kg ⁻¹] TM	26,0	15,7	28,4	28,9	42,3	16,4	28,2	12,5	36,5	23,9	55,6	23,5
SEM	7,31	7,08	7,33	7,15	7,09	7,14	7,09	7,14	7,06	7,07	7,11	7,11
Cu [mg kg ⁻¹] TM	7,6	17,1	9,0	11,2	5,1	11,6	7,7	16,7	9,0	10,3	4,9	12,4
SEM	0,54	0,52	0,54	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52
Mn [mg kg ⁻¹] TM	13,6	27,1	12,3	15,2	20,1	16,7	14,4	17,8	13,7	12,7	21,0	15,9
SEM	2,41	2,41	2,41	2,41	2,41	2,41	2,41	2,41	2,41	2,41	2,41	2,41
Zn [mg kg ⁻¹] TM	59,3	60,7	56,0	61,9	41,3	49,9	58,6	59,3	54,4	57,1	40,5	52,0
SEM	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67
Fe [mg kg ⁻¹] TM	87,1	124,3	70,0	76,0	42,4	107,0	103,5	105,4	82,2	73,5	37,1	91,9
SEM	11,59	11,59	11,59	11,59	11,59	11,59	11,59	11,59	11,59	11,59	11,59	11,59

BL= Berglinse, BT= Black Turtle, AL= Albinse, PE= Palerbse, LP= Lupine, RH= Rotholzer. Durchschnittswerte als die Least Square Means angegeben, SEM= Standardfehler.