



Handreichung Unterrichtsmaterial



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Projekt und Veröffentlichung werden gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des Bundestags im Rahmen der BMEL-Eiweißpflanzenstrategie.

Diese Veröffentlichung ist in Kooperation zwischen der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) und dem Landwirtschaftlichen Technologiezentrum Augustenberg (LTZ) entstanden.

Autoren und Mitwirkende

Autoren: Sojanetzwerk: Jürgen Unsleber, Pflanzenbauberater im Soja-Netzwerk, Christian Kreikenbohm, LWK Niedersachsen; Bayerische Eiweißinitiative (LfL): Dr. Robert Schätzl, Sabine Braun, Christina Nadler, Anton Reindl.

Redaktion: Bayerische Eiweißinitiative: Sabine Braun, Anja Gain, Margarete Mühl.

Ein besonderer Dank geht an die Kolleginnen und Kollegen der LfL und des LTZ für die fachliche Durchsicht: LfL: Alois Aigner, Gerda Bauch, Robert Brandhuber, Dr. Klaus Damme, Dr. Helmut Frank, Klaus Gehring, Herbert Goldhofer, Dr. Hubert Schuster, Dr. Stefan Schneider, Stefan Thurner, Dr. Peer Urbatzka, Prof. Dr. Zellner; LTZ: Dr. Martina Mayus, Jürgen Recknagel, Anne Reutlinger, Janina Schmid.



LfL

LVÖ

Landesvereinigung für den
Bayern ökologischen Landbau in Bayern e.V.



Impressum

Herausgeber: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)
Vöttinger Straße 38, 85354 Freising-Weihenstephan
Internet: www.LfL.bayern.de

Redaktion: Institut für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur
Menzinger Straße 54, 80638 München
E-Mail: Agraroeconomie@LfL.bayern.de
Telefon: 089 17800-111

1. Auflage: März 2018

© LfL

Hinweise

Es handelt sich um ein urheberrechtlich geschütztes Werk. Der Rechteinhaber gestattet jedermann die unentgeltliche und nicht-kommerzielle Nutzung für Lehr-, Fort- und Weiterbildungszwecke. Jede Um- oder Bearbeitung bedarf der Zustimmung des Rechteinhabers in jedem Einzelfall. Bei der Nutzung ist auf das Soja-Netzwerk und die Förderung durch die Bundesrepublik Deutschland hinzuweisen.

Trotz großer Sorgfalt bei der Ausarbeitung können Fehler und Irrtümer nie gänzlich ausgeschlossen werden. Daher wird keine Haftung übernommen.

Die Empfehlungen, Beratungsaussagen und die zugrundeliegenden rechtlichen Vorgaben spiegeln den Sach- und Rechtsstand zum Zeitpunkt der Entstehung der Handreichung wider (März 2018) und werden nicht aktuellen Entwicklungen angepasst. Dies ist bei der praktischen Umsetzung zu beachten.

Ansprechpartner für Lizenzfragen

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)

Abteilung Zentrale Verwaltung

Vöttinger Str. 38, 85354 Freising

E-Mail: poststelle@lfl.bayern.de

Ansprechpartner für inhaltliche Fragen

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)

Institut für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur

Bayerische Eiweißinitiative

Menzinger Str. 54, 80638 München

E-Mail: Agraroeconomie@LfL.bayern.de

Soja

Anbau und Verwertung

Handreichung für Lehrkräfte
an Berufs- und Fachschulen

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	12
2	Markt	13
2.1	Anbauentwicklung	13
2.2	Marktinformationen	17
3	Produktionstechnik Sojabohne.....	20
3.1	Klima und Standortansprüche	20
3.2	Fruchtfolgegestaltung.....	22
3.3	Sortenwesen	25
3.4	Impfung.....	31
3.5	Anbauverfahren.....	36
3.6	Saat.....	38
3.7	Düngung.....	44
3.8	Pflanzenschutz.....	46
3.9	Ernte	66
4	Aufbereitung und Verwertung von Soja	71
4.1	Aufbereitung zum Futtermittel.....	71
4.2	Erfassungs- und Aufbereitungsstrukturen Futtermittel	75
4.3	Aufbereitung für die Humanernährung.....	76
4.4	Erfassungs- und Aufbereitungsstrukturen Humanernährung	77
5	Soja in der Nutztierfütterung	79
5.1	Rind.....	79
5.2	Schwein.....	80
5.3	Geflügel.....	82
6	Wirtschaftlichkeit	84
6.1	Konventioneller Landbau	84
6.2	Ökologischer Landbau	90
7	Steckbrief.....	94

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ergebnisse der Landessortenversuche Sojabohnen. Quelle: Eigene Darstellung nach LfL-IPZ.....	27
Tabelle 2: Sortenbeispiele.....	27
Tabelle 3: Mindestanforderungen an Sojasaatgut entsprechend der Saatgutverordnung (Die Sojabohne ist hier den Öl- und Faserpflanzen zugeordnet).....	30
Tabelle 4: Auswahl von empfehlenswerten Präparaten.....	32
Tabelle 5: Ertrag und Qualität nach unterschiedlicher Impfung. Quelle: A. Aigner, LfL-IPZ.....	33
Tabelle 6: Saatechnik- und Saatstärkeversuche bei Sojabohnen. Quelle: A. Aigner, G. Salzeder, LfL-IPZ.....	42
Tabelle 7: Beispiel zur Abschätzung der Nährstoffabfuhr bei Sojabohnen. Quelle: Leitfaden für die Düngung von Acker und Grünland – Gelbes Heft.....	44
Tabelle 8: Aufbereitungsverfahren Sojaprodukte.....	72
Tabelle 9: Parameter zur Bewertung von Überbehandlung.....	73
Tabelle 10: Parameter zur Bewertung von Unterbehandlung.....	74
Tabelle 11: Nährstoffgehalte und Einsatzempfehlung von Sojaprodukten für Rinder.....	79
Tabelle 12: Nährstoffgehalte und Einsatzempfehlung von Sojaprodukten für Schweine.....	81
Tabelle 13: Nährstoffgehalte von Sojaprodukten für Geflügel.....	83
Tabelle 14: Ermittlung des Deckungsbeitrags von Sojabohnen in konventioneller Erzeugung für das Jahr 2016 (einschließlich Umsatzsteuer). Quelle: L. Wolf, LfL-IBA.....	86
Tabelle 15: Ermittlung des Vorfruchtwertes von Sojabohnen im Vergleich zu Getreide bei nachfolgendem Winterweizen (Preis- und Kostenverhältnisse 2012– 2016, einschließlich Umsatzsteuer). Quelle: L. Wolf, LfL-IBA.....	87
Tabelle 16: Ermittlung des Deckungsbeitrags von Sojabohnen (Futterware) in ökologischer Erzeugung für das Jahr 2016 (einschließlich Umsatzsteuer). Quelle: L. Wolf, LfL-IBA.....	91

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anbauflächen in Deutschland nach Bundesländern 2003-2017. Quelle: J. Recknagel, Sojaförderring/LTZ.	14
Abbildung 2: Handelsströme Sojabohne, -öl und -schrot 2016. Quelle: © OVID 2017.	15
Abbildung 3: Im Trockengebiet ist die Wasserhaltekapazität des Bodens ertragsentscheidend. Links: Lössboden, Mitte: Keuperton, Rechts: Muschelkalk. Foto: J. Unsleber.	21
Abbildung 4: Knöllchen an Sojawurzel. Foto: A. Kögel.	31
Abbildung 5: Sojabestand links ohne Impfung - Sojabestand rechts mit erfolgreicher Impfung. Quelle: I. Jacob u. LfL-IPZ.	34
Abbildung 6: Unterschiedliche Abreife der Sorte Merlin (vordere Reihe) in Abhängigkeit von der Saatzeit. Quelle: A. Aigner, G. Salzeder, LfL-IPZ.	39
Abbildung 7: Einfluss der Bodentemperatur auf den Auflauf und Einfluss der Saatzeit auf Ertrag und Abreife am Standort Freising. Quelle: A. Aigner, LfL-IPZ.	40
Abbildung 8: Vergleich von Drillsaat (links) und Einzelkornsaat (rechts) im Versuch. Quelle: LfL-IPZ.	41
Abbildung 9: Unkrautspektrum in Prozent in Soja. Quelle: K. Gehring, LfL-IPS.	46
Abbildung 10: Verfahren zur chemischen Unkrautregulierung bei Soja. Quelle: K. Gehring, LfL-IPS. Stand: September 2017.	48
Abbildung 11: Fädchenstadium des Unkrauts (links); Keimblattstadium des Unkrauts (rechts). Quelle: LWK Niedersachsen.	53
Abbildung 12: Möglichkeiten des Striegeleinsatzes in Sojabohnen. Quelle: M. Mücke, LWK Niedersachsen.	54
Abbildung 13: Verschiedene Hacktechnik in Sojabohnen. Quelle: LWK Niedersachsen.	56
Abbildung 14: Peronospora in Soja, Blattoberseite (Quelle: J. Unsleber).	60
Abbildung 15: Peronospora in Soja, Blattunterseite (Quelle: J. Unsleber).	60
Abbildung 16: Sojaaufbereitungsanlagen in Deutschland für Futtersoja. Quelle: J. Recknagel, Sojaförderring/LTZ.	75
Abbildung 17: Verarbeitungs- bzw. Aufbereitungsanlagen für Futter- und Speisesoja in Deutschland. Quelle: J. Recknagel, Sojaförderring/LTZ.	78
Abbildung 18: Deckungsbeiträge Druschfrüchte in konventioneller Erzeugung im Mittel der Jahre 2012 bis 2016. Quelle: Eigene Berechnung R. Schätzl auf Grundlage des LfL-Deckungsbeitragsrechners.	85
Abbildung 19: Entwicklung der Deckungsbeiträge von Druschfrüchten in konventioneller Erzeugung von 2011 bis 2016. Quelle: Eigene Berechnung R. Schätzl auf Grundlage des LfL-Deckungsbeitragsrechners.	85

Abbildung 20: Erträge und Erzeugerpreise von konventionell wirtschaftenden Betrieben im Soja-Netzwerk 2014 bis 2016 (ohne Umsatzsteuer). Quelle: L. Wolf, LfL-IBA.....	88
Abbildung 21: Von konventionell wirtschaftenden Betrieben im Soja-Netzwerk erzielte Deckungsbeiträge 2014 bis 2016 (ohne Umsatzsteuer). Quelle: L. Wolf, LfL-IBA.....	89
Abbildung 22: Deckungsbeiträge Druschfrüchte in ökologischer Erzeugung im Mittel der Jahre 2012 bis 2016. Quelle: Eigene Berechnung R. Schätzl auf Grundlage des LfL-Deckungsbeitragsrechners.....	90
Abbildung 23: Erträge und Erzeugerpreise von ökologisch wirtschaftenden Betrieben im Soja-Netzwerk 2014 bis 2016 (ohne Umsatzsteuer). Quelle: L. Wolf, LfL-IBA.....	92
Abbildung 24: Von ökologisch wirtschaftenden Betrieben im Soja-Netzwerk erzielte Deckungsbeiträge 2014 bis 2016. Quelle: L. Wolf, LfL-IBA.	93

Abkürzungsverzeichnis

AME_N *Apparent Metabolizable Energy, nitrogen corrected*
 AT *Österreich*
 BBV *Bayerischer Bauernverband*
 BOKU *Universität für Bodenkultur Wien*
 BVL *Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit*
 CBoT *Chicago Board of Trade*
 CH *Schweiz*
 D *Deutschland*
 DAL *direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung*
 DB *Deckungsbeitrag*
 EGGenTDurchfG *Gesetz zur Durchführung der Verordnungen der Europäischen Gemeinschaft oder der Europäischen Union auf dem Gebiet der Gentechnik und über die Kennzeichnung ohne Anwendung gentechnischer Verfahren hergestellter Lebensmittel*
 EUROSTAT *Statistisches Amt der Europäischen Union*
 F *Frankreich*
 FAO *Food and Agriculture Organization of the United Nations*
 FAOSTAT *Food and Agriculture Organization of the United Nations, Statistic Division*
 FAO-Zahl *Reifezahl bei Maissorten*
 GVO *gentechnisch veränderte Organismen*
 HP *High Protein*
 iLUC *indirect Land Use Change*
 ISAAA *International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications*
 ISIP *Informationssystem Integrierte Pflanzenproduktion e. V.*
 ISTA *International Seed Testing Association*
 JKI *Julius Kühn-Institut*
 K *Kalium*
 K₂O *Kaliumoxid*
 Kö/EH *Körner pro Einheit*
 KOH *Kalilauge*
 LEL *Landesanstalt f. Entwicklung der Landwirtschaft u. d. ländl. Räume, Schwäbisch Gmünd*
 LfL *Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft*
 LP *Low Protein*
 Mg *Magnesium*
 MgO *Magnesiumoxid*
 MJ ME *Megajoule Metabolische Energie*
 MJ NEL *Megajoule Netto-Energie-Laktation*
 N₂ *Stickstoff*
 NIRS *Nahinfrarotspektroskopie*
 OVID *Verband der ölsaatenverarbeitenden Industrie in Deutschland e. V.*
 P *Phosphor*
 P₂O₅ *Phosphat*
 PDI *Protein Dispersibility Index*
 RNB *Ruminale N-Bilanz*
 S *Schwefel*
 TIA *Trypsininhibitor*
 TKG *Tausendkorngewicht*
 TM *Trockenmasse*
 TU München *Technische Universität München*
 USDA *United States Department of Agriculture*
 VDLUFA *Verband Deutscher landwirtschaftl. Untersuchungs- und Forschungsanstalten e. V.*
 VLOG *Verband Lebensmittel ohne Gentechnik e. V.*

1 Einleitung

Soja wächst auch in Deutschland. Diese Tatsache ist vielen mittlerweile bekannt. Die Erfahrungen mit dem Anbau und der Verwertung dieser wertvollen Eiweißpflanze wurde in den vergangenen Jahren von wissenschaftlicher und praktischer Seite erweitert. Das bundesweite Sojanetzwerk hat hierzu einen entscheidenden Beitrag geleistet.

Warum diese Handreichung?

Soja hat sich in einigen Regionen Deutschlands zu einer attraktiven Ackerkultur entwickelt. Das Wissen um Anbau und Verwertung ist trotz eines Aufwärtstrends im Anbau noch nicht überall verbreitet. Lehrkräfte an landwirtschaftlichen Schulen sind wichtige Multiplikatoren im Wissenstransfer. Die Lehrpläne für Berufs-, Fach- und Technikerschulen sehen die Behandlung des Themenbereichs Leguminosen vor. Die Zeit für Unterrichtsvorbereitung, insbesondere von neuen Themen, ist begrenzt und meist knapp bemessen.

Die Handreichung bietet Lehrkräften an landwirtschaftlichen Schulen eine kurze aber umfassende Information zu den Grundlagen und aktuellen Beratungsempfehlungen zu Soja. Sie möchte das Wissen bei Fachlehrern zu diesem Thema erweitern und zugleich die Behandlung des Themas im Unterricht erleichtern und fördern.

Was bietet die Handreichung?

In der Handreichung sind wesentliche Grundlagen und Hintergrundinformationen zu Sojaanbau, Verwertung und Wirtschaftlichkeit zusammengefasst. Eingeflossen sind dabei aktuelle Informationen aus dem Sojanetzwerk sowie die Erfahrungen aus der Beratungspraxis.

Aufbauend auf diese Handreichung wurden Unterrichtskonzepte für Berufsschulen sowie für Fach- und Technikerschulen ausgearbeitet. Die Handreichung sowie die Unterrichtskonzepte sind zu finden unter: www.sojafoederring.de.

Viel Spaß beim näheren Kennenlernen der Sojapflanze!

2 Markt

Sojabohnen sind ein wichtiges Ausgangsmaterial für hochwertiges Pflanzenöl, das weltweit für die menschliche Ernährung, aber auch in der technischen und energetischen Verwertung eine ständig wachsende Bedeutung erfährt. Bei der Gewinnung des Öls fallen Nebenprodukte wie Ölkuchen und -schrote an, die meist als Eiweißfuttermittel in der tierischen Erzeugung Verwendung finden. Global betrachtet ist die Sojabohne die meist gehandelte Ölsaart, seine teilweise weiterverarbeiteten Nebenprodukte sind die meist gehandelten Eiweißfuttermittel. Gründe dafür sind der hohe Proteingehalt und die hohe Proteinwertigkeit. Der Eiweißbedarf der Tierhaltung in Europa wird derzeit größtenteils durch Sojaimporte aus Übersee gedeckt. Wegen der hohen wirtschaftlichen Bedeutung von Sojaöl und Sojaextraktionsschrot wird Soja weltweit meist als Ölfrucht gehandelt, in Europa zählt sie manchmal auch zur Kategorie Eiweißfrüchte.

2.1 Anbauentwicklung

Die weltweite Anbaufläche von Soja wurde in den vergangenen Jahrzehnten kontinuierlich ausgedehnt. Nach Angaben des US-Landwirtschaftsministeriums (USDA) wurden im Wirtschaftsjahr 2016/17 weltweit rund 120 Mio. ha Sojabohnen angebaut. Davon entfällt der überwiegende Anteil auf Staaten in Süd- (v. a. Brasilien, Argentinien) und Nordamerika (v. a. USA). Auch in der EU und in Deutschland nahm die Anbaufläche von Soja in den vergangenen Jahren deutlich zu. In der EU-28 wurden 2017 rund 1.000.000 ha Soja angebaut. Der Sojaanbau in Deutschland hat mit einer Anbaufläche (2017) von etwa 19.100 ha einen Anteil von knapp 0,2 % an der deutschen Ackerfläche (Statistisches Bundesamt 2017). Rund 80 % der deutschen Sojaanbaufläche liegen in Bayern und Baden-Württemberg.

Die größten Sojaproduzenten weltweit sind die USA, Brasilien und Argentinien. Sie vereinen fast 82 % der Produktion und über 88 % der Exportmengen auf sich. Die Welterzeugung an Sojabohnen lag 2016/17 bei 351,3 Mio. t. Größter Importeur für Sojabohnen ist China, gefolgt von der EU-28 und Mexiko.

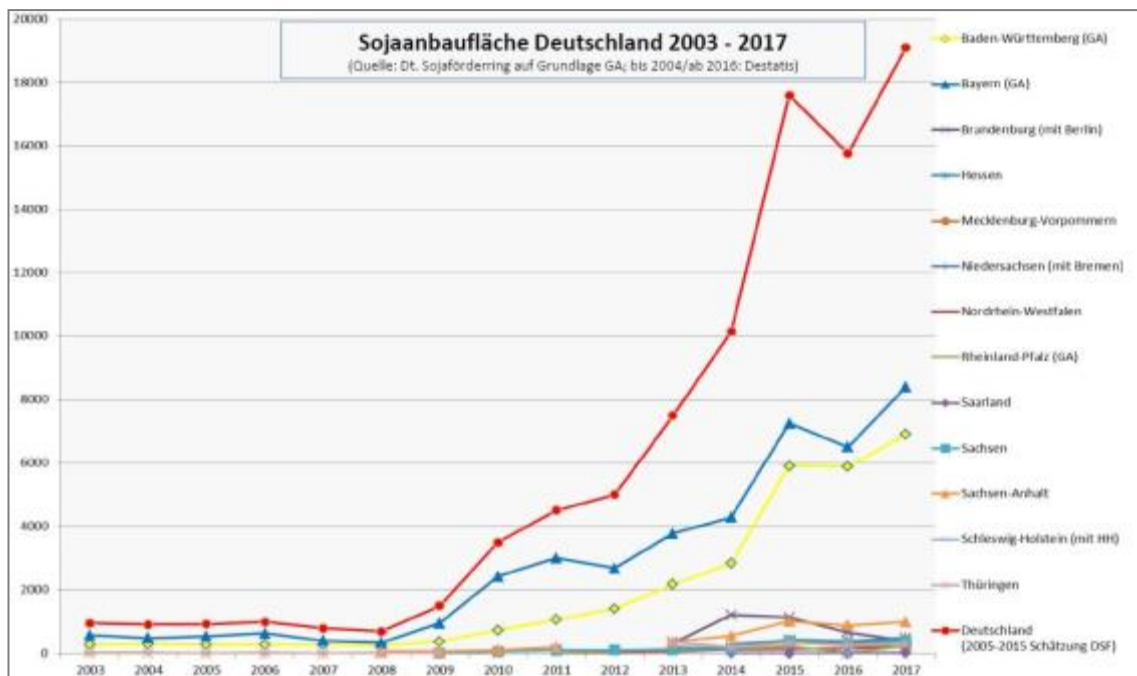


Abbildung 1: Anbauflächen in Deutschland nach Bundesländern 2003-2017. Quelle: J. Recknagel, Sojafördering/LTZ.

Die Sojaproduktion in den EU-28 umfasste 2016/17 ca. 2,7 Mio. t. Innerhalb der EU-28 ist Italien führend, gefolgt von Frankreich, Rumänien, Kroatien, Ungarn und Österreich. Auf dem europäischen Kontinent haben zudem Serbien und die Ukraine ein großes Potenzial.

GVO-freies Soja

Nach Angaben von Transgen beträgt der Anteil des Sojaanbaus mit gentechnisch veränderten Sorten an der Soja-Gesamtfläche 78 % (Transgen, ISAAA-Report 2016). GVO-freie Sojabohnen oder Schrote aus Übersee kommen meist aus Brasilien (GVO = gentechnisch veränderte Organismen). Der Flächenanteil von GVO-freien Sojasorten beträgt derzeit noch ca. 4 % der brasilianischen Sojafläche (Transgen, 2016) und ist damit rückläufig. Die Sorten sind meist so verändert, dass sie resistent gegen den herbiziden Wirkstoff Glyphosat sind („roundup-ready“). In der europäischen Union ist derzeit keine gentechnisch veränderte Sojasorte zum Anbau zugelassen. Der Import und die Weiterverarbeitung und Fütterung von bestimmten Sorten ist erlaubt. Weitere Informationen zum Thema Gentechnik siehe Kapitel Sorten.

Die Ausweitung der europäischen und deutschen Anbaufläche für Soja hat verschiedene Gründe. Generell ist Soja eine Fruchtart, die im mitteleuropäischen Klima ihr Potenzial nicht überall ausschöpfen kann. Neue Sorten und verbesserte Anbautechnik können diesen Produktions- und damit auch Wettbewerbsnachteil teilweise ausgleichen. Auch die Diskussion um die Klimawirkungen des Sojaanbaus in Südamerika (indirect Land Use Change, iLUC) und nicht zuletzt der hohe Sojapreis (u. a. bedingt durch eine große Nachfrage aus China) trugen vor

einigen Jahren zur Gründung von Initiativen bei, die eine größere Unabhängigkeit von Sojaimporten und die Ausweitung des heimischen Sojaanbaus zum Ziel hatten. In jüngster Vergangenheit ist die steigende Nachfrage nach GVO-freiem Soja in der Europäischen Union eine treibende Kraft. Insbesondere im Bereich der Fütterung von Milchkühen fordern bereits viele Molkereien in Süddeutschland Fütterung „ohne Gentechnik“. Im Schweine- und Geflügelfleischsektor gibt es ebenfalls erste Überlegungen hierzu. Die hohe Nachfrage sorgt dafür, dass derzeit die Nachfrage nach europäischem Soja nicht gedeckt werden kann. In der Folge stieg der Preis für GVO-freies Soja deutlich an, gleichzeitig wurde Soja damit in geeigneten Lagen Deutschlands zu einer wirtschaftlich interessanten Ackerfrucht.

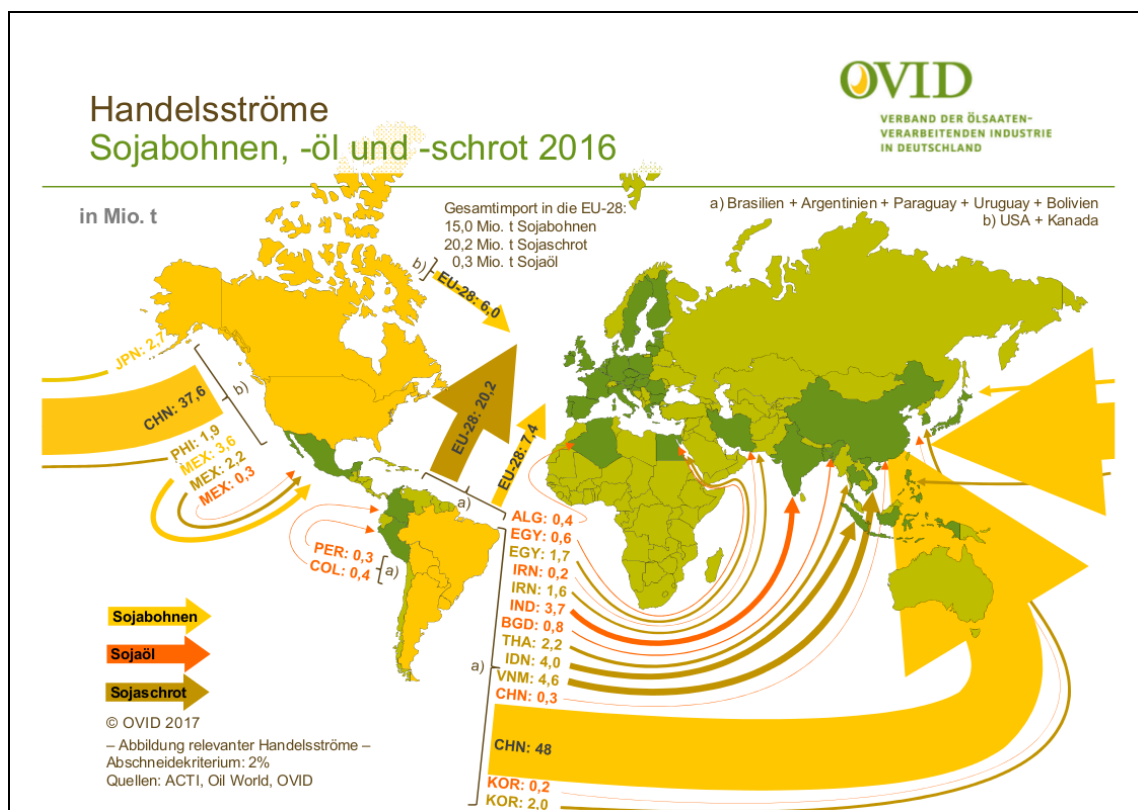


Abbildung 2: Handelsströme Sojabohne, -öl und -schrot 2016. Quelle: © OVID 2017.

Das Wichtigste in Kürze – Anbauentwicklung und Handel

- Soja ist weltweit die bedeutendste Ölf Frucht. Aufgrund der hohen Proteingehalte ist sie auch ein bedeutender Eiweißlieferant für Mensch und Tier.
- Die wichtigsten Anbauländer sind USA, Brasilien und Argentinien.
- Die EU ist nach China der zweitgrößte Importeur von Sojabohnen und der größte Importeur von Sojaschroten.
- Der Großteil der weltweit angebauten Sojabohnen ist gentechnisch verändert. In der EU sind derzeit keine gentechnisch veränderten Sojasorten (GV-Sorten) zum Anbau zugelassen. Der Import zur Fütterung und Weiterverarbeitung bestimmter GV-Sorten ist erlaubt.
- In der EU-28 werden über 900.000 ha Soja angebaut. Hinzu kommen weitere Anbauflächen in nicht EU-Mitgliedsländern, z. B. der Ukraine.
- Der Sojaanbau gewinnt auch in Deutschland an Bedeutung. Grund dafür ist häufig die steigende Nachfrage nach GVO-freiem Soja.
- Soja liefert einen wesentlichen Beitrag zu einer europäischen bzw. regionalen Eiweißversorgung.

Quellen und weitere Informationen - Anbauentwicklung und Handel

Märkte:

- Institut für Ernährung und Märkte, LfL:
<https://www.lfl.bayern.de/iem/agrarmarkt/135152/index.php>
- Verband der ölsaatenverarbeitenden Industrie in Deutschland e. V:
<http://www.ovid-verband.de/unsere-branche/daten-und-grafiken/oelsaaten/>

Anbauentwicklung:

- Sojaförderring: <https://www.sojafoerderring.de/links-mehr/soja-global/statistik/>
- Statistisches Bundesamt:
<https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/LandForstwirtschaftFischerei/FeldfruechteGruenland/FeldfruechteGruenland.html>
- EUROSTAT: <http://ec.europa.eu/eurostat/de/data/database>
- FAOSTAT: <http://www.fao.org/faostat/en/#home>
- USDA: <https://www.fas.usda.gov/>

Quellen und weitere Informationen - Anbauentwicklung und Handel

GVO–Soja – Informationen:

- ISAAA: <http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/52/default.asp>
- Forum Bio- und Gentechnologie e. V.:
<http://www.transgen.de/anbau/592.gentechnisch-veraenderte-pflanzen-anbauflaechen.html>
<http://www.transgen.de/anbau/410.gentechnisch-veraenderte-sojabohnen-brasilien.html>

2.2 Marktinformationen

Der Markt für Soja ist vor allem international geprägt. In Europa und Deutschland liegt der Sojahandel bislang überwiegend bei großen Agrarhandelsunternehmen und (über-)regionalen Initiativen.

Preisinformationen

Der größte Handelsplatz für Soja ist die Warenterminbörse CBoT (Chicago Board of Trade) in Chicago. Die hier gehandelten Kontrakte sind maßgeblich für die weltweite Preisentwicklung verantwortlich. Die aktuellen Notierungen werden in verschiedenen Medien veröffentlicht.

An den internationalen Warenterminbörsen gelten für Sojabohnen allgemeine Handelsspezifikationen, vergleichbar zum Getreide. Da europäisches Soja derzeit auf den Weltmärkten nicht konkurrenzfähig ist und die Binnennachfrage das Angebot deutlich übersteigt, spielen die internationalen Handelsspezifikationen nur eine untergeordnete Rolle. Jedoch dienen sie dem Handel als Hilfsmittel zur Preisfindung (z. B. Substitutionspreis). Im europäischen Markt sind die Qualitätsanforderungen je nach Händler und Verarbeitungsziel entscheidend. Letzteres sollte daher beim Abschluss von Kontrakten oder beim Preisvergleich beachtet werden. So haben Ölmühlen, die Sojaöl herstellen, andere Anforderungen als Futtermittel- oder Lebensmittelhersteller. Dagegen ist der hierzulande eingesetzte Sojaschrot ein internationales Handelsprodukt. Folgende Qualitätsstufen sind für Sojaschrot üblich:

- Proteingehalte: Low Protein (LP) mit 44 % Rohprotein, High Protein (HP) mit 48 % Rohprotein. Basis für Proteingehalt: 88 % TM
- Sojaextraktionsschrot 44 %
- Sojaextraktionsschrot 48 %

- Sojaextraktionsschrot GVO-frei Herkunft Brasilien, in der Regel 48 % (HP)
- Sojaextraktionsschrot GVO-frei Herkunft EU, in der Regel 44 % (LP) bzw. 48 % (HP)

Für Produkte aus dezentralen Anlagen (z. B. Sojakuchen entölt oder teilentölt) sind die Preisinformationen bei den Firmen einzuholen.

Preisentwicklungen

Es ist seit Frühjahr 2017 zu beobachten, dass sich der Markt für europäisches, GVO-freies Soja von den Weltmarktnotierungen entkoppelt. Dies liegt vermutlich an der steigenden Nachfrage aufgrund der Forderungen nach GVO-freien Futterkomponenten. Als Folge werden die Preisunterschiede zwischen GVO-freier und GVO-Ware tendenziell größer. Quellen für Preisinformationen sind unter „Links“ zusammengestellt. Wie lange dieser Trend anhalten wird, ist nicht abzusehen.

Vorverträge

Einige Abnehmer von Sojabohnen bieten Vorverträge an. Je nach verfügbaren Angeboten und Möglichkeiten kann es empfehlenswert sein, einen Teil der Menge über Anbauverträge abzusichern. Dabei ist es wichtig, sich im Vorfeld über geforderte Qualitäten oder Sorten zu erkundigen. Zu berücksichtigen ist auch, dass der Landhandel noch nicht immer flächendeckend auch Sojabohnen annimmt, weshalb das Ausloten der Vermarktungsmöglichkeiten vor dem Anbau empfohlen wird.

Zertifizierungssysteme

Die Zertifizierung von landwirtschaftlichen Produkten und Futtermitteln bis hin zum Endprodukt gewinnt weiterhin an Bedeutung. Die Forderungen des Lebensmitteleinzelhandels nach der Verwendung von Futtermitteln ohne Gentechnik, zum Teil auch aus europäischer Herkunft, machen eine Zertifizierung immer wichtiger.

Ein wichtiger Standard bei Futtermitteln ist mittlerweile die Zertifizierung nach dem VLOG-Standard (Verband Lebensmittel ohne Gentechnik e. V.) „Ohne Gentechnik“. Der VLOG-Standard ist derzeit der einzige in Deutschland zugelassene Standard zur Umsetzung des EGGenTDurchfG, das die Auslobung „Ohne Gentechnik“ erlaubt. Neben der gesetzlich geschützten Auslobung „Ohne Gentechnik“ stehen auch weitere Zertifizierungssysteme mit unterschiedlichen Qualitätsanforderungen zur Verfügung. Unterschiede zwischen den Labels bestehen unter anderem in der Frage der Warentrennung in der Lieferkette (Massenbilanzierung/Segregation), in Regelungen zu Gentechnikfreiheit, sozialen Standards und ökologischen Standards wie z. B. Landnutzungsänderungen. Der Verein Donau Soja mit Sitz in Wien unterstützt mit seinen Aktivitäten die Etablierung eines Europäischen Sojastandards. Derzeit kann nach den Standards „Donau Soja“ und „Europa Soja“ zertifiziert werden.

Das Wichtigste in Kürze - Marktinformationen

- Preisinformationen siehe Quellen
- Die Preisunterschiede zwischen Standardware und Bohnen/Schroten ohne Gentechnik haben sich seit Anfang 2017 vergrößert.
- Von Einfluss könnten die vermehrten Forderungen des Lebensmittelhandels nach gentechnikfreier Fütterung sein.
- Vor einer Anbauentscheidung empfiehlt es sich, Informationen zu Vorverträgen, Qualitätsanforderungen und Sortenvorgaben bei Marktpartnern einzuholen.
- Zertifizierungssysteme im Zusammenhang mit Soja sind bezüglich „Ohne Gentechnik“ in der Fütterung und zunehmend auch im Hinblick auf die Futtermittelherkunft (Forderung nach europäischen Futtermitteln) von Bedeutung.

Quellen und weitere Informationen - Marktinformationen

Preisinformationen:

- LEL Baden-Württemberg: <http://www.lel-bw.de/pb/Lde/Startseite/Unsere+Themen/Sojabohnen>
- LfL Bayern: <http://www.lfl-design3.bayern.de/iem/marktinfo/chart/>
- BBV-Preisberichtsstelle: <https://www.agrarheute.com/markt/futtermittel/sojaschrot>
- <http://schweiger-handel.de/Agrar/Sojanotierung/sojanotierung.html>
- Donau Soja: <http://www.donausoja.org/de/dses-sojaschrot-preis/>

Liste mit Erfassern:

- <http://www.lfl.bayern.de/schwerpunkte/eiweissstrategie/165051/index.php>
- <https://www.sojafoerderring.de/nach-der-ernte/ersterfasser-partner-fuer-landwirte/>

Zertifizierungssysteme:

- VLOG: <http://www.ohnegentechnik.org/>
- Donau Soja : <http://www.donausoja.org>
- Übersicht zu weltweiten Standards: „Standards Map“ des International Trade Center: <http://www.standardsmap.org/>

3 Produktionstechnik Sojabohne

Soja gehört zur Ordnung der Schmetterlingsblütenartigen (bot. *Fabales*) und zur Familie der Hülsenfrüchtler bzw. Leguminosen (bot. *Fabaceae*). Zu dieser Familie gehören u. a. Erbsen, Ackerbohnen, Lupinen und Linsen sowie Luzerne und Kleearten. Die Besonderheiten sind ihr hoher Eiweißgehalt und die besondere Eiweißqualität aus ernährungsphysiologischer Sicht. Die relativ hohen Gehalte an essentiellen Aminosäuren machen die Leguminosen zu wertvollen Eiweißträgern in der menschlichen und tierischen Ernährung. Sie können daher auch als Fleischersatz dienen. Die Symbiose mit im Boden lebenden Knöllchenbakterien ermöglicht den Pflanzen die Versorgung mit Stickstoff aus der Luft. Dies macht sie unabhängig von einer zusätzlichen Stickstoffdüngung. Im Ökologischen Landbau sind Leguminosen unverzichtbare Bestandteile der Fruchtfolgen, um Stickstoff in den Nährstoffkreislauf zu bringen.

3.1 Klima und Standortansprüche

Ursprünglich kommt die Sojabohne aus Nordchina und Japan. Von dort aus kam sie nach Europa und Amerika. Seit Ende des zweiten Weltkrieges hat sie sich in diesen Regionen weiter verbreitet. In Deutschland konzentriert sich der Anbau derzeit auf Süddeutschland.

Die Sojabohne ist eine Kurztagespflanze mit verhältnismäßig hohen Wärmeansprüchen. Sie gedeiht am besten in warmen Körnermaisanbaulagen. Wirtschaftlich ist der Sojaanbau in Regionen in denen Körnermais der Reifezahl K 240 – 280 noch sicher ausreift. Ideal sind leicht erwärmbare Böden mit guter Struktur und einer hohen Wasserhaltekapazität. Optimal sind pH-Werte zwischen 6,5 und 7. Eine gute Wasserversorgung von Juni bis August ist entscheidend für den Anbauerfolg. Wassermangel zur Blüte im Juni/Juli und zur Kornfüllung im August mindern Kornansatz, Tausendkorngewicht (TKG) und Proteingehalt erheblich. Kies- und Sandböden erfordern daher Sommerniederschläge oder Zusatzberegnung. Ungeeignet sind Kaltluftsenken, steinige Böden, erosionsgefährdete Flächen, Böden mit hoher Stickstoffnachlieferung sowie Flächen mit hohem Unkrautdruck.



Abbildung 3: Im Trockengebiet ist die Wasserhaltekapazität des Bodens ertragsentscheidend. Links: Lössboden, Mitte: Keuperton, Rechts: Muschelkalk. Foto: J. Unsleber.

Kaltluftsenken und Spätfrostlagen

Soja hält Spätfrost im Mai von $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ bis $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ aus. Kalte Temperaturen (unter $+8\text{ }^{\circ}\text{C}$) zur Zeit der Blüte können bei empfindlichen Sorten zu Blütenabwurf und erheblichen Ertragsausfällen führen.

Steinige Böden

Steinige Böden sind ungeeignet, da bei der Ernte aufgrund des niedrigen Hülsenansatzes der Mähbalken tief abgesenkt werden muss. Auf steinigten Böden daher vor der Saat Steine einwalzen.

Erosionsgefährdete Flächen

Soja schließt aufgrund der langsamen Jugendentwicklung spät die Reihen. Es besteht daher auf hängigen Flächen ein erhöhtes Erosionsrisiko.

Böden mit hoher Stickstoffnachlieferung

Eine hohe Stickstoffnachlieferung führt zu Reifeverzögerungen, uneinheitlicher Abreife und Lagergefahr.

Flächen mit hohem Unkrautdruck

Aufgrund der langsamen Jugendentwicklung ist die Konkurrenzkraft gegen Verunkrautung vor dem Reihenschluss sehr gering. Die Anwendung und Effizienz von mechanischer und chemischer Unkrautregulierung ist begrenzt. Flächen mit einem hohen Unkrautbesatz oder schwer bekämpfbaren Unkräutern scheiden daher für den Anbau aus. Problematisch sind insbesondere Wurzelunkräuter wie Disteln und Winden-Arten, die weder chemisch noch mechanisch ausreichend reguliert werden können. Flächen mit einem hohen Besatz an zur Spätverunkrautung neigenden Unkräutern (z. B. Amarant, Gänsefuß, Melde, Knöterich, Hirse) sind aufgrund des Ertragsrisikos und der möglichen Erntebehinderungen ebenfalls nicht für den Anbau geeignet.

Das Wichtigste in Kürze - Klima- und Standortansprüche

- Wärmeliebende Kurztagespflanze, Anbauwürdigkeit in Deutschland in Regionen mit sicherer Abreife von Körnermais K 240-280;
- Soja bevorzugt bessere Böden mit guter Wasserhaltekapazität, relativ hoher Wasserbedarf zur Blüte im Juni/Juli und zur Kornfüllung im August;
- Optimal sind schwach saure bis leicht alkalische Böden mit pH 6,5-7.
- Ungeeignet sind Böden mit hoher N-Nachlieferung, starker Verunkrautung, steinige Böden, Kaltluftsenken, erosionsgefährdete Flächen.

Quellen und weitere Informationen - Klima- und Standortansprüche

- <https://www.sojafoerderring.de/anbauratgeber/sojaklima-in-deutschland/>
- Anbaueignungskarte Deutschland – JKI:
http://geoportal.julius-kuehn.de/map?app=soja_neu
- Anbaueignungskarte Bayern- LfL:
<http://www.lfl.bayern.de/iba/pflanze/119165/index.php>
- Unkrautkontrolle in Sojabohnen:
<http://www.lfl.bayern.de/ips/unkraut/030191/index.php>

3.2 Fruchtfolgegestaltung

Die Stellung von Soja in der Fruchtfolge ist entscheidend für den Anbauerfolg. Folgende Aspekte sind dabei wesentlich:

- Vorbeugende Pflanzenschutzmaßnahmen wie Unkrautregulierung und die Unterbindung von Fruchtfolgekrankheiten und Schädlingen.
- Geringe Stickstoffnachlieferung der Vorfrucht zu Soja. Dies ist Voraussetzung für einen guten Knöllchenansatz und eine hohe N₂-Fixierleistung. Durch zu viel Stickstoff im Boden wird ferner die Abreife verzögert und die Standfestigkeit beeinträchtigt.
- Soja hat einen guten Vorfruchtwert. Dieser sollte durch eine geeignete Folgefrucht oder einen Zwischenfruchtanbau genutzt werden.

Ziel - Möglichst geringer Unkrautdruck und keine unkontrollierte Stickstoffnachlieferung:

Eine vielgliedrige Fruchtfolge mit einem ausgewogenen Anteil an Sommerungen und Winterungen sowie Blatt- und Halmfrüchten ist ein Baustein für einen moderaten Unkrautbesatz ohne schwer bekämpfbare Problemunkräuter. Ein möglichst geringer Unkrautbesatz in der direkten Vorkultur vor Soja ist eine vorbeugende Maßnahme, um die Unkrautkonkurrenz in der Soja so gering wie möglich zu halten. Günstig sind daher Winterungen oder Sommerungen mit einer nachfolgend gut entwickelten Zwischenfrucht.

Eignung der Vorfrüchte: Wintergetreide > Sommergetreide > Mais > Soja.

- Im Ökolandbau ist Wintergetreide als Vorfrucht zu empfehlen. Sommergetreide und Mais sind aufgrund der schlechteren Unkrautregulierung weniger empfehlenswert.
- Nachbaubeschränkungen für Leguminosen bei einzelnen Maisherbiziden sind zu beachten.
- Direkt zu Soja sollte keine organische Düngung erfolgen. Die Stickstoffnachlieferung aus dem Vorjahr soll gering sein.

Ziel - Unterbindung von Fruchtfolgekrankheiten und Schädlingen:

Maßnahmen: Raps und andere Kreuzblütler, Sonnenblumen und Tabak sind, wie Soja, Wirtspflanzen für Sklerotinia. Daher sind in Fruchtfolgen mit diesen Kulturen mind. zwei Jahre Anbaupause einzuhalten. Dies gilt auch bei Maisflächen mit Rhizoctoniabefall. Die Sojabohne bietet, wie auch die anderen Leguminosen, eine gute Möglichkeit enge Wintergetreidefruchtfolgen aufzulockern. Ein Anbau nach spätgerodeten Zuckerrüben oder Körnermais ist ebenfalls möglich, falls es für die Saat von Winterweizen zu spät ist. In Regionen mit Maiswurzelbohrerbefall ist Soja eine Sommerung, die den Entwicklungszyklus des Schädlings unterbricht. Soja gilt im Unterschied zu anderen Leguminosen derzeit als relativ gut selbstverträglich. Eine Anbaupause von mindestens zwei Jahren ist jedoch empfehlenswert.

Ziel - Bodenbedeckung nach Vorfrucht über Winter, Fixierung von Reststickstoff:

Maßnahmen: Aufgrund der recht späten Saat im Frühjahr ist der Anbau von Winterzwischenfrüchten vor der Sojasaat zu empfehlen. Dabei eignen sich insbesondere abfrierende Zwischenfrüchte, die die Winterbodenfeuchte für die Soja nicht reduzieren. Erfahrungen aus der Praxis haben gezeigt, dass Phacelia besser geeignet ist als Senf, u. a. aus phytosanitärer Sicht (keine Sklerotinia-Infektionen). Winterrungen oder Zwischenfrüchte nach der Sojaernte konservieren den Reststickstoff und können die gute Bodenstruktur nutzen. Der relativ späte Erntetermin im September ist bei der Anbauplanung zu beachten.

Fruchtfolgebeispiele:

A) Konventionell wirtschaftende Betriebe

- Auflockerung von Rübenfruchtfolgen: Zuckerrüben – Winterweizen - Soja – Winterweizen
- Körnermaisfruchtfolgen: Körnermais – Soja – Winterweizen
- Rapsfruchtfolgen (bei geringer Sklerotiniagefahr): Raps – Winterweizen – Soja – Winterweizen - Wintergerste

Zwischenfrüchte können sinnvoll in die Fruchtfolge integriert werden.

B) Ökologisch wirtschaftende Betriebe

- Klee gras – Winterweizen – Wintertriticale – Soja - Winterroggen
- Ackerbohne - Winterweizen - Zwischenfrucht - Soja - Winterweizen - Dinkel – Zwischenfrucht
- Körnermais - Soja - Dinkel - Zwischenfrucht - Kartoffel - Wintertriticale – Zwischenfrucht

Das Wichtigste in Kürze - Fruchtfolgegestaltung

- Wintergetreide ist als Vorfrucht günstiger als Sommergetreide. Im Ökolandbau nur Wintergetreide empfehlenswert.
- Wenig N-min aus der Vorfrucht anstreben;
- Soja kann von Sklerotinia befallen werden → mind. 2 Jahre Anbaupause zu Wirtspflanzen wie Sonnenblumen, Tabak, Raps u. a. einhalten;
- Soja ist begrenzt selbstverträglich. Eine Anbaupause von mind. 2 Jahren sollte zur Vermeidung von Krankheiten zu Soja und anderen Leguminosen eingehalten werden.
- Als Folgefrucht ist Wintergetreide oder eine Zwischenfrucht sinnvoll. Damit kann der gute Vorfruchtwert genutzt und der Stickstoff über Winter konserviert werden.
- Soja in der Fruchtfolge lockert enge Getreide-Fruchtfolgen auf.

Quellen und weitere Informationen - Fruchtfolgegestaltung

Fruchtfolgestellung: <https://www.sojafoerderring.de/anbauratgeber/fruchtfolge/>

3.3 Sortenwesen

3.3.1 Sortenwahl

Die standortangepasste Sortenwahl entscheidet maßgeblich über den Anbauerfolg. Dabei ist eine rechtzeitige Abreife im September das Kriterium Nummer Eins. Eine gute Entscheidungsgrundlage für die Sortenwahl bieten Landessortenversuche sowie die Sortenempfehlungen des Sojaförderrings und anderen Einrichtungen. Auch der Blick in die europäischen Nachbarländer kann dabei interessant sein. Je nach Abnehmer und Produktionsziel werden bestimmte Vorgaben zu Sorten gemacht. Daher gilt es, vor dem Saatgutbezug Informationen beim Abnehmer einzuholen.

Einteilung der Reifegruppen:

International werden Sojasorten in 13 Reifegruppen von 0000 (extrem frühreif; sprich „Vierfach-Null“) bis X (tropisch; sprich „zehn“) eingeteilt. In Deutschland werden vorwiegend 000- und 00-Sorten angebaut.

Reifegruppe 0000 = extrem frühreif, Die extreme Frühreife wird i. d. R. mit deutlichen Mindererträgen bezahlt. Der Anbau ist als Hauptfrucht nicht zu empfehlen.

Reifegruppe 000 = sehr frühreif, vergleichbar mit Körnermais der FAO-Zahl K 240 – K 250. Diese Sorten sind ca. acht Tage früher reif als 00-Sorten. Die fortschreitende Entwicklung ertragsstarker 000-Sorten dürfte die Ausweitung des Sojaanbaus in Deutschland maßgeblich vorantreiben.

Reifegruppe 000/00 = Übergangssorten, vergleichbar mit Körnermais der FAO-Zahl K 250 - K 260.

Reifegruppe 00 = frühreif (spät für deutsche Verhältnisse), wie Körnermais FAO-Zahl K 260 - K 300. Die Reifegruppe 00 empfiehlt sich nur für die wärmsten Gunstlagen (Weinbauklima). In Deutschland sind dies z. B. Regionen im Rheingraben (Baden-Württemberg), sowie im Rottal oder Landkreis Würzburg in Bayern.

Kriterien für die Sortenwahl:

Sichere Abreife geht vor Ertrag: Das wichtigste Kriterium für die Auswahl der richtigen Sojasorte ist eine sichere Abreife im Laufe des Septembers, spätestens aber in den ersten Oktobertagen. In den Landessortenversuchen bringen die späteren Sojasorten, ähnlich wie beim Körnermais, ein höheres Ertragspotenzial. Sie erreichen jedoch in kühleren Regionen bis

Vegetationsende aufgrund zu hoher Wassergehalte meist nicht die Druschreife, was eine Ernte unmöglich machen kann.

Standfestigkeit: Mit der Wahl einer standfesten Sorte sollen Lager und Ernteverluste vermieden werden. Die Standfestigkeit ist nach der Abreife ein weiteres entscheidendes Kriterium. Je feuchter und wüchsiger der Standort, desto bedeutender ist eine gute Standfestigkeit für den Anbauerfolg.

Proteingehalt und Qualität: Man unterscheidet zwischen Sorten für die Futternutzung und für die Humanernährung. Die Unterschiede liegen in erster Linie im Proteingehalt und äußeren Kornqualitäten. Auch in der Vermarktung als Futtermittel werden zunehmend Mindestgehalte für Protein verlangt. Je nach Abnehmer erfolgen bereits Zu- und Abschlagszahlungen nach Proteingehalt. Die Anforderungen an den Proteingehalt sind in der Regel mit den herkömmlichen Sorten zu erreichen. Für die Tofuproduktion sind proteinreichere Sorten gefragt. Die bisher verfügbaren „Tofu- Sorten“ reifen tendenziell später ab und eignen sich daher nur für wärmere Lagen.

Jugendentwicklung, Hülsenansatz, Metribuzinverträglichkeit: Eine möglichst schnelle Jugendentwicklung verbessert das Unkrautunterdrückungsvermögen. Die Höhe des unteren Hülsenansatzes ist relevant für eine verlustarme Ernte. Er kann jedoch züchterisch nicht direkt bearbeitet werden und schwankt stark mit Jahreseinflüssen. Daher ist dieses Merkmal derzeit für die Sortenwahl kaum von Bedeutung. Die untere Hülsenansatzhöhe ist genetisch negativ mit der Wuchshöhe und Standfestigkeit verknüpft. Das heißt, dass Sorten mit höherem Hülsenansatz in der Regel eine schlechtere Standfestigkeit besitzen. Deshalb empfiehlt sich für warme und trockene Standorte eine wüchsige und langstrohige Sorte zu wählen. Die Standfestigkeit spielt hier eine eher untergeordnete Rolle. Auf feuchteren Standorten muss unbedingt eine standfeste Sorte gewählt werden um Ernteproblemen vorzubeugen.

Die Verträglichkeit gegenüber dem Herbizidwirkstoff Metribuzin ist von der Stoffwechselleistung abhängig und hat offensichtlich auch eine genetische Komponente. Einzelne Sorten, wie z. B. die ES Mentor, sind unter praxisüblichen Anbaubedingungen für den Einsatz von metribuzinhaltigen Herbiziden unverträglich. Vor dem Einsatz von metribuzinhaltigen Herbiziden sind Informationen zur Sortenverträglichkeit einzuholen. Falls diese nicht verfügbar sind, sollten über eine Kleinflächenbehandlung betriebseigene Erfahrungen gesammelt werden.

Tabelle 1: Ergebnisse der Landessortenversuche Sojabohnen. Quelle: Eigene Darstellung nach LfL-IPZ.

Erträge und Rohproteingehalt der Sorten ein- und mehrjährig aus Bayern und Baden-Württemberg

Anbaugebiet 3 = normale Lagen 2017 n = 3 Versuche				Anbaugebiet 4 = günstige Lagen 2017 n = 6 Versuche						Korntrag dt/ha 2015 - 2017		Rohprotein % 2015 - 2017	
Sorte	Reife- zahl	Ertrag relativ dt/ha	Rohpro- tein %	Sorte	Reife- zahl	Ertrag relativ dt/ha	Rohpro- tein %	Sorte	Reife- zahl	27 Versuche		27 Versuche	
										normale Lage	günstige Lage	normale Lage	günstige Lage
ES Mentor	00	111	43,1	ES Mentor	00	109	43,0	ES Mentor	00	106	108	42,9	42,6
SY Eliot	00/000	109	41,8	SY Livius	00/000	104	42,9	SY Eliot	00/000	109	106	40,8	40,6
SY Livius	00/000	105	41,9	Regina	000	102	42,6	SY Livius	00/000	102	102	41,2	41,8
ES Comandor	000	105	42,5	SY Eliot	00/000	101	41,3	ES Comandor	000	102	102	42,2	41,7
Amadea	000	102	41,1	ES Comandor	000	98	41,9	Regina	000	96	101	42,2	42,0
Regina	000	98	43,1	Amadea	000	97	40,1	RGT Shuona	000	98	100	42,7	42,6
Amarok	000	99	43,0	Amarok	000	96	41,8	Amadea	000	99	98	39,6	39,6
RGT Shuona	000	95	43,0	RGT Shuona	000	96	42,9	Amarok	000	95	94	42,1	41,9
Merlin	000	96	40,2	Merlin	000	91	39,5	Merlin	000	93	89	40,6	40,1
Galice	000	108	41,4	Silvia	00/0	118	39,6						
Obelix	000	101	41,0	RGT Stumpa	00	107	41,2						
Coraline	000	100	43,1	Solena	00/000	103	42,4						
Alexa	000	98	43,3	Bettina	00	101	40,5						
Toutatis	000	95	39,6	RGT Svela	00	98	43,3						
GL Melanie	000	94	41,3	Lenka	00	97	45,2						
Sultana	000	86	43,2	Soprana	00	95	43,2						
				Lissabon	000	86	40,7						
Mittelwert		46,5	42,0	Mittelwert		46,4	41,9	Mittelwert		44,9	41,5	41,6	41,4

Tabelle 2: Sortenbeispiele.

Reifegruppe	Reife bezogen auf Deutschland	Sortenbeispiele	Bemerkung
Reifegruppe 0000	sehr frühreif	Tiguan, Sunrise, Annushka	Diese Sortengruppe ist wegen geringer Ertragsleistung nicht zu empfehlen
Reifegruppe 000	frühreif	Merlin, Abelina, Obelix Sultana, Lissabon, Sirelia, Regina	
Reifegruppe 000/00	mittelspät	Solena, RGT Shouana, Pollux, SY Livius	
Reifegruppe 00	spät	SY Eliot, ES Mentor, Lenka, Primus	ES Mentor ist metribuzinunverträglich
Reifegruppe 0	sehr spät	PZO Silvia	Nur für wärmste Gunstlagen im Weinbauklima

Das Wichtigste in Kürze - Sortenwahl

- Für den Sojaanbau in Deutschland sind in erster Linie die Reifegruppen 000 (Dreifach-Null) und 00 (Zweifach-Null) von Bedeutung.
- Die Sorte soll im Laufe des Septembers sicher abreifen.
- Regionale Sortenversuche bieten eine Entscheidungsgrundlage für die Sortenwahl.
- Kriterien für die Sortenwahl: Reifegruppe, Ertrag, Qualität, Standfestigkeit, Herbizidverträglichkeit, Jugendentwicklung, Wuchshöhe.
- Trockene, warme Standorte: Wüchsiger, eher spätreife Sorten bevorzugen, Standfestigkeit spielt kaum eine Rolle.
- Kühle, feuchte Standorte: Sorte muss sicher ausreifen können. Frühreife standfeste Sorten bevorzugen.
- Für die Vermarktung als Speiseware sind spezielle Anforderungen an Sorte und Qualität beim Abnehmer zu erfragen.

Quellen und weitere Informationen - Sortenwahl

- Sortenempfehlungen nach Regionen, Versuchsergebnisse, Bezugsquellen:
<https://www.sojafoerderring.de/anbauratgeber/sortenratgeber/sortenversuche/>
<https://www.sojafoerderring.de/anbauratgeber/sortenratgeber/deutschland/>
- Link zu Züchtungsprogrammen und Infos:
<https://www.1000gaerten.de/>
<https://www.sojafoerderring.de/forschung/sojazuechtung/>
<http://www.lfl.bayern.de/ipz/oelfruechte/149631/index.php>
- Versuchsberichte der Länder in ISIP:
<https://www.isip.de/isip/servlet/isip-de>
- Sortenempfehlungen Österreich:
<http://www.baes.gv.at/pflanzensorten/oesterreichische-beschreibende-sortenliste/mittel-und-grosssamige-leguminosen/sojabohne/>
- Internationale Empfehlungen:
<https://www.sojafoerderring.de/anbauratgeber/sortenratgeber/sorten-oesterreich/>
- Versuchsbericht Soja:
<https://www.lfl.bayern.de/ipz/oelfruechte/index.php>

3.3.2 Sojazüchtung

Seit einigen Jahren sind europäische Züchterfirmen verstärkt aktiv in der Züchtung von angepassten Sojasorten. Staatlich geförderte Züchtungsprogramme in Baden-Württemberg und Bayern (Uni Hohenheim, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft) unterstützen die Züchtung von Sorten, die an die Klimaverhältnisse in Deutschland angepasst sind und gleichzeitig die Bedürfnisse von Landwirt, Verarbeiter und Verbraucher berücksichtigen. Wichtige Zuchtziele sind Kornertrag, Frühreife und Standfestigkeit. Weiter von Bedeutung sind Jugendentwicklung, Kältetoleranz, Trockentoleranz, Krankheitsresistenzen sowie verwertungsspezifische Qualitätsmerkmale.

3.3.3 Gentechnik

Derzeit sind in der EU keine gentechnisch veränderten Sojasorten für den Anbau zugelassen. Dagegen sind der Import und die Verwendung von gentechnisch veränderten Sojabohnen und daraus gewonnenen Erzeugnissen als Lebensmittel, Lebensmittelzutaten und Futtermittel in der Europäischen Union und damit auch in Deutschland zulässig. Die zugelassenen Produkte sind beim BVL gelistet.

Ca. 90 % des weltweiten angebauten Soja ist gentechnisch verändert (OVID, 2016). Begrenzte Mengen an GVO-freien Sojabohnen und Sojaschroten kommen aus Brasilien, Indien und Osteuropa (BVL, Thünen-Institut, Juli 2014). Ein Verzicht von GVO-Soja oder anderen GVO-Produkten in der Fütterung oder in der Lebensmittelindustrie kann auf Grundlage des EG-Gentechnik-Durchführungsgesetz (EGGenTDurchfG) mit dem Siegel „Ohne GenTechnik“ ausgezeichnet werden.

Quellen und weitere Informationen - Gentechnik

- Informationen zum „Ohne GenTechnik“-Siegel:
<http://www.ohnegentechnik.org/ohne-gentechnik/was-bedeutet-ohne-gentechnik/>
- Gentechnik: Zugelassene Events Soja EU:
http://www.bvl.bund.de/DE/06_Gentechnik/02_Verbraucher/03_Genehmigungen/01_Inverkehrbringen/05_Soja/gentechnik_inverkehrbringen
https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Landwirtschaft/Pflanze/GrueneGentechnik/TI-Studie_Kennzeichnung.pdf?__blob=publicationFile

3.3.4 Sojavermehrung und Nachbauregelung

Alle Sorten von Sojabohnen, die einen deutschen oder einen europäischen Sortenschutz haben, unterliegen nicht dem sogenannten Landwirteprivileg zum Nachbau. Damit ist der Nachbau grundsätzlich verboten. Nach Rücksprache mit dem Züchter können davon abweichende Vereinbarungen getroffen werden.

Die Produktion von Sojasaatgut erfordert Erfahrung und eine angepasste technische Ausstattung. Dies gilt auch für einen eventuellen Nachbau. Die Keimfähigkeit von Soja kann durch zu scharfen Drusch oder hohe Fallstufen bei der Einlagerung stark beeinträchtigt werden. Mechanische Beschädigungen führen zu Haarrissen in der Schale, was sich negativ auf die Keimfähigkeit auswirkt. Auch Überhitzung bei der Trocknung führt zum Rückgang der Keimfähigkeit. Ein belüftetes, möglichst kühles Lager erhält während der Lagerzeit die Keimfähigkeit. Aufgrund der hohen Ansprüche an die Saatgutvermehrung empfiehlt sich die Verwendung von 100 % Z-Saatgut.

Tabelle 3: Mindestanforderungen an Sojasaatgut entsprechend der Saatgutverordnung (Die Sojabohne ist hier den Öl- und Faserpflanzen zugeordnet).

Kriterium	Grenzwerte (Quelle: Saatgutverordnung)
Mindestkeimfähigkeit	80 %
Triebkraft	Wird als zusätzliche, kostenpflichtige Untersuchung des Saatgutlabors angeboten, ist gesetzlich nicht vorgeschrieben;
Wassergehalt	höchstens 15 %
Diaporthe	Wenn 15 % der Samen befallen sind, erfolgt eine Aberkennung; Agar-Methode nach ISTA; ein Anfangsverdacht ist nicht nötig;

Quellen und weitere Informationen - Sojavermehrung und Nachbauregelung

- Saatguterzeugung bei Sojabohnen:
https://www.sojafoerderring.de/wp-content/uploads/2017/03/Sojainfo_23_2016.pdf

Auskunft erteilen auch die für die Saatgutankennung zuständigen Ländereinrichtungen.

3.4 Impfung

Die Sojabohne ist eine Leguminose. Sie geht mit im Boden lebenden Knöllchenbakterien (Rhizobien) eine Symbiose ein und wird dadurch mit Stickstoff aus der Luft versorgt. Fehlt diese Symbiose, so kommt es zu hohen Ertrags- und Qualitätsverlusten. Die sojaspezifische Art der Knöllchenbakterien (*Bradyrhizobium japonicum*) kommt in unseren Böden nicht vor. Die Impfung mit den passenden Rhizobien ist daher Voraussetzung für den erfolgreichen Sojaanbau.



Abbildung 4: Knöllchen an Sojawurzel. Foto: A. Kögel.

Impfverfahren

Fix-Fertig-Impfung: Das Saatgut wird bereits geimpft ausgeliefert. Dies ist die kostengünstigste und einfachste Variante. Leider gab es in der Vergangenheit immer wieder Qualitätsprobleme. Daher wird die Fix-Fertig-Impfung derzeit immer in Kombination mit einer Kontaktimpfung empfohlen.

Kontaktimpfung: die Präparate werden kurz vor der Aussaat mit dem Saatgut vermischt und mitausgesät. Es gibt hierbei torfbasierte Präparate und flüssige Präparate. Für die Applikation haben sich je nach Mengen unterschiedliche Techniken bewährt (Vermischen im Säkasten, Betonmischer, Sprühpistole bei flüssigen Präparaten). Bei Zugabe flüssiger Zusatzstoffe wie Kleber, muss das Saatgut nach dem Impfen unbedingt erst abtrocknen (z. B. in einer Wanne), da es sonst im Säkasten verklumpen kann.

Bodenimpfung: Bei der Aussaat wird das Impfmittel mit einem Granulat als Trägersubstanz in den Boden eingebracht. Empfohlen in Kombination mit einer Kontaktimpfung. In Deutschland nicht weit verbreitet.

Präparate

Inzwischen gibt es eine Vielzahl von Impfpräparaten am Markt und die Entwicklung neuer Produkte geht weiter. In der Vergangenheit kam es immer wieder zu Problemen mit neu eingeführten Impfmitteln. Deshalb ist es sinnvoll, nur langjährig in Exaktversuchen geprüfte Rhizobienpräparate einzusetzen und sich über die aktuellen Beratungsempfehlungen zu informieren. Eine Auswahl empfohlener Präparate ist in der Tabelle 4 aufgeführt. Die Preise liegen in Deutschland zwischen 25 und 30 € pro 100 kg Saatgut. Der Hektarpreis liegt auch bei den teuersten Mittel deutlich unter dem Minderertrag nach schlechter Impfung.

Tabelle 4: Auswahl von empfehlenswerten Präparaten.

Mittel	Formulierung	Vertrieb	Hinweise
Biodoz Soja	Torfbasis	De Sangosse	Drillsaat, Anwendung möglichst direkt bei der Saat
HiStick	Torfbasis	BASF	Drillsaat, Anwendung möglichst direkt bei der Saat
Force 48	HiStick + Klebstoff	BASF	Für pneumatische Sämaschinen geeignet, da Klebstoff. Anwendung bis zu 48 Stunden vor der Saat
Rhizoliq Top S Turbosoy	flüssig, zwei Komponenten	De Sangosse Saatbau Linz	Anwendung nach Herstellerangaben bis zu 20 Tage vor der Saat

Anwendungshinweise

Folgende Faktoren sind von Bedeutung für Wachstum und Funktion der Knöllchenbakterien:

- Vorhandener Stickstoff im Boden hindert das Bakterienwachstum und die Symbiose. Damit wird eine N-Fixierung beeinträchtigt.
- Sauerstoffmangel (Verdichtungen, Verschlammungen) führt zu schlechter Knöllchenentwicklung.
- Um ein Überleben der Bakterien sicherzustellen, ist es empfehlenswert unmittelbar vor der Saat zu impfen.
- Sonneneinstrahlung und Hitze bei Impfung und Lagerung können die Bakterien schädigen.

Tabelle 5: Ertrag und Qualität nach unterschiedlicher Impfung. Quelle: A. Aigner, LfL-IPZ.

**Ertrag und Qualität nach unterschiedlicher Impfung; Sorte Merlin;
Mittel über 8 Versuche in den Jahren 2013 bis 2015**

Impfung des Saatugtes	Kornertrag dt/ha		Rohprotein- gehalt %	TKG g	Pflanzenlänge cm
	absolut	relativ			
ohne	29,6	77	34,0	147,0	62
Hi Stick	38,6	= 100 %	38,8	162,0	74
fix-fertig	33,6	87	36,1	154,0	69
fix-fertig + Hi Stick	38,1	99	38,5	162,0	72
Prüfung verschiedener Impfpräparate Mittel über 5 Orte in den Jahren 2014 und 2015					
Hi Stick	39,4	= 100 %	39	160,0	80
Force 48	39,2	99	39	154,0	82
Biodoz	40,5	103	40	156,0	82
Hi Stick doppelte Aufwandmenge	40,1	102	40	160,0	80

Erfolgskontrolle

Die Kontrolle der Knöllchenbakterien findet Ende Juni, zur Zeit der Blüte statt. Hierzu wird eine Pflanzenwurzel vorsichtig ausgegraben. Sind die Knöllchen an den Wurzeln zu finden und innen rot, wird Stickstoff fixiert. Die Pflanze wird ausreichend versorgt und ist meist tief grün. Finden sich zum Zeitpunkt der Blüte keine Knöllchen an den Wurzeln oder sind diese inaktiv, so war die Impfung nicht erfolgreich. Eine Stickstoffgabe zur Blüte kann Ertragsausfälle höchstens mindern, aber nicht verhindern.



Abbildung 5: Sojabestand links ohne Impfung - Sojabestand rechts mit erfolgreicher Impfung.
Quelle: I. Jacob u. LfL-IPZ.

Das Wichtigste in Kürze - Impfung

- Soja ist eine Leguminose und versorgt sich durch Symbiose mit Knöllchenbakterien (Rhizobien) mit Stickstoff aus der Luft.
- Soja braucht das Rhizobium *Bradyrhizobium japonicum*, damit die Symbiose funktioniert. *Bradyrhizobium japonicum* kommt in unseren Böden nicht vor. Daher müssen die Bakterien durch Impfung zugeführt werden.
- Kosten: zwischen 25 und 30 €/100 kg Saatgut
- Die Qualität des Impfmittels ist entscheidend. Versuche und Beratung geben Auskunft:
 - Langjährig bewährte Impfmittel: Hi Stick, Biondoz Soja, Force 48, Rizoliq Top S
- Rhizobien brauchen gute Bedingungen:
 - Hitze und UV-Licht töten Rhizobien ab. In der Regel kurz vor der Saat impfen
 - Stickstoff im Boden hemmt die Entwicklung der Rhizobien, daher keine N-Düngung und keine hohe N-Nachlieferung
 - die Rhizobien brauchen Sauerstoff: Verdichtung, Staunässe, Luftabschluss können die Rhizobien schädigen
- Kontrolle des Knöllchenansatzes im Juni. Wurzel vorsichtig ausgraben. Knöllchen aufschneiden. Rote Färbung zeigt Stickstofffixierung an.

Das Wichtigste in Kürze - Impfung

- Bei nicht funktionierender Impfung:
 - hohe Ertrags- und Qualitätsverluste, mit mineralischer N-Düngung nicht auszugleichen
- Beratungsempfehlung:
 - Bezug von „Fix Fertig“ Saatgut und zusätzlich Kontaktimpfung

Quellen und weitere Informationen - Impfung

- Lehrfilm zur Impfung von Sojabohnen:
<https://www.sojafoerderring.de/anbauratgeber/aussaat/video-impfung-von-sojasaatgut/>
- Anbauratgeber: <https://www.sojafoerderring.de/anbauratgeber/aussaat/impfung/>
- Versuchsergebnisse Impfung:
https://www.sojafoerderring.de/wp-content/uploads/2013/12/Impfversuche_Internet.pdf
<https://www.sojafoerderring.de/wp-content/uploads/2013/12/Teilergebnisse-Impfversuch-LTZ-2015-2016.pdf#>
- Marktübersicht Präparate:
<https://www.sojafoerderring.de/wp-content/uploads/2013/12/Marktübersicht-Soja-Impfmittel.pdf>
- Knöllchenbonitur:
<https://www.sojafoerderring.de/wp-content/uploads/2013/12/Boniturschema.pdf>

3.5 Anbauverfahren

Standardverfahren im Sojaanbau sind der Pflugeinsatz oder Mulchsaatverfahren mit nachfolgender, auf den Bedarf abgestimmter Saatbettbereitung und Sätechnik. Direktsaat oder Strip Till sind im Sojaanbau in Deutschland bisher wenig verbreitet.

Erosionsschutz

Soja schließt spät die Reihen und ist daher eine ausgesprochen erosionsanfällige Kultur. Die gute fachliche Praxis zum Erosionsschutz fordert, dass Bodenabträge möglichst vermieden werden. Um Erosion zu vermeiden, ist beim Anbau in Hanglagen eine Mulchsaat mit hohem Bodenbedeckungsgrad ($> 30\%$) nach der Saat erforderlich.

Wo keine Mulchsaat möglich ist, sollten hängige Lagen, deren Erosionsgefährdung bekannt ist, möglichst nicht für den Sojaanbau genutzt werden. Die Cross-Compliance-Vorgaben zum Erosionsschutz und die Anwendungsbestimmungen laut Pflanzenschutzmittelzulassung sind in jedem Fall zu beachten.

Besondere Anbauverfahren

Direktsaat

In Nord- und Südamerika ist Soja-Direktsaat weit verbreitet, vielerorts gilt Soja regelrecht als Direktsaat-Kultur. Das Anbauverfahren ist allerdings vom Einsatz breit wirksamer Herbizide zur Beseitigung einer Altverunkrautung oder von Durchwuchskulturen abhängig – ein Grund für den Erfolg herbizidresistenter GVO-Sojasorten in diesen Regionen. Auch in Europa gibt es Sojaanbau in Direktsaat. Es sind jedoch Herausforderungen und auch Nachteile damit verbunden. Daher hat sich das Verfahren hier bisher nicht etabliert.

Probleme bei Direktsaatverfahren:

- Die Erträge liegen deutlich niedriger als im herkömmlichen Anbau.
- Die deutlich langsamere Bodenerwärmung, die sich bei der sehr wärmeliebenden Sojabohne stärker auswirkt als bei anderen Feldfrüchten;
- Die Direktsaat führt zu einer höheren Bodendichte. Dies kann die Rhizobien schwächen und zu schlechter Stickstoffversorgung führen. Die Rhizobien sind auf Sauerstoff und damit auf eine gute Bodendurchlüftung angewiesen.

Strip Till

Das Strip Till-Verfahren könnte im Sojaanbau einen Mittelweg zwischen Blank- und Direktsaat darstellen. Derzeit gibt es nur wenige Versuche, die eine sicher erfolgreiche Anwendung erkennen lassen. Praxiserfahrungen zeigen, dass eine erfolgreiche Umsetzung möglich ist. Voraussetzungen sind die spezielle Technik, sowie der Glyphosateinsatz vor der Saat.

Dammkultur

Die Dammkultur ist ein sehr altes, weltweit verbreitetes Bodenbearbeitungssystem mit einem erhöhten Saatbett und einem für die Pflanzen größeren durchwurzelbaren Raum. Es wird im Ökolandbau teilweise praktiziert. Bekannt sind z. B. das Turiel-System und das Wiethaler-System. Die Systeme kommen in erster Linie für Betriebe in Frage, die bereits mit dieser Technik arbeiten.

Das Wichtigste in Kürze - Anbauverfahren

- Pflug- und Mulchsaatverfahren + passende Sätechnik sind gängige Anbauverfahren.
- Im Ökolandbau wird Soja nach Pflug oder pfluglos bestellt.
- Soja ist aufgrund des späten Reihenschlusses erosionsgefährdet. Um Bodenabtrag zu vermeiden, Mulchsaat oder kein Anbau auf hängigen, erosionsgefährdeten Flächen;
- Cross Compliance-Vorgaben und die „Gute fachliche Praxis“ zum Erosionsschutz sind zu beachten.
- Direktsaatverfahren haben sich in Deutschland bisher nicht durchgesetzt.

Quellen und weitere Informationen - Anbauverfahren

- Informationen des Sojanetzwerks:
<https://www.sojafoerderring.de/anbauratgeber/besondere-anbauverfahren/>
- Soja als Zweitfrucht nach Grünroggen:
https://www.sojafoerderring.de/wp-content/uploads/2013/12/soja_versuch_mulchsaat_schneider.pdf
- Direktsaat von Sojabohnen im Ökolandbau:
<https://www.sojafoerderring.de/wp-content/uploads/2013/12/Ökolandbau-DS-Soja-BB14-01-Bericht-2014-Stand-15-09-01.pdf>
<https://www.sojafoerderring.de/anbauratgeber/besondere-anbauverfahren/direktsaat-im-wintergetreide/>

Quellen und weitere Informationen - Anbauverfahren

- Praxiserfahrung, Unkrautregulierung und Mulchsaat bei Soja im ökologischen Landbau:
<http://www.lfl.bayern.de/publikationen/schriftenreihe/137685/index.php>
- Projekt „FixVorSaat Soja“: <https://www.landwirtschaft-bw.info/pb/MLR.LTZ.Lde/Startseite/Arbeitsfelder/Optimierung+des+Sojaanbaus>

3.6 Saat

Saatbettbereitung und Sätechnik

Ein optimales Saatbett ist wichtig für einen guten Feldaufgang. Es sollte feinkrümelig, rückverfestigt und eben sein. Der Einsatz der Walze kann für die kapillare Wasserversorgung, je nach Bodenart und Bodenstruktur, von Vorteil sein. Verschlämmung kann den Feldaufgang massiv beeinträchtigen, daher auf gefährdeten Standorten keine zu intensive Bearbeitung. Auf eine gleichmäßige Tiefenablage und geschlossene Saatrillen ist zu achten, um Schäden bei der Unkrautregulierung zu vermeiden. Genaues Anschlussfahren ist Grundvoraussetzung für einen erfolgreichen Einsatz von Hackgeräten zur mechanischen Unkrautregulierung. Eine große Erleichterung und Unterstützung bieten Parallelführungssysteme, Lenkassistenten oder automatische Lenksysteme.

Mit der Saatbettbereitung kann bereits eine direkte Unkrautbekämpfung erfolgen. Beim Verfahren „Falsches Saatbett“ erfolgt eine nahezu saatfertige Bodenbearbeitung etwa 7 - 14 Tage vor der eigentlichen Saat. Die zum Saattermin bereits gekeimten Unkräuter werden mit einer nochmals leichten Bodenbearbeitung (z. B. Egge oder leichte Saatbettkombination) beseitigt. Hierdurch kann der Unkrautdruck im Jugendstadium der Soja reduziert werden.

Saatzeit

Die Saatzeit entspricht der des Körnermaises bei einer Bodentemperatur von möglichst über 10 °C. Wichtiger als die Bodentemperatur ist jedoch eine nachfolgend warme Hochdruckwetterlage um einen zügigen Feldaufgang zu gewährleisten. Dies kann in manchen Regionen bereits Anfang April der Fall sein (z. B. Weinbauklima), in kühleren Regionen auch erst in der ersten Maiwoche. Eine verspätete Saat ab Mitte Mai sollte unbedingt vermieden werden, da damit das Risiko einer zu späten Abreife sowie von Ertragsverlusten steigt. In kühleren Regionen kann bei später Saat und ungünstiger Witterung eine Ernte sogar unmöglich werden.

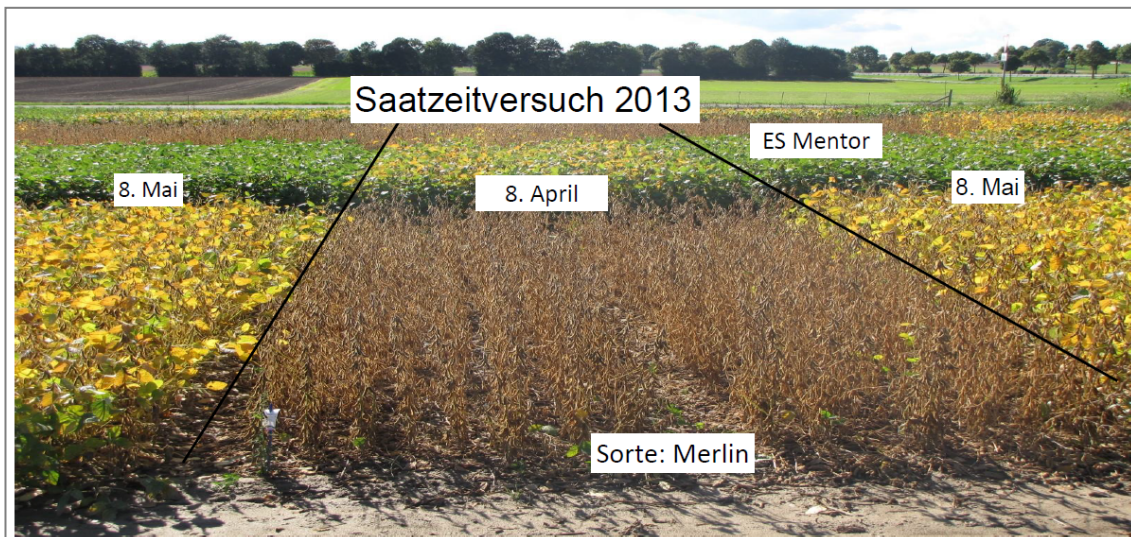


Abbildung 6: Unterschiedliche Abreife der Sorte Merlin (vordere Reihe) in Abhängigkeit von der Saatzeit. Quelle: A. Aigner, G. Salzeder, LfL-IPZ.

Sätechnik

Sojabohnen können mit herkömmlicher Drilltechnik oder in Einzelkornsaat angebaut werden. Welches Verfahren zu bevorzugen ist, hängt von den Gegebenheiten am Standort, der verfügbaren Technik und vom Verfahren der Unkrautregulierung ab. In Exaktversuchen schnitten unter konventionellen Anbaubedingungen beide Verfahren ähnlich gut ab. Unterschiede zeigten sich im Hinblick auf Verunkrautung und Tiefenablage. In eher feuchteren Regionen kann es bei der Einzelkornsaat mit weiten Reihen zu Verunkrautung mit entsprechenden Ernteproblemen kommen. Die Drillsaat mit enger Reihe zeigt hier eindeutig Vorteile, da der Boden im Sommer noch relativ lange durch die dichten Bestände beschattet wird. Weniger Probleme mit der weiten Reihe haben die Betriebe in Trockengebieten, da häufig die notwendigen Niederschläge ausbleiben, um Unkräuter in Keimstimmung zu bringen. In Versuchen unter Bedingungen des Ökologischen Landbaus schnitt die weite Reihe aufgrund der zusätzlichen Regulierungsmöglichkeiten durch Hackeeinsatz besser ab. Die verwendete Saattechnik ist bezüglich der Hülsenansatzhöhe zweitrangig. In Exaktversuchen zeigten sich keine signifikanten Unterschiede.

Einfluss der Bodentemperatur auf den Auflauf am Standort Freising

Jahr	1. Saatzeit: Anfang April				2. Saatzeit: Mitte April				3. Saatzeit: Ende April				4. Saatzeit: Anfang Mai			
	Datum	Bodentemperatur		Tage	Datum	Bodentemperatur		Tage	Datum	Bodentemperatur		Tage	Datum	Bodentemperatur		Tage
		am Saattag	nächsten 14 Tage	bis Auflauf		am Saattag	nächsten 14 Tage	bis Auflauf		am Saattag	nächsten 14 Tage	bis Auflauf		am Saattag	nächsten 14 Tage	bis Auflauf
2011	31.3.	8,6	10,8	22	11.4.	12,1	11,8	17	26.4.	12,1	13,9	15	6.5.	14,4	16,6	11
2012	3.4.	8,8	7,9	26	19.4.	10,4	12,7	14	30.4.	15,8	14,1	11	10.5.	14,4	14,0	12
2013	8.4.	4,2	8,2	24	23.4.	9,0	12,5	20	30.4.	8,9	14,7	17	8.5.	16,3	15,0	18
Mittel		7,2	9,0	24		10,5	12,3	17		12,3	14,2	14		15,0	15,2	14
Feldaufgang %		74				81				90				78		

Einfluss der Saatzeit auf Ertrag und Abreife am Standort Freising

Jahr	1. Saatzeit: Anfang April				2. Saatzeit: Mitte April				3. Saatzeit: Ende April				4. Saatzeit: Anfang Mai			
	Ernte-termin	Ertrag dt/ha	Feuchte 1)	%	Ernte-termin	Ertrag dt/ha	Feuchte	%	Ernte-termin	Ertrag dt/ha	Feuchte	%	Ernte-termin	Ertrag dt/ha	Feuchte	%
Sorte Merlin																
2011	28. 9.	37,6	A	18,3	28. 9.	39,9	A	19,2	5.10.	34,5	B	19,4	5.10.	31,1	C	21,2
2012	11. 9.	45,1	A	14,0	11. 9.	50,7	A	13,3	11. 9.	48,1	A	17,6	17. 9.	45,8	A	28,1
2013	23. 9.	43,4	C	15,8	23. 9.	46,2	AB	15,7	23. 9.	47,8	A	15,7	23. 9.	47,1	AB	21,0
Mittel 3 Jahre		42,0	A	16,0		45,6	A	16,1		43,5	A	17,6		41,3	A	23,4
Sorte ES Mentor																
2011	5. 10.	42,1	A	19,5	5. 10.	43,2	A	20,3	5. 10.	40,5	A	29,1	5. 10.	37,8	B	38,6
2012	26. 9.	48,2	A	25,9	26. 9.	49,2	A	25,0	26. 9.	47,8	A	26,6	4. 10.	45,1	B	-
2013	2. 10.	54,0	A	15,8	2. 10.	55,0	A	16,5	2. 10.	54,6	A	17,2	2. 10.	52,0	A	28,8
Mittel 3 Jahre		48,1	A	20,4		49,1	A	20,6		47,6	A	24,3		45,0	B	33,7

1) Mittelwertvergleich mittels SNK; P = 5%

Abbildung 7: Einfluss der Bodentemperatur auf den Auflauf und Einfluss der Saatzeit auf Ertrag und Abreife am Standort Freising. Quelle: A. Aigner, LfL-IPZ.

Drillsaat – Reihenweite 12-15 cm

Bewährt hat sich die Drillsaat mit Reihenabständen von 12-15 cm. Im Hinblick auf Spätverunkrautung bietet die enge Reihe Vorteile gegenüber der weiten Reihe mit Einzelkornsaat.

Einzelkornsaat – Reihenweite 37,5-50 cm

Die Einzelkornsaat mit weitem Reihenabstand ist das Standardverfahren in vielen Ökobetrieben. Damit können zusätzlich zum Striegel die Hacke und auch Zusatzwerkzeuge eingesetzt werden, was Vorteile in der mechanischen Unkrautregulierung bietet. In Trockengebieten mit geringem Risiko für Spätverunkrautung liegen die Vorteile der Einzelkornsaat in der exakten Tiefenablage und einem gleichmäßigen Feldaufgang.



Abbildung 8: Vergleich von Drillsaat (links) und Einzelkornsäat (rechts) im Versuch. Quelle: LfL-IPZ.

Saatstärke

Die Saatstärke ist unabhängig von der Sätechnik. Empfohlen wird eine Aussaatmenge von 50-75 Körnern je m² (je nach TKG 100–170 kg/ha). Bei frühreifen 000-Sorten sollte eher die obere, bei spätreifen 00-Sorten eher die untere Saatstärke gewählt werden. Spätreife Sorten verzweigen meist stärker und nutzen den Standraum auch bei geringeren Saatstärken.

Das im Handel erhältliche Z-Saatgut ist (mit wenigen Ausnahmen) in Einheiten von je 150.000 Körnern abgepackt. Somit beträgt der Saatgutbedarf 3,5–5 Einheiten je Hektar.

Empfohlene Saatstärken:

- 000-Sorten: 65-75 keimfähige Körner/m²
- 00-Sorten: 50-60 keimfähige Körner/m²
- Bei mechanischer Unkrautregulierung empfiehlt sich ein Zuschlag von 10-20 %.

Saattiefe

Die Saattiefe sollte mindestens 3 cm, maximal 5 cm betragen. Je nach Bodenart, Bodenzustand und Unkrautregulierung ist die Saattiefe anzupassen. Guter Wasseranschluss ist wichtig. Auf schweren Böden ist etwas flacher, auf leichten Böden etwas tiefer zu säen:

- 3 cm: bei früher Saat, schweren oder kalten Böden
- 3-4 cm: bei späterer Saat, leichten, warmen oder trockenen Böden
- 4-5 cm: bei mechanischer Unkrautregulierung. Bei Einsatz des Herbizides Stomp Aqua wird ebenfalls eine Saattiefe von 5 cm empfohlen, um Herbizidschäden zu vermeiden.

Tabelle 6: Saattechnik- und Saatstärkeversuche bei Sojabohnen. Quelle: A. Aigner, G. Salzeder, LfL-IPZ.

Standort Oberhummel / Pettenbrunn bei Freising 2012/14/15

	Saatstärke pro qm		Keim- pflanzen pro qm	Feldauf- gang %	Kornertrag dt/ha		TKG g	Hülsen- ansatz cm	Pflanzen- länge cm	Lager vor Ernte
					abs.	relativ				
Drillsaat 17 cm	Sultana	49	45	93	44,1	= 100 %	197	10,4	84	2,6
	Sultana	59	52	87	44,8	101,5	200	10,5	85	2,6
	Sultana	69	60	87	44,2	100,2	198	10,8	88	3,6
	ES Mentor	48	44	94	46,5	= 100 %	208	12,9	95	2,3
	ES Mentor	59	53	90	47,8	102,7	209	13,5	95	2,8
	ES Mentor	69	61	90	47,7	102,6	208	13,4	96	2,9
EZK-Saat 50 cm	Sultana	51	39	77	40,6	= 100 %	202	8,9	78	1,3
	Sultana	58	44	76	41,0	101,0	203	9,2	80	1,4
	ES Mentor	50	38	77	46,1	= 100 %	203	10,8	85	1,0
	ES Mentor	60	43	73	47,7	103,4	201	11,3	84	1,0

Das Wichtigste in Kürze - Saat

Saatbettbereitung:

- feinkrümelig, rückverfestigt, keine Verschlammung
- Falsches Saatbett zur vorbeugenden Unkrautregulierung

Saatzeit:

- Saat ab 10 °C Bodentemperatur, je nach Region Anfang April bis Anfang Mai;
- Hochdruckphase nach der Saat ist wichtig für einen schnellen Feldaufgang;
- Ziele sind ein schneller und gleichmäßiger Feldaufgang und eine schnelle Jugendentwicklung.
- Spätsaaten Mitte/Ende Mai vermeiden → Ertragsverluste und Reifeverzögerungen

Sätechnik:

- Normale Getreidedrille, 12-15 cm Reihenweite
- Einzelkornsaat, 37,5-50 cm Reihenweite
- Ablagetiefe 3–5 cm, je nach Standortbedingungen und Unkrautregulierung
- Im Ökolandbau ist Einzelkornsaat mit großer Reihenweite das Standardverfahren (Hackeinsatz).
- Weite Reihe: Risiko von Spätverunkrautung da später Reihenschluss, Dauerwirkung

Das Wichtigste in Kürze - Saat

der Herbizide meist nicht ausreichend, insbesondere in feuchteren Regionen.

- Im konventionellen Anbau hat die weite Reihe meist keine Vorteile.

Saatstärke:

- Saatgutvertrieb in Einheiten mit 150.000 keimfähigen Kö/EH
- Saatstärke unabhängig von der Sätechnik
- frühreife 000-Sorten: 65-75 Kö/m² (4,5-5 Einheiten je ha)
- Geringere Verzweigungsleistung, daher höhere Saatstärke;
- spätere 00-Sorten: 50-60 Kö/m² (3,5–4 Einheiten je ha)
- Höhere Verzweigungsleistung, daher geringere Saatstärke;
- Bei mechanischer Unkrautregulierung Zuschlag von 10-20 %

Quellen und weitere Informationen - Saat

- Lehrfilm zur Aussaat von Sojabohnen:
<https://www.sojafoerderring.de/anbauratgeber/aussaat/video-aussaat-von-bio-sojabohnen/>
- Richtige Saatzeit:
<https://www.sojafoerderring.de/anbauratgeber/aussaat/saatzeitpunkte/>

3.7 Düngung

N-Düngung

Die Stickstoffversorgung der Sojabohne wird durch die Impfung mit Knöllchenbakterien (Rhizobien) sichergestellt (Kapitel 3.4 Impfung). Eine zusätzliche Düngung mit mineralischem oder organischem Stickstoff erfolgt im Sojaanbau nicht. Die Kontrolle der Knöllchenbakterien findet im Juni/Juli statt. Hat die Pflanze zu diesem Zeitpunkt keine Knöllchen angesetzt, funktioniert die Stickstoffversorgung nicht ausreichend. Mindererträge sind nicht mehr abzuwenden. In diesem Fall ist eine mineralische N-Düngung zum Ende der Blüte in Höhe von 50-80 kg N/ha vertretbar. Damit kann der Ertragsabfall im Optimalfall reduziert, aber nicht vollständig ausgeglichen werden. Die Stickstoffnachlieferung von Soja ist niedriger anzusetzen als bei Erbsen oder Ackerbohnen. Die Nachfrucht profitiert vor allem von der guten Bodenstruktur und den Vorteilen einer Fruchtfolgeauflockerung.

Grunddüngung

Zum optimalen Wachstum ist eine ausgeglichene Versorgung mit Phosphor (P), Kalium (K) und Magnesium (Mg) wichtig. Die Höhe der P-, K- und Mg-Düngermenge wird bemessen nach dem Nährstoffentzug durch Abfuhr und der Nährstoffgehaltsklasse des Bodens. Die Nährstoffabfuhr ergibt sich aus der Ertragserwartung bzw. den mittleren Erträgen, multipliziert mit dem Entzug durch das Erntegut (Tabelle 7). Je nach Gehaltsklasse des Bodens werden dazu Zu- oder Abschläge gemacht. Die Vorgaben dazu sind den jeweiligen Veröffentlichungen der Bundesländer zur Düngung zu entnehmen.

Tabelle 7: Beispiel zur Abschätzung der Nährstoffabfuhr bei Sojabohnen. Quelle: Leitfaden für die Düngung von Acker und Grünland – Gelbes Heft, Stand 2018.

Sojabohnen	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
Gehalt im Erntegut (Korn) in kg/dt FM	1,50	1,70	0,50
Berechnung bei einem Ertrag von 30 dt/ha	30 x 1,5	30 x 1,7	30 x 0,5
Nährstoffabfuhr in kg/ha	45	51	15

Schwefeldüngung

Der hohe Eiweißgehalt der Sojabohne legt die Vermutung nahe, dass Schwefel (S) als zentraler Eiweißbaustein beim Sojaanbau eine wichtige Rolle spielt. Versuchsergebnisse haben gezeigt, dass in der Regel der im Boden vorhandene Schwefel ausreicht, um den Bedarf von ca. 10 kg S pro Jahr (Entzug) zu decken. Auf normal versorgten Standorten ist damit keine Schwefeldüngung notwendig.

Bor

Blattdüngungsmaßnahmen, z. B. 2 kg/ha Solubor, sind bei geringer Borversorgung des Bodens (Gehaltsklasse A und B) sinnvoll. In der Regel sind Spurenelemente aber nicht ertragsbegrenzend.

Das Wichtigste in Kürze - Düngung

- Keine N-Düngung zu Soja. Dies schränkt die Wirkung der Knöllchenbakterien ein.
- Ausnahme: fehlender Knöllchenansatz zur Blüte und Gelbfärben des Bestandes → 50-80 kg N/ha zu Blüte zur Begrenzung des Ertragsausfalls.
- Die Grunddüngung erfolgt nach den Vorgaben der Düngeverordnung. Die Richtwerte finden sich in den Veröffentlichungen der einzelnen Länder. Größenordnung der Abfuhr pro ha und Jahr: 45 kg P_2O_5 , 51 kg K_2O , 15 kg MgO.
- Schwefelbedarf: ca. 10 kg S/ha. Eine Schwefeldüngung ist auf normal versorgten Böden nicht notwendig.
- Bor: im Bedarfsfall (Bodengehalte in Klasse A und B) über Blatt verabreichen.

Hinweis: die jeweils aktuellen Vorgaben der Düngeverordnung sind zu beachten!

Quellen und weitere Informationen - Düngung

- Schwefeldüngung:
<https://www.sojafoerderring.de/anbauratgeber/duengung/schwefelduengung/>
- Versuche Schwefeldüngung Erbsen, Soja:
Bioland 3/2014, S. 12-13. Für Erbsen reicht der Schwefel.

3.8 Pflanzenschutz

3.8.1 Unkrautregulierung

Die erfolgreiche Unkrautkontrolle in Soja ist entscheidend für den Anbauerfolg. Sojaflächen neigen wegen langsamer Jugendentwicklung der Kultur zu starker Verunkrautung. Soja reagiert auf diese Konkurrenz mit empfindlichen Ertragsverlusten. Außerdem kann Unkrautbesatz die Qualität des Ernteguts beeinträchtigen. Die erfolgreiche Unkrautkontrolle erfordert im konventionellen wie im ökologischen Anbausystem bereits vor der Saat regulierende Maßnahmen.

Vorbeugende Maßnahmen zur Unkrautregulierung

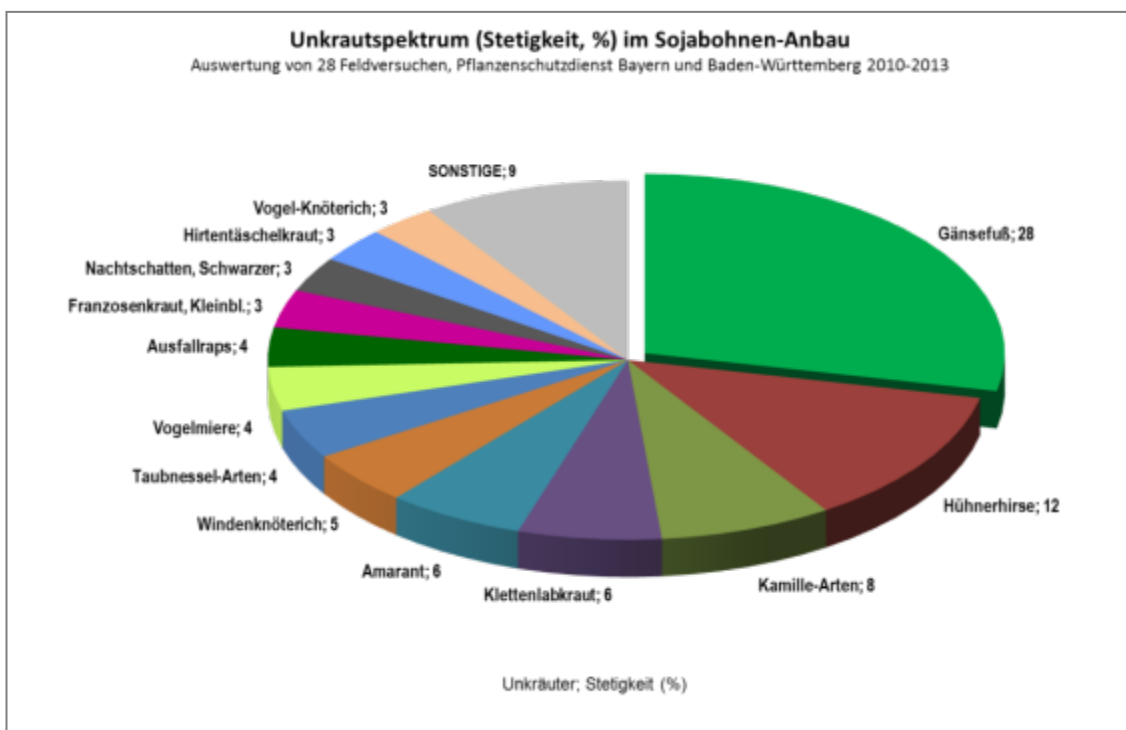


Abbildung 9: Unkrautspektrum in Prozent in Soja. Quelle: K. Gehring, LfL-IPS.

Für den Sojaanbau sollten Felder mit geringerem Unkrautbesatz ausgewählt werden. Die Freiheit von Problemunkräutern wie Ackerkratzdistel und Ackerwinden sollte gewährleistet sein, da diese in Soja nicht wirksam bekämpft werden können. Disteln und Winden müssen im Getreide im Rahmen der Fruchtfolge bekämpft werden.

Zu den Leitunkräutern in Soja zählen wärmeliebende Spätkeimer wie Gänsefuß-, Melde-, und Hirsearten, Amarant und Schwarzer Nachtschatten. Als Vorfrucht sind Kulturen zu bevorzugen, in denen eine sichere Unkrautkontrolle möglich war (z. B. Wintergetreide) und die damit einen relativ niedrigen Unkrautbesatz in der Soja versprechen.

Weitere Maßnahmen zur vorbeugenden Unkrautunterdrückung sind ein bestmöglicher Zwischenfruchtanbau nach frühräumenden Vorfrüchten, gezielte Stoppelbearbeitung als mechanische Bekämpfung von Wurzelunkräutern (z. B. Quecke) oder von Ausfallkulturen und bereits aufgelaufenen Unkräutern (z. B. Ackerfuchsschwanz), tief wendende Grundbodenbearbeitung vor dem Sojaanbau und das Verfahren „Falsches Saatbett“ (siehe 3.6 Saatbettbereitung).

3.8.2 Chemische Unkrautregulierung

In Sojabohnen ist eine Reihe von Herbiziden zugelassen. Aus Gründen der Kulturverträglichkeit handelt es sich dabei allerdings vorwiegend um Bodenherbizide. Die entscheidende Maßnahme für eine verträgliche und effiziente Unkrautbekämpfung ist daher die Voraufbehandlung. Eine ausreichende Bekämpfung dikotyler Unkräuter ist im Nachauflauf nicht möglich. Eine reine Gräserbehandlung kann, falls erforderlich, mit Graminiziden im Nachauflauf vorgenommen werden.

Zugelassene Herbizide in Soja (Stand September 2017)

- Bodenherbizide zur Voraufbehandlung:
Wirkstoffe: Metribuzin, Pendimethalin, Dimethenamid-P, Clomazone, Flufenacet;
Präparate: z. B. Sencor Liquid, Stomp Aqua, Spectrum, Centium 36 CS , Artist;
- Blattherbizide im Nachauflauf:
Wirkstoff: Thifensulfuron;
Präparat: z. B. Harmony SX;
- Graminizide im Nachauflauf:
Wirkstoffe: Cycloxydim, Fluazifop-P;
Präparate: z. B. Fusilade Max, Focus Ultra;

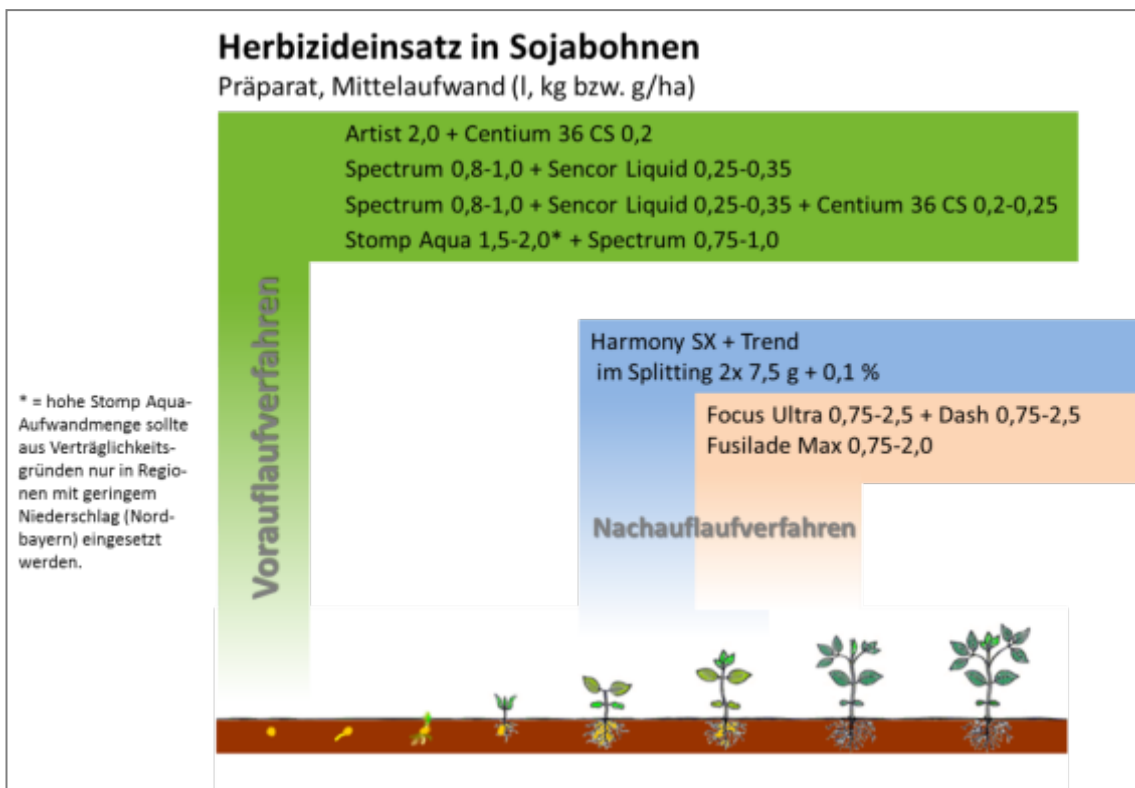


Abbildung 10: Verfahren zur chemischen Unkrautregulierung bei Soja. Quelle: K. Gehring, LfL-IPS. Stand: September 2017.

Standardverfahren Vorauflaufbehandlung

In der Praxis haben sich vor allem zwei Behandlungskonzepte für eine breit wirksame Unkrautbekämpfung im Vorauflaufverfahren bewährt:

- Die Mischung aus den drei Bodenwirkstoffen Metribuzin, Flufenacet und Clomazone. Diese breitwirksame Kombination besteht aus 1,5–2,0 kg/ha Artist + 0,25 l/ha Centium 36 CS. Die Stärke dieser Mischung ist vor allem die sichere Wirkung gegen die Leitunkräuter Weißer Gänsefuß/Melde. Der Einsatz ist von metribuzinverträglichen Sorten abhängig und es müssen die spezifischen Anwendungsbestimmungen von Clomazone beachtet werden. Flächen mit einem hohen Besatz an Schwarzem Nachtschatten sind weniger geeignet, da die Mischung hier Schwächen zeigt.
- Die ebenfalls breit wirksame Kombination aus den drei Bodenwirkstoffen Metribuzin, Dimethenamid-P und Clomazone. Diese setzt sich aus 0,3–0,4 l/ha Sencor Liquid + 0,6–0,8 l/ha Spectrum + 0,25 l/ha Centium 36 CS zusammen. Die Stärke dieser Kombination liegt vor allem in der Dauerwirkung gegen typische Sommerunkräuter wie z. B. Hirse-Arten, Amaranth, Schwarzer Nachtschatten und Franzosenkraut. Die Wirkung gegen Gänsefuß/Melde ist etwas schwächer als bei Artist/Centium 36 CS-Kombinationen. Auch bei dieser Kombination sind die Metribuzin-Sortenverträglichkeit

und Clomazone-Auflagen zu beachten. Auf Standorten mit geringerem Unkrautdruck kann die Dreifachmischung auf eine Zweifachkombination aus Spectrum plus Sencor liquid reduziert werden. Hierdurch werden Kosten eingespart und die Clomazone-Auflagen erübrigen sich. Das standortspezifische Unkrautspektrum muss allerdings beachtet werden.

Wichtig für eine optimale Wirkung und Verträglichkeit bei beiden Varianten:

Die oberen Aufwandmengen gelten für Ton- und/oder humusreichere Böden (Lehm; toniger Lehm) bzw. in trockeneren Regionen, die unteren Aufwandmengen gelten für leichte Böden (sandiger Lehm; schluffiger, lehmiger Sand) bzw. feuchteren Regionen. Sehr humusreiche Böden (Humusgehalt deutlich über 3 %) sind für den Einsatz reiner Bodenherbizide nicht geeignet, da zu viel Wirkstoffanteil am Humus gebunden wird.

Für eine sichere Wirkung und gute Kulturverträglichkeit beim Einsatz von Voraufbauherbiziden ist eine ausreichend feinkrümelige Saatbettbereitung, ausreichend Bodenfeuchte und exakte Saatgutablage mit entsprechender Überdeckung notwendig. Bei ungünstiger Bodenstruktur kann der Einsatz einer Walze sinnvoll sein.

In Einzelfällen kann es auch in verträglichen Sorten zu nekrotischen Blattflecken auf den unteren Blättern durch den Wirkstoff Metribuzin kommen. Diese wachsen sich jedoch schnell aus, eine Wachstumsverzögerung ist kaum zu beobachten. Daraus resultierende Ertragsdepressionen wurden bisher in Versuchen nicht bestätigt.

Stomp-Variante als regionalspezifische Behandlung

Bei den Voraufbaupräparaten steht auch der Spectrum Aqua-Pack mit 0,75-1,0 l/ha Spectrum und 1,5-2,0 l/ha Stomp Aqua zur Verfügung. Die Herbizidkombination ist für Standorte mit einem niedrigen bis mittleren Unkrautdruck und für Anbauregionen mit geringeren Niederschlägen (500–600 mm/Jahr) geeignet und stellt unter diesen Bedingungen eine relativ kostengünstige und auch gräserwirksame Behandlung dar. Der Einsatz begrenzt sich auf trockenere Anbauregionen, da in Versuchen bei stärkeren Niederschlägen nach der Behandlung spezifische und nachhaltige Kulturschäden festgestellt wurden, die auf das Einwaschen des Wirkstoffs Pendimethalin in die Keimwurzelzone der Kultur zurückzuführen sind. In niederschlagsärmeren Regionen, wie z. B. in Unterfranken, wurden diese Symptome dagegen nie beobachtet. Die Aufwandmenge kann an den Unkrautdruck und die jeweilige Bodenart angepasst werden (niedrige Aufwandmenge auf leichten Böden).

Nachbehandlung gegen Unkräuter

Falls bei ungünstigen Witterungsbedingungen in Form von anhaltender Trockenheit das Wirkungspotenzial der im Voraufbau eingesetzten Bodenherbizide nicht vollständig umgesetzt werden konnte, kann noch in begrenztem Umfang durch eine Nachaufbaubehandlung nachreguliert werden. Wenn die Sojabohne in einer Rapsfruchtfolge bzw. nach Winterraps steht und bereits Ausfallraps aufgelaufen ist, lässt sich eine Nachaufbaubehandlung häufig nicht vermeiden, da alle Voraufbauwirkstoffe eine Wirkungslücke gegen Ausfallraps haben. Derzeit steht für den Nachaufbau nur ein Sulfonylharnstoffpräparat Harmony SX (Thifensulfuron) zur Verfügung.

Harmony SX ist im Nachaufbau im Splittingverfahren bis zu BBCH 14 (Laubblätter am 4. Nodium entfaltet) der Sojabohne zugelassen. Nach der ersten Behandlung ab BBCH 12 mit 7,5 g/ha folgt die zweite Behandlung mit ebenfalls 7,5 g/ha im Abstand von 7–14 Tagen. Unkräuter wie Amarant, Hundskamille, Hohlzahn, Kamille und Vogelmiere werden von der Behandlung schwerpunktmäßig erfasst.

Wichtig für eine gute Verträglichkeit: Harmony SX greift als Sulfonylharnstoff in den Proteinstoffwechsel der Sojabohne ein und muss von der Kulturpflanze entgiftet bzw. metabolisiert werden. Leguminosen haben grundsätzlich eine gute Metabolisierungsleistung gegenüber Sulfonylharnstoffen, bei Stressbedingungen, z. B. ungünstigen Witterungsbedingungen, kann es jedoch auch zu Aufhellungen (Chlorosen) und temporären Wachstumsverzögerungen kommen. Bei hohem Kulturstress durch z. B. sehr kühle Witterung oder starke Tag-Nacht-Temperaturschwankungen, starke Trockenheit oder auch Nässe sollte daher auf den Einsatz verzichtet bzw. die Behandlung, wenn möglich, verschoben werden.

Das Wirkungspotenzial von Harmony SX muss durch die Ergänzung mit Additiven gesteigert werden, die eine höhere Wirkstoffaufnahme in die Unkräuter ermöglichen (z. B. Dupont Trend).

Nachbehandlung gegen Gräser

Falls noch Ungräser, insbesondere Hirsen, vorhanden sind, kann eine Ungrasbehandlung mit 0,8-1,0 l/ha Fusilade Max oder 1,25 l/ha Focus Ultra + 1,25 l/ha Dash durchgeführt werden. Dies sollte jedoch in einem separaten Arbeitsgang erfolgen, um kein unnötiges Verträglichkeitsrisiko einzugehen. Die Präparate sind rein blattaktiv. Beim Einsatz ist zu beachten, dass Ungräser, die durch den Blattapparat der Soja abgeschirmt sind, nicht ausreichend benetzt werden können und Minderwirkungen möglich sind. Die Gräserbehandlung ist im Zwei- bis Dreiblattstadium der Ungräser optimal. Bei Ackerfuchsschwanz als Leitungsgas ist Focus Ultra aus resistenztechnischen Gründen zu bevorzugen. Allerdings ist diese zusätzliche Gräserbekämpfung häufig nicht notwendig, da die Nebenwirkungen der Voraufbaukombinationen gegen Ungräser oftmals ausreichen. Gegen Quecken kann eine Teilflächen- oder Randbehandlung vorgenommen werden.

Das Wichtigste in Kürze - Chemische Unkrautregulierung

- Für die erfolgreiche Unkrautregulierung im Sojaanbau sind vorbeugende Maßnahmen im Rahmen der Fruchtfolge und vor der Saat ebenso wichtig wie die direkte chemische oder mechanische Regulierung.

- Standorte mit hohem Unkrautdruck sind zu meiden, Standorte mit Ackerwinden und Disteln sind für den Sojaanbau nicht geeignet, da nicht bekämpfbar;

- Chemische Unkrautregulierung:

Standard-Behandlung im Voraufbauverfahren:

- 0,3-0,4 l/ha Sencor Liquid + 0,6–0,8 l/ha Spectrum + 0,25 l/ha Centium CS
(Sehr gute Nachtschatten- und Hirsewirkung, gute Wirkung bei Melde/Gänsefuß)
- 1,5-2,0 kg/ha Artist + 0,25 l/ha Centium 36 CS
(Besonders stark bei Melde/Gänsefuß)

Regionalspezifische Voraufbaubehandlung:

- 1,5 l/ha Stomp Aqua + 0,75 l/ha Spectrum
(Gute Wirkung bei Melde/Gänsefuß, Nachtschatten- und Hirsearten; nur für trockenere Regionen geeignet;)

Optionale Nachaufbaubehandlungen bei Bedarf:

- Gegen Unkräuter: Splittingbehandlung mit 2 x 7,5 g/ha Harmony SX im Nachaufbau bis BBCH 14 der Sojabohne, Additiv zum Öffnen der Wachsschicht zugeben;
- Speziell gegen Samenungräser und Hirsen: 1,0 l/ha Fusilade Max oder 1,25 l/ha Focus Ultra + 1,25 l/ha Dash
- Gegen Quecke: 2,0 l/ha Fusilade Max oder 2,5 l/ha Focus Ultra + 2,5 l/ha Dash
- Wichtig: Präparatewahl und Aufwandmengengestaltung ist an die Standortbedingungen und Bodenverhältnisse anzupassen!
- Saatbettbereitung und Sätechnik ist für die Wirkungssicherheit und Kulturverträglichkeit mit entscheidend.
- Aktuelle Informationen: Unkrautkontrolle in Sojabohnen – LfL:
<http://www.lfl.bayern.de/ips/unkraut/030191/index.php>

Quellen und weitere Informationen – Chemische Unkrautregulierung

Chemische Unkrautbekämpfung:

- <http://www.lfl.bayern.de/ips/unkraut/030191/index.php>
- <https://www.sojafoerderring.de/anbauratgeber/beikrautregulierung/konventionell/>
- https://www.sojafoerderring.de/wp-content/uploads/2014/05/Anbauanleitung_für_Sojabohnen_2017_lang-.pdf
- <https://www.sojafoerderring.de/anbauratgeber/diverse-anbauratgeber/>

3.8.3 Mechanische Unkrautregulierung

Aufgrund des hohen Unkrautdrucks wurden bei Soja alle vorhandenen Verfahren zur mechanischen Unkrautregulierung auf unterschiedlichsten Standorten erprobt. Aktuell ist der Standard eine Kombination aus Striegel, häufig bereits vor dem Auflaufen, und mehreren Durchgängen mit der Maschinenhacke. In schwierigen Jahren (nasskaltes Frühjahr) kommt es immer wieder vor, dass abschließend von Hand nachgearbeitet wird. Dies gilt es zu vermeiden.

Striegel

Der Striegel bringt bei geringen Kosten eine große Flächenleistung. Sehr wirkungsvoll ist ein Einsatz im Voraufbau. Hier ist der Zeitpunkt sehr wichtig! Die epigäischen (oberirdischen) Soja-Keimlinge sind äußerst empfindlich. Bei gleichmäßiger Saattiefe auf 4 cm und je nach Witterung wird häufig wenige Tage nach der Aussaat blind gestriegelt.

Der Striegeleinsatz hat seine Grenzen:

- Im empfindlichen Stadium zwischen kurz vor dem Auflaufen bis zum 1-Blatt-Stadium der Kultur;
- Auf schweren, verschlammten Böden;
- Bei größeren Unkräutern;
- Nach dem Auflaufen, insbesondere ab 20 cm Pflanzenhöhe, kann es zu Pflanzenausfällen kommen. Daher ggf. Saatstärke etwas erhöhen;



Abbildung 11: Fädchenstadium des Unkrauts (links); Keimblattstadium des Unkrauts (rechts).
Quelle: LWK Niedersachsen.

Blindstriegeln

Die wesentliche Wirkung des Striegels ist das Verschütten und Ausreißen der noch kleinen Unkräuter im frühen Fädchen- bis Keimblattstadium. Beim Blindstriegeln muss auf eine präzise Tiefenführung des Striegels geachtet werden. Daher ist eine exakte und gleichmäßige Tiefenablage des Saatgutes besonders wichtig. Für eine gute Striegelwirkung ist ausreichend schüttfähiger, lockerer und nicht zu grobklutiger Boden wichtig. Ideal ist zudem trockenes, sonniges und windiges Wetter, damit freigelegte Unkräuter schnell vertrocknen. Mit jedem Striegeldurchgang werden neue Unkräuter zum Keimen angeregt. Deshalb sind weitere Striegeleinsätze konsequent an erneut keimenden bzw. auflaufenden Unkräutern auszurichten.

Eine weitere Möglichkeit ist neben dem Striegel auch die Sternrollhacke (Rotary Hoe, Abb. 13), die mit hoher Geschwindigkeit (15-20 km/h) zu fahren ist und im empfindlichen Soja-Stadium (Keimblätter noch im Boden) eher einsetzbar ist als der Striegel (auf leichten Böden mit Stützrad als Tiefenbegrenzer, um Schäden zu vermeiden).

Striegeln nach Aufgang der Sojabohnen

Im Aufgang BBCH 08-09 sollte das Striegeln möglichst unterbleiben (Abb. 13). In diesen Stadien steigen die Verluste aufgrund der epigäischen Keimung deutlich an. Ein abgebrochener Sojakeimling wächst nicht mehr nach. Hat die Sojapflanze ihre Keimblätter voll entwickelt, kann vorsichtig mit dem Striegeln begonnen werden. Der Boden sollte aber nicht verkrustet sein, sonst drohen Verluste.

Das Striegeln im Nachauflauf der Sojabohnen sollte grundsätzlich erst ab dem Spätmorgens erfolgen, wenn der Zelldruck in den Pflanzen abnimmt und die Pflanzen elastischer sind. Wichtig ist, dass die Unkräuter bereits im frühen Fädchen- bzw. Keimblattstadium erfasst werden.

Mit zunehmender Größe der Unkräuter lässt der Regulierungserfolg nach. Die Arbeitsintensität der Zinkenstriegel lässt sich vor allem über die Arbeitsgeschwindigkeit regeln. Weitere Variationen der Intensität sind über die Arbeitstiefe, den Anstellwinkel der Zinken oder den Zinkendruck einstellbar. Nach dem Auflaufen sind beim Striegeln Pflanzenschäden und Bestandesausdünnungen je nach Geräteeinstellung, Boden- und Kulturzustand nicht auszuschließen. Deshalb ist die Saatstärke etwas zu erhöhen.

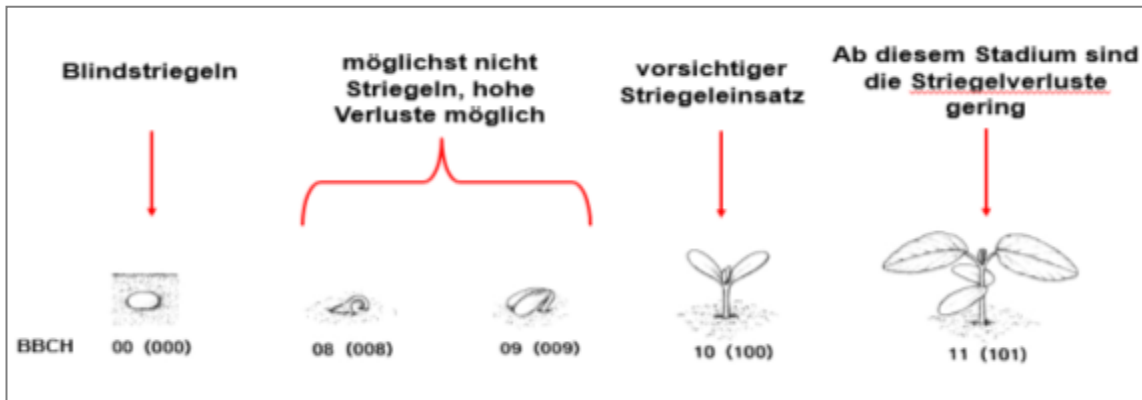


Abbildung 12: Möglichkeiten des Striegeleinsatzes in Sojabohnen. Quelle: M. Mücke, LWK Niedersachsen.

Hacken

Sojabohnen sollten bevorzugt als Hackfrucht angebaut werden. Voraussetzung ist ein Reihenabstand, der den Einsatz der Maschinenhacke erlaubt. Um das Unkraut auch innerhalb der Pflanzenreihen sicher zu erfassen, sollte die Scharhacke mit Zusatzwerkzeugen ausgestattet sein, die in den Pflanzenreihen arbeiten.

Standard sind drei bis max. fünf Durchgänge im Zeitraum zwischen Auflaufen und Reihenschluss (je nach Region 4-6 Wochen). Der letzte Hackdurchgang erfolgt zum letztmöglichen Zeitpunkt vor Reihenschluss.

Hacktechnik in Sojabohnen

A) Scharhacke mit Flachhäuflern

Mit dem Sichtbarwerden der Säreihen kann die Sojabohne vorsichtig gehackt werden. Dabei verträgt sie auch ein leichtes Anhäufeln mit Flachhäuflern oder Häufelblechen. Der Verschüttungseffekt der noch kleinen Unkräuter ist dann ausgesprochen gut, die Sojabohne wächst bereits nach wenigen Tagen durch die aufgeschüttete Erde hindurch.

Auch in späteren Wachstumsstadien der Sojabohne ist ein flaches Häufeln sehr gut möglich. Als Abschlussmaßnahme bietet sich ebenfalls ein Häufeln an. Auf steinigten Böden sind die

Flachhäufel von Nachteil, da sie die Steine direkt an die Sojapflanzen schieben und so beim späteren Drusch erheblich stören können.

B) Fingerhacke

Sie ist auf nahezu allen Böden einsetzbar und auch ältere flachwurzelnde Verkrautung bis etwa zum Dreiblattstadium kann meist noch gut erfasst werden. Allerdings ist der Aufwand für die exakte Einstellung vergleichsweise hoch. Steine können zum Blockieren der Fingerelemente führen, wodurch dann Schäden an den Sojareihen möglich sind.

C) Scharhacke mit Torsionszinken oder Nachlaufstriegel

Ein weiteres Zusatzwerkzeug für die Scharhacke sind die Torsionszinken. Kleine Unkräuter werden verschüttet. Größere Pflanzen bis etwa zum Zweiblattstadium werden gelockert, teilweise mitgezogen und von Erde befreit, sodass sie vertrocknen können. Die Versuche der Landwirtschaftskammer Niedersachsen in Sojabohnen auf Sandböden haben gezeigt, dass der Aufwand für die Maschineneinstellung gering, die Regulierungserfolge sowie die Kulturverträglichkeiten ausgesprochen gut sind. Besonders auf lockeren, sandigeren Böden ist ein guter Regulierungserfolg zu erwarten. Ein erster Einsatz der Torsionszinken ist in Soja etwa ab dem 1. Laubblattpaar (BBCH 11) möglich. Bei größerer Verkrautung können die Torsionszinken auch mit Flachhäuflern kombiniert werden. In Versuchen der LfL war das Einstellen auf schwereren Böden aufwendig und schwierig. Bei Schlägen mit wechselnden Bodenarten nicht zu empfehlen.

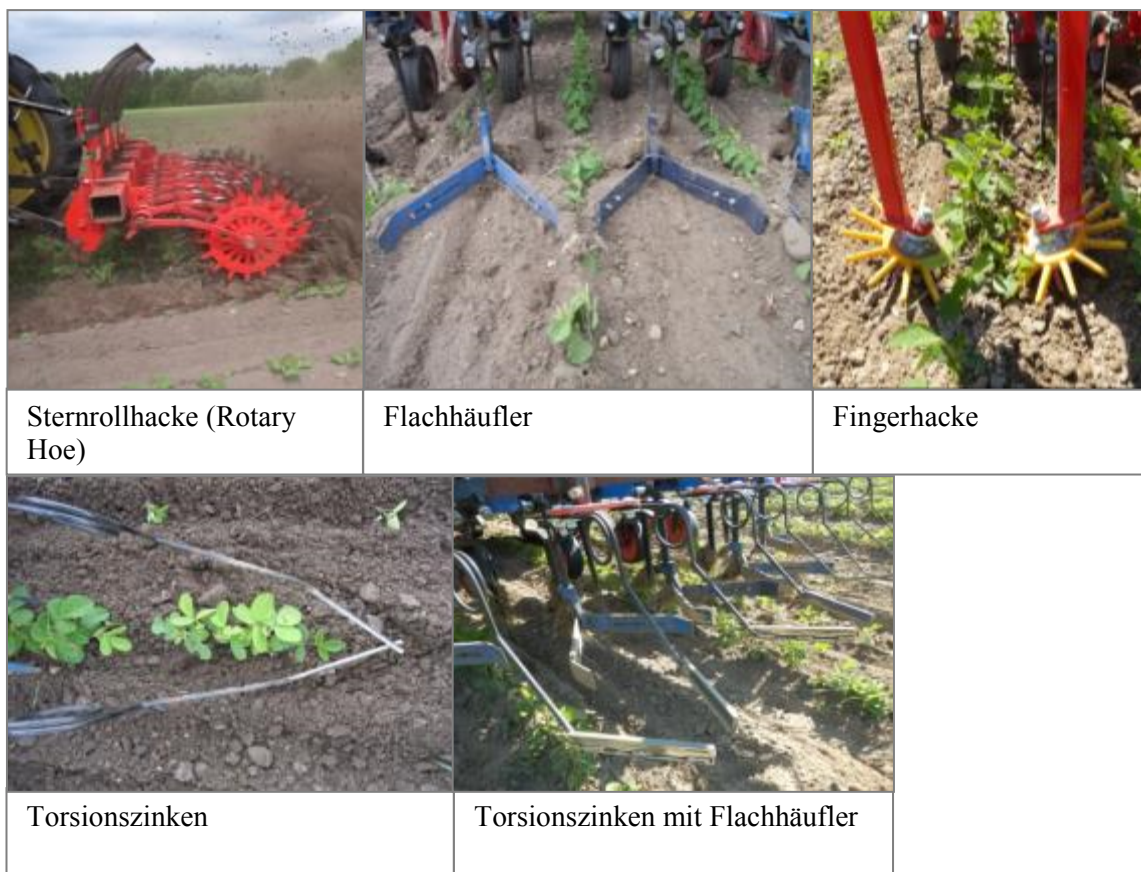


Abbildung 13: Verschiedene Hacktechnik in Sojabohnen. Quelle: LWK Niedersachsen.

Das Wichtigste in Kürze – Mechanische Unkrautregulierung

- Die Unkrautregulierung in Sojabohnen ist entscheidend für den Anbauerfolg. Sie erfordert vom Praktiker hohe Aufmerksamkeit und Einsatzbereitschaft.
- Alle vorbeugenden Maßnahmen zur Unkrautregulierung im Rahmen der Fruchtfolge sind von Bedeutung (z. B. Standortauswahl, Vorfrucht, Sortenwahl, „Falsches Saatbett“).
- Flächen mit starkem Unkrautdruck meiden, frühzeitige Regulierung der noch kleinen Unkräuter anstreben;
- Sätechnik auf die Unkrautregulierungstechnik abstimmen; Auf ausreichende Saattiefe achten;
- Optimale Bedingungen: lockerer und trockener Boden, Unkräuter noch klein, keine Wurzelunkräuter (Disteln, Winden) und möglichst sonnige Witterung nach den mechanischen Maßnahmen;

Das Wichtigste in Kürze – Mechanische Unkrautregulierung

- Aktueller Standard ist eine Kombination aus Striegel und mehreren Durchgängen mit der Maschinenhacke;

Technik:

Neben Striegel und Scharhacke sind folgende Techniken gängig. Sie ermöglichen im Unterschied zur reinen Scharhacke eine Regulierung in der Reihe:

- Sternrollhacke: Vorteile auf verkrusteten, lehmigen Böden; arbeitet kulturschonend bei hoher Flächenleistung; Stützräder zur Tiefenbegrenzung sind wichtig;
- Flachhäufler: erzielen einen hohen Regulierungserfolg und sind ausgesprochen kulturschonend; benötigt lockeren Boden;
- Fingerhacke: passt auf alle Böden, erreicht eine gute Regulierung, die Einstellung ist allerdings aufwendig und muss genau erfolgen;
- Torsionszinken: überzeugen auf leichten Böden mit guter Krautregulierung und Kulturschonung; auf Schlägen mit wechselnden Bodenarten nicht zu empfehlen.

Quellen und weitere Informationen – Mechanische Unkrautregulierung

- Mechanische Unkrautbekämpfung:
<https://www.sojafoerderring.de/anbauratgeber/beikrautregulierung/mechanisch/https://www.sojafoerderring.de/wp-content/uploads/2013/12/Leitfaden-UnkrautregulierungSoja2016final-2.pdf>
<https://www.sojafoerderring.de/wp-content/uploads/2013/12/Untersuchung-mechanische-Beikrautregulierung-Soja-Schweiz.pdf>
<https://www.sojafoerderring.de/wp-content/uploads/2014/09/Schwerpunktthema-Kamerasteuerung.pdf>
- Lehrfilm zur mechanischen Unkrautbekämpfung:
<https://www.sojafoerderring.de/anbauratgeber/beikrautregulierung/video-mechanische-beikrautregulierung-in-soja/>
- Video zum Striegeleinsatz:
<https://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/4654.htm>

3.8.4 Krankheiten

Krankheiten spielen im Sojaanbau in Deutschland derzeit eine untergeordnete Rolle. Dies kann sich mit zunehmender Anbauausweitung ändern. Aktuell sind jedoch keine direkten Bekämpfungsmaßnahmen zugelassen und in der Regel auch nicht notwendig. Um für die Krankheiten zu sensibilisieren und bewusst vorbeugende Maßnahmen mit einzuplanen, werden im Folgenden Sklerotinia, Diaporthe/Phomopsis und Peronospora näher beschrieben.

Rhizoctonia, Virosen und Bakteriosen treten vereinzelt auf. Sie haben jedoch derzeit keine nennenswerte Bedeutung und werden daher nicht näher beschrieben.

A) Sklerotinia

Die Pilzkrankheit Sklerotinia stellt eine der wichtigsten Krankheiten im heimischen Sojaanbau dar. Der Erreger *Sclerotinia sclerotiorum* ist vielen Landwirten aus dem Rapsanbau bekannt.

Symptome

Schimmelartiges, weißes Mycel, welches sich im unteren Stängelbereich befallener Pflanzen bildet und häufig den Stängel auch äußerlich überwuchert. Typisch ist, dass die im Bestand verteilten befallenen Pflanzen frühzeitig welk werden und dadurch ins Auge stechen. Im Stängellinneren und auf dem Stängeläußeren bilden sich auf dem Mycel schwarze Fruchtkörper, die sich über den Mähdrescher teilweise im Erntegut wiederfinden. Sie erinnern stark an Rattenkötel oder Mutterkorn. Häufig wuchern diese Fruchtkörper auch aus dem Stängel heraus, in Extremfällen siedeln sie sich sogar in den Hülsen an. Durch den geschwächten Stängel knicken befallene Pflanzen häufig ab.

Biologie

Diverse Blattfrüchte sind in unterschiedlichem Ausmaß Sklerotiniawirte. Insbesondere sind zu nennen: Raps, Sonnenblume, Tabak, Luzerne, Ackerbohne und diverse Gemüsekulturen. Die zur Ernte freigesetzten schwarzen Fruchtkörper stellen die Überdauerungskörper im Ackerboden dar. Unter passenden Bedingungen, in der Regel feuchtwarme Witterung im Juli, bringen sie kleine pilzförmige Hyphen hervor, die über Sporen zur Ausbreitung der Krankheit im Bestand führen. Sklerotinia ist hauptsächlich bodenbürtig. Die Fruchtkörper können mehrere Jahre im Boden überdauern, nehmen jedoch von Jahr zu Jahr stark ab.

Bekämpfung

Sklerotinia ist in erster Linie eine Fruchtfolgekrankheit. Bei Einhaltung einer zweijährigen Anbaupause spielt der Pilz im deutschen Sojaanbau bisher keine nennenswerte Rolle. Wird die Pause nicht eingehalten, kann er sich jedoch zu einem handfesten Problem entwickeln. Dabei schwankt das Befallsrisiko von Jahr zu Jahr stark. Bei feuchtwarmer Witterung ist es am höchsten. Die Sklerotinia-Anfälligkeit ist bei Soja stark sortenabhängig. Es sind Sorten mit

guten Toleranzen verfügbar (z. B. Abelina, Sirelia). Fungizide zur Bekämpfung sind in Deutschland derzeit nicht zugelassen. Zugelassen ist eine biologische Bekämpfung mit dem Produkt Contans WG. Diese muss aber bereits vorbeugend erfolgen (Behandlung befallener Ernterückstände bzw. des Bodens im Anbaujahr).

B) Diaporthe/Phomopsis

Diaporthe ist in den letzten Jahren in den feuchteren Sojalagen, wo bereits seit etlichen Jahren Soja angebaut wird, verstärkt aufgetreten. Es handelt sich um einen pilzlichen Krankheitskomplex, der von mehreren Arten der Gattung Diaporthe/Phomopsis verursacht wird und weltweit in allen Sojaanbauregionen verbreitet ist. Problematisch ist bisher weniger der direkte Ertragsverlust durch die befallenen Pflanzen, sondern die Aberkennung von Saatgut bei Überschreitung eines Grenzwertes von 15 % befallener Samen.

Symptome

Zur Reife zeigen sich an befallenen Stängeln, Blattflächen und Hülsen kleine, schwarze, in Linien angeordnete Punkte (Pyknidien). Stark befallene Samen schrumpeln, sind rissig und von einem weißen Pilzmycel überzogen. Warmes und feuchtes Wetter von der Hülsenfüllung bis zur Ernte fördern den Befall.

Biologie

Infizierte Pflanzenreste und Samen sind die größte Infektionsquelle. Diaporthe phaseolorum var. caulivora und meridionales bilden Perithezien mit Ascosporen, die auf Ernteresten überwintern. Im Lauf der nächsten Anbausaison infizieren die Sporen Blätter oder verletzte Pflanzenteile. Phomopsis longicolla bildet Pyknidien und infiziert die Pflanzen mittels Konidien. Diaporthe phaseolorum var. sojæ überwintert als dormantes Mycel in Soja oder anderen Wirtspflanzen und in infizierten Samen, welche die Langstreckenverbreitung begünstigen. Feuchtigkeit und Temperatur in Boden und Luft sind die Haupteinflussfaktoren für die Fruchtkörperbildung, die Sporenfreisetzung, die Infektion und das Auftreten der Symptome an der Pflanze.

Bekämpfung

Da die Erreger in befallenen Samen oder Pflanzenresten überwintern, beinhalten die Möglichkeiten zur Verringerung bzw. Vermeidung des Befalls zunächst eine Fruchtfolge mit Nicht-Wirtspflanzen wie Getreide, tiefe Bodenbearbeitung, um befallene Erntereste einzuarbeiten und die Sporenausbreitung durch Wind und Regen zu verringern, sowie eine rechtzeitige Ernte der reifen Samen. In Österreich wird bei Auftreten von Diaporthe/Phomopsis das konventionelle Saatgut mit Thiram gebeizt (Notfallgenehmigung). In Deutschland bedarf dies, auch beim Einsatz von in Österreich gebeiztem Saatgut, ebenfalls einer Ausnahmegenehmigung nach Art. 53 PflSchG. In Frankreich mit Vitavax 200 FF (Carboxim +

Thiram) gebeiztes Saatgut ist dagegen ohne Ausnahmegenehmigungen verkehrsfähig, da dort eine reguläre Zulassung für Sojabohnen besteht. Für den Ökolandbau entfällt die Möglichkeit der Beizung.

C) *Peronospora*/Falscher Mehltau

Der Falsche Mehltau der Sojabohne tritt in Deutschland häufig bei feuchtwarmer Witterung im Juni/Juli auf. Nach bisherigen Erkenntnissen kommt es äußerst selten zu Ertragsverlusten.

Symptome

Die Symptome treten meist zu Beginn der Blüte zunächst an jungen Blättern auf. Tau und hohe Luftfeuchte in Kombination mit mäßigen Temperaturen begünstigen das Auftreten des Pilzes. Symptome sind zunächst kleine, grünliche bis gelbe Flecken auf der Blattoberfläche von jungen Blättern. Mit zunehmendem Alter wachsen die Flecken an und werden bräunlich mit gelbem Rand. Auf der Blattunterseite zeigt sich oft ein gräulicher Flaum, der falschen Mehltau von anderen Krankheiten unterscheidet. Sind die Samen befallen, sind sie von einem weißlichen Hyphengeflecht überzogen. Allerdings wurde in Deutschland bisher kaum ein Samenbefall beobachtet.



Abbildung 14: *Peronospora* in Soja, Blattoberseite (Quelle: J. Unsleber).



Abbildung 15: *Peronospora* in Soja, Blattunterseite (Quelle: J. Unsleber).

Biologie

Falscher Mehltau der Sojabohne wird durch den Pilz *Peronospora manshurica* verursacht. Diese Krankheit tritt weltweit überall dort auf, wo Soja angebaut wird. Die Hyphen von *P. manshurica* sind interzellulär im Wirtsgewebe vorhanden. Über die Stomata kommen sie an die Blattoberfläche. Oosporen sind hellbraun oder gelb und haben netzartige Wände. Die Auskeimung erfolgt über die Bildung eines Keimschlauches. Zoosporen werden nicht ausgebildet. Haustorien werden vom interzellulären Mycel gebildet und können sich innerhalb einer Zelle verzweigen. *P. manshurica* überwintert in Form von Oosporen in Blättern oder an Samen, welche die Keimlinge befallen. Mit Oosporen verkrustete Samen können bei kühlen Temperaturen systemisch infizierte Keimlinge hervorbringen. Die Infektion breitet sich über

Läsionen entlang der Hauptader des ersten Blattes aus. Unter feuchten Witterungsbedingungen bilden sich auf der Blattunterseite konidientragende Hyphen und Konidien. Bei steigender Luftfeuchtigkeit werden die Konidien frei und mit dem Wind auf andere Pflanzen übertragen, wo sie wieder auskeimen und über die Epidermis in die jungen Blätter eindringen. Hohe Luftfeuchtigkeit und Temperaturen von 20-22 °C begünstigen das Wachstum und die Ausbreitung. Die Sporulation findet bei 10-25 °C statt.

Bekämpfung

Eine Bekämpfung gilt nach derzeitigen Erkenntnissen als nicht notwendig, da es unter deutschen Bedingungen so gut wie nie zu Ertragseinbußen kommt. In Deutschland sind derzeit auch keine Fungizide im Sojaanbau zugelassen. Um das Befallsrisiko zu minimieren, ist es unerlässlich, gesundes, zertifiziertes Saatgut und kein Saatgut von befallenen Pflanzen einzusetzen. Da der Pilz auf Ernterückständen überlebt, müssen diese tief eingearbeitet werden. Es gibt mehr oder weniger anfällige Sorten und sogar Resistenzen gegen *Peronospora*.

Das Wichtigste in Kürze - Krankheiten

- Soja als nicht heimische Pflanze wird kaum von Krankheiten befallen. Derzeit nur vorbeugende Maßnahmen möglich;
- In Deutschland sind derzeit keine Fungizide im Sojaanbau zugelassen.
- Krankheiten bisher in der Regel nicht bekämpfungswürdig; Um dies möglichst lange zu erhalten, sollten alle vorbeugenden Maßnahmen umgesetzt werden (z. B. Fruchtfolge, Anbaupausen).
- Fruchtfolgekrankheiten: Abstände zu Leguminosen sind zu beachten: Empfehlung: mind. 2 Jahre Anbaupause.
- Diaporthe/Phomopsis: kaum Ertragsverlust im Praxisanbau zu befürchten; Problem bei der Saatgutproduktion → Aberkennungsgrund. In Ausnahmejahren Aussaat von gebeiztem Saatgut im konventionellen Anbau in Deutschland möglich.
- Sklerotinia: Kann unter feuchten Bedingungen im Juli auftreten, falls Ausgangsbesatz mit Sklerotien im Boden vorhanden. Bekämpfung derzeit mangels zugelassener Fungizide nicht möglich, in Befallsregionen mind. 2 Jahre Anbaupausen, keine engen Fruchtfolgen mit Raps, Sonnenblumen; Die Sorten Sirelia und Abelina gelten als toleranter. Abstände zu Sklerotinia-Wirtspflanzen: mind. 2 Jahre Anbaupause.
- *Peronospora*: Tritt in feuchten Frühsommern häufig auf, Befall verschwindet bei trockener Witterung, ist nicht/kaum ertragsrelevant, Sortenunterschiede vorhanden;

Quellen und weitere Informationen - Krankheiten

- Sklerotinia:
<https://www.sojafoerderring.de/anbauratgeber/krankheiten-und-schaedlinge/sklerotinia/>
- Diaporthe/Phomopsis:
<https://www.sojafoerderring.de/anbauratgeber/krankheiten-und-schaedlinge/diaporthe-phomopsis/>
https://www.sojafoerderring.de/wp-content/uploads/2013/12/Sojainfo_2_2014_v14-Diaporthe.pdf
- Peronospora:
https://www.sojafoerderring.de/wp-content/uploads/2015/03/Sojainfo_8_2015_v10.pdf
- Rhizoctonia:
<https://www.sojafoerderring.de/anbauratgeber/krankheiten-und-schaedlinge/rhizoctonia/>

3.8.5 Schädlinge

Schädlinge können im Sojaanbau in einzelnen Jahren und an einzelnen Standorten eine große Bedeutung haben. Ein Schädling, der in einzelnen Jahren vermehrt auftritt, ist der Distelfalter. Eine direkte Bekämpfung mit biologischen und chemischen Präparaten ist möglich und je nach Befall empfehlenswert. Wildschäden und Vogelfraß sowie das Auftreten der Bohnensaattiege können nur indirekt eingedämmt werden. Dabei spielen ein schneller Feldaufgang und damit ein „Davonwachsen“ der Pflanzen eine bedeutende Rolle.

A) Distelfalter

Der Distelfalter kann in Deutschland in einzelnen Jahren massenhaft auftreten und dann teils erhebliche Fraßschäden an Sojabeständen verursachen. Zuletzt war dies 2003, 2009 und 2016 der Fall. Die Falter sind in vielen wärmeren Regionen der Erde heimisch. In Deutschland überwintern sie nur in sehr milden Jahren. Zu relevanten Schäden bei Soja kommt es i. d. R. nach Massenvermehrungen im Mittelmeerraum, von wo die Falter dann im Frühling nach Deutschland fliegen. Die erste Raupen-Generation tritt im Juni und Juli auf und kann in Soja erhebliche Fraßschäden verursachen. Die zweite Generation tritt im August und September auf und richtet dann keinen Schaden mehr an.

Befallskontrolle

Ab Anfang Juni ist mit einem Auftreten zu rechnen. Die Raupen treten häufig nesterweise auf. Wichtige Indizien für einen beginnenden Bestandsbefall sind tropfenförmige, gelbe Aufhellungen auf den Blättern, die durch die Eiablage entstehen. Bei beginnender Fraßtätigkeit der Raupen rollen sich die Blätter ein und es finden sich grün-schwarze Kotreste auf den Blättern. Die Raupen selbst sind schwarz mit einem gelben Seitenstreifen. Als Schadschwelle gelten ca. 20 Raupen je laufenden Meter oder ein bis zwei Befallsherde pro 100 m².

Bekämpfung

Durch rechtzeitigen Einsatz von *Bacillus thuringiensis* (Subspezies *aizawai*) lassen sich die Fraßschäden gut eindämmen. Das Produkt XenTari darf im Ökolandbau angewendet werden (Bio-Zulassung). Für den Einsatz von Bt-Präparaten (XenTari) in Soja ist eine Einzelfallgenehmigung nach § 22/2 Pflanzenschutzgesetz vom zuständigen Pflanzenschutzdienst erforderlich. Die Behandlung ist besonders effektiv, wenn die Raupen nicht größer als 1 cm sind. Ausgewachsene Raupen verpuppen sich bald und richten dann keinen Schaden mehr an. Die schlüpfenden Falter legen zunächst weite Strecken zurück, bevor eine erneute Eiablage stattfindet; insofern ist von einer Bekämpfung ausgewachsener Raupen abzuraten. Auszubringende Menge pro ha sind 1-2 kg mit mindestens 500 l, besser 600 l Wasser pro ha. Im konventionellen Anbau ist das Mittel Karate Zeon (75 ml/ha) regulär zugelassen und zeigt einen sehr schnellen Bekämpfungserfolg.

B) Wildschäden und Vogelfraß

Fraßschäden durch Hasen, Rehe und Damwild sind bei den eiweißreichen, schmackhaften Sojapflanzen keine Seltenheit. Zu nennenswerten Ausfällen führen sie gelegentlich auf Standorten, wo sich das Wild auf wenige kleine Sojaflächen konzentriert. In den Hauptanbaugebieten verteilen sich die Schäden in aller Regel. Zudem kompensiert Soja viel durch verstärkte Seitentrieb-Bildung. Wildschweine werden von Soja kaum angezogen. Gelegentlich kommt es zu Schäden, wenn sie sich zur Rast in Sojafeldern niederlassen.

Tauben und Krähen können hingegen besonders in Stadtnähe und in Kältephasen, wenn es sonst wenig zu fressen gibt und wenn die Keimlingsphase sich lange hinzieht, zu erheblichen Ausfällen im keimenden Sojabestand führen. Auf einigen wenigen Standorten sind die Schäden derart massiv, dass der Anbau der Kultur in Frage gestellt wird. Die diversen verfügbaren Methoden zur Vogelabwehr in Soja zeigen unterschiedliche Wirkung. An Abschreckungsmaßnahmen wie z. B. Vogelscheuchen, drehende reflektierende Kugeln oder Flugdrachen gewöhnen sich die Vögel erfahrungsgemäß schnell. Auch der Einsatz von Repellents (unangenehmer Geruch) zeigt nur begrenzt abschreckende Wirkung. Die einzige wirksame Maßnahme ist, die optimale Saatzeit zu wählen, also erst säen, wenn eine stabile Hochdruckphase absehbar ist. Ziel ist ein möglichst schneller Feldaufgang und eine schnelle Überbrückung der für Vogelfraß empfindlichen Keimblattphase. Sobald die Laubblätter vollständig gebildet wurden, ist die Schädigungsgefahr in der Regel gebannt.

C) Bohnensaatfliege

Die Bohnensaatfliege ist ein weltweit verbreiteter Schädling, der zahlreiche Wirtspflanzen befällt. Bei Sojabohnen werden die Samen schon vor der Keimung von den Laven zerstört oder die jungen Keimlinge abgefressen, bevor sie überhaupt die Erde durchstoßen. Schäden treten vor allem bei langsamer Keimung durch kühles feuchtes Wetter oder zu tiefer Ablage des Saatgutes auf. Die beste Bekämpfungsmaßnahme ist eine Aussaat zum optimalen Zeitpunkt mit warmem, trockenem Wetter – auch für die Tage nach der Aussaat!

Biologie

Die Bohnensaatfliege kommt weltweit vor. Insgesamt gibt es über 40 Wirtspflanzen, die befallen werden können, darunter neben Sojabohnen u. a. auch Mais, Erbsen, Kartoffeln, Melonen, Erdbeeren oder Zwiebeln. Die Larven der Bohnensaatfliege sind weißlich-gelb, bis zu 6 mm lang und verpuppen sich in einem dunkelbraunen Kokon, in dem sie auch überwintern können. Im Frühling schlüpft dann die adulte Fliege. Sie ist grau-braun und mit 5 mm etwa gleich groß wie die Larven. Auf dem Feld ausgebrachte organische Substanz lockt diese Fliegen an und sie legen ihre Eier dort ab. Ein Weibchen kann 40-80 Eier ablegen, aus denen nach etwa 10 Tagen die Larven schlüpfen und beginnen, an den Keimlingen zu fressen. Etwa 2 Wochen später verpuppen sich die Larven wieder und nach 1-2 Wochen schlüpfen die adulten Tiere.

Insgesamt kann es bis zu 4 Generationen pro Jahr geben. Die folgenden Generationen sind für den Sojaanbau ohne Relevanz, bis auf die letzte Generation des Jahres, deren Larven in ihren Kokons überwintern und im nächsten Jahr wieder Eier legen.

Bekämpfung

Die effektivste Bekämpfungsmethode ist der optimale Aussaattermin. Eine zu tiefe Saat in Verbindung mit kühlen Temperaturen führt zu einer Verzögerung des Auflaufens und begünstigt somit den Befall durch die Bohnensaatfliege. Bei richtiger Saattiefe und zügigem Auflaufen ist die Saatfliege i. d. R. kein Problem. Eine direkte Bekämpfung der Bohnensaatfliege ist nicht möglich. Auf sehr schluffreichem Boden sollte unbedingt auf das Walzen verzichtet werden.

Das Wichtigste in Kürze - Schädlinge

- Schädlinge spielen im Sojaanbau in einzelnen Jahren eine bedeutende Rolle. Direkte Bekämpfungsmöglichkeiten gibt es nur für den Distelfalter.
- Ein zügiger Feldaufgang ist förderlich zur Vermeidung von Schäden durch Vogelfraß und Bohnensaatfliege.
- Distelfalter: Tritt in einzelnen warmen Jahren auf, Raupen schädigen, Schadschwelle von 20 Raupen je lfd. Meter oder 1-2 Befallsnester je 100 m² beachten, Bekämpfung konventionell mit Karate Zeon, ökologisch mit Bt - Präparaten (XenTari), Genehmigung im Einzelfall;
- Wildschäden und Vogelfraß: Wildschäden halten sich in der Regel in Grenzen. Soja scheint für Wildschweine nicht sehr attraktiv. Tauben und Krähen können im Extremfall zum Totalausfall während der Auflaufphase führen, Bekämpfung schwierig, Vögel gewöhnen sich an Vogelscheuchen; Einzige Möglichkeit ist die Saat in warmen Boden mit nachfolgender Hochdruckwetterphase, um den empfindlichen Zeitraum möglichst kurz zu halten
- Bohnensaatfliege: Larven der Bohnenfliege schädigen Keimlinge; kann auf Schluffboden bei zu tiefer Saat und nachfolgender nasskalter Witterung zu Pflanzenausfällen führen; Bekämpfungsmöglichkeiten: Optimale Saatbedingungen in warmen Boden mit nachfolgender warmer Witterungsphase um einen schnellen Auflauf zu gewährleisten

Quellen und weitere Informationen - Schädlinge

- Distelfalter:
<https://www.sojafoerderring.de/anbauratgeber/krankheiten-und-schaedlinge/distelfalter/>
- Wildschäden und Vogelfraß:
<https://www.sojafoerderring.de/anbauratgeber/krankheiten-und-schaedlinge/wild-und-vogelfrass/>
- Bohnensaatfliege:
<https://www.sojafoerderring.de/anbauratgeber/krankheiten-und-schaedlinge/bohnensaatfliege/>

3.9 Ernte

Erntezeitpunkt

Standard ist eine Ernte ab Mitte September, in warmen Lagen geht es manchmal schon Anfang September los. In den deutschen Anbaubereichen sollte die Ernte bis spätestens Anfang Oktober eingefahren sein. Falls im Oktober keine trockene Witterungsphase in Sicht ist, sollten die Bohnen geerntet werden, sobald der Boden trocken ist. Das Risiko von Schlechtwetterperioden steigt im Oktober rapide an und die Kraft der Sonne reicht häufig nicht mehr aus, die Pflanzen, aber vor allem den Boden, ausreichend abtrocknen zu lassen.

Feststellen der Druschreife

Die reife Pflanze hat die Blätter abgeworfen, die Bohnen lösen sich und klappern in den Hülsen. Die Reife läuft von den unteren zu den oberen Pflanzenteilen, der Haupttrieb reift vor den Seitentrieb ab.

Obwohl die modernen Sorten stark determiniert sind, finden sich fast immer in reifen Beständen grüne, unreife Hülsen. Auf heterogenen Feldern reifen häufig einige Stellen verspätet ab. Wer auf die Abreife der letzten Pflanzen wartet, wird nicht glücklich. Während der Hauptbestand viel zu trocken wird oder im Regen ins Lager geht, sind die letzten grünen Hülsen Ende Oktober immer noch nicht reif! Im Erntegut hingegen stellen sie kein Problem dar. Ein Teil wird gar nicht ausgedroschen, der Rest geht über das Obersieb ab oder trocknet später im Silo ein.

Die reife Sojabohne übersteht auch Regenperioden, denn die modernen Sorten wurden in der Regel auf Platzfestigkeit gezüchtet.

Kornfeuchte

Die passende Druschfeuchte beträgt etwa 13 bis 15 %. Fällt die Feuchte unter 12 %, steigt der Bruchkornanteil beim Drusch rapide. Hier ist es mitunter besser, bewusst in die Tauzeiten auszuweichen und etwas feuchter zu ernten. Zu beachten ist, dass sich die Kornfeuchte der Sojabohne während eines trockenen, heißen Tages schnell ändern kann. In den Abendstunden kommt es recht schnell zu einer Wiederbefeuchtung durch Tau. Die Kornfeuchte sollte deshalb häufig gemessen und die Mähdreschereinstellung angepasst werden.

Die Feuchtestandards für Soja unterscheiden sich in den Nachbarländern teils erheblich: 14 % (D), 11 % (CH), 13 % (AT), 14 % (F). Einlagerung mit 14 % vermindert Bruch, was insbesondere bei Saatgut ein großer Vorteil ist. Bei Speisesoja hat sich dennoch eine Absenkung der Lagerfeuchte auf 12-13 % bewährt, um Schimmelbildung und „Muffigkeit“ vorzubeugen.

Druschtechnik

Ziel ist es, bei optimaler Feuchte mit wenig Verlust und ohne Beschädigungen (Bruchkorn, Risse) zu ernten. Druschverluste von 10-20 % sind keine Seltenheit. Gründe sind vor allem der niedrige Hülsenansatz. Ein ebener, steinfreier Acker ist daher Grundvoraussetzung für die Verlustminimierung. Ein geübter und gewissenhafter Fahrer kann mit vorhandener Standardtechnik durch eine sorgfältige Einstellung aller Komponenten des Dreschers und eine gute Maschinenführung eine verlustarme Sojaernte durchführen. Hierzu gehört auch die laufende Kontrolle und Optimierung des Druschvorgangs (Ausfall, Bruchkornanteile).

Hinweise zur Maschineneinstellung

Schneidwerk

- Der Schneidwerkstisch ist möglichst tief zu halten, da es wegen der niedrigen Hülsenansätze sonst zu hohen Ernteverlusten kommen kann.
- Schmale Schneidwerke lassen sich dichter am Boden führen als breite. Das Schneidwerk sollte am besten auf der Bodenoberfläche „gleiten“. Eine eventuell vorhandene automatische Tiefenführung ist abzuschalten.
- Die Gleitkufen an der Unterseite des Schneidwerks sollten gegebenenfalls auf eine niedrigere Stufe eingestellt werden.
- Viele vorhandene Mähdrescher sind mit einer Schnittwinkeleinstellung ausgestattet. Das Schneidwerk kann dann am Schrägförderer stärker „auf die Spitze gestellt werden“. Dies ist auf jeden Fall förderlich für das tiefe Abschneiden der Sojapflanzen. Nachteilig ist aber das vermehrte „Auflesen“ von möglicherweise vorhandenen Steinen, bedingt

durch die steilere Stellung der Mähfinger, falls das Walzen nach der Saat versäumt wurde.

- Die Ährenheber sollten wegen des lockeren Bodens unter Soja abgebaut werden um Erdeintrag zu vermeiden. Gerade bei Steinbesatz kann so das „Herauswühlen“ der vorher eingewalzten Steine vermieden werden.
- Bei der Sojaernte kann kaum schneller als 4–5 km/h gefahren werden, da es sonst zum Umdrücken der Pflanzen kommen kann. Hohe Schnittverluste sind die Folge.

Weitere Einstellungen

- Die Drehzahl der Dreschtrommel ist so gering wie möglich einzustellen. Bei den meisten Fabrikaten sind Drehzahlen von 400–500 U/min möglich.
- Der Ausdrusch wird mit dem Korbabstand eingestellt. Als Grundeinstellung ist ein Korbspalt vorne von 20–25 mm und hinten von 15–20 mm zu wählen. Falls sich zu viele ungeöffnete Hülsen im Korntank befinden, der Ausdrusch also unvollständig ist, muss der Korbabstand verringert werden.
- Falls sehr viel Bruchkorn erkennbar ist, muss der Korbabstand weiter gestellt werden. Dies ist besonders wichtig, falls die Verwertung als Saatgut oder für Lebensmittelzwecke vorgesehen ist.
- Der Wind ist im oberen Leistungsbereich einzustellen und die Reinigung durch die Öffnungsweite der Siebe zu regulieren. Eine Einstellung von ca. 18–20 mm beim Obersieb und 14–16 mm beim Untersieb ist als Richtwert anzusehen.

Flexschneidwerke

Beim sogenannten Flexschneidwerk ist der Messerbalken flexibel aufgehängt und kann sich unabhängig vom Schneidtisch nach oben und unten bewegen. Der Schneidtisch wird dabei vom Mähdrescher auf einer bestimmten Höhe gehalten, sei es durch Kufen, Schnitthöhenautomatik oder Lagedruckregelung. Der Messerbalken liegt unabhängig davon mittels Schleifkufen auf der ganzen Arbeitsbreite tief am Boden auf und passt sich, unabhängig vom Schneidtisch, der Bodenoberfläche an. Bei Erhebungen drücken die Schleifkufen den durchgehend flexiblen Messerbalken stellenweise nach oben. Bei Vertiefungen kann er sich nach unten absenken. Das Resultat ist ein „Rasierschnitt“ knapp an der Bodenoberfläche. Somit werden auch die tief sitzenden Hülsen der Sojapflanze erfasst. Die Schneidwerksverluste werden dadurch minimiert.

Selbst auf ebenen, steinfreien Lössböden lässt sich der Ertrag durch den Einsatz von Flexschneidwerken deutlich erhöhen. In Amerika sind in den Sojaregionen fast nur noch Flexschneidwerke im Einsatz und auch in Deutschland laufen bereits etliche Geräte. Sie sind in der Anschaffung nicht viel teurer als herkömmliche Schneidwerke und können fixiert werden,

um sie dann zur Ernte von Getreide und anderen Druschfrüchten einzusetzen. Die Realisierung einer Variofunktion (z. B. für die Rapsernte) wurde bisher einzig durch den österreichischen Hersteller BISO umgesetzt.

Rotordruschsysteme

Rotor- bzw. Axialfluss-Drescher gelten bei Sojaanbauern oft als schonender im Vergleich zu herkömmlichen Tangential- oder Hybriddruschsystemen. Bedingt durch den mehr reibenden Drusch entsteht kaum Bruchkorn. Falls sehr viel Saatgut, Soja für die Lebensmittelherstellung oder auch Körnermais geerntet werden muss, lohnt es sich über die Anschaffung eines Rotordreschers nachzudenken. Aber auch mit herkömmlichen Druschsystemen ist ein gutes Ergebnis zu erzielen, wenn die Bohnen nicht zu trocken geerntet werden und die Dreschwerkseinstellungen laufend kontrolliert werden.

Das Wichtigste in Kürze - Ernte

- Optimaler Erntezeitraum ist September. Spätestens Anfang Oktober soll die Ernte abgeschlossen werden.
- Wenn im Oktober keine trockene Witterungsphase in Sicht ist → Dreschen sobald der Boden trocken ist, gegebenenfalls Bohnen trocknen;
- Soja ist erntereif, wenn die Blätter weitestgehend abgefallen sind und die Bohnen in den Hülsen „klappern“ (Nabel der Bohnen hat sich von der Hülse gelöst).
- Die Bohnen reifen von unten nach oben ab, der Haupttrieb reift vor den Seitentrieben ab.
- Feuchtegehalt zur Ernte: 12–15 %
- Wassergehalt häufig messen, da sich dieser während eines sonnigen Tages stark ändern kann → schnelles Wiederbefeuchten bei Tau;
- Nicht unter 11 % dreschen → Gefahr von Bruchkorn → Im Extremfall bei einzelnen Sorten Hülsenplatzen; Abhilfe: morgens bei Tau dreschen;
- Geduld: Fahrgeschwindigkeit ca. 4,5 km/h, sonst häufig Umdrücken der Bohnen

Erntetechnik:

- Ernte mit normalem Mähdrescher gut möglich, wenn Einstellungen optimiert sind.
- Möglichst erfahrenen Mähdrescherfahrer einsetzen oder sich vorher von erfahrenen Fahrern einweisen lassen;

Das Wichtigste in Kürze - Ernte

- Die größte Verlustquelle ist das Schneidwerk. Einstellung vor der Sojaernte auf ebenem Hallenboden prüfen;
- Sehr tiefe Schneidwerksführung → Hülsenansatz häufig bereits 10 cm (oder weniger) über Erdoberfläche;
- Schneidwerk auf trockenem Boden „schleifen“ lassen (automatische Schneidwerksregelung abschalten), gegebenenfalls Kufen unter Schneidwerk flacher stellen.
- Kein zu breites Schneidwerk, da schlechte Anpassung an Unebenheiten;
- Ährenheber abbauen;
- Flexschneidwerke können Verluste mindern;

Quellen und weitere Informationen - Ernte

- Lehrfilm: Soja richtig dreschen:
<https://www.sojafoerderring.de/anbauratgeber/ernte/video-soja-richtig-dreschen/>
- Druschzeitpunkt:
<https://www.sojafoerderring.de/anbauratgeber/ernte/druschzeitpunkt/>
- Schneidwerk:
<https://www.sojafoerderring.de/anbauratgeber/ernte/flexible-schneidwerke/>
- Mähdreschereinstellung und -technik:
<https://www.sojafoerderring.de/anbauratgeber/ernte/drescherwahl-und-einstellung/>

4 Aufbereitung und Verwertung von Soja

4.1 Aufbereitung zum Futtermittel

Sojabohnen bieten für den Einsatz in der Fütterung die Vorteile eines hohen Rohproteingehalts von durchschnittlich 40 % (i. d. TM) sowie ein günstiges Aminosäurenmuster. Aufgrund von verdauungshemmenden Inhaltsstoffen können die geernteten Rohbohnen jedoch an Monogastriden wie Schweine und Geflügel nicht ohne vorherige Aufbereitung verfüttert werden. Diese antinutritiven Inhaltsstoffe umfassen sekundäre Inhaltsstoffe wie Lectine (Hämagglutinine), Trypsininhibitoren und Phytinsäure. Trypsininhibitoren sind die wichtigsten antinutritiven Inhaltsstoffe in Sojabohnen und hemmen die Wirkung des körpereigenen Enzyms Trypsin im Dünndarm, das Proteine in Aminosäuren aufspaltet. Lectine verfügen über die Fähigkeit, Blutkörperchen zu verkleben (Hämagglutination). Dabei heften sich mit dem Futter aufgenommene Lectine an die Darmzotten und führen zu einer verminderten Nährstoffverdauung und -absorption. Phytinsäure kann mit Nährstoffen schwerlösliche Komplexverbindungen eingehen und so die Nährstoffverfügbarkeit beim Monogastrier beeinträchtigen, da diesem das Enzym Phytase zur Aufspaltung dieser Verbindungen fehlt.

Die thermische Aufbereitung bewirkt einerseits den Abbau der verdauungshemmenden Inhaltsstoffe und somit eine verbesserte Nährstoffverfügbarkeit. Daneben wird auch eine verbesserte Schmackhaftigkeit erreicht. Eine zu starke Erhitzung kann jedoch zu einer Proteinschädigung und damit zur Beeinträchtigung der Verdaulichkeit der Aminosäuren führen. Die Aufbereitungsverfahren und Prozesssteuerung sind daher von großer Bedeutung. In der Rinderfütterung ist der Einsatz von unbehandelten Sojabohnen grundsätzlich möglich.

Bei der Aufbereitung kann zwischen thermischen, hydrothermischen und druckthermischen Verfahren unterschieden werden. Thermische Verfahren sind beispielsweise Rösten, Heißluftbehandlung sowie Infrarotbehandlung. Diese Verfahren eignen sich auch für kleinere, mobile Anlagen und sind dadurch für landwirtschaftliche Betriebe interessant. Bei hydrothermischen Verfahren wird die Sojabohne schonender behandelt, so dass die Gefahr der Proteinschädigung im Vergleich zu rein thermischen Verfahren abnimmt. Zusätzlich wird das Futtermittel gleichmäßiger aufbereitet. Druckthermische Verfahren kombinieren Temperatur, Reibung und Druck und bereiten die Sojaprodukte noch schonender auf, da mit kürzeren Behandlungszeiten gearbeitet wird. In größeren Ölmühlen wird das druckthermische Verfahren mit einer Extraktion kombiniert, um so noch geringere Restölgehalte zu erhalten.

Tabelle 8: Aufbereitungsverfahren Sojaprodukte.

	Thermisch	Hydrothermisch	Druckthermisch	Extraktion
Verfahren	Ganze Sojabohnen werden angefeuchtet und unter direkter Hitzeeinwirkung kurzzeitig auf 110 °C erhitzt.	Ganze Sojabohnen werden mit Wasserdampf (103 °C) vermischt und anschließend über einen Zeitraum von 40 Minuten in einem Reaktor erhitzt.	Geschrotete Sojabohnen werden für 10 Minuten mit Wasserdampf (102 °C) gedämpft und dann mit einem Expander bei 1–5 Sek. Hitzeeinwirkung von 125 °C extrudiert.	Nach Brechen und anschließendem Flockieren der Sojavollbohne folgt die Extraktion des Öls. Der Schrot wird mit Wasserdampf vermischt und erhitzt, um Reste des Extraktionsmittels zu entfernen.
Entölung	Ggf. Entölung nach thermischer Aufbereitung über Schneckenpressen möglich;	Ggf. Entölung nach hydrothermischer Aufbereitung über Schneckenpressen möglich;	Ggf. Entölung vor oder nach druckthermischer Aufbereitung über Schneckenpressen möglich;	Entölung nach mechanischer Zerkleinerung durch Zugabe von Hexan;
Produkt	getoastete ganze Vollfettsojabohne oder teilentölter Sojakuchen	ganze Vollfettsojabohne oder teilentölter Sojakuchen	geschrotete Vollfettsojabohne oder teilentölter Sojakuchen	Sojaextraktionsschrot

Qualitätsparameter

Für die Fütterung von Schweinen und Geflügel müssen Sojabohnen aufbereitet werden. Sowohl eine Unterbehandlung (kein ausreichender Abbau des Trypsininhibitors) als auch eine Überbehandlung (Hitzeschädigung) sollten vermieden werden. Der Futterwert ist daher in hohem Maße von der Aufbereitungsqualität abhängig. Diese ist anhand verschiedener Parameter messbar:

Messung von Überbehandlung (Hitzeschädigung)

Als Indikator für die Proteinschädigung wird die Eiweißlöslichkeit herangezogen, die als Eiweißlöslichkeit in Wasser (PDI = Protein Dispersibility Index) oder als Eiweißlöslichkeit in Kalilauge (KOH) ausgedrückt wird.

Tabelle 9: Parameter zur Bewertung von Überbehandlung.

	Eiweißlöslichkeit in Wasser (PDI)	Eiweißlöslichkeit in Kalilauge (KOH)
Rohbohne	80–90 %	> 90 %
Zielwert aufbereitet	15–30 %	78–85 %
Überhitzungsschäden	< 15 %	72 %

Messung von Unterbehandlung

Da eine direkte Messung der Trypsininhibitoren nicht möglich ist, wird in der Praxis der Gehalt an aktivem Trypsininhibitor (TIA) gemessen. Eine indirekte Messung des Trypsininhibitors ist die Bestimmung der Restaktivität des Enzyms Urease. Diese Methode kann teilweise ungenau sein und ist daher nur bedingt empfehlenswert. Eine Bestimmung des Gehalts an aktivem Trypsininhibitor ist sehr aufwendig und teuer und kann nur von wenigen Laboren, wie beispielsweise der VDLUFA in Speyer oder der BOKU Wien, durchgeführt werden. Dadurch ist die Bestimmung dieses Qualitätsparameters für den Einzelbetrieb eher nicht möglich bzw. sehr teuer. Parameter wie die Eiweißlöslichkeit in Wasser oder die Ureaseaktivität können von mehreren Laboren, wie beispielsweise dem Labor der TU München, bestimmt werden. Sie geben Auskunft über den Abbau von Trypsininhibitoren.

Tabelle 10: Parameter zur Bewertung von Unterbehandlung.

	Trypsininhibitoraktivität	Ureaseaktivität
Rohbohne	40–140 mg/g	> 0,5 g N/min
Zielwert aufbereitet	< 4 mg/g	< 0,4 g N/min

Das Wichtigste in Kürze – Aufbereitung zum Futtermittel

- Sojabohnen sind für Monogastrier ein sehr interessantes Futtermittel, enthalten jedoch antinutritive Faktoren, die durch Aufbereitung reduziert werden müssen.
- Durch Aufbereitung können die Futtermittel getoastete Vollfettsojabohne, geschrotete Vollfettsojabohne, teilentölter Sojakuchen, sowie Sojaextraktionsschrot hergestellt werden.
- Für die Rinderfütterung müssen Sojabohnen nicht aufbereitet werden.
- Der Futterwert von Sojabohnen für Monogastrier ist von der Aufbereitungsqualität in hohem Maße abhängig.
- Die Aufbereitungsqualität wird durch die Parameter Trypsininhibitoraktivität, Eiweißlöslichkeit in Wasser und Eiweißlöslichkeit in Kalilauge beschrieben.

Quellen und weitere Informationen – Aufbereitung zum Futtermittel

- Projekt NIRS–Prozessüberwachung:
<https://www.lfl.bayern.de/ilt/pflanzenbau/gruenland/096877/index.php>
- Futtersoja aufbereiten – Gründe und Zielparmeter
<https://www.sojafoerderring.de/wp-content/uploads/2014/02/Futtersoja-aufbereiten-Gr%C3%BCnde-und-Zielparmeter-Parameter-Futtersojamittel-FiBL.pdf>
- Verfahren zur Aufbereitung von Sojabohnen zur Verfütterung
<https://www.sojafoerderring.de/wp-content/uploads/2014/02/Verfahren-zur-Aufbereitung-von-Sojabohnen-zur-Verfuetterung-FiBL.pdf>
- Sojainfo Nr. 20: Sojaanalysen und Labore: https://www.sojafoerderring.de/wp-content/uploads/2017/02/Sojainfo_20_2016-2.pdf

4.2 Erfassungs- und Aufbereitungsstrukturen Futtermittel

Erfassungs- und Aufbereitungsstrukturen sind in erster Linie in Gebieten zu finden, wo der Sojaanbau bereits stärker etabliert ist (Abbildung 16). So zeigt sich eine Häufung der Aufbereitungsanlagen im süddeutschen Raum und eine geringere Dichte in Norddeutschland. Neben den dezentralen Anlagen sind mittlerweile auch größere Ölmühlen als zentrale Anlagen in die Verarbeitung von heimischen Soja eingestiegen, die Sojaextraktionsschrote aus europäischer Herkunft herstellen. Erfassungsstrukturen für Soja sind bereits in den meisten Regionen Deutschlands etabliert. Trotzdem sind auch oftmals noch weite Transportwege zur Aufbereitung der eigenangebauten Sojabohnen zu bewältigen, was ein Hemmnis darstellen kann. Je nach betrieblicher Zielsetzung gibt es unterschiedliche Vermarktungsmöglichkeiten. Zum einen der Verkauf als Marktfrucht. Hier ist die Form der Aufbereitung für den Landwirt nicht relevant. Zum anderen der Verkauf an eine dezentrale Aufbereitungsanlage und die Rücknahme als Futtermittel für den eigenen Betrieb. In den letzten Jahren wurden vermehrt Bemühungen unternommen, Sojabohnen mit Biogasabwärme, in Grünfuttertrochnungsanlagen oder auch in mobilen Toastanlagen aufzubereiten. Inwiefern diese Methoden erfolgversprechend sind, kann derzeit nicht abschließend beurteilt werden. Eine Empfehlung kann zum jetzigen Zeitpunkt nicht ausgesprochen werden.



Das Wichtigste in Kürze - Erfassungs- und Aufbereitungsstrukturen Futtermittel

- Für den Marktfruchtbetrieb reicht die Erfassung der Ware.
- Der Betrieb, der die Ware im eigenen Betrieb verfüttern möchte, braucht eine Aufbereitungsanlage, möglichst in Betriebsnähe.
- Die Aufbereitung von Sojabohnen zu Futtersoja ist in den süddeutschen Anbaugebieten bereits etabliert.
- Herausforderungen: Prozessqualität, Transportkosten und Logistik;

Quellen und weitere Informationen Erfassungs- und Aufbereitungsstrukturen Futtermittel

- Ersterfasser:
<https://www.sojafoerderring.de/nach-der-ernte/ersterfasser-partner-fuer-landwirte/>

4.3 Aufbereitung für die Humanernährung

Ebenso wie in der Fütterung von Schweinen und Geflügel sollte die Sojabohne vom Menschen nicht roh verzehrt werden. Als Gemüse sowie im Zuge der Verarbeitung zu Sojagetränken (Sojamilch) und Tofu wird sie gekocht, als Knabberzeug (Snack) wird sie geröstet. Dabei werden die verdauungshemmenden Inhaltsstoffe inaktiviert.

Für die Tofuherstellung sollte der Eiweißgehalt über 42 % i. d. TM liegen, um eine hohe Ausbeute zu erreichen. Darüber hinaus ist die Eiweißqualität entscheidend für die Struktur des Tofus. Da die Zusammensetzung der Aminosäuren in erster Linie von der Sojasorte abhängt, legen Lebensmittelhersteller meistens Wert auf bestimmte Sorten, die in der Regel vertraglich festgelegt werden. Um Verunreinigungen mit GVO zu vermeiden, gibt es darüber hinaus strenge Vorgaben bezüglich Ernte, Transport, Einlagerung und Trocknung der Sojabohnen. Auch an die Sauberkeit, d. h. Besatz mit Steinen, anderen Körnern und Unkrautsamen sowie Verschmutzung der Körner, werden höhere Ansprüche gestellt. Die aktuellen Sorten mit Tofueignung liegen im Reifebereich „frühreif“ (00-Sorten). Sie reifen daher nur in den klimatisch günstigeren Regionen ab.

Das Wichtigste in Kürze - Aufbereitung für die Humanernährung

- Anbau für Lebensmittelproduktion in wärmeren Lagen, da Tofu-Sorten bisher mit später Abreife verbunden sind.

Weitergehende Anforderungen der Soja-Lebensmittelverarbeiter:

- Tofuhersteller: 42-45 % Rohproteingehalt in der Trockensubstanz bei Eiweißlöslichkeit von über 90 %, Nabelfarbe spielt keine Rolle, da sowohl geeignete Sorten für Tofuherstellung mit weißer als auch dunkler Nabelfarbe vorhanden.
- Verarbeiter Sojavollfettmehl: 40 % Rohproteingehalt in der Trockensubstanz
- Anforderungen an Reinheit, Bohnenfarbe und Steinfreiheit je nach Verwendungszweck bzw. Verarbeiter;
- Edamame-Produktion: große Körner, schwache Behaarung, feiner Geschmack
- In der Regel GVO-Freiheit;

Quellen und weitere Informationen - Aufbereitung für die Humanernährung

- Liste der Hersteller von Lebensmitteln aus Soja:
<https://www.sojafoerderring.de/nach-der-ernte/soja-verarbeitung/hersteller/>

4.4 Erfassungs- und Aufbereitungsstrukturen Humanernährung

Während die Futtermittelhersteller sich eher im süddeutschen Raum konzentrieren, sind die Unternehmen der Lebensmittelherstellung relativ breit über Deutschland verteilt. Eine Konzentration zeigt sich im Südwesten, in Baden-Württemberg. Dabei ist zu beachten, dass aus der Karte nicht hervorgeht, woher die Verarbeiter ihre Ware beziehen und ob sie konventionelle oder ökologische Ware verarbeiten. Die aktuellen Sojasorten für die Humanernährung liegen meist im 00-Reifebereich und eignen sich daher für die günstigeren Regionen. Dies kann ein Hemmnis für den Anbau sein, da weite Transportwege zur Verarbeitung höhere Kosten verursachen. In vielen Fällen wird im Lebensmittelbereich ökologische Ware nachgefragt. Derzeit gibt es eine geringe Nachfrage an konventionellem Rohstoff aus Deutschland. Wenn Landwirte für die Humanernährung Soja anbauen möchten, so empfiehlt es sich, vor dem Anbau die Vermarktung abzuklären. Nur so kann die Sortenwahl entsprechend erfolgen und

auch der Absatz gesichert werden. Für Süddeutschland ist z. T. auch Österreich ein Abnehmer für Speisesoja.



Abbildung 17: Verarbeitungs- bzw. Aufbereitungsanlagen für Futter- und Speisesoja in Deutschland. Quelle: J. Recknagel, Sojafördering/LTZ.

Das Wichtigste in Kürze - Erfassungs- und Aufbereitungsstrukturen Humanernährung

- Verarbeiter von Sojabohnen für die Lebensmittelherstellung sind in Deutschland breit verteilt mit einem Schwerpunkt im Südwesten Baden-Württembergs.
- Derzeit wird überwiegend ökologische Ware im Lebensmittelsektor nachgefragt.
- Sortenvorgaben und Qualitätsanforderungen der Abnehmer sind im Rahmen der Anbauplanung zu erfragen.

Quellen und weitere Informationen - Erfassungs- und Aufbereitungsstrukturen Humanernährung

- Liste der Hersteller von Lebensmitteln aus Soja:
<https://www.sojafoerderung.de/nach-der-ernte/soja-verarbeitung/hersteller/>

5 Soja in der Nutztierfütterung

Soja ist aufgrund der hohen Eiweißanteile und der hohen Anteile an essentiellen Aminosäuren ein beliebtes Eiweißfuttermittel. Sojaextraktionsschrot, Koppelprodukt aus der Sojaölgewinnung, ist weltweit eine der wichtigsten Eiweißquellen für die Tierfütterung. Die meisten Herkünfte sind aus gentechnisch veränderten Sojabohnen hergestellt. Grundsätzlich bestehen vier Arten der Nutzung von heimischem Soja in der Nutztierfütterung: Verfüttern als vollfette Rohbohne ohne thermische Aufbereitung, vollfette Bohne mit thermischer Aufbereitung, teilentölter Sojakuchen und europäischer Sojaextraktionsschrot. Die Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes bei den Tierarten werden im Folgenden aufgezeigt. Sojabohnen haben mit ca. 40 % (in der TM) einen sehr hohen Rohproteingehalt und verfügen zudem über einen hohen Rohfettgehalt von ca. 20 % (in der TM). Diese hohen Rohfettgehalte führen zu hohen Energiegehalten, bedingen jedoch auch einer gewissen Einsatzbegrenzung, um zu hohe Rohfettgehalte in den Rationen zu vermeiden. Um höhere Anteile an heimischer Soja in den Futterrationen zu verwenden, bietet sich die Weiterverarbeitung zu teilentöltem Sojakuchen und europäischem Sojaextraktionsschrot an.

5.1 Rind

Bei Wiederkäuern wird der Trypsininhibitor im Pansen inaktiviert, so dass eine thermische Aufbereitung grundsätzlich nicht nötig ist. Eine thermische Aufbereitung erhöht jedoch die Schmackhaftigkeit. Die Einsatzmenge von Sojavollbohnen und ebenso von teilentöltem Sojakuchen wird durch hohe Restfettgehalte begrenzt. Kennzahlen und Einsatzempfehlung für die Fresser-, Milchvieh- und Mastrinderfütterung sind in folgender Tabelle dargestellt:

Tabelle 11: Nährstoffgehalte und Einsatzempfehlung von Sojaprodukten für Rinder.

Inhaltsstoffe (je kg FM)	Einheit	Sojaextraktions- schrot 44 %	Sojavollbohne	Sojakuchen
MJ NEL	MJ	7,61	9,26	7,78
MJ ME	MJ	12,11	14,85	12,53
Rohprotein	g	440	374	400
Nutzbares Rohprotein	g	256	185	199

Inhaltsstoffe (je kg FM)	Einheit	Sojaextraktions- schrot 44 %	Sojavollbohne	Sojakuchen
RNB	g	+29	+30	+32
Rohfett	g	12	190	82
Einsatzempfehlung in %				
Aufzuchttrind/ Fresser	% im Kraftfutter	nach Bedarf	bis 15	bis 20
Milchkuh	kg FM/Tag	nach Bedarf	bis 1,5	bis 3,0
Mastrinder ab 200 kg	kg FM/Tag	nach Bedarf	bis 1,0	bis 1,0

Quelle: Gruber Futterwerttabelle, 41. unveränderte Auflage, 2015.

Das Wichtigste in Kürze - Rind

- In der Rinderfütterung ist der Einsatz von unbehandelten Sojabohnen grundsätzlich möglich.
- Hohe Rohfettgehalte begrenzen die Einsatzmenge von Sojavollbohnen und Sojakuchen (siehe Einsatzgrenzen in Tabelle).

Quellen und weitere Informationen - Rind

- Eiweißfuttermittel in der Rinderfütterung. LfL-Informationen, 2. Auflage 2013

5.2 Schwein

Für den Einsatz heimischer Sojabohnen in der Schweinefütterung ist eine Aufbereitung unumgänglich, da sonst mit Leistungseinbußen zu rechnen ist. Bei der Verfütterung von rohen Vollfettsojabohnen muss mit verminderter Futteraufnahme und stark verminderten Tageszunahmen gerechnet werden. Die thermische Aufbereitung bewirkt zum einen den Abbau der verdauungshemmenden Inhaltsstoffe und somit eine verbesserte Nährstoffverfügbarkeit. Zum anderen wird auch eine verbesserte Schmackhaftigkeit erreicht. Für eine bedarfsgerechte Eiweißversorgung ist eine optimale Aufbereitungsqualität nötig, die einerseits verdauungshemmende Inhaltsstoffe inaktiviert, ohne andererseits die Eiweißverdaulichkeit

durch Überhitzung zu beeinträchtigen. Für den Einsatz in der Schweinefütterung kommen folgende heimische aufbereitete Sojaprodukte in Frage:

- Sojavollbohne, getoastet
- teilentölter Sojakuchen
- europäischer Sojaextraktionsschrot

In der Schweinefütterung wird die Proteinqualität durch die Gehalte an essentiellen Aminosäuren bestimmt. Vor allem Lysin, Methionin und Cystein, Threonin und Tryptophan wirken bei Mangel leistungsbegrenzend. In der folgenden Tabelle sind Kennzahlen der verschiedenen Sojaprodukte sowie ihre Einsatzempfehlungen in den verschiedenen Fütterungsabschnitten abgebildet:

Tabelle 12: Nährstoffgehalte und Einsatzempfehlung von Sojaprodukten für Schweine.

Inhaltsstoffe bei 88 % TM	Einheit	Sojaextraktions-schrot 44 %	Sojavollbohne, getoastet	Sojakuchen
MJ ME	MJ ME	13,10	16,67	13,96
Rohprotein	g	440	374	400
Rohfett	g	12	190	82
Lysin	g	26,9	23,0	23,8
Einsatzempfehlung in %				
Ferkel	%	nach Bedarf	8	15
Mast	%	nach Bedarf	10	12
Zuchtsau, tragend	%	nach Bedarf	5	5
Zuchtsau, säugend	%	nach Bedarf	10	15

Quelle: Futterberechnung für Schweine (LfL), 21. Auflage, Dezember 2014.

Das Wichtigste in Kürze - Schwein

- Heimische Sojaprodukte werden durch eine sachgemäße Aufbereitung zu einem qualitativ sehr hochwertigen Eiweißfuttermittel für die Schweinefütterung.
- Ein Verzicht auf Aufbereitung führt zu hohen Leistungseinbußen.
- Thermische Aufbereitung bewirkt den Abbau verdauungshemmender Inhaltsstoffe und erhöht die Schmackhaftigkeit.

Quellen und weitere Informationen - Schwein

- Schweinefütterung mit heimischen Eiweißfuttermitteln, Unterrichts- und Beratungshilfe; LfL-Information, Mai 2010.

5.3 Geflügel

Das Geflügel stellt hohe bis sehr hohe Anforderungen an den Proteingehalt und die Proteinqualität des Futters. Sojaextraktionsschrot findet derzeit häufig Verwendung in der Geflügelfütterung. Dabei wird v. a. in Rezepturen für Mastgeflügel vorzugsweise HP-(high protein) Sojaextraktionsschrot mit einem Proteingehalt von 48 % verwendet. Bisher war europäischer Sojaextraktionsschrot in diesem Qualitätssegment nicht verfügbar. Ab 2018 wird aber auch dieses Segment auf der Basis von europäischen Sojabohnen abgedeckt. Rohe Sojabohnen enthalten verschiedene Trypsininhibitoren und andere antinutritive Inhaltsstoffe, die Leistung und Gesundheit des Geflügels negativ beeinflussen (vgl. Kapitel 4 Aufbereitung). Sojabohnen und Sojaprodukte (z. B. Sojakuchen) sollten daher grundsätzlich erst nach einer hydrothermischen Aufbereitung verfüttert werden (z. B. Toasten). Der hohe Fettgehalt ganzer Sojabohnen (rund 20 % i. d. TM) wirkt begrenzend auf die Einsatzempfehlung.

In der Geflügelfütterung wird die Proteinqualität durch die Gehalte an essentiellen Aminosäuren bestimmt. Vor allem Lysin, Methionin und Cystein, Threonin und Tryptophan wirken bei Mangel leistungsbegrenzend.

Tabelle 13: Nährstoffgehalte von Sojaprodukten für Geflügel.

Inhaltsstoffe bei 88 % TM	Einheit	Sojaextraktions-schrot 44 %	Sojavollbohne	Sojakuchen
AME _N	MJ ME	10,17	12,35	11,13
Rohprotein	g	440	374	400
Rohfett	g	12	190	82
Lysin	g	26,9	23,0	23,8
Methionin + Cystein	g	12,3	10,6	11,5
Threonin	g	17,2	14,6	15,8
Tryptophan	g	5,9	5,0	5,5

Quelle: Legehennenfütterung (LfL); Prof. Dr. G. Bellof: Heimische Sojaprodukte in der Fütterung landwirtschaftlicher Nutztiere.

Das Wichtigste in Kürze - Geflügel

- Geflügel stellt sehr hohe Anforderungen an Proteingehalt und –qualität;
- Sojaprodukte eignen sich sehr gut als Eiweißfuttermittel für Geflügel;
- Eine Aufbereitung heimischer Sojaprodukte für die Geflügelfütterung ist obligat;

Quellen und weitere Informationen - Geflügel

- LfL-Information zur Legehennenfütterung:
<https://www.lfl.bayern.de/publikationen/informationen/156424/index.php>

6 Wirtschaftlichkeit

Die Wettbewerbsfähigkeit einer Frucht ist für Landwirte ein wichtiges Entscheidungskriterium in der Anbauplanung. Beurteilen lässt sich diese zum einen anhand des Deckungsbeitrages (DB) bzw. der direkt- und arbeitserledigungskostenfreien Leistung (DAL).

Zum anderen ist zur Einschätzung der Wettbewerbsfähigkeit einer Frucht auch deren Vorfruchtwert zu berücksichtigen, das heißt die Auswirkungen auf den Anbauerfolg nachfolgender Früchte. Im Vergleich zu Getreide in getreidereichen Fruchtfolgen hinterlässt die Sojabohne meist eine bessere Bodenstruktur sowie mehr bioverfügbaren Stickstoff und unterbricht Krankheitszyklen sowie die Vermehrung von Schädlingen. Davon profitieren in der Regel die nachfolgenden Früchte in Form höherer Erträge und Einsparungen bei Dünger, Pflanzenschutz und in der Bodenbearbeitung.

Die mit Sojabohnen bzw. den Anbaualternativen zu erzielenden Deckungsbeiträge variieren je nach Ertrag, Erzeugerpreis und Kosten für Betriebsmittel von Jahr zu Jahr. Zur Einordnung der Wettbewerbsfähigkeit der Sojabohne sollten daher mehrjährige Durchschnitte herangezogen werden.

6.1 Konventioneller Landbau

Modellrechnungen zu Deckungsbeiträgen

Auf geeigneten Standorten lassen sich im Mittel der Jahre mit Sojabohnen ähnlich hohe Deckungsbeiträge erzielen wie mit anderen wettbewerbsstarken Marktfrüchten (siehe Abbildung 18). Dabei unterscheiden sich die Ergebnisse einzelner Jahre mitunter deutlich vom mehrjährigen Durchschnitt (Abbildung 19). Besonders eindrücklich zeigt dies das von Sommertrockenheit geprägte Jahr 2015, in dem die Sojaernte teilweise komplett ausfiel. Allerdings gab es auch in diesem Jahr Betriebe, die auf Böden mit ausreichender Wassernachlieferung annähernd durchschnittliche Erträge erzielten. Der Erfolgsmaßstab Deckungsbeitrag kann sich also nicht nur von Jahr zu Jahr, sondern auch von Betrieb zu Betrieb bzw. von Schlag zu Schlag stark unterscheiden. Dementsprechend sollten Erfolgs- und Planungsrechnungen individuell durchgeführt werden.

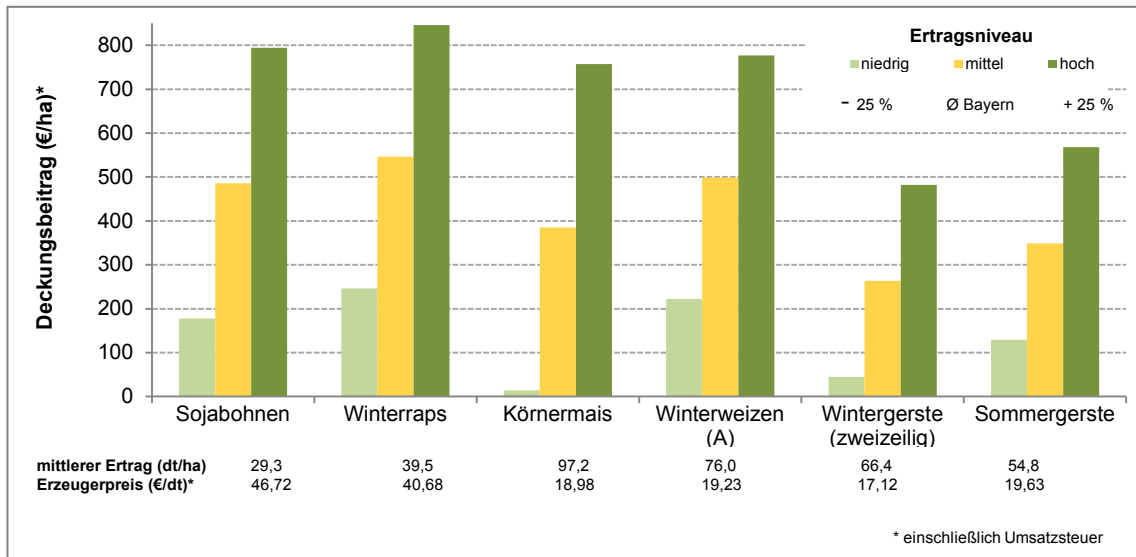


Abbildung 18: Deckungsbeiträge Druschfrüchte in konventioneller Erzeugung im Mittel der Jahre 2012 bis 2016. Quelle: Eigene Berechnung R. Schätzl auf Grundlage des LfL-Deckungsbeitragsrechners.

Für eine jeweils aktuelle Anbauentscheidung sind die Perspektiven zur nächsten Ernte entscheidend. Dabei lässt sich die Kostenseite für alle Früchte meist schon im Vorjahr der Ernte vergleichsweise gut abschätzen. Auf der Leistungsseite kann man mit mehrjährigen Durchschnittserträgen und Vorvertragspreisen, wie sie vom Landhandel angeboten werden, planen.

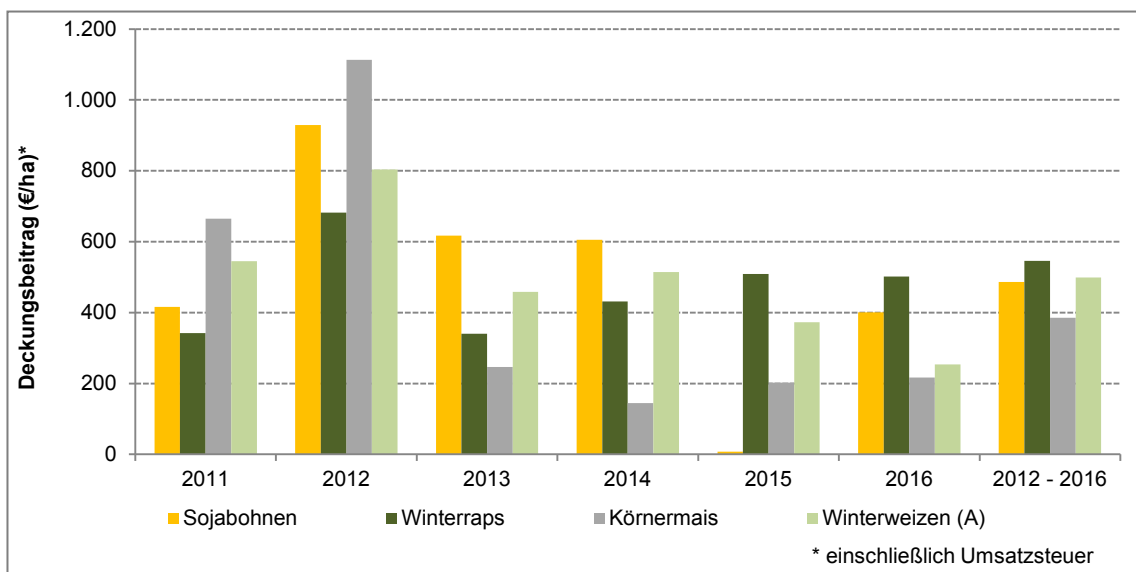


Abbildung 19: Entwicklung der Deckungsbeiträge von Druschfrüchten in konventioneller Erzeugung von 2011 bis 2016. Quelle: Eigene Berechnung R. Schätzl auf Grundlage des LfL-Deckungsbeitragsrechners.

Ein Beispiel für die Ermittlung des Deckungsbeitrags von Sojabohnen zeigt Tabelle 14. Auf der Leistungsseite ist neben der Marktleistung auch ein Teil des aus der Luft gebundenen Stickstoffs berücksichtigt. Dieser verbleibt nach der Ernte im Boden und kann von nachfolgenden Früchten genutzt werden. Die größte Kostenposition stellt das Saatgut dar. Kosten für Dünger sind nach der Menge der mit der Ernte abgefahrenen Nährstoffe Phosphat und Kali kalkuliert, auch wenn diese Nährstoffe unter Umständen im Rahmen der Fruchtfolge zu einer anderen Frucht gedüngt werden. Eine chemische Unkrautbekämpfung wird in der Regel jedes Jahr erforderlich, während Insektizide (z. B. gegen den Distelfalter) nur etwa alle 13 Jahre gebraucht werden. Dementsprechend sind Insektizide nur anteilig berücksichtigt. Für die Kalkulation der variablen Maschinenkosten ist angenommen, dass alle Arbeitsgänge, mit Ausnahme des Drusches, mit eigenen Maschinen erledigt werden. Des Weiteren wird davon ausgegangen, dass in jedem zweiten Jahr eine Trocknung des Ernteguts erforderlich wird.

Tabelle 14: Ermittlung des Deckungsbeitrags von Sojabohnen in konventioneller Erzeugung für das Jahr 2016 (einschließlich Umsatzsteuer). Quelle: L. Wolf, LfL-IBA.

Leistungs-/Kostenposition	Berechnung	€/ha
Marktleistung	$32,8 \text{ dt/ha} * 39,85 \text{ €/dt} =$	1.307
N-Lieferung an nachfolgende Früchte	$32,8 \text{ kg N/ha} * 1,20 \text{ €/kg} =$	39
Summe Leistungen		1.346
Saatgut (einschließlich Impfung)	$135 \text{ kg/ha} * 2,16 \text{ €/kg} =$	292
Dünger (nach Nährstoffabfuhr)	$49 \text{ kg P}_2\text{O}_5 * 1,08 \text{ €/kg}$ $+ 56 \text{ kg K}_2\text{O} * 0,86 \text{ €/kg} =$	101
Pflanzenschutz	Herbizide 120 €/ha + Insektizide 2 €/ha =	122
Variable Maschinenkosten eigen		121
Maschinenring/Lohnunternehmer	Mähdrusch	148
Reinigung	$32,8 \text{ dt/ha} * 1,31 \text{ €/dt} =$	43
Trocknung	$50 \% * 32,8 \text{ dt/ha} * 4,71 \text{ €/dt} =$	81
Hagelversicherung		37
Summe variable Kosten		945
Deckungsbeitrag	Leistungen – variable Kosten	401

Modellrechnung zum Vorfruchtwert

Ein Vorfruchtwert von Sojabohnen ergibt sich durch positive Wirkungen auf das Ergebnis nachfolgender Früchte. Der Vorfruchtwert ist immer relativ, das heißt die Sojabohne muss in ihrer Vorfruchtwirkung einer anderen Kultur gegenübergestellt werden. Im Allgemeinen ist davon auszugehen, dass Getreide nach Soja bessere Ergebnisse erzielt als nach einer Getreidevorfrucht. Neben höheren Erträgen sind Einsparungen bei Stickstoffdünger, Pflanzenschutzmitteln und variablen Maschinenkosten zu erwarten. Eine Berechnung des Vorfruchtwertes von Sojabohnen zeigt Tabelle 15.

Tabelle 15: Ermittlung des Vorfruchtwertes von Sojabohnen im Vergleich zu Getreide bei nachfolgendem Winterweizen (Preis- und Kostenverhältnisse 2012–2016, einschließlich Umsatzsteuer). Quelle: L. Wolf, LfL-IBA.

Positiver Effekt bei WW	Berechnung	€/ha
Höhere Erträge	6 dt/ha * 19,26 €/dt =	116
Einsparungen:		
Stickstoffdünger	in DB Sojabohne bereits berücksichtigt	
Fungizide und Herbizide	geschätzt	20
variable Maschinenkosten (Grubber statt Pflug)	53,72 €/ha – 28,77 €/ha =	25
Summe		161

Ergebnisse aus dem Soja-Netzwerk

Im Rahmen des Soja-Netzwerkes wurden von 53 Landwirten mit konventioneller Wirtschaftsweise Schlagdaten erfasst und ausgewertet. Auf den einbezogenen Sojaschlägen erzielten die Landwirte in den Jahren 2014, 2015 und 2016 Durchschnittserträge von 29, 23 und 30 dt/ha sowie Erzeugerpreise (ohne Umsatzsteuer) von 39,60, 37,00 und 37,20 €/dt (Abbildung 20).

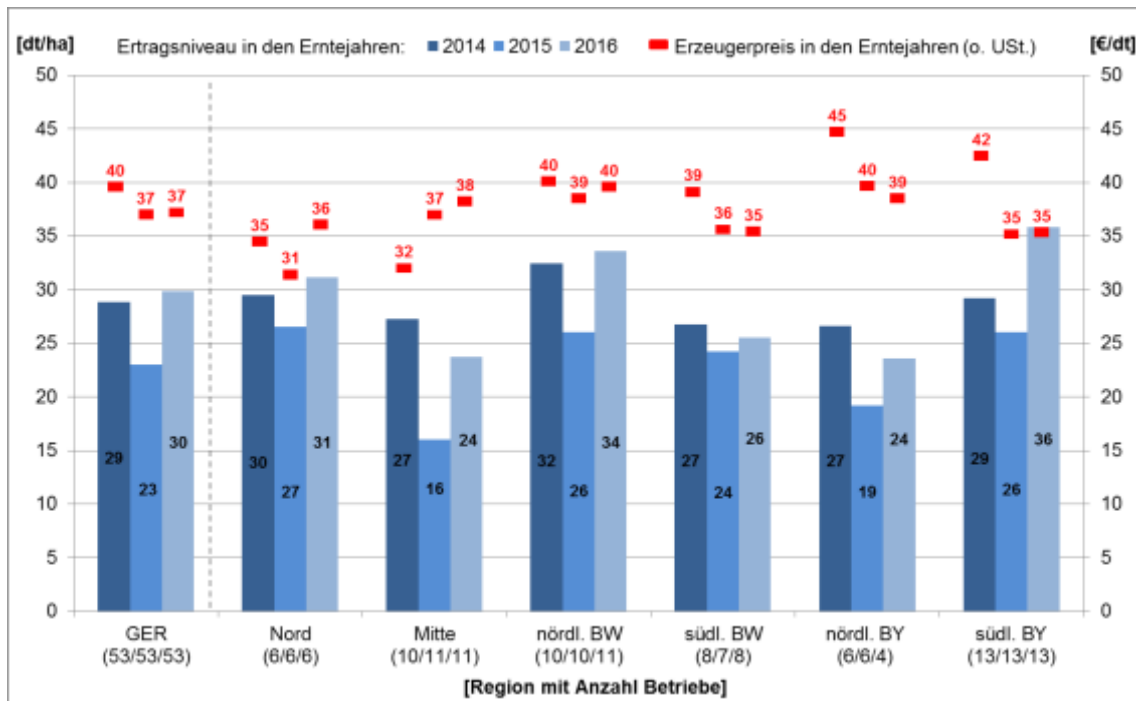


Abbildung 20: Erträge und Erzeugerpreise von konventionell wirtschaftenden Betrieben im Soja-Netzwerk 2014 bis 2016 (ohne Umsatzsteuer). Quelle: L. Wolf, LfL-IBA.

Nach Abzug der variablen Kosten verbleiben von den Leistungen deutschlandweit im Mittel zwischen 190 und 440 €/ha als Deckungsbeitrag (Abbildung 21). Wie bei den Erträgen macht sich hier wieder das besonders trockene Jahr 2015 durch ein schlechteres Ergebnis bemerkbar.

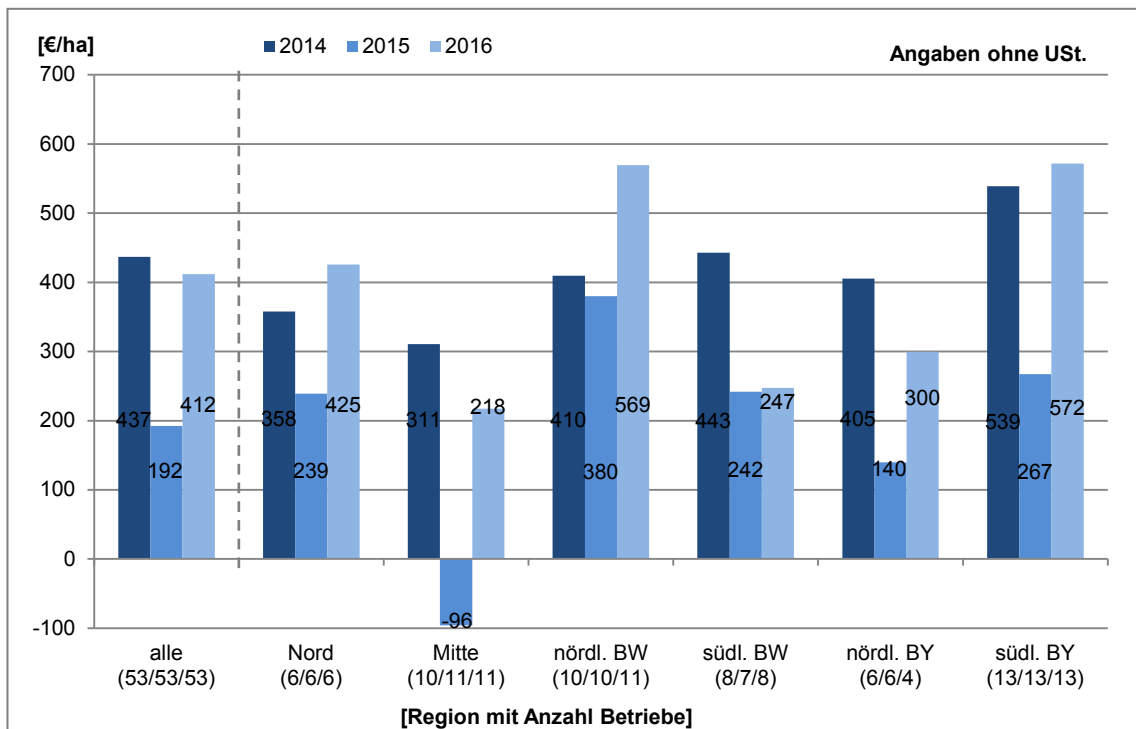


Abbildung 21: Von konventionell wirtschaftenden Betrieben im Soja-Netzwerk erzielte Deckungsbeiträge 2014 bis 2016 (ohne Umsatzsteuer). Quelle: L. Wolf, LfL-IBA.

Das Wichtigste in Kürze - Wirtschaftlichkeit

- Im Durchschnitt mehrerer Jahre lassen sich mit Sojabohnen vergleichbare Deckungsbeiträge zu anderen wettbewerbsstarken Druschfrüchten (Winterweizen, Körnermais, Winterraps) erzielen.
- Ein Vorfruchtwert von Sojabohnen zeigt sich bei nachfolgendem Getreide im Vergleich zu einer Getreidevorfrucht. Der Vorfruchtwert von Soja ergibt sich über höhere Erträge bei der Nachfrucht sowie Einsparungen bei Dünger, Pflanzenschutz und variablen Maschinenkosten. Der Vorfruchtwert kann monetär bewertet werden.

Quellen und weitere Informationen - Wirtschaftlichkeit

- LfL-Deckungsbeiträge und Kalkulationsdaten:
deckungsbeitrag.bayern.de → Sojabohnen
- Ergebnisse aus dem Soja-Netzwerk:
<https://www.sojafoerderung.de/aktuell/demonstrationsnetzwerk/datenzusammenfassung-der-jahre-2014-16/>
<http://www.lfl.bayern.de/iba/pflanze/123971/index.php>

6.2 Ökologischer Landbau

Modellrechnungen zu Deckungsbeiträgen

Sojabohnen im ökologischen Landbau sind eine sehr wettbewerbsstarke Druschfrucht, wenn die Produktionstechnik beherrscht wird. Dies zeigt sich unter anderem in vergleichsweise hohen durchschnittlichen Deckungsbeiträgen (Abbildung 22). In der Regel wird Speiseware deutlich höher honoriert als Futterware. Dies schlägt sich über die vergleichsweise hohe Marktleistung von Speisesojabohnen im Deckungsbeitrag nieder.

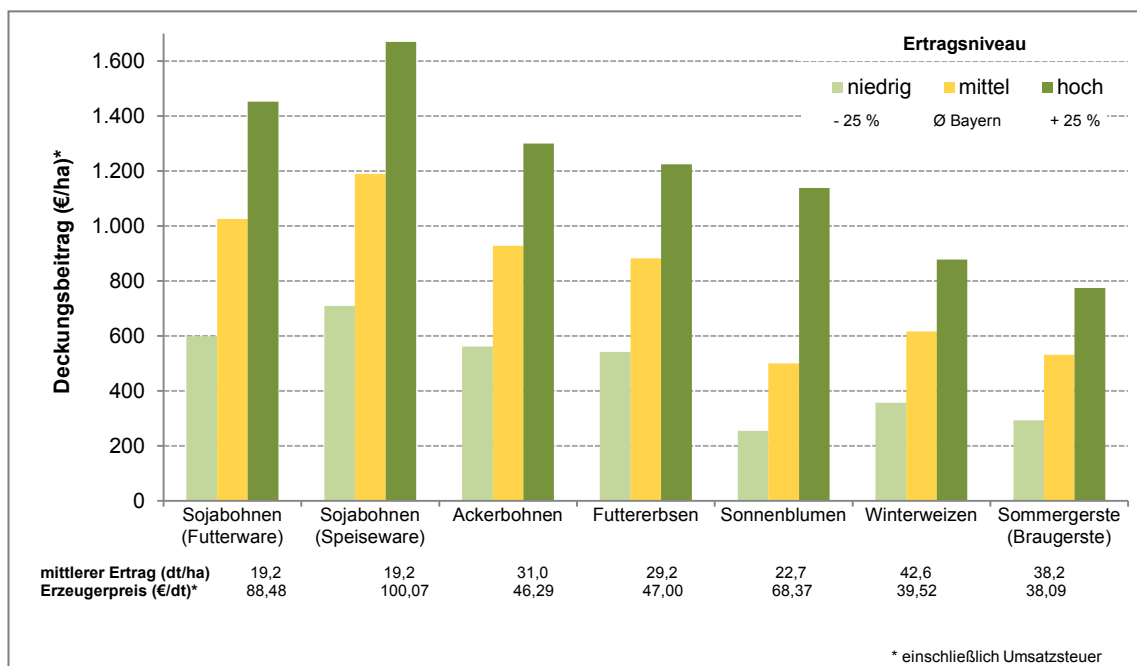


Abbildung 22: Deckungsbeiträge Druschfrüchte in ökologischer Erzeugung im Mittel der Jahre 2012 bis 2016. Quelle: Eigene Berechnung R. Schätzl auf Grundlage des LfL-Deckungsbeitragsrechners.

Tabelle 16 zeigt ein Beispiel für die Ermittlung des Deckungsbeitrags von Sojabohnen im Ökologischen Landbau. Aufgrund des hohen Erzeugerpreises erzielen ökologisch erzeugte Sojabohnen trotz der vergleichsweise niedrigen Erträge relativ hohe Marktleistungen. Die Bewertung des Stickstoffs, der nach der Ernte im Boden verbleibt und von nachfolgenden Früchten genutzt werden kann, erfolgt anhand von Reinnährstoffkosten. Diesen liegen Kosten zugrunde, die für im Ökologischen Landbau zugelassene Zukaufsdünger entstehen. Die Kalkulation der Kostenpositionen geschieht analog zum konventionellen Verfahren. Dabei sind Kosten für ökologisch erzeugtes Saatgut und Dünger mit Zulassung im Ökologischen Landbau angesetzt. Pflanzenschutzmittel werden nicht benötigt. Die Regulierung des Unkrauts geschieht über zusätzliche Maschinenarbeitsgänge mit Striegel und Hacke.

Tabelle 16: Ermittlung des Deckungsbeitrags von Sojabohnen (Futterware) in ökologischer Erzeugung für das Jahr 2016 (einschließlich Umsatzsteuer). Quelle: L. Wolf, LfL-IBA.

Leistungs-/Kostenposition	Berechnung	€/ha
Marktleistung	$18,7 \text{ dt/ha} * 87,45 \text{ €/dt} =$	1.635
N-Lieferung an nachfolgende Früchte	$29,9 \text{ kg N/ha} * 5,51 \text{ €/kg} =$	165
Summe Leistungen		1.800
Saatgut (einschließlich Impfung)	$135 \text{ kg/ha} * 2,66 \text{ €/kg} =$	359
Dünger (nach Nährstoffabfuhr)	$28 \text{ kg P}_2\text{O}_5 * 1,26 \text{ €/kg} + 32 \text{ kg K}_2\text{O} * 1,51 \text{ €/kg} =$	84
Pflanzenschutz		0
Variable Maschinenkosten eigen		177
Maschinenring/Lohnunternehmer	Mähdrusch	148
Reinigung	$18,7 \text{ dt/ha} * 1,31 \text{ €/dt} =$	24
Trocknung	$50 \% * 19,6 \text{ dt/ha} * 4,71 \text{ €/dt} =$	46
Hagelversicherung		46
Summe variable Kosten		884
Deckungsbeitrag	Leistungen – variable Kosten	916

Ergebnisse aus dem Soja-Netzwerk

Im Rahmen des Soja-Netzwerkes wurden von 60 bzw. 57 Landwirten mit ökologischer Wirtschaftsweise Schlagdaten erfasst und ausgewertet. Auf den einbezogenen Sojaschlägen erzielten die Landwirte in den Jahren 2014, 2015 und 2016 Durchschnittserträge von 24, 19 und 27 dt/ha sowie Erzeugerpreise (ohne Umsatzsteuer) von 82,40, 86,10 und 85,90 €/dt (Abbildung 23).

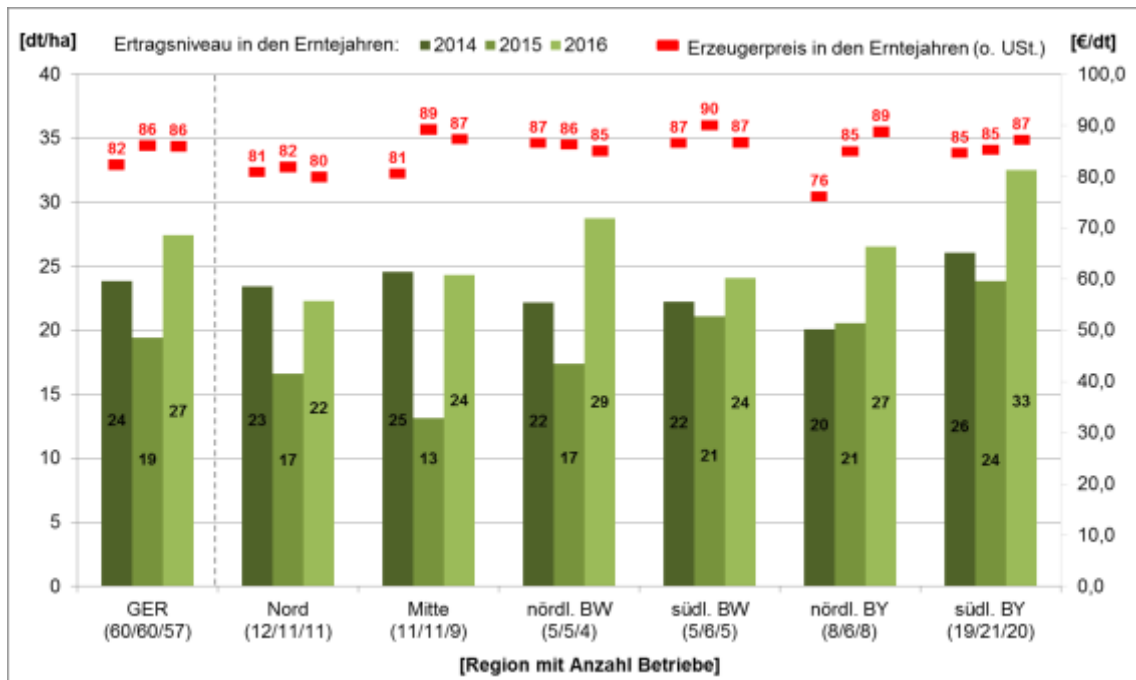


Abbildung 23: Erträge und Erzeugerpreise von ökologisch wirtschaftenden Betrieben im Soja-Netzwerk 2014 bis 2016 (ohne Umsatzsteuer). Quelle: L. Wolf, LfL-IBA.

Das durchschnittliche Deckungsbeitragsniveau der Öko-Betriebe liegt für Gesamtdeutschland in den drei Erntejahren bei 940 bis 1600 €/ha. Wie bei den konventionell wirtschaftenden Landwirten zeigen sich im ökologischen Bereich auf regionaler Ebene ebenfalls deutliche Unterschiede. Der Rückgang im Durchschnittsergebnis im Jahr 2015 ist auch hier auf die lange anhaltende Trockenperiode über weite Teile der Bundesrepublik zurückzuführen (Abbildung 24).

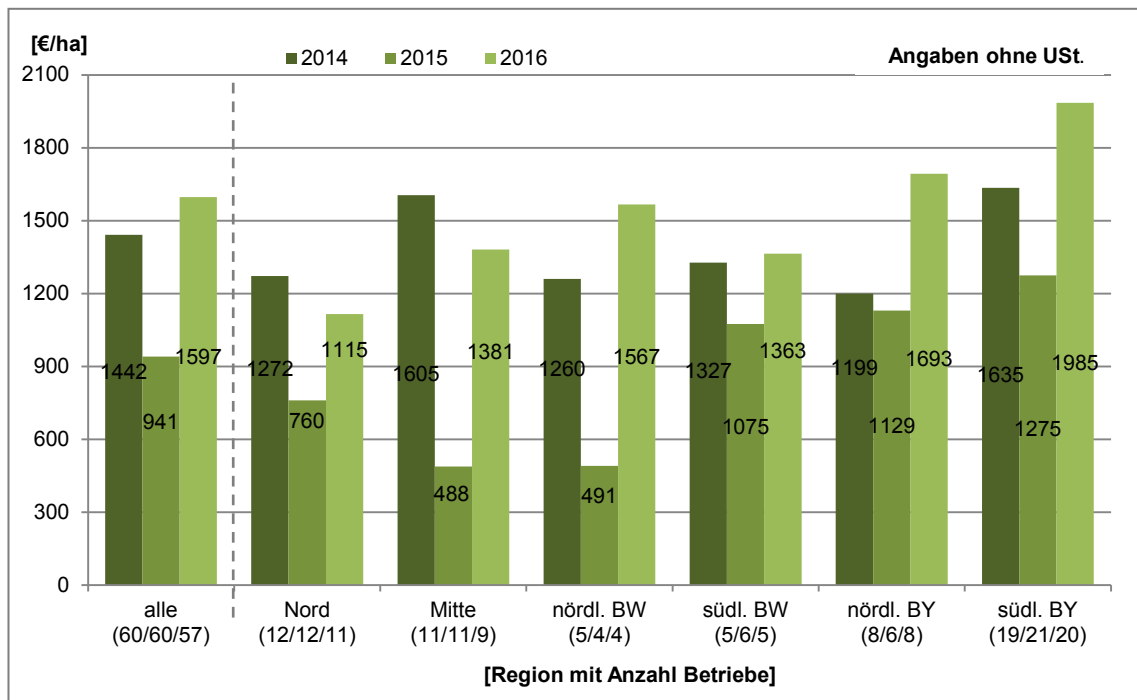


Abbildung 24: Von ökologisch wirtschaftenden Betrieben im Soja-Netzwerk erzielte Deckungsbeiträge 2014 bis 2016. Quelle: L. Wolf, LfL-IBA.

Das Wichtigste in Kürze – Ökologischer Landbau

- Im Vergleich zu anderen wettbewerbsstarken Druschfrüchten (Ackerbohnen, Futtererbsen, Winterweizen) lassen sich auf geeigneten Standorten mit Sojabohnen im ökologischen Landbau überdurchschnittliche Deckungsbeiträge erzielen.
- Wichtig für einen erfolgreichen Anbau ökologischer Sojabohnen ist eine gelungene Unkrautregulierung.

Quellen und weitere Informationen - Ökologischer Landbau

- LfL-Deckungsbeiträge und Kalkulationsdaten:
deckungsbeitrag.bayern.de → Öko-Sojabohnen
- Ergebnisse aus dem Soja-Netzwerk:
<https://www.sojafoerderring.de/aktuell/demonstrationsnetzwerk/datenzusammenfassung-der-jahre-2014-16/>
<http://www.lfl.bayern.de/iba/pflanze/123971/index.php>

7 Steckbrief

Standortansprüche

- leicht erwärmbare Böden mit guter Struktur
- am besten in warmen Körnermaisanbaulagen (K 240 – 280)
- bessere Böden mit guter Wasserhaltekapazität
- gute Wasserversorgung von Juni – August entscheidend
- pH-Wert: 6,5 – 7,0
- ungeeignet: Böden mit hoher N-Nachlieferung, starker Verunkrautung, steinige Böden, Kaltluftsenken, erosionsgefährdete Flächen

Sortenwahl

- auf sichere Abreife (September) achten
- für Deutschland i. d. R. Reifegruppen „00“ früh, oder „000“ sehr früh
- Produktionsziel beachten, evtl. Sortenvorgaben durch Abnehmer
- Ertrag, Standfestigkeit, Qualität, Herbizidverträglichkeit u. a.

Produktionstechnik

- Fruchtfolge
- Anbau alle drei Jahre, bei Sklerotinia-Wirtspflanzen alle vier Jahre auf derselben Fläche
- Geringer Unkrautdruck auf der Fläche (Winterung besser als Sommerung)
- möglichst geringe Stickstoffnachlieferung aus Vorjahr (wenig N-min anstreben)
- Folgefrucht: Zwischenfrucht oder Winterung, um gute Bodenstruktur zu nutzen und Reststickstoff zu konservieren

Bodenberbeitung

- Standard: Pflugeinsatz, nachfolgend Saatbettbereitung und Sätechnik oder Mulchsaatverfahren
- Direktsaat oder Strip Till in Deutschland kaum praktiziert
- Erosionsgefährdung durch späten Reihenschluss, CC-Vorgaben und gute fachl. Praxis zum Erosionsschutz sind zu beachten
- ebenes Saatbett für spätere Ernte unabdingbar (niedriger Hülsenansatz), evtl. Walzen

Saat

- Saatbett feinkrümelig, rückverfestigt, eben, keinesfalls verschlämmt
- Möglichst über 10 °C Bodentemperatur, mit nachfolgend warmer Wetterlage
- Saatzeit: Anfang April bis Anfang Mai
- Saattechnik: Einzelkornsaat (Reihenabstand 37,5 – 50 cm) oder Drillsaat (Reihenabstand 12 - 15 cm)
- Saatstärke: 000-Sorten: 65 – 75 keimfähige Körner/m²; 00-Sorten: 50 – 60 keimfähige Körner/m²
- Saattiefe: 3 – 5 cm
- Impfung des Saatguts mit Knöllchenbakterien nötig

Düngung

- keine N-Düngung
- P-, K- und Mg- Düngermenge wird bemessen nach Nährstoffentzug durch Abfuhr und der Nährstoffgehaltsklasse des Bodens

Pflanzenschutz

- Unkräuter
- nur Standorte mit geringem Unkrautdruck, ohne Problemunkräuter wählen
- vorbeugende Maßnahmen unbedingt nötig
- Herbizideinsatz im Voraufbau
- Striegeln im Voraufbau, mehrmaliges Hacken zwischen Auflaufen und Reihenschluss

Tierische Schädlinge

- Vögel
- Distelfalter
- Wild

Pilzkrankheiten

- Sklerotinia (Weißstängeligkeit)
- Diaporthe / Phomopsis (pilzlicher Krankheitskomplex)

Ernte

- Reif, wenn Blätter abgefallen sind, Bohnen in Hülsen klappern
- Mitte September bis Anfang Oktober
- Kornfeuchte: 13 – 15 %

Aufbereitung und Verwertung

- Eiweißfuttermittel: vorherige Aufbereitung für Schweine und Geflügel notwendig;
- Aufbereitungsverfahren: thermisch, hydrothermisch, druckthermisch
- Humanernährung: Nicht zum Rohverzehr geeignet;
- Aufbereitung: Kochen, Fermentieren, Rösten
- Verarbeitung als Gemüse, zu Sojamilch, Tofu, Knabberzeug;

Wirtschaftlichkeit

- im Durchschnitt der Jahre wettbewerbsfähige Druschfrucht
- guter Vorfruchtwert für nachfolgenden Getreideanbau