

Optimierung pflanzenbaulicher Faktoren für den Sojaanbau in Oberösterreich

Masterarbeit

eingereicht von

Nina MAIRUNTEREGG, Bakk. techn.

Abteilung Pflanzenzüchtung
Department für Nutzpflanzenwissenschaften
Universität für Bodenkultur
Wien

Betreuer
Dr. Johann Vollmann

Mai 2012

Danksagung

Für das Gelingen dieser Masterarbeit bedanke ich mich vor allem bei Dr. Johann Vollmann, Professor an der Universität für Bodenkultur Wien, für die kompetente Betreuung und fachliche Beratung und bei Roman Tumpold für die Unterstützung im Labor.

Ein weiteres großes Dankeschön gilt DI Christian Krumhuber, Abteilungsleiter Pflanzenproduktion bei der Landwirtschaftskammer Oberösterreich, der mir durch die Bereitstellung der kammereigenen Versuche das vorliegende Thema ermöglichte, sowie notwendige Daten zu Verfügung stellte.

Auch bei Ing. Peter Köppl, Referent für Ackerbau und Alternativen bei der Landwirtschaftskammer Oberösterreich, möchte ich mich herzlich bedanken. Er half mir wesentlich sowohl bei den Arbeiten am Feld als auch mit seiner praxisnahen fachlichen Kompetenz.

Ohne die entgegenkommende Mitarbeit der Versuchslandwirte wäre diese Masterarbeit nicht möglich gewesen.

Ich sage allen ein aufrichtiges Dankeschön.

Abstract

The soybean is one of the most important crops, in which growing area is increasing worldwide as well as in Austria. Consequently, questions on practical soybean growing are brought up by farmers. Therefore, in order to have regional agronomic results the provincial chamber of agriculture of upper Austria (Landwirtschaftskammer Oberösterreich) is conducting field experiments in farmer's fields.

The aim of this study is to find out, whether these applied experiments could be analysed with scientific methods. These experiments in farmer's fields are focusing on the most important plant cultivation questions, such as the choice of variety, the row space, the planting date and the planting rate.

Most of the soybean experiments conducted on large farmers plots by the provincial chamber of agriculture of upper Austria (Landwirtschaftskammer Oberösterreich) could be evaluated statistically. Significant variety effects were found in plant height, pod set height, grain yield, 1000 seed weight, protein and sugar content. ES Mentor was the highest yielding variety across several environments in the 2011 growing season.

Significant differences were also found between three environments in agronomic and seed quality characters such as plant height, pod set height, yield, oil, and protein content.

In the row spacing, planting rate and late planting experiments, no statistically significant influence could be established neither on agronomic nor on seed quality features; in these questions, more data are necessary for precise evaluations.

In summary, farmer's fields experiments are providing valuable results which are useful for practical agronomic consulting in soybean production.

Zusammenfassung

Die Sojabohne zählt global gesehen zu den wichtigsten Kulturpflanzen. Weltweit und auch in Österreich nimmt der Sojaanbau jährlich zu. Dabei kommen bei den Landwirten immer wieder Fragen zur praktischen Durchführung des Anbaus auf. Um auf regionale Ergebnisse zurückgreifen zu können, führt die Landwirtschaftskammer Oberösterreich dazu Feldversuche durch.

Ziel dieser Arbeit ist es herauszufinden, ob diese Streifenversuche mit wissenschaftlichen Methoden auszuwerten sind. Zugleich soll sie die wichtigsten pflanzenbaulichen Fragen beantworten, hierzu zählen die Wahl der Sorte, des Reihenabstandes, des Saattermins und der Saatstärke.

Der Großteil der Sojaversuche der Landwirtschaftskammer Oberösterreich kann wissenschaftlich ausgewertet werden. Signifikante Sorteneffekte gab es in den Merkmalen Wuchshöhe, Hülsenansatzhöhe, Ertrag, Tausendkorngewicht, Protein- und Zuckergehalt. Den höchsten Ertrag über mehrere Umwelten im Jahr 2011 erzielte die Sorte ES Mentor.

Auch zwischen den drei verschiedenen Umwelten gab es signifikante Unterschiede in den agronomischen und qualitativen Eigenschaften wie Wuchshöhe, Hülsenansatzhöhe, Ertrag, Fett- und Proteingehalt.

Bei den Reihenweiten- und Spätsaatvarianten und im Saatstärkenversuch konnten weder in den agronomischen noch in den qualitativen Merkmalen signifikante Unterschiede festgestellt werden. Um hier präzise Aussagen treffen zu können, ist ein größerer Datenumfang nötig.

Zusammenfassend liefern diese Feldversuche wertvolle Ergebnisse, die für die Beratung im Sojaanbau eine wichtige Rolle spielen.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung und Problemstellung	1
1.1. Einleitung	1
1.2. Problemstellung	2
2. Ökonomische Aspekte.....	3
2.1. Geschichte.....	3
2.2. Globale Bedeutung der Sojabohne	4
2.2.1. Soja weltweit	4
2.2.2. Die Sojabohne in der EU	6
2.2.3. Verwendungsmöglichkeiten.....	7
2.3. Regionale Bedeutung der Sojabohne.....	8
2.3.1. Österreich.....	8
2.3.2. Oberösterreich.....	9
2.4. Spannungsfelder.....	10
2.4.1. Die gentechnisch veränderte Sojabohne	10
2.4.2. Weltweite Eiweißlücke.....	11
2.4.3. Konkurrenz am Feld	12
2.4.4. Lebensmittel, Futtermittel oder technischer Rohstoff	13
2.5. Zukunftsperspektiven.....	14
3. Pflanzenbauliche Aspekte	15
3.1. Biologie.....	15
3.1.1. Systematik und botanische Beschreibung	15
3.1.2. Wuchstypen.....	16
3.1.3. Photoperiodismus.....	16
3.1.4. N ₂ -Fixierung	17
3.1.5. Inhaltsstoffe	18
3.2. Standortansprüche.....	19
3.2.1. Boden und Anbaulage	19
3.2.2. Klima	19
3.2.3. Reifegruppe.....	20
3.3. Anbaubedingungen.....	22
3.3.1. Fruchtfolge	22
3.3.2. Bodenbearbeitung	23
3.3.3. Saattermin	23
3.3.4. Sätechnik	24
3.3.5. Reihenweite.....	25

3.3.6. Saatstärke	26
3.4. Inokulation	28
3.4.1. Inokulation des Saatgutes	28
3.4.2. Inokulation des Bodens	29
3.4.3. Inokulationsbedarf	29
3.4.4. Gründe für eine ausgebliebene Knöllchenbildung	30
3.5. Nährstoffbedarf und Düngung	30
3.5.1. Stickstoff	30
3.5.2. Phosphor	31
3.5.3. Kalium	32
3.5.4. Sekundäre Makronährstoffe und Mikronährstoffe	33
3.6. Unkrautsituation	33
3.6.1. Mechanische Unkrautbekämpfung	34
3.6.2. Chemische Unkrautbekämpfung	35
4. Material und Methoden	36
4.1. Versuchsplan	36
4.1.1. Standardversuch	36
4.1.2. Blockanlage	38
4.2. Versuchsstandorte	38
4.2.1. Hörsching	38
4.2.2. Katzenberg	39
4.2.3. Gallneukirchen	39
4.2.4. Bad Wimsbach	40
4.3. Sortenbeschreibung	40
4.4. Saat	44
4.5. Bestandesführung	45
4.6. Untersuchungsmethoden	46
4.6.1. Aufgang	46
4.6.2. Knöllchenbonitur	47
4.6.3. Wuchshöhe	47
4.6.4. Hülsenansatzhöhe	48
4.6.5. Ertrag	48
4.6.6. Hektolitergewicht und Wassergehalt	49
4.6.7. Tausendkorngewicht	49
4.6.8. Fett-, Protein- und Zuckergehalt	50
4.7. Statistische Auswertung	51

4.7.1 Varianzanalytische Auswertung der Einzelstandorte	51
4.7.2. Varianzanalytische Auswertung über alle Standorte	51
5. Ergebnisse	52
5.1. Standardversuch.....	52
5.1.1. Einzelstandorte.....	52
5.1.2. Alle Versuchsstandorte.....	56
5.2. Saatstärkenversuch	64
6. Diskussion.....	66
6.1. Standardversuch.....	66
6.1.1. Sortenversuch	66
6.1.2. Korrelation zwischen den Merkmalen	68
6.1.3. Knöllchenbonituren.....	68
6.1.4. Reihenweiten.....	69
6.1.5. Spätsaat	70
6.2. Saatstärkenversuch	71
7. Schlussfolgerungen	72
8. Literaturverzeichnis	73

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Entwicklung der weltweiten Sojaproduktion von 1961 bis 2010 (FAOSTAT 2012)	4
Abbildung 2: Jahresproduktion der weltweit bedeutendsten Sojaproduzenten und der EU (FAOSTAT 2012)	5
Abbildung 3: Jahresproduktion der bedeutendsten Sojaproduzenten der EU (FAOSTAT 2012)	6
Abbildung 4: Verwendungsmöglichkeiten der Sojabohne und ihrer Bestandteile (nach L'HOCINE und BOYE 2007, verändert)	8
Abbildung 5: Entwicklung der Österreichischen Sojaproduktion von 1988 bis 2010 (FAOSTAT 2012)	9
Abbildung 6: Sojaproduktion in Österreich 2011 nach Bundesländern (AMA Marktbericht 2011)	9
Abbildung 7: Entwicklung der gv-Sojaanbauflächen in Millionen Hektar (TRANSGEN 2012)	10
Abbildung 8: Produktionskosten und Deckungsbeiträge 2011 für Sojabohne, Körnermais und Nassmais (LK OÖ 2011)	12
Abbildung 9: Verhältnis zwischen Sojanutzungsbereichen Lebens-/Futtermittel und Biodieselproduktion (USDA 2011)	13
Abbildung 10: Violette und weiße Blüten einer Sojapflanze	15
Abbildung 11: Einfluss steigender Saatstärke auf den Ertrag zweier Reifegruppen (EDWARDS und PURCELL 2005)	27
Abbildung 12: Einfluss steigender Saatstärke auf den Ertrag in bewässerter und unbewässerter Variante (BALL et al. 2000)	27
Abbildung 13: Messung der Ablagetiefe bei der Saat	45
Abbildung 14: Knöllchenboniturstufen	47
Abbildung 15: Wuchshöhenmessung	47
Abbildung 16: Markierung der Grenze zwischen ober- und unterirdischem Pflanzenteil	48
Abbildung 17: Bestimmung und Höhenmessung der tiefsten Hülse	48
Abbildung 18: Bestimmung des Parzellenertrages mittels mobiler Wiegeplatten	49
Abbildung 19: Ziehung der Probe zur Bestimmung von Hektolitergewicht und Wassergehalt	49
Abbildung 20: Bestimmung des Hektolitergewichtes und Wassergehaltes	49
Abbildung 21: NIRS-Spektren aller Versuchsproben	50

Abbildung 22: Sortenerträge und Erträge der Reihenweitenvarianten in Hörsching in absteigender Reihenfolge	53
Abbildung 23: Proteingehalte der Sorten und der Reihenweitenvarianten in Hörsching in absteigender Reihenfolge	53
Abbildung 24: Sortenerträge und Erträge der Reihenweitenvarianten in Katzenberg in absteigender Reihenfolge	55
Abbildung 25: Sortenerträge und Erträge der Reihenweitenvarianten in Gallneukirchen in absteigender Reihenfolge	56
Abbildung 26: adjustierte Mittelwerte der Sortenerträge über alle Standorte in absteigender Reihenfolge.....	58
Abbildung 27: adjustierte Mittelwerte der Wuchshöhen der Sorten über alle Standorte in absteigender Reihenfolge	58
Abbildung 28: adjustierte Mittelwerte der Hülsenansatzhöhen der Sorten über alle Standorte in absteigender Reihenfolge	59
Abbildung 29: adjustierte Mittelwerte der Tausendkorngewichte der Sorten über alle Standorte in absteigender Reihenfolge	59
Abbildung 30: adjustierte Mittelwerte der Fettgehalte der Sorten über alle Standorte in absteigender Reihenfolge	59
Abbildung 31: adjustierte Mittelwerte der Proteingehalte der Sorten über alle Standorte in absteigender Reihenfolge	60
Abbildung 32: adjustierte Mittelwerte der Zuckergehalte der Sorten über alle Standorte in absteigender Reihenfolge	60
Abbildung 33: Zusammenhang von Knöllchenboniturwerten und Erträgen nach Standorten	63

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Weltproduktion an Sojabohnen, -öl und -schrot 2011/2012 (TÖPFER INTERNATIONAL 2012)	13
Tabelle 2: Unterteilung internationaler Reifegruppen in Reifeinstufungen der Österreichischen Beschreibenden Sortenliste (nach MECHTLER 2010, verändert).....	21
Tabelle 3: Phosphorentzug der Sojabohne (SCHÄFER in LÜTKE ENTRUP und SCHÄFER 2011)	32
Tabelle 4: Phosphordüngeempfehlung für Böden in der Versorgungsstufe C (LK OÖ und LK NÖ 2010)	32
Tabelle 5: Kaliumentzug der Sojabohne (SCHÄFER in LÜTKE ENTRUP und SCHÄFER 2011)	32
Tabelle 6: Kaliumdüngerempfehlung für Böden der Versorgungsstufe C (LK OÖ und LK NÖ 2010)	33
Tabelle 7: Magnesiumentzug der Sojabohne (SCHÄFER in LÜTKE ENTRUP und SCHÄFER 2011)	33
Tabelle 8: Anbauplan, Reifegruppe und Parzellenmaße Hörsching	37
Tabelle 9: Anbauplan Bad Wimsbach	38
Tabelle 10: ausgewählte Niederschlags- und Temperaturwerte 2011 der Wetterstation Hörsching (ZAMG 2011).....	39
Tabelle 11: ausgewählte Niederschlags- und Temperaturwerte 2011 der Wetterstation Ried (ZAMG 2011)	39
Tabelle 12: ausgewählte Niederschlags- und Temperaturwerte 2011 der Wetterstation Kremsmünster (ZAMG 2011).....	40
Tabelle 13: Ergebnisse, Grenzdifferenzen und Signifikanzniveaus der Merkmale am Standort Hörsching.....	52
Tabelle 14: Ergebnisse, Grenzdifferenzen und Signifikanzniveaus der Merkmale am Standort Katzenberg	54
Tabelle 15: Ergebnisse, Grenzdifferenzen und Signifikanzniveaus der Merkmale am Standort Gallneukirchen	56
Tabelle 16: Adjustierte Mittelwerte über alle Versuchsstandorte (LSMEANS).....	57
Tabelle 17: Pearsonsche Korrelationskoeffizienten zwischen den ermittelten Merkmalen	61
Tabelle 18: Korrelationskoeffizienten des Knöllchenansatzes zu weiteren ermittelten Merkmalen	62
Tabelle 19: adjustierte Mittelwerte, Grenzdifferenzen und Signifikanzniveaus der Reihenweitenvarianten.....	63

Tabelle 20: Messwerte und Grenzdifferenzen der Spätsaatvarianten	64
Tabelle 21: auf kg/ha umgerechnete Parzellenerträge	64
Tabelle 22: adjustierte Mittelwerte der Sorten für das Merkmal Ertrag.....	65
Tabelle 23: adjustierte Mittelwerte der Saatstärken für das Merkmal Ertrag	65
Tabelle 24: adjustierte Mittelwerte für das Merkmal Ertrag der Sorte Sultana nach Saatstärken	65

1. Einleitung und Problemstellung

1.1. Einleitung

Die Weltbevölkerung steigt unaufhörlich an, gleichzeitig ändern sich die Ernährungsgewohnheiten der Menschen. Anstatt Getreide, Knollen- und Hülsenfrüchten werden immer mehr tierische Produkte konsumiert. Dies führt dazu, dass Eiweißfuttermitteln eine immer größere Bedeutung zukommt.

Die Sojabohne wird sowohl für ihr wertvolles Öl als auch für ihren hohen Proteingehalt geschätzt. Zusätzlich ist das Protein durch seinen hohen Anteil an essentiellen Aminosäuren ernährungsphysiologisch sehr wertvoll. Nach der Gewinnung des Öls bleibt eiweißreiches Sojaschrot zurück. Dieses eignet sich hervorragend als Futtermittel.

Beim größten Teil der weltweit produzierten Sojabohnen (ca. 73 % der Weltanbaufläche) handelt es sich um gentechnisch veränderte Organismen (GVO), da sie für die Kulturführung erhebliche Vorteile bringen. In Österreich liegen die Anforderungen an eine gentechnik-freie Produktion sehr hoch, in vielen Programmen ist der Einsatz von gentechnisch veränderten Futtermitteln verboten. Damit entsteht ein Engpass an GVO-freiem Sojaschrot, das als Eiweißträger wichtig ist.

In Österreich, besonders in Oberösterreich, wird die Sojabohne seit etwa 25 Jahren erfolgreich im größeren Stil angebaut. Um dem Engpass an eiweißreichen Futtermitteln entgegenzuwirken, ist es wichtig, diese Produktion zu erhalten bzw. auszudehnen.

1.2. Problemstellung

In der Praxis tauchen bei Landwirten immer wieder neue Fragen, so auch zum Thema Sojaanbau auf. Die Landwirtschaftskammer reagiert auf diese Fragen mit der Durchführung von Feldversuchen, die bei ausgewählten Versuchslandwirten realisiert werden. Diese Versuche sind für Landwirte und Berater von großer Bedeutung. Durch die Versuchsstandorte in der Region haben Interessierte die Möglichkeit, die Entwicklung des Versuches zu verfolgen, und ihn unter den eigenen Gesichtspunkten zu betrachten. Zusätzlich können durch den örtlichen Versuch unter praxisüblichen Voraussetzungen die Ergebnisse auf den eigenen Betrieb zuverlässiger umgelegt werden, als es bei Versuchen in anderen Bundesländern oder gar anderen Ländern der Fall ist.

Um den maschinellen und zeitlichen Aufwand für den Versuchslandwirt möglichst gering zu halten, führt die Landwirtschaftskammer Streifenversuche durch. Das bedeutet, dass sich die Parzellen in einfacher oder doppelter Sämaschinenbreite über die gesamte Länge des Feldes erstrecken. Somit entfällt zur Saat ein aufwändiges Vermessen der Parzellen und die meist im Betrieb vorhandene praxisübliche Sämaschine kann verwendet werden.

Ziel dieser Masterarbeit ist es zu klären, ob die Sojaversuche der Landwirtschaftskammer wissenschaftlich auswertbar sind.

Gleichzeitig sollen folgende pflanzenbauliche Fragen beantwortet werden:

- Gibt es Unterschiede zwischen den verwendeten Sorten in agronomischen Merkmalen?
- Hat die Reihenweite einen Einfluss auf Ertrag, Habitus und Inhaltsstoffe?
- Hat ein späterer Saattermin einen Einfluss auf Ertrag, Habitus und Inhaltsstoffe?
- Hat die Saatstärke einen Einfluss auf den Ertrag?

2. Ökonomische Aspekte

2.1. Geschichte

Die Sojabohne wird seit etwa 3500 Jahren als Nahrungs- und Futterpflanze in Ostasien genutzt. Fälschlicherweise wird in vielen älteren Büchern davon ausgegangen, dass sie seit knapp 5000 Jahren in Ostasien angebaut wird und das erste Mal vom chinesischen Kaiser Shengnung bereits 2838 v. Chr. schriftlich erwähnt wurde. Tatsächlich gab es diesen Kaiser nicht. Er war eine Erfindung von Historikern und somit sind auch die angeblich von ihm stammenden Aufzeichnungen wertlos. Damit gehört die Sojabohne auch nicht zu den ältesten Kulturpflanzen (HYMOWITZ und SHURTLEFF 2005, 475).

Nach Europa gelang die Sojabohne erst Anfang des 18. Jahrhunderts durch den Botaniker Engelbert Kaempfer. Hier diente sie zu Beginn als Zierpflanze (SMITH und HUYSER 1987 in KELLER et al. 1999, 661) und war in diversen botanischen Gärten zu finden (DIEPENBROCK et al. 1999).

Im Zuge der Wiener Weltausstellung 1873 erwarb Friedrich Haberlandt, ordentlicher Professor für Pflanzenbau an der Universität für Bodenkultur in Wien, Sojasamen mehrerer Herkünfte aus Südwestasien. Mit diesen begann er 1875 eine Reihe von Anbauversuchen. Bereits Anfang des 19. Jahrhunderts wurden erste Anbauversuche durchgeführt, allerdings ohne Erfolg. Haberlandt gelang es, drei Herkünfte zur Samenreife zu bringen. Die Versuche wurden ausgeweitet. Dies führte 1877 dazu, dass 160 Versuchsansteller in Mittel- und Südeuropa und sogar in Russland an den Haberlandt'schen Sortenversuchen teilnahmen. Die Ergebnisse aus diesen Versuchen veröffentlichte Haberlandt 1877 in dem Buch „Die Sojabohne“. Er erkannte den Zusammenhang zwischen der lokalen Wärmesumme und der Reife, ähnlich wie es bereits beim Mais bekannt war. Er sah die Sojabohne schon als Pflanze mit besonderem Nährwert in der menschlichen Ernährung und in der Fütterung und schlug sogar einige Verwendungs- und Verarbeitungsmöglichkeiten vor. Haberlandt hat mit seinen Arbeiten wesentlich zur Verbreitung der Sojabohne in Europa aber auch in den USA beigetragen. 1901 wurde eine Herkunft, die er selbst selektiert hatte, mit seinem Namen ausgezeichnet – die Sorte „Haberlandt“.

In den USA wurde die Bedeutung der Sojabohne als landwirtschaftliche Kulturpflanze schneller erkannt, dort wurde sie bereits Mitte des 18. Jahrhunderts genutzt. Auch die Erfahrungen von Haberlandt wurden wesentlich schneller aufgegriffen. Seitdem stieg ihr Ansehen weiter und in den Sechzigerjahren des 20. Jahrhunderts produzierte die USA bereits mehr als 70% der Weltproduktion (RUCKENBAUER 2008, 4; SMITH und HUYSER 1987 in KELLER et al., 1999, 661).

2.2. Globale Bedeutung der Sojabohne

2.2.1. Soja weltweit

Die Sojabohne wird sowohl als Eiweißpflanze als auch als Fettlieferant geschätzt. Trotz ihres, im Gegensatz zu anderen Ölsaaten, relativ geringen Fettanteils von 20%, wird sie am Weltmarkt als Ölsaat geführt (HATJE 1989 in KELLER et al. 1999). Sie ist weltweit die bedeutendste Ölpflanze, dicht gefolgt von der Ölpalme.

In den letzten Jahrzehnten wuchs die Ölpflanzenproduktion so stark wie kaum ein anderer Agrarsektor. Damit stieg auch die Sojaproduktion. Gründe dafür sind die steigende Nachfrage nach Öl, nach der Frucht selbst (vor allem in den Entwicklungsländern), die Nachfrage an proteinreichen Futtermitteln durch sich verändernde Konsumgewohnheiten in den Industrieländern und die zunehmende Bedeutung von Bioenergie.

Seit 1961 hat sich die weltweite Sojaproduktion verzehnfacht (Abbildung 1).

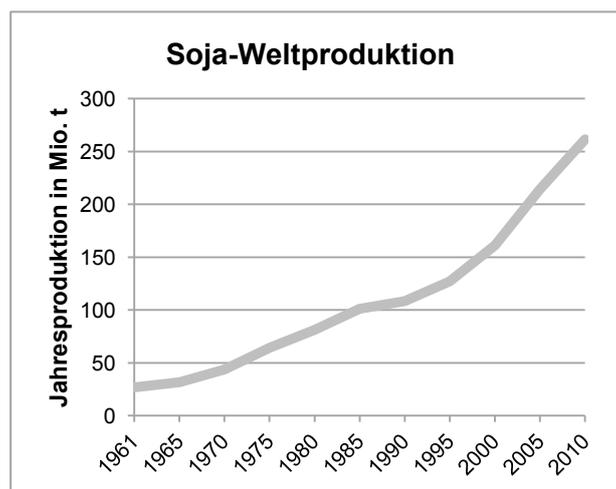


Abbildung 1: Entwicklung der weltweiten Sojaproduktion von 1961 bis 2010 (FAOSTAT 2012)

2010 wurden weltweit auf rund 102 Mio. ha etwa 261 Mio. t Sojabohnen geerntet, davon stammten 80% aus den drei mit Abstand größten Sojaanbauländern USA, Brasilien und Argentinien (FAOSTAT 2012; FAO 2003, 98-101) (Abbildung 2).

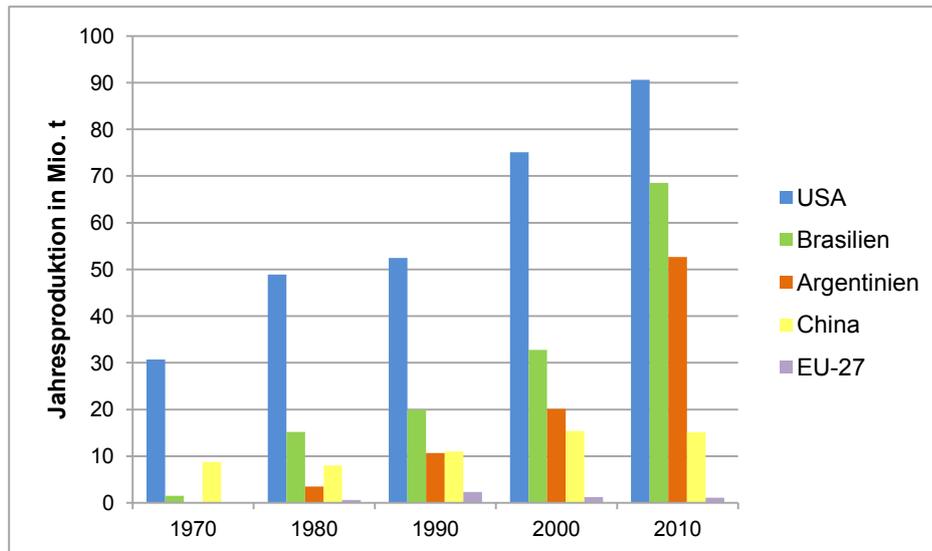


Abbildung 2: Jahresproduktion der weltweit bedeutendsten Sojaproduzenten und der EU (FAOSTAT 2012)

Diese drei Staaten sind auch die Sojauptexporteure. Von ihnen gehen knapp 90% der weltweiten Sojaexporte aus. Gleichmaßen sind sie führend beim Export von Sojaöl und Sojaschrot/-kuchen. Die großen Importländer sind China und die EU, aber auch Japan und Mexiko (TOEPFER INTERNATIONAL 2010, 28,29,36,42). 2002 hat die EU ihre Führungsposition im Sojaimport an China abgegeben. Grund dafür ist die stark wachsende Wirtschaft in China und die damit steigende Nachfrage nach tierischen Lebensmitteln, die wiederum zu einer gesteigerten Nachfrage von Sojaschrot führt. Zusätzlich wurden 2002 die Handelsbestimmungen vereinfacht und China trat der World Trade Organization (WTO) bei (USDA 2005 in SINGH 2010, 461).

Die Preisentwicklung der Sojabohne ist komplex, denn sie beinhaltet die Interaktionen zwischen den Märkten für die Sojabohne an sich, Sojaschrot und Sojaöl. Obwohl sie voneinander abhängig sind, entwickeln sich die drei Produkte nicht einheitlich. Ein Grund für die Preissteigerung von Soja ist das gestiegene Pro-Kopf-Einkommen, wodurch mehr tierische Lebensmittel konsumiert werden. Durch die steigende Nachfrage nach tierischen Lebensmitteln und damit nach eiweißreichen Futtermitteln, erhöht sich auch die Nachfrage nach Sojaschrot und damit stieg sein Preis in den letzten 10 Jahren dramatisch an. Auch der Preis für Sojaöl und Lebensmittel aus Soja erfuhr einen Aufschwung, hauptsächlich durch das gesteigerte Gesundheitsbewusstsein in den Industrieländern und wiederum durch ein höheres Pro-Kopf-Einkommen.

Ein weiterer Grund für die wachsenden Sojapreise ist der steigende Rohölpreis. Einerseits erhöht er die Produktionskosten der Sojabohne und andererseits führt er dazu, dass die

Biotreibstoffproduktion, wozu Soja auch als Rohstoff dient, angekurbelt wird (SINGH 2010, 474-475).

2.2.2. Die Sojabohne in der EU

Innerhalb der Europäischen Union hat die Sojabohne mit der regionalen Bedeutung von anderen Ölfrüchten wie Raps, Olive oder der Sonnenblume zu kämpfen. Wie auch in Abbildung 2 zu sehen ist, kommt der EU an der globalen Sojaproduktion keine Bedeutung zu. 2010 wurden auf etwa 375.000 ha rund 1.071.000 t Soja geerntet. Die führenden Länder der EU in der Sojaproduktion sind Italien, Rumänien und Frankreich. An vierter Stelle steht bereits Österreich, das seit 2008 sein Nachbarland Ungarn in der Produktion überholt hat (FAOSTAT 2012) (Abbildung 3).

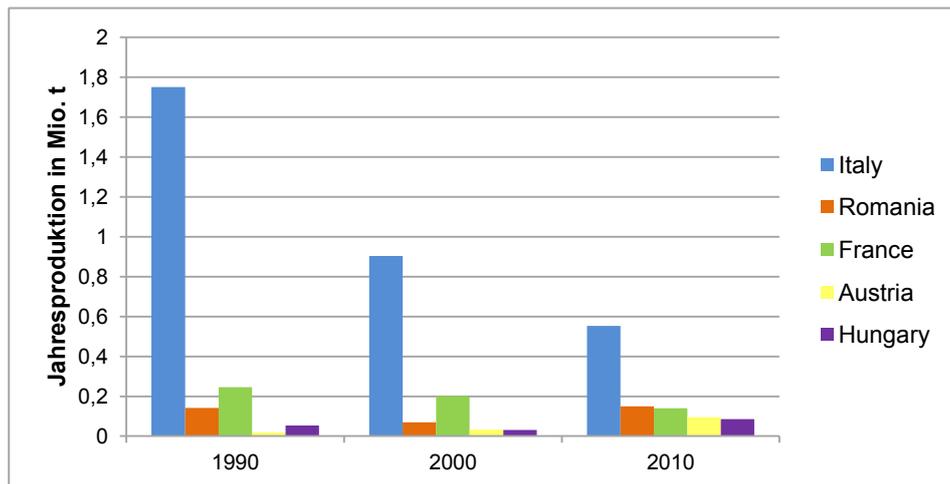


Abbildung 3: Jahresproduktion der bedeutendsten Sojaproduzenten der EU (FAOSTAT 2012)

Jährlich werden etwa 15 Mio. t Sojabohnen in die EU importiert, wobei diese Zahl in den letzten 10 Jahren tendenziell zurückging. Der Import an Sojaschrot ist für die europäischen Staaten besonders wichtig. Hiervon werden jährlich zwischen 22 und 24 Mio. t eingeführt. Die Zahl stieg in der Regel kontinuierlich an (bis auf 2009). Die wichtigsten Importländer sind Brasilien und beim Sojaschrot Argentinien. Von dort aus fließen jährlich etwa 8 bis 9 Mio. t Sojabohnen bzw. 11 bis 12 Mio. t Sojaschrot in die Niederlande, Deutschland, Frankreich und Spanien, die als bedeutendste Einfuhrländer gelten. Von dort aus wird innerhalb der EU weiter reger Handel betrieben (TOEPFER INTERNATIONAL 2010, 32-33, 50-51).

Die EU tätigt auch Exporte von kleineren Mengen in Drittländer wie Schweiz, Norwegen, Kroatien, Russland und Türkei (FAOSTAT 2012).

2.2.3. Verwendungsmöglichkeiten

Die Verwendungsmöglichkeiten der Sojabohne sind sehr vielfältig (Abbildung 4). Sie wird sowohl als Lebensmittel und Futtermittel als auch als industrieller Rohstoff genutzt. In der weltweiten Versorgung mit Speiseölen oder Margarine hat das gepresste oder extrahierte Sojaöl einen Anteil von 30%. Durch den Zusatz von eiweißreichem Sojamehl zu Brotmehl kann der Eiweißgehalt von Brot und anderen Backwaren ernährungsphysiologisch deutlich erhöht werden. Solchen Lebensmitteln kommt eine steigende Bedeutung durch den weltweiten Eiweißmangel zu. Besonders in überbevölkerten Ländern in den Tropen und Subtropen kann dem Eiweißmangel damit entgegengewirkt werden. Sojamehl bildet auch die Grundlage für Suppen und Saucen. Durch das feine Vermahlen von hellen Sojabohnen und Mischen mit Wasser entsteht Sojamilch. Diese wird wegen ihrer Lactosefreiheit vielerorts als Kuhmilchersatz eingesetzt. Daraus kann Tofu oder Sojajoghurt hergestellt werden. Mit dem Einsatz von Mikroorganismen oder Enzymen kann aus Sojaweiß durch Fermentation eine Art „vegetarischer Käse“ hergestellt werden, wie zum Beispiel Miso, Tempeh, Natto und Sufu. Neben den ausgereiften Bohnen können auch unreife Sojabohnen und Sojakeimlinge als Gemüse gegessen werden, wobei unbedingt zu beachten ist, dass im Handel oft Mungobohnenkeimlinge fälschlicherweise als Sojakeimlinge oder –sprossen deklariert werden (SOLDATI 1976 und FRANKE 1989 in KELLER et al. 1999, 663-664; RAGHUVANSHI und SINGH 2009 in SINGH 2010, 414).

In der Tierfütterung findet vor allem der Sojaschrot (oder auch Sojaextraktionsschrot genannt) Verwendung. Sojaschrot ist der feste Rückstand der Ölextraktion und wird als Eiweißfuttermittel hauptsächlich in der Rinder- und Schweinefütterung sehr geschätzt. Mit den hohen Anteilen an essentiellen Aminosäuren trägt Sojaschrot wesentlich zur Deckung des hohen Bedarfs dieser in der Milchproduktion bei. Die Verdaulichkeit liegt bei 92%, denn auch die Rohfaser, die zur Hälfte aus der verdaulichen Zellulose und Hemizellulose besteht, kann gut verwertet werden (AMERICAN SOYBEAN ASSOCIATION (s.a.) in KELLER et al. 1999, 664).

Seit Henry Ford in den Dreißigerjahren des 20. Jahrhunderts ein Auto plante, das gänzlich aus landwirtschaftlichen Produkten bestand, begann er sehr erfolgreich aus Soja Plastik zu produzieren. In den Fünfzigerjahren erkannte die Konkurrenz, dass sich aus Erdöl viel billiger Plastik herstellen lassen konnte. Die Sojabohne blieb eine vielseitige Industriepflanze und wird heute in der Leimproduktion und der Papierindustrie oder als Farb- oder Anstrichmittel und als Trenn- oder Schmiermittel genutzt. Soja kann auch in Kosmetikprodukten und Haarpflegeprodukten eingesetzt werden. Sojalecithin wird in der Lebensmittel- und Pharmaindustrie als Emulgator eingesetzt. Die Sojabohne gewinnt auch wieder an

Bedeutung in der Lack- und Kunststoffindustrie, wie auch in der Biodieselproduktion (RAGHUVANSHI und BISHT in SINGH 2010, 412; IMFELD 1993, SCHUCHERT 1992 und HATJE 1989 in KELLER et al. 1999, 664-665).

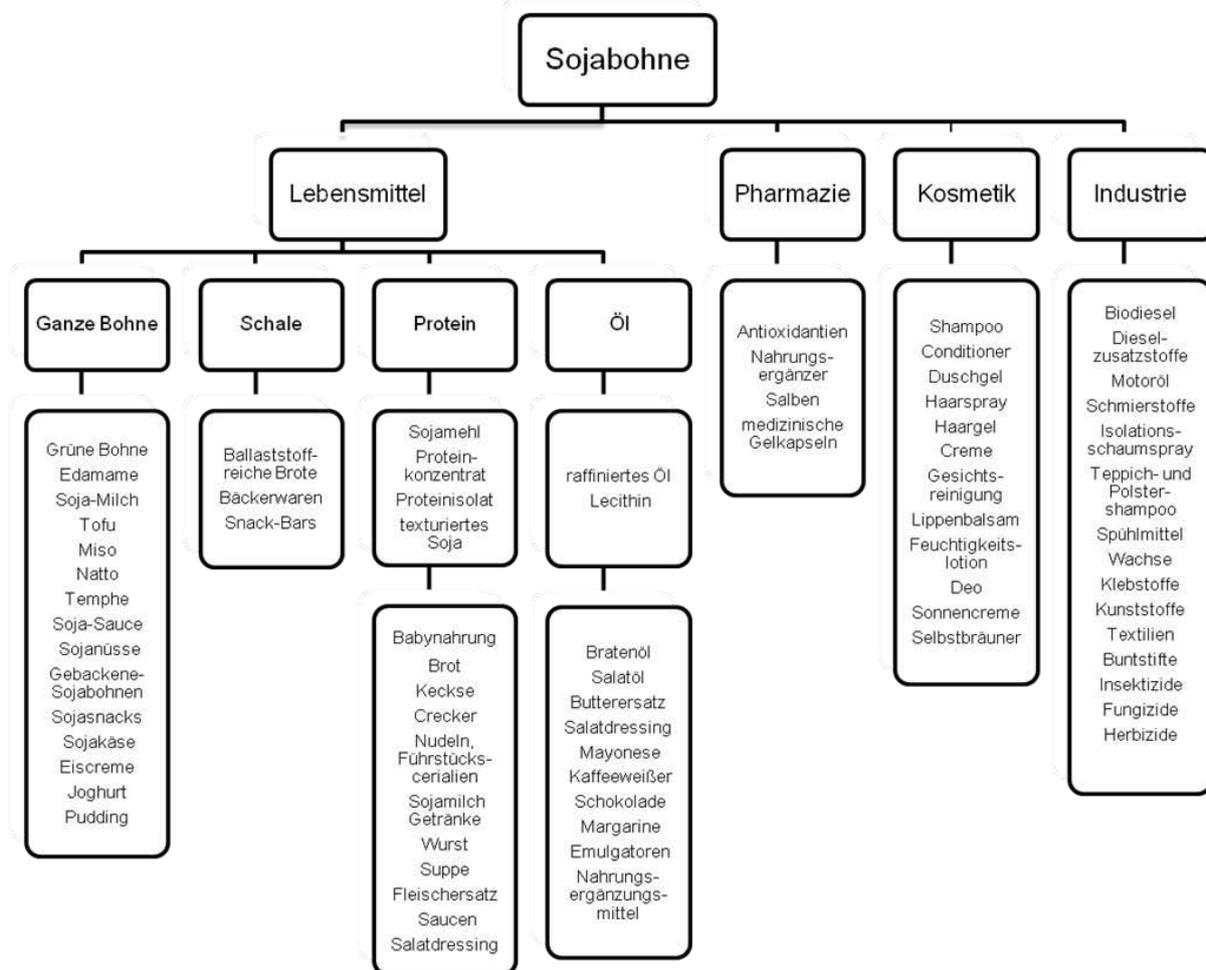


Abbildung 4: Verwendungsmöglichkeiten der Sojabohne und ihrer Bestandteile (nach L'HOCINE und BOYE 2007, verändert)

2.3. Regionale Bedeutung der Sojabohne

2.3.1. Österreich

Soja wird in Österreich im kleineren Umfang schon seit vielen Jahren angebaut, aber erst seit 1988 verzeichnet die FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) eine österreichische Produktion von 9.176 t Soja. In den folgenden 5 Jahren stieg diese auf 125.000 t an und fiel mit dem EU-Beitritt wieder drastisch ab. Abgesehen von zwei Rückschlägen (2000 und 2007) nahm die Produktion seither kontinuierlich wieder zu. 2010 wurden auf rund 34.400 ha etwa 94.500 t Soja erzeugt (Abbildung 5).

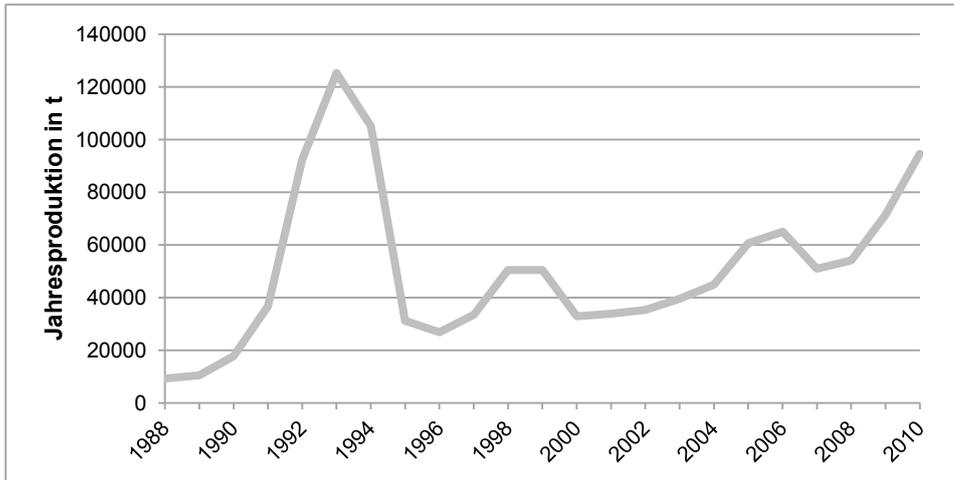


Abbildung 5: Entwicklung der Österreichischen Sojaproduktion von 1988 bis 2010 (FAOSTAT 2012)

Zusätzlich importiert Österreich jährlich etwa 100.000 t Soja, 400.000 t Sojaschrot und zwischen 10.000 und 50.000 t Sojaöl und exportiert auch kleinere Mengen (FAOSTAT 2012). Trotz der steigenden Sojaproduktion ist Österreich mit einem Selbstversorgungsgrad von etwa 60% auf Sojaimporte angewiesen. Die Hauptbezugsländer für Österreich sind die drei großen Sojaproduzenten (USA, Brasilien und Argentinien).

2.3.2. Oberösterreich

In den Bundesländern Oberösterreich, Burgenland und Niederösterreich werden rund 80% des österreichischen Soja angebaut. Oberösterreich ist das sojastärkste Bundesland (Abbildung 6). 2011 wurden hier auf einer Fläche von 13.500 ha 39.500 t Soja geerntet (AMA 2011, 4). Grund für diesen starken Anbau ist die Vielzahl der sojaverarbeitenden Betriebe, die Soja als Futtermittel aufbereiten oder zu Lebensmitteln weiterverarbeiten. Eine weitere Ursache ist der große Schweinebestand in Oberösterreich, wo die Sojabohne bzw. Sojaschrot als wertvoller Eiweißträger als Futtermittel eingesetzt werden.

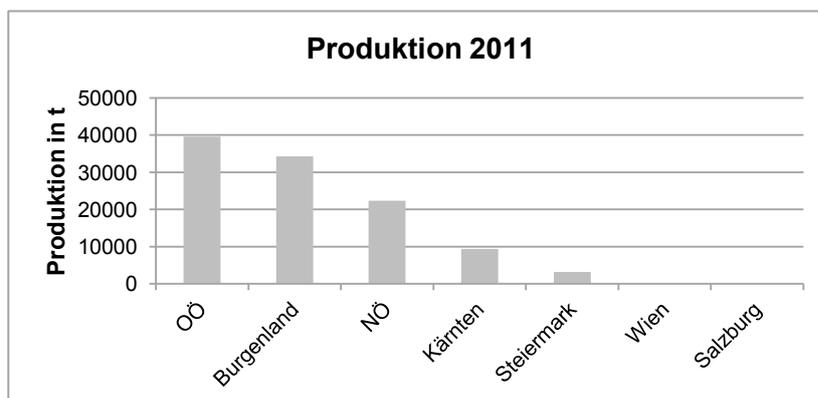


Abbildung 6: Sojaproduktion in Österreich 2011 nach Bundesländern (AMA Marktbericht 2011)

2.4. Spannungsfelder

Wie jede Kultur gerät auch die Sojabohne in Spannungsfelder, die ihre Entwicklung als Kulturpflanze beeinflussen können.

2.4.1. Die gentechnisch veränderte Sojabohne

Die Herbizidtoleranz ist die wichtigste kommerzielle Eigenschaft der gv-Sojasorten. Sie weisen Toleranzen gegenüber dem Totalherbizid Glyphosat auf, womit die Pflanzenschutzmaßnahmen wesentlich vereinfacht werden können. Um einer frühen Resistenzbildung der Unkräuter entgegenzuwirken gibt es mittlerweile auch Sorten mit Toleranzen gegen andere Herbizidwirkstoffe wie Glufosinat und Imidazolinon.

Ebenso gibt es gv-Sorten, deren Produkteigenschaften verändert worden sind, wie etwa die Fettsäurezusammensetzung (erhöhter Ölsäuregehalt).

Nachdem 1997 die erste gentechnisch veränderte Sojasorte angebaut wurde, stieg der Anbau von gv-Soja rapid an. 2011 standen sie auf 75 Mio. ha, das entspricht einem Anteil von 73% der gesamten weltweiten Sojaanbaufläche.

Weltweit sind derzeit eine Vielzahl gv-Sojasorten zugelassen. In den USA und Argentinien hat sich die gv-Sojabohne erfolgreich durchgesetzt. Der Anbau gentechnisch nicht veränderter Sorten ist hier rar geworden. In Brasilien, dem wichtigsten Erzeugerland Europas, hat in den letzten Jahren der Flächenanteil des gv-Sojas ebenfalls die 80%-Marke überschritten (Abbildung 7).

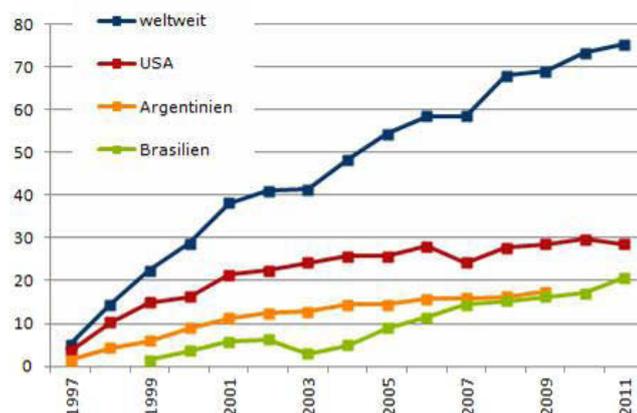


Abbildung 7: Entwicklung der gv-Sojaanbauflächen in Millionen Hektar (TRANSGEN 2012)

In der EU beschränkt sich die Zahl der zugelassenen Events auf 7, sie sind zur Verwendung als Lebens- oder Futtermittel zugelassen. Ein Event ist eine bestimmte gentechnische

Veränderung in der Pflanzenzelle, die dazu führt das die Pflanze etwa resistent gegen Glyphosat ist oder im Samen verstärkt Ölsäure produziert. Ein Event kann somit in mehreren Sorten vorhanden sein bzw. kann auch eine Sorte mehrere Events tragen. Bisher gibt es aber für kein Event eine Zulassung zum Anbau in der EU. Wenngleich bis jetzt kein Event zum Anbau zugelassen ist, haben Österreich und 9 weitere EU-Länder ein nationales Verbot dagegen erlassen, obwohl nationale Anbauverbote aufgrund von Binnenmarktregeln und WTO-Verträgen nicht erlaubt wären (TRANSGEN 2012).

Der hohe Marktanteil von gv-Soja hat auch Auswirkungen auf den konventionellen Anbau. Durch den hohen Anteil an herbizidtoleranten Sorten beschränkt sich der Großteil der Anbaugelände auf den Einsatz von lediglich 3 Wirkstoffen, wobei Glyphosat bevorzugt verwendet wird. Dessen ungeachtet sind konventionell geführte Sojabestände auf wirksame selektive Herbizide angewiesen. Dieser Markt ist für die chemische Industrie zu unbedeutend um in die Entwicklung neuer Herbizide zu investieren. Daraus resultiert ein sehr eingeschränktes Spektrum an Herbiziden im konventionellen Anbau.

2.4.2. Weltweite Eiweißlücke

Die Weltbevölkerung wächst ständig. Die FAO geht davon aus, dass diese bis Mitte der 2030er jährlich um 50 bis 70 Millionen Menschen ansteigt. Daraus resultiert eine gesteigerte Nachfrage an Lebensmitteln.

Zusätzlich fand in den letzten 40 Jahren eine drastische Veränderung in den Ernährungsgewohnheiten der Menschen statt. Sie entwickeln sich weg von den Grundnahrungsmitteln wie Getreide, Wurzel-, Knollen- und Hülsenfrüchten und hin zu mehr tierischen Produkten, pflanzlichen Ölen, Gemüse und Obst (FAO 2008, 4). Dadurch entsteht eine große Nachfrage nach Eiweiß und besonders nach eiweißreichen Futtermitteln, die in Europa durch den eigenen Anbau nicht gedeckt werden kann. Die Folge: Große Mengen an Soja und besonders Sojaschrot müssen importiert werden. Wie bereits oben erwähnt, werden diese Importe hauptsächlich aus den USA, Brasilien und Argentinien bezogen, die für den überwiegenden Anbau von gentechnisch veränderten Sojasorten bekannt sind. Ab dem Schwellenwert von 0,9% gv-Soja muss die Ware dementsprechend deklariert werden.

Aufgrund hoher Qualitätsanforderungen ist der Einsatz von gentechnisch veränderten Futtermitteln in vielen österreichischen Programmen verboten. Dies führt besonders beim Sojaschrot zu Problemen. Sojaschrot wird hauptsächlich aus Brasilien bezogen und dort schrumpft der konventionelle Anbau immer weiter, wenngleich die dortige Produktion die

europäische Nachfrage an GVO-freien Sojabohnen bzw. Sojaschrot noch übersteigt (TRANSGEN 2012).

2.4.3. Konkurrenz am Feld

In der Fruchtfolge steht die Sojabohne in erster Linie in Konkurrenz mit Körnermais, aber auch mit Sonnenblume und Zuckerrübe (Industrierübe) (Abbildung 8).

Der Düngemittleinsatz bei der Sojabohne ist sehr gering, besonders, weil sie bei funktionierender Luftstickstofffixierung nicht auf zusätzlichen Stickstoff angewiesen ist. Dies ist der Hauptfaktor für die relativ geringen Betriebsmittelkosten der Sojabohne. Die Kosten für Betriebsmittel wie Saatgut, Düngemittel, Herbizide und Ernte können als „fix“ angesehen werden. Daher entscheidet das Ertragsniveau über die Wirtschaftlichkeit des Anbaues.

Bezogen auf den Deckungsbeitrag stellt Mais bei hoher Preislage die erfolgreichere Kultur dar. Dies war auch 2011 der Fall. Bei niedrigem Preisniveau kann die Sojabohne wegen ihrer niedrigen Kostenstruktur höhere Deckungsbeiträge als Mais erzielen.

	Sojabohne	Körnermais	Nassmais 30 %	
Ertragsniveau	3,0	11	14,0	t/ha
Preisannahme 2011	390	190	121	€/t
Leistung Hauptprodukt	1170	2090	1689	€/ha
Saatgut	170	160	160	€/ha
Düngemittel	88	336	336	€/ha
Pflanzenschutzmittel	105	85	85	€/ha
Variable Maschinenkosten	100	140	140	€/ha
Ernte- und Transportkosten	120	140	140	€/ha
Trocknung	20	400	0	€/ha
Hagelversicherung	12	15	15	€/ha
Sonstiges	5	5	5	€/ha
Variable Kosten	620	1281	881	€/ha
Deckungsbeitrag 2011	550	809	808	€/ha

Abbildung 8: Produktionskosten und Deckungsbeiträge 2011 für Sojabohne, Körnermais und Nassmais (LK OÖ 2011)

Neben den wirtschaftlichen Gründen dürfen die positiven Eigenschaften der Sojabohne für den Boden und die Nachfrucht nicht vergessen werden (siehe 3.3.1.).

2.4.4. Lebensmittel, Futtermittel oder technischer Rohstoff

Im Jahr 2000 lagen 46% der weltweiten Nachfrage an Sojabohnen in den Industrieländern, davon wurden gerade 10% als Lebensmittel genutzt. Die übrigen 90% wurden hauptsächlich verfüttert oder als Rohstoff für die Biotreibstoffproduktion verwendet (CHIANU et al. in SINGH 2010, 470). Der überwiegende Teil (etwa 90%) der Weltproduktion, die vor allem in den Hauptproduktionsländern (USA, Brasilien und Argentinien) stattfindet, wird in Ölmühen zu Sojaöl (20%) und Sojaschrot (80%) verarbeitet (TÖPFER INTERNATIONAL 2012, 26, 36, 42). Die genauen Zahlen sind in Tabelle 1 ersichtlich.

Tabelle 1: Weltproduktion an Sojabohnen, -öl und -schrot 2011/2012 (TÖPFER INTERNATIONAL 2012)

Weltproduktion in t	
Sojabohnen	245.100.000
Sojaöl	42.726.000
Sojaschrot	180.600.000

Das Sojaöl geht hauptsächlich in den Lebensmittelbereich, aber auch in technische Bereiche (siehe 2.2.3.). Sojaschrot wird fast ausschließlich als Futtermittel eingesetzt. In der EU wird der Bedarf an Speisesoja auf etwa 250.000 t geschätzt, das entspricht ca. 20% der EU-Produktion (KRUMPHUBER 2012, mündliche Mitteilung 20.3.2012).

Der Biodieselsektor erlebt einen Aufschwung, die weltweite Biodieselproduktion hat sich seit 2007 verdoppelt und beträgt 2012 etwa 18,8 Mio. t (TÖPFER INTERNATIONAL 2012, 60). Damit steigt auch die Bedeutung der Sojabohne als Rohstoff. Dies stellt eine gewisse Konkurrenz zur Nutzung der Sojabohne als Lebens- oder Futtermittel dar. In den USA ist dieser Trend bereits sichtbar. Die Biodieselproduktion aus Sojaöl steigt auf Kosten des Einsatzes dieses Öls im Lebensmittelbereich (Abbildung 9), was auch zu höheren Preisen führt.

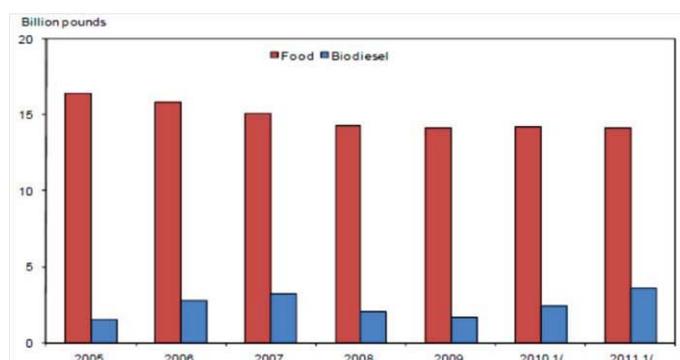


Abbildung 9: Verhältnis zwischen Sojanutzungsbereichen Lebens-/Futtermittel und Biodieselproduktion (USDA 2011)

2.5. Zukunftsperspektiven

Die Sojafläche bzw. -produktion hat in den vergangenen Jahren ein bemerkenswertes Wachstum erfahren, das nach Prognosen der FAO (2003, 103, 144) zwar nicht mehr in diesem Ausmaß, aber auch weiterhin andauern wird. Die Sojabohne bleibt auch künftig eine der dynamischsten Kulturarten.

Brasilien und Argentinien wird in Zukunft eine noch größere Bedeutung im Sojaanbau und Export zukommen. Brasilien, der zurzeit zweitgrößte Sojaexporteur hinter den USA, hat gegenüber dem Hauptexporteur bedeutende Wettbewerbsvorteile. Abgesehen von den Fördermitteln gibt es in Brasilien relativ fruchtbares Neuland und die Produktionskosten sind allgemein niedriger. Gleichzeitig sinkt der Export der USA, weil die Sojabohnen vermehrt zur Biotreibstoffproduktion herangezogen werden, was durch Steuererleichterungen bzw. Fördergelder bestärkt wird. China wird eine wesentliche Bedeutung als Sojaimporteur zukommen, besonders wenn sich die Handelsbestimmungen weiterhin entspannen. Der Import der EU an Soja und Sojaschrot soll nur mehr langsam ansteigen. Der Grund dafür ist die Prognose, dass die Verwendung von Getreide und Rapsschrot als Eiweißfuttermittel zunimmt (ASH et al. 2006, ELOBEID et al. 2006, USDA 2005 in SINGH 2010, 470).

Die anhaltend steigenden Rohölpreise führen zu einer Aufschwung der Biotreibstoffproduktion. In Folge steigen die Preise für agrarische Produkte, was wiederum einen höheren Düngereinsatz bewirkt. Die FAO (2011, 10) prognostiziert bis 2015 einen Anstieg des Gesamtdüngerverbrauches (N, P_2O_5 und K_2O) um jährlich 2%. Damit soll er Ende 2015 190,4 Mio. t erreichen. Auf diese Weise steigt auch die Nachfrage an Stickstoffdünger. Sie soll bis 2015 jährlich um 1,7 % ansteigen, das entspricht 7,6 Mio. t Jahreszuwachs. Auch wenn das Angebot in vergleichbar hohem Tempo wächst, steigen die Düngerpreise dennoch an (FAO 2011, 9-15).

Für die Sojabohne ergeben sich daraus gute Aussichten. Sie kann mit einer wachsenden Nachfrage und damit steigenden Preisen durch die angekurbelte Biotreibstoffproduktion rechnen. Gleichzeitig kann sie, anders als weitere Rohstoffe des Biotreibstoffes wie Mais, Weizen oder Zuckerrohr, durch ihre Fähigkeit der Luftstickstofffixierung auch teils der Thematik der steigenden Düngerpreise entgehen.

Durch den Aufschwung der Biotreibstoffproduktion verschärft sich daneben die Konkurrenz zwischen der Lebensmittel-, Futtermittelnutzung und der industriellen Verwendung der Sojabohne. Auch dieser Wettbewerb führt zu steigenden Preisen (FAO 2011, 9).

3. Pflanzenbauliche Aspekte

3.1. Biologie

3.1.1. Systematik und botanische Beschreibung

Die Gattung Sojabohne gehört zur Familie der Leguminosen (*Fabaceae*), zur Unterfamilie der *Lotoideae* und zum Stamm der *Phaseoleae*. (GEISLER 1988, 359)

In der Literatur sind verschiedene Wildformen von *Glycine max* (L.) Merr. angegeben. Nach REGEL und MAACK (s.a. in DIEPENBROCK et al. 1999, 243) ist *Glycine ussuriensis* die wilde Form unserer heutigen Kulturpflanze, sie hat feine Stängel und rankt sich hoch oder kriecht auf dem Boden. Sie stammt aus Südostasien, China, Korea und Japan. SCHUCHERT (in KELLER et al. 1992, 660-661) ist der Meinung, dass die Wildform niemals gefunden wurde, aber wie auch Geisler gibt er an *Glycine max* stammt von *Glycine soja* ab, einer Art aus Ostasien, die als einjährige Pflanze kriechende Sprosse und kleine dunkle Samen bildet.

Die heutige Kultursojabohne (*Glycine max*) ist eine einjährige Pflanze. In Mitteleuropa gibt es sehr große Variationen zwischen den Genotypen in der Wuchshöhe (von 30 bis 200 cm) und der Verzweigung. Der aufrechte Stängel ist rundlich. Das erste Laubblattpaar ist gegenständig, langstielig und ungeteilt, während die nachfolgenden zwar ebenfalls langstieligen Blätter aus drei ganzrandigen Fiederblättern bestehen und wechselständig sind. Die gesamte Sojapflanze ist meist stark fein behaart.

In den Blattachseln sitzen die kleinen unscheinbaren, weißen oder hellvioletten Blütchen (Abbildung 10). Die Sojabohne ist ein Selbstbefruchter. Zu einer natürlichen Fremdbefruchtung kommt es nur in 0,5% der Fälle, Grund dafür sind Insekten, die in die Blüte eindringen.

In den 2 bis 7 cm langen Hülsen finden sich 1 bis 6 Samen. Die Samen können rund, rundoval oder

eiförmig sein. Die Farbe der Samen kann stark variieren und zwar von hellgelb, goldgelb bis hin zu braun, grün oder sogar schwarz und sie können auch gescheckt, gesprenkelt oder marmoriert sein. Der Nabel kann ebenfalls verschiedene Farben annehmen, je nach Linie von hellgelb bis schwarz. Auch in der Größe gibt es starke Variationen, wobei die mitteleuropäischen Sorten zwischen einem Tausendkorngewicht von 100 bis 240 g schwanken (DIEPENBROCK et al. 1999, 243-244).



Abbildung 10: Violette und weiße Blüten einer Sojapflanze

3.1.2. Wuchstypen

Bei der Sojapflanze wird zwischen drei verschiedenen Wuchstypen unterschieden. Sie werden als indeterminierter, semi-determinierter und determinierter Wuchs bezeichnet. Diese Begriffe beziehen sich vor allem auf das Wachstum des Haupttriebes und auf die Blütenbildung. Indeterminierte Wuchstypen wachsen nach der Blütenbildung weiter und damit während der gesamten Vegetationszeit.

Der determinierte Wuchstyp zeichnet sich durch den Wachstumsstopp des Haupttriebes nach dem Sichtbarwerden der ersten Blüte aus. Die Blüten, und damit auch die Hülsen, sind traubenartig angeordnet. Die Zwischenstellung der beiden Wuchstypen nimmt der semi-determinierte Typ ein (VIDAL und ASTRUC 1986 in KELLER et al. 1999, 665). Indeterminierte Pflanzen sind in der Regel höher im Wuchs als die beiden anderen Wuchstypen. Die semi-determinierten oder determinierten Pflanzen sind durch ihren kürzeren Wuchs weniger lageranfällig (HOEFT et al. 2000, 35).

3.1.3. Photoperiodismus

Die Sojabohne ist eine Kurztagpflanze. Das bedeutet, die Blüte wird durch eine entsprechend kurze Tageslänge bzw. lange Nacht induziert, denn im Dunklen läuft in der Pflanze eine biochemische Umbaureaktion ab. Ist die Dunkelphase zu kurz bzw. wird sie unterbrochen, erfolgt diese Reaktion in einem nicht ausreichenden Umfang, die Pflanze blüht nicht und wechselt damit nicht in die generative Phase. Damit spielt die Tageslänge die wichtigste Rolle bei der Blühinduktion, aber auch die Temperatur hat einen Einfluss darauf. Bei einer höheren Temperatur laufen Reaktionen schneller ab, damit beginnen Pflanzen bei wärmeren Nächten früher zu blühen als bei kälteren bei gleich langer Dunkelphase. Um zu blühen muss die Pflanze aber auch ein bestimmtes vegetatives Entwicklungsstadium erreicht haben und zwar ist dies dann der Fall, wenn sie am Hauptstamm bereits drei entfaltete Fiederblätter (Entwicklungsstadium V3 nach FEHR und CAVINESS 1977, AEBY 1995 in KELLER et al. 1999, 666) gebildet hat (HOEFT et al. 2000, 34-35).

Der Photoperiodismus der Sojabohne ergibt im Anbau in nördlichen gemäßigten Klima ein Problem. Da die optimale Keimtemperatur der Sojapflanze bei 8 bis 10 °C liegt, resultiert daraus ein relativ später Saattermin. Somit kommen diese Bestände mit ihrem Wachstum bereits in den Langtag, damit kommt die Pflanze erst später in die Blüte, dadurch verlängert sich die Phase des vegetativen Wachstums und daraus resultieren ein verminderter Fruchtansatz und eine spätere Reife. Mittlerweile wurde diese photoperiodische Bindung durch züchterische Maßnahmen gelockert und es gibt Sojapflanzen die tagneutral sind oder

sogar den Charakter von Langtagpflanzen angenommen haben und daher besser an die europäischen Bedingungen angepasst sind (DIEPENBROCK et al., 1999, 244).

3.1.4. N₂-Fixierung

Die unterirdischen Pflanzenteile der Sojabohne bilden eine mehr oder weniger stark ausgeprägte Pfahlwurzel und zahlreiche Nebenwurzeln. Obwohl die Sojapflanze mit ihren Wurzeln eine Tiefe von 2 m erreichen kann, findet sich der Großteil der Wurzelmasse in der Krume (DIEPENBROCK et al., 1999, 243).

Sind spezifische symbiotische Bakterien (*Bradyrhizobium japonicum*) im Boden vorhanden bilden sich an den Wurzeln sogenannte Knöllchen. Etwa eine Woche nach dem Auflaufen des Sojakeimlings, nachdem das Bakterium die Wurzelhaare infiziert hat, bildet die Pflanze diese Knöllchen, die vorwiegend aus parenchymatischem Gewebe bestehen (DIEPENBROCK et al. 1999, 211; HOEFT et al. 2000, 33).

Bakterium und Pflanze leben in einer Symbiose. Die Pflanze stellt dem Bakterium Assimilate zur Verfügung und das Bakterium liefert der Sojapflanze Ammoniumionen aus reduziertem Luftstickstoff. Für die Fixierung von 1 g Stickstoff werden etwa 6 bis 10 g Kohlenstoff benötigt. Damit stellt die Luftstickstofffixierung für die Pflanze eine Belastung des Stoff- und Energiehaushaltes dar, dafür ist es der Sojabohne möglich den ansonsten nicht pflanzenverfügbaren Luftstickstoff zu nutzen (DIEPENBROCK et al. 2009, 189).

Bereits 10 bis 14 Tage nach dem Auflaufen kann die Pflanze den Großteil des Stickstoffbedarfs durch die Symbiose mit dem Bodenbakterium decken. Aktive Knöllchen sind an der roten Farbe im Inneren zu erkennen. In dieser aktiven Phase sind sie 6 bis 7 Wochen, dann zerfallen sie wieder, während der gesamten Vegetationszeit der Sojapflanze werden aber immer wieder neue Knöllchen gebildet. Spätestens zur Kornfüllungsphase sterben alle Knöllchen ab, weil sie den Konkurrenzkampf um Assimilate gegen den sich bildenden Samen verlieren. Aus der symbiotischen Stickstofffixierung stammen 70% des Stickstoffs der gebildeten Biomasse. HEATHERLY und ELMORE (1993 in BOERMA und SPECHT 2004, 500) gehen davon aus, dass die Sojapflanze sogar 75% ihres Stickstoffbedarfes durch diese Symbiose decken kann. Die Sojabohne ist durch die Symbiose mit dem Bakterium in der Lage zwischen 15 und 260 kg N/ha im Jahr zu fixieren. Diese hohe Spannbreite lässt sich auf die Jahres- und Standorteffekte und auch auf die verschiedenen Wuchs- und Ertragsleistungen zurückführen. Auf Grund dieser vielen Einflussfaktoren ist eine Vorhersage über die N-Fixierung schwer zu treffen (DIEPENBROCK et al. 1999, 211; HOEFT et al. 2000, 33).

Es ist bereits bekannt, dass Nitrat im Boden die Knöllchenbildung dramatisch hemmt, aber leider konnte trotz vieler Studien noch keine sichere Erklärung für dieses Phänomen gefunden werden (HEATHERLY und ELMORE 1993 in BOERMA und SPECHT 2004, 555).

3.1.5. Inhaltsstoffe

Nach SCHUSTER (1992 in KELLER et al. 1999, 663) bestehen Sojasamen aus 40% Protein, 21% Fett, 34% Kohlehydraten und 4,9% Asche. SCHÄFER (in LÜTKE ENTRUP und SCHÄFER 2011, 651) gibt für Protein und Fett Werte von 36-38% bzw. 18-20% an. Somit ist Soja eine Kultur mit einer ungewöhnlichen Kombination von Protein und Fett. Aber auch die Qualität der Inhaltsstoffe ist hoch und daher ernährungsphysiologisch besonders wertvoll. Sojaprotein besteht zu 39% aus essentiellen Aminosäuren und gilt daher als vollwertig. Der Lysin- und Methioninanteil ist etwas geringer als bei Fleisch oder Milch (FEHR 1989 in KELLER et al. 1999, 663).

Wie alle Hülsenfrüchte enthält auch die Sojabohne verdauungshemmende Trypsininhibitoren. Diese haben einen negativen Einfluss auf die Verdaulichkeit des hochwertigen Eiweißes der Sojabohne. Dies spielt vor allem in der Nutztierfütterung eine Rolle. Sojaextraktionsschrot, das bei der Ölgewinnung anfällt, stellt bei Inaktivierung des Trypsininhibitors ein hochwertiges Eiweißfuttermittel dar. Zerstört wird dieser Hemmstoff durch die Behandlung mit heißem Wasserdampf, mittels sogenannten „Toastens“. Aber auch auf züchterischem Weg kann die Wirkung des Trypsininhibitors ausgeschaltet werden (SCHUSTER 1992, COWAN 1973 in KELLER et al. 1999, 664, 672).

Die Fettsäurezusammensetzung der Sojabohnen eignet sich gut für die Ernährungsindustrie. Der Fettanteil teilt sich in 48 bis 52% Linolsäure, 23 bis 32% Ölsäure und 8 bis 12% gesättigte Fettsäuren (vor allem Palmitin und Stearinsäure) auf. Durch den hohen Gehalt an mehrfach ungesättigten Fettsäuren und die Cholesterinfreiheit ist auch das Öl der Sojabohne ernährungsphysiologisch sehr wertvoll und wird in der menschlichen Ernährung vor allem als Salat- und Speiseöl sowie als Margarine genutzt. Die Lebensmittelindustrie setzt das Sojaöl auch in Salatdressings, Brotaufstrichen und in Snacks ein (SINGH 2010, 409; FEHR 1989, SCHUSTER 1992 in KELLER et al. 1999, 664, 671-672).

Zusätzlich besitzt das Sojaöl hohe Tocopherolgehalte (200 bis 920 mg/kg). Sie haben einen großen Stellenwert als Antioxidans und Vitamin E.

Auch der Anteil an Phospholipiden bzw. Lecithin ist hoch und kann gewonnen werden. Sojalecithin findet in der Lebensmittelindustrie als Emulgator breite Anwendung (FEHR 1989, SCHUSTER 1992 in KELLER et al. 1999, 664, 671-672).

Die Sojabohne enthält 1-3 mg/g Isoflavone. Ihnen wird eine antioxidative bzw. Östrogen-ähnliche Wirkung nachgesagt. Sie wirken vorbeugend gegen Brustkrebs, Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Osteoporose, Diabetes und Nierenerkrankungen (SINGH 2010, 380-383).

Die Sojabohne ist frei von Lactose. Somit bietet die „Sojamilch“ einen ausgezeichneten Milchersatz für Menschen mit Lactoseintoleranz (SINGH 2010, 388).

3.2. Standortansprüche

Die Ansprüche, die die Sojabohne hinsichtlich ihres Standortes hat, werden von zwei Faktoren bestimmt und zwar von Boden und Klima.

3.2.1. Boden und Anbaulage

Der Boden eignet sich dann besonders gut für den Sojaanbau, wenn er mittelschwer ist, sich leicht erwärmt, humusreich und gut mit Nährstoffen und Wasser versorgt ist. Hinsichtlich einer guten Wasserversorgung sollte der Boden auch tiefgründig sein. Böden mit neutralen bis schwach sauren pH-Werten sind ideal, auch hinsichtlich der Effizienz der Knöllchenbakterien, die eher saure Bedingungen bevorzugen. Da die Sojapflanze möglichst tief gedroschen werden muss, sollte die Bodenoberfläche möglichst eben sein und damit sind steinfreie Böden von Vorteil. Zusätzlich ist es von Vorteil, die Sojabohne nicht auf kleinen Feldschlägen und nicht zusätzlich am Waldrand anzubauen, denn Hasen und Rehe fressen gern die jungen Sojablätter ab, was in der Jugendentwicklung auch zum Problem werden kann (SOLDATI 1991 in KELLER et al. 1999, 672 und DIEPENBROCK et al. 1999, 247).

3.2.2. Klima

In der Regel erstreckt sich das große Verbreitungsgebiet der Sojabohne von 55° nördlicher Breite bis zu 55° südlicher Breite und umschließt sowohl humide als auch aride Gebiete (FRANKE 1994 in KELLER et al. 1999, 661). Dennoch ist sie eine wärmeliebende und wasserbedürftige Pflanze, die Ansprüche an den Temperaturverlauf und die Niederschlagsmenge bzw. -verteilung stellt.

3.2.2.1. Temperatur

Die Bodentemperatur während der Keimung sollte bei mindestens 8°C bis 10°C liegen, wenn die Keimlinge von mitteleuropäischen Sorten auch Fröste bis -2°C aushalten können (DIEPENBROCK et al. 1999, 247). Um ein optimales Wachstum zu ermöglichen ist ein Anstieg der Temperatur auf 20°C bis 25°C nötig (SCHUCHERT 1992 in KELLER et al. 1999, 672), wobei SCHÄFER (in LÜTKE ENTRUP und SCHÄFER 2011, 653) bereits Temperaturen von 16°C bis 18°C während der übrigen Vegetationsperiode als ideal ansieht.

Entsprechen die Temperaturen in den Hauptwachstumsmonaten Juli, August und September nicht den Ansprüchen der Sojabohne, kann die Ertragssicherheit darunter leiden (SCHLEPPI 1988 in KELLER et al. 1999, 669). Besonders der Blühbeginn stellt eine kritische Phase dar, denn sinken die Temperaturen unter 8°C findet keine Befruchtung statt und die Blütchen fallen ab (SCHÄFER in LÜTKE ENTRUP und SCHÄFER 2011, 653).

3.2.2.2. Niederschlag

Auch wenn der Gesamtwasserbedarf der Sojabohne bei nur 500 mm Niederschlag liegt, ist sie, wie bereits oben erwähnt, eine wasserbedürftige Pflanze. Das liegt daran, dass sie zwar in der Jugendentwicklung mit trockeneren Witterungsperioden ganz gut umgehen kann, sie aber 300 mm Wasser schon allein während der Blüte und der Kornfüllungsphase im Juli und August braucht. Gerade die Zeit des Hülsenansatzes und der Kornfüllung sind kritische Phasen. Herrscht zum Hülsenansatz Wassermangel, kann die Pflanze ihre Hülsen abwerfen, woraus ein niedrigerer Ertrag resultiert. Fehlen die dementsprechenden Wassermengen in der Kornfüllungsphase, sinkt die Photosyntheseleistung, was sich wiederum negativ auf die Ertragsleistung auswirkt. Zur Reife und Ernte ist aber dann eine trockene Witterung von Vorteil (DIEPENBROCK et al. 1999,247; HOEFT et al. 2000, 41).

3.2.3. Reifegruppe

Es gibt große Unterschiede in den Ansprüchen hinsichtlich Temperatur und Photoperiode je Sorte. Das Sortiment an Sojasorten der ganzen Welt ist sehr groß, die Sorten werden je nach Reifezeit und ihrer Reaktion auf die Photoperiode in sogenannte Reifegruppen eingeteilt. Weltweit gibt es 13 Reifegruppen von 000, 00 und 0 über I, II, II bis X. In der Reifegruppe 000 finden sich die frühreifsten Sorten, sie sind an das kühle-gemäßigte Klima in Mittel- und Nordeuropa sowie Kanada angepasst. Die Sorten der Reifegruppe 00 sind frühreif und sie werden in den günstigen Gebieten Mitteleuropas, in Kanada und im Norden der USA angebaut. In den Reifegruppe 0 und I sind Sorten, die an die Anbauggebiete in Italien und Frankreich angepasst sind. Sorten der Reifegruppe X sind extrem spätreif. Sie

sind auch stark von der Photoperiode abhängig und nur für den Anbau im Süden der USA oder in Südamerika geeignet.

Die Reifegruppen von I bis X kommen auf Grund ihrer langen Vegetationszeit nicht im gemäßigten Klima vor, sie würden hier nicht oder zu spät abreifen (SOLDATI 1976 in KELLER et al. 1999, 665; DIEPENBROCK et al. 1999, 248).

In Österreich werden nur die Reifegruppen von 000 bis 0 angebaut, wobei die Sorten der Reifegruppe 000 ihre Bedeutung vor allem in Oberösterreich und im Westbaugebiet, aber auch in der Steiermark und in Kärnten finden. Die frühreifen Sorten in dieser Gruppe werden für den Anbau in den österreichischen Grenzlagen des Sojaanbaus empfohlen. Die Sorten der Reifegruppe 00 werden vor allem in den wärmeren Regionen, wie im Burgenland, im Weinviertel, in Kärnten und in der Steiermark angebaut. Sorten der Reifegruppe 0 werden zwar vereinzelt in den Gunstlagen Österreichs angebaut, haben aber nur eine geringe Bedeutung (LK OÖ und LK NÖ 2010, 8). Gerade bei der Ausweitung des Sojaanbaus in die Randlagen ist die Einteilung in die internationalen Reifegruppen zu grob. Darum wurden von der Arbeitsgemeinschaft für Lebensmittel- Veterinär- und Agrarwesen die in Österreich gelisteten Sojasorten in einer neunteiligen Skala von 1=sehr früh bis 9=sehr spät anhand der internationalen Reifegruppen in ihrer Abreife genauer eingestuft. Diese Reifeinstufungen werden von der AGES in der Österreichischen Beschreibenden Sortenliste verwendet. In Tabelle 2 sind die Ausprägungsstufen der jeweiligen internationalen Reifegruppe zugeordnet. Hier wird auch eine Reifegruppe 0000 angeführt, allerdings ist in Österreich keine Sorte in dieser Gruppe zugelassen. Die Reifegruppe 000 und 00 wurden in jeweils drei Ausprägungsstufen unterteilt, da diese die bedeutendsten in Österreich sind (MECHTLER 2010, 236).

Tabelle 2: Unterteilung internationaler Reifegruppen in Reifeinstufungen der Österreichischen Beschreibenden Sortenliste (nach MECHTLER 2010, verändert)

Reifegruppen international	Reifeinstufungen BSL Österreich	
0000	1	sehr früh
000	2	sehr früh bis früh
	3	früh
	4	früh bis mittel
00	5	mittel
	6	mittel bis spät
	7	spät
0	8	spät bis sehr spät
	9	sehr spät

3.3. Anbaubedingungen

3.3.1. Fruchtfolge

Mit ihrem gut entwickelten Wurzelsystem und ihrer Eigenschaft als Stickstoffsammler stellt die Sojabohne ein wertvolles Glied in der Fruchtfolge dar. In Getreidefruchtfolgen lässt sie sich leicht integrieren, da keine Investitionen in zusätzliche Maschinen nötig sind.

Die Sojabohne wäre selbstverträglich, aber von einem Anbau ohne 3- bis 4-jähriger Anbaupause wird abgeraten, weil sich Fruchtfolgekrankheiten, wie Sklerotinia oder Rhizoctonia leicht ausbreiten können. Sklerotiniaanfällige Kulturen tragen zur Vermehrung des Vorrates an Sklerotinen, der Dauerform des Pilzes, im Boden bei. Diese können mehrere Jahre im Boden überleben und Pflanzen befallen. Daher sollte auch ein Anbauabstand zwischen den sklerotiniaanfälligen Kulturen wie Soja, Raps, Sonnenblume eingehalten werden. Ebenfalls ungünstig als Vorfrucht sind andere Körnerleguminosen wie Erbse oder Ackerbohne hinsichtlich der Übertragung von Fußkrankheiten (SCHÄFER in LÜTKE ENTRUP und SCHÄFER 2011, 653; AEBY 1995 in KELLER et al. 1999, 677). Für den Anbau nach einer Kunstwiese ist die Sojabohne auch nicht optimal, weil sie das große N-Angebot der Ernterückstände nicht nutzen kann bzw. andere Kulturen einen größeren Nutzen daraus ziehen (SPERBER et al. 1988, AEBY 1995 in KELLER et al. 1999, 677). Geeignete Vorfrüchte für die Sojabohne sind Getreide, Mais, Zuckerrübe und Kartoffel, eventuell mit abfrierenden Zwischenfrüchten. SCHÄFER (in LÜTKE ENTRUP und SCHÄFER 2011, 653) empfiehlt sogar Soja als Zwischenfrucht für eine bessere Etablierung der Rhizobien, hier ist aber wiederum auf die Sklerotiniagefahr zu achten (AEBY 1995 in KELLER et al. 1999, 677).

Die Sojapflanze bringt der Nachfrucht eine gute Bodenstruktur durch die oben bereits erwähnte gute und tiefe Durchwurzelung. MAIDL et al. (1991 in KELLER et al. 1999) beschreibt auch eine N-Anreicherung durch das Stickstoffsammelverhalten als Vorteil für die Folgekultur. GRÖß und SCHMIDT (s.a., 1) stimmen ihm bezüglich des Stickstoffsammelns zu, allerdings sind sie der Meinung, dass ein großer Teil des Stickstoffs über die Körner als Erntegut vom Feld gefahren wird und nur die geringe Blatt und Wurzelmasse als schnell umsetzbare Stickstoffquelle zurückbleibt. Damit wäre die Vorfruchtwirkung für mäßig stickstoffbedürftige Kulturen ausreichend, aber nicht für Starkzehrer wie zum Beispiel Winterweizen mit Speiseweizenqualität. SINGH und SHIVAKUMAR (in SINGH 2010, 33) sind der Meinung, dass ein erheblicher Teil des fixierten Luftstickstoffs nach der Ernte unverbraucht im Boden bzw. in den Knöllchen zurückbleibt und der Nachfrucht zu Verfügung steht. In Langzeitstudien sollen VARVEL und WILHELM (2003 in SINGH 2010, 33) festgesellt haben, dass Mais oder Hirse 65 bis 80 kg N/ha und Weizen 21 kg N/ha von der Vorfrucht Soja

nutzten können. Natürlich sind diese Werte abhängig von einer erfolgreich funktionierenden Nodulation.

3.3.2. Bodenbearbeitung

Der Wasserbedarf der Sojapflanze ist sehr hoch und ihr großes Wurzelsystem entwickelt sich schnell. Auch die Rhizobien benötigen einen gut durchlüfteten und feuchten Boden für eine effiziente Luftstickstoffbindung (SPERBER 1988 in KELLER et al. 1999, 677). Alle Maßnahmen zur Bodenbearbeitung sollen auf den Erhalt der Bodenfeuchtigkeit Rücksicht nehmen. Eine wasserschonende Frühjahrsbearbeitung soll einen tief gelockerten Boden mit guter Struktur hinterlassen (LK OÖ und LK NÖ 2010, 9). Das Saatbett soll abgesetzt sein und die Oberfläche darf nicht zu fein sein, weil es leicht zu Verschlämmungen kommen kann, die zu einem ungleichmäßigen Aufgang führen können. Ein gleichmäßiges, ausgeebnetes Saatbett ohne große Steine an der Oberfläche ist die Voraussetzung für geringere Verluste beim Drusch, da die tiefsitzenden Hülsen einen sehr tiefen Schnitt erfordern. Verdichtungen sind zu vermeiden, um eine gute Nährstoff-, Wasser- und Luftführung gewährleisten zu können (SCHÄFER in LÜTKE ENTRUP und SCHÄFER 2011, 653; IRLA 1994, CETIOM 1995 in KELLER et al. 1999, 678).

3.3.3. Saattermin

Der Zeitpunkt der Saat richtet sich nach dem Zustand des Bodens und der Bodentemperatur. Der Boden sollte trocken sein, um Bodenverdichtungen zu vermeiden. Die Temperatur sollte mindestens 10°C betragen um ein schnelles Keimen und Auflaufen der Sojapflanze sicherzustellen. Dabei sind aber auch die Nachttemperaturen von Bedeutung. Denn die Bodenoberfläche nimmt die Wärme über den Tag hinweg auf und gibt einen Teil davon in der Nacht wieder ab. Somit erreicht der Boden Mitte Nachmittag die höchste und etwa eine Stunde nach Sonnenaufgang die niedrigste Temperatur am Tag. Somit wäre eine Messung in der Früh am sinnvollsten. Der Keimling hält aber auch Fröste bis -2°C aus, wobei sich aber seine Entwicklung verlangsamt (HOEFT et al. 2000, 87; SOLDATI 1991, ABEY 1995 in KELLER et al. 1999, 678).

In Österreich wird die Saat zwischen Mitte April bis Anfang Mai empfohlen (LK OÖ und LK NÖ 2010, 9). Dazu ist hinzuzufügen, dass eine möglichst frühe Saat von Vorteil ist, vorausgesetzt die Bodentemperatur ist hoch genug und man davon ausgehen kann, dass die Witterung nach dem Anbau vor allem warm und günstigerweise auch feucht bleibt. Denn eine frühe Saat führt zu einer frühen Reife, daraus resultiert ein früher Erntetermin, der die Ernte erleichtert, und man kann mit niedrigerer Feuchtigkeit und damit auch niedrigeren

Trocknungskosten rechnen. Mit der früheren Aussaat steigt auch der Ertrag (HOEFT et al. 2000, 84-86).

Bei zu früher Saat, wenn der Boden noch zu kalt ist, laufen die Keimlinge langsamer auf, die Periode, in der der Keimling Schadorganismen im Boden (zum Beispiel Rhizoctonia) ausgesetzt ist, wird länger und auch die Gefahr einer stärkeren Verunkrautung steigt, weil viele Unkräuter tiefere Keimtemperaturen haben als die Sojabohne. Auch das Risiko, dass die Keimlinge bei zu starkem Spätfrost beeinträchtigt werden oder gar absterben, ist größer. Aber auch ein zu später Anbau ist ungünstig. Sie beginnt später zu blühen und auf Grund der Eigenschaft einer Kurztagpflanze, würde sie, wenn die Tage zu lang werden, die Blüte einstellen und erst nach der Sommersonnenwende wieder weiterblühen, wenn die Tage wieder kurz genug sind. Erreicht sie die Blüte jedoch noch später, würde sie erst nach der Sonnenwende bei genügend kurzer Tageslänge zu blühen beginnen. In beiden Fällen ist die Gefahr groß, dass sie erst sehr spät oder gar nicht zur Reife kommt.

Im Vergleich zu Mais reagiert die Sojabohne aber weniger sensibel auf einen späteren Saattermin. Sie könnte durchaus als spätsaattolerant bezeichnet werden (HOEFT et al. 2000, 86-87; SOLDATI 1991, ABEY 1995 in KELLER et al. 1999, 678).

3.3.4. Sätechnik

Die Sojabohne kann sowohl mittels Drillsaat als auch durch eine Einzelkornsaat gesät werden. Mit der Einzelkornsämaschine, mit passender Säscheibe, ist es möglich, das Saatgut exakt abzulegen, daraus resultieren positive Effekte im Aufgang, in der Pflanzenverteilung und –entwicklung und in der Kornreife. Gerade bei 00-Sorten ist die Einzelkornsaat einer Drillsaat vorzuziehen. Auf eine langsame Fahrgeschwindigkeit (3-6 km/h) ist zu achten, um eine exakte Ablage zu gewährleisten. Bei einem optimalen Saatbett erbringt auch die Drillsaat gleichwertige Ergebnisse und erzielt bei hohen Saatstärken sogar eine bessere Standraumverteilung (IRLA 1996 in KELLER et al. 1999, 678; LK OÖ und LK NÖ 2010, 9-10).

Hinsichtlich der epigäischen Keimung der Sojapflanze sollte die Saattiefe zwischen 2 bis 4 cm liegen. In der Regel gilt folgendes Prinzip: So tief um genügend Bodenfeuchtigkeit zu haben und so seicht, dass der Keimling beim Durchdringen des Bodens nicht beschädigt wird. Daher kann das Saatgut bei schnell austrocknenden, leichten Böden auch etwas tiefer, bis etwa 5 cm gesät werden, um besser an feuchte Bodenschichten anzuschließen. Bei zu tiefer Saat oder einer zu harten Bodenkruste, wie es zum Beispiel bei Verschlämmungen der

Fall ist, kann das Hypokotyl knicken oder gar brechen. Diese Keimlinge sterben in der Regel ab und es entsteht keine ertragsbringende Sojapflanze (HOEFT et al. 2000, 88-89; LK OÖ und LK NÖ 2010, 10).

3.3.5. Reihenweite

In der Regel gilt, je enger die Reihenweite, desto höher der Ertrag. Wobei ein Zusammenrücken der Reihen von einem sehr weiten Abstand bis auf einen Abstand von 50 cm einen großen Ertragszuwachs bringt, der bei weiterem Verkleinern der Reihenweiten zwar weiterhin besteht, aber immer mehr abnimmt (HOEFT et al. 2000, 94). Dies ist der Fall, solange Licht den begrenzenden Faktor darstellt. Die Sojapflanzen in engen Reihenweiten (<50 cm) bilden schneller ein Blätterdach, das die Sonnenstrahlung effizient nutzen kann, während das Licht in einem Bestand mit höheren Reihenweiten ungenutzt auf die Bodenoberfläche fällt (TAYLOR 1980, VAN DOREN und REICOSKY 1987 in BOERMA und SPECHT 2004, 493).

Solange die Bodenoberfläche feucht ist, hat die Reihenweite nur einen geringen Einfluss auf den Wasserhaushalt im Bestand. Denn bei höheren Reihenweiten (75 - 100 cm) geht zwar mehr Wasser über die unbedeckte Bodenoberfläche verloren (Evaporation), aber weniger über Blattoberfläche der Sojapflanze (Transpiration). Bei engen Reihenweiten (18 - 50 cm) ist genau das Gegenteil der Fall. Durch die bessere Bodenbedeckung verliert zwar der Boden weniger Wasser, dafür ist die Transpiration der Pflanzen durch ihre gleichmäßigere Verteilung höher.

Die Situation ändert sich, wenn Wasser den begrenzenden Faktor bildet. Die Verluste über die Evaporation sind durch die fehlende Feuchtigkeit an der Oberfläche gering. Damit hat die Transpiration der Pflanzen größeren Einfluss auf den gesamten Wasserverlust. Steigen die Transpirationsraten, steigt auch der Wasserverlust. Somit ist der Wasserverlust in Beständen mit engen Reihenweiten und damit gleichmäßiger verteilten Pflanzen höher. Sollten sich durch eine anhaltende Trockenheit Risse in der Bodenoberfläche bilden, ermöglichen diese eine Evaporation aus darunterliegenden Bodenschichten. In diesem Fall wäre eine engere Reihenweite von Vorteil. Zieht sich dieser Wassermangel in die kritische Phase der Blüte kann es zu Ertragsminderungen kommen. Daher wird in Gebieten, in denen Wassermangel kein Problem darstellt, die Sojabohne in engen Reihenweiten und meist auch höherer Saatstärke gesät (HOEFT et al. 2000, 94). Nach GEHRINGER (1988 in KELLER et al. 1999, 678) kann der Reihenabstand von 17 bis 50 cm variieren ohne die Ertragshöhe zu beeinflussen.

Die Reihenweite hat auch Einfluss auf die Unkrautsituation und Bekämpfungsmöglichkeiten. Sojapflanzen in engen Reihenweiten sind in der Lage durch die frühe Beschattung des Bodens durch ihr dichtes Blätterdach Unkräuter besser zu unterdrücken als die Pflanzen in weiteren Reihenweiten. Dennoch laufen Unkräuter auf, die durch die dichtstehenden Pflanzen nur noch mit chemischen Maßnahmen zu bekämpfen sind. Besteht ein Abstand von mindestens 30 cm kann eine mechanische Unkrautregulierung in Form von Hacken erfolgen (SCHÄFER in LÜTKE ENTRUP und SCHÄFER 2011, 654). Durch die langsame Jugendentwicklung der Sojabohne kann es bei entsprechender Witterung zu Bodenerosion kommen. Diese wird durch engere Reihenabstände vermindert (KRUMPHUBER 1992 in KELLER et al. 1999, 678).

In Österreich wird Soja in Reihenweiten von 12 cm, resultierend aus dem Getreidereihenabstand, bis 50 cm angebaut (LK OÖ und LK NÖ 2010, 9).

3.3.6. Saatstärke

HEATHERLY und ELMORE (in BOERMA UND SPECHT 2004, 496) geben als Empfehlung für die Saatstärke für die nördlichen USA 30 bis 37 lebensfähige Samen/m² an. Dabei handelt es sich um indeterminierte Sorten, die in weiten Reihenweiten nach herkömmlicher Bodenbearbeitung (Pflug und Scheibenegge) angebaut werden. Wird die Sojabohne mit geringer Saatstärke angebaut, entwickelt sie sich zu einer kurzen, dickstammigen, stark verzweigten Pflanze, die ihre Hülsen bis weit nach unten ansetzt. Die Unkrautkontrolle ist in solchen Beständen schwieriger, weil die wenigen Sojapflanzen eine nur geringe Konkurrenz darstellen. Wird sie jedoch in mit einer Saatstärke von über 37 Pflanzen/m² gesät, bildet sie bei guter Keimung hohe Pflanzen mit zarteren Sprossen, die sich kaum verzweigen. Auflaufende Unkräuter können zwar leichter unterdrückt werden, allerdings steigt die Gefahr der Lagerung. Für die normalerweise kürzeren determinierten Sorten gilt etwa Gleiches. Auch sie werden bei höheren Saatstärken höher und sie setzen ihre Hülsen mit größerem Abstand zum Boden an (HEATHERLY und ELMORE in BOERMA und SPECHT 2004, 496).

HOEFT et al. empfiehlt als optimale Bestandesdichte 27 bis 54 Pflanzen/m² (2,5 – 5 Pflanzen/square foot [ft²]).

Wird die Sojabohne in einem Reihenabstand unter 25 cm angebaut, geschieht das zumeist in Drillsaat. In diesem Fall sollte die Saatmenge um bis zu ein Drittel erhöht werden, weil die Ablagegenauigkeit im Gegensatz zu einer Einzelkornsaat schlechter ist. Mit einer höheren Saatstärke kann eine adäquate Pflanzenpopulation erreicht werden. Auch bei konservierender Bodenbearbeitung ist die Saatmenge zu erhöhen und zwar um 10% nach

HEATHERLY und ELMORE (in BOERMA und SPECHT 2004, 497) bzw. in Verbindung mit einem kalten und nassen Saatbett um 15 bis 25% nach HOEFT et al. (2000, 93), denn bei diesen Bedingungen wird die Keimrate verringert bzw. eine Erkrankung des Keimlings gefördert. Ein schlechter Aufgang kann weiters auf eine schlechte Saatbettbereitung (unebene Bodenoberfläche bzw. Rückstände der Vorfrucht oder Zwischenfrucht) zurückzuführen sein. Auch hier kann eine Erhöhung der Saatmenge um 10% zu einem entsprechenden Bestand führen (HEATHERLY und ELMORE in BOERMA und SPECHT 2004, 497; HOEFT et al. 2000, 93).

Der Ertrag ist nur gering von der Saatstärke abhängig, dies zeigt auch Abbildung 11 von EDWARDS und PURCELL (2005, 1773). Bei Sojabohnen niedriger Reifestufe steigt der Ertrag mit höherer Saatstärke allmählich an. Ab einer Saatstärke von etwa 40 Korn/m² verläuft die Kurve relativ flach, das bedeutet kaum ein weiterer Ertragszuwachs durch eine höhere Saatstärke. Gleiches gilt auch für Sojabohnen einer höheren Reifegruppe, nur erreichen diese schon bei geringer Saatstärke (~20 Korn/m²) den maximalen Ertrag.

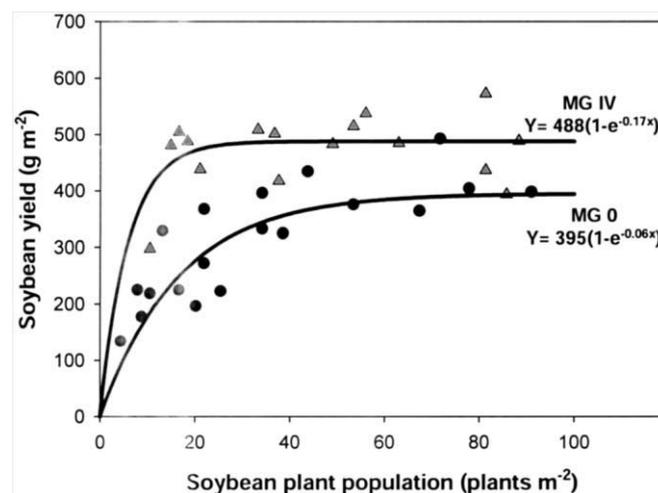


Abbildung 11: Einfluss steigender Saatstärke auf den Ertrag zweier Reifegruppen (EDWARDS und PURCELL 2005)

BALL et al. hatte 2000 bereits einen ähnlichen Zusammenhang festgestellt (Abbildung 12).

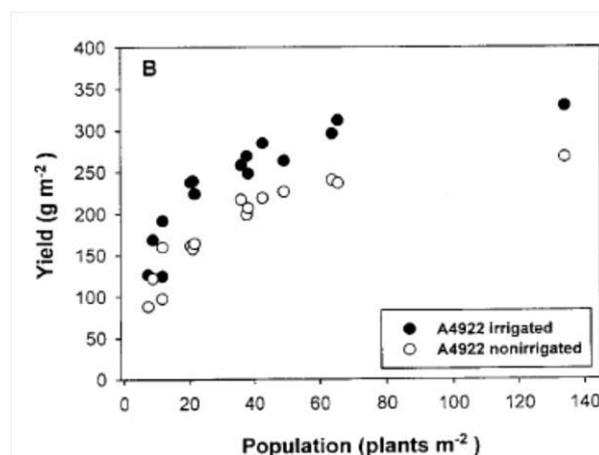


Abbildung 12: Einfluss steigender Saatstärke auf den Ertrag in bewässerter und unbewässerter Variante (BALL et al. 2000)

Die empfohlenen Saatstärken für Mitteleuropa schwanken deutlich und liegen weit über den Saatstärkenempfehlungen für die nördlichen USA. DIEPENBROCK et al. (1999, 249) schreibt von einer Saatstärke von 70 bis sogar 90 Korn/m². FRIEDLI und FRANKHAUSER (1993 in KELLER et al. 1999, 678) gehen von einem optimalen Aufgang von 45 bis 55 Pflanzen/m² und damit von einer Saatstärke von 50 bis 60 Korn/m² aus, wobei diese an feuchten Standorten, durch das stärkere vegetative Wachstum um 10% vermindert bzw. bei Spätsaaten (Ende Mai) um 10% erhöht werden sollte. SCHÄFER (in LÜTKE ENTRUP und SCHÄFER 2011, 654) liegt mit seiner Angabe von 50 bis 70 Korn/m² zwischen seinen Kollegen. Aber auch er spricht von einer Adaption der Saatmenge je nach Boden. Auf leichten Böden soll die Aussaatmenge aufgrund der schlechteren Wasserverfügbarkeit erhöht werden und auf guten Böden kann die Saatgutmenge verringert werden.

Die LANDWIRTSCHAFTSKAMMER OBERÖSTERREICH und die LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NIEDERÖSTERREICH (2010, 9) empfehlen eine Bestandesdichte von 40 bis 60 Pflanzen/m². Durch die besseren Verzweigungseigenschaften der Sorten der Reifegruppe 00 können diese in geringeren Populationen angebaut werden, 000-Sorten sollten mit 50 bis 70 Pflanzen/m² dichter stehen. Daraus resultiert bei einer vorgeschriebenen Mindestkeimfähigkeit von 80% eine Saatstärke von 50 bis 70 Korn/m² bei 00-Sorten und 60 bis 85 Korn/m² bei 000-Sorten.

3.4. Inokulation

Wie bereits in 3.1.4. erwähnt ist die Sojabohne in der Lage mit dem Bakterium *Bradyrhizobium japonicum* eine Symbiose einzugehen. *Bradyrhizobium japonicum* kommt in unseren Böden nicht natürlich vor, ist aber das einzige Bakterium, das mit der Sojapflanze eine solche Zweckbeziehung führen kann und daher ein wesentlicher Erfolgsfaktor im Sojaanbau. Darum wird die Bakterienkultur entweder auf das Saatkorn oder in den Boden gebracht, somit beimpft bzw. inokuliert.

3.4.1. Inokulation des Saatgutes

Auf trockenem sterilen Torf oder Ton wird der Bakterienstamm aufgebracht. Dieser wird entweder direkt im Saatkasten mit der Hand oder vorsichtig in einer Mischmaschine mit den Sojasamen vermischt. Damit das Inokulat auf den Samen gut haften bleibt, wird etwas Wasser hinzugefügt. Weiters gibt es flüssige Produkte, die in gleicher Weise auf die Samen aufgebracht werden können.

Bei der Aussaat sollte das Saatgut wieder möglichst trocken sein um einem Verkleben und Verstopfen der Sämaschine vorzubeugen. Das inokulierte Saatgut darf nicht der direkten Sonne ausgesetzt werden, weil die Bakterien nicht UV-beständig sind. Daher sollte das Saatgut direkt nach der Applikation des Inokulats ausgesät werden, im Idealfall ergibt sich bei großen Anbauflächen ein Wechsel zwischen Inokulieren und Aussäen (KELLER et al. 1999, 679; HEATHERLY und ELMORE in BOERMA und SPECHT 2004, 500-501; SALVAGIOTTI et al. 2008, 9).

Als Alternative zu diesem arbeitsaufwändigen Verfahren gibt es seit einigen Jahren bereits fertig inokuliertes Saatgut zu kaufen. Mittels eines technologisch ausgereiften Prozesses werden die Bakterien zusammen mit einem Sticker (= Kleber) auf das Saatgut appliziert. Dieser Sticker hat einige wichtige Aufgaben zu erfüllen. Wie sein Name schon sagt fungiert er zum einen als Kleber und zum anderen als Schutz- und Konservierungsstoff. Dadurch ist eine Lagerung unter trockenen, kühlen und dunklen Bedingungen von 6 bis 8 Wochen möglich. Bei einer Überlagerung und Verwendung erst zum nächsten Anbau kann das Saatgut nach neuerlicher Inokulation wieder verwendet werden (BLUMENSCHNEIDER s.a)

3.4.2. Inokulation des Bodens

Neben der Möglichkeit das Saatgut zu inokulieren, kann auch der Boden beimpft werden. Auch hier gibt es verschiedene Ausbringungsarten und zwar entweder in flüssiger Form oder als Granulat. In beiden Fällen ist die Durchführung aufwändiger und teurer als die Inokulation des Saatgutes. Zusätzlich besteht die Gefahr einer schlechten Infektion, wenn der Abstand zwischen dem ausgebrachten Bakterium und dem Sojasamen zu groß ist (>13 mm) (HEATHERLY und ELMORE in BOERMA und SPECHT 2004, 500).

3.4.3. Inokulationsbedarf

Erfolgt der Sojaanbau auf einer Fläche, auf der noch nie Soja gestanden hatte, ist es unbedingt notwendig zu inokulieren, um *Bradyrhizobium japonicum* im Boden zu etablieren. Wurden in den letzten 3 bis 5 Jahren Sojabohnen mit erfolgreicher Nodulation (= Knöllchenbildung) kultiviert, kann eine Inokulation ausbleiben. DE BRUIN et al. (2010) führten eine umfangreiche Studie dazu in den USA durch. Eine Reihe von in der Praxis üblichen Inokulationspräparaten wurden auf vielen verschiedenen Feldschlägen mit langjährigem erfolgreichem Sojaanbau mehrere Jahre getestet. Aufgrund dieser erhaltenen Daten, empfehlen sie die Verwendung von Impfmitteln auf Anbauflächen, die einen mehrjährigen erfolgreichen Sojaanbau vorweisen können, trotz günstiger und einfacher Anwendung, nicht.

Auf Böden in denen die Nodulierung aus den verschiedensten Gründen (regelmäßige Überflutung, ungünstiger pH-Wert, hoher Sandanteil) nicht optimal ist, kann eine Inokulation höhere Erträge bringen (ABENDROTH und ELMORE 2006; PEDERSEN 2004 in DE BRUIN 2010, 271).

Auch bei Böden die zur Saat noch relativ kalt sind, wie es im Norden der USA, aber auch in Mitteleuropa der Fall ist, ist eine Inokulation zu jedem Sojaanbau von Vorteil.

3.4.4. Gründe für eine ausgebliebene Knöllchenbildung

Trotz einer Inokulation kann es möglich sein, dass die erwünschte Knöllchenbildung ausfällt. Die Gründe dafür können variieren. Bei einem pH-Wert von unter 6 kann die Ausbildung der Knöllchen vermindert sein oder gar fehlen, gleiches gilt auch für zu geringe Molybdängehalte im Boden. Zumeist sterben die Bakterien durch große Hitze oder Trockenheit während oder nach der Inokulation oder das inokulierte Saatgut wird der Sonne ausgesetzt. Auch stauende Nässe unmittelbar nach der Saat kann die Bildung der Knöllchen einschränken oder verhindern.

Wird eine schlechte Infektion bzw. ein Ausfall der Knöllchenbildung festgestellt, kann nicht „nachinokuliert“ werden. Kann dies früh genug (maximal 30 Tage nach Anbau) erkannt werden, ist eine Stickstoffdüngung in Erwägung zu ziehen (siehe 3.5.1.) (HEATHERLY und ELMORE in BOERMA und SPECHT 2004, 501; FRIEDLI und FRANKHAUSER 1993 und IMSANDE 1998 in KELLER et al. 1999, 678).

3.5. Nährstoffbedarf und Düngung

3.5.1. Stickstoff

Je nach Ausprägung der Nodulation kann die Sojapflanze 25 bis 75% ihres Stickstoffbedarfes durch die Symbiose mit *Bradyrhizobium japonicum* decken. Den Rest bezieht sie aus dem Bodenvorrat (Vorfrucht, Mineralisation, atmosphärische Deposition). Für die Stickstoffassimilierung über die symbiotische Stickstofffixierung muss die Pflanze mehr Assimilate aus der Photosynthese zur Verfügung stellen, als für die Aufnahme und Reduzierung von Nitrat. Dennoch sind beide Stickstoffquellen für einen maximalen Ertrag von Bedeutung. Wie bereits in 3.1. erwähnt hemmen hohe Nitratgehalte im Boden bzw. eine Nitratdüngung die Knöllchenbildung und damit die Luftstickstofffixierung und regelmäßige Stickstoffversorgung der Pflanze.

Um das maximale an Ertrag erreichen zu können ist eine Stickstoffdüngung unerlässlich. In der Literatur sind viele Versuchsergebnisse von Düngungen zu verschiedenen Entwicklungszeitpunkten zu finden. Dabei besteht durch die „knöllchenhemmende Wirkung“ des Nitrats ein ständiger Konflikt zwischen beiden Stickstoffformen (HEATHERLY und ELMORE in BOERMA und SPECHT, 2004, 483). Laut SALVAGIOTTI et al. (2009, 969) ist aber eine Stickstoffdüngung in einer Tiefe von 20 cm zur Saat in Form von langsam verfügbarem Harnstoff am effektivsten. Die Tiefe ist so gewählt, dass der Stickstoff durch die weiter nach unten reichenden Wurzeln der Pflanze noch zur Verfügung steht, aber unter den obersten 20 cm liegt, in der sich die meisten Knöllchen befinden, und damit der Großteil der Stickstofffixierung abläuft. Somit kann die Pflanze zugleich den Stickstoff aus der Düngung und aus der symbiotischen Fixierung nutzen. Durch den technischen Aufwand ist die Durchführung in der Praxis fraglich.

Auf eine organische Düngung sollte verzichtet werden, weil der Stickstoff unkontrolliert freigesetzt wird und es meist zu einem sehr starken vegetativen Wuchs kommt, wodurch die Reife verzögert werden kann (SCHÄFER in LÜTKE ENTRUP und SCHÄFER 2011, 654; BOYELDIEU 1986 in KELLER et al. 1999, 680).

Das österreichische Aktionsprogramm Nitrat 2008 beschränkt die Stickstoffdüngung bei der Sojabohne auf maximal 60 kg N/ha (BMLFUW 2008, 10), wobei die Richtlinie für sachgerechte Düngung eine Stickstoffgabe von diesen maximal 60 kg/ha nur bei der Verwendung von unbeimpften Saatgut, mangelnder Knöllchenbildung oder erstmaligen Anbau empfiehlt (BMLFUW 2006, 26). Bei einer Teilnahme am Österreichischen Programm zur Förderung einer umweltgerechten, extensiven und den natürlichen Lebensraum schützenden Landwirtschaft (ÖPUL 2007) ist eine Stickstoffdüngung der Sojabohne nicht zulässig (BMLFUW 2007, 14).

3.5.2. Phosphor

Der Bedarf an Phosphor (genauer P_2O_5) der Sojapflanze ist wesentlich geringer als der Bedarf an Stickstoff oder Kalium, dennoch sind alle drei Makroelemente wichtig für das Pflanzenwachstum und damit für den Ertrag. Ein Gehalt von 22,5 bis 45 kg P/ha im Boden ist ideal für hohe Ertragserfolge.

Durch das gute Phosphataufschließungsvermögen (doppelt so hoch, wie das des Getreides) ist der Düngerbedarf auf solch gut versorgten Böden gering. Die Versorgung mit P_2O_5 sollte am Entzug orientiert sein, sprich den erwarteten Ertrag mit einbeziehen und den Gehalt im

Boden berücksichtigen. In Tabelle 3 gibt SCHÄFER (in LÜTKE ENTRUP und SCHÄFER 2011, 654) Phosphorentzüge für die Sojabohne an (SCHÄFER 2011, 654; HEATHERLY und ELMORE in BOERMA und SPECHT 2004, 485; BARISICH und EDINGER 1988 in KELLER et al. 1999, 679).

Tabelle 3: Phosphorentzug der Sojabohne (SCHÄFER in LÜTKE ENTRUP und SCHÄFER 2011)

	P ₂ O ₅ [kg/dt]	P [kg/dt]
Erntegut (Korn)	1,5	0,7
Ernterückstände	1,3	0,6
Gesamt	2,8	1,2

Die LANDWIRTSCHAFTSKAMMER OBERÖSTERREICH und die LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NIEDERÖSTERREICH empfehlen in ihrer Kulturanleitung für die Sojabohne Düngermengen, die sich am Ertrag orientieren und anhand der „Richtlinien für die sachgerechte Düngung, 6. Auflage“ des BUNDESMINISTERIUMS FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT- UND WASSERWIRTSCHAFT (BMLFUW) erstellt wurden. Diese Empfehlungen sind in Tabelle 4 aufgelistet und beziehen sich auf Böden in der Versorgungsstufe C.

Tabelle 4: Phosphordüngerempfehlung für Böden in der Versorgungsstufe C (LK OÖ und LK NÖ 2010)

Ertrag [t/ha]	P ₂ O ₅ [kg/ha]
< 1,5	60
1,5 – 2,5	65
> 2,5	75

Sollte Phosphormangel herrschen, ist dieser vor allem an den jungen Sojapflanzen zu erkennen, da diese höhere Phosphormengen benötigen als die älteren Pflanzen (HEATHERLY und ELMORE in BOERMA und SPECHT 2004, 485).

3.5.3. Kalium

Der Bedarf an Kalium ist wesentlich höher als der Phosphorbedarf. Für die Kalidüngung gilt das gleiche, wie auch bei der Phosphorversorgung. Sie soll entzugsorientiert sein und den Bodengehalt mit einbeziehen. In Tabelle 5 sind die Entzugswerte für Kaliumoxid und das elementare Kalium aufgelistet (SCHÄFER in LÜTKE ENTRUP und SCHÄFER 2011, 654)

Tabelle 5: Kaliumentzug der Sojabohne (SCHÄFER in LÜTKE ENTRUP und SCHÄFER 2011)

	K ₂ O [kg/dt]	K [kg/dt]
Erntegut (Korn)	1,7	1,4
Ernterückstände	4	3,3
Gesamt	5,7	4,7

Die LANDWIRTSCHAFTSKAMMER OBERÖSTERREICH und die LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NIEDERÖSTERREICH geben für die Kalidüngung für Böden in der Versorgungsstufe C die in Tabelle 6 ersichtlichen Empfehlungen.

Tabelle 6: Kaliumdüngerempfehlung für Böden der Versorgungsstufe C (LK OÖ und LK NÖ 2010)

Ertrag [t/ha]	K ₂ O [kg/ha]
< 1,5	80
1,5 – 2,5	90
> 2,5	100

In der Frühjahrsdüngung ist auf chlorhaltigen Dünger, auf Grund der Chloempfindlichkeit aller Leguminosen, zu verzichten (BARISICH und EDINGER 1988 in KELLER et al. 1999, 679).

3.5.4. Sekundäre Makronährstoffe und Mikronährstoffe

Eine besondere Bedeutung kommt dem sekundären Makronährstoff Magnesium zu. Die Sojabohne entzieht dem Boden die in Tabelle 7 erfassten Werte an Magnesiumoxid (MgO) und elementarem Magnesium (SCHÄFER in LÜTKE ENTRUP und SCHÄFER 2011, 654).

Tabelle 7: Magnesiumentzug der Sojabohne (SCHÄFER in LÜTKE ENTRUP und SCHÄFER 2011)

	MgO [kg/dt]	Mg [kg/dt]
Erntegut (Korn)	0,5	0,3
Ernterückstände	1,2	0,7
Gesamt	1,7	1

Damit liegt der Bedarf der Sojabohne zwischen 40 und 60 kg MgO/ha.

Die Versorgung mit Mikronährstoffen, wie Bor, Mangan und Molybdän, die auch für die symbiotische Stickstofffixierung von Bedeutung sind, ist meist durch die Einstellung des pH-Wertes in den optimalen Bereich zu regulieren (BARISICH und EDINGER 1988 in KELLER et al. 1999, 679).

3.6. Unkrautsituation

Durch ihre langsame Jugendentwicklung und die dadurch späte Bodenbedeckung ist die Sojabohne eine, gegen Unkräuter äußerst konkurrenzschwache Kultur.

In Sojabeständen finden sich vor allem Wärmekeimer, wie Schwarzer Nachtschatten, Gänsefußarten (Weißer Gänsefuß), Amaranth und Hirsen, aber auch Kamille und Wurzelunkräuter, wie Distelarten, Ackerwinde oder Ampfer (LK OÖ und LK NÖ 2010, 10).

In der Forschungsarbeit von VOLLMANN et al. (2010, 248) wurden die Auswirkungen verschiedener Verunkrautungsintensitäten, die mit Raps simuliert wurden, untersucht. Dabei stellte sich heraus, dass die Sojabohne unter starkem Unkrautdruck verspätet abreift, sie höher aufwächst und einen geringeren Kornertrag bringt. In einem Versuchsjahr änderte sich allerdings die Situation. Die verunkrautete Variante brachte im Vergleich zu der unkrautfreien höhere Erträge. Grund dafür war die verspätete Unkrautentwicklung bei gleichzeitig starker Entwicklung der Sojabohnen.

Eine stärkere Verunkrautung ist auf jeden Fall zu verhindern, da sie auch die Ernte erschweren kann.

Die Unkrautbekämpfung kann mechanisch als auch chemisch erfolgen, aber auch eine Kombination ist in Betracht zu ziehen. In der Regel richtet sich die Art der Bekämpfung nach der Reihenweite.

3.6.1. Mechanische Unkrautbekämpfung

Striegeln ist bereits vor dem Auflaufen, solange die Sojakeimlinge noch 2 cm von der Bodenoberfläche entfernt sind, möglich und dann erst wieder nach der Ausbildung des 4. Laubblattes (SCHÄFER in LÜTKE ENTRUP und SCHÄFER 2011, 654) bzw. nach IRLA (1996 in KELLER et al. 1999, 680) bereits nachdem sich die Blattränder des ersten dreizähligen Blattes nicht mehr berühren. Bezogen auf das Entwicklungsstadium des Unkrautes ist ab Keimblattstadium bis höchstens 1- bis 2-Blattstadium zu striegeln.

Ab einem Reihenabstand von mindestens 30 cm ist im Nachauflauf ein Hacken möglich. Eine Arbeitstiefe von 4 bis 5 cm ist zu wählen, wobei darauf zu achten ist, dass nicht oder nur flach angehäufelt wird. AMMON und IRLA (1996 in KELLER et al. 1999, 680) empfehlen zweimaliges Hacken. Erstes Hacken im Zeitraum vom 2-Blattstadium bis ins 4-Blattstadium und das zweite Hacken bei einer Pflanzenhöhe zwischen 15 und 30 cm. Das Unkraut sollte sich für ein optimales Ergebnis im 1- bis maximal 4-Blattstadium befinden. Durch das Aufbrechen von Krusten an der Erdoberfläche wird die Sauerstoffversorgung der Knöllchenbakterien verbessert, auf Hängen ist allerdings eine höhere Erosionsgefahr gegeben.

Dreimaliges Striegeln oder Hacken genügen in der Regel bei rein mechanischer Unkrautbekämpfung. Bei skelettreichen bzw. schweren Böden besteht die Gefahr, dass Steine oder grobe Erdschollen, die durch diese mechanischen Methoden aufgeworfen

werden, die Ernte beeinträchtigen können. Auch bei Wurzelunkräutern ist Vorsicht geboten (IRLA 1996, AMMON und IRLA 1995 in KELLER et al. 1999,680; LK OÖ und LK NÖ, 2010, 10).

3.6.2. Chemische Unkrautbekämpfung

Für die chemische Unkrautbekämpfung gibt es nur eine beschränkte Auswahl an Wirkstoffen. Laut Feldbauratgeber für den Frühjahrsanbau 2012 gibt es derzeit in Österreich 5 zugelassene Produkte für die Sojabohne im Voraufbau. Die Effizienz dieser Präparate wird durch einen feuchten, feinkrümeligen Boden verbessert. Ist es nicht möglich sie auf feuchten Boden auszubringen, sollte zumindest an den folgenden Tagen ausreichend (mind. 10 mm) Niederschlag fallen. Bei längeren trockenen Bedingungen kann die Feuchtigkeit des Morgentaus ausgenützt werden. Schwarzer Nachtschatten, Amaranth, Gänsefußgewächse und Hirse sind Wärmekeimer, die relativ spät auflaufen, wenn die Wirkung des Voraufbauherbizides bereits nachlässt. Daher sind spätere Saaten in diesem Fall vorteilhafter.

Im Nachaufbau gegen zweikeimblättrige Unkräuter sind lediglich 3 Produkte in Österreich zugelassen. Wobei das Produkt Basagran mit dem Wirkstoff Bentazon zum Beispiel in der sogenannten Sonderzone Enns nicht mehr verwendet werden darf, weil 2009 in diesem Gebiet hohe Gehalte davon im Grundwasser gefunden wurden. Hinsichtlich einer Grundwasserkontaminierung wird der Einsatz dieses Produktes auf sehr leichten Böden nicht empfohlen. Ohne die Anwendung von Basagran gestaltet sich die Bekämpfung von Schwarzem Nachtschatten auf rein chemischem Weg schwierig. Darum wurde für ein weiteres Mittel, Pulsar 40 mit dem Wirkstoff Imazamox, die sogenannte „Gefahr in Verzug - Zulassung“ eingeführt. Diese Sonderzulassung gilt nur im Zeitraum von April bis Ende Juni und darf nur alle drei Jahre auf derselben Fläche eingesetzt werden. Hier lässt sich erahnen, wie schwierig sich eine optimale chemische Unkrautbekämpfung, aufgrund von wenig zugelassenen Produkten in Österreich, gestalten kann. Gegen die Verunkrautung mit Gräsern sind im Nachaufbau zusätzlich 5 Produkte in Österreich zugelassen. Damit ergeben sich nur 13 in Österreich zugelassene Produkte für den Sojabohnenanbau. Zum Vergleich: Für den Frühjahrseinsatz bei Getreide 2012 sind 50 Produkte zugelassen (LK OÖ und LK NÖ 2010, 10-11; LKÖ 2012, 63-72).

4. Material und Methoden

4.1. Versuchsplan

Durch die Zusammenarbeit mit der LANDWIRTSCHAFTSKAMMER OBERÖSTERREICH ergaben sich zwei Versuche. Zum einen wurde in einer Standardanlage ein Sortenversuch mit integriertem Reihenweiten- und Spätsaatversuch angelegt und zum anderen ein Versuch mit Sorten- sowie Saatstärkenvarianten in einer Blockanlage.

4.1.1. Standardversuch

Der Sortenversuch als Standardanlage umfasste 13 verschiedene Sorten. Diese wurden als Streifenversuch nebeneinander angebaut. Eine Sorte wurde als Standardsorte festgelegt und je nach Größe der Versuchsfläche, die zu Verfügung stand, mehrmals im Versuch wiederholt. Wiederholungen der anderen Sorten ergaben sich durch drei verschiedene Standorte und zwar Hörsching, Katzenberg und Gallneukirchen.

Allerdings konnte nicht jede Sorte an jedem Standort angebaut werden. Durch Platzmangel am Standort Gallneukirchen wurde der Versuch dort nur mit einer kleineren Auswahl an Sorten angelegt. An den übrigen zwei Standorten, Hörsching und Katzenberg, wurden alle 13 Sorten verwendet. Zusätzlich wurden auch jeweils zwei Parzellen mit einem höheren Reihenabstand, als die üblichen 12 cm, angebaut und zwar mit einem Abstand von 24 cm bzw. 36 cm. In Hörsching wurde dazu noch eine Parzelle 13 Tage nach dem Versuchsanbau angesät um eventuelle Unterschiede eines späteren Saattermines zu erkennen.

In Tabelle 8 ist der Versuchsplan mit Zusatzinformationen des Standortes Hörsching dargestellt

Tabelle 8: Anbauplan, Reifegruppe und Parzellenmaße
Hörsching

Sorte	Reife- stufe	Länge in Meter	Breite in Meter
Merlin (Standardsorte 1)	OOO	316,00	2,65
Gallec	OOO	332,68	3,00
Aligator	OOO	334,37	3,00
Petrina	OOO	336,05	3,00
Lissabon	OOO	337,74	3,00
Sigalia	OO	339,42	3,00
S9094	OOO	341,10	3,00
Merlin (Standardsorte 2)	OOO	342,79	3,00
Cordoba	OOO	344,47	3,00
Daccor	OOO	346,16	3,00
Sultana	OOO	347,84	3,00
Malaga	OOO	349,52	3,00
ES Mentor	OO	351,21	3,00
S9082	OOO	352,89	3,00
Merlin (Standardsorte 3)	OOO	354,58	5,20
Merlin 24 cm Reihenabstand	OOO	334,26	3,00
Merlin (Standardsorte 4)	OOO	357,94	3,00
Merlin 36 cm Reihenabstand	OOO	359,63	3,00
Merlin (Standardsorte 5)	OOO	361,31	1,65
Merlin (Spätsaat) am 15.4.2011	OOO	363,00	3,00
Merlin (Standardsorte 6)	OOO	363,00	5,10

Diese Versuche wurden 2011 durchgeführt, zusätzlich standen Daten Sojasortenversuches der LANDWIRTSCHAFTSKAMMER OBERÖSTERREICH aus dem Jahr 2010 zu Verfügung. Dieser beinhaltete 9 verschiedene Sorten, die auch 2011 verwendet wurden und auch hier wurde eine Spätsaatvariante hinzugefügt.

Die Parzellenbreite von 3 m bzw. 6 m ergab sich durch die Sämaschinenbreite von 3 m. Die Parzellenlänge resultierte aus der Größe des Feldes und war damit nicht für alle Standorte gleich. Die Saatstärke wurde mit 68 – 70 Korn/m² festgelegt.

4.1.2. Blockanlage

In Bad Wimsbach wurde ein Sorten- bzw. Saatstärkenversuch als Blockanlage mit vier Wiederholungen angelegt. Der Versuch beinhaltete vier verschiedene Sorten. Jede Sorte bildete einen Block. Dieser setzte sich aus Parzellen mit einer Breite von 1,40 m und einer Länge von 10 m zusammen. Bei drei Sorten wurden je drei verschiedene Saatstärkenvarianten gewählt und eine Sorte wurde mit fünf verschiedenen Saatstärken angebaut. Daraus ergab sich folgender Versuchsplan (Tabelle 9), in dem die Saatstärkenvarianten je Sorte als jeweils separate Blockanlagen ausgewertet wurden.

Tabelle 9: Anbauplan Bad Wimsbach

Sorte Sultana					Sorte Merlin			Sorte Aligator			Sorte Gallec		
4	3	1	5	2	1	2	3	1	2	3	1	2	3
5	1	4	2	3	2	3	1	2	3	1	2	3	1
3	5	2	1	4	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	2	3	4	5	1	2	3	1	2	3	1	2	3

1 = 40 Korn/m²
 2 = 50 Korn/m²
 3 = 60 Korn/m²
 4 = 70 Korn/m²
 5 = 80 Korn/m²

1 = 40 Korn/m²
 2 = 50 Korn/m²
 3 = 65 Korn/m²

1 = 40 Korn/m²
 2 = 50 Korn/m²
 3 = 65 Korn/m²

1 = 40 Korn/m²
 2 = 50 Korn/m²
 3 = 65 Korn/m²

4.2. Versuchsstandorte

Um eine gültige Aussage für ganz Oberösterreich zu erlangen, wurden Standorte gewählt, die sich auf das gesamte oberösterreichische Sojaanbaugesamt aufteilen.

4.2.1. Hörsching

Die Gemeinde Hörsching liegt im Bezirk Linz-Land im Zentralraum von Oberösterreich. Die Versuchsanlage erfolgte auf einem ausgeglichenen Feldstück nur unweit des Flughafens Linz auf einer Seehöhe von 294 m.

Der mittelschwere Boden ist der Bodenart humoser Lehm mit Sand zuzuordnen. Mit dem pH-Wert von 6,2 liegt der Boden noch im neutralen Bereich. Bei der Verfügbarkeit von Phosphor und Kalium liegt er in der Versorgungsstufe C. Vorfrucht auf diesem Feld war Stärkekartoffel ohne Zwischenfrucht.

Der Niederschlag bzw. die Temperatur erreichte über die Vegetationsperiode der Sojabohne 2011 folgende Werte. Sie sind in Tabelle 10 ersichtlich.

Tabelle 10: ausgewählte Niederschlags- und Temperaturwerte 2011 der Wetterstation Hörsching (ZAMG 2011)

	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	während des Versuches	im Jahr
Niederschlags-summe [mm]	20	124	63	130	73	71	481	738
Temperatur Monatsmittel [°C]	12,4	15,4	18,5	18	20,4	15,9	16,8	10,1

4.2.2. Katzenberg

Die Ortschaft Katzenberg liegt im Gemeindegebiet von Kirchdorf am Inn im Bezirk Ried im Westen von Oberösterreich. Katzenberg liegt auf einer Seehöhe von 335 m. Der Versuch wurde nahe dieser Ortschaft östlich der Bundesstraße auf zwei sehr ausgeglichenen Äckern angelegt. Aus Platzgründen musste der Versuch auf zwei benachbarten Feldern angebaut werden. Diese sind durch einen etwa 30cm breiten Grünstreifen getrennt. Um infolge dessen eine mögliche Randwirkung ausschließen zu können wurden beidseitig dieses Streifens zusätzliche Parzellen mit der Standardsorte angelegt.

Die Bodenart ist als humoser Lehm mit Sand zu beschreiben und die Bodenschwere als mittelschwer einzustufen. Der pH-Wert liegt im neutralen Bereich bei 6,2 und erreicht die Versorgungsstufe C bei Phosphor und Kalium. Durch die Anlage des Versuches über zwei Feldschläge ergeben sich daraus auch zwei verschiedene Vorfrüchte zum einen Winterweizen und zum anderen Mais, ohne Zwischenfrucht auf beiden Schlägen.

Die Niederschlags- und Temperaturwerte, die die Wetterstation Ried 2011 lieferte, sind in Tabelle 11 dargestellt.

Tabelle 11: ausgewählte Niederschlags- und Temperaturwerte 2011 der Wetterstation Ried (ZAMG 2011)

	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	während des Versuches	im Jahr
Niederschlags-summe [mm]	28	98	88	135	129	62	540	883
Temperatur Monatsmittel [°C]	11,9	14,9	17,7	17,3	19,4	14,9	16	9,5

4.2.3. Gallneukirchen

Der Acker, auf dem der Versuch durchgeführt wurde, befindet sich in der Ortschaft Spattendorf, die im Gemeindegebiet Gallneukirchen westlich von Linz auf 630 m Seehöhe liegt.

Der Boden ist seichtgründig und mit der Bodenart humoser Sand zu beschreiben. Der pH-Wert liegt im neutralen Bereich bei 6,4 und die Phosphor- und Kaliumversorgung liegen in der Versorgungsstufe C. Die Vorfrucht war Winterweizen ohne Zwischenfrucht.

Die Niederschlags- und Temperaturwerte sind vergleichbar mit jenen von Hörsching (Tabelle 10). Jene Wetterstation ist auch die nächstgelegene.

4.2.4. Bad Wimsbach

Der Versuch wurde im Ort Bachloh in der Gemeinde Bad Wimsbach-Neydharting im Bezirk Wels-Land angelegt. Bachloh liegt auf einer Seehöhe von etwa 390 m.

Dem mittelschweren bis schweren Boden ist die Bodenart humoser Lehm zuzuordnen und mit einem pH-Wert von 6,2 liegt er noch im neutralen Bereich. Die Verfügbarkeit von Phosphor und Kalium liegt in der Versorgungsstufe C. Die Vorfrucht auf diesem Feld war Winterweizen und Alexandrinerklee als Zwischenfrucht.

Die nächstgelegene Wetterstation ist Kremsmünster, diese lieferte 2011 folgende Daten (Tabelle 12).

Tabelle 12: ausgewählte Niederschlags- und Temperaturwerte 2011 der Wetterstation Kremsmünster (ZAMG 2011)

	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	während des Versuches	im Jahr
Niederschlags-summe [mm]	31	113	88	135	81	88	536	868
Temperatur Monatsmittel [°C]	12,4	15	17,8	17,6	19,8	15,7	16,4	9,9

4.3. Sortenbeschreibung

Insgesamt beinhaltet der Versuch 13 verschiedene Sorten. 11 dieser Sorten sind im Österreichischen Sortenkatalog eingetragen und im oberösterreichischen Sojaanbau bereits etabliert. Die Sorten S9082 und S9094 wurden von der Firma RAGT zur Verfügung gestellt. Sie befinden sich während der Versuchsdurchführung noch in der Wertprüfung, haben damit noch keine Zulassung und sind damit auch noch nicht in der Praxis im Anbau.

Merlin:

Die Sorte Merlin der SAATBAU LINZ ist mit Abstand die älteste Sorte im Versuch. Sie wurde bereits 1997 zugelassen. Sie gehört zur Reifegruppe 000 und in dieser Gruppe zu den frühesten. Auch in der beschreibenden Sortenliste der AGES (2011) wird sie als sehr früh bis früh beschrieben. Dadurch ist sie in den Grenz- und Übergangslagen des Sojaanbaus sehr beliebt. Vor allem durch die aus der Frühreife resultierende Ertragsstabilität ist sie die in Oberösterreich meist angebaute Sojasorte. Dadurch wurde sie in diesen Versuchen auch als Standardsorte verwendet. Die Jugendentwicklung wird als sehr gut bis gut beschrieben. Bei der Wuchshöhe und der Lagerung zeigt Merlin eine mittlere Ausprägung. Im Gegensatz zu den anderen Sorten des Versuches hat diese nur ein niedriges Tausendkorngewicht. Der Nabel der Bohne ist dunkel. Der Ertrag der Sorte Merlin liegt nach den Versuchsergebnissen der AGES deutlich unter dem Mittel, während der Rohproteingehalt gering darüber und der Rohfettgehalt deutlich darüber einzuordnen ist.

Aligator:

Die Sorte Aligator der RWA (Raiffeisen Ware Austria) gehört zu der Reifegruppe 000 und weist eine gute bis mittlere Jugendentwicklung auf. Mit ihrer mittleren Wuchshöhe hat sie eine geringe Lagerneigung. Die Reifezeit von Aligator wird in der Österreichischen Beschreibenden Sortenliste als früh beschrieben. Das Tausendkorngewicht ist hoch und die Bohnen besitzen einen dunklen Nabel. Der Ertrag liegt in den Prüfungen der AGES gering über dem Standardmittel. Der Rohproteingehalt ist ebenfalls über dem Mittel einzuordnen und der Rohfettgehalt deutlich darüber.

Cordoba:

Cordoba ist eine Sorte der SAATBAU LINZ und zählt ebenfalls zu der Reifegruppe 000. Ihre Jugendentwicklung ist mittel bis gut und ihre Wuchshöhe mittel bis lang und damit ist sie laut Österreichischer Beschreibender Sortenliste die höchstwüchsigste Sorte im Versuch. Die Sorte Cordoba hat damit auch eine mittlere Anfälligkeit zur Lagerung. Die Reife ist als früh bis mittel und ihr Tausendkorngewicht als hoch bis sehr hoch zu beschreiben. Ihre Bohnen haben einen hellen Nabel und ihr Ertrag liegt deutlich über dem Standardmittel. Allerdings befindet sich der Rohproteingehalt deutlich unter und der Rohfettgehalt nur knapp über dem Mittel.

Daccor:

Die Sorte Daccor der PROBSTDORFER SAATZUCHT ist zu der Reifegruppe 000 zu zählen. Mittel bis gut ist ihre Jugendentwicklung und ihre Wuchshöhe ist kurz bis mittel. Die Lageranfälligkeit wird als gering bis mittel und die Reifezeit als früh eingestuft. Das

Tausendkorngewicht von Daccor ist hoch und die Bohnen besitzen einen hellen Nabel. Für die Sorte Daccor gibt es zurzeit keine aktuellen Ertragsergebnisse. Die folgenden Daten stammen aus Versuchen im Zeitraum zwischen 2005 und 2008. In dieser Periode liegt der Ertrag über dem Mittel und der Rohproteingehalt sogar deutlich und der Rohfettgehalt nur gering darüber.

ES Mentor:

Resultierend aus ihrer späten Reife ist die Sorte ES Mentor der SAATBAU LINZ eine der zwei Sorten im Versuch, die zur Reifegruppe 00 gehört. Sie wurde erst das Jahr zuvor (2010) zugelassen und ist somit eine noch sehr neue Sorte in der Praxis. Ihre Jugendentwicklung ist mittel und ihr Wuchs kurz bis mittel. Ihre Anfälligkeit auf Lager ist damit auch sehr gering bis gering. Ihre Bohnen haben einen hellen Nabel und das Tausendkorngewicht wird als hoch eingestuft. Der Ertrag liegt sehr weit über dem Standardmittel der AGES-Prüfungen und auch der Rohproteingehalt befindet sich deutlich darüber. Dafür wurde der Rohfettgehalt etwas unter dem Mittel eingestuft. Wobei aber erwähnt werden muss, dass die Ertragsergebnisse der Sorte ES Mentor aus einem Prüfungszeitraum von nur zwei Jahren stammen.

Lissabon:

Die Sorte Lissabon der SAATBAU LINZ ist der Reifegruppe 000 zugeordnet. Sie wird in der Österreichischen Beschreibenden Sortenliste mit einer mittleren Jugendentwicklung und einen kurzen bis mittleren Wuchs beschrieben. Daraus resultiert eine geringe Anfälligkeit für Lagerung. Ihre Abreife ist als früh eingestuft. Die Bohnen mit hellem Nabel kommen auf ein mittleres bis hohes Tausendkorngewicht. Der Ertrag von Lissabon sowie auch der Rohproteingehalt entsprechen dem Standardmittel der Versuche der AGES. Nur der Rohfettgehalt liegt knapp über dem Mittel.

Malaga:

Erst 2010 wurde Malaga der SAATBAU LINZ als Sorte eingetragen und gehört der Reifegruppe 000 an. Ihre Jugendentwicklung sowie Wuchshöhe wird als mittel eingestuft. Die Lagerneigung ist gering bis mittel und die Reifezeit früh bis mittel. Malaga ist die Sorte im Versuch, die nach der Österreichischen Beschreibenden Sortenliste das höchste Tausendkorngewicht erreicht. Ihre Bohnen besitzen einen hellen Nabel. Der Kornertrag dieser Sorte liegt über dem Standardmittel, allerdings ist der Rohproteingehalt unter dem Mittel einzuordnen. Der Rohfettgehalt entspricht dem Mittel der Prüfungen durch die AGES.

Gallec:

Die Sorte Gallec der RWA ist in der Reifegruppe 000 eingeordnet und ist in der Österreichischen Beschreibenden Sortenliste gleich der Sorte Merlin mit einer sehr frühen bis frühen Reife beschrieben. Ihre Jugendentwicklung ist gut und ihre Wuchshöhe und Neigung zum Lager mittel. Die Bohnen der Sorte Gallec haben einen hellen Nabel und kommen auf ein hohes Tausendkorngewicht. Ertraglich findet sich Gallec unter dem Mittel der AGES-Prüfungen, hat aber einen höheren Rohproteingehalt als der im Mittel und der Rohfettgehalt liegt knapp darunter.

Petrina:

Petrina der RWA ist zu der Reifegruppe 000 zu zählen und ist die einzige Sorte im Versuch, die nicht violett, sondern weiß blüht. Ihre Jugendentwicklung ist mittel bis gut und weist eine mittlere Wuchshöhe auf. Die Lageranfälligkeit ist mittel und die Reifezeit früh bis mittel. Das Tausendkorngewicht der Sorte Petrina wird als hoch bis mittel beschrieben und ihre Bohnen weisen einen dunklen Nabel auf. Die Ertragsleistung ist deutlich über dem Standardmittel der Prüfungen der AGES einzuordnen. Der Rohproteinertrag liegt leicht unter dem Mittel, wobei sich der Rohfettertrag darüber befindet.

S9082:

Der Zuchtstamm S9082 gezüchtet von der Firma RAGT befand sich während der Versuchsdurchführung in der Wertprüfung und ist damit noch nicht zugelassen. Er wurde aber dankenswerterweise von R.A.G.T. zur Verfügung gestellt. Er blüht violett und seine Bohnen haben einen dunklen Nabelfleck. Sollte der Zuchtstamm S9082 zugelassen werden, wird die Sorte voraussichtlich Sirelia heißen.

S9094:

Wie auch der Zuchtstamm S9082 wurde uns auch der, ebenfalls noch nicht eingetragene Zuchtstamm S9094 von der Firma RAGT. zur Verfügung gestellt. Seine Blüten sind violett und die Bohnen haben einen dunklen Nabel. Bei einer Zulassung wird dem Zuchtstamm S9094 aller Voraussicht nach den Namen Solena tragen.

Sigalia:

Die Sorte Sigalia der Probstdorfer Saatzucht ist die zweite Sorte der Reifegruppe 00 im Versuch. Ihre Jugendentwicklung ist gut bis mittel und ihre Wuchshöhe mittel. Ihre Lagerneigung ist sehr gering bis gering. Die Reifezeit der Sorte Sigalia ist spät und ihr Tausendkorngewicht sehr hoch bis hoch. Ihre Bohnen haben einen dunklen Nabelfleck. Die

Versuche der AGES brachten Erträge weit über dem Standardmittel. Der Rohproteingehalt ist knapp über dem Mittel einzustufen und der Rohfettgehalt entspricht dem Mittel.

Sultana:

Die von der Probstdorfer Saatzucht vertriebene Sorte Sultana gehört zur Reifegruppe 000. Sie hat eine gute bis mittlere Jugendentwicklung und ihre Wuchshöhe wird in der Österreichischen Beschreibenden Sortenliste als kurz bis mittel beschrieben. Die Lageranfälligkeit ist gering und der Reifezeitpunkt ist früh. Ihr Tausendkorngewicht ist hoch und ihre Bohnen haben einen dunklen Nabel. Der Kornertrag dieser Sorte befindet sich deutlich über dem Standardmittel der AGES, ihr sehr hoher Rohproteingehalt sticht heraus und der Rohfettgehalt liegt knapp über dem Mittel.

(AGES 2011)

4.4. Saat

Die Versuche wurden alle in Zusammenarbeit mit den Versuchslandwirten angelegt. Dazu wurde jeweils dessen eigene handelsübliche Sämaschine genutzt, dabei handelte es sich in jedem Fall um eine Maschine mit einer Anbaubreite von 3 m. Je nach Feldbreite ergab sich daraus eine Parzellenbreite von entweder 3 oder 6 m. Die Parzellenlänge resultierte aus der Feldlänge. Die Saattermine ergaben sich durch die Witterung bzw. durch die Verfügbarkeit des Landwirtes.

Die Sojabohnen wurden, abgesehen von den Reihenweitenvarianten mit 24 cm und 36 cm, mit einem Reihenabstand von 12 cm gesät. Die Saatstärke betrug 68 – 70 Korn/m².

Bei jeder Sorte wurde das firmenüblich vorinokulierte Saatgut (auch als „fix fertig“ bezeichnet) verwendet.

In Hörsching wurde der Versuch bereits am 2. April angebaut und 13 Tage später am 15. April wurde die Spätsaatvariante gesät. Zu beiden Terminen waren ideale Saatbedingungen gegeben, das bedeutet, dass der Boden trocken war und ab diesem Zeitpunkt nicht mehr damit zu rechnen war, dass die Bodentemperatur unter 12°C fällt und damit die Keimung der Sojabohne negativ beeinflussen könnte. Die Bodentemperatur in Samenaflagetiefe betrug zum früheren Termin 15°C und am Spätsaattermin 16°C. Gesät wurde mit einer Saatkombination bestehend aus Kreiselegge, Packer und Sämaschine, die die Samen in einer Tiefe von etwa 4 cm ablegte (Abbildung 13).

In Katzenberg wurde der Versuch am 9. April gesät. Es herrschten ideale Bedingungen zur Saat. Auch hier wurde mit einer Saatkombination (Kreiselegge, Packer und Sämaschine) angebaut. Die Bodentemperatur betrug 18°C. Die Ablagetiefe betrug hier etwa 3 cm.



Abbildung 13: Messung der Ablagetiefe bei der Saat

Am Standort Gallneukirchen wurde der Versuch ebenfalls am 2. April angelegt und auch hier herrschten ideale Saatbedingungen. Die Bodentemperatur lag bei 15°C. Gesät wurde ebenso mit einer Saatkombination aus Kreiselegge, Packer und Sämaschine. Abweichend zu den anderen Versuchsstandorten wurde hier gedüngt und zwar 45 kg Reinstickstoff über Schweinegülle zur Saatbettbereitung.

Gesät wurde in Bad Wimsbach am 20. April ebenfalls mit einer Saatkombination (Kreiselegge, Packer und Sämaschine) unter idealen Bedingungen. Die Bodentemperatur lag über den erforderlichen 10°C.

4.5. Bestandesführung

Nach der Saat wurden wie auch in der Praxis üblich als Pflegemaßnahmen nur Herbizidspritzungen durchgeführt. Die Auswahl der Herbizide wurde an die feldspezifische Unkrautsituation angepasst und in Absprache zwischen Landwirt und Landwirtschaftskammer festgelegt.

In Hörsching wurden zum Pflanzenschutz im Voraufbau 2 kg/ha Artist gegeben. Der Aufgang der Sojabohnen der frühgesäten Variante fand dann ab dem 20. April statt und am 28. April traten bereits alle Sorten im Keimblattstadium auf. Der Pflanzenschutz im Nachaufbau zögerte sich bis zum spätesten noch möglichen Zeitpunkt hinaus. Dieser wurde am 17. Mai durchgeführt und zwar mit 0,5 l/ha Pulsar und 0,1%igen Zellex CS. Hier befanden sich die Gänsefußarten bereits im 4 – 6 Blattstadium. Durch die Schönwetterperiode nach der Applikation wurde die herbizide Wirkung des Mittels unterstützt.

In Katzenberg wurden in Sachen Pflanzenschutz folgende Maßnahmen getroffen: Im Voraufbau wurden hier 2 kg/ha Artist verwendet. Der Aufgang der Sojabohnen war um den 20. April zu erkennen, allerdings war die Saat etwas ungleichmäßig aufgegangen. Am 17. Mai erfolgte dann die Pflanzenschutzmaßnahme im Nachaufbau, dazu wurden 7,5 g/ha Harmony SX und 1,2 l/ha Basagran plus Optiwett verwendet. Hier zeigte sich das gleiche

Problem wie auch in Gallneukirchen. Durch den Regen an den darauffolgenden Tagen konnte das Mittel Basagran seine Wirkung nicht entfalten. Der Gänsefuß war nicht im gewünschten Maß vernichtet worden. Daraufhin wurde am 29. Juni noch eine zusätzliche Pflanzenschutzmaßnahme vor allem gegen Gänsefuß, Nachtschatten und Distelnester getroffen, dazu wurden 7,5 g/ha Harmony SX und 0,5 l/ha Pulsar 40 plus 0,1%iges Zellex CS appliziert. Doch auch die Wirkung dieser Nachbehandlung war nicht ausreichend. Die relativ starke Verunkrautung mit Gänsefuß und Nachtschatten blieb damit bis zur Ernte bestehen. Zu diesem Zeitpunkt waren die Unkräuter wieder in gleicher Höhe mit den Sojapflanzen. Durch einen heftigen Sturm am 10. Juli kam es bei der ersten Parzelle der Standardsorte und den zwei Parzellen mit dem Reihenweitenversuch größtenteils zu Lagerung.

Auf eine Pflanzenschutzmaßnahme im Voraufbau wurde in Gallneukirchen verzichtet. Der Aufgang war um den 24. April, allerdings etwas ungleichmäßig. Die Nachaufbauspritzung wurde dann am 17. Mai durchgeführt und zwar mit 7,5 g/ha Harmony SX und 1,2 l/ha Basagran plus Optiwett als Netzmittel. Durch den Regen nach der Spritzung war das Ergebnis wenig zufriedenstellend. Der Weiße Gänsefuß war nur zum Teil abgestorben und Kamille hatte sich ausgebreitet. Am 29. Mai wurde deshalb eine zweite ergänzende Pflanzenschutzmaßnahme getroffen, dazu wurden wiederum 7,5 g/ha Harmony SX und 0,5 l/ha Basagran appliziert. Auch hier war die Wirkung unbefriedigend. Die Kamille war zum Zeitpunkt der zweiten Herbizidapplikation schon zu weit entwickelt um ein befriedigendes Ergebnis zu erhalten. Darum wurde die Kamille zum Teil händisch entfernt.

Auch in Bad Wimsbach wurde im Voraufbau auf einen Pflanzenschutzmitteleinsatz verzichtet. Eine einzige Herbizidanwendung am 3. Juni wurde mit 0,5 l/ha Pulsar + 7,5 g/ha Harmony SX durchgeführt. Die Behandlung brachte gute Ergebnisse, die Versuchsfläche war beinahe unkrautfrei.

4.6. Untersuchungsmethoden

4.6.1. Aufgang

Die Anzahl der tatsächlich aufgelaufenen Pflanzen wurde festgestellt, indem ein quadratischer Rahmen mit einer Fläche von einem $\frac{1}{4}$ Quadratmeter wahllos in die Parzelle gelegt wurde. Die Pflanzen innerhalb dieses Rahmens wurden ausgezählt. Diese Vorgangsweise wurde 4-mal pro Parzelle wiederholt. Der Mittelwert dieser Wiederholungen wurde mit dem Faktor 4 multipliziert um auf die aufgegangene Pflanzenanzahl/m² schließen zu können.

4.6.2. Knöllchenbonitur

Um feststellen zu können ob es sortenspezifische Unterschiede im Knöllchenansatz gibt, wurde zum Beginn der Blüte die Anzahl der Knöllchen an den Wurzeln bonitiert. Dazu wurden aus jeder Parzelle je 10 Pflanzen vorsichtig mit einem Spaten ausgegraben. Unmittelbar danach wurde die Erde an den Wurzeln in einem Kübel Wasser sorgsam ausgewaschen, die einzelnen Pflanzen auf einem weißen Papier aufgelegt, beschriftet, fotografiert und bonitiert. Es gab 6 Boniturstufen (Abbildung 14):

0 = kein Knöllchen

1 = vereinzelte Knöllchen (~ bis 10)

2 = wenige Knöllchen (~ 10 - 20)

3 = mittelmäßig viele Knöllchen (~ 20 - 30)

4 = viele Knöllchen (~ 30 - 40)

5 = sehr viele Knöllchen (~ mehr als 40)



Abbildung 14: Knöllchenboniturstufen

4.6.3. Wuchshöhe

Die Wuchshöhe der Sojapflanzen wurde durch einen einfachen Maßstab bestimmt. Dieser wurde direkt neben dem Spross auf der Erde angesetzt und aufrecht entlang der Pflanze gehalten. Um Effekte wie die Lagerung aus der Messung auszuschließen wurde die Pflanze aufgerichtet und bis zum höchstgelegenen Punkt gemessen, wobei zu beachten ist, dass die Blätter nicht mitgemessen wurden (Abbildung 15). War ein Blatt der höchste Punkt, wurde nur bis zur obersten Blattsprossspitze gemessen. Durch die unterschiedliche Entwicklung der einzelnen Sorten kam es dazu, dass an einigen Sorten durch die



Abbildung 15: Wuchshöhenmessung

beginnende Reife keine Blätter mehr vorhanden waren. In diesem Fall war der höchste Punkt die Sprossspitze. Da in der Regel die Blätter höher reichen als der Spross, fließt in den Wert für die Wuchshöhe auch der Grad der Entwicklung mit ein.

4.6.4. Hülsenansatzhöhe

Als Hülsenansatzhöhe ist der Abstand zwischen Boden und dem Ansatz der untersten Hülse zu verstehen. Um diese Strecke möglichst genau messen zu können, wurde mit einem Filzstift eine rote Markierung am Spross gesetzt und zwar genau dort, wo der Spross aus der Erde austritt (Abbildung 16). Anschließend wurde die Sojapflanze vorsichtig aus dem Boden gezogen, die übrige Erde abgeklopft und die Pflanze auf ein Blatt Papier gelegt. Auf diesem Blatt war eine rote Linie und parallel darüber befanden sich schwarze Linien in Zentimeterabständen. Diese schwarzen Linien waren mit dem jeweiligen Abstand zur roten Linie beschriftet.

Die markierte Sojapflanze wurde auf dieses Blatt gelegt und zwar genau so, dass die rote Markierung mit der roten Linie übereinstimmte und der oberirdische Teil der Pflanze auf den schwarzen Linien lag (Abbildung 17). Somit konnte genau festgestellt werden, welche Hülse am tiefsten saß, und auf welcher schwarzen Linie sich der Ansatz dieser Hülse befand. Damit konnte der genaue Abstand zum Boden ermittelt werden. Von je 10 Pflanzen pro Parzelle wurden mit diesem Vorgehen die Hülsenansatzhöhen bestimmt.



Abbildung 16: Markierung der Grenze zwischen ober- und unterirdischem Pflanzenteil



Abbildung 17: Bestimmung und Höhenmessung der tiefsten Hülse

4.6.5. Ertrag

Um den Ertrag pro Parzelle feststellen zu können, wurde der Anhänger, auf den das Erntegut abgeladen wurde, auf Wiegeplatten gestellt (Abbildung 18). Mit diesem Wiegesystem war es möglich, den Ertrag auf 2 kg genau zu messen. Das Gewicht für die einzelnen Parzellen ergab sich durch das Zurückstellen der Waagen auf null noch bevor die

erste Parzelle gedroschen wurde bzw. zwischen den einzelnen Parzellen. Probleme bei der Ertragsermittlung ergaben sich durch die zum Teil starke Verunkrautung der Versuchspartellen, vor allem am Standort Katzenberg, wo der Verunkrautungsgrad am höchsten war.



Abbildung 18: Bestimmung des Parzellenertrages mittels mobiler Wiegeplatten



Abbildung 19: Ziehung der Probe zur Bestimmung von Hektolitergewicht und Wassergehalt

4.6.6. Hektolitergewicht und Wassergehalt

Zur Bestimmung des Hektolitergewichts sowie des Wassergehaltes wurde eine Probe aus dem Erntegut gezogen. Diese wurde mit einem handelsüblichen Apfelpflücker während des Abtankens genommen. Damit diese Stichprobe möglichst repräsentativ ist, wurde der Pflücker im Randbereich unter den Kornstrahl gehalten (Abbildung 19). Die Probe wurde in ein mobiles Messgerät für Hektolitergewicht und Wassergehalt (Dickey John mini GAC[®] plus) gefüllt und damit beide Eigenschaften gemessen (Abbildung 20).



Abbildung 20: Bestimmung des Hektolitergewichtes und Wassergehaltes

4.6.7. Tausendkorngewicht

Nach der Ernte wurden die Sojabohnen mit einem Wassergehalt über 14% getrocknet, um die Haltbarkeit zu gewährleisten und von ähnlichen Wassergehalten ausgehen zu können. Um eine gleiche Feuchtigkeit der Proben zu erhalten wurden diese an einem trockenen Ort nebeneinander in Papiersäckchen etwa 6 Wochen gelagert.

Zur Bestimmung des Tausendkorngewichts wurden 400 Körner maschinell gezählt und abgewogen. Um auf das Tausendkorngewicht zu schließen wurde dieser Wert mit dem Faktor 2,5 multipliziert.

4.6.8. Fett-, Protein- und Zuckergehalt

Der Fett-, Protein- und Zuckergehalt der Sojabohnen wurden mittels Nah-Infrarot-Reflexions-Spektroskopie (Bruker Matrix I), kurz NIRS gemessen. Dies ist eine physikalische Analysenmethode um Qualität und Menge von Inhaltsstoffen zu bestimmen. Dieses Verfahren basiert darauf, dass organische Verbindungen Licht in einem Wellenlängenbereich von 800 bis 2600 nm absorbieren und reflektieren.

Durch die unterschiedliche chemische Zusammensetzung und damit auch ungleiche Kombination funktioneller Gruppen (die für die Absorption und Reflexion vorwiegend verantwortlich sind) entsteht für jeden zu messenden Inhaltsstoff eines Untersuchungsgegenstandes ein typisches Spektrum an Absorptionsbanden. Diese werden erfasst und mit multipler linearer Regressionsgleichung und mit produktspezifischen Kalibrationsdaten in Gehaltswerte bestimmter Inhaltsstoffe umgerechnet. Die Messung einer Probe dauert nicht länger als eine Minute, dabei können mehrere verschiedene Inhaltsstoffe zugleich erfasst werden.

Großkörnige Proben, wie auch die Sojabohne, werden gleichmäßig fein vermahlen. In 2-facher Wiederholung wird gemessen, wobei der Probenbehälter zwischen den zwei Messungen um 180° gedreht wird, um etwaige Fehler durch Inhomogenität der Probe zu vermeiden. (VOLLMANN und GRAUSGRUBER 2000)

In Abbildung 21 sind die Spektren aller gemessenen Proben ersichtlich.

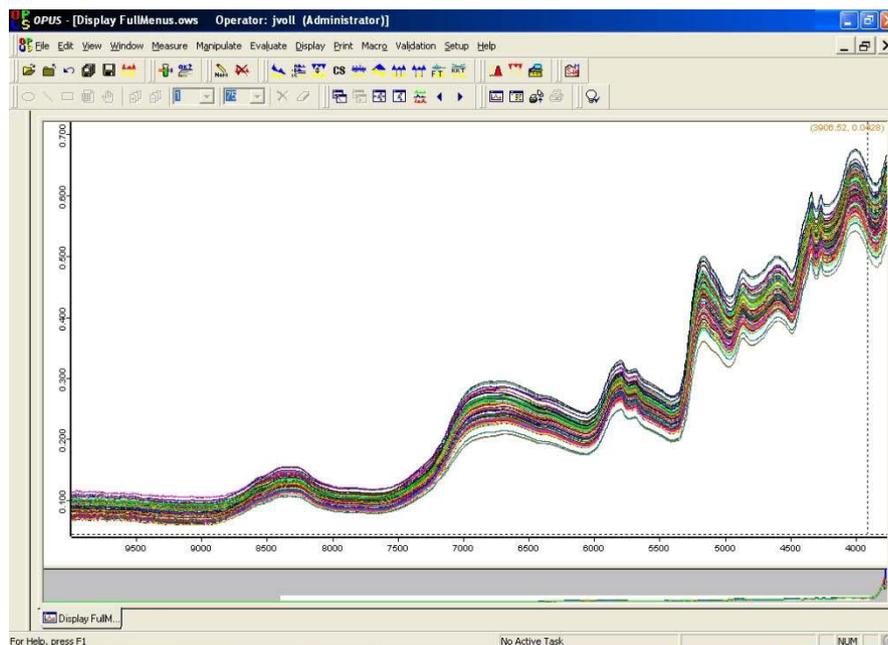


Abbildung 21: NIRS-Spektren aller Versuchsproben

4.7. Statistische Auswertung

4.7.1 Varianzanalytische Auswertung der Einzelstandorte

Mittels der verschiedenen Untersuchungsmethoden wurden für die einzelnen Standorte eine Reihe von Daten erhoben. Um die Ertragsmessungen vergleichbar zu machen, wurden die verschiedenen feuchten Parzellenerträge auf Hektarerträge mit einer Feuchtigkeit von 13% umgerechnet. Zusätzlich wurden vom Ertrag noch 0,5% für Hülsen- und Stängelteile im Erntegut abgezogen.

Von den Kriterien Pflanzenzahl/m², Wuchshöhe, Hülsenansatzhöhe, Ertrag, Tausendkorngewicht, Fettgehalt, Proteingehalt und Zuckergehalt wurde die Grenzdifferenz bei 5% berechnet.

Mit dem Statistikprogramm SAS wurden die Daten weiter ausgewertet. Mit der GLM-Varianzanalyse wurden die Signifikanzniveaus der einzelnen Parameter ermittelt, mittels der Prozedur LSMEANS wurden gewichtete Sortenmittelwerte errechnet.

4.7.2. Varianzanalytische Auswertung über alle Standorte

Die Auswertung über alle 3 Versuchsstandorte wurde ebenfalls mit der GLM-Varianzanalyse im Statistikprogramm SAS durchgeführt. Dazu wurden die Signifikanzniveaus der einzelnen Parameter (F-Tests), die Mittelwerte der kleinsten Quadrate und die Korrelationswerte zwischen den Merkmalen berechnet.

Da es keine signifikante Interaktion zwischen Genotyp und Umwelt gibt wurde diese aus dem Modell herausgenommen.

5. Ergebnisse

5.1. Standardversuch

5.1.1. Einzelstandorte

5.1.1.1. Hörsching

Am Standort Hörsching wurden folgende Daten erhoben (Tabelle 13). Signifikante Unterschiede zwischen den Sorten bzw. den Varianten mit weiterem Reihenabstand und der Spätsaatvariante gibt es bei der Anzahl der Pflanzen/m², im Ertrag und im Tausendkorngewicht. Auch im Proteingehalt gibt es gravierende Unterschiede, diese sind aber bei dem festgelegten α von 0,05 nicht statistisch absicherbar. Bei den Merkmalen wie Wuchshöhe, Hülsenansatzhöhe, Fettgehalt und Zuckergehalt konnten keine signifikanten Sortenunterschiede festgestellt werden.

Tabelle 13: Ergebnisse, Grenzdifferenzen und Signifikanzniveaus der Merkmale am Standort Hörsching

Sorte	Pflanzen je m ²	Knöllchenbonitur 22.6.2011	Wuchshöhe [cm] 25.8.2011	Hülsenansatzhöhe [cm] 25.8.2011	Ertrag [kg/ha]	TKG [g]	Fettgehalt [g/kg]	Proteingehalt [g/kg]	Zuckergehalt [g/100g]
Merlin (Mittelwert)	53,9	2,1	82,28	8,32	3.419,5	191,1	166,64	437,73	6,148
Gallec	47	3,1	80,4	9,2	3.312	222	172,3	432,1	6,14
Aligator	49	2,1	78,6	10,3	3.296	239	171,4	435,6	6,82
Petrina	43	2,5	77,3	9,8	3.041	231	170,4	427,1	6,69
Lissabon	44	1,6	76,5	9,6	3.692	242	151,3	438,0	6,98
Sigalia	54	1,7	83,9	11,3	3.796	254	178,8	447,2	6,33
S9094	51	2,8	76,9	7,8	3.859	225	174,2	442,8	6,78
Cordoba	51	2,3	95,6	10,8	3.527	245	180,0	425,9	6,97
Daccor	57	2,6	76,4	10,6	3.837	234	174,1	450,0	6,31
Sultana	48	2,4	76,7	8,3	4.283	239	174,9	447,4	6,15
Malaga	62	2	88,1	9,3	2.918	248	156,3	435,7	6,77
ES Mentor	62	2,4	72,8	9,5	4.466	233	165,2	448,6	5,49
S9082	37	1,8	84,9	8,2	3.436	232	172,6	458,5	6,19
Merlin 24 cm Reihenabstand	40	1,4	74,3	8	3.299	187	161,8	438,4	5,90
Merlin 36cm Reihenabstand	31	2,5	66,6	5,9	3.311	191	165,2	434,4	6,33
Merlin (Spätsaat)		2,9	79,3	8,7	3.723	194	180,7	445,8	6,18
Grenzdifferenz 5%	5,2		12,2	2,15	287	8,33	23,3	6,72	0,552
Signifikanzniveau	0,021		0,586	0,432	0,047	0,001	0,973	0,069	0,397
	sign.		n.sign.	n.sign.	sign.	sign.	n.sign.	n.sign.	n.sign.

In der Abbildung 22 ist der Ertrag je Sorte in absteigender Reihenfolge dargestellt. Das Ertragsniveau in Hörsching lag mit Werten zwischen 2.918 und 4.466 kg/ha sehr hoch. ES Mentor und Sultana sind die zwei Sorten mit dem signifikant höchsten Ertrag am Standort Hörsching. Zwischen diesen beiden besteht aber kein signifikanter Unterschied. Bei den Sorten ES Mentor und Malaga wurde beim Aufgang die höchste Pflanzenzahl/m² gezählt, aber trotz der jeweils 62 Pflanzen/m² lieferte ES Mentor den höchsten und Malaga den geringsten Ertrag.

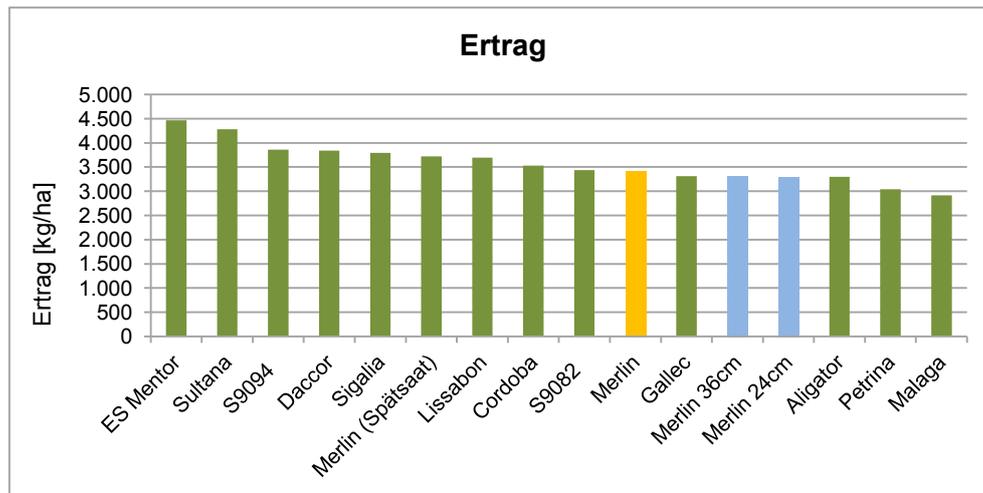


Abbildung 22: Sortenerträge und Erträge der Reihenweitenvarianten in Hörsching in absteigender Reihenfolge

Wie bereits oben erwähnt gibt es im Proteingehalt am Standort Hörsching zwar gravierende Unterschiede, diese sind aber erst bei $p=0,069$ statistisch signifikant. In der Abbildung 23 lässt sich gut erkennen, dass die Sorte S9082 im Vergleich zu den übrigen Sorten mit 458,5 g/kg Trockenmasse den höchsten Proteingehalt aufweist.

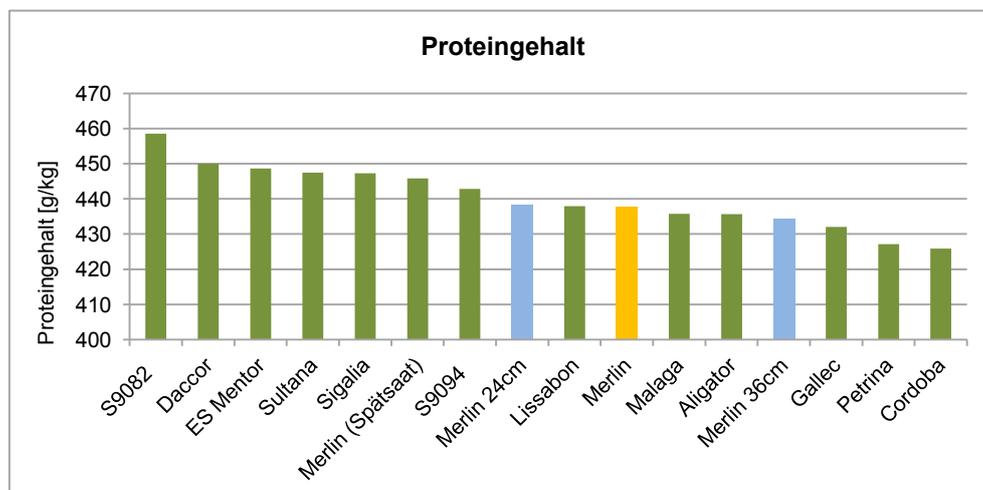


Abbildung 23: Proteingehalte der Sorten und der Reihenweitenvarianten in Hörsching in absteigender Reihenfolge

5.1.1.2. Katzenberg

Am Versuchsstandort Katzenberg gab es große Probleme mit der Verunkrautung. Zusätzlich wurde mit einem Mähdrescher geerntet, der nicht optimal gereinigt war. Da zuvor Mais gedroschen wurde, waren die Siebe verlegt. Damit war eine optimale Reinigung nicht möglich. Die Folge war eine zum Teil starke Verschmutzung des Erntegutes durch Unkrautsamen des Weißen Gänsefußes und Beeren des Schwarzen Nachtschattens. Die Verunkrautung konzentrierte sich auf den Feldschlag, auf dem als Vorfrucht Winterweizen gestanden hatte. Besonders hoch war sie jedoch in der Parzelle der Sorte Merlin mit einem Reihenabstand von 24 cm. Der Anteil der Unkrautsamen im Erntegut wurde abgeschätzt und vom gewogenen Ertrag abgezogen. Die Ergebnisse, Grenzdifferenzen und Signifikanzniveaus sind in Tabelle 14 ersichtlich.

Tabelle 14: Ergebnisse, Grenzdifferenzen und Signifikanzniveaus der Merkmale am Standort Katzenberg

Sorte	Pflanzen je m ²	Knöllchenbonitur 22.6.2011	Wuchshöhe [cm] 17.8.2011	Hülsenansatz [cm] 17.8.2011	Ertrag [kg/ha]	TKG [g]	Fettgehalt [g/kg]	Proteingehalt [g/kg]	Zuckergehalt [g/100kg]
Merlin (Mittelwert)	65	2,3	88,9	11,3	2.002	193	164,0	474,4	6,03
Gallec	65	3	91,3	12,6	1.925	239	163,6	472,9	6,28
Aligator	62	3	93,1	11,9	2.194	239	174,9	455,0	6,90
Petrina	59	3,5	79,3	13,2	1.721	226	159,5	447,4	6,73
Lissabon	48	2,5	85,5	12,4	2.144	222	155,9	460,0	6,70
Sigalia	59	2,2	90,4	18,9	2.149	252	174,9	463,2	6,48
S9094	55	2,2	81,4	14,3	2.628	226	156,3	476,1	6,27
Cordoba	60	2	109,7	15,3	1.780	238	145,7	468,3	6,82
Daccor	61	2,8	85,3	12,5	2.184	253	152,0	477,0	6,18
Sultana	60	2,6	76,4	10,2	2.103	249	152,4	466,8	6,20
Malaga	50	3	98,8	12,1	1.699	263	144,1	466,6	6,78
ES Mentor	44	3	90,6	13,2	2.548	251	159,5	458,9	5,39
S9082	48	2,3	93,5	8,6	2.305	246	152,2	486,3	5,67
Merlin 24cm Reihenabstand	60	1,5	86,8	9,2	2.813	195	154,1	474,9	6,48
Merlin 36cm Reihenabstand	63	2,3	98,9	12,4	1.942	196	169,4	471,2	6,34
Grenzdifferenz 5%	8,1		23,5	4,14	506	21,2	16,8	16,3	0,842
Signifikanzniveau	0,2395		0,4507	0,1935	0,2836	0,0479	0,3723	0,3124	0,4291
	n. sign.		n. sign.	n. sign.	n. sign.	sign.	n. sign.	n. sign.	n. sign.

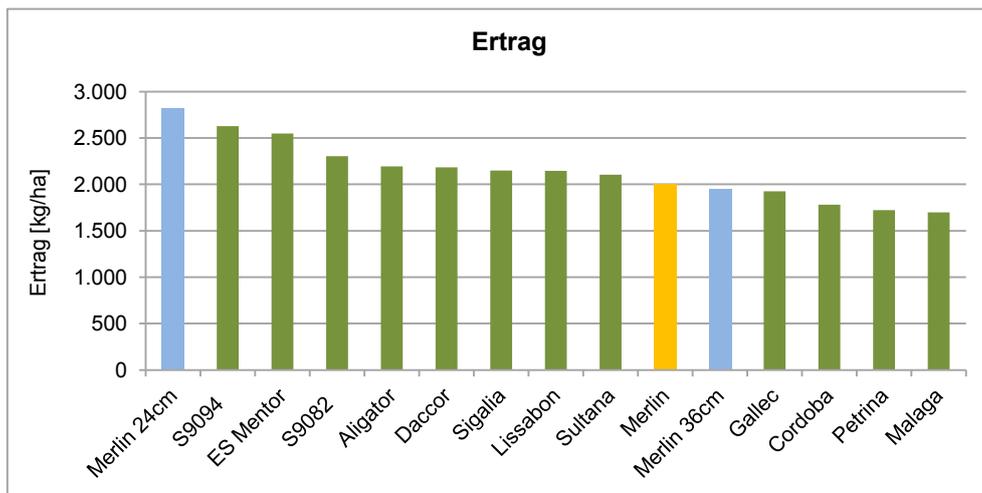


Abbildung 24: Sortenerträge und Erträge der Reihenweitenvarianten in Katzenberg in absteigender Reihenfolge

Mit Erträgen zwischen 1.699 und 2.813 kg/ha war das Ertragsniveau eher niedrig. In Abbildung 24 sind die Erträge in absteigender Reihenfolge aufgetragen. Die drei ertraglich besten Sorten in Katzenberg waren Merlin mit einem Reihenabstand von 24 cm, S9094 und ES Mentor.

5.1.1.3. Gallneukirchen

In Gallneukirchen unterscheiden sich die Sorten signifikant im Proteingehalt, aber auch im Ertrag, Tausendkorngewicht und im Zuckergehalt zeigen sich gravierende Unterschiede, die aber statistisch nicht abgesichert sind. In Merkmalen, wie Wuchshöhe, Hülsenansatzhöhe, Fettgehalt unterscheiden sich die Genotypen nicht signifikant. In Tabelle 15 sind die Ergebnisse, Grenzdifferenzen und Signifikanzniveaus des Standortes Gallneukirchen dargestellt.

Tabelle 15: Ergebnisse, Grenzdifferenzen und Signifikanzniveaus der Merkmale am Standort Gallneukirchen

Sorte	Pflanzen je m ²	Knöllchenbonitur 22.6.2011	Wuchshöhe [cm] 10.8.2011	Hülsenansatzhöhe [cm] 10.8.2011	Ertrag [kg/ha]	TKG [g]	Fettgehalt [g/kg]	Proteingehalt [g/kg]	Zucker-gehalt [g/kg]
Merlin Mittelwert	48	1	71,45	7,8	1.781	213	168,6	440,5	6,11
Aligator	44	44	75,2	7,3	2.383	238	188,8	441,8	6,11
Malaga	56	56	75,4	8,7	2.109	250	154,1	432,9	6,87
Daccor	60	60	73	9,1	2.132	252	158,7	459,7	5,99
Gallec	61	61	78,3	7,7	2.479	248	148,4	460,5	6,11
Sultana	58	58	79,1	8,4	2.699	238	142,5	472,3	6,11
Petrina	40	40	81,6	11,1	1.039	226	171,4	433,7	6,27
Sigalia	41	41	83,4	8,6	1.917	248	144,7	486,7	4,83
Grenzdifferenz 5%	135		17,1	7,19	642	22,5	49,5	8,04	0,69
Signifikanzniveau	0,730		0,220	0,345	0,074	0,065	0,184	0,024	0,077
	n.sign.		n.sign.	n.sign.	n. sign.	n. sign.	n.sign.	sign.	n. sign.

In Gallneukirchen liegen die Ertragswerte zwischen 1.039 und 2.699 kg/ha. Wie in Abbildung 25 zu erkennen ist, brachte die Sorte Sultana den höchsten Ertrag.

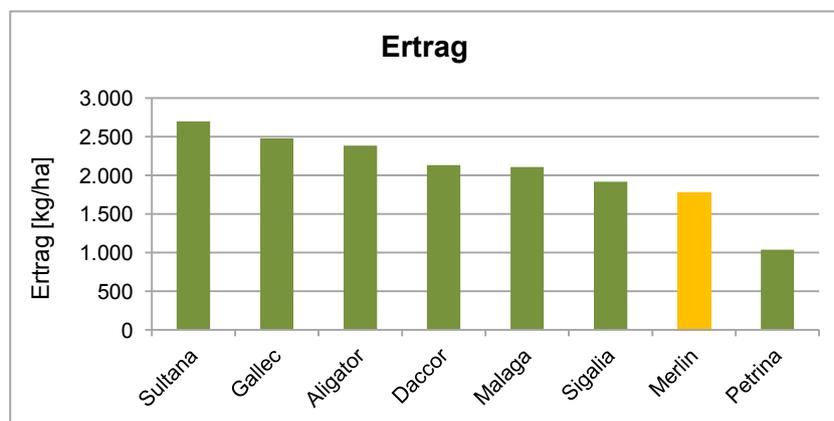


Abbildung 25: Sortenerträge und Erträge der Reihenweitenvarianten in Gallneukirchen in absteigender Reihenfolge

5.1.2. Alle Versuchsstandorte

5.1.2.1. Sorten

In folgender Tabelle (Tabelle 16) sind die Sortenmittelwerte (LSMEANS) aller Versuchsstandorte, die Grenzdifferenzen und die Signifikanzniveaus der einzelnen Parameter ersichtlich. Das „Signifikanzniveau Umwelt“ gibt an ob es signifikante

Unterschiede der Sorten zwischen den verschiedenen Umwelten gibt. Das „Signifikanzniveau Sorte“ gibt Auskunft darüber, ob es zwischen den einzelnen Sorten in den angegebenen Merkmalen signifikante Unterschiede gibt oder nicht. α liegt bei 0,05.

Tabelle 16: Adjustierte Mittelwerte über alle Versuchsstandorte (LSMEANS)

Sorte	Wuchshöhe [cm]	Hülsenansatzhöhe [cm]	Ertrag [kg/ha]	TKG [g]	Fettgehalt [g/kg]	Proteingehalt [g/kg]	Zuckergehalt [g/100g]
Merlin	81,4	9,2	2390	197	166,6	451,8	6,04
Gallec	83,3	9,8	2572	236	161,4	455,2	6,18
Aligator	82,3	9,8	2624	239	178,4	444,1	6,61
Petrina	79,4	11,4	1934	228	167,1	436,1	6,56
Lissabon	78,3	10,1	2685	234	151,9	448,7	6,73
Sigalia	85,9	12,9	1621	251	166,1	465,7	5,88
S9094	76,5	10,2	3010	228	163,6	459,2	6,42
Cordoba	100,0	12,2	2420	244	161,2	446,8	6,79
Daccor	78,2	10,7	2718	246	161,6	462,2	6,16
Sultana	77,4	9,0	3028	242	156,6	462,2	6,15
Malaga	87,4	10,0	2242	254	151,5	445,1	6,81
ES Mentor	79,0	10,5	3274	244	160,7	453,5	5,33
S9082	86,5	7,5	2637	241	160,7	472,1	5,82
Grenzdifferenz 5%	8,61	1,85	544	9,40	10,30	16,55	0,29
Signifikanzniveau Umwelt	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0917	0,0262	<0,0001	0,0685
	sign.	sign.	sign.	n. sign.	sign.	sign.	n. sign.
Signifikanzniveau Sorte	0,0064	0,0221	0,001	<0,0001	0,4157	0,0131	0,0013
	sign.	sign.	sign.	sign.	n. sign.	sign.	sign.

Zwischen den Umwelten gibt es in den Merkmalen Wuchshöhe, Hülsenansatzhöhe, Ertrag, Fettgehalt und Proteingehalt signifikante Unterschiede. Auch beim Zuckergehalt sind gravierende Unterschiede erkennbar, jedoch nicht signifikant. Dies kann auf die sehr unterschiedlich gewählten Standorte zurückgeführt werden. Das Tausendkorngewicht ist im Vergleich zu den anderen Parametern ein Merkmal mit hoher Heritabilität und verändert sich in den verschiedenen Umwelten nur wenig.

Signifikante Sortenunterschiede gibt es bis auf den Fettgehalt in jedem Merkmal. Große Unterschiede gibt es beim Tausendkorngewicht, da es ein Sortenmerkmal ist und sich, wie bereits oben erwähnt, nur in geringem Maß durch Umwelteinflüsse beeinflussen lässt.

Wie in Abbildung 26 ersichtlich lieferten die Sorten ES Mentor, Sultana und S9094 die höchsten Erträge.

Die Sortendurchschnittswerte streuen mit Erträgen von 1621 bis 3274 kg/ha stark.

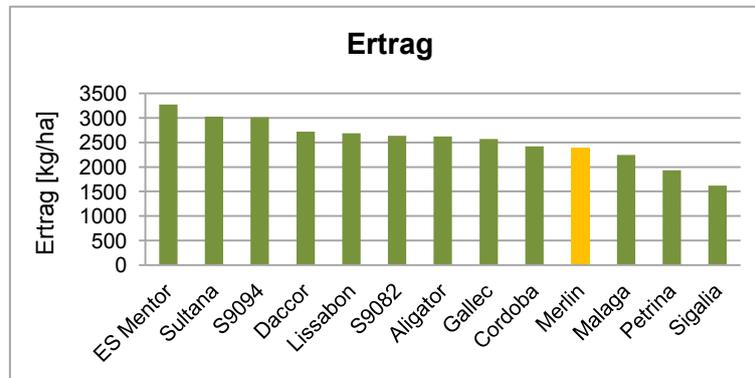


Abbildung 26: adjustierte Mittelwerte der Sortenerträge über alle Standorte in absteigender Reihenfolge

Die Sorte Cordoba hat mit einer durchschnittlichen Wuchshöhe von 1 m die signifikant größten Pflanzen der getesteten Sorten. Wie auch in der Abbildung 27 ersichtlich befinden sich die übrigen Sorten auf etwa gleichem Niveau. Vergleicht man die Abbildung 26 mit der Abbildung 27 ist zu erkennen, dass es sich bei Sorten, die einen hohen Ertrag liefern um eher kurzwüchsige Pflanzen handelt.

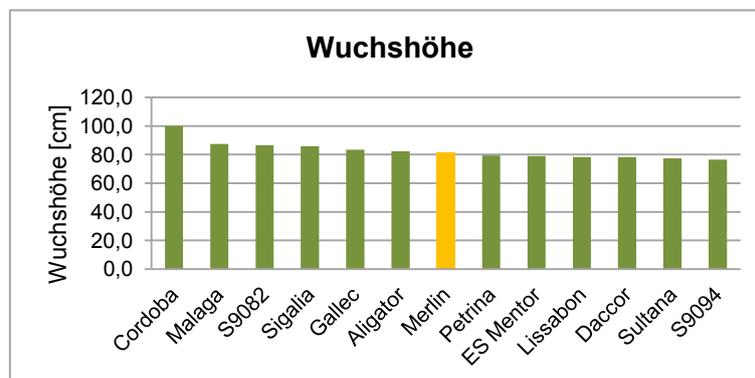


Abbildung 27: adjustierte Mittelwerte der Wuchshöhen der Sorten über alle Standorte in absteigender Reihenfolge

Die Hülsenansatzhöhen der Sorten sind in Abbildung 28 in absteigender Reihenfolge dargestellt. Bei den Sorten Sigalia, Cordoba und Petrina ist der Abstand zwischen Boden und der untersten Hülse am größten. Besonders tief unten setzen die Hülsen bei den Sorten Merlin, Sultana und S9082 an.

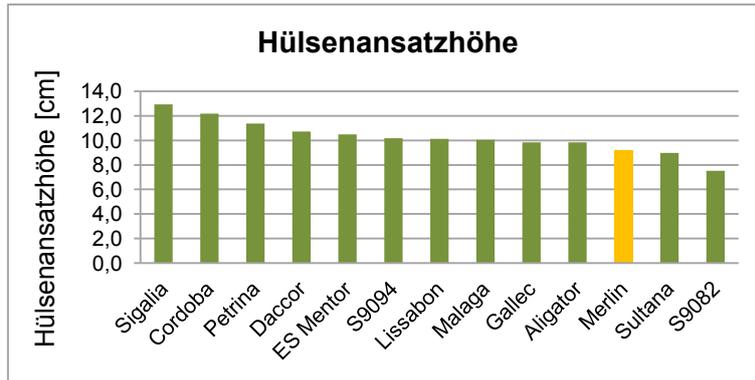


Abbildung 28: adjustierte Mittelwerte der Hülsenansatzhöhen der Sorten über alle Standorte in absteigender Reihenfolge

Die Reihung der Sorten nach ihrem Tausendkorngewicht, wie in Abbildung 29 ersichtlich, stimmt durchaus mit den Informationen der Österreichischen Beschreibenden Sortenliste überein. Nur die Sorte Cordoba hat laut AGES ein ähnliches TKG wie die Sorte Sigalia und liegt damit in diesem Versuch darunter.

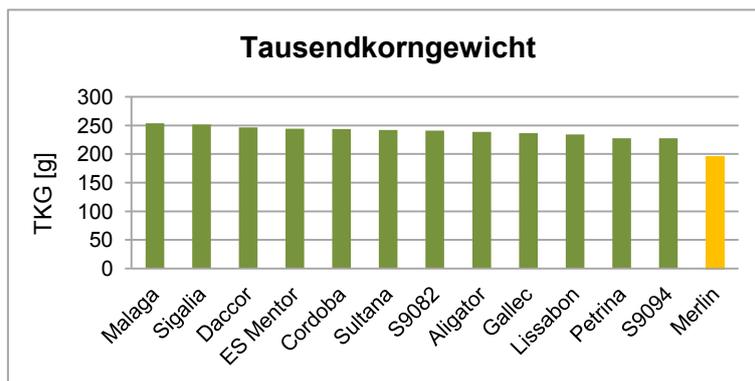


Abbildung 29: adjustierte Mittelwerte der Tausendkorngewichte der Sorten über alle Standorte in absteigender Reihenfolge

Im Fettgehalt gab es keine statistisch signifikanten Unterschiede. In Abbildung 30 lässt sich das Niveau der Fettgehalte der einzelnen Sorten erkennen.

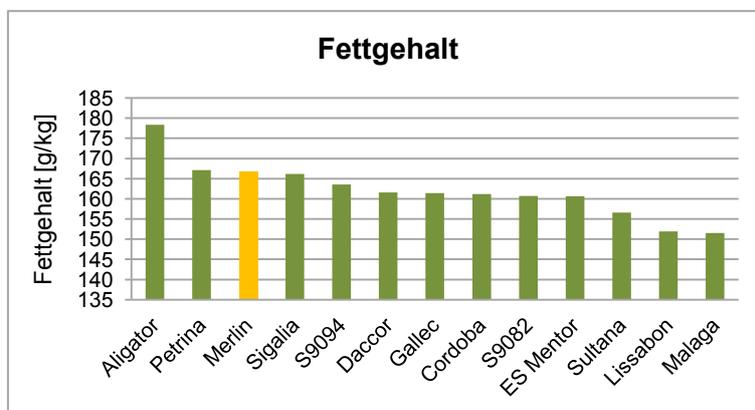


Abbildung 30: adjustierte Mittelwerte der Fettgehalte der Sorten über alle Standorte in absteigender Reihenfolge

Sigalia hat in diesem Versuch zwar den geringsten Ertrag gebracht liegt aber hinsichtlich Proteingehalt gemeinsam mit der Sorte S9082 ganz vorn.

Die Sorte Sultana, die hohe Erträge liefert, erreicht auch zusätzlich hohe Proteinwerte (Abbildung 31).

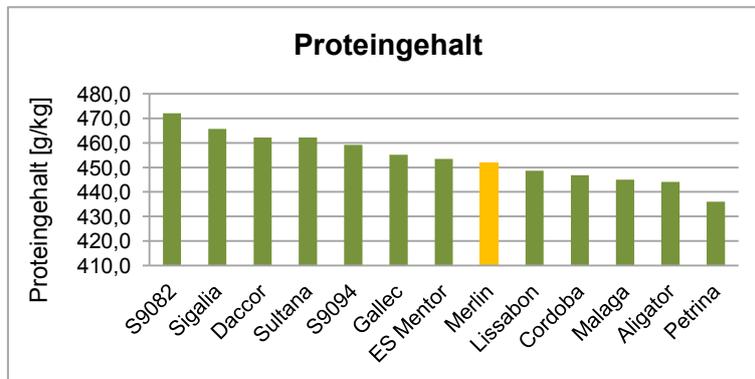


Abbildung 31: adjustierte Mittelwerte der Proteingehalte der Sorten über alle Standorte in absteigender Reihenfolge

In Abbildung 32 sind die Zuckergehalte der einzelnen Sorten in absteigender Reihenfolge dargestellt.

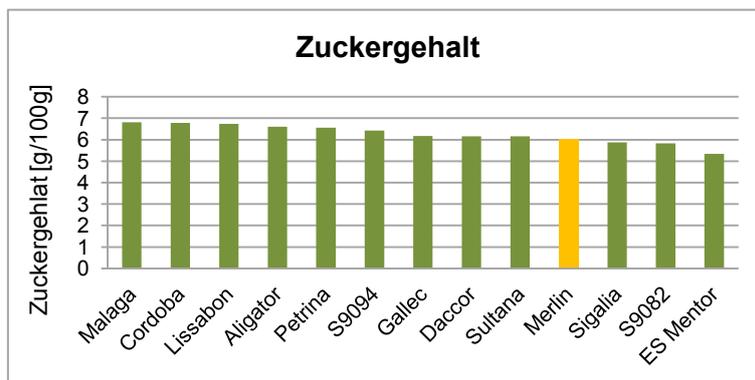


Abbildung 32: adjustierte Mittelwerte der Zuckergehalte der Sorten über alle Standorte in absteigender Reihenfolge

5.1.2.2. Korrelationen zwischen den Merkmalen

In Tabelle 17 sind die Pearsonschen Korrelationskoeffizienten und die dazugehörigen Signifikanzniveaus der einzelnen erhobenen Merkmale dargestellt. Die unterlegten Werte zeigen eine signifikante Korrelation zwischen zwei Parametern.

Der obere Wert ist der Korrelationskoeffizient. Ist dieser positiv, zeigt er eine positive Korrelation der Merkmale. Ist dieser negativ, weist er auf einen negativen Zusammenhang hin. Die Höhe des Betrages gibt Auskunft über die Proportion der Korrelation. Der untere Wert beschreibt die Signifikanz. Es liegt eine signifikante Korrelation vor, wenn dieser Wert unter 0,05 liegt.

Tabelle 17: Pearsonsche Korrelationskoeffizienten zwischen den ermittelten Merkmalen

Pearsonsche Korrelationskoeffizienten, N = 39
 Prob > |r| unter H0: Rho=0

	whoeh	ansatz	ertrag	tkg	oil	prot	sucr
whoeh	1.00000	0.55466 0.0002	-0.28990 0.0734	0.12513 0.4479	-0.10207 0.5364	0.35558 0.0263	0.20537 0.2098
ansatz	0.55466 0.0002	1.00000	-0.32196 0.0456	0.18650 0.2556	-0.13470 0.4136	0.33296 0.0383	0.26622 0.1014
ertrag	-0.28990 0.0734	-0.32196 0.0456	1.00000	-0.02923 0.8598	0.33512 0.0370	-0.39466 0.0129	0.01227 0.9409
tkg	0.12513 0.4479	0.18650 0.2556	-0.02923 0.8598	1.00000	-0.21424 0.1903	0.11824 0.4734	0.17061 0.2991
oil	-0.10207 0.5364	-0.13470 0.4136	0.33512 0.0370	-0.21424 0.1903	1.00000	-0.55331 0.0003	0.12560 0.4462
prot	0.35558 0.0263	0.33296 0.0383	-0.39466 0.0129	0.11824 0.4734	-0.55331 0.0003	1.00000	-0.41014 0.0095
sucr	0.20537 0.2098	0.26622 0.1014	0.01227 0.9409	0.17061 0.2991	0.12560 0.4462	-0.41014 0.0095	1.00000

whoeh = Wuchshöhe
 ansatz = Hülsenansatzhöhe
 oil = Fettgehalt
 prot = Proteingehalt
 sucr = Zuckergehalt

Die Wuchshöhe korreliert positiv mit der Hülsenansatzhöhe. Das bedeutet, dass bei hochwüchsigen Pflanzen der Abstand zwischen Boden und unterstem Hülsenansatz größer ist. Ist die Hülsenansatzhöhe hoch, ist der Ertrag niedrig. Werden nur niedrige Ertragswerte erreicht, weisen die Sojabohnen einen niedrigeren Fettgehalt und einen höheren Proteingehalt auf. Der Proteingehalt korreliert negativ mit dem Zuckergehalt. Daher haben Pflanzen die hohe Proteinwerte in ihren Bohnen aufweisen, einen niedrigen Zuckergehalt.

Damit steht jedes der genannten Merkmale in ihrer Ausbildung in Verbindung zu einem anderen, ist somit in seiner Ausprägung abhängig von den anderen Merkmalen. Ein Parameter der nicht direkt mit einem anderen korreliert, steht dennoch über andere Merkmale zu denen er eine direkte Korrelation aufweist in Verbindung.

Ein Beispiel: Die Wuchshöhe korreliert nicht signifikant mit dem Zuckergehalt, dennoch ist dieser mit der Pflanzenhöhe über die Merkmale Hülsenansatzhöhe, Ertrag, Fettgehalt und dem Proteingehalt korreliert.

5.1.2.3. Knöllchenbonituren

Die 10 erhobenen Knöllchenboniturwerte je Sorte und Standort wurden gemittelt und die Korrelationskoeffizienten zwischen diesen und den übrigen ermittelten Merkmalen der Sorten berechnet. In Tabelle 18 sind die Korrelationskoeffizienten innerhalb der Standorte für die einzelnen Merkmale wiedergegeben. Alle Werte sind für einen signifikanten Zusammenhang zu gering. Somit hat die Anzahl der Knöllchen keinen signifikanten Einfluss oder steht signifikant im Zusammenhang mit dem Ertrag, Proteingehalt, Aufgang, Wuchshöhe, Hülsenansatzhöhe, Hektolitergewicht, Tausendkorngewicht, Fettgehalt oder Zuckergehalt.

Tabelle 18: Korrelationskoeffizienten des Knöllchenansatzes zu weiteren ermittelten Merkmalen

Standort	Korrelation zum Knöllchenansatz								
	Ertrag	Protein- gehalt	Pflanzen- zahl/m ²	Wuchshöhe	Hülsen- ansatzhöhe	Hektoliter- gewicht	TKG	Fettgehalt	Zucker- gehalt
Hörsching	0,1315	-0,1295	0,0869	0,0129	-0,1628	0,1089	0,0113	0,5320	0,0950
Katzenberg	-0,4554	-0,6028	-0,2022	-0,1630	0,0707	0,0170	0,4732	0,1368	0,0425
Gallneukirchen	0,5152	0,4665	-0,0494	0,4903	-0,0242	0,5490	0,6919	-0,2614	-0,2180

Abbildung 33 verdeutlicht diese Aussage. Sie stellt den Zusammenhang zwischen den Knöllchenboniturwerten der Sorten der einzelnen Standorte (farblich dargestellt) und dem jeweiligen Ertrag dar. Es lässt sich deutlich das hohe Ertragsniveau bei mittlerer Knöllchenausbildung in Hörsching erkennen. Die Regressionsgerade ist für einen signifikanten Zusammenhang zu flach, dies zeigt auch das Bestimmtheitsmaß von 0,0173. Bei ähnlichem Knöllchenansatz liegen die Erträge in Katzenberg deutlich unter jenen in Hörsching. Hier besteht sogar ein negativer Zusammenhang zwischen Knöllchenansatz und Ertrag, dieser ist allerdings nicht signifikant, wofür auch das Bestimmtheitsmaß von 0,2074 spricht. In Gallneukirchen war sowohl das Ertragsniveau gering als auch die Anzahl der Knöllchen, dennoch ergab sich hier das höchste Bestimmtheitsmaß mit 0,2655. Jedoch lässt dieses auf eine nicht signifikante Korrelation zwischen Knöllchenansatz und Ertrag schließen.

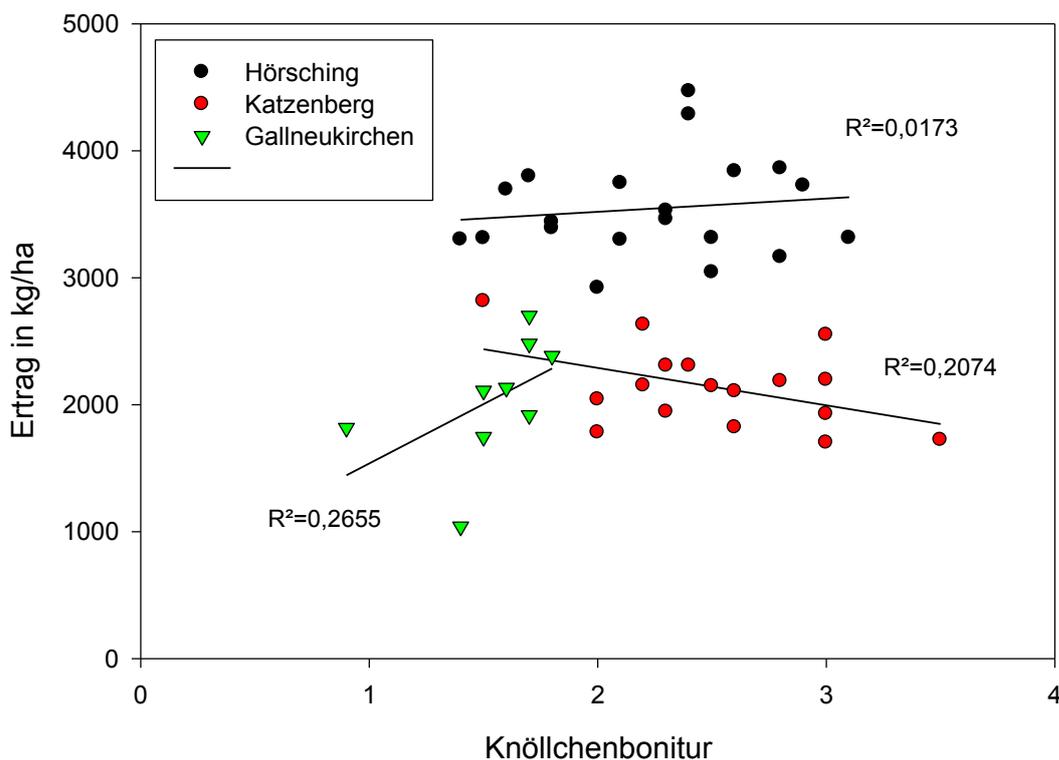


Abbildung 33: Zusammenhang von Knöllchenboniturwerten und Erträgen nach Standorten

5.1.2.4. Reihenweiten

In Tabelle 19 sind die adjustierten Mittelwerte (LSMEANS), Grenzdifferenzen und Signifikanzniveaus der Parameter der Sorte Merlin bei verschiedenen Reihenweiten und gleicher Saatstärke dargestellt. Signifikante Umweltunterschiede gibt es im Ertrag und im Proteingehalt.

Es gibt bei allen untersuchten Merkmalen keine signifikanten Unterschiede der Reihenweiten-Varianten. Somit hat die Reihenweite keinen Einfluss auf Wuchshöhe, Hülsenansatzhöhe, Ertrag, Tausendkorngewicht, Fettgehalt, Proteingehalt oder Zuckergehalt.

Tabelle 19: adjustierte Mittelwerte, Grenzdifferenzen und Signifikanzniveaus der Reihenweitenvarianten

Reihenweite	Wuchshöhe [cm]	Hülsenansatzhöhe [cm]	Ertrag [kg/ha]	TKG [g]	Fettgehalt [g/kg]	Proteingehalt [g/kg]	Zuckergehalt [g/100g]
12cm	86,1	10,2	2772	192	160,0	458,6	6,22
24cm	80,6	8,6	3057	191	158,0	456,7	6,19
36cm	82,8	9,2	2626	193	167,0	452,8	6,34
Grenzdifferenz 5%	8,61	1,85	571	9,40	10,30	16,55	0,29
Signifikanzniveau Umwelt	0,0795	0,0602	0,0005	0,6210	0,9513	<0,0001	0,9158
	n. sign.	n. sign.	sign.	n. sign.	n. sign.	sign.	n. sign.
Signifikanzniveau Reihenweite	0,7858	0,5885	0,3867	0,9081	0,6041	0,2745	0,8726
	n. sign.	n. sign.	n. sign.	n. sign.	n. sign.	n. sign.	n. sign.

5.1.2.5. Spätsaat

Bereits im Jahr 2010 wurde in Katzenberg ein Sojasortenversuch mit einer Spätsaatvariante durchgeführt. Für die Spätsaat wurde ebenfalls die Sorte Merlin verwendet. Aus dem Jahr 2010 sind lediglich Ertragswerte vorhanden, diese und die Werte des Spätsaatversuches aus 2011 sind in Tabelle 20 ersichtlich.

Tabelle 20: Messwerte und Grenzdifferenzen der Spätsaatvarianten

Sorte	Wuchshöhe [cm]	Hülsenansatzhöhe [cm]	Ertrag [kg/ha]	TKG [g]	Fettgehalt [g/kg]	Proteingehalt [g/kg]	Zuckergehalt [g/100g]
Merlin (Spätsaat 2010)			2.185				
Merlin (Standard 2010)			3.149				
Grenzdifferenz 5% (2010)			363				
Merlin (Spätsaat 2011)	79,3	8,7	3.723	194	180,7	445,8	6,18
Merlin (Standard 2011)	82,28	8,32	3.419,5	191,1	166,64	437,73	6,148
Grenzdifferenz 5% (2011)	12,2	2,15	287	8,33	23,3	6,72	0,552

2010 war die Standardparzelle der Spätsaat um etwa 1.000 kg überlegen, während 2011 von der Spätsaatvariante um 300 kg mehr geerntet werden konnte als von der Standardvariante. Unter Berücksichtigung der Grenzdifferenz bei 5% waren sowohl 2010 als auch 2011 die Ertragsunterschiede signifikant.

2011 weist die Spätsaatvariante zusätzlich signifikant höhere Werte beim schon erwähnten Ertrag, aber auch im Proteingehalt auf.

5.2. Saatstärkenversuch

Bei dem Saatstärkenversuch in Bad Wimsbach wurden folgende Ertragsdaten erhoben (Tabelle 21).

Tabelle 21: auf kg/ha umgerechnete Parzellenerträge

in kg/ha	Sultana					Merlin			Alligator			Gallec		
	40	50	60	70	80	40	50	65	40	50	65	40	50	65
1 Wh	2343	2629	2471	2757	2950	3214	2871	3179	3021	3450	3736	2250	2393	2300
2 Wh	2207	2343	2686	2529	2479	2971	3107	2843	3150	3100	3086	1879	1936	2643
3 Wh	2514	2586	2800	3021	2400	1886	2064	1864	2850	2879	3236	1593	2343	1964
4 Wh	2500	2679	3000	2421	2250	1707	1843	1821	2957	2843	2229	1721	1264	1664

Die varianzanalytische Auswertung wurde mittels Anova-Test im Statistikprogramm SAS durchgeführt. Dieser Test wurde zweimal gemacht. Einmal über alle 4 Sorten mit je 3 verschiedenen Saatstärken, um eine mögliche Interaktion zwischen Sorte und Saatstärke zu erkennen. Ein zweites Mal nur innerhalb der Sorte Sultana über alle 5 Saatstärkenvarianten, um etwaige signifikante Unterschiede in einem größeren Saatstärkenspektrum festzustellen.

Zu Beginn wurde auch geprüft, ob eine Interaktion zwischen Sorte und Saatstärke besteht. Da es keine Interaktion gibt, wurden die folgenden Signifikanzniveaus und adjustierten Mittelwerte ohne Interaktion berechnet.

Zwischen den Sorten Aligator, Merlin, Gallec und Sultana zeigen sich signifikante Unterschiede im Ertrag (Tabelle 22). Die 3 Varianten mit Saatstärken von 40, 50 und 65 Korn/m² unterscheiden sich nicht signifikant (Tabelle 23). Da es bei der Sorte Sultana keine Variante mit 65 Korn/m² gibt, wurde hier der Ertrag der Parzellen mit der Saatstärke 70 Korn/m² verwendet.

Tabelle 24: adjustierte Mittelwerte der Sorten für das Merkmal Ertrag

Sorte	Ertrag
Sultana	2544
Merlin	2447
Aligator	3045
OAC Gallec	1996

Tabelle 22: adjustierte Mittelwerte der Saatstärken für das Merkmal Ertrag

Saatstärke [Korn/m ²]	Ertrag
40	2423
50	2521
65	2581

Tabelle 23: adjustierte Mittelwerte für das Merkmal Ertrag der Sorte Sultana nach Saatstärken

Saatstärke [Korn/m ²]	Ertrag
40	2391
50	2559
60	2739
70	2682
80	2520

Innerhalb der Sorte Sultana wurden die 5 Varianten mit Saatstärken von 40, 50, 60, 70 und 80 Korn /m² getestet. Auch hier gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Saatstärken (Tabelle 24).

6. Diskussion

6.1. Standardversuch

Die Versuchsergebnisse sind laut Landwirtschaftskammer Oberösterreich repräsentativ für die oberösterreichischen Sojabohnenerträge im Jahr 2011. Die Erträge lagen um 500 bis 1000 kg unter denen des Vorjahres. Der Grund dafür war eine längere Regenperiode zur Zeit der Blüte, die durch die zusätzlich kalten Temperaturen zu einem Abfall der Hülsen führte (SCHORI et al. 2005, 43). Die Proteingehalte lagen mit Werten zwischen 427 und 486 g/kg Trockenmasse sehr hoch. Denn durch die gute Stickstoffversorgung des Bodens und die geringeren Erträge aufgrund der abgeworfenen Blüten, stand zur Kornfüllung relativ viel Stickstoff zu Verfügung, der in Form von Protein eingelagert wurde. Ein zusätzlicher Indikator für diese erfolgreiche Kornfüllung sind die hohen Tausendkorngewichte der Sorten.

6.1.1. Sortenversuch

Es gab Unterschiede sowohl zwischen den Umwelten als auch zwischen den Sorten.

6.1.1.1. Umwelten

Da die Standorte bewusst unterschiedlich in Bezug auf Region und Boden gewählt wurden, lieferten sie auch verschiedene Ergebnisse. Die Umwelten hatten signifikante Einflüsse auf Wuchshöhe, Hülsenansatzhöhe, Ertrag, Fett- und Proteingehalt. Auch bei den Merkmalen Tausendkorngewicht und Zuckergehalt gab es gravierende Unterschiede, die jedoch nicht statistisch absicherbar sind.

In Hörsching boten sich der Sojabohne ideale Bedingungen, die ihren Ansprüchen gerecht wurden. Dazu gehörte der humose mittelschwere Boden, eine gute Nährstoffversorgung und durch die Tiefgründigkeit eine gute Wasserversorgung. Daraus resultieren auch die hohen Erträge an diesem Versuchsstandort.

Am Versuchsstandort Katzenberg herrschten zwar ähnliche Voraussetzungen in Bezug auf den Boden, aber das Klima im Innviertel zeigte sich etwas kühler und feuchter als jenes in Hörsching. Die starke Verunkrautung führte zusätzlich zu einem deutlich niedrigeren Ertragsniveau.

Gallneukirchen stellte mit seinem sandigen seichtgründigen Boden in diesem Versuch den für die Sojabohne ungünstigsten Standort dar. Es wurden auch entsprechend niedrige Erträge geerntet.

6.1.1.2. Sorten

Abgesehen vom Fettgehalt gab es in allen Merkmalen signifikante Sortenunterschiede. Die Versuchsergebnisse stimmen grundsätzlich mit den Charakterisierungen der Österreichischen Beschreibenden Sortenliste überein. ES Mentor zeigt sich als ertragsstärkste Sorte, gefolgt von Sultana und S9094, wobei Sultana auch beim Proteingehalt im vorderen Drittel liegt.

Auch wenn Merlin in diesem Versuch im Gegensatz zu den anderen Sorten einen eher spärlichen Ertrag zeigt, ist sie dennoch gerade für Grenzlagen die bedeutendste Sorte. Durch ihre besondere Frühreife zeichnet sie sich durch ihre Ertragssicherheit aus.

Die Sorte Gallec liegt bei allen Merkmalen im Mittelfeld der Sorten des Versuches. Sie hat sich auch im Versuch als frühreifste Sorte nach Merlin gezeigt.

Aligator fällt in diesem Versuch durch seinen herausragend hohen Fettgehalt auf und auch beim Zuckergehalt liegt sie im vorderen Drittel. Der Ertrag ist mittelmäßig.

Ertraglich haben die Sorten Petrina und Sigalia am schlechtesten abgeschnitten. Petrina hatte zusätzlich den niedrigsten Proteingehalt, aber den zweithöchsten Fettgehalt. Sigalia lag aber sowohl beim Proteingehalt als auch beim Fettgehalt im vorderen Drittel.

Die Sorten Lissabon und Daccor erreichten ähnliche höhere Erträge, aber Daccor wies sowohl höhere Proteingehalte als auch Fettgehalte auf. Lissabon hatte im Gegensatz zu Daccor einen wesentlich höheren Zuckergehalt.

Cordoba, die im Versuch die mit Abstand höchstwüchsigste Sorte konnte sich bezüglich Ertrag nur in der unteren Hälfte der Versuchssorten wiederfinden. Gleiches war auch für Protein- und Fettgehalt der Fall, aber Cordoba erreichte den zweithöchsten Zuckergehalt.

Die Sorte Malaga würde sich aufgrund ihres hellen Nabels, hohen Tausendkorngewichtes und hohen Zuckergehaltes gut als Speisesojabohne eignen, allerdings sind sowohl ihre Fett- als auch Proteingehalte sehr niedrig.

Ertraglich befand sich die noch nicht zugelassene Sorte S9082 im Mittelfeld, lieferte aber die mit Abstand höchsten Proteingehalte.

Die Sorten der Reifegruppe 00, ES Mentor und Sigalia, zeigten trotz ihrer späteren Reife keine höhere Feuchtigkeit des Erntegutes als die Sorten der Reifegruppe 000. Beide Sorten

standen zum Zeitpunkt der Ernte aufrecht und ließen somit im Gegensatz zu einigen anderen Sorten keine Lagerung erkennen. Dadurch konnte der Bestand leichter abtrocknen.

6.1.2. Korrelation zwischen den Merkmalen

Durch die Berechnung der Pearsonschen Korrelationskoeffizienten konnte ein Zusammenhang zwischen den einzelnen Merkmalen festgestellt werden. Die Wuchshöhe und die Hülsenansatzhöhe korrelieren positiv, während die Hülsenansatzhöhe negativ mit dem Ertrag korreliert.

Eine mögliche Erklärung für diese Verbindung ist folgender Denkansatz: Wächst die Pflanze hoch auf, strecken sich die Internodien, wodurch die Hülsen sich weiter voneinander bzw. auch zum Boden entfernen. Damit die Pflanze diese Höhe erreichen kann ist ein hoher Aufwand von Energie und Nährstoffen nötig, die der Sojapflanze im Kornansatz und in der Kornfüllungsphase fehlen, wodurch der Ertrag geringer ist. Auch der stark negative Zusammenhang zwischen Öl- und Proteingehalt, der in der Literatur beschrieben ist (VOLLMANN et al. 2000, 1302), war ersichtlich.

6.1.3. Knöllchenbonituren

Pro Parzelle wurde von jeweils 10 Pflanzen ein Knöllchenboniturwert erhoben. Von dessen Mittelwert wurden der Korrelationskoeffizient zu anderen Merkmalen, wie Wuchshöhe, Hülsenansatzhöhe, Ertrag, Tausendkorngewicht, Fett-, Protein- und Zuckergehalt berechnet. Es konnte festgestellt werden, dass die Anzahl der gebildeten Knöllchen keinen signifikanten Einfluss auf diese Merkmale hat.

In Abbildung 33 ist deutlich ersichtlich, dass das Ertragsniveau in Hörsching bei mittlerer Knöllchenausbildung sehr hoch liegt. Dies ist auf den, für die Sojapflanze bestens geeigneten, Boden zurückzuführen. Er entspricht allen Anforderungen, die die Sojabohne und die Rhizobien an ihn stellen (siehe 3.2.1.). Ähnliches ist auch in Katzenberg der Fall. Allerdings liegt hier das Ertragsniveau deutlich unter dem von Hörsching. An beiden Standorten lässt sich keine Korrelation zwischen Knöllchenansatz und Ertrag feststellen, dafür sprechen die Bestimmtheitsmaße von 0,0173 und 0,2074. Hier stellt sich die Frage inwieweit die Ausprägung des Knöllchenansatzes in einem gut versorgten Boden überhaupt einen Einfluss auf den Ertrag haben kann, sprich inwieweit kann die Pflanze ein Defizit in der Stickstoffbereitstellung der Knöllchenbakterien ausgleichen indem sie den Stickstoff aus dem Bodenhaushalt bezieht. In der Literatur wird ein positiver Zusammenhang zwischen dem Knöllchenansatz und dem Ertrag beschrieben (SUDARIC et al. 2008, 2-3).

Der Versuchsstandort Gallneukirchen stellte in diesem Versuch den für die Sojabohne am schlechtesten geeigneten Standort dar. Wie zu erwarten wurden hier die geringsten Erträge erzielt. Die niedrigen Knöllchenboniturzahlen resultieren aus der Ausbringung von Schweinegülle (45 kg N/ha) zur Saatbettbereitung. Der dadurch erhöhte Stickstoffgehalt im Boden führte, wie auch von HEATHERLY und ELMORE (in BOERMA und SPECHT 2004, 483) beschrieben, zu einer Einschränkung der Knöllchenbildung und damit zu einer verminderten Stickstofffixierung. Dennoch hatte die Knöllchenausbildung hier den, wenn auch nicht signifikanten, aber höchsten Einfluss. Das Bestimmtheitsmaß liegt bei 0,2655. Folgende Annahme könnte der Grund dafür sein: Nach SCHÄFER (in LÜTKE ENTRUP und SCHÄFER 2011, 654) und BOYELDIEU (1986 in KELLER et al. 1999, 680) führt eine organische Düngung zu einem stark vegetativen Wuchs, durch den unregelmäßig freigesetzten Stickstoff. Gleiches wird in diesem Versuch der Fall gewesen sein. Die Pflanze nutzte den Stickstoff des Wirtschaftsdüngers und der wenigen Knöllchen zur vegetativen Entwicklung. Bis zum Kornansatz bzw. zur Kornfüllungsphase reichte der Stickstoff der Schweinegülle nicht weiter aus und die Pflanze war auf den fixierten Luftstickstoff angewiesen.

6.1.4. Reihenweiten

In unseren Breiten und vor allem im feuchten Jahr 2011, in dem der Versuch durchgeführt wurde, stellt das Licht den begrenzenden Faktor dar. Somit müsste laut HOEFT et al. (2000, 94) der Ertrag in den Parzellen mit engerer Reihenweite am höchsten sein. In diesem Versuch war das nicht der Fall. Beim Betrachten der adjustierten Mittelwerte der verschiedenen Reihenweiten, hatte die Variante mit 24 cm Reihenabstand den höchsten Ertrag. Laut Varianzanalyse gibt es keinen signifikanten Unterschied zwischen den Reihenweiten von 12, 24 und 36 cm. Die Grenzdifferenz des Ertrags ist durch die stark streuenden Werte, durch die verschiedenen Ertragspotentiale der Standorte, mit 571 kg/ha hoch. Dies spiegelt sich auch in der Signifikanz der Umwelten wieder. Für eine statistisch abgesicherte Aussage war der Versuchsumfang zu gering bemessen. Mit einer oder besser mehreren Wiederholungen auch am gleichen Standort könnte eine präzisere Aussage getroffen werden.

Bereits GEHRINGER (1988 in KELLER et al. 2000, 678) hatte festgestellt, dass die Ertragshöhe innerhalb eines Reihenabstandes von 17 – 50 cm unbeeinflusst bleibt. Unter diesem Gesichtspunkt waren die Unterschiede der Reihenweiten zu klein bemessen um klare Aussagen treffen zu können.

Deutlich festzustellen war die stärkere Verunkrautung der Parzellen mit den höheren Reihenweiten. In Katzenberg war die Verunkrautung besonders stark. Hier fehlte das benötigte sonnige Wetter nach der Applikation von Basagran. Das Problem der geringen Möglichkeiten im konventionellen Pflanzenschutz bei der Sojabohne durch das eingeschränkte Sortiment an Herbiziden wurde hier besonders deutlich.

6.1.5. Spätsaat

Aufgrund der wenigen Werte konnte keine statistische Auswertung erfolgen. Um eine statistisch abgesicherte Aussage zu erhalten wäre auch hier ein größerer Versuchsumfang nötig, entweder durch Wiederholung der Parzelle am gleichen Standort, an einem anderen Standort oder der Versuch wird über Jahre wiederholt.

Somit konnte nur ein direkter Vergleich der Werte durchgeführt werden, dieser brachte folgende Unterschiede heraus. 2010 war die Spätsaat der Standardparzelle um etwa 1000 kg/ha unterlegen. 2011 brachte die Spätsaatvariante einen um etwa 300 kg/ha höheren Ertrag als die Standardparzelle. Da die Sojabohne als spätsaattolerante Kultur gilt (HOEFT et al. 2000, 86-87; SOLDATI 1991, ABEY 1995 in KELLER et al. 1999, 678), ist sie in der Lage, die verzögerte Entwicklung durch einen um zwei Wochen verspäteten Anbau gut ausgleichen zu können.

2011 hatte die Spätsaat gegenüber der Standardparzelle folgenden Vorteil: Während der Blüte des Versuches herrschte eine längere Regenperiode mit relativ kühlen Temperaturen, die negative Folgen auf die Ertragsbildung hatte. Fällt die Temperatur unter 12°C fallen die Blüten ab und es können dort keine Hülsen gebildet werden, was zu einem verminderten Ertrag führt (SCHORI et al. 2005, 43). Durch den späteren Anbau kam die Spätsaatvariante auch etwas später zur Blüte, entkam somit dem schlechten Wetter und konnte somit einen höheren Ertrag erzielen.

Die Unkrautentwicklung war in der Spätsaatparzelle durch den späteren Reihenschluss stärker. Wärmeliebende Unkräuter, wie der Weiße Gänsefuß oder der Schwarze Nachtschatten konnten sich somit besser etablieren. Im schlimmsten Fall könnte eine zweite Herbizidapplikation erforderlich sein.

6.2. Saatstärkenversuch

Beim Saatstärkenversuch in Bad Wimsbach konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen Saatstärke und Ertrag festgestellt werden. Wie bereits EDWARDS und PURCELL (2005, 1773) herausfanden steigt der Ertrag von Sorten der Reifegruppe 0 ab einer Saatstärke von 40 Korn/m² nur noch in ganz geringem Maß an (siehe Abbildung 11 (3.3.6.)) Aufgrund dieser Abbildung könnte darauf geschlossen werden, dass die Kurve für Sorten der Reifegruppe 000, wie sie auch im Versuch verwendet wurden, noch etwas flacher ansteigt. Selbst dann wäre der Unterschied zwischen den Saatstärken, die im Versuch eingesetzt wurden, sehr gering.

Bei der Wahl der Saatstärke müssen im Sinne der Ertragssicherheit jedoch unbedingt Verluste durch Keimfähigkeit, tierischer Schädlinge wie Drahtwurm, Vögel, Hasen etc. und auch umwelttechnischer Schädigungen wie etwa durch den Pflanzenschutz mit einbezogen werden.

Obwohl zwischen den Sorten signifikante Ertragsunterschiede bestanden (siehe Tabelle 22), reagierte keine der Sorten signifikant auf die Veränderung der Saatstärke.

7. Schlussfolgerungen

Der Sojabohnen-Sortenversuch hat deutliche Unterschiede in der Ertragsleistung, Wuchshöhe, Hülsenansatzhöhe, im Tausendkorngewicht, Fett-, Protein- und Zuckergehalt zwischen den Sorten gezeigt, wobei die 00-Sorte ES Mentor den höchsten Ertrag erzielte. Diese Ergebnisse sind auch statistisch absicherbar.

Unterschiedliche Reihenweiten von 12, 24 und 36 cm haben keinen signifikanten Einfluss auf den Ertrag oder andere Merkmale wie Wuchshöhe, Hülsenansatzhöhe, Tausendkorngewicht, Fett-, Protein- oder Zuckergehalt ergeben.

Ein um zwei Wochen späterer Saattermin zeigte zwar deutliche Ertragseffekte, ist aber aufgrund der wenigen zu Verfügung stehenden Messdaten nicht statistisch auswertbar.

Weder zwischen den Saatstärken von 40, 50 und 65 Korn/m², noch zwischen Saatstärken von 40 bis 70 Korn/m² konnten signifikante Unterschiede im Kornertrag festgestellt werden.

Der von der Landwirtschaftskammer Oberösterreich durchgeführte Sojaversuch ist mit wissenschaftlichen Methoden auswertbar. Einzig der integrierte Spätsaatversuch konnte aufgrund des geringen Datenumfanges nicht ausgewertet werden.

Um die Aussagekraft der erhaltenen Ergebnisse zu verstärken, wird der Versuch in gleicher Weise 2012 wiederholt.

Damit können die für die Landwirte so wichtigen Versuche der Landwirtschaftskammer auch wissenschaftlich abgesichert werden.

Abschließend ist darauf hinzuweisen, dass sich die Ergebnisse und die sich darauf beziehenden Aussagen lediglich auf den 2011 durchgeführten Versuch beziehen.

8. Literaturverzeichnis

AGENTUR FÜR GESUNDHEIT UND ERNÄHRUNGSSICHERHEIT (AGES) (2011). Österreichische Beschreibende Sortenliste, at: [http://www.baes.gv.at/pflanzensorten/oesterreichische-beschreibende-sortenliste/mittel-und-grosssamige-leguminosen/sojabohne/\(17.11.2011\)](http://www.baes.gv.at/pflanzensorten/oesterreichische-beschreibende-sortenliste/mittel-und-grosssamige-leguminosen/sojabohne/(17.11.2011)).

AGRARMARKT AUSTRIA (AMA) (2011). Marktbericht Getreide und Ölsaaten. 11. Ausgabe, Eigendruck, Wien.

BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT- UND WASSERWIRTSCHAFT (BMLFUW) (2006). Richtlinien für die sachgerechte Düngung. 6. Auflage, Eigendruck, Wien.

BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT- UND WASSERWIRTSCHAFT (BMLFUW) (2007). Anhänge zur Sonderrichtlinie des BMLFUW für das Österreichische Programm zur Förderung einer umweltgerechten, extensiven und den natürlichen Lebensraum schützenden Landwirtschaft (ÖPUL 2007). Wien.

BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT- UND WASSERWIRTSCHAFT (BMLFUW) (2008). Verordnung des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft über das Aktionsprogramm 2008 zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigungen durch Nitrat aus Landwirtschaftlichen Quellen – Aktionsprogramm 2008.

BALL, R., PURCELL, L., VORIES, E. (2000). Crop Ecology, Production & Management – Short-Season Soybean Yield Compensation in Response to Population and Water Regime. *Crop Science*, 40, 1070-1078.

BLUMENSCHNEIDER, F. (s.a.). Inokulierung bei Sojabohnen, Saatbau Linz, at: http://www.saatbaulinz.eu/prg_showtermin.asp?id=39 (16.2.2012).

BOERMA, H. R. und SPECHT, J. E. (2004). Soybeans: Improvement, Production, and Uses. Third Edition, American Society of Agronomy, Inc.; Crop Science Society of America, Inc.; Soil Science Society of America, Inc., Madison, Wisconsin, USA.

DE BRUIN, J. L., PEDERSEN, P., CONLEY, S. P., GASKA, J. M., NAEVE, S. L., KURLE J. E., ELMORE, R. W., GIESLER, L. J., ABENDROTH, L. J. (2010). Probability of Yield Response to Inoculants in Fields with a History of Soybean. *Crop Science*, 50, 265 - 272.

DIEPENBROCK, W., ELLMER, F., LÉON, J. (2009). Ackerbau, Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung – Grundwissen Bachelor. 2. Auflage, Eugen Ulmer, Stuttgart.

DIEPENBROCK, W., FISCHBECK, G., HEYLAND, K., KNAUER, N. (1999). Spezieller Pflanzenbau. 3. Auflage, Eugen Ulmer, Stuttgart.

EDWARDS, J. und PURCELL, L. (2005). Yield Biomass Responses to Increasing Plant Population among Diverse Maturity Groups: I. Agronomic Characteristics. *Crop Science*, 45, 1770-1777.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO) (2003). *World agriculture: towards 2015/2030 an FAO Perspective*. Earthscan Publications Ltd, London.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO) (2008). *Current world fertilizer trends and outlook to 2011/2012*. FAO, Rom.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO) (2011). *Current world fertilizer trends and outlook to 2015*. FAO, Rom.

FAOSTAT (2012). at: <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor> (29.2.2012).

GEISLER, G. (1988). *Pflanzenbau Ein Lehrbuch – Biologische Grundlagen und Technik der Pflanzenproduktion*. 2. Auflage, Paul Parey, Berlin & Hamburg.

GRÖß, C. und SCHMIDT, J. (s.a.). *Kulturblatt Sojabohne*.

HOEFT, R. G., NAFZIGER, E. D., JOHNSON, R. R., ALDRICH, S.R. (2000). *Modern Corn and Soybean production*. MCSP Publications, Yorkshire, Champaign.

HYMOWITZ, T. und SHURTLEFF, W. R. (2005). Debunking Soybean Myths and Legends in the Historical and Popular Literature. *Crop Science*, 45, 473 – 476.

KELLER, E. R., HANUS, H., HEYLAND, K. (1999). *Handbuch des Pflanzenbaues, Knollen- und Wurzelfrüchte, Körner- und Futterleguminosen*. Eugen Ulmer, Stuttgart.

LANDWIRTSCHAFTSKAMMER ÖSTERREICH – LKÖ (2012): *Feldbauratgeber – Frühjahrsanbau 2012*. St.Pölten.

LANDWIRTSCHAFTSKAMMER OBERÖSTERREICH und LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NIEDERÖSTERREICH (2010). Soja – Eine Kulturpflanze mit Geschichte und Zukunft, Linz.

L'HOCINE, L. und BOYE J. (2007). Allergenicity of Soybean: New Developments in Identification of Allergenic Proteins, Cross-Reactivities and Hypoallergenization Technologies. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 47, 127 – 143.

LÜTKE ENTRUP, N. und SCHÄFER, B. (2011): Lehrbuch des Pflanzenbaues, Band 2: Kulturpflanzen. 3. Auflage, AgroConcept, Bonn.

MECHTLER, K. (2010). Abreife und Ertragsleistung von Sojabohnensorten gleicher Reifegruppe. 65. ALVA-Tagung, 236-238.

RUCKENBAUER, P. (2008). Haberlandt und die Geschichte der Sojabohne in Österreich und Europa. 1. Österreichisches Soja-Symposium, 4.

SALVAGIOTTI, F., CASSMAN, K.G., SPECHT, J.E., WALTERS, D.T., WEISS, A., DOBERMANN, A. (2008). Nitrogen uptake, fixation and response to fertilizer N in soybeans: A review. *Field crops research*, 108, 1 – 13.

SALVAGIOTTI, F., SPECHT, J. E., CASSMAN, K. G., WALTERS, D. T., WEISS, A., DOBERMANN, A. (2009). Growth and Nitrogen Fixation in High-Yielding Soybean - Impact of Nitrogen Fertilization. *Agronomy Journal*, 101, 958 – 970.

SCHORI, A., BÉTRIX, C.-A., CHARLES, R. (2005). Anpassung der Sojabohne an niedrige Temperaturen und geringe Temperatursummen. 56. Tagung der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs, 43 – 46.

SINGH, G. (2010). *The Soybean Botany, Production and Uses*. CAB International London.

SUDARIC, A., VRATARIC, M., DUVNJAK, T., MAJIC, I., VOLENIK, M. (2008). The Effectiveness of Biological Nitrogen Fixation in Soybean linked to Genotype and Environment. VII. Alps-Adria Scientific Workshop, *Cereal Research Communications*, 36, 67 – 70.

TOEPFER INTERNATIONAL (2010). *Statistische Informationen zum Getreide- und Futtermittelmarkt*. Edition Juni 2010, Hamburg.

TOEPFER INTERNATIONAL (2012). Statistische Informationen zum Getreide- und Futtermittelmarkt. Edition Februar 2012, Hamburg.

TRANSGEN (2012)

http://www.transgen.de/anbau/eu_international/

http://www.transgen.de/anbau/eu_international/201.doku.html

<http://www.transgen.de/datenbank/pflanzen/67.sojabohne.html>

<http://www.transgen.de/lebensmittel/einkauf/1095.doku.html>

(3.3.2012)

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA) (2011). Oil Crops Outlook - U.S. Soybean Yield Forecast Is Revised Higher. Economic Research Service, (s.l.).

VOLLMANN, J., FRITZ, C., WAGENTRISTL, H., RUCKENBAUER, P. (2000). Environmental and genetic variation of soybean seed protein content under Central European growing conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80, 1300 – 1306.

VOLLMANN, J. und GRAUSGRUBER, H. (2000). Spezielle Pflanzenzüchtung - Übungen. at: http://ipp.boku.ac.at/pz/uebungen/Qual_op_1.htm (5.1.2012).

VOLLMANN, J., WAGENTRISTL, H., HARTL, W. (2010). The effects of simulated weed pressure on early maturity soybeans. *European Journal of Agronomy*, 32, 243-248.

ZENTRALANSTALT FÜR METEOROLOGIE UND GEODYNAMIK (ZMAG) (2011). at: http://www.zamg.ac.at/klima/klima_monat/klimawerte/?jahr=2011 (8.12.2011).