

„Vorratsgüter der Zukunft“ – Anpassung des Vorratsschutzes an ein klimatisch bedingtes (verändertes) Kulturpflanzen- und Schadinsektenspektrum

FoPro-Nummer: 1342

Projektdauer: vsl. Ende 2018 (Verlängerung bis Ende 2021)

Beteiligte Wissenschaftler:

Dr. B. Fürstenau, Dr. G. M. Kroos

Fachbereich Vorratsschutz, Institut für ökologische Chemie, Pflanzenanalytik und Vorratsschutz (ÖPV), Julius Kühn-Institut, Berlin

Beteiligte technische Mitarbeiter:

Frau K. Heindorf

Fachbereich Vorratsschutz, ÖPV, Julius Kühn-Institut, Berlin

Zusammenfassung

Faktoren wie Klimaveränderungen und wirtschaftlich-politische Entwicklungen, aber auch Veränderungen der Ernährungsgewohnheiten im Zuge des gesellschaftlichen Wandels sowie Züchtungsfortschritte und auch die Biologisierung vieler industrieller Produkte, beeinflussen welche Kulturpflanzen zukünftig angebaut und damit auch welche Pflanzenerzeugnisse in der Vorratshaltung gelagert werden.

Hauptziel der vorliegenden Untersuchung war es zu klären,

- ob „neue“ Vorratsgüter in Deutschland von einheimischen sowie (aufgrund gestiegener Jahrestemperaturen und der Globalisierung/des internationalen Handels) eingewanderten Vorratsschädlingen befallen werden können und
- ob sich im Zuge dieser Entwicklung ein für Deutschland verändertes, ökonomisch bedeutsames Schädlingsspektrum ausbilden kann und/oder die Gefahr der Verbreitung und Etablierung neuer eingewanderter Schädlinge besteht.

Vor dem Hintergrund des Internationalen Jahres der Hülsenfrüchte 2016 wurden im Rahmen dieses Projektes Pflanzenerzeugnisse der beiden Leguminosen Soja und Lupine als innovative Vorratsgüter ausgewählt und ihr möglicher Befall durch verschiedene Vorratsschädlinge untersucht. Dafür wurde in Laborversuchen überprüft, ob sich bestimmte vorratsschädliche Käfer und Motten auf Soja und Lupine in unterschiedlichen Verarbeitungsstufen (ganze Bohnen, Schrot und Mehl) entwickeln können. Die gemessenen Entwicklungsparameter a) Entwicklungszeit vom Ei zum adulten Tier und b) Anzahl der vollentwickelten Nachkommen wurden mit denen von auf Standardzuchtsubstrat gehaltenen Tieren verglichen. Um eine zeitnahe Abschätzung des Entwicklungsvermögens zu ermöglichen, wurde ein einfaches Standardsystem für das Screening von neuen Pflanzenerzeugnissen und Sorten hinsichtlich der oben genannten Zielsetzungen entwickelt.

Summary

Climate change, economic-political developments as well as new trends in diet and in bio-economy influence the assortment of cultivated plants and thereby which plant products have to be stored after harvest.

Therefore it should be clarified whether

- ‘new’ stored goods in Germany could be infested by common and invasive stored product pests
- the spectrum of stored-product pests changes
- pests associated with and introduced by cultivated new crops could cause significant economical damages

In view of the intensified cultivation and storage of the novel commodity ‘soy’ in southern regions of Germany and in the context of the International Year of Pulses 2016, this project has investigated whether soy is susceptible to infestation by common stored-product pests. Moreover, we investigated lupine as another new plant product and its possible infestation by different pest moths and beetles.

1. Einleitung

Den Zielen, der 2015 durch die Vereinten Nationen verabschiedeten Agenda 2030 (United Nations, 2016) und der im Jahr 2001 angenommenen Strategie der Europäischen Union für nachhaltige Entwicklung (Kommission der Europäischen Gemeinschaften, 2001) folgend, hat das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) begonnen, die Ernährungssicherheit in Deutschland in den Vordergrund zu stellen und die Ernährung im Allgemeinen zu verbessern. Darüber hinaus hat das BMEL seine Unterstützung für nachhaltigere und widerstandsfähigere landwirtschaftliche Systeme verstärkt, um so auf einen fortschreitenden Klimawandel, sozialpolitische Entwicklungen und neue Verbrauchertrends in Ernährung und Bioökonomie zu reagieren. Als Teil des deutschen Engagements zur Förderung der Produktion von Hülsenfrüchten wurde eine sogenannte Eiweißpflanzenstrategie gestartet, um den Anbau von Ackerbohnen und Erbsen sowie den weiterer alternativer eiweißhaltiger Pflanzen, wie Soja und Lupine, zu verbessern. Darüber hinaus haben im Juli 2017 vierzehn europäische Minister die „Europäische Soja-Erklärung“ unterzeichnet (Rat der Europäischen Union, 2017), eine Initiative, die vom deutschen und ungarischen Landwirtschaftsminister ins Leben gerufen wurde. Beide politischen Strategien heben hervor, dass Leguminosen von entscheidender Bedeutung für das landwirtschaftliche System in Europa sind. Da aktuell in Europa ungefähr nur 3% des Ackerlandes für den Leguminosenanbau verwendet werden (EU-Bericht, 2017), zielen die politischen Richtlinien darauf ab, sowohl die Kultivierung von Hülsenfrüchten als auch die wissenschaftliche Untersuchung zur „Primärproduktion von Proteinpflanzen“ zu fördern/verbessern. Auf diese Weise erhoffen sich die teilnehmenden Länder eine größere Unabhängigkeit von nichteuropäischen Lebensmittel- und Futtermittelimporten und unterstützen gleichzeitig eine Diversifizierung der Fruchtfolge.

Die Verwendung von Soja und Lupine und ihr Anbau weltweit und in Deutschland

Die Sojabohne (*Glycine max*) und die heimische Lupine (*Lupinus* spp.) stellen hervorragende alternative Proteinquellen und somit ein proteinreiches Futtermittel dar. Die Sojabohne, besteht bis zu 40% aus Eiweiß und bis zu 20% aus Fett (Hartmann et al. 2011), während der Proteingehalt von Lupine bis zu 30% beträgt (Bader et al. 2009). Abhängig von der Sorte und vom Hersteller kann der Eiweißanteil im Lupinenmehl jedoch auf über 40% ansteigen (Bremer 1999). Beide Pflanzenerzeugnisse liefern nicht nur ernährungsphysiologisch wertvolles pflanzliches Eiweiß als alternative Proteinquelle für die Erzeugung von Lebens- und

Futtermitteln sowie Nahrungsergänzungstoffen, sondern Soja ist nach der Ölpalme (*Elaeis guineensis*) mit 28% Gesamtproduktion auch die zweitwichtigste Öl liefernde Nutzpflanze weltweit (Abb. 1a, b). Lupinenkörner ihrerseits sind sehr fettreich (4-7%; Schmalblättrige Lupine 5,5% in Trockenmasse, Weiße Lupine 8,7% in Trockenmasse; DLG 2014) und das Öl enthält wertvolle ungesättigte Fettsäuren. In der Fütterung steht die Schmalblättrige Lupine in direkter Konkurrenz zum Sojaextraktionsschrot, dessen Rohproteingehalt um die 44% (bei 88% Trockensubstanz) von keiner heimischen Körnerleguminose erreicht wird (Bremer 1999).

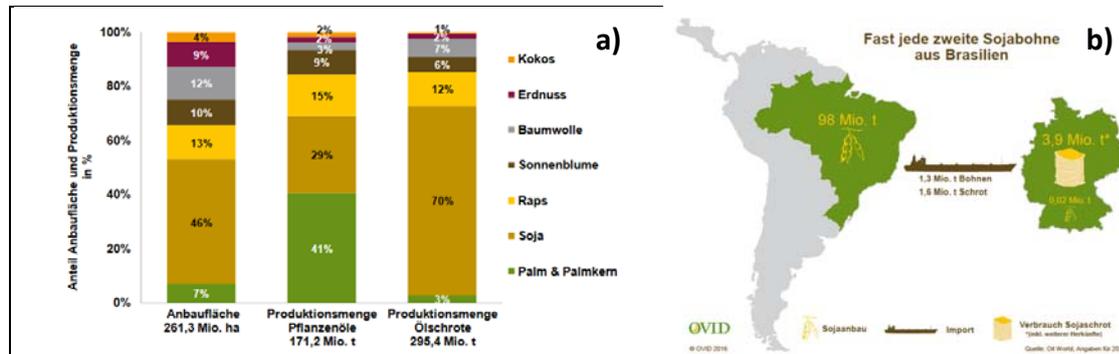


Abb. 1 a) Anbaufläche und Produktionsmenge der wichtigsten Pflanzenöle und -schrote weltweit 2015. **b)** Menge des angebaute Soja in Brasilien und Deutschland sowie die Menge der von Deutschland importierten Sojabohnen und -schrot (www.ovid-verband.de, Stand: Juli 2017).

Generell ist der Bedarf an Soja und Sojaprodukten am Weltmarkt sowie in Europa und Deutschland steigend. Von allen Nutzpflanzen besitzt Soja den höchsten Zuwachs an Anbaufläche. Soja wird bislang hauptsächlich in den USA, Brasilien und Argentinien angebaut (Abb. 2), aber auch die Erträge in der Europäischen Union und Deutschland nehmen zu (Abb. 3). Die Weltproduktion betrug im Jahr 2016 insgesamt 324,2 Mio. t, wobei der Großteil dieser Produktion (95-100%) von gentechnisch veränderten Sojasorten stammt.

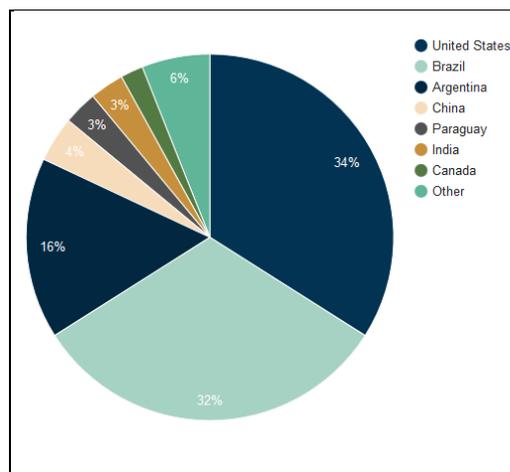


Abb. 2 Weltweite Soja-Produktion geordnet nach Anbauländern (Quelle: www.usda.com; www.soystats.com, Stand: Juli 2017).

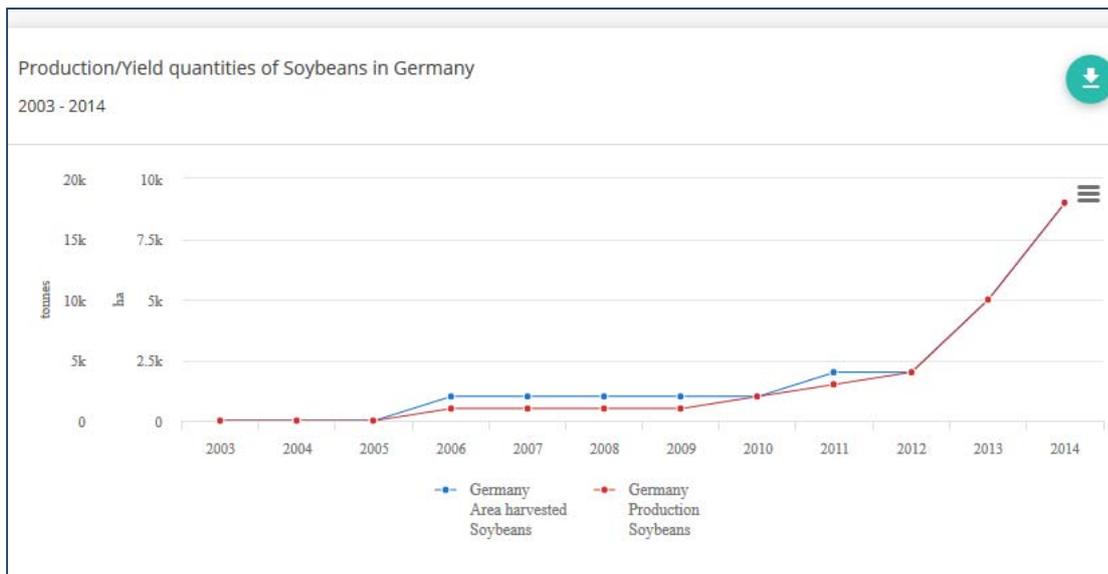


Abb. 3 Sojaanbauflächen und -erträge in Deutschland (Quelle; FAO Stat, Stand: 19. Oktober 2017)

Aktuell importiert Deutschland ca. 3,5 Mio. t Soja/Jahr, um eine Proteinlücke von ca. 2,5 Mio. t (65% der in 2015 konsumierten Menge an Proteinen) auszufüllen (<http://www.fao.org/faostat/en/#home>; www.ovid-verband.de).

Auch wenn die Erträge von Hülsenfrüchten pro Hektar in Europa relativ hoch sind, z.B. beläuft sich der Ertrag von Soja in Deutschland auf aktuell 34,4 dt/ha und der von Lupine auf 10-60 dt/ha (Statistisches Bundesamt, 2017) produzierte Deutschland im Vergleich dazu in 2012 nur 38.000 t Soja selbst, bei einer Anbaufläche von 5.000 ha. Der Deutsche Sojaförderring e.V. berichtete in einer Pressemitteilung vom 20. September 2017 von einem Anstieg der Erntemenge in Deutschland auf bis zu 50.000 t Soja und die Anbaufläche, vor allem in Süddeutschland, vergrößerte sich auf ca. 19.000 ha (Donausoja, 2017). Auch, aber vor allem aus diesem Grund strebt Deutschland zukünftig eine größere Unabhängigkeit von außereuropäischen Lebens- und Futtermittelimporten an und möchte die bestehenden Wettbewerbsnachteile im Leguminosenanbau gegenüber anderen Ländern ausgleichen. Außerdem besteht ein wachsendes Verbraucherinteresse an GVO-freiem und regional erzeugtem Soja, unter anderem für die vegetarische Ernährungsweise. Deshalb wächst insgesamt das Interesse an heimischen Körnerleguminosen sowie an Sojavarianten, die an die besonderen Klimabedingungen Deutschlands angepasst sind. Da der Anbau von Soja in Deutschland immer noch sehr aufwendig ist und wie zuvor beschrieben, nur auf sehr kleiner Fläche in Süddeutschland stattfindet, soll auf diese Weise in Zukunft verstärkt auf regional produziertes Futter gesetzt und gänzlich auf Importsoja verzichten werden. Intensive Informations- und Forschungsarbeit leisten in Deutschland das Soja-Netzwerk, der Deutsche Sojaförderring, europaweit die Donauinitiative und weltweit das „Soyinfo center“.

All dies soll u. a. durch die Ausdehnung der Anbaufläche und durch Förderung von Forschung und Innovationen geschehen, beides Hauptbestandteile der „Eiweißpflanzenstrategie“, welche durch das BMEL zu diesem Zwecke initiiert wurde (BLE Bekanntmachung, No.20/17/31, 2017). Neben dem Anbau von Soja und der Züchtung/Findung von neuen Sorten, die an die lokalen (aktuellen) Klimabedingungen angepasst sind, sollen zudem weitere alternative Eiweißpflanzen wie Ackerbohne, Futtererbse, Wicke, Luzerne und Klee verstärkt angebaut werden (BLE Ankündigung, Nr. 20/17/31, 2017).

Während wir in Deutschland zur Proteinversorgung aktuell immer noch Sojabohnen hauptsächlich aus tropischen Regionen importieren müssen, ist der Anbau von Lupine in Deutschland, Österreich und der Schweiz leichter möglich. Das liegt daran, dass es sich um eine recht anspruchslose Pflanze handelt, die auf sandigem und trockenem Boden gedeiht. Daher ist Lupineneiweiß ein regionales pflanzliches Protein, für das keine Importe aus Entwicklungsländern notwendig sind. Zurzeit werden drei landwirtschaftliche Lupinensorten in Europa angebaut, die blaue Lupine (*Lupinus angustifolius*), die gelbe Lupine (*L. luteus*) und die weiße Lupine (*L. albus*) (Bader et al. 2009; Bremer 1999). Die blaue Süßlupine zum Beispiel, wird auf über 30.000 ha in Norddeutschland angebaut (Ruge-Wehling et al 2016) und 2017 wurden mehr als 53.000 t geerntet. Der Anbau von Lupinen geht mit einer Auflockerung der Fruchtfolgen und weiteren agrarökologisch positiven Effekten einher (Böhme et al. 2016). Insgesamt beträgt die Ackerfläche von Hülsenfrüchten in Deutschland an die 197.000 ha (Federal Statistical Office, 2017).

Lagerung von Sojabohnen und Lupine

Für Soja gibt es bereits einige Untersuchungen zur optimalen Ernte, Lagerung und Verarbeitung in Bezug auf die inhaltsstoffliche Qualität (<http://www.ltz-bw.de>, <https://www.sojafoerderring.de>, www.containerhandbuch.de, Stand Mai 2016). So sollte Soja erst ab 13-16% Druschfeuchte geerntet werden. Für eine ggf. erforderliche Nachtrocknung werden maximal 40°C und über 55% rLF empfohlen, was einer Lufttrocknung oder einer nur schonenden Erwärmung der Luft gleich kommt. Da Sojabohnen grundsätzlich bei mechanischer Belastung anfällig für Bruch und Verletzungen der Samenschale sind, sollte möglichst kurz, kühl und trocken, also unter 12-13% Gleichgewichtsfeuchte und unter 65% rLF gelagert werden (Gleichgewichtsfeuchte bei 21°C und 60% rLF: ca. 10,7%). Bei bis zu max. 11% Restfeuchte im Sojakern und Temperaturen unterhalb von 16°C sind Sojabohnen dann mehr als 300 Tage und ungefähr 4 Jahre lagerfähig. Die Lagerfähigkeit ist stark abhängig vom Ölgehalt und da Soja hygroskopisch ist gilt generell, je höher der Ölgehalt, umso niedriger darf die Lagerfeuchte sein. Bei hohem Ölgehalt ist die Gefahr des Fettverderbs (Ranzidität) größer. Dieser macht sich durch Veränderungen in Geruch, Geschmack, und Qualität bemerkbar. Bei der hydrolytisch-enzymatischen bzw. der oxidativen Fettspaltung werden die freien Fettsäuren in CO₂ und H₂O umgewandelt. Dadurch entsteht Wärme und die Gefahr von Selbsterhitzung und Ladungsbrand nimmt zu. Gelagert wird Soja üblicherweise in Stahlsilos, Trevira-(Polyestergewebe)-Silos, GFK-(Glasfaserverstärkter Kunststoff)-Silos oder Jutesäcken. Außerdem sollten gelagerte Sojabohnen belüftet werden. Bei Ein- und Umlagerungen ist zu berücksichtigen, dass die Bruchgefahr bei Sojabohnen bei einer Kernfeuchte von unter 12% steigt.

Um Bruchkorn zu vermeiden und im Bereich der Saatgutproduktion eine hohe Keimfähigkeit zu garantieren sollten Lupinenbohnen zunächst schonend gedroschen werden. Auch für die Futter- und Lebensmittelindustrie wird eine hohe Rohwarenqualität erfordert, da Bruchkorn zu erhöhten Pilzbelastungen bzw. zur Oxidation der enthaltenen Öle und somit zu einer deutlich schlechteren Qualität führt. Zur Herstellung des Lupinenmehls und einer einheitlichen Konsistenz sollte grundsätzlich dreimal gemahlen werden. Erst dann kann auch eine grobe Aussage über die Feuchte gemacht werden. Ein häufiges Problem bei Lupinen ist die uneinheitliche Abreife und schon bei Restfeuchtegehalten von mehr als 12-14% kann es schnell zu Schimmelbildung kommen. Dadurch wird zum Erhalt der Lagerfähigkeit eine Konservierung durch a) Trocknung (Trockenwerke, mit Biogasabwärme), b) Säurebehandlung

(propionsäurehaltige Mittel), c) Natronlauge und Futterharnstoff oder d) milchsaure Silierung (Feuchtegehalte von ca. 35%) erforderlich. Für die Silierung erntefeuchter Lupinenkörner wird das Verfahren der Schlauchsilierung favorisiert. Neben chemischen werden auch physikalische Behandlungsverfahren wie Toasten, Rösten, Extrudieren, Expandieren, Mikronisieren oder auch Mikrowellenverfahren angewendet. Allgemein werden für die Verfütterung alkaloidarme Lupinen und aufgrund von toxikologischen Überlegungen für den Lebensmittelbereich alkaloidfreie Lupinen benötigt (Behmer et al. 2016). Weitere Qualitätsansprüche an das Erntegut umfassen:

- Wassergehalt < 14%,
- max. Fremdbesatz 3%,
- Farbe der Samen: so hell wie möglich,
- geringer Anteil der Samenschale.

Bisherige Studien zum Schädlingsbefall in Soja und Lupine

Zum Entwicklungspotential von Vorratsschädlingen auf Soja gibt es vergleichsweise wenige Studien und zu gelagerten Lupinenprodukten fast gar nichts. Zudem sind diese Arbeiten einerseits recht alt oder andererseits nicht auf das hiesige Schädlingspektrum abgestimmt (Cox & Simms, 1978; Giga & Smith, 1987; LeCato, 1976; Sharma & Thakur, 2014a, 2014b). Es gibt vereinzelt Literatur über das Vorkommen bestimmter Insekten (Schädlingsarten) in Sojalagern (Hagstrum & Subramanyam, 2009). Generell wird Soja jedoch als „durch Vorratsschädlinge wenig gefährdet“ eingestuft. Allerdings soll die Lagerung in sogenannten „Big Bags“ einen Befall mit Mehlmotten begünstigen (<https://www.sojafaorderung.de>, Stand Mai 2016). Diese Angaben sind bisher aber nicht wissenschaftlich belegt. Auch andere Hülsenfrüchte wie Lupinen werden besonders in Australien nach der Ernte temporär in „big bags“ gelagert. Über möglichen Befall durch vorratsschädliche Insekten gibt es jedoch keine Information.

Typische Insektenschädlinge an Ölsaaten/-früchten generell sind z.B. Erdnussplattkäfer *Oryzaephilus mercator*, Getreideplattkäfer *Oryzaephilus surinamensis*, Mehlmotte *Ephestia kuehniella*, Dörrobstmotte *Plodia interpunctella* und Reismehlkäferarten (Triboliumarten), die zu Wertminderungen und Masseverlusten führen können (Containerhandbuch <http://www.tis-gdv.de/tis/ware/oelsaat/sojabohn/sojabohn.htm>; 19. Oktober 2017).

Fragestellungen:

- Können wichtige in Deutschland vorkommende sowie invasive Vorratsschädlinge Soja- und Lupinenbohnen befallen und sich erfolgreich darauf entwickeln?
- Wie erfolgt die Entwicklung im Vergleich zu Tieren auf einem Standardfuttersubstrat?
- Hat die Verarbeitungsstufe der Pflanzenerzeugnisse (ganze Bohne, Schrot, Mehl) Einfluss auf das Entwicklungspotenzial der Schadinsekten?
- Wie stellt sich das jeweilige Schadbild dar?

2. Versuchsdurchführung

1) Soja

Auswahl des Substrates und der Schädlingsarten

Für unseren Versuch wurden ganze Sojabohnen der Sorte „Sultana“, eine sehr frühe Sorte der Reifegruppe 000 für ungünstigere Standorte (Ertrag und Rohprotein über Durchschnitt) ausgewählt und über den Biohof Lex bezogen. Dieser befindet sich in Süddeutschland und besitzt die Zertifizierungen „EG-Bio“ und „Naturland“.

In der internationalen Sojaliteratur werden zahlreiche Insektenarten als Schädlinge in Zusammenhang mit Sojalagern beschrieben (Tab. 1). Mitteleuropäische Lagerhalter dagegen geben an, dass Schadinsekten bei der Sojalagerung aktuell praktisch keine Rolle spielen. Für die hier beschriebenen Versuche wurden in Deutschland häufig auftretende sowie mögliche invasive Vorratsschädlinge ausgewählt und getestet. Durch Literaturrecherche wurde geklärt, ob diese Arten bereits als Schädlinge auf Sojabohnen beschrieben worden sind (z.B. Hagstrum & Subramanyam, 2009). Diese veröffentlichten Studien beinhalten aber entweder nur die Nennung der Art, ohne dass eine entwicklungsbiologische Studie durchgeführt wurde, oder sie sind nicht für das in Deutschland relevante Schädlingsspektrum bzw. die in Deutschland angebauten Soja-Sorten durchgeführt worden.

Tab. 1 Vorratsschädliche Motten und Käfern, die in Zusammenhang mit gelagertem Soja berichtet wurden (Ghosh & Jayas, 2010).

266

P.K. Ghosh and D.S. Jayas

Table 12.12. Insects and moths reported from stored soybean (N.D.G. White, Winnipeg, 2008, personal communication).

<i>Acanthoscelides obtectus</i> (bean weevil)	<i>Leguminivora glycinivorella</i> (soybean pod borer)
<i>Ahasverus advena</i> (foreign grain beetle)	<i>Leichenum canaliculatum</i> (Madagascar beetle)
<i>Alphitobius diaperinus</i> (lesser mealworm)	<i>Liposcelis bostrychophila</i> (psocid)
<i>Alphitobius laevigatus</i> (black fungus beetle)	<i>Liposcelis entomophila</i>
<i>Anisopteromalus calandrae</i>	<i>Lophocaterers pusillus</i>
<i>Araecerus fasciculatus</i> (coffee bean weevil)	<i>Mezium sulcatum</i> (spider beetle)
<i>Attagenus unicolor</i> (black carpet beetle)	<i>Monanus concinnulus</i>
<i>Cadra cautella</i> (almond moth)	<i>Necrobia rufipes</i> (red-legged ham beetle)
<i>Callosobruchus analis</i> (Graham bean weevil)	<i>Nemapogon granella</i> (European grain moth)
<i>Callosobruchus chinensis</i> (southern cowpea weevil)	<i>Oryzaephilus mercator</i> (merchant grain beetle)
<i>Callosobruchus maculatus</i> (cowpea weevil)	<i>Palorus ficolis</i>
<i>Callosobruchus phaseoli</i> (cowpea weevil)	<i>Paralipsa gularis</i> (stored nut moth)
<i>Callosobruchus theobromae</i>	<i>Plodia interpunctella</i> (Indianmeal moth)
<i>Carcinops pumilio</i> (predacious hister beetle)	<i>Ptinus japonicus</i>
<i>Carcinops troglodytes</i>	<i>Pyralis manihotalis</i>
<i>Carpophilus ligneus</i>	<i>Sitophilus oryzae</i> (rice weevil)
<i>Carpophilus maculatus</i>	<i>Stator pruininus</i> (pruinose bean weevil)
<i>Carpophilus marginellus</i>	<i>Stegobium paniceum</i> (drugstore beetle)
<i>Corcyra cephalonica</i> (rice moth)	<i>Tenebroides mauritanicus</i> (cadelle)
<i>Cryptolestes ferrugineus</i> (rusty grain beetle)	<i>Thorictodes heydeni</i>
<i>Cryptolestes pusillus</i> (flat grain beetle)	<i>Tinea ditella</i>
<i>Dermestes ater</i> (black larder beetle)	<i>Tribolium anaphe</i>
<i>Dinarmus basalis</i>	<i>Tribolium castaneum</i> (red flour beetle)
<i>Enicmus minutus</i> (fungus beetle)	<i>Tribolium confusum</i> (confused flour beetle)
<i>Ephestia kuehniella</i> (Mediterranean flour moth)	<i>Trogoderma granarium</i> (La khapra beetle)
<i>Eupelmus vuillei</i>	<i>Trogoderma variabile</i> (warehouse beetle)
<i>Lasioderma serricorne</i> (cigarette beetle)	<i>Xylocoris afer</i>

Insektenzucht

Im Fachbereich Vorratsschutz am JKI/ÖPV in Berlin werden aktuell rund 50 verschiedene Vorratsschädlinge auf ihrem jeweilig bevorzugten Futtersubstrat unter optimalen Temperatur-

und Feuchtebedingungen in einer Erhaltungszucht gehalten. Neben Prag und Kansas ist sie einer der weltweit bedeutendsten Zuchten dieser Art. Die Anzucht der Versuchstiere erfolgt nach den im Fachbereich etablierten Arbeitsanweisungen auf Standardlaborsubstrat.

Für die Sojaversuche wurden 12 vorrattschädliche Insektenarten getestet (Tab. 2):

1. *Acanthoscellides obtectus* (Speisebohnenkäfer)
2. *Callosobruchus chinensis* (Kundekäfer)
3. *Callosobruchus maculatus* (Vierfleckiger Bohnenkäfer)
4. *Ephestia elutella* (Speichermotte)
5. *Ephestia kuehniella* (Mehlmotte)
6. *Plodia interpunctella* (Kupferrote Dörrobstmotte)
7. *Rhyzopertha dominica* (Getreidekapuziner)
8. *Sitophilus granarius* (Kornkäfer)
9. *Stegobium paniceum* (Brotkäfer)
10. *Tribolium confusum* (Amerikanischer Reismehlkäfer)
11. *Tribolium castaneum* (Rotbrauner Reismehlkäfer)
12. *Trogoderma granarium* (Khaprakäfer)

Versuchsaufbau

In Vorversuchen wurde zunächst ein auf den jeweiligen Schädling und das zu untersuchende Pflanzenerzeugnis abgestimmtes Versuchsdesign entwickelt. Das beinhaltet die Auswahl der passenden Versuchsgefäße und der richtigen Abfang- bzw. Beobachtungsintervalle. Erst nachdem das Versuchsdesign etabliert worden war, begannen die eigentlichen Studien.

Die aus biologischem Anbau bezogenen Sojabohnen wurden mittels eines *Drosophila*-Tests qualitativ auf insektizide Rückstände geprüft und nach dem Erwerb für zwei Wochen eingefroren, um eventuellen Fremdbefall auszuschließen. Vor Versuchsbeginn wurde das Substrat aufgetaut und die Ausgangsfeuchte bestimmt. Die Sojabohnen besaßen im Mittel eine Feuchte von $9,8 \pm 0,1\%$. Die Produktfeuchte wurde dann durch Zugabe von Wasser auf einen Sollwert von 11% eingestellt (Messgerät: Fa. Pfeuffer, Hoh-Express, HE 50) und danach zu Schrot (Mahlstufe 9, Fa. Brabender) und Mehl (Mahlstufe 1, Fa. Brabender) weiterverarbeitet.

Zur Durchführung der Experimente wurden als Testbehandlung 200 g der unterschiedlichen Verarbeitungsstufen von Soja (ganze Bohnen, Schrot und Mehl) oder als Kontrolle, eine der Zuchtanleitung entsprechende Menge des jeweiligen Standardfuttersubstrates der Schädlinge, in Versuchsgläser gefüllt (Tab. 2). Für die Versuche mit Motten wurden 2-L und 3-L-Gläser mit Stoffbindung (Foto 1) und für die mit Käfern 1-L-Gläser mit Stoffbindung bzw. mit Deckel und Gazeinsatz bei *S. granarius* verwendet. Für jede Insektenart und Substrat (Test und Kontrolle) wurden sechs Wiederholungen in zwei unabhängigen Versuchsabschnitten durchgeführt. Ausnahme bildeten nur die Versuche mit *C. maculatus* und *R. dominica*, bei denen es aufgrund des Versuchverlaufes nur drei Wiederholungen gab.



Foto 1 Versuchsgefäß mit Stoffbindung gefüllt mit Sojabohnen und Besatz mit *E. elutella* (Foto: K. Heindorf)

Vor Versuchsbeginn wurden die mit Test- und Kontrollsubstrat befüllten Versuchsgefäße, aber ohne Besatztiere oder Eier, für drei Wochen zur Anpassung an die Versuchsbedingungen in Klimakammern bei entsprechenden Temperaturen und einer Luftfeuchte von 65 - 70 % rLF aufbewahrt. Bei *C. chinensis*, *P. interpunctella* und *S. granarius* (Wiederholung 1 - 3), erfolgten die Anpassung der Substrate und anschließend die Versuche in den Klimakammern (bzw. unter den Anzuchtbedingungen) des jeweiligen Schädlings. Für die Wiederholungen 4 - 6 erfolgten die Anpassung sowie der Versuch mit *C. chinensis* und *P. interpunctella* aus Kapazitätsgründen in einer separaten Klimazelle mit der einheitlichen Temperatur von 25°C und 65-70% rLF. Nur *S. granarius* wurde wegen der großen Temperaturabweichung (5°C) wie unter Standardzuchtbedingungen bei 20°C, 65% rLF gehalten.

Zum Start der jeweiligen Experimente wurden die unterschiedlichen Kontroll- und Testsubstrate mit einer bestimmten Anzahl (i) frisch geschlüpfter adulter Käfer und Motten (ca. 1-4 Tage alt) oder (ii) 0-1 Tage alter Eier aus der institutseigenen Vermehrungszucht besetzt (Tab. 2). Die verwendeten Arten wurden zuvor bei unterschiedlichen, für sie jeweils optimalen, Zuchtbedingungen bzw. Temperaturen gehalten:

- *A. obtectus* (22 °C)
- *C. chinensis* (22 °C)
- *C. maculatus* (26 °C)
- *E. elutella* (25 °C)
- *E. kuehniella* (22 °C)
- *P. interpunctella* (25 °C)
- *R. dominica* (26 °C)
- *S. granarius* (20 °C)
- *S. paniceum* (26 °C)
- *T. castaneum/T. confusum* (24 °C)
- *T. granarium* (28 °C)

Tab. 2 Versuchsaufbau, um die Entwicklung vom Ei bis zum adulten Tier verschiedener Vorratsschädlinge auf 3 Verarbeitungsstufen (ganze Bohnen, Schrot und Mehl) von Soja und mehreren Lupinensorten zu testen. Angegeben werden die jeweiligen Kontroll- und Testsubstrate, die eingesetzten Mengen und Schädlingsarten und die jeweilige Besatzzahl mit adulten Tieren (A) oder frischgelegten Eiern (E).

SCHÄDLINGE	HÜLSENRÜCHTE		SOJA	LUPINE						
	Kontrolle		Bohne, Mehl, Schrot	Bohne (I-VII), Mehl und Schrot (V-VII)						
			<i>Sultana</i>	I) <i>Boregine</i> (bs)	II) <i>Boruta</i> (bs)	III) <i>Mirabor</i> (bs)	IV) <i>Probor</i> (bs)	V) <i>Süßmix</i> † (bs)	VI) <i>Energy</i> (ws)	VII) <i>Karo ZS</i> (bb)
Mottenarten	Standardfuttersubstrate		Besatz mit adulten Tieren (A) und/oder Eiern (E)							
<i>Ephestia elutella</i> Speichermotte	Weizenkleie (Soja: 200g; Lupine: 100g)		10 A/100 E	--	--	--	--	100 E*	100 E*	100 E*
<i>Ephestia kuehniella</i> Mehlmotte	Weizenkörner und -schrot (190/10g)		10 A	--	--	--	--	--	--	--
<i>Plodia interpunctella</i> Dörrobstmotte	Weizenkleie/Mandelschrot (Soja: 185/15g; Lupine: 90/10g)		10 A/100 E	100 E	100 E	100 E	100 E	100 E*	100 E*	100 E*
Käferarten										
<i>Acanthocelides obtectus</i> Speisebohnenkäfer	Augenbohnen (100g)		50 A	50 A	50 A	50 A	50 A	--	50 A	50 A
<i>Callosobruchus chinensis</i> Kundekäfer	Grüne Erbsen (200g)		30 A	--	--	--	--	--	--	--
<i>Callosobruchus maculatus</i> Vierfleckiger Bohnenkäfer	Mungbohnen (100g)		50 A	50 A	50 A	50 A	50 A	--	50 A	50 A
<i>Rhyzopertha dominica</i> Getreidekapuziner	Weizenkörner (200g)		50 A	50 A	50 A	50 A	50 A	--	50 A	50 A
<i>Sitophilus granarius</i> Kornkäfer	Weizenkörner (200g)		30 A	--	--	--	--	--	--	--
<i>Stegobium paniceum</i> Brotkäfer	Weizenkleie (100g)		50 A	--	--	--	--	--	--	--
<i>Tribolium confusum</i> / <i>T. castaneum</i> Reismehlkäfer	Weizenschrot/Hefe (191/9g)		30/50 A	--	--	--	--	--	--	--
<i>Trogoderma granarium</i> Khaprakäfer	Weizenkörner (100g)		50 A	--	--	--	--	--	--	--

† Süßlupinenmix bestehend aus den Sorten *Boregine*, *Boruta*, *Mirabor*, *Probor*.

* Zusätzlicher Versuch, bei dem Schrot und Mehl des Süßlupinenmixes (V) und der Sorten VI und VII mit jeweils 100 Motteneiern besetzt wurden.

Nach dem Besatz mit adulten Tiere, die zufällig aus den Zuchten (nicht geschlechtsspezifisch) entnommenen wurden, hat man zur Eiablage das entsprechende Kontroll- oder Testsubstrat für eine Woche inkubiert. Danach wurden die Elterntiere vorsichtig aus dem Versuchsgefäß entfernt und lebende sowie tote Tiere notiert. Bei den Versuchen mit *P. interpunctella* und *E. elutella* wurde zudem das Geschlechterverhältnis ermittelt. Alle Gefäße (Besatz mit adulten Tieren oder Eiern) wurden im Folgenden einmal (für die Käferarten) bzw. zweimal (für die Mottenarten) pro Woche kontrolliert. Geschlüpfte und voll entwickelte adulte Tiere wurden abgefangen, gezählt und bis zur späteren Verwendung bei -18 °C tiefgefroren. Die Entwicklungsdauer wurde als Zeit vom Ei bis zum adulten Tier bzw. durch den Zeitpunkt des Schlupfes festgelegt. Weiterhin wurde als Reproduktionsparameter die Gesamtanzahl an vollentwickelten adulten Nachkommen dokumentiert (sowie das Gewicht von 10 zufällig ausgewählten lebenden Tieren bestimmt, wenn die Vermehrung der Arten auf Soja dies zuließ). Versuchsende war, wenn innerhalb von 5 Tagen kein Schlupf von F1-Individuen mehr verzeichnet wurde bzw. wenn sich bereits Tiere aus der F2-Generation entwickelt haben. Als Vergleich diente die Entwicklung der Kontrolltiere auf Standardfuttersubstrat. Dokumentiert wurden das jeweilige Schadbild und die Anzahl der toten Tiere. Zur Bestimmung, ob die unterschiedlichen Schädlinge das Potential besitzen sich auf den neuen Vorratsgütern zu entwickeln wurde die Anzahl der Nachkommen in der F1 erfasst und in Relation zu der Anzahl, der auf dem Kontrollsubstrat gezählten Tiere gesetzt.

II) Lupine

Auswahl des Substrates und der Schädlingsarten

Im Rahmen eines Laborversuches sollte geprüft werden, ob sich 5 verschiedene vorratsschädliche Insektenarte (i) *A. obtectus*, ii) *C. maculatus*, iii) *E. elutella*, iv) *P. interpunctella* und v) *R. dominica*) auf Lupinenbohnen vermehren können (Tab. 2). Hierfür wurden Bohnen von vier Sorten der blauen, schmalblättrigen Süßlupine (*L. angustifolius*) (Saatzucht Steinach GmbH & Co KG, 17219 Bocksee), der weißen Süßlupine (*L. albus*) (DB1 06/ Teichkoppel 110) und zum Vergleich einer Bitterlupine, *L. angustifolius* (Revierberatung Wolmersdorf GmbH & Co KG, 25704 Nindorf), mit je einer Kontrolle pro Wiederholung getestet (Tab. 2). In einer weiteren Versuchsreihe, basierend auf den Ergebnissen von ganzen Bohnen mit *P. interpunctella*, wurden auch die Verarbeitungsprodukte Schrot und Mehl der 6 Lupinensorten mit dieser Art und mit *E. elutella* getestet.

Getestet Lupinensorten:

'Boregine'	<i>L. angustifolius</i>	blaue Süßlupine
'Boruta'	<i>L. angustifolius</i>	blaue Süßlupine
'Mirabor'	<i>L. angustifolius</i>	blaue Süßlupine
'Probor'	<i>L. angustifolius</i>	blaue Süßlupine
'Energy'	<i>L. albus</i>	weiße Süßlupine
'Karo ZS'	<i>L. angustifolius</i>	blaue Bitterlupine

Versuchsaufbau

Mit einem Messgerät (Fa. Pfeuffer, Hoh-Express, HE 50) wurde die Feuchte der unterschiedlichen Lupinenbohnen gemessen und der werksmäßig voreingestellten Skalierung von Bohne, Erbse und Sojabohne zugeordnet (das Gerät besitzt keine Skalierung für Lupine). Die Messung wurde jeweils dreimal mit neuen Bohnen wiederholt und anders als bei Soja wurden die Lupinenbohnen für den Versuch nicht angefeuchtet. Es wurde mit einer Feuchte von 11,7 – 13,9% gearbeitet (Tab. 3). Für Weizen betrug die Kornfeuchte ca. 14%.

Als unbehandelte Kontrollen wurden die Standardzuchtsubstrate verwendet (Tab. 2). Nach der Messung wurden die ganzen Lupinenbohnen zu Schrot (Mahlstufe 9, Fa. Brabender) und Mehl (Mahlstufe 1, Fa. Brabender) weiterverarbeitet.

Tab. 3 Ergebnisse der Feuchtemessungen der zu testenden Lupinensorten unter Verwendung der Voreinstellungen von Bohne Erbse und Sojabohne.

Sorte	botanisch		Messung 1			Messung 2			Messung 3		
			Bohne	Erbse	Sojabohne	Bohne	Erbse	Sojabohne	Bohne	Erbse	Sojabohne
Boregine	<i>Lupinus angustifolius</i>	blaue Süßlupine	11,6	12,2	7,6	11,8	12,5	7,8	11,8	12,4	7,7
Boruta	<i>Lupinus angustifolius</i>	blaue Süßlupine	12,1	12,5	8,0	12,0	12,5	7,9	12,1	12,5	7,9
Mirabor	<i>Lupinus angustifolius</i>	blaue Süßlupine	12,5	13,0	8,9	12,6	13,1	9,0	12,7	13,1	9,0
Probor	<i>Lupinus angustifolius</i>	blaue Süßlupine	13,6	13,7	9,6	13,5	13,8	9,5	13,6	13,8	9,5
Energy	<i>Lupinus albus</i>	weiße Süßlupine	12,5	12,8	8,4	12,5	12,8	8,3	12,5	12,8	8,3
Karo ZS	<i>Lupinus angustifolius</i>	Bitterlupine	13,9	14,0	9,9	13,9	14,0	9,9	13,9	14,0	9,9

Für jede Messung wurden andere Bohnen verwendet.

	Mittelwerte in %		
	Bohne	Erbse	Sojabohne
Boregine	11,7	12,4	7,7
Boruta	12,1	12,5	7,9
Mirabor	12,6	13,1	9,0
Probor	13,6	13,8	9,5
Energy	12,5	12,8	8,3
Karo ZS	13,9	14,0	9,9

Von diesen Werten wird im Versuch ausgegangen / zugrunde gelegt.

Der Lupinenversuch fand bei 25°C und 65 % rLF statt. Die vorbereiteten Gläser mit ganzen Bohnen bzw. weiterverarbeitetem Substrat wurden bereits drei Wochen vor dem Besatz mit Insekten oder Insekteneiern zur Akklimatisierung in die Klimakammern gestellt. Die Zuchtbedingungen der Besatztiere waren die Gleichen, wie bei den zuvor beschriebenen Sojaversuchen.

Im ersten Versuchsabschnitt wurden nur ganze Bohnen der verschiedenen Lupinensorten pro Insektenart getestet. Dazu kam als Kontrolle je eine Wiederholung mit insektenspezifischem Zuchtsubstrat (Tab. 2). Insgesamt wurden die Versuche für jede Schädlingsart sechsmal wiederholt. Für *E. elutella* und *P. interpunctella* wurden 1,8-L Gläser mit Stoffbindung verwendet. Für *A. obtectus*, *C. maculatus* und *R. dominica* wurden Marmeladengläser (250 ml) mit Gazedeckel verwendet. Die Menge an Testsubstrat betrug je Versuchsglas 100 g. Der Besatz mit ausgewählten Schädlingsarten erfolgte analog zu den Sojaversuchen und die Anzahl an Versuchstieren und Eiern ist in Tabelle 2 dargestellt. Die Eigewinnung von *P. interpunctella* erfolgte durch Abfangen von Adulten in ein entsprechendes Eiablagegefäß (siehe „Allgemeine Anleitung zum Abfangen von vorratsschädlichen Motten sowie deren Eiergewinnung (Fachbereich Vorratsschutz)“). Die Eier waren bei Besatz 0–1 Tage alt. Zur Bereitstellung von Käfern der Arten *A. obtectus* und *C. maculatus* wurden speziell für den Versuch Zuchtgläser angelegt, sodass für den Besatz stets frische Käfer zur Verfügung standen. Nach einer Woche wurden die Käfer wieder entfernt, lebende und tote Tiere notiert und die gelegten

Eier verblieben in den Gläsern. Mit Schlupfbeginn wurden die Käfer und Motten aus den Gläsern entfernt und gezählt. Die Falter wurden bei -18°C eingefroren, das Geschlecht bestimmt und einzeln gewogen. Die Bonitur erfolgte bis zum Ende der Entwicklung aller Adulten bzw., wenn sich bereits Tiere der F2-Generation entwickelt hatten. Zur Ermittlung der Körpermasse von adulten Faltern wurde eine Waage der Firma Satorius (analytic) verwendet. Die Ergebnisse basieren auf der Anzahl der sich aus den Eiern entwickelten Motten sowie der Nachkommen (F1-Generation) der anfänglichen Käferpopulation von 50 Adulten. Die Ergebnisse der einzelnen Lupinensorten wurden mit den Kontrollfuttersubstraten verglichen.

3. Ergebnisse und Diskussion

Die Untersuchungen zur Frage, ob wichtige in Deutschland vorkommende Vorratsschädlinge Soja und verschiedene Sorten von Lupine befallen und sich erfolgreich darauf entwickeln können ergaben, dass die beiden Mottenarten *P. interpunctella* und *E. elutella* nicht nur dazu in der Lage sind (Abb. 4, 5, 10, 12 und 13), sondern eine potentielle (reelle) Gefahr für diese neuen Vorratsgüter darstellen. Insbesondere die aufgeschlossenen bzw. weiterverarbeiteten Pflanzenprodukte in Form von Schrot und Mehl bieten im Vergleich zu unverarbeiteten ganzen Bohnen hervorragende Entwicklungsbedingungen. Die Anzahl der geschlüpften und vollentwickelten Falter auf Schrot und Mehl der beiden Hülsenfrüchte war vergleichbar (und z.T. sogar größer) mit der, die auf dem jeweiligen Kontrollfuttersubstrat gezählten Tiere. Die Entwicklungszeiten auf den beiden Testsubstraten waren allerdings signifikant länger als in den Kontrollen und der Schlupf von F1-Tieren war um ca. 2 - 3 Wochen verzögert.

Die meisten der getesteten und in Deutschland vorkommenden vorratsschädlichen Käfer zeigten unter Laborbedingungen kein oder im Falle einiger weniger Arten (z.B. *T. confusum*, *T. castaneum*, *C. chinensis*) nur ein sehr geringes Potenzial sich auf den beiden „neuen“ Vorratsgütern massenhaft entwickeln zu können (Abb. 6 und 9). Unabhängig von der Verarbeitungsstufe entwickelten sich einige Schädlinge nur bedingt oder gar nicht auf Soja und Lupine, wie zum Beispiel der Kornkäfer, der auf (s)ein bestimmtes Futtersubstrat spezialisiert zu sein scheint. Daher nehmen wir an, dass diese Arten in gemäßigten Breiten und bei kühler, trockener sowie gut belüfteter Lagerung kein Risiko für gelagerte Sojaprodukte darstellen. Eine gründliche Reinigung vor der Einlagerung von Soja und Lupine ist in jedem Fall zu empfehlen, um einer Verschleppung von vorratsschädlichen Insekten auch nach einem unauffälligen Befall vorzubeugen. Wichtigste vorbeugende Maßnahmen gegen Schadinsekten in der Praxis sind somit gut gereinigte Lagerräumlichkeiten, kühle Lagertemperaturen (10-16°C) und im Falle von Soja, Bohnenkerne mit nicht mehr als 11% Restfeuchte für die Langzeitlagerung (z.B. Taifun Sojainfo: Lagerung von Sojabohnen; Ausgabe Nr.11, Juni 2015). Die Samenschalen werden mit zunehmender Trocknung härter, was zugleich einen Schutz gegen einen Schädlingsbefall darstellt.

I) SOJA

Motten

Im ersten Versuchsabschnitt 2016/17 wurden bei den Mottenversuchen mit einer ungleichen Anzahl von Weibchen und Männchen gearbeitet (pro Glas insg. 10 Falter ohne Bestimmung des Geschlechts). Das hatte zur Folge, dass durch ungleichmäßige Anzahl an Weibchen, unterschiedlich viele Eier gelegt wurden und sich somit unterschiedlich viele Nachkommen in der F1-Generation

entwickelten. Nichtsdestotrotz zeigte sich, dass sich auf Sojaschrot (491 ± 102) und –mehl (520 ± 54), nicht jedoch auf ganzen Bohnen (143 ± 36), eine vergleichbare Anzahl von *P. interpunctella* Adulten wie auf dem Kontrollsubstrat (659 ± 79) entwickeln konnte (Abb. 4a).

Bei *E. elutella* betrug die Anzahl der vollentwickelten Motten in der F1-Generation auf Schrot (272 ± 46) und Mehl (222 ± 49), ungefähr die Hälfte verglichen mit dem Kontrollsubstrat (536 ± 50) (Abb. 4b). Auf ganzen Bohnen wurden im Schnitt nur 87 ± 15 Falter gezählt.

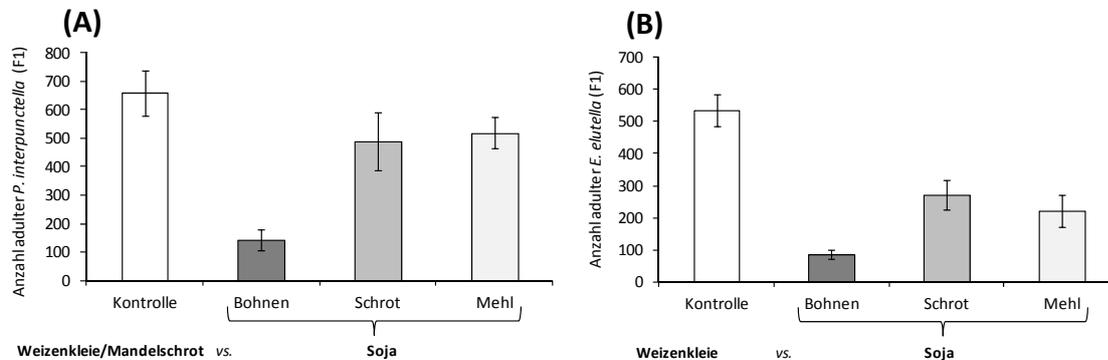


Abb. 4 Durchschnittliche Anzahl (\pm St. Abw.) voll entwickelter (A) *P. interpunctella* und (B) *E. elutella* Falter (F1-Generation), geschlüpft aus den von 10 adulten Besatztieren auf Kontrollfuttersubstrat und auf ganzen Bohnen Schrot und Mehl von Soja gelegten Eiern (N=6).

Um vergleichbare Ausgangsbedingungen zu haben und die Zahlen zwischen den auf Soja und Kontrollfuttersubstrat geschlüpften/vollentwickelten Falter vergleichen zu können, wurden dann im 2. Versuch anstelle adulter Besatztiere in allen Ansätzen 1-2 Tage alte Eier verwendet. Von den 100 eingesetzten *P. interpunctella* Eiern, konnten sich auf dem Kontrollsubstrat durchschnittlich 95 ± 2 Falter entwickeln, auf Sojabohnen waren es 25 ± 4 , auf Schrot 81 ± 3 und auf Mehl 84 ± 4 Falter (27, 86 und 89 % im Vergleich zur Kontrolle) (Abb. 5a).

Die Entwicklung vom Ei zum Falter bei *P. interpunctella* auf Sojamehl und –schrot war besser als bei *E. elutella*. Hingegen konnten sich von dieser Art mehr Falter auf den Bohnen entwickeln (Abb. 5b). Von den 100 eingesetzten Eiern von *E. elutella*, konnten sich durchschnittlich 78 ± 3 Falter auf dem Kontrollsubstrat entwickeln, auf den Bohnen 37 ± 2 , auf Schrot 51 ± 4 und auf Mehl 50 ± 5 Falter (48, 66 und 63% im Vergleich zur Kontrolle) (Abb. 5b).

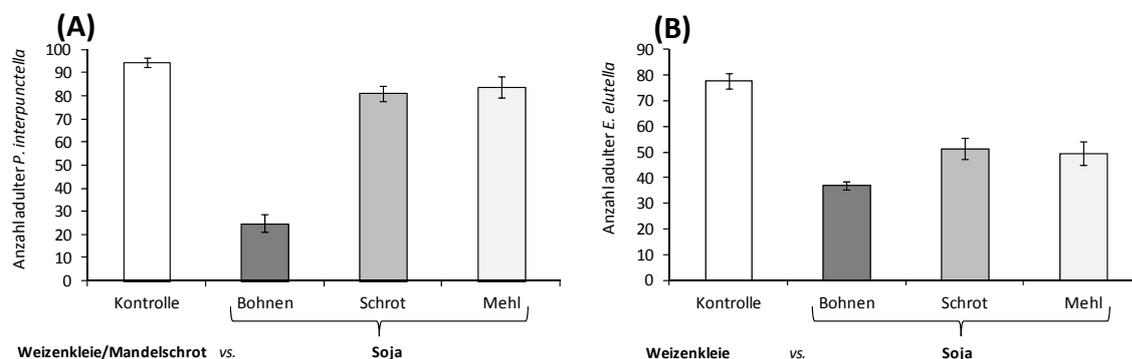


Abb. 5 Durchschnittliche Anzahl (\pm St. Abw.) voll entwickelter (A) *P. interpunctella* und (B) *E. elutella* Falter aus 100 Besatzeiern auf Kontrollfuttersubstrat und auf ganzen Bohnen Schrot und Mehl von Soja (N=6).

Anders als bei den vorangegangenen Versuchen mit Faltern wurden bei *E. kueniella* eine gleichmäßige Anzahl von Männchen und Weibchen (5 Paare) eingesetzt. Nach einer Woche wurden

diese wieder entfernt. Von den abgelegten Eiern der fünf Weibchen konnten sich auf dem Kontrollsubstrat durchschnittlich 899 Falter nach ca. 7 Wochen zur F1-Generation entwickeln. Auf den Sojaprodukten Bohne, Schrot und Mehl fand dagegen keine Entwicklung statt. Auf Soja nahm das Körpergewicht der getesteten Motten anders als erwartet nicht signifikant ab, sondern minimal zu. Dieses könnte ein Indiz für die Vitalität der F1 und ggf. eine Folge des fett- und eiweißreichen Nährsubstrates sein – nachzuweisen ggf. in nachfolgenden Generation auf Soja.

Käfer

Aufgrund der Biologie der Schadinsekten und deren Spezialisierung auf bestimmte Substrate konnte sich nicht jede der getesteten Käferarten auf Soja entwickeln. Beim Kornkäfer *S. granarius* gab es keinerlei Nachkommen und *C. chinensis* konnte sich nicht auf Mehl, dafür aber in geringem Maße auf Schrot (9 adulte Käfer im Schnitt) und Mehl (6 adulte Käfer im Schnitt) entwickeln. Der vierfleckige Bohnenkäfer *C. maculatus* wurde probeweise auf Soja getestet, da jedoch keine Entwicklung hinsichtlich Fraßschäden und Schlupf zu erkennen war, wurde der Versuch nach drei Wiederholungen beendet.

In den Kontrollversuchen konnten sich zwischen 377 und 729 Käfer von *A. obtectus* nach 5 bis 9 Wochen entwickeln. Bei Soja war auch nach 20 bis 28 Wochen keine Entwicklung von adulten Käfern zu erkennen. Mit Hilfe des Mikroskops konnten nur einige abgelegte tote Eier an den Sojabohnen festgestellt werden.

Auf dem Kontrollfuttersubstrat haben sich zwischen 522 und 960 Brotkäfer (*S. paniceum*) entwickelt. Auf den Sojavarianten Bohne (3 adulte Tiere im Schnitt) und Schrot (1 adultes Tier im Schnitt) war eine Entwicklung zum Käfer nur geringfügig möglich, und im Mehl überhaupt nicht.

Käfer der Art *R. dominica* wurden ebenfalls probeweise auf Soja ausgebracht. Da auch hier kein einziger Hinweis einer Entwicklung (Fraßschäden, Larvenwachstum) zu erkennen war, wurde der Versuch nach drei Wiederholungen abgebrochen. Auf Kontrollsubstrat konnten sich von je 50 eingesetzten *T. castaneum* durchschnittlich 792 Käfer in der F1-Population entwickeln. Bei Schrot (50 ± 6) und besonders auf Sojamehl (99 ± 12) war die Entwicklung von *T. castaneum* zu vollentwickelten Käfern in geringem Maß möglich aber signifikant geringer im Vergleich zur Kontrolle (Abb. 6a). Bei *T. confusum* entwickelten sich aus den von 30 adulten Käfern gelegten Eiern im Schnitt 336 adulte Käfer auf Kontrollsubstrat (Abb. 6b). Auf ganzen Sojabohnen waren es nur 1 Tier, hingegen wurden auf Schrot 29 ± 12 und auf Mehl 22 ± 10 adulte Tiere in der F1-Population gefunden.

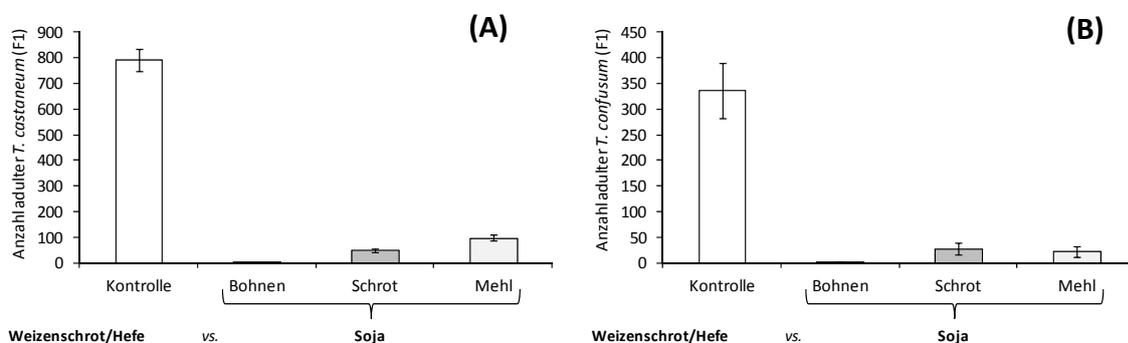


Abb. 6 Durchschnittliche Anzahl (\pm St. Abw.) voll entwickelter (A) *T. castaneum* und (B) *T. confusum* Käfer (F1-Generation), geschlüpft aus den von 50 bzw. 30 adulten Besatztieren auf Kontrollfuttersubstrat und auf ganzen Bohnen Schrot und Mehl von Soja gelegten Eiern (N=6).

Allgemein entwickelt sich der Speckkäfer (*T. granarium*) eher langsam, da er als tropischer Schädling stark von der Temperatur abhängig ist. In der ersten Wiederholung der Kontrolle waren zwar zwei

Larven am Tuch sichtbar, diese haben sich aber nicht weiterentwickelt. Insgesamt war die Entwicklung zum Käfer auf Kontrollsubstrat in den ersten drei Wiederholungen äußerst gering. Bei den Wiederholungen 4 bis 6 konnten sich in der Kontrolle durchschnittlich 105 Käfer entwickeln. Der Schlupfbeginn war 13 bis 17 Wochen nach Besatz. Obwohl sich auf Soja auch ca. 30 bis 38 Wochen nach Besatz keine Käfer entwickelt haben, konnten sich in/im Schrot und Mehl dennoch zahlreiche Larven etablieren und weiter entwickeln. Die Larven entwickelten sich mit Häutungen über einen langen Zeitraum hinweg. Obwohl sich keine Larve in dieser Zeit verpuppt und weiter zum Käfer entwickelt hat, ist dennoch eine Schädigung der Verarbeitungsprodukte durch Larvenfraß eingetreten.

Insgesamt sind auf Soja signifikant längere Entwicklungszeiten als auf dem Standardfuttersubstrat gemessen worden. Die Entwicklung bis zum vollentwickelten adulten Tier dauerte bei den verschiedenen Vorratsschädlingen z.T. mehrere Wochen länger:

- *C. chinensis* 2-3 Wochen
- *E. elutella* 2-3 Wochen
- *P. interpunctella* 2-3 Wochen (Abb. 7)
- *S. paniceum* 6-7 Wochen
- *T. confusum* 5-8 Wochen (Abb. 8)
- *T. castaneum* 3-4 Wochen

Der Falterschlupf bei *P. interpunctella* begann auf dem Kontrollsubstrat 4 – 4,5 Wochen nach Besatz und dauerte 2 – 3 Wochen (Abb. 7). In den Testgläsern mit Sojaschrot und –mehl zeigten sich die ersten Falter durchschnittlich nach 6 Wochen und der Zeitraum vom ersten bis zum letzten geschlüpften Falter betrug 3 bis 5 Wochen. Bei den Bohnen zeigten sich die ersten Falter erst 6,5 Wochen nach Falterbesatz und der gesamte Zeitraum der Schlupfphase dauerte 4,5 bis 6,5 Wochen. Mit insgesamt 13 Wochen gibt es bei den Sojabohnen die längste Entwicklungszeit vom Ei bis zum letzten geschlüpften Falter.

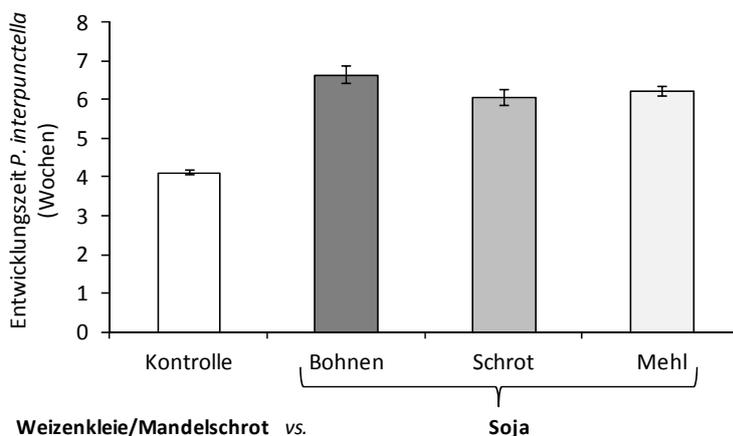


Abb. 7 Durchschnittliche Entwicklungszeit (Wochen) von *P. interpunctella* vom Ei zum vollentwickelten Falter auf ganzen Bohnen Schrot und Mehl von Soja (N=6).

Die Entwicklung von der Eibablage bis zum adulten Insekt dauerte bei den auf Weizenkleien (Kontrolle) angesetzten *E. elutella* Faltern 6 - 7 Wochen. Nach insgesamt 8,5 - 11 Wochen waren alle Falter geschlüpft. Auf Sojabohnen schlüpfen die ersten Falter 2 – 3 Wochen später (nach 9 - 9,5

Wochen). Insgesamt dauerte die Entwicklung 16 - 17 Wochen bis zum letzten Falter. Sojaschrot und Mehl wiesen als Futtergrundlage ähnlich lange Entwicklungszeiten für *E. elutella* auf. Der Käferschlupf auf dem Kontrollsubstrat (Weizenkleie) begann 7,5 bis 8 Wochen nach dem Käferbesatz und verlief über einen Zeitraum von 4 bis 8 Wochen (Abb. 8). Auf Sojaschrot und -mehl schlüpfen die ersten Käfer nach 12 bis 13 Wochen. Auf Sojabohnen wurden nur 2-mal adulte Käfer festgestellt und diese 14 bzw. 18 Wochen nach Besatz. Insgesamt verlief der Entwicklungszeitraum der Reismehlkäfer auf den unterschiedlichen Sojavarienten über einen Zeitraum von 22 - 24 Wochen.

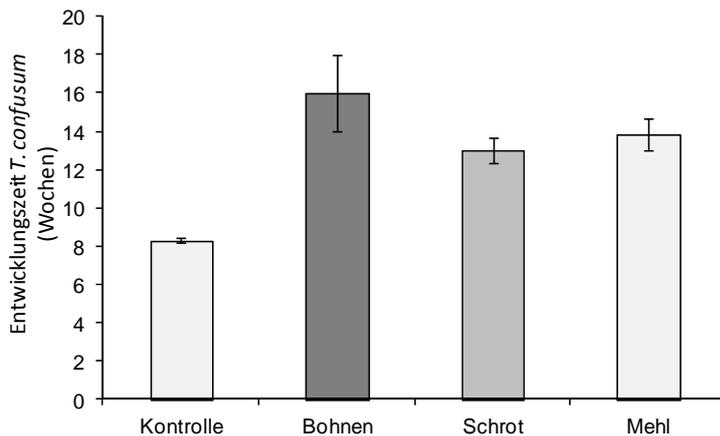


Abb. 8 Durchschnittliche Entwicklungszeit (Wochen) von *T. confusum* vom Ei zum vollentwickelten Falter auf ganzen Bohnen Schrot und Mehl von Soja (N=6).

Somit kann in der Praxis bei Befall von weniger Entwicklungszyklen pro Lagerdauer und Jahr ausgegangen werden.

Die im Vergleich zu den Kontrollvarianten längeren Entwicklungszeiten auf Sojamehl sind bei 25°C und 65% rLF mit Entwicklungszeiten bis zum ersten Schlupf mit Werten aus der Literatur vergleichbar, z. B. *Plodia* (42-46 vs. 55 Tage) *Ephestia* (63-70 vs. 88 Tage) und *Tribolium* (84-119 vs 86 Tage) (Cox, Simms: The susceptibility of soy bean meal to infestation by some storage insects; J. Stored Prod. Res., Vol. 14, 1978)).

Da die Entwicklung von Insekten neben dem Nahrungssubstrat stark von Faktoren wie Temperatur und Feuchte abhängt (Dettner & Peters, 2011), geben die hier dargestellten Versuche bei festgelegter Temperatur, Produktfeuchte und relativer Luftfeuchte lediglich einen ersten Anhaltspunkt dafür, ob sich die getesteten vorratsschädlichen Arten auf Sojabohnen und deren Verarbeitungsprodukten grundsätzlich entwickeln können.

In den durchgeführten Studien scheinen tatsächlich höhere Temperaturen, insbesondere die potentielle Entwicklung auch von Käfern und Schädlingen tropischer Herkunft zu begünstigen. Am Beispiel von *C. chinensis* ist dieser Effekt in der hier vorliegenden Studie beobachtet worden (Abb. 9) und kann ein Hinweis auf das Vermehrungspotenzial auf Soja z.B. bei fortschreitender Klimaerwärmung sein.

Die Entwicklung des Reismehlkäfers auf Soja ist ebenfalls nur im geringen Umfang möglich, jedoch wie beim Kundekäfer auch temperaturabhängig. Bei einem Temperaturanstieg von lediglich 1 °C (von 24 auf 25 °C) stieg die Entwicklung der Käfer unter Laborbedingungen bereits auf das Doppelte bis Dreifache an.

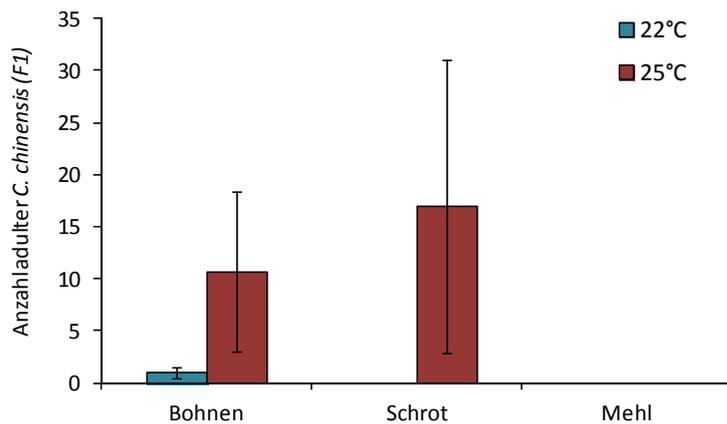


Abb. 9 Durchschnittliche Anzahl (\pm St. Abw.) voll entwickelter *C. chinensis* Käfer (F1-Generation) bei 2 verschiedenen Temperaturen, geschlüpft aus den von 30 adulten Besatztieren auf ganzen Bohnen Schrot und Mehl von Soja gelegten Eiern (N=6).

Typische Schäden durch Käfer z. B. der Fensterfraß an ganzen Bohnen oder die Bohrlöcher im Getreidekorn wurden an Sojabohnen nicht beobachtet. Die vorratsschädlichen Käferarten *C. chinensis*, *S. granarius* und *T. confusum* dürften anhand der Versuchsergebnisse unter den für Soja empfohlenen Lagerbedingungen in gemäßigten Breiten nur sehr schwer einen Massenbefall im Lager verursachen können. Erst mit steigenden Temperaturen ist mit einer nennenswerten Befallszunahme zu rechnen: auf Schrot und Mehl für *T. confusum* (Foto 2) und auf Bohnen und Schrot für *C. chinensis* ab 25 °C.



Foto 2 Das Schadbild bei *T. confusum*: Sojaschrot mit Käfern (Foto: K. Heindorf)

Bei den getesteten vorratsschädlichen Motten entwickelten sich Nachkommen sowohl auf Sojabohnen als auch auf den Verarbeitungsprodukten Schrot und Mehl. Auf letzteren sogar in einer mit der Kontrollvariante (mit Standardfuttersubstrat) vergleichbaren Größenordnung. Motten, Larven und Exkrememente sowie Gespinste (Foto 3) können in der Praxis somit einen sichtbaren Qualitätsverlust verursachen, der für Handelswaren nicht tolerierbar ist. Nur im Fall von *S. granarius* ist das Substrat gänzlich unbeschadet geblieben, weil sich die Käfer nicht vermehren konnten.

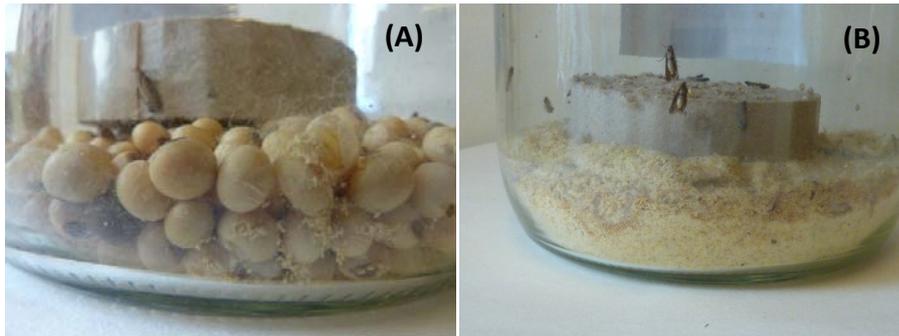


Foto 3 Das Schadbild bei *E. elutella*: (A) Sojabohnen, (B) Sojamehl (Foto: K. Heindorf)

II) Lupine

Motten

Im ersten Versuch sollte geprüft werden, wie viele Falter der Dörrobstmotte, *P. interpunctella*, sich aus 100 Besatzeiern auf Lupinenbohnen unterschiedlicher Sorten im Vergleich zum Kontrollsubstrat voll entwickeln können. Außerdem wurde überprüft, ob sich aus den adulten (überlebenden) Tieren eine F1-Generation bilden bzw. etablieren kann. Die meisten vollentwickelten Falter wurden auf der weißen Süßlupinensorte 'Energy' gezählt, gefolgt von der blauen Bitterlupine 'Karo ZS' und der blauen Süßlupine 'Boruta' (Abb. 10). Auf dem Standardfuttersubstrat entwickelten sich aus den 100 ausgebrachten Eiern durchschnittlich $92,3 \pm 5,3$ adulte Motten. Auf Bohnen der 4 Sorten der blauen Süßlupinen waren es im Schnitt $3,3 \pm 0,5$ vollentwickelte Falter, auf der weißen Süßlupine $7,8 \pm 1,6$ und auf der blauen Bitterlupine $4,6 \pm 0,8$ adulte Tiere (Abb. 10).

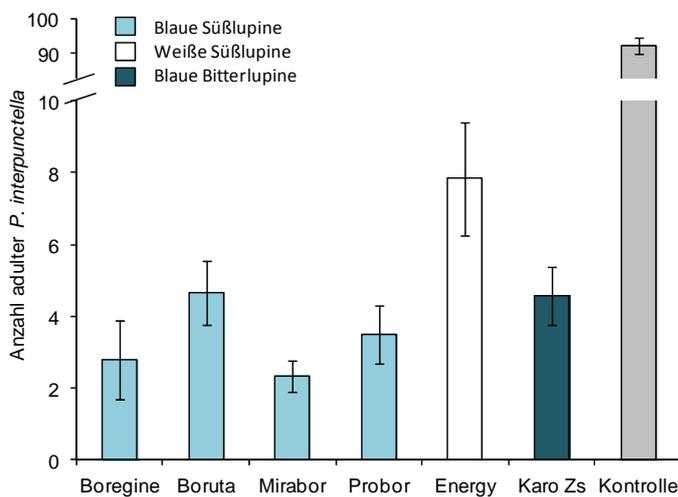


Abb. 10 Anzahl voll entwickelter *P. interpunctella* Falter aus 100 Besatzeiern auf Kontrollfuttersubstrat und ganzen Bohnen verschiedener Lupinensorten (N=6).

Auf dem Kontrollsubstrat begann der Falterschluß im Schnitt nach vier Wochen und war nach ca. 5 Wochen abgeschlossen, während bei den unterschiedlichen Lupinensorten die durchschnittliche Entwicklung zum Falter mit ca. 7 – 9 Wochen fast doppelt so lange dauerte (Abb. 11). Der gesamte Schlupfzeitraum erstreckte sich über mehrere Wochen, wobei bei einigen Wiederholungen das Ende nicht ganz eindeutig war. Bei den letzten geschlüpften/gezählten Motten handelte es sich eventuell

bereits um Tiere aus der F1-Generation. Die Frage, ob sich aus den Faltern eine weitere Generation (F1) entwickeln kann, konnte jedoch mit diesem Versuchsdesign nicht beantwortet werden. Dazu müssten die geschlüpften Falter im Glas verbleiben um sich fortpflanzen zu können. In diesem Versuch wurden aber die wenigen Falter nach dem Schlupf zeitnah entfernt. Zudem gab es eine ungleiche Verteilung von Männchen und Weibchen zum Schlupfzeitpunkt.

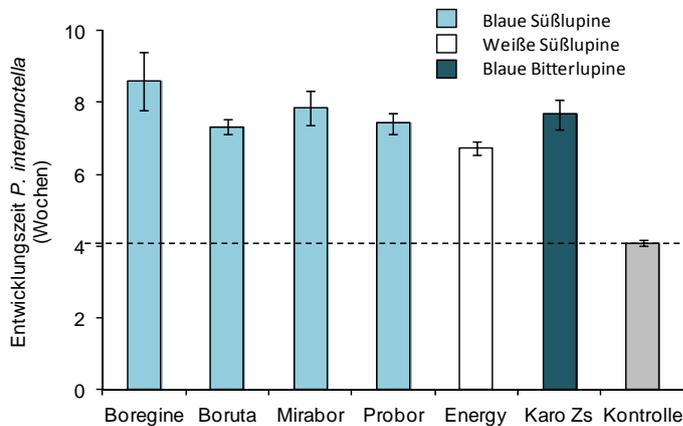


Abb. 11 Durchschnittliche Entwicklungszeit (Wochen) von *P. interpunctella* vom Ei zum vollentwickelten Falter auf ganzen Bohnen verschiedener Lupinensorten (N=6).

Da sich *E. elutella* und *P. interpunctella* im Vergleich zu ganzen Bohnen sehr gut auf Sojaschrot und –mehl entwickeln konnten, wurden auch Lupinenbohnen mit der Mühle auf höchster Stufe geschrotet und ein Teil zu feinem Mehl verarbeitet und anschließend getestet. Auf den verarbeiteten Lupinenprodukten entwickelten sich die beiden Mottenarten signifikant besser als auf ganzen Bohnen und in vergleichbaren Zahlen zur Kontrolle (Abb. 12 + 13). Der Schlupf war auch auf den Lupinensorten im Vergleich zur Kontrolle um 2–3 Wochen verschoben. Die größte Anzahl an geschlüpften Larven (und vollentwickelten Adulten) wurde auf Schrot und Mehl des Süßlupinenmixes (100% im Vergleich zur Kontrolle) gezählt. Im Mittel konnten sich auf dem Kontrollsubstrat von den 100 zugesetzten *E. elutella* Eiern 77 ± 2 zu adulten Faltern entwickeln. Auf Bohnen der Lupinensorten ‘Karo ZS’ waren es nur 2 ± 1 , auf dem Süßlupinenmix 4 ± 1 und auf Bohnen der Sorte ‘Energy’ 9 ± 2 adulte Tiere (Abb. 12). Im Vergleich dazu entwickelten sich durchschnittlich auf Schrot und Mehl der verschiedenen Lupinensorten 65 ± 4 adulte Tiere. Bei Zuchtbedingungen von 25°C und 65% rLF betrug die Entwicklungszeit vom Ei bis zum Falter bei *E. elutella* auf dem Kontrollsubstrat 6 Wochen. Auf ganzen Bohnen der Sorte ‘Energy’ begann der Schlupf nach 8 bis 12 Wochen, beim Süßlupinenmix nach 8 bis 13 und bei ‘Karo ZS’ nach 9 bis 13 Wochen. Auf Mehl und Schrot der unterschiedlichen Lupinensorten dauerte die Entwicklung zum Falter durchschnittlich 7 – 8 Wochen. Von *P. interpunctella* haben sich auf dem Kontrollsubstrat 90 ± 1 Falter aus den 100 Besatzeiern entwickelt. Auf Bohnen der Lupinensorten ‘Karo ZS’ waren es nur 1 ± 1 , auf dem Süßlupinenmix 1 ± 1 und auf Bohnen der Sorte ‘Energy’ 4 ± 1 adulte Tiere (Abb. 13). Im Vergleich dazu entwickelten sich auf Schrot des Süßlupinenmixes durchschnittlich mehr Tiere als auf dem Kontrollsubstrat (95 ± 2), auf der Sorte Energy 78 ± 2 und auf Karo Z 90 ± 3 Falter. Auf Mehl des Süßlupinenmixes waren es vergleichbare Zahlen zur Kontrolle (89 ± 2), und auf Mehl der Sorte Energy 72 ± 2 und auf Karo Z 88 ± 4 Falter. Nach 4 bis 5 Wochen schlüpfen die Falter von *P. interpunctella* auf dem Kontrollsubstrat. Im Versuch mit den verschiedenen Lupinensorten setzte der Falterschlupf im Mehl und Schrot erst nach 6–7 Wochen ein. Die zeitliche Verzögerung des Falterschlupfes zwischen dem Kontrollsubstrat Weizenkleie und den Lupinenvarianten Mehl und Schrot, betrug demnach ca. 14 Tage. Auffällig war,

dass sich die Larven im geschroteten Material schneller entwickeln konnten als im feiner gemahlene Mehl. Auf ganzen Bohnen der Variante 'Energy' dauerte die Entwicklung 7,5 bis 11 Wochen, beim Süßlupinenmix 6 bis 9,5 und bei 'Karo ZS' 8,5 bis 11 Wochen. Insgesamt entwickelten sich beide Mottenarten eher schlecht auf den Lupinenbohnen, jedoch waren es im Schnitt doppelt so viele *E. elutella* wie *P. interpunctella* Falter.

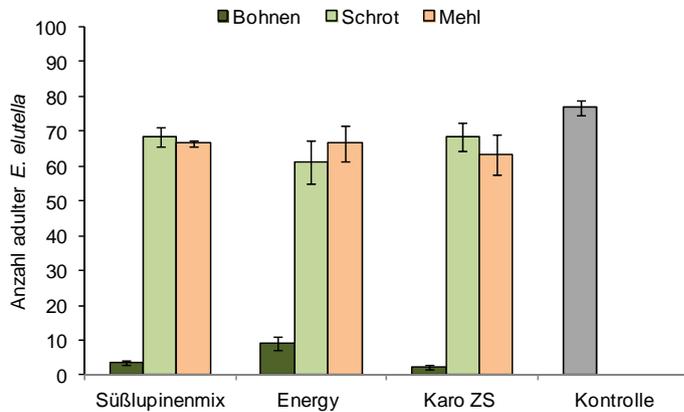


Abb. 12 Anzahl voll entwickelter *E. elutella* Falter aus 100 Besatzern auf Kontrollfuttersubstrat und auf ganzen Bohnen, Schrot und Mehl verschiedener Lupinensorten (N=6).

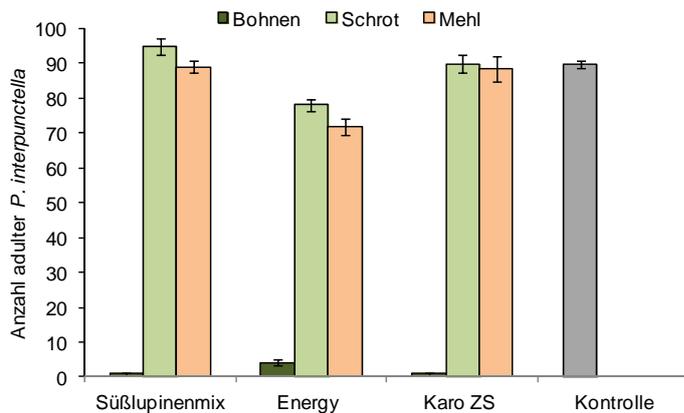


Abb. 13 Anzahl voll entwickelter *P. interpunctella* Falter aus 100 Besatzern auf Kontrollfuttersubstrat und auf ganzen Bohnen, Schrot und Mehl verschiedener Lupinensorten (N=6).

In beiden Experimenten wurden sowohl lebende Larven und adulte Tiere der Falter gefunden und der Schaden bestand aus Fraßspuren, Kot und Verspinnungen.

KÄFER

In sechs Wiederholungen wurden auf 100 g Lupinenbohnen jeweils 50 frische Käfer von *A. obtectus* eingesetzt, welche nach 1 Woche wieder entfernt wurden. Es wurde notiert, ob diese lebend oder tot waren, um etwaige Unregelmäßigkeiten in der Anzahl der Nachkommen beurteilen zu können. Im Mittel sind in auf dem Kontrollsubstrat (Black Eye Beans) 599 Nachkommen geschlüpft (50 Besatzkäfer). Auf den verschiedenen Lupinensorten konnten sich keine Nachkommen entwickeln. Bei *C. maculatus* wurden auf dem Kontrollsubstrat (Mungbohnen) durchschnittlich 209 Nachkommen

gezählt. Auf Lupinenbohnen konnten sich keine Nachkommen (F1-Generation) entwickeln. Die Versuche wurden ca. 20 Wochen nach Besatz abgebaut, da keine Entwicklung zu beobachten war (keine Bohrlöcher, Fenster oder Fraßmehl). Alle Gläser einer Variante (sechs Lupinensorten) wurden unter dem Mikroskop kontrolliert. Es konnte festgestellt werden, dass eine geringe Eiablage an den Bohnen erfolge, zum Teil auch Schlupf aus dem Ei, aber keine weitere Entwicklung der Larven möglich war.

R. dominica wurde nur versuchsweise mit drei Wiederholungen in das Programm aufgenommen. Bei der 1. Wiederholung waren einige Schadbilder zu erkennen. Die aufgesetzten Käfer konnten sich in bereits beschädigte Bohnen hineinfressen. Bei der Abnahme waren in einer Bohne sogar 10 Käfer eingefressen (Foto 4). Der Käferschlupf in den Kontrollversuchen begann ca. 8 Wochen nach Besatz, bei den Lupinensorten nach 11-15 Wochen. Auf den unterschiedlichen Lupinensorten/-arten konnten sich ausgehend von 50 eingesetzten Besatztieren nur wenige Käfer zu einer F1-Generation entwickeln (Abb. 14). Bei den blauen und der weißen Süßlupine waren es im Schnitt 2-3 adulte Tiere, hingegen waren es bei der blauen Bitterlupine weniger als 1 adulter Käfer. Eine potentielle Gefährdung dürfte wohl somit von *R. dominica* nicht ausgehen, da wahrscheinlich die Weiterentwicklung vom Zustand der Bohnen (Bruchanteil) abhängig ist. Hinzu kommt, dass der Schädling ursprünglich aus Südostasien stammt und höhere Temperaturen verlangt.



Foto 4 In Lupinenbohnen der Sorte Boregine eingefressene *R. dominica* Adulte.

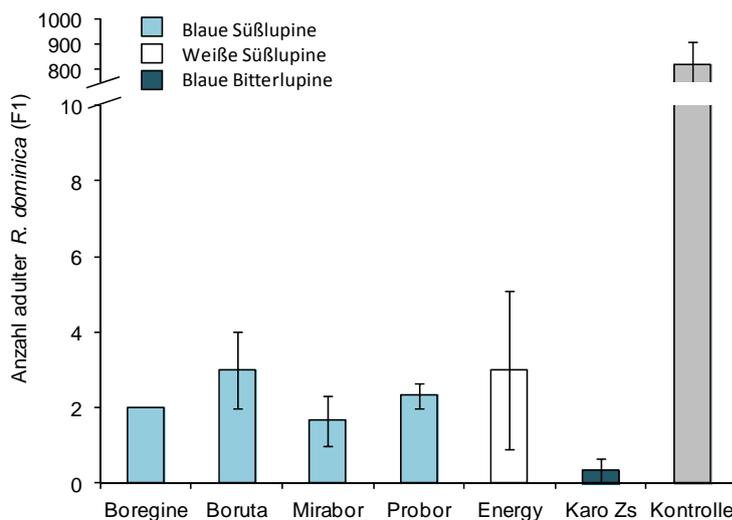


Abb. 14 Durchschnittliche Anzahl (\pm St. Abw.) voll entwickelter *R. dominica* Käfer (F1-Generation), geschlüpft aus den von 50 adulten Besatztieren auf Kontrollfuttersubstrat und auf ganzen Bohnen verschiedener Lupinensorten gelegten Eiern (N=3).

Tab. 4 Zusammenfassung der Ergebnisse zum Entwicklungspotential verschiedener Vorratsschädlinge auf ganzen Bohnen, Schrot und Mehl von Soja und 6 Lupinensorten. Das Befallsrisiko wird farblich, von keinem Risiko (grün) bis zu einem sehr hohen Risiko (dunkelrot), dargestellt.

SUBSTRATE SCHÄDLINGE	SOJA	LUPINE Süßmix*: Boregine, Boruta, Mirabor, Probor						
	<i>Sultana</i>	I) <i>Boregine</i> (bs)	II) <i>Boruta</i> (bs)	III) <i>Mirabor</i> (bs)	IV) <i>Probor</i> (bs)	V) <i>Süßmix*</i> (bs)	VI) <i>Energy</i> (ws)	VII) <i>Karo ZS</i> (bb)
Mottenarten								
<i>Ephestia elutella</i>	Bohnen, Schrot+Mehl	--	--	--	--	Bohnen, Schrot+Mehl	Bohnen, Schrot+Mehl	Bohnen, Schrot+Mehl
<i>Ephestia kuehniella</i>	Bohnen, Schrot+Mehl	--	--	--	--	--	--	--
<i>Plodia interpunctella</i>	Bohnen, Schrot+Mehl	Bohnen	Bohnen	Bohnen	Bohnen	Bohnen, Schrot+Mehl	Bohnen, Schrot+Mehl	Bohnen, Schrot+Mehl
Käferarten								
<i>Acanthocelides obtecus</i>	Bohnen, Schrot+Mehl	Bohnen	Bohnen	Bohnen	Bohnen	--	Bohnen	Bohnen
<i>Callosobruchus chinensis</i>	Bohnen+Schrot, Mehl	--	--	--	--	--	--	--
<i>Callosobruchus maculatus</i>	Bohnen, Schrot+Mehl	Bohnen	Bohnen	Bohnen	Bohnen	--	Bohnen	Bohnen
<i>Rhyzopertha dominica</i>	Bohnen, Schrot+Mehl	Bohnen	Bohnen	Bohnen	Bohnen	--	Bohnen	Bohnen
<i>Sitophilus granarius</i>	Bohnen, Schrot+Mehl	--	--	--	--	--	--	--
<i>Stegobium paniceum</i>	Bohnen+Schrot, Mehl	--	--	--	--	--	--	--
<i>Tribolium confusum</i> / <i>T. castaneum</i>	Bohnen, Schrot+Mehl	--	--	--	--	--	--	--
<i>Trogoderma granarium</i>	Bohnen, Schrot+Mehl	--	--	--	--	--	--	--

Zukünftige Arbeiten:

Populationsentwicklung

Zu einem späteren Projektzeitpunkt soll die Populationsentwicklung über mehrere Schädlingsgenerationen hinweg beobachtet werden, um eventuelle Schwächungseffekte („bottle neck“), die ggf. in der F1-Generation durch die abrupte Substratumstellung verursacht wurden, auszuschließen.

Weitere „neue“ Pflanzenerzeugnisse

Der Inlandsverbrauch von Rapschrot und Sonnenblumenschrot als eiweißhaltiges Futtermittel steigt in Deutschland an (Tab. 5; Fig. 15), auch wenn gleichzeitig der Rapsanbau wegen des Abbaus der politischen Rahmenbedingungen für Biokraftstoffe und aufgrund der vorrangigen Förderung von Körnerleguminosen unter Druck gerät.

Tab. 5 Durchschnittlicher Verbrauch von Raps-, Sonnenblumen- und Sojaschrot (t) in Deutschland (www.ovid-verband.de, Stand: Juli 2017)

Kultur/Erzeugnis	Verbrauch in DE 2017
Rapsschrot	Ca. 4 300 000 t
Sonnenblumenschrot	Ca. 450 000 t
Sojaschrot	Ca. 3 700 000 t

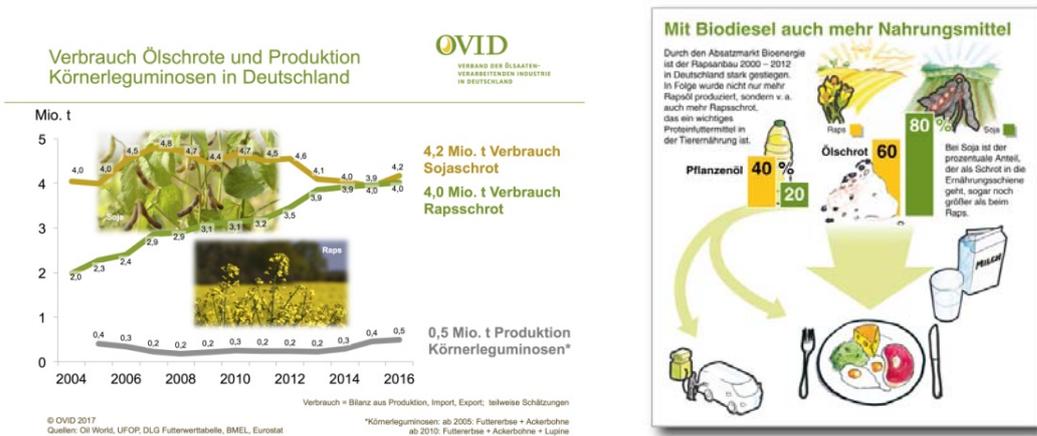


Abb. 15 Durchschnittlicher Verbrauch von Soja- und Rapsschrot sowie Produktion von Körnerleguminosen (Mio. t.) in Deutschland von 2004 – 2016.

Die Produktion von Rapsschrot kann dabei mit der Rapsölproduktion gekoppelt werden, da Schrot bei der Ölgewinnung als Nebenprodukt anfällt. Insofern ist in naher Zukunft mit großen Lagermengen von Rapsprodukten im Vorratsschutz auszugehen und Ziel ist es das potenzielle Entwicklungsvermögen von Vorratsschädlingen auf diesen neuen Vorratsgütern weiter zu standardisieren.

Vor dem Hintergrund des voranschreitenden Klimawandels gibt es Bestrebungen Weizen- und Sojasorten zu züchten, die an die sich ändernden klimatischen und landwirtschaftlichen Rahmenbedingungen angepasst sind. Hierzu zählt eine höhere Toleranz gegenüber Stressoren wie Trockenheit, Hitze und Extremwetterereignissen bei hohem Ertragspotenzial und hoher

Qualität. Hier soll untersucht werden, ob die Veränderungen und die „neuen“ Vorratsgüter sich auf die Vermehrung typischer Getreideschädlinge auswirken. Gerade in den Bereichen der ökologischen Landwirtschaft und „Functional Food“ steigt die Nachfrage nach regional erzeugten Produkten wie Quinoa, Hirse, Buchweizen und Süßlupine oder. Gleichzeitig erfahren auch Urgetreidesorten wie Dinkel, Emmer, Einkorn, Durum, Corakorn, Ur-Roggen und Kamut eine wachsende Nachfrage. Viele der genannten Pflanzen werden in Deutschland historisch zwar schon seit langem angebaut, gerieten aber in Vergessenheit. Die verwandtschaftliche Nähe zur Wildform lässt zumindest für die verschiedenen Urgetreide eine höhere Widerstandsfähigkeit gegenüber Schädlingen vermuten. Da es für diese Vorratsgüter bislang keine systematischen Studien in Bezug auf Schädlingsbefall im Lager gibt, besteht Forschungsbedarf zu dieser Fragestellung.

Literatur

- Bader, S., Czerny, M., Eisner, P., BUETTNER, A. (2009) Characterisation of odour-active compounds in lupin flour. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89, 2421–2427.
- BLE (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung) Erklärung (2017) Eiweißpflanzenstrategie. No. 20/17/31. https://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/DE/Projektfoerderung/Eiweisspflanzenstrategie/201731_Bekanntmachung.html.
- Bremer, P. (1999) Eiweisswunder Lupine. *Natura Viva*, Weil der Stadt.
- Commission of the European communities (2001) A sustainable Europe for a better world: A European Union strategy for sustainable development. COM/2001/0264 final. <http://eur-lex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/?uri=CELEX:52001DC0264>.
- Council of the European Union (2017) European Soya Declaration. Annex I in 10055/17. <http://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-10055-2017-INIT/en/pdf>.
- Cox, P., & Simms, J. (1978). The susceptibility of soya bean meal to infestation by some storage insects. *Journal of Stored Products Research*, 14(2-3), 103-109.
- Dettner, K., & Peters, W. (2011). *Lehrbuch der Entomologie*: Springer-Verlag.
- Donausoja (2017) Market Information and Statistics. <http://www.donausoja.org/en/about-us/news/market-statistics/marketinformation/>.
- EU-Bericht (2017) Förderung des Anbaus von Eiweißpflanzen und Hülsenfrüchten in der europäischen Landwirtschaft (2017/2116(INI)); A8-0121/2018
- FAO Stat (2017) <http://www.fao.org/faostat/en/#home>
- Giga, D., & Smith, R. (1987). Egg production and development of *Callosobruchus rhodesianus* (Pic) and *Callosobruchus maculatus* (F.)(Coleoptera: Bruchidae) on several commodities at two different temperatures. *Journal of Stored Products Research*, 23(1), 9-15.
- Ghosh, P. K. & Jayas, D. S. (2010) Storage of soybean. In G. Singh, *The soybean: Botany, production and uses* (S. 247-275). Wallingford: CAB International'
- Hagstrum, D. (2013). *Atlas of stored-product insects and mites*: Elsevier.

- Hagstrum, D. W., & Subramanyam, B. (2009). Stored-product insect resource (D. W. Hagstrum & B. Subramanyam Eds.): American Association of Cereal Chemists, Inc (AACC).
- Hartman, G.L., West, E.D., Herman, T.K. (2011) Crops that feed the world 2. Soybean — worldwide production, use, and constraints caused by pathogens and pests. *Food Security*, 3, 5–17.
- Landwirtschaftliches Zentrum für Sojaanbau und Entwicklung (2015) Taifun Sojainfo. Fachinformationen für Sojaerzeuger und -verarbeiter. No. 11, Juni 2015, https://www.sojafoerderring.de/wp-content/uploads/2015/07/Sojainfo_11_2015_v12.pdf.
- LeCato, G. L. (1976). Yield, development, and weight of *Cadra cautella* (Walker) and *Plodia interpunctella* (Hübner) on twenty-one diets derived from natural products. *Journal of Stored Products Research*, 12(1), 43-47.
- Ovid (2018) Ohne Gentechnik im Tierfutter, Internationaler Handel, heimischer Anbau und Verfügbarkeiten von Proteinfuttermitteln. <https://www.ovid-verband.de/>.
- Ruge-Wehling, B., Roux, S., Fischer, K. (2016) Lupinen bringen Vielfalt auf den Acker. *JKI newsletter*. DOI 10.5073/jki.2016.001.
- Sharma, S., & Thakur, D. (2014a). Comparative developmental compatibility of *Callosobruchus maculatus* on cowpea, chickpea and soybean genotypes. *Asian Journal of Biological Sciences*, 7(6), 270-276.
- Sharma, S., & Thakur, D. (2014b). Studies on the varietal preference of *Callosobruchus maculatus* on soybean genotypes. *Asian Journal of Biological Sciences*, 7(5), 233-237.
- Statistisches Bundesamt (2017) Fachserie 3, R.3.2.1, Feldfruchte. https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/LandForstwirtschaft/ErnteFeldfruechte/FeldfruechteJahr2030321_177164.pdf?__blob=publicationFile.
- Taifun Sojainfo: Lagerung von Sojabohnen; Ausgabe Nr. 11, Juni 2015
- United Nations, 2016: The 2030 Agenda for sustainable development. http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E.
- <http://www.tis-gdv.de/tis/ware/oelsaat/sojabohn/sojabohn.htm> Larva of storage moths (*Ephestia cautella*, *Corcyra cephalonica*) and bruchid beetles (*Callosobruchus* spp.) cause extensive damage to soybean grains.