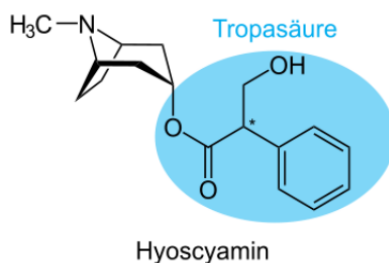




Tropanalkaloide in Biolebensmitteln



Bennan Tong
Marion Schild
Dr. Regula Bickel
Hansueli Dierauer

April 2017

Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL
Ackerstrasse 113, Postfach 219
5070 Frick, Schweiz
Tel. +41 (0)62 865 72 72
bennan.tong@fibl.org, regula.bickel@fibl.org
marion.schild@fibl.org, hansueli.dierauer@fibl.org

EXCELLENCE FOR SUSTAINABILITY

Das FiBL hat Standorte in der Schweiz, Deutschland und Österreich
FiBL offices located in Switzerland, Germany and Austria
FiBL est basé en Suisse, Allemagne et Autriche

FiBL Schweiz / Suisse
Ackerstrasse 113, Postf. 219
5070 Frick, Schweiz
Tel. +41 (0)62 865 72 72
info.suisse@fibl.org, www.fibl.org

Inhalt

1.	Einleitung	3
1.1	Ausgangslage	3
1.2	Projektziele und Vorgehen	3
2.	Steckbrief Tropanalkaloide	4
2.1	Typen von Tropanalkaloiden	4
2.1.1	Hyoscyamin	4
2.1.2	Scopolamin	5
2.1.3	Atropin	6
2.1.4	Maximaler Rückstandsgehalt von TA in Getreide	7
2.2	Tropanalkaloide in der Lebensmittelverarbeitung	7
3.	Steckbriefe: tropanalkaloidhaltige Unkräuter	8
3.1	Problemunkräuter in der Landwirtschaft	8
3.1.1	Der gemeine Stechapfel (<i>Datura stramonium</i> L.)	8
3.1.2	Das Schwarze Bilsenkraut (<i>Hyoscyamus niger</i> L.)	11
3.2	Bekämpfung der Unkräuter in der Landwirtschaft	12
3.2.1	Bekämpfung des Stechapfels	12
3.2.1.1	Chemische Bekämpfung in der konventionellen Landwirtschaft	12
3.2.1.2	Vorbeugende Massnahmen	13
3.2.1.3	Direkte Massnahmen	13
3.2.1.4	Alternative Ansätze	14
3.2.2	Bekämpfung des Schwarzen Bilsenkrautes	14
3.3	Modellrechnung: Tolerierbarer Unkrautbesatz auf dem Feld	15
3.4	Tropanalkaloide im Körnermais	17
4.	Resultate	18
4.1	Empfehlungen Landwirtschaft	18
4.2	Abklärungen mit Firmen	18
4.3	Abklärung mit Sortex-Maschinenherstellern	19
4.4	Kontamination in verschiedenen Herkunftsregionen	20
4.4.1	Analysenmethoden	20
4.4.2	Auswertung der Analysendaten	21
4.5	Backversuch Tropanalkaloide	23
4.5.1	Methode	24
4.5.2	Ergebnisse und Beurteilung	25
5.	Diskussion	26
6.	Zusammenfassung/ Empfehlungen	28
6.1	Risikoabschätzung	28
6.2	Empfehlungen	28
6.2.1	Landwirtschaft	28
6.2.2	Mühle, bzw. Importeur/Erstabnehmer	28
6.2.3	Industrie	29
7.	Literatur	30

1. Einleitung

1.1 Ausgangslage

Am 1. April 2015 publizierte das BLV (Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen) eine öffentliche Warnung, die auf kontaminierte Bio-Hirsebällchen hinwies. Beim Schadstoff handelte es sich um Tropanalkaloide (TA) – ein Pflanzengiftstoff, der von verschiedenen Pflanzen als Abwehrsubstanz gegen Insektenfrass produziert wird. Für den Menschen sind Tropanalkaloide ebenfalls giftig. Akute Symptome wie Benommenheit, Übelkeit oder Kopfschmerzen können auftreten. In letzter Zeit konnten vermehrt Spuren von Tropanalkaloiden auch in anderen, importierten Bioprodukten aus Hirse, aber auch aus Mais und Buchweizen nachgewiesen werden.

Der Ursprung der Verunreinigung ist auf das Feld zurückzuführen. Auf den Feldern können TA-haltige Pflanzen als Unkräuter vorkommen. Bei der Ernte werden Samen von diesen Unkräuter mitgeerntet und gelangen, vermischt mit dem Erntegut, in die Verarbeitung.

In diesem Projekt wurde entlang der Produktionskette abgeklärt, welche Massnahmen zur Verhinderung oder Minimierung der Kontaminierung mit Tropanalkaloiden ergriffen werden können.

1.2 Projektziele und Vorgehen

Das Ziel des Projektes war es, eine generelle Risikoabschätzung auf allen Stufen der Wertschöpfungskette zu erstellen. In einem ersten Schritt sollte dafür abgeklärt werden, welche TA-haltigen Pflanzen als Unkräuter im Bioackerbau relevant sind. Mithilfe von Steckbriefen zu den Zielunkräutern sollte anschliessend das Risiko für eine Kontaminierung auf dem Feld abgeschätzt werden. Dafür sollte abgeklärt werden, ob geografische Gebiete definiert werden können, in denen aufgrund des Vorkommens, ein hohes bzw. tiefes Risiko für den Anbau von Mais, Buchweizen, Hirse etc. in Bioqualität besteht. Des Weiteren sollten Unkraut-spezifische Bekämpfungsstrategien aufgezeigt werden, die im Konventionellen oder im Biolandbau möglich sind. Ergänzend sollte eine Toleranzgrenze für den Unkrautbesatz auf dem Feld erstellt werden.

In einem zweiten Schritt wurden in Gesprächen mit der Industrie diverse Hintergründe betreffend Warenfluss und Herkunft der Rohstoffe überprüft. Mithilfe von Analysendaten der Risikogetreideprodukte (Hirse, Buchweizen und Mais) sollten Risikoländer definiert werden. Diese Erkenntnisse könnten der Industrie in der Zukunft von Nutzen sein, um weitere Massnahmen (Z.B. Lieferantenwechsel etc.) zur Verhinderung der Risiken zu erlassen. Das übergeordnete Ziel war eine detaillierte, langfristige Handlungsempfehlung abgeben zu können, um einen sicheren Anbau von Hirse, Mais und Buchweizen gewährleisten zu können.

2. Steckbrief Tropanalkaloide

2.1 Typen von Tropanalkaloiden

Zu den meistuntersuchten TA gehören (-)-Hyoscyamin (L-Hyoscyamin) und (-)-Scopolamin (L-Scopolamin). Im Gegensatz zu ihren (+)-Enantiomeren, die sich in ihrer Konstitution wie Spiegelbilder verhalten, werden diese natürlich gebildet. Bei der Isolierung der TA durch Laugen sowie beim Trocknen der Pflanzen nach der Ernte wandelt sich (-)-Hyoscyamin in Atropin um, ein Gemisch aus (-)-Hyoscyamin und (+)-Hyoscyamin. Da das Atropin das racemische Gemisch aus (-)-Hyoscyamin und (+)-Hyoscyamin ist, weist es zwar eine ähnliche, jedoch schwächere Wirkung als reines (-)-Hyoscyamin auf.

Einige der genannten TA (so auch das Atropin) werden als Arzneimittelwirkstoffe eingesetzt. Die Wirkung der TA auf den menschlichen und tierischen Organismus wird durch zwei Hauptwirkungsrichtungen bestimmt: eine periphere und eine zentrale. Bei Wirbeltieren bilden Gehirn und Rückenmark das zentrale Nervensystem. Das periphere Nervensystem umfasst den Teil des Nervensystems, der ausserhalb des Gehirns und Rückenmarks gelegen ist.

Kokain ist ebenfalls ein bekannter Vertreter aus der Familie TA, es handelt sich um das Hauptalkaloid der Kokastraucharten *Erythroxylon coca* und *Erythroxylon novogranatense*.

2.1.1 Hyoscyamin

Das (-)-Hyoscyamin mit der Summenformel $C_{17}H_{23}NO_3$ ist das am häufigsten und in grösster Menge vorkommenden Hauptalkaloid in *Datura stramonium* (Stechapfel) - ein Ester bestehend aus Tropin und Tropasäure. Es wurde 1833 zum ersten Mal aus der Pflanze *Hyoscyamus niger* isoliert und kommt v.a. in der lebenden Pflanze vor.

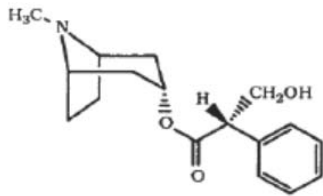


Abbildung 1: Chemische Struktur von (-)-Hyoscyamin

Das Hyoscyamin (ähnlich wie die meisten TA) wird leicht aus dem Magen-Darm-Trakt resorbiert, weitgehend rasch in das Gewebe verteilt und später zu 30% unverändert über den Urin ausgeschieden. Zudem wird es über die Schleimhäute gut aufgenommen. Bei der Aufbereitung der Pflanzen durch Erhitzen oder Extraktion wird aus(-)-Hyoscyamin Atropin. Beim Trocknen der Pflanzen kann sich das (-)-Hyoscyamin zudem in Scopolamin umwandeln [Rätsch, 1998]. Durch wasserentziehende Mittel wird das Hyoscyamin in Atropamin und Belladonnin übergeführt.

(-)-Hyoscyamin ist ca. 8-50 Mal wirksamer als die (+)-Hyoscyamin (D-Hyoscyamin) [Schultes und Hofmann, 1973]. Es inhibiert die Bindung von Acetylcholin, einem wichtigen Neurotransmitter, zu seinen Rezeptoren und hat Folgen für die Herzfrequenz, Atmung und das Zentralnervensystem.

Folgende Symptome werden bei geringer Dosis beobachtet:

- Auge: Pupillenerweiterung, Akkomodationslähmung, Steigerung des intraokularen Druckes
- Drüsen: Hemmung der Sekretion (besonders Speichel- und Schweißdrüsen)
- Bronchien: Erweiterung, Aufhebung von Spasmen der Bronchialmuskulatur
- Herz: Herzschlagbeschleunigung, Coronargefässerweiterung
- Gefässe: Starke Erweiterung der Hautgefässe
- Magen und Darm: Sekretionseinschränkung, Herabsetzung des Tonus, Lösung von Spasmen

Bei Resorption höherer Dosen kommt es zu einer zentral-erregenden Wirkung, von der besonders das Grosshirn und das Zwischenhirn ergriffen werden. Sie äussert sich in Halluzinationen, Rede- und Bewegungsdrang und starker Suggestibilität. Bei noch grösseren Gaben steigern sich diese Symptome bis zu heftigen Krämpfen. Es folgen Erschlaffung, Absinken der Körpertemperatur und schliesslich Koma und Tod durch zentrale Atemlähmung.

2.1.2 Scopolamin

Das Scopolamin (auch Hyoscin genannt) mit der Summenformel $C_{17}H_{21}NO_4$ ist eines der am häufigsten vorkommenden Tropanalkaloide. Es wurde 1888 erstmals von E. Schmidt aus der Wurzel von „*Scopolia atropoides*“ isoliert [Rätsch, 1998]. Das Scopolamin besteht aus dem Ester Scopin welcher mit der Tropansäure verbunden ist [Täschner, 2002]. Elf stereoisomere Scopolamine sind möglich, erst zwei davon wurden bisher nachgewiesen.

Das Scopolamin (ähnlich wie die meisten TA) wird leicht aus dem Magen-Darm-Trakt resorbiert und weitgehend in das Gewebe verteilt. 85-88% des aufgenommenen Scopolamins werden innerhalb von 24 Stunden über den Harn wieder ausgeschieden (davon ca. 50% unverändert [Wink, 2008]).

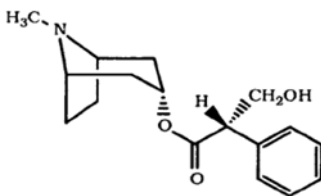


Abbildung 2: Chemische Struktur von (-)-Scopolamin

Scopolamin hat ähnliche Wirkungen auf das periphere Nervensystem wie Atropin und Hyoscyamin, beeinflusst aber im Gegensatz dazu nicht den Herzvagus, sondern wirkt überwiegend lähmend auf das Atemzentrum [Dauderer, 1991]. Auf die Pupille wirkt es zwar schneller und stärker ein als (-)-Hyoscyamin, aber auch bedeutend kürzer andauernd.

Das (-)-Scopolamin besitzt eine vorwiegend narkotische [Ludewig und Regenthal, 2007] sowie zentral dämpfende Wirkung und kann visuelle, lang andauernde Halluzinationen hervorrufen [Teuscher und Lindequist, 2010]. Die dämpfende Wirkung des Scopolamins tritt schon bei niedrigeren Dosen (ab 0.5 mg) als bei (-)-Hyoscyamin ein, da es eine bessere Bioverfügbarkeit hat. Benommenheit, Kopfschmerzen und Übelkeit sind typische Symptome. Bei grösseren Dosen führt es mit fortschreitender Lähmung des Atemzentrums zu Koma und Tod. Beim Menschen liegt die letale Dosis bei 50-100 mg.

Therapeutisch wird Scopolamin als transdermales Pflaster bei Reiseübelkeit sowie als Prämedikation bei Narkose eingesetzt. Weitere scopolaminhaltigen Medikamente sind Buscopan, Hyospasmol, Oportunin, Scopoderm T, Transcop sowie Transderm [Schmeller und Wink, 1998].

2.1.3 Atropin

Atropin wurde erstmals aus der Pflanze *Atropa belladonna* isoliert [EFSA, 2008]. Es ist ein Racemat aus (-)-Hyoscyamin und (+)-Hyoscyamin mit der Summenformel $C_{17}H_{23}NO_3$. Atropin entsteht nicht nur während der Extraktionsprozesse aus Hyoscyamin, sondern kommt vermutlich auch neben (-)-Hyoscyamin in ruhenden Pflanzenteilen im Winterhalbjahr vor [Weiner, 1985].

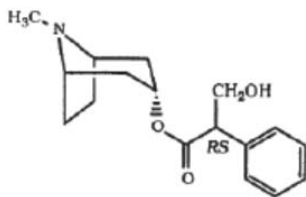


Abbildung 3: Chemische Struktur von Atropin

Atropin wird nach oraler Einnahme oder Injektion schnell und vollständig resorbiert, hydrolytisch gespalten, metabolisiert und anschliessend teilweise unverändert über die Niere ausgeschieden [Geschwinde, 2003].

Atropin und (-)-Hyoscyamin wirken qualitativ gleichwertig. Da das (+)-Hyoscyamin eine geringere Wirksamkeit aufweist, ist Atropin nur halb so wirksam im Vergleich zu reinem (-)-Hyoscyamin [John et al., 2010]. Für Kinder gelten bereits 1-10mg als tödlich, für Erwachsene können 100mg oral eingenommenes Atropin tödlich sein [Roth et al., 1994].

Das Atropin hemmt durch Blockade der Acetylcholinrezeptoren periphere Nervenendigungen. Folgende Symptome werden bei geringer Dosis beobachtet:

- Auge: Pupillenerweiterung, Steigerung des Augeninnendrucks
- Drüsen: Hemmung der Sekretion (besonders Speichel- und Schweißdrüsen)
- Bronchien: Erweiterung, Aufhebung von Spasmen der Bronchialmuskulatur
- Herz: Herzschlagbeschleunigung, Herzrhythmusarrhythmien
- Gefässe: Starke Erweiterung der Hautgefässe
- Magen und Darm: Peristaltik Hemmung, Spasmolysen

In therapeutisch genutzten Dosen übt Atropin nur eine geringe Wirkung auf das Zentralnervensystem aus. Atropin wird v.a. in der Augenheilkunde zur Pupillenerweiterung und zur Ausschaltung der Akkomodationsfähigkeit eingesetzt. Es findet aber auch Verwendungen als Antidot bei Vergiftungen [Schmeller und Wink, 1998], sowie bei akuter Bradykardie [Baenkler, 2001]. Eine lebensbedrohliche Folgeerscheinung einer Atropinvergiftung ist die möglicherweise auftretende zentrale Atemlähmung.

2.1.4 Maximaler Rückstandsgehalt von TA in Getreide

Die EFSA hat einen Gruppen-ARfD (akute Referenzdosis) für TA von 0.016 µg/kg Körpergewicht pro Tag festgelegt [EFSA, 2013]. Diese akute Referenzdosis ist jene Menge einer Substanz pro Kilogramm Körpergewicht, die über die Nahrung mit einer Mahlzeit oder innerhalb eines Tages ohne erkennbares Risiko für die VerbraucherInnen aufgenommen werden kann. Datengrundlage hierfür war eine Studie an 20 jungen gesunden Freiwilligen und ein daraus abgeleiteter NOAEL (no observed adverse effect level) von 0.16 µg/kg Körpergewicht. Um die geringe Probandenzahl bei der Ableitung des ARfD zu berücksichtigen wurde ein Sicherheitsfaktor von 10 angesetzt.

Der maximal tolerierbare Rückstandsgehalt an TA in Getreide ist abhängig von den verzehrten Mengen an Getreide. Bei einem Körpergewicht von 60 kg wäre eine Dosis von 1 µg TA bereits als eine Überschreitung der ARfD zu beurteilen ($0.016 \mu\text{g/kg} \times 60 \text{ kg} = 0.96 \mu\text{g}$). Beim täglichen Verzehr von 80g Hirsekörnern pro Person kontaminiert mit 10 µg/kg TA entspricht einer Dosis von 0.8 µg TA pro Portion und liegt tiefer als die akute Referenzdosis.

2.2 Tropanalkaloide in der Lebensmittelverarbeitung

Im Allgemeinen ist nur wenig über die Hitzestabilität von Tropanalkaloiden bekannt. Hierzu wurde eine systematische Literaturrecherche in den Online bibliographischen Datenbanken wie ResearchGate, Academia.edu und PubMed durchgeführt. Wenige Studien haben gezeigt, dass Atropin und Scopolamin nur teilweise beim Backen (13-28% Verlust) und Kochen (40-60% Verlust) abgebaut werden [Friedman, 1989]. Auch in der EFSA-Stellungnahme 2013 zu Tropanalkaloiden in Lebens- und Futtermitteln, welche in vielen Bereichen umfangreiche Übersicht über den heutigen Wissenstand betreffend TA bietet, wurde keine weiteren aktuelleren Studien über die Hitzestabilität von TA erwähnt.

Table X. Effect of Baking on Atropine and Scopolamine Content of Jimson Weed Seed Fortified Bread

material	atropine		scopolamine	
	mg/g mixed flour	% rec	mg/g mixed flour	% rec
wheat flour + 12% jimson weed seed flour, unbaked	0.408	100	0.115	100
bread crumb	0.304	75	0.100	87
bread crust	0.335	82	0.083	72

Abbildung 4: Abbau von Atropin und Scopolamin beim Backen und Kochen (Friedman, 1989)

3. Steckbriefe: tropanalkaloidhaltige Unkräuter

3.1 Problemunkräuter in der Landwirtschaft

Tropanalkaloide (TA) kommen in sieben verschiedenen Pflanzenfamilien vor. Die meisten TA-haltigen Pflanzen gehören zu der Familie der Nachtschattengewächse, die viele wilde, aber auch einige kultivierte Arten wie die Kartoffel, Tomaten oder Tabak umfasst. Auch der Gemeine Stechapfel (*Datura stramonium* L.) ist ein Nachtschattengewächs und wurde in den letzten Jahren vermehrt auf Ackerflächen beobachtet. Durch das zeitgleiche Abreifen des Stechapfels mit späten Sommerkulturen wie Buchweizen, Mais oder Hirse, können TA-haltige Samen des Stechapfels über das Erntegut in die Lebensmittelkette gelangen. Nebst dem Stechapfel, kann auch das Schwarze Bilsenkraut (*Hyoscyamus niger* L.) oder die Schwarze Tollkirsche (*Atropa belladonna* L.) in Randregionen von Ackerflächen auftreten und versehentlich mitgeerntet werden. Die Bedeutung der jeweiligen TA-haltigen Unkräuter in Europa ist noch relativ unbekannt und kann je nach Land variieren. Von den drei erwähnten Arten ist dem Stechapfel die grösste Bedeutung beizumessen. Das Bilsenkraut ist im Ackerbau als Unkraut noch wesentlich weniger verbreitet. Die Tollkirsche kommt im Ackerland nicht vor. Deshalb wird sie in diesem Bericht nicht diskutiert.

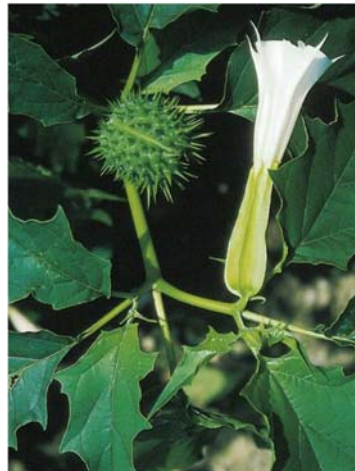
Noch unbekannt ist zurzeit das Gefahrenpotential der Ackerwinde (*Convolvulus arvensis*), die auch bestimmte Tropanalkaloid-Klassen produziert. Im Gegensatz zum Stechapfel und dem Bilsenkraut, ist die Ackerwinde ein verbreitetes, bereits bekanntes Unkraut im Ackerbau. Im Biolandbau kann sie in vielen Kulturen vorkommen. Im Moment fehlt jedoch die Technik, um alle TA-Klassen in der Ackerwinde nachweisen zu können (mündliche Überlieferung, Bioland). Im Fokus steht die TA-Klasse Calystegin, die erstmals aus der namensgebenden *Calystegia sepium* (Echte Zaunwinde) isoliert wurde. Später konnte diese Klasse auch in der Ackerwinde nachgewiesen werden. Calystegin kann bestimmte Enzyme inhibieren, es ist bis anhin jedoch unklar, ob diese TA-Klasse für Mensch und Tier toxisch ist (Kip, 2004). Einzig in Colorado gab es einen Vorfall, bei dem starker Gewichtsverlust, Kolik, Fibrose und Gefässsklerosen bei Pferden mit dem Frass von Ackerwinden in Verbindung gebracht wurden (Todd, Stermitz, Schultheis, Knight, & Traub-Dargatz, 1995).

Da bis anhin, trotz Verunkrautung mit Ackerwinde, keine Probleme mit Tropanalkaloiden festgestellt wurden, kann die potentielle Gefährdung durch die Ackerwinde als tief eingestuft werden. Erkenntnisgewinne aus der Forschung sollten jedoch zwingend mitverfolgt werden.

3.1.1 Der gemeine Stechapfel (*Datura stramonium* L.)

Der Stechapfel ist eine einjährige, üppige Pflanze, die bis zu 2 m hoch wachsen kann. Als Therophyt lebt er nur während der Vegetationsperiode und überdauert die ungünstige Jahreszeit via Samen im Boden (Krauss, Total, & Baur, 2010). Die Blätter sind lang, gestielt, eiförmig, spitz, gelappt, oberseits dunkelgrün und v.a. im unteren Bereich gross (20 x 15 cm). Auffallend sind die grossen, trichterförmigen, aufrechten, fünfzipfeligen, weissen oder hellblau-violetten Blüten und die stacheligen 5 cm grossen, namensgebenden Früchte. Der Stechapfel keimt spät und blüht von Juni bis Oktober. Die Frucht ist vierklappig und kann zur Reifezeit spontan aufspringen und die zahlreichen, platten, braunschwarzen, netz-grubig punktierten Samen freisetzen. Die Samen sind sehr robust und können im Boden je nach Tiefe bis zu 40 Jahre überdauern. Je nach Wachstumsbedingungen (Dichte des Bestandes) kann der Stechapfel pro Pflanze zwischen 1'300-30'000 Samen produzieren (CABI, 2016a; Hanf, 1999).

Der Stechapfel bevorzugt warme Gebiete, offene Fläche, reichlich Regen und fruchtbare Böden, kann aber auch auf sandigen Weiden vorkommen. Er gedeiht besser in neutralen als in sauren Böden und gilt als Stickstoffzeiger und ursprünglich als Schuttbewohner. Das Wurzelsystem ist, abhängig vom Bodentyp, flachgründig und wenig verzweigt bis stark verzweigt, verdickt und bildet eine Pfahlwurzel (CABI, 2016a).



Wahrscheinlich stammt der Stechapfel aus tropischen Gebieten Zentral- und Südamerikas (andere Quellen besagen östliches Nord-Amerika) und wurde bereits im 17. Jahrhundert nach Europa eingeführt. Der Stechapfel gilt als Kosmopolit und ist mittlerweile in der gesamten gemäßigten Zone in Amerika, Europa, Asien, Afrika und Neuseeland zu finden. Er kommt in über 100 Ländern als Unkraut in über 40 verschiedenen Kulturen vor. Im Bioackerbau kommt er v.a. in spätekeimenden Ackerkulturen vor, die den Bestand spät und/oder schlecht schliessen. Darunter fallen Hirse, Buchweizen und Mais. Der Stechapfel gilt als noch grossflächiger verbreitet als das Erdmandelgras, welches als schlimmstes Unkraut weltweit eingestuft wird. Der Stechapfel wird auch als Arzneipflanze (Rauschgift, Atropin als Gegengift) kultiviert (CABI, 2016a; Hanf, 1999).

Auf verschiedenen Webseiten kann die Verbreitung bzw. das Vorkommen verschiedener (v.a. invasiver) Arten abgerufen werden. Da der Stechapfel jedoch keiner Meldepflicht unterliegt, basieren die jeweiligen Datenpunkte nur auf individuellen Beobachtungen. Die Datenbanken sind daher nicht vergleichbar mit einer Bestandsaufnahme. Sind beispielsweise für ein Land keine Daten zur Verfügung, kann daraus nicht ein Vorkommen ausgeschlossen werden, sondern ist auch auf mangelnde Beobachtungen/Meldungen zurückzuführen. Eine Aussage über die Verbreitung in diesen Gebieten (v.a. Osteuropa und Italien) kann deshalb zurzeit nicht gemacht werden.

Tabelle 1: Angaben zu Online-Plattformen, die Verbreitungskarten des Stechapfels und anderen Arten kostenlos zur Verfügung stellen.

Plattform	Umfang	Link, aufgerufen am 15.3.2016
CABI ¹ Invasive Species Compendium	weltweit	http://www.cabi.org/isc/datasheet/18006
DAISIE ²	Europa	http://www.europe-aliens.org/speciesFactsheet.do?speciesId=20383#
GBIF ³	weltweit	http://www.gbif.org/species/2928751

1 Centre for Agriculture and Biosciences International

2 Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe

Der Detaillierungsgrad der verschiedenen Plattformen ist sehr unterschiedlich. Während DAISIE und CABI eher ungenaue Angaben liefern, können bei der GBIF die Datenpunkte deutlicher lokalisiert werden. Zusätzlich ist auf dieser Plattform eine zeitliche Komponente integriert und es lassen sich verschiedene Kartentypen anzeigen (Satellit, Karte etc.). Zu den jeweiligen Daten stehen zum Teil auch Hintergrundinfos zur Verfügung. Die DAISIE Plattform hingegen ist insofern nützlich, als dass sie Kontaktdaten von Experten für die jeweiligen Pflanzen auflistet, die in Europa tätig sind.

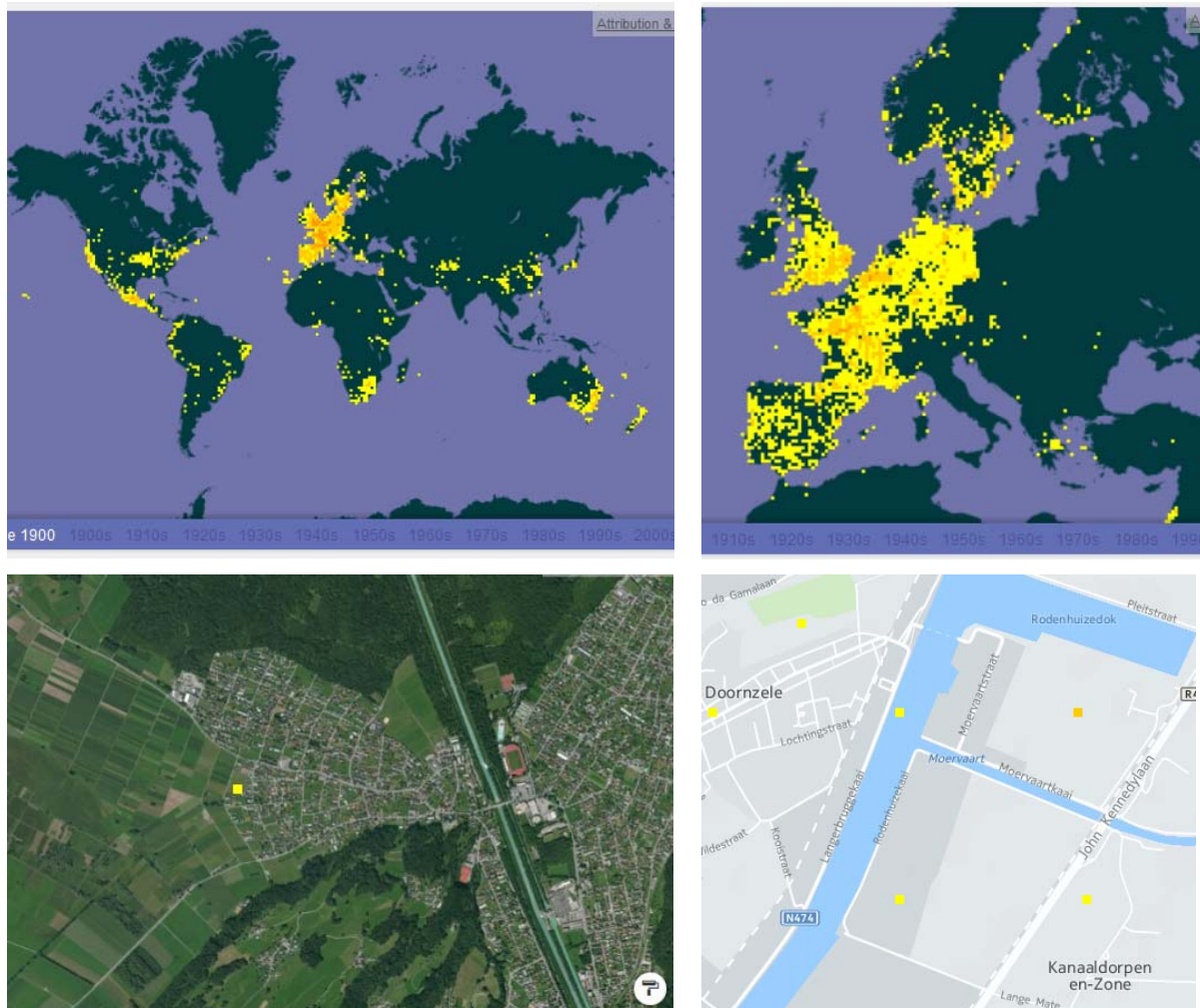


Abbildung 5: Verschiedene Kartentypen und Zoom-Ausschnitte der GBIF. Vorkommen des Stechapfels weltweit (oben links) und in Europa (oben rechts). Jeder Punkt steht für einen (gelb) oder mehrere Datensätze (orange).

Auf der Weltkarte und auch auf der Europakarte ist deutlich zu sehen, dass der Stechapfel in der gesamten gemässigten Zone vorkommt (trotz fehlender Daten, wie z.B. für Italien oder Osteuropa). Wird die Option des Sattelitenbildes gewählt, kann je nach Zoom die Landnutzung bestimmt werden und zum Teil sogar Schutzplätze ausgemacht werden, auf denen der Stechapfel beobachtet wurde. Manchmal macht die genaue Lokalisierung der Datenpunkte wiederum keinen Sinn, wie die Abbildung unten rechts zeigt, bei der die Datenpunkte in Gewässern liegen. Der genauen Lokalisierung der Beobachtungen darf dementsprechend nicht zu viel Gewicht beigegeben werden.

3.1.2 Das Schwarze Bilsenkraut (*Hyoscyamus niger* L.)

Das Schwarze Bilsenkraut kommt sowohl als Therophyt (einjährige Form), als auch als Hemikryptophyt (mehrjährige Form) vor, wobei die zweijährige Form am häufigsten zu beobachten ist (Kästner, Jäger, & Schubert, 2001). Die ganze Pflanze ist klebrig-zottig behaart, duftet unangenehm und kann bis zu 1.5 m hoch werden. Die Blätter sind länglich eiförmig, fiederspaltig gezahnt, mattgrün und wie beim Stechapfel zwischen 15 bis 20 cm lang (Stängelblätter sitzend). Das Bilsenkraut blüht von Juni bis Oktober. Die Blüten sind fahl-gelb mit violetten Adern und sind endständig. Die Urne-förmige Frucht mit 5 spitzen Zähnen ist drüsig behaart, bricht bei Reife auf und setzt tausende (10'000-500'000) von grau-braunen Samen frei (Pokorny, Mangold, & Kittle, 2010). Die Samen sind wie beim Stechapfel nierenförmig, grubig vertieft und zusammengedrückt (1-1.3 x 1 mm). Die Keimrate scheint tief zu sein, wird aber durch Stratifikation (Kältebehandlung) oder eine mechanische Beschädigung der Samenschale erhöht. Die Samen überdauern 1-5 Jahre im Boden (CABI, 2016b; Kästner et al., 2001; Pokorny et al., 2010).

Wie auch der Stechapfel, bevorzugt das schwarze Bilsenkraut offene Flächen in warmen Gebieten mit heißen Sommern und besiedelt als Ruderalpflanze (Pflanzen, die auf Schuttplätzen und an Wegrändern gedeihen) öfter gestörte Flächen. Es gedeiht in sandigen bis sandig-lehmigen, humusreichen Böden mit guter Nährstoffversorgung. Bei einem mehrjährigen Exemplar bildet sich aus dem Hypokotyl (Übergangszone zwischen Wurzel und Sprossachse) und dem oberen Teil des Wurzelsystems eine Wurzelknolle, die Ähnlichkeit mit einer Pastinake aufweist (CABI, 2016b; Graham & Johnson, 2010). Als Hemikryptophyt überwintern die Pflanzen durch Erneuerungsknospen, die am Wurzelstock unter der Erdoberfläche angelegt sind und wieder austreiben können (DiTomaso, Kyser, Oneto, & Wilson, 2013).



Das genaue Ursprungsgebiet des Schwarzen Bilsenkrautes ist nicht bekannt. Es wird aber angenommen, dass es ganz Eurasien umfasst. Auch bezüglich der Nord-Süd-Ausbreitung bestehen Uneinigheiten in der Literatur. Aus historischen und archäologischen Texten kann aber geschlossen werden, dass das Schwarze Bilsenkraut Jahrhunderte lang einen hohen medizinischen, zeremoniellen und ökonomischen Wert hatte und deshalb als Heil- und Zierpflanze kultiviert wurde (CABI, 2016b).

Heutzutage ist das Schwarze Bilsenkraut weltweit in der gemässigten Zone anzutreffen. Der Handel von Samen ist weder eingeschränkt oder reguliert. Somit können einzelne Exemplare jederzeit in neuen Gebieten auftauchen. Bis jetzt ist wurde das Schwarze Bilsenkraut als Unkraut in Mohn, Weizen, Hirse und Baumwolle beobachtet (CABI, 2016b).

Das Vorkommen des Schwarzen Bilsenkrautes lässt sich ebenfalls in den drei beschriebenen Plattformen (siehe Seite 9) nachschlagen, wobei auch hier die Karten der GBIF am aussagekräftigsten sind.

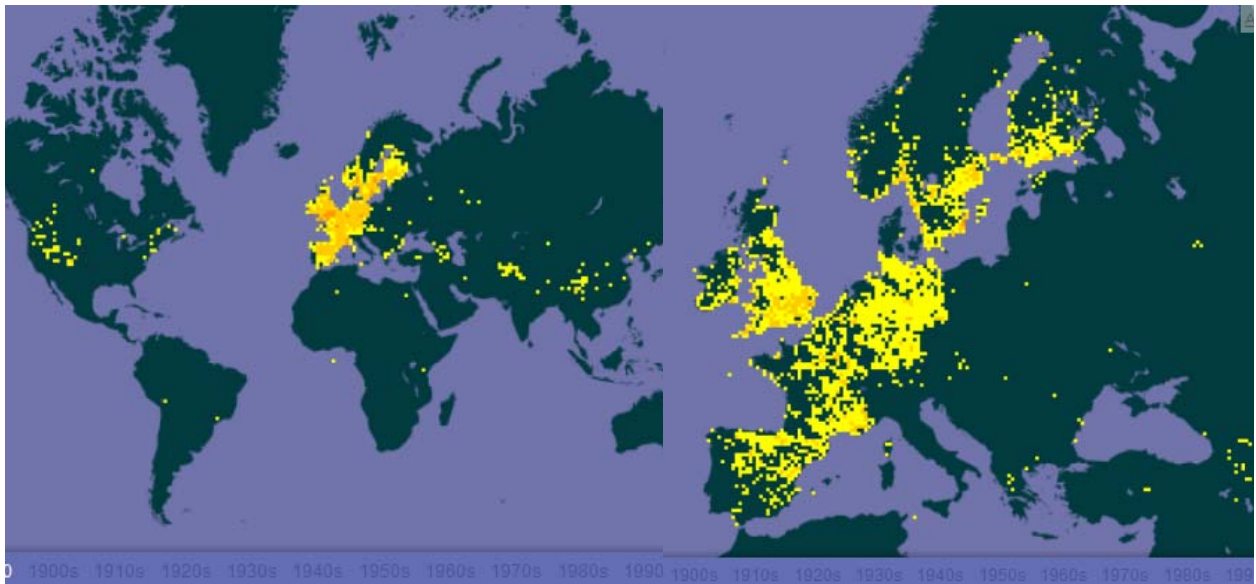


Abbildung 6: Datenpunkte der GBIF zum Vorkommen des Schwarzen Bilsenkrautes weltweit und in Europa.

Die abgebildeten Karten (Abbildung 5 und 6) zeigen, dass die beiden Unkräuter heute stark verbreitet sind. Es ist praktisch unmöglich, Gebiete aufgrund von Standortfaktoren zu definieren, in denen der Stechapfel oder das Schwarze Bilsenkraut aufgrund von standortbedingten Eigenschaften nicht vorkommen könnten. Da keines der Unkräuter einer Meldepflicht unterliegt, basieren die Daten auf gemeldeten Beobachtungen, die v.a. für Italien und Osteuropa fehlen.

3.2 Bekämpfung der Unkräuter in der Landwirtschaft

3.2.1 Bekämpfung des Stechapfels

Bei der Bekämpfung des Stechapfels muss zwischen konventionellem Anbau und Biolandbau unterschieden werden. Während sich der konventionelle Anbau auf die chemische Bekämpfung stützt, sind im Biolandbau die direkten Bekämpfungsmassnahmen beschränkt auf mechanische Bekämpfung. Umso wichtiger sind daher vorbeugende Massnahmen wie die Gestaltung der Fruchtfolge oder die Bodenbearbeitung. Im folgenden Abschnitt werden sowohl die konventionelle chemische Bekämpfung als auch direkte und indirekte/vorbeugende Bekämpfungsstrategien des Stechapfels im Biolandbau vorgestellt.

3.2.1.1 Chemische Bekämpfung in der konventionellen Landwirtschaft

Im konventionellen Ackerbau kann der Stechapfel chemisch bekämpft werden. Viele selektive Herbizide für breitblättrige, einjährige Unkräuter zeigen eine gute Wirkung. Aufgrund einer Herbizidlücke oder einer zu frühen Applikation kann es jedoch zu einer Spätverunkrautung mit einzelnen Pflanzen kommen. Durch den häufigen Einsatz in den USA haben sich zudem beim Stechapfel erste gegen Triazine resistente Populationen gebildet. Auf solchen Feldern muss der Stechapfel auch von Hand ausgerissen werden. Die möglichen Wirkstoffe im konventionellen Anbau sind in folgender Tabelle aufgeführt:

Tabelle 2: Verfügbare Wirkstoffe zur chemischen Bekämpfung des Stechapfels im konventionellen Landbau. Quelle (CABI, 2016a)

Wirkstoff	In welcher Kultur anwendbar
Acifluorfen	Soja, Erdnüsse, Erbsen, Reis
Bentazone	Soja, Erdnüsse, Mais, Bohnenarten
Atrazine, Cyanazine, Simazine, Bromoxanil, Dicamba	Hirse, Mais (z.T. in der EU verboten)
Metalachlor (inkl. Safener*)	Hirse, Mais
Imazetha	Soja, Erdnüsse, Imidazolinone-toleranter Mais
Clomazone	Peperoni
2,4-Dichlorphenoxyessigsäure	Im Keimlingsstadium in Getreide, Grünland und Rasen
Rimsulfuron + Metribuzin	Kartoffel

*Safener = „...Stoffe oder Zubereitungen, die einem Pflanzenschutzmittel beigefügt werden, um die phytotoxische Wirkung des Pflanzenschutzmittels auf bestimmte Pflanzen zu unterdrücken oder zu verringern...“ (Verordnung (EG) Nr. 1107/2009)

3.2.1.2 Vorbeugende Massnahmen

Die indirekten oder vorbeugenden Massnahmen sind wichtig, um eine Etablierung des Unkrautes zu verhindern, da die Bekämpfung mit zunehmender Unkrautdichte immer schwieriger wird. Durch einen hohen Anteil an Klee gras-Mischungen in der Fruchtfolge kann eine Vielzahl an Unkräutern erfolgreich unterdrückt werden. Darin liegt wohl auch der Hauptgrund, dass sich der Stechapfel in der Schweiz und in Deutschland aufgrund des intensiven Kunstfutterbaus in der Fruchtfolge nicht etablieren konnte. Viele grossflächige Betriebe in Südosteuropa werden ohne Vieh bewirtschaftet. Diese Betriebe haben keine oder nur einen minimalen Anteil an Kunstwiesen und Begrünungen.

Der Wechsel von Winter- und Sommerkulturen kann spät keimende Pflanzen wie den Stechapfel unterdrücken und schwächen. Einen ähnlichen Effekt können Zwischenfrüchte oder Gründüngungen aufweisen. Bis anhin wurden sehr wenig Studien veröffentlicht, die das Unterdrückungspotenzial von Gründüngungen oder Zwischenfrüchten spezifisch für den Stechapfel oder das Bilsenkraut untersuchten oder es konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden (Karkanis, Bilalis, Efthimiadou, & Efthimiadis, 2010).

Gerade beim Stechapfel, der ein riesiges Samenpotential aufweist, muss eine Versamung zwingend vermieden werden. Darum sollten die Blütenstände in Wiese und Acker abgeschnitten und eingesammelt werden, sobald sie sichtbar sind - spätestens jedoch bevor reife Samen auszufallen beginnen. Die Blütenstände werden am besten entsorgt oder verbrannt.

3.2.1.3 Direkte Massnahmen

Als direkte Massnahme kommt die mechanische Unkrautregulierung mit Striegel und Hacke in Frage. Der Striegel hat nur eine Teilwirkung in einem sehr frühen Stadium. Am wirksamsten ist der Einsatz von Gänsefuss scharhacken zwischen den Reihen. Hacksysteme benötigen je nach Kultur grössere Reihenabstände und eine spezielle Mechanisierung. Oft sind auf Biobetrieben nur Striegel und ungeeignete Hacken wie Rollhacken vorhanden. Diese sind zu wenig aggressiv. Eine Investition in moderne Hacksysteme ist kostspielig. Ausserdem sind Hacken gegenüber dem Striegeln viel weniger schlagkräftig. Striegel haben eine höhere Arbeitsbreite und eine viel höhere Fahrgeschwindigkeit. Die Wirkung ist aber nur gegen Unkräuter im Keimblattstadium gut. Der erst spät keimende Stechapfel entgeht dem ersten Striegel-Einsatz. Gut verwurzelte Stechäpfel können nur mit einer Scharhacke wirksam bekämpft werden, da er die Wurzeln durchschneidet. Der

Striegel reisst die Pflanzen aus oder verschüttet Unkräuter im Keimblattstadium. Der Stechapfel hat aber schon sehr früh ein gutes Wurzelwerk und lässt sich nicht mehr ohne Schaden an der Kulturpflanze aus dem Bestand striegeln.

Bei der Hacke ist die Wirkung auf die Zwischenreihen beschränkt. In der Reihe kann nur mit Anhäufeln oder mit einer Fingerhacke eingegriffen werden. Hier herrscht sicher noch Nachholbedarf in gewissen Ländern. Aber auch dies ist, wie oben beschrieben, eine Frage der Investition. In der Schweiz können sich die Biobauern solche teuren Hacken leisten und auf den relativ kleinen Parzellen ist die Abnützung auch nicht so gross. Im Ausland wird anders gerechnet und der Verschleiss und die Reparaturanfälligkeit sind bei den grossen Parzellen höher. Dafür sind die Arbeitskosten tiefer. Es können mehr Leute angestellt werden, die von Hand die Stechäpfel ausreissen als in der Schweiz mit den relativ hohen Stundenlöhnen für das Handjäten.

Das Handjäten ist die letzte Möglichkeit, den Bestand rein zu halten. Vor der Ernte sollte auf jeden Fall ein Kontrollgang durchgeführt werden und alle Bestände auf Stechäpfel abgesucht werden. Durch die Grösse der Unkräuter, sind sie in Buchweizen (bis 60 cm hoch) leicht sichtbar und können (bei beschränkter Anzahl) leicht lokalisiert und möglichst früh (vor der Reife) von Hand ausgerissen werden. In Hirse und Mais wird die Kontrolle durch die fast ebenmässige Wuchshöhe schwierig (Hirse bis 1.5 m und Mais bis 2.5 m hoch).

3.2.1.4 Alternative Ansätze

Eine biologische Kontrolle wäre grundsätzlich möglich. Mit AAL-Toxin (ein „natürliches“ Herbizid, das den Pilz *Alternaria alternata* enthält) kann der Stechapfel in Mais, Weizen und einigen Dikotyledonen sowie in Tomaten bekämpft werden kann. Weitere pilzartige Pathogene wurden von Boyette and Hamed (1994) getestet. Bis heute ist jedoch noch keines der Produkte auf dem Markt (CABI, 2016a). Die Entwicklung und die Einführung biologischer Herbizide sind sehr aufwändig und kostenintensiv. Die Forschung in diesem Bereich stagniert seit Jahren auf tiefem Niveau. Der Wirkungsgrad dieser Mittel kommt nie an Herbizide heran. Ausserdem sind die Produkte meistens nicht UV beständig, da es sich um Pilze handelt. Heute wird mehr in die Forschung von Insekten investiert, welche spezifisch gewisse Unkräuter durch Blattfress schwächen oder die Wurzel angreifen. Auch diese Methode ist jedoch noch nicht marktreif.

3.2.2 Bekämpfung des Schwarzen Bilsenkrautes

Bis anhin galt das Schwarze Bilsenkraut nicht als bekanntes Unkraut und gewinnt erst jetzt durch die vermehrte Kontaminierung von Mais, Hirse und Buchweizen durch TA an Aufmerksamkeit. Da die Bekämpfungsstrategien denjenigen des Stechapfels sehr ähnlich sind, werden hier nur die relevanten Unterschiede erwähnt.

Eine grossflächige Verunkrautung kann im konventionellen Anbau mit folgenden Herbiziden bekämpft werden:

Tabelle 3: Verfügbare Wirkstoffe zur chemischen Bekämpfung des Bilsenkrauts im konventionellen Landbau. Quelle (Pokorny et al., 2010)

Wirkstoff	In welcher Kultur anwendbar
Glyphosat	Voraufbau oder in Glyphosat-resistenten Kulturen
Dicamba	Hirse, Mais
2,4-Dichlorphenoxyessigsäure	Im Keimlingsstadium in Getreide, Grünland und Rasen
Metsulfuron (+ Chlorsulfuron)	Mais
Picloram	Raps, Grünland

Grundsätzlich ist auch hier eine mechanische Bekämpfung vor dem Versamen ausschlaggebend. Im Gegensatz zum Stechapfel, muss die Pfahlwurzel des Bilsenkrauts unbedingt komplett ausgegraben werden, weil das Schwarze Bilsenkraut Erneuerungsknospen am Wurzelstock besitzt. Dadurch können einzelne Wurzelstücke wieder austreiben. Diesbezüglich ist das Schwarze Bilsenkraut vergleichbar mit der Blacke/Ampfer. Bei der Bodenbearbeitung ist deshalb darauf zu achten, dass die Wurzel nicht zerstückelt und verteilt und somit automatisch vermehrt wird. Bodenfräsen sollten daher nicht eingesetzt werden. Vorsicht ist auch bei einer Verschleppung von Wurzelstücken oder Samen durch Landmaschinen geboten. Sowohl von Betrieb zu Betrieb, als auch innerhalb interner Betriebsflächen kann eine Verschleppung stattfinden. Auch durch Zufuhr von externem Kompost können Samen auf den Betrieb gelangen.

Für die biologische Kontrolle des Bilsenkrauts sind verschiedene Kontrollorganismen oder Substanzen bekannt (*Alternaria*, Kartoffelkäfer etc.). Diese Mittel sind bisher aber nur im Forschungsstadium und weit entfernt von einer Einführung in die Praxis. Der Grund ist auch hier die ungenügende Wirkung im Freiland (UV Stabilität, Abwaschung, Hitzetoleranz) und die zu wenig spezifische Wirkung auf einen Zielorganismus, sodass von den Behörden keine Erlaubnis zur industriellen Vermehrung und Freisetzung erteilt wird.

Bei grossflächigerer Verunkrautung mit dem Schwarzen Bilsenkraut sollte eine Unkrautkur durchgeführt werden: Nach der Getreideernte mit dem Schälpflug mit Stützrad, Stoppelhobel oder gut überlappendem Flügelschargrubber das Bilsenkraut 6 cm tief unterschneiden (DiTomaso et al., 2013). Wo vorhanden, ist der Schälpflug dem Grubber vorzuziehen, da er – scharfe Schare und gute Geräteführung durch Seiten- und Untergriff vorausgesetzt – eine bessere flächendeckende Unterschneidung gewährleistet als der seitlich leichter ausweichende Grubber. Wiederholt in Zeitabständen von 10–14 Tagen das Bilsenkraut mit der Egge an die Oberfläche befördern. Eventuell zusätzlich Kreiselegge oder Rototiller einsetzen, um das Bilsenkraut freizulegen. Nach jedem Durchgang grosse Wurzeln von Hand einsammeln oder bei geeigneter Witterung vertrocknen lassen. Nur völlig abgestorbene Wurzelstöcke auf dem Feld lassen.

Werden Bilsenkraut-Pflanzen von Hand ausgerissen, sind Handschuhe und Schutzkleidung zu tragen, um Hautreizungen zu vermeiden.

3.3 Modellrechnung: Tolerierbarer Unkrautbesatz auf dem Feld

Es gibt ungefähr 200 Klassen von TA. Im Falle der Problemunkräuter sind insbesondere (-)-Hyoscyamine und (-)-Scopolamin von Bedeutung. Die jeweiligen Konzentrationen dieser Stoffe können in den verschiedenen Pflanzenteilen und somit auch in den Samen stark variieren. Für eine Risikoabschätzung wurden deshalb zwei Szenarien gerechnet: Ein Szenario mit den höchsten und eines mit tiefsten TA-Werten, die in der Literatur gefunden wurden. Mithilfe des Grenzwertes der Industrie von 10 µg TA pro kg Hirse, wurde eine Toleranzgrenze für das Feld berechnet (maximale Anzahl an Stechapfelpflanzen pro Hektare). Das folgende Beispiel wurde anhand von Hirse für den Stechapfel, sowie das Schwarze Bilsenkraut gerechnet.

Tabelle 4: Modellrechnung des Maximalbesatzes an Unkrautpflanzen pro Hektare Hirse. Quellen: 1 (EFSA, European Food Safety Authority, 2008) 2 (Kästner et al., 2001) 3 (Berkov, Zayed, & Doncheva, 2006) 4 (Bahmanzadegan, Sefidkon, & Sonboli, 2009) 5 (Pokorny et al., 2010)

Parameter	Wert	
	Stechapfel	Bilsenkraut
Grenzwert Industrie (Hyoscyamine + Scolopolamin = TA)	0,01 mg/kg Hirse	0,01 mg/kg Hirse
Gewicht Same (mg)	8 ¹	0.65 ²
Szenario hoch		
Konz. TA im Samen (mg/g TS Samen)	2,24 ¹	2.9 ⁴
Menge an TA pro Samen (mg)	0,01792	0,001885
Tolerierte Anz. Samen pro kg Hirse	0,56	5.31
Tolerierte Anz. Samen bei 1.5 t Ertrag/ha	837	7958
Anzahl Samen pro Pflanze*	1'300-1'500 ¹	10'000-500'000 ⁵
Max. Anz. Pflanzen pro Hektare	0	0
Szenario tief		
Konz. TA im Samen (mg/g TS Samen)	1,93 ¹	0,57 ³
Menge an TA pro Samen (mg)	0,01544	0.0003705
Tolerierte Anz. Samen pro kg Hirse	0,648	26,991
Tolerierte Anz. Samen bei 1.5 t Ertrag/ha	972	40486
Anzahl Samen pro Pflanze*	1'300-1'500 ¹	10'000-500'000 ⁵
Max. Anz. Pflanzen pro Hektare	0	0-4

*** Samenanzahl, wenn der Stechapfel in einem dichten Bestand wächst**

Bei dieser Rechnung wurde anhand des Gewichts der Unkrautsamen, der Menge an TA pro Unkrautsame, Anzahl Samen pro Unkrautpflanze und dem erwarteten Hirseertrag errechnet, wie viele Unkrautpflanzen auf dem Feld tolerierbar wären, um noch unter dem Grenzwert an TA der Industrie zu liegen. Der Einfachheit halber wurde ein Trockensubstanz-Gehalt der Unkrautsamen von 100% angenommen, was in reifem Zustand der Realität sehr nahe kommt.

Es ist schnell ersichtlich, dass im Falle des Stechapfels sowohl im hohen, als auch im tieferen Szenario die Nulltoleranzgrenze herrschen würde. Beim Bilsenkraut wäre im hohen Szenarium ebenfalls mit einer Nulltoleranzgrenze zu rechnen. Angenommen die Konzentration in den Bilsenkraut-Samen sei geringer, würden rund 40'000 Samen in einer 1.5 Tonnen Erntegut toleriert. Dies entspricht je nach Anzahl Samen pro Pflanze, keiner bis maximal vier Exemplaren.

Nicht nur bei den Konzentrationen an TA in den Samen, sondern auch bei der Anzahl an Samen pro Pflanze und dem Samengewicht ist die Spannweite sehr gross. Im Szenario „hoch“ des Stechapfels wurde eine Konzentration von 2.24 mg/g TS angenommen. In anderen Publikationen werden Durchschnittswerte von 1-9 mg/g genannt (EFSA, European Food Safety Authority, 2008). Für genauere Berechnungen und Toleranzgrenzen müssten die einzelnen Werte validiert werden. Die Modellrechnung zeigt jedoch deutlich, dass für eine sichere Produktion von Hirse (und anderen Zielkulturen) bereits eine geringe Verunkrautung mit dem Stechapfel als auch dem Bilsenkraut nicht tolerierbar ist.

3.4 Tropanalkaloide im Körnermais

Bis anhin ist noch unklar, wie Tropanalkaloid-Verunreinigungen in Maisprodukten zustande kommen denn in den Mühlen können die Samen des Stechapfels aufgrund der unterschiedlichen Grösse problemlos aussortiert werden. Aber nicht nur die Samen, sondern auch andere Teile der Stechapfelpflanze enthalten TA. Im Stängel oder in den Blättern kann die Konzentration an TA mindestens doppelt so hoch sein wie in den Samen (Miraldi, Masti, Ferri, & Barni Comparini, 2001). Aufgrund der hohen Datenvariabilität in der Literatur lässt sich jedoch keine verlässliche Aussage bezüglich TA-Verteilung in der Pflanze machen.

Im Bericht der EFSA (European Food Safety Authority) wird der Mais als Risikokultur aufgeführt, da TA-Verunreinigungen in Maisprodukten gefunden wurden. Über die Hintergründe ist jedoch nichts bekannt. Von verschiedenen Experten wird vermutet, dass die Maiskörner bei der Ernte durch austretenden Pflanzensaft des Stechapfels verunreinigt werden. Dieser Theorie widerspricht die Tatsache, dass zum Zeitpunkt der Körnermaisernte (Mitte Oktober) die Stechäpfel auch vertrocknet sein müssten. Angenommen ein Stechapfel ist bei der Maisernte noch nicht, oder zu wenig trocken, kann dieser noch grün in den Mähdrescher gelangen. Auf der Maschine tritt der Saft aus den Stechäpfeln aus und gelangt so in den Korntank.

Am Julius Kühn-Institut in Braunschweig wurden Tastversuche zur Verunreinigung mit Ganzpflanzen durchgeführt (Dr. Hans-Peter Söchting, mündliche Mitteilung). Dabei wurden in einem Weizenfeld Stechapfel-Pflanzenstücke kurz vor der Ernte auf den Weizen gelegt und mit dem Weizen mitgeerntet. Pro Verfahren wurde je 1.5 kg Stechapfelpflanze-Frischmasse (FM) auf einer Fläche von 5000 m² oder 50 m² verteilt. Nach der Ernte wurden 10 Stichproben pro Verfahren genommen und auf TA untersucht.

Im Verfahren mit 1.5 kg FM pro 5000 m² Weizenfläche, konnten keine TA in der Körnerprobe nachgewiesen werden. Bei 1.5 kg FM auf 50 m² hingegen, wurden 118 µg TA /kg Weizen gefunden. Nach einer Reinigung der Körner von Hand (Pflanzen-Partikel entfernen), konnten noch immer 35 µg TA /kg Weizen nachgewiesen werden. Dies zeigt, dass eine Kontamination über den Pflanzensaft stattfand.

Diese Versuche zeigen, dass bei einem Stechapfel pro 50 m² (angenommen die Pflanze wiegt 1.5 kg) der Grenzwert von 10 µg TA /kg um ein vielfaches überschritten würde. Da nur 10 Stichproben an je 1 kg Weizen genommen wurden und keine Durchmischung des Erntegutes stattfand, kann nicht ausgeschlossen werden, dass sich die Pflanzenteile nur schlecht mit den Körnern vermischten und sich Nester bildeten. Mit einer guten Durchmischung oder einer höheren Anzahl an Stichproben würde das Resultat eventuell anders ausfallen. Grundsätzlich konnte mit diesem Tastversuchen jedoch gezeigt werden, dass nicht nur Samen, sondern auch andere Pflanzenteile einen wesentlichen Einfluss auf die Verunreinigung haben.

Um das Miternten von Pflanzenteilen zu verhindern, kann der Mähdrescher etwas höher eingestellt werden, um möglichst wenig Pflanzenmaterial zu erwischen. Werden aber Stechapfelpflanzen auf dem Feld gesichtet, ist es in jedem Fall besser, die ganze Pflanze auszureissen und nicht nur den Samenständer zu entfernen.

4. Resultate

4.1 Empfehlungen Landwirtschaft

Nach heutigem Wissens- und Erfahrungsstand, können keine Risikogebiete oder sichere Anbaugebiete definiert werden. Beide Unkräuter sind Spätkeimer und sind somit optimal an Sommerkulturen angepasst, die langsam auflaufen und das Unkraut schlecht unterdrücken. Sowohl der Stechapfel als auch das Schwarze Bilsenkraut können in den Anbauregionen der Zielkulturen vorkommen und stellen eine potentielle Gefahr für eine Kontaminierung des Erntegutes dar. Während im konventionellen Ackerbau die Problemunkräuter mit Pflanzenschutzmitteln direkt bekämpft werden können, besteht im Bioackerbau nur die Möglichkeit der Vorbeugung und einer mechanischer Bekämpfung. Deshalb besteht bei Bioprodukten grundsätzlich ein höheres Risiko für eine Kontaminierung.

Durch konsequente Feldhygiene und Pflege können die Problemunkräuter aber vermieden oder verdrängt werden. Wie bei jeder mechanischen Unkrautbekämpfungsstrategie ist der Zeitpunkt der Bodenbearbeitung massgebend. Wird der Boden nach der Ernte gewendet, werden am Boden liegende Unkrautsamen in tiefere Bodenschichten verlagert und überdauern dort.

Ohne Abklärungen vor Ort (in den jeweiligen Exportländern), kann keine Aussage über die Bedeutung der TA-haltigen Unkräuter in der entsprechenden Region gemacht werden. Rückverfolgbarkeitsdaten aus dem analytischen Nachweis in der geernteten Rohwaren können aufzeigen, welche Gebiete stärker belastet sind. In diesen Regionen sollte eine Standesaufnahme auf Betriebsebene erfolgen inkl. einer umfassenden Analyse, die potentielle Gefahrenquellen definiert und aufzeigt, wie diese minimiert werden können. Momentan sieht es so aus, dass die Nulltoleranzgrenze beim Stechapfel (oder Bilsenkraut) auf dem Feld nur eingehalten werden kann, wenn einzelne Produzenten mit Lieferverträgen eingebunden und durch die Importfirmen intensiv betreut werden.

4.2 Abklärungen mit Firmen

Für weitere Abklärungen wurden Interviews mit der Industrie direkt vor Ort durchgeführt. Die Firmen wurden im Voraus kontaktiert und mit den Fragestellungen im Bereich Qualität konfrontiert. Das FiBL hat dazu im Vorfeld einen Fragebogen vorbereitet und diesen zusammen mit den Firmen besprochen. Von Interesse waren vor allem Angaben betreffend Probenahme, Analyseergebnisse und Rückverfolgbarkeit, wie z.B.: Wo und auf welche Art und Weise wurde die Probe entnommen? Welche Typen von Tropanalkaloiden wurden analysiert? Aus welchem Gebiet stammt der Rohstoff?

Um Kontamination zu vermeiden, arbeiten diverse Mühlen bereits mit einer Kombination von Sieben, Infrarot sowie Farbauslesern. Diese Methode kann allerdings höchstens zu einer Separation von 90-95% der ursprünglich enthaltenen Samen des Steckapfels/ Bilsenkrauts führen, der Wirkungsgrad von 100% kann in der Realität nie erreicht werden. Unterscheiden sich die Korngrösse des Erntegutes und jene der Unkräuter, können die problematischen Samen herausgesiebt werden. Dies ist bei Mais und Soja möglich. Unterscheiden sich die Korngrössen und die Farbe hingegen nur wenig, ist es schwierig, die Unkrautsamen zu separieren.

Bei der Reinigung des Erntegutes mit dem Farbausleser können ganz dunkle bzw. schwarze Samen in der Mühle vollständig gezielt vom Getreidekorn abgetrennt werden, die dunkelbraunen Samen jedoch nicht. Im Allgemeinen kann die Kontaminationsgefahr reduziert werden, wenn Hirse vor der Weiterverarbeitung geschält wird.

Die Kontrolle jeder Charge (per 50 Tonnen) erfolgt unter strengsten Sicherheitsauflagen. Rohhirse wird zunächst zweimal gereinigt, geschält und am Schluss nochmals optisch überprüft und aussortiert. Auf Stichprobenbasis werden regelmässig in definierten Abständen Proben (100g Hirse) aus der Produktionslinie genommen und visuell überprüft. Bei kontaminierten Proben wird das ganze Lot erneut gereinigt und erneut auf Tropanalkaloid analysiert, die Probe darf schlussendlich den internen Grenzwert von 10ppb nicht überschreiten.

Mais und Buchweizen werden generell weniger überwacht, da diese nicht zu den Risikoprodukten gehören. Stichproben werden nur 1 Mal jährlich durchgeführt.

Eine Mühle, die hauptsächlich konventionelle Maissorten verarbeitet, wurde telefonisch kontaktiert. Nach Rückfragen mit den Lieferanten stammt kein Mais aus dem Grenzgebiet Österreich und Ungarn. Der verwendete „Mais gelb“ hat üblicherweise den Ursprung in Österreich oder Deutschland. Nur der Biomais (Ribelmals) stammt aus der Schweiz. Da Maiskolben vor der Verarbeitung gewaschen und geschält werden, gehört Mais nicht zu den Risikoprodukten und bisher wurden bezüglich TA keine speziellen Abklärungen und Analysen durchgeführt. Auf Anraten vom FiBL wurden Proben aus folgende Regionen von Maisanlieferungen Ernte 2015 zur Standortbestimmung untersucht:

- Mais aus Produktionsgebiet Kärnten. Sammelstellen sind bspw. in Feldkirchen, Neudenstein, Völkermarkt.
- Mais aus Produktionsgebiet süd-westlich von Passau (Inn).
- Mais aus Produktionsgebiet Süddeutschland nahe der Grenze zur Schweiz

4.3 Abklärung mit Sortex-Maschinenherstellern

Zudem wurde einen Maschinenhersteller telefonisch angefragt, welche Sortex-Maschine zum Aussortieren am Häufigsten in der Industrie verwendet wird, ob es unterschiedliche Modelle der Sortex-Maschine gibt und wie die Reinigung der Getreide sonst noch optimiert werden kann.

Anhand der schriftlichen ergänzenden Informationen konnte folgendes geklärt werden: In dem aktuellen Portfolio gibt es verschiedenste Maschinen für unterschiedliche Anwendungen. Generell werden Sortex Maschinen immer auf Kundenanforderungen konfiguriert und produziert, die Anforderungen dafür richten sich nach dem jeweiligen Produkt und den Defekten.

Wie in der Abbildung 3 unten dargestellt arbeiten Sortex Maschinen mit Kamertechnologie.

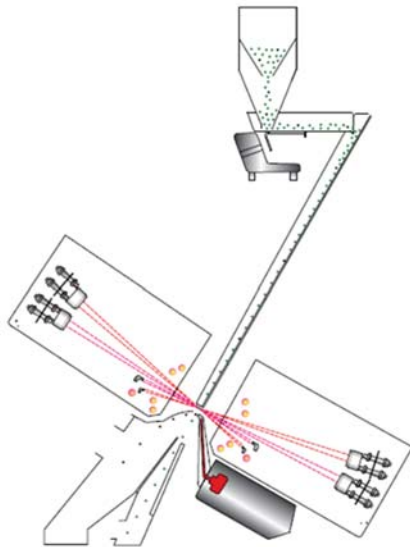


Abbildung 7: Querschnitt einer Sortex A

Das Produkt kommt in den Vorbehälter und fließt die Rutsche hinunter. Es fällt in den „optischen Bereich“ wo es von den Kameras inspiziert wird. Sobald die Kameras eine Verunreinigung erkennen, schleusen die Auswerfer diese aus dem Prozess aus. Das so gereinigte Produkt fließt in den weiteren Prozess. Vor jeder Sortex-Reinigung wird eine Vorreinigung (Siebe, Aspiration etc.) empfohlen.

Im Deutschsprachigen Raum sind Sortex Z Maschinen sehr verbreitet, welche mittlerweile nicht mehr produziert und allmählich durch Sortex A und B Maschinen ersetzt werden. Der grösste Vorteil der Sortex A gegenüber der Z liegt in der neuen Breitband LED Beleuchtung. Durch diese Beleuchtung wird es erst möglich, Verunreinigungen noch besser auszusortieren. Zudem kann die vorangehende Reinigung durch die neue Generation Vibratoren verbessert werden.

Bezüglich Tropanalkaloide ist es fraglich, ob die Reinigung von Getreide durch die neue Sortex Maschine optimiert werden kann.

4.4 Kontamination in verschiedenen Herkunftsregionen

Im Rahmen dieses Projektes wurde versucht, die Herkunftsländer bzw. Regionen der belasteten Waren nach Risiko einzugrenzen. Länder wie Polen und Ukraine wurden von den Firmen weiterempfohlen, da laut ihren Aussagen diese Länder weniger Verunkrautung haben oder die Vorreinigung auf Stufe Sammelstelle gut im Griff hätten und saubere Rohwaren liefern würden. Die Anbaugrenzgebiete Österreich/Ungarn bzw. Österreich/Tschechien wurden hingegen als risikoreich eingestuft. Laut der Firmenbefragung sei speziell die Region Niederösterreich, in Grenznähe zur Tschechischen Republik stark betroffen. In einer Probe aus dieser Region fand man zum Teil hohe Werte von bis zu 4-5 Samen pro Kilogramm Hirse. In diesen Regionen nimmt die Verbreitung TA-haltiger Unkräuter speziell im Ackerbau zu. Vor allem bei Hirse kann es zur schweren Kontamination des Erntegutes mit Tropanalkaloiden kommen.

Dass Länder wie Polen/Ukraine verschont geblieben sind, könnte damit zusammenhängen, dass der Winter in den genannten Ländern relativ lange dauert und damit die Verunkrautung kleiner ist. Weitere Gründe sind bisher nicht bekannt.

4.4.1 Analysenmethoden

Zur Detektion der TA stehen folgende Techniken zur Verfügung:

- GC (Gaschromatographie)
- HPLC (Hochleistungsflüssigkeitschromatographie)
- CE (Kapillarelektrophorese)
- GC-MS (Gaschromatographie-Massenspektrometrie)
- HPLC-MS (Flüssigchromatographie-Massenspektrometrie)
- DC (Dünnschichtchromatographie)

Für die Wahl der verwendeten Methode ist die Löslichkeit von grosser Bedeutung. Alle hier besprochenen Tropanalkaloide (ausgenommen Apoatropin) sind gut wasserlöslich, v.a. bei saurem pH-Wert. Dies ermöglicht eine selektive Extraktion der TA und hält lipophile Substanzen wie z.B. Chlorophyll im Gewebe zurück.

TA werden erst seit wenigen Jahren in Lebensmitteln analysiert. Derzeit ist keine allgemein anerkannte Analysenmethode verfügbar. Das zeigt sich auch bei der Empfehlung der EFSA, die verschiedenste Analysenmethoden für die Quantifizierung von TA nennt. Die meisten Verfahren beschränken sich auf den Nachweis von (-)-Hyoscyamin/Atropin und (-)-Scopolamin. Verwendet werden sowohl GC-MS/MS als auch LC-MS/MS. Die Bestimmungsgrenzen der von der EFSA zusammengestellten Methoden liegen zwischen 1-6 µg/kg (GC) und 3 µg/kg (LC) für die beiden TA. Es ist somit fraglich, ob in der Routine ein ARfD von 3.6 µg/kg (von der EFSA empfohlen) in Getreide mit den verfügbaren Analysemethoden valide überprüfbar lässt.

Folgende Analysenmethode wird zum Nachweis der TA in der Schweiz verwendet: Die Substanzen werden mit einem sauren Wasser-Methanol-Gemisch aus der Matrix extrahiert und unlösliche Anteile abzentrifugiert. Der Überstand wird anschliessend verdünnt, filtriert und mittels LC-MS/MS analysiert. Die Quantifizierung erfolgt mithilfe von isotopmarkierten internen Standards. Die Bestimmungsgrenzen für Atropin und Scopolamin betragen jeweils 1 µg/kg.

4.4.2 Auswertung der Analysendaten

Aus den 346 Analysendaten die dem FiBL vorliegen, konnten Gebiete lokalisiert werden, aus welchen eher belastete Waren in die Schweiz geliefert werden (Abbildung 8). Im Buchweizen wurde zwar einmal Belastung in einer Probe aus China festgestellt, bei der Wiederholung der Testanalyse befanden sich die Resultate aber unterhalb der Bestimmungsgrenze. Insgesamt waren 49 Produkte schwer belastet mit einem Wert von >10 µg TA pro kg Lebensmittel, wobei es sich in 84% um Rohprodukte handelte. Von den kritischen Produkten ist von 21 der insgesamt 49 Proben die Herkunft bekannt. Davon stammten 57% aus dem Grenzgebiet zwischen Österreich und der Tschechischer Republik, 38% aus Ungarn und lediglich 5% aus Tschechien.

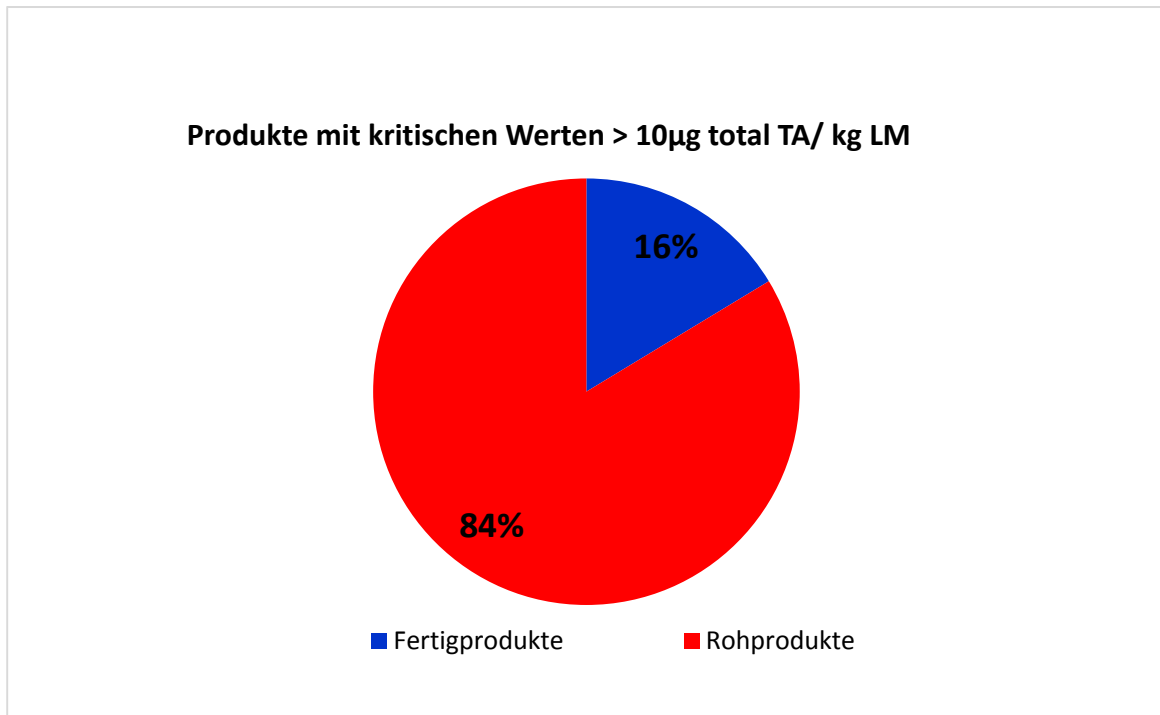


Abbildung 8: Produkte mit kritischen Werten (Total 49 Produkte)

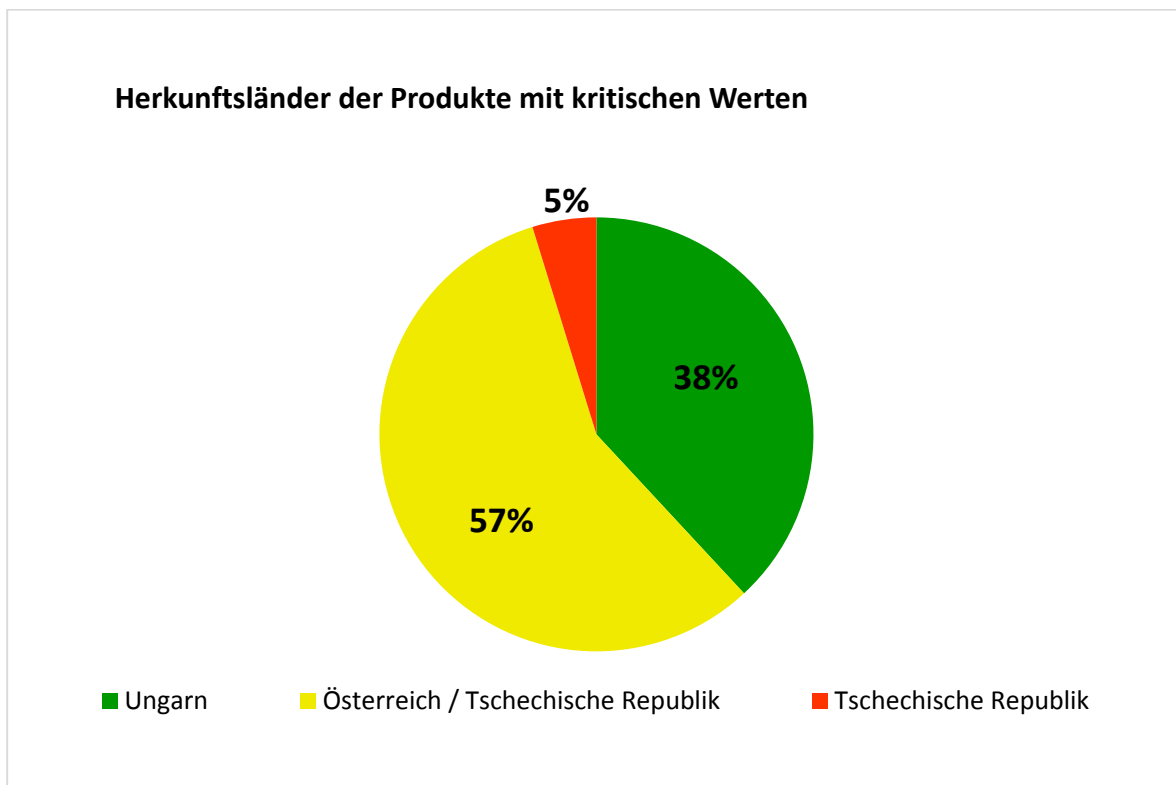


Abbildung 9: Herkunftsländer der Produkte mit kritischen Werten (Total 21 Produkte)

In weiteren 60 Produkten konnten Spuren bzw. Wert < 10 µg TA pro kg Lebensmittel nachgewiesen werden. Von 31 der 60 Produkte ist die Herkunft bekannt. Sie stammten zu 52% aus dem Grenzgebiet Österreich/ Tschechien, 29 % aus Österreich, 13% aus Polen und weitere 6% aus Ungarn.

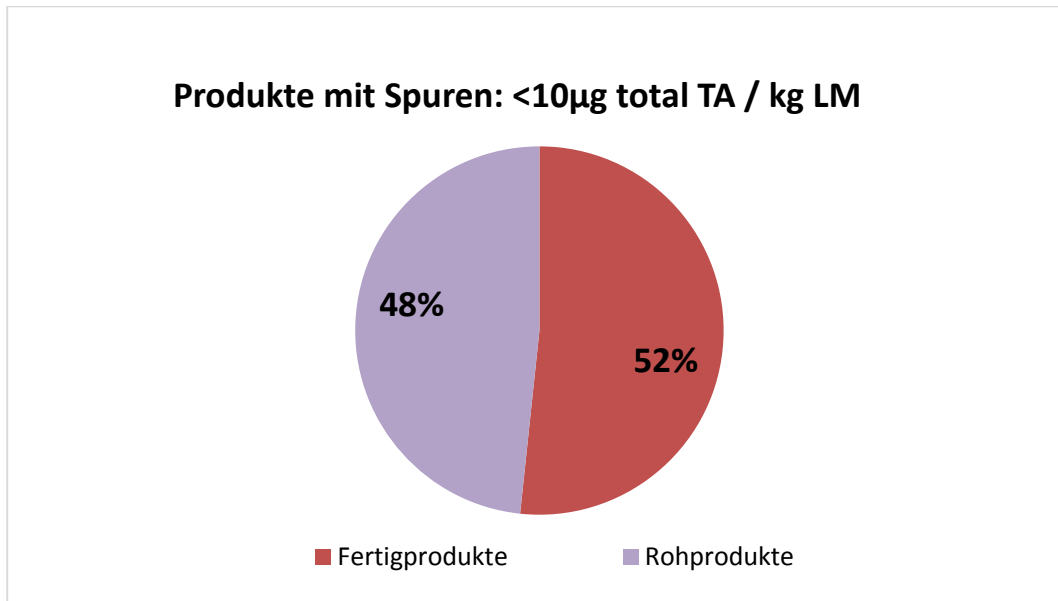


Abbildung 10: Produkte mit Spuren (Total 60 Produkte)

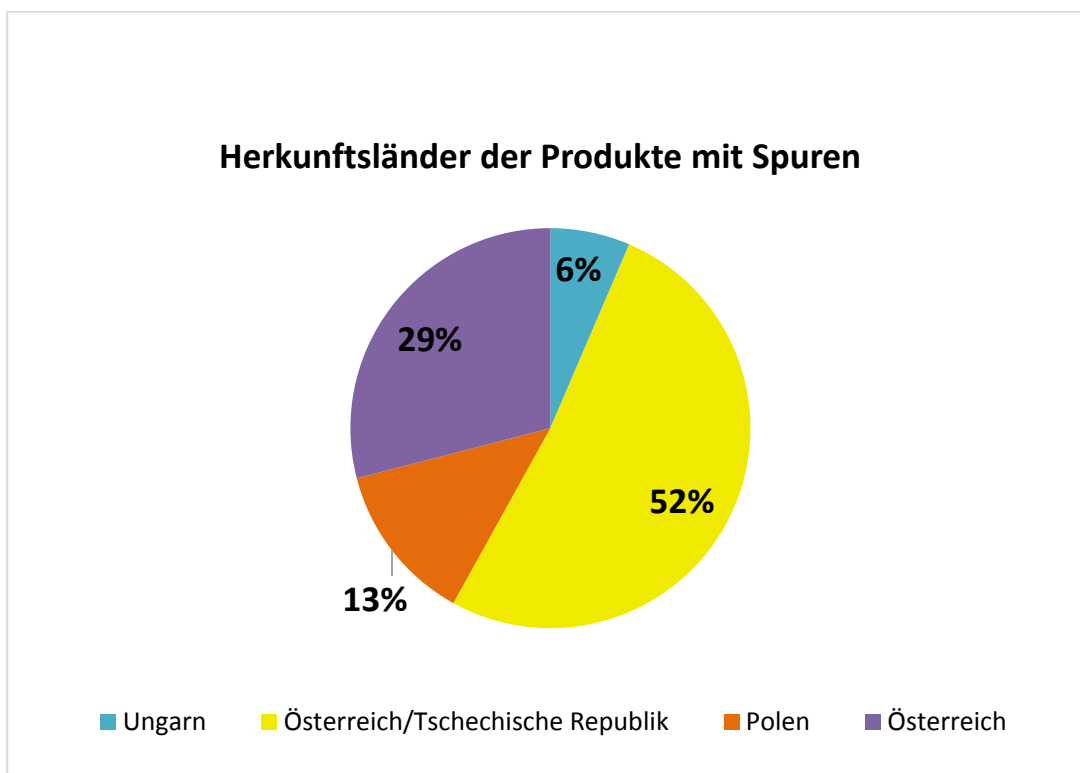


Abbildung 11: Herkunftsländer der Produkte mit Spuren (Total 31 Proben)

Zusammengefasst zeigen die Daten mit kritischen Werten und mit Spuren dasselbe Bild: Die Grenzregionen Österreich, Tschechien, Ungarn sind als hohes Risiko einzustufen.

4.5 Backversuch Tropanalkaloide

Im Rahmen dieses Projektes wollten wir mit einem einfachen Backversuch folgende Frage klären: Werden Atropin bzw. Scopolamin beim Backen unter normalen Bedingungen abgebaut?

4.5.1 Methode

Es wurde ein Kilo Guetzi-Teig mit vereinfachter Rezeptur (siehe Tabelle 5) hergestellt. In diesen Teig wurden in der Fettmischung 1mg Atropin und 0.5mg Scopolamin gelöst, und nach Zugabe der restlichen Zutaten gut durchgeknetet.

Tabelle 5 Praktische Durchführung des Backversuchs

Rezeptur Teig		
Materialnummer	Bezeichnung	Menge
3210022	600er Mehl	540 g
3430032	Margarine	200g
3480001	Wasser	200ml
3470001	Zucker	150g
3490004	Natriumbicarbonat	0.1g
3490003	Ammoniumbicarbonat	0.7g
Sigma Aldrich A-046	Atropin Lösung 1mg/ml in Acetonitril	1ml
Sigma Aldrich PHR1470	Scopolamin	0.5mg

Vorgehen Teigherstellung:

- 1) Wasser und Margarine in Schüssel erwärmen auf 40°C
- 2) Atropin und Scopolamin zugeben
- 3) 15min rühren mittels Hobart-Mischer
- 4) Restliche Zutaten zugeben
- 5) 30min kneten mittels Hobart-Mischer
- 6) Für 2h ruhen lassen
- 7) 10min kneten mittels Hobart-Mischer

Der nach obigen Angaben hergestellte Teig wurde in zwei gleich grosse Teile aufgeteilt. Die Hälfte des Teiges wurde gebacken und bei der SQTs (Swiss Quality Testing Services) analysiert. Die andere Hälfte des Teiges wurde ungebacken an die SQTs gesendet und diente als Referenz. Die Probe wurde in einem Muffelofen bei 220°C dreissig Minuten lang gebacken. Es ergeben sich folgende zwei Proben:

Probe 1

503g Teig ungebacken

Probe 2

Masse vor dem Backen: 496.7g

Masse nach dem Backen: 400.9g

Gebacken bei 220°C für 30min

Backverlust: 95.8g bzw. 19.3%

4.5.2 Ergebnisse und Beurteilung

Wie aus der Tabelle 6 ersichtlich ist, konnte kein nennenswerter Abbau beim Backen festgestellt werden. Berücksichtigt man den Backverlust bzw. den Gewichtsverlust durch Verdunsten von Wasser und anderen flüchtigen Stoffen während des Backvorgangs, entsprechen die Werte an Atropin und Scopolamin der gebackenen Probe denen der nicht gebackenen Probe.

Tabelle 6 Ergebnisse

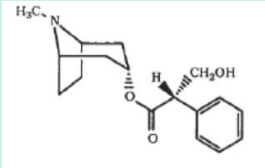
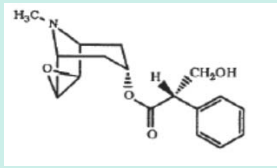
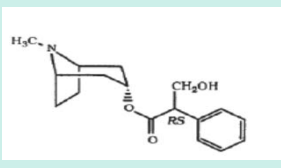
Probe	Messwert I		Backverlust	Messwert II (korrigiert für Backverlust)	
	Atropin (mg/kg)	Scopolamin (mg/kg)		Atropin (mg/kg)	Scopolamin (mg/kg)
Probe 1, Teig ungebacken	0.87	0.38	0	0.87	0.38
Probe 2, Guetzli gebacken	1.1	0.44	19.3%	0.89	0.36

Wie bereits im Kapitel 2.2 erwähnt, ist in der Literatur über die Hitzestabilität von Tropanalkaloiden nur sehr wenig bekannt. Aufgrund von mangelnden Informationen konnte die Hitzestabilität nicht abschliessend beurteilt werden. Dieser Tastversuch deutet jedoch darauf hin, dass TA ziemlich hitzestabil sind.

5. Diskussion

Tropanalkaloide sind noch nicht spezifisch geregelt in Lebensmitteln. In der Schweiz bestimmt lediglich das Lebensmittelgesetz, dass Nahrungsmittel bei ihrem üblichen Gebrauch die Gesundheit nicht gefährden dürfen. Symptome einer Intoxikation reichen von Pupillenerweiterung über Erhöhung der Herzfrequenz bis hin zu Atemstillstand. Die wichtigsten Aspekte sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 7: Tropanalkaloide im Vergleich

Substanz	(-)-Hyoscyamin	(-)-Scopolamin	Atropin
weitere Bezeichnungen		Atrosein, Hyoscin	Racemat aus (-)-Hyoscyamin und (+)-Hyoscyamin
chemische Formel	$C_{17}H_{23}NO_3$	$C_{17}H_{21}NO_4$	$C_{17}H_{23}NO_2$
Chemische Struktur			
Vorkommen	Tollkirsche, Bilsenkraut, Stechapfel; vorzugsweise in den Samen des Bilsenkrauts	Tollkirsche, Bilsenkraut, Stechapfel; vorzugsweise in den Samen des Bilsenkrauts	Tollkirsche, Bilsenkraut, Stechapfel; besonders aber kommt das Atropin in den Beeren der Tollkirsche vor
Entstehung	wird natürlich gebildet	wird natürlich gebildet	kommt neben (-)-Hyoscyamin in ruhenden Pflanzenteilen im Winterhalbjahr vor
Toxizität	(-)-Hyoscyamin ca. 8-50 Mal wirksamer als (+)-Hyoscyamin	doppelt so wirksam wie Atropin	ist nur halb so wirksam im Vergleich zu reinen (-)-Hyoscyamin, da das (+)-Enantiomer eine geringere Wirksamkeit aufweist
LD _{Lo} , Mensch, oral / kg KG	Erwachsene: ab 10 mg	Erwachsene: 14mg	Erwachsene: 10-20 mg; Kinder: 1-10 mg
Gruppen-ARfD	0.016 µg		

Substanz	(-)-Hyoscyamin	(-)-Scopolamin	Atropin
Stabilität	racemisiert leicht zu Atropin (durch Erhitzen oder Extraktion)	baut sich langsam ab; hydrolysiert leicht durch Säuren oder Basen;	Auf nichtenzymatischem Weg entsteht aus Atropin durch Wasserabspaltung Apoatropin; erhitzt man es auf 130°C, entsteht aus Atropin Belladonnin
Aufnahme	wird leicht aus dem Magen-Darm-Trakt resorbiert; gut über die Schleimhäute aufgenommen;	wird leicht aus dem Magen-Darm-Trakt resorbiert; gut über die Schleimhäute aufgenommen;	wird nach oraler Einnahme oder Injektion schnell und vollständig resorbiert
Vergiftungserscheinungen	die Symptome entsprechen einer Atropin-Intoxikation	Depression des Zentralnervensystems; Einfluss auf die Herzfrequenz; Erweiterung der Pupillen (Mydriasis); Benommenheit; Delirium; Gedächtnisverlust; Halluzinationen Kopfschmerzen und Übelkeit	Hemmung der Speichel- und Schweißsekretion; Hyperthermie; Erschlaffung der inneren Augenmuskulatur; Erweiterung der Pupillen (Mydriasis); Erhöhung der Herzfrequenz; Erschlaffung der glatten Muskulatur; Rötung der Haut
Wirkungsmechanismus bzw. pharmakologische Eigenschaften	Zählt zu den Parasympatholytika und hemmt die cholinergen Muscarin-Rezeptoren bzw. die Wirkung von Acetylcholin	bewirkt im Bereich oraler therapeutischer Dosierungen eine Depression des Zentralnervensystems (ZNS); in der Humanmedizin als Sedativum verwendet; stärkere Wirkungen auf das Auge und die Drüsensekretion als Atropin; schwächere Auswirkung auf die Herzfrequenz und die Funktion der Bauchorgane als Atropin;	In therapeutisch genutzten Dosen nur geringe Wirkung auf das ZNS; wird v.a. in der Augenheilkunde zur Pupillenerweiterung und zur Ausschaltung der Akkomodationsfähigkeit eingesetzt; Antidot bei Vergiftungen, sowie bei akuter Bradykardie; Präanästhetisch zur Hemmung der bronchialen Sekretion

Die getreideverarbeitende Branche ist seit dem Rückruf von Bio-Säuglingsnahrung aufgrund Kontamination mit Tropanalkaloiden auf das Thema aufmerksam geworden und hat dank intensiver Überwachung von Getreideerzeugnissen die Verunreinigung durch Tropanalkaloide allmählich im Griff. Auch die Analytik dazu ist relativ neu und wird erst zu einer gewissen Präzision und Reproduzierbarkeit entwickelt. Im Rahmen dieses Projektes kommen wir gemäss unseren Recherchen zum Schluss, dass die Anbaugelände im Grenzgebiet Österreich/Ungarn bzw. Österreich/Tschechien von der Kontamination am meisten betroffen sind. In diesen Regionen nimmt

die Verbreitung TA-haltiger Unkräuter speziell im Ackerbau zu. Vor allem bei ungeschälter Hirse kann es zur Kontamination des Erntegutes mit Tropanalkaloiden kommen.

In der Zwischenzeit sind weitere ackerbauliche Verfahren entwickelt worden, um entsprechende TA-haltige Unkräuter frühzeitig beseitigen zu können. Dies geht aber nur in eher kleinbetrieblichen Strukturen, wo auch die Felder klein genug sind und hinreichend Arbeitskapazität zur Verfügung steht. Durch konsequente Feldhygiene und Pflege können die Problemunkräuter vermieden oder verdrängt werden. Ohne Abklärungen vor Ort (in den jeweiligen Exportländern), kann keine Aussage über die Bedeutung der TA-haltigen Unkräuter in der entsprechenden Region gemacht werden. Das FiBL empfiehlt generell, verunkrautete Äcker für möglichst lange Zeit brach liegen zu lassen, bis sich diese wieder regeneriert haben. In der Zwischenzeit können andere Felder zur Kultivierung verwendet werden.

Wenn die Safttheorie stimmt, gilt diese auch für andere Kulturen, die früher abreifen als Körnermais und hochgedroschen werden können, wie Soja, Buchweizen und Hirse.

6. Zusammenfassung/ Empfehlungen

6.1 Risikoabschätzung

- Hirse gilt weiterhin als Risikozutat
- Mais, Buchweizen und weitere Getreidearten können momentan vernachlässigt werden
- Problemunkräuter: Stechapfel und schwarzes Bilsenkraut.
- Herkunft: ubiquitär vorkommend, keine sicheren Anbauggebiete vorhanden.
- Herkunft: das Grenzgebiet Österreich/Ungarn, Österreich/Tschechien ist am stärksten betroffen

6.2 Empfehlungen

Da die Tropanalkaloide beim Backen nicht abgebaut werden, empfehlen wir auf allen Stufen von der Landwirtschaft bis zur verarbeitenden Industrie, zu versuchen die Hirse frei von Stechapfelsamen zu halten.

6.2.1 Landwirtschaft

- Vorbeugende Massnahmen wie hoher Anteil an Kunstwiese in der Fruchtfolge, Wechsel zwischen Sommer- und Winterkulturen, Versamung verhindern
- Mechanische Unkrautbekämpfung mit Hacke oder Striegel im Auflauf-Stadium
- Jäten, bzw. einzelne, grössere Pflanzen von Hand ausreissen
- Bilsenkraut mit Wurzeln entfernen, da abgetrennte Wurzelstücke wieder austreiben können

6.2.2 Mühle, bzw. Importeur/Erstabnehmer

- Anbauverträge mit Landwirtschaftsbetrieben
- Aufnahme des IST-Zustandes, Beratung und intensive Betreuung der Lieferanten vor Ort
- Eingangskontrolle optisch und analytisch
- Reinigung mit Sortex, wenn möglich neuestes Modell (siehe Kapitel 4.3)

6.2.3 Industrie

Grundsätzlich müssen alle Wareneingänge, welche Hirse enthalten als Risikoprodukt eingestuft werden. Das betrifft neben der geschälten Hirse auch alle Vormischungen und Halbfabrikate, die Hirse enthalten.

- Unverarbeitete Hirse muss mit Sortex (wenn möglich neuestes Modell) gereinigt werden.
- Sicherstellen, dass Lieferant über Sortex oder gleichwertiger Anlage verfügt
- Für alle Wareneingänge inkl. Vormischungen/Halbfabrikaten mit Hirsebestandteilen muss sichergestellt werden, dass die rohe Hirse mit Sortex oder gleichwertiger Anlage gereinigt wurde.
- Bestätigung des Lieferanten zur Reinigung und zu den getroffenen Qualitätssicherungsmaßnahmen der rohen, ungeschälten Hirse
- Lieferantenaudits in Mühlen und bei Halbfabrikat- Herstellern
- Analysen der Eingangsmuster?

7. Literatur

- Baenkler, H., Duale Reihe-Innere Medizin. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 2001: 247-248.
- Bahmanzadegan, A., Sefidkon, F., & Sonboli, A. (2009). Determination of Hyoscyamine and Scopolamine in Four Hyoscyamus species from Iran. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 8(1), 65-70.
- Berkov, S., Zayed, R., & Doncheva, T. (2006). Alkaloid patterns in some varieties of *Datura stramonium*. *Fitoterapia*, 77, 179-182.
- Boyette, C. D., & Hamed, K. A. (1994). Host Range Alteration of the Bioherbicidal Fungus *Alternaria crassa* with Fruit Pectin and Plant Filtrates. *Weed Science*, 42(3), 487-491.
- CABI. (2016a). *Datasheet: Datura stramonium (jimsonweed)*. <http://www.cabi.org/isc/datasheet/18006>, 15.02.2016:
- CABI. (2016b). *Datasheet: Hyoscyamus niger (black henbane)*. Retrieved from <http://www.cabi.org/isc/datasheet/28251>, 15.02.2016:
- Dauderer, M., *Naturstoffvergiftungen*, aus: *Klinische Toxikologie*, ecomed Fachverlag, Landsberg, 1991: 1 (Kapitel Tropanalkaloide).
- DiTomaso, J. M., Kyser, G. B., Oneto, S. R., & Wilson, R. G. (2013). *Weed Control in Natural Areas in the Western United States*: University of California Weed Research and Information Center.
- EFSA (European Food Safety Authority). Tropan alkaloids (from *Datura* sp.) as undesirable substances in animal feed. *The EFSA Journal*, 2008; 691: 1-55.
- EFSA. (European Food Safety Authority, 2008). *Scientific opinion of the panel on contaminants in the food chain on a request from the European Commission on tropane alkaloids (from Datura sp.) as undesirable substances in animal feed*. Retrieved from *The EFSA Journal*:
- Friedman, M., Composition of Jimson Weed (*Datura stramonium*) Seeds, *J. Agric. Food Chem.*, 1989, 37, 998-1005
- Geschwinde, T., *Rauschdrogen*. Springer Verlag, Berlin, 2003: 65, 120-123, 127.
- Graham, J., & Johnson, W. S. (2010). Managing Black Henbane. *Cooperative Extension University of Nevada, Fact Sheet-04-10*.
- Hanf, M. (1999). *Ackerunkräuter Europas mit ihren Keimlingen und Samen*: BLV-Verlag-Ges.
- John, H., Eyer, F., Zilker, T., Thiermann, H., High-performance liquid-chromatographic tandem-mass spectrometric methods for atropinesterase-mediated enantioselective and chiral determination of R- and S-hyoscyamine in plasma. *Analytica Chimica Acta*, 2010: 32-40.
- Karkanis, A., Bilalis, D., Efthimiadou, A., & Efthimiadis, P. (2010). Effects of cultural practices on weed flora in Virginia (flue-cured) organic tobacco (*Nicotiana tabacum* L.): Green manure and irrigation systems. *Tübitak*, 34, 487-496.
- Kästner, A., Jäger, E. J., & Schubert, R. (2001). *Handbuch der Segetalpflanzen Mitteleuropas*. Wien: Springer-Verlag.
- Kip, E. P. (2004). *Natural Toxins of Plant Origin* *Toxins in Food*: CRC Press.
- Krauss, J., Total, C., & Baur, B. (2010). *Ein botanischer Führer durch den Unkrautgarten Wädenswil*. Retrieved from Wädenswil:
- Ludewig, R., *Akute Vergiftungen*. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart, 2007: 520.
- Pokorny, M., Mangold, J., & Kittle, R. (2010). Black Henbane: Identification, Biology and Integrated Management. *MontGuide, Montana State University Extension(500-810SA)*.
- Rätsch, C., *Enzyklopädie der psychoaktiven Pflanzen*. AT Verlag, Aarau, Schweiz, 1998: 10, 862-867.
- Schmeller, T., Wink, M., *Utilization of Alkaloids in Modern Medicine, Biochemistry, Ecology and Medicinal Applications*, Plenum Press, New York, 1998
- Schultes, R. E., Hofmann, A., *The botany and chemistry of hallucinogens*, Springfield, 1973: 161-187.
- Täschner K., *Rauschmittel*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 2002: 52-53.
- Teuscher, E., Lindequist, U., *Biogene Gifte*. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart, 2010: 599-608.
- Todd, F. G., Stermitz, F. R., Schultheis, P., Knight, A. P., & Traub-Dargatz, J. (1995). Tropane alkaloids and toxicity of *Convolvulus arvensis*. *Phytochemistry*, 39(2), 301-303.
- Weiner, N., *Handbuch der giftigen und psychoaktiven Pflanzen*. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart, 2008: 7-13, 266.