

Pyrrrolizidinalkaloid-haltige Beikräuter in Arznei- und Gewürzpflanzenkulturen - Verbreitung und Gefahr der Kontamination von Ernteprodukten in Deutschland

Pyrrrolizidine alkaloid-containing weeds in medical and herb plant cultures - Distribution and danger of contamination in crop products in Germany

Jens Nitzsche*, Andreas Plescher, Susanne Wahl

Pharmaplant GmbH, Am Westbahnhof 4, 06556 Artern/Unstrut
*Korrespondierender Autor, nitzsche@pharmaplant.de

DOI 10.5073/jka.2018.458.060



Zusammenfassung

Im Rahmen eines vom BMEL und der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) geförderten Kooperationsvorhabens wurden in den Vegetationsperioden von 2015 bis 2017 die Beikrautfloren von sechs bedeutenden Kräuterarten erfasst. Kriterien für die Auswahl der Kulturpflanzen waren die Größe der Anbaufläche sowie die Häufigkeit von Pyrrrolizidinalkaloid (PA)-Kontaminationen in der Vergangenheit. Als Ergebnis zeigte sich, dass für die PA-Kontaminationen in Deutschland nur wenige Arten verantwortlich sind. Neun der 164 aufgetretenen Ackerkräuter sind als PA-Pflanzen bekannt. Im Vordergrund stehen die Gattungen *Senecio* und *Myosotis*, die zur Familie der Korbblütler- und Rauhbblattgewächse gehören. Wichtigstes Beikraut ist sowohl nach Stetigkeit als auch nach Gesamtgehalt an PA *Senecio vulgaris*.

Die Untersuchung der Schläge ergab, dass die Verteilung und die Dichte der betreffenden Arten wie zu erwarten stark von den Kulturbedingungen und den standörtlichen Gegebenheiten abhängen. So sind offener oder niedrigere Pflanzungen deutlich anfälliger als dicht geschlossene Kulturen.

Weitere Informationen zur Identifikation und Bekämpfung der PA-Pflanzen werden in einer Datenbank zusammengetragen, anonymisiert und Behörden, mitfinanzierenden Unternehmen und Verbänden zugänglich gemacht.

Stichwörter: Ackerbeikräuter, Arzneipflanzen, Datenbank, Gewürzpflanzen, Kontamination, Pyrrrolizidin-alkaloide, Unkräuter

Abstract

During the vegetation periods of 2015 to 2017 the weed flora of six important herb cultures were surveyed in context of a cooperation funded by the BMEL and the Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR). The choice of the crop species was influenced by the size of the area of cultivation as well as the already known frequency and amount of contamination by pyrrrolizidine alkaloids (PA).

The result shows, that in Germany only a small number of species is responsible for the contamination. Nine of the 164 identified weed species are known PA plants. The quantitative main portion is shared by the genera *Senecio* and *Myosotis*, who belong to the *Asteraceae* and *Boraginaceae* family respectively. The most important weed is *Senecio vulgaris*, which takes the first position by means of frequency as well as total content of PA.

The survey of the fields shows, that the distribution and amount is highly dependent on the cultivation methods and the local conditions, as it would be suspected. More open or lower cultures are significantly more vulnerable than denser and closed crops.

The survey data as well as further information on weeds are meant to facilitate the identification and control of PA species. They are gathered, anonymised and made available to authorities, co-financing companies and organizations in form of a database.

Keywords: Contamination, database, herb plants, medical plants, pyrrrolizidine alkaloids, weeds

Einleitung

Im Rahmen des vom BMEL und der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) geförderten Kooperationsvorhabens „Erfassung der standortabhängigen und kulturpflanzenspezifischen Beikrautflora in Arzneipflanzenbeständen unter besonderer Berücksichtigung Pyrrrolizidinalkaloid-(PA-) haltiger Unkräuter und Erstellung einer PA-Unkrautdatenbank“ (FNR-Förderkennzeichen 22007914) wurden in den Vegetationsperioden von 2015 bis 2017 die Beikrautfloren von sechs bedeutenden Kräuterarten (Kamille, Melisse, Pfefferminze, Petersilie, Salbei und Thymian) erfasst. Bei der Auswahl der Kulturpflanzenarten wurde vor allem die Größe der Anbaufläche in

Deutschland ebenso wie die Häufigkeit der bisher festgestellten PA-Kontaminationen berücksichtigt (PLESCHER, 2014; Tab. 1). Die Anbauflächen für die Untersuchung wurden sowohl von ökologischen und konventionellen Landwirtschaftsbetrieben nach deren Ermessen zur Verfügung gestellt. Neben der Identifizierung der typischen und allgemein im Kräuteraanbau vorkommenden Unkräuter lag der Fokus insbesondere auf den PA-haltigen Unkräutern.

Tab. 1 Die Gesamtanbaufläche der untersuchten Kulturpflanzen in Deutschland.

Tab. 1 *The total crop area of the surveyed crop species in Germany.*

Art	Anbaufläche in ha
Petersilie	1843
Kamille	1155
Pfefferminze	312
Thymian	174
Zitronenmelisse	113
Salbei	51

Pyrrrolizidinalkaloide (PA) sind sekundäre pflanzliche Inhaltsstoffe, welche zum Schutz vor Fraßfeinden von verschiedenen Pflanzenarten gebildet werden. Die Giftigkeit für Warmblüter beruht insbesondere auf deren Geno- und Hepatotoxizität sowie Kanzerogenität. In den Pflanzen können sehr hohe Gehalte, bis zu 3,0 g/kg Trockenmasse gebildet werden. Als „unbedenklich“ wird die tägliche Aufnahme von unter 0,35 µg pro Person und Tag (EMA / HMPC, 2014) bzw. 0,42 µg pro Person und Tag (COT, 2008) angenommen.

Das Risiko der Mitbeerntung PA-haltiger Beikräuter und damit der Eintrag der PA in die Lebensmittelkette ist aufgrund der besonderen Anbau- und Ernteverfahren bei krautartigen landwirtschaftlichen Erzeugnissen am höchsten. Der Arznei- und Gewürzkräuteraanbau steht vor der Herausforderung, die Verunkrautung durch PA-Beikräuter so gering wie möglich zu halten.

In der 2013 vom Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) durchgeführten und publizierten Studie zur PA-Belastung von Tees, einschließlich Arznei-, Kräuter- und Früchtetees (BfR, 2013), kommt das Institut unter anderem zu folgender Schlussfolgerung:

„Eine Ursachenforschung seitens der Wirtschaftsbeteiligten wird als dringend notwendig gehalten. Hierzu zählt u.a. die botanische Analyse des Pflanzenmaterials, dem das Vorkommen der in den Kräutertee- und Teeproben gefundenen PA zuzuordnen ist. Außerdem sollte geprüft werden, welche Erfolge bezüglich der Senkung der PA-Gehalte durch Verbesserung von Anbau-, Ernte- und Reinigungsmethoden erzielt werden können.“

Das vorgenannte Kooperationsvorhaben setzt diese Forderung mit den herbologischen Erhebungen und chemischen Analysen der aufgefundenen Unkräuter um. Alle Daten fließen in eine speziell entwickelte „PA-Unkrautdatenbank“ ein, die nach Anonymisierung allen mitfinanzierenden Unternehmen und Verbänden zur Verfügung steht. Ziel ist es, die Schwachstellen bei der Unkrautbekämpfung sowohl bei ökologischer wie auch konventioneller Bewirtschaftung zu benennen und eine Beziehung zwischen der partiellen Verunkrautung durch PA-Pflanzen und den in den Erntegütern ermittelten PA-Kontaminationen herzustellen.

Bisher wurden 164 verschiedene Unkrautarten auf ihre Bildung von Pyrrrolizidinalkaloiden geprüft. Es wurden 9 schon bekannte PA- haltige Unkräuter nachgewiesen. Den quantitativen Hauptanteil daran haben die Gattungen *Senecio* und *Myosotis*, die den Familien der Korbblütler- und Raubblattgewächse (*Asteraceae* und *Boraginaceae*) angehören. *Senecio vulgaris* hat die größte Bedeutung im heimischen Kräuteraanbau, aufgrund eines häufigen Auftretens als auch durch den hohen Gesamt- PA- Gehalt.

Material und Methoden

Folgende Kulturpflanzen wurden mit den entsprechenden Parametern angebaut (Tab. 2). Alle Arten werden außerdem in Reihen kultiviert.

Untersucht wurden alle Altersstufen des jeweiligen Anbaus, von erntereifen Neuanlagen bis zu Altbeständen vor dem Umbruch.

Tab. 2 Die untersuchten Kulturpflanzen und ihre Anbauparameter.

Tab. 2 *The surveyed crop species and their parameter of cultivation.*

Art	Form öko./konv.	Saat oder Pflanzung	Anzahl Ernten pro Jahr	Schnitthöhe, über Boden	Anbaudauer in Jahren
Pfefferminze	konv.	Pflanzung	2	5-10 cm	3
	öko.	Pflanzung	2	5-10 cm	3
Petersilie	konv.	Saat	bis zu 5	4-6 cm	1
	öko.	Saat	bis zu 5	4-6 cm	1
Zitronenmelisse	konv.	beides möglich	bis zu 4	10 cm	2-3
	öko.	beides möglich	bis zu 4	10 cm	2-3
Kamille	konv.	Saat	2-3	nur Blühhorizont, oberen 10-15 cm	1, Herbst- u. Sommerkamille
	öko.	Saat	2-3	Blüten werden ausgekämmt	1, Herbst- u. Sommerkamille
Thymian	konv.	Saat	2	10 cm	2-3
	öko.	Saat	2	10 cm	2-3
Salbei	konv.	beides	1-2	10-15 cm	3-4
	öko.	beides	1-2	10-15 cm	3-4

Die Erfassung der Unkräuter auf den Feldern fand möglichst kurz vor der Ernte statt. Die letzte Unkrautregulierung sollte abgeschlossen sein, so dass der erstellte „Unkrautspiegel“ soweit wie möglich der Erntesituation entspricht.

Das Ziel der Methode ist die Untersuchung einer bestimmten Anzahl an Stichprobenflächen in der jeweiligen Ackerfläche, die die Unkrautverteilung im Schlag widerspiegeln. Es werden zwei verschiedene Typen an Aufnahmeflächen genutzt, welche als Aufnahmepunkte A und B bezeichnet werden, die folgende Daten ermitteln sollen:

Typ A: Erfassung von PA- Unkräutern

Typ B: Erfassung der Gesamtverunkrautung

Die Menge der Aufnahmepunkte pro Fläche wird nach folgender Formel berechnet:

(n) Anzahl an Aufnahmepunkten

(ar) Fläche des Untersuchungsstrahls in Ar (1 ha = 100 ar)

Typ A: $n = \sqrt{ar} + 1$

Typ B: $n = \sqrt{ar} + 1$

Zur Bestimmung der Flächengröße des Aufnahmepunktes A wird eine Artenzahl- Areal- Kurve mittels einer ‚Einflächenmethode‘ erstellt. Aus dieser kann das ‚Minimumareal‘, die Arealgröße, bei welcher sich der Artenzuwachs sichtbar verringert, abgelesen werden. Im Minimumareal sind demzufolge fast alle Arten anzutreffen, äußerst seltene Arten können mittels Wiederholungen erfasst werden (FREY und LÖSCH, 2004). Je homogener der Bestand ist, umso geringer ist das Minimumareal. Die ermittelte kulturartspezifische Minimumarealgröße wird als Flächengröße an allen Aufnahmepunkten des Typ A verwendet und reicht von 36 m² bis 144 m². Für die Aufnahmepunkte des Typ B wurde eine Flächengröße von 1,0 m² festgelegt

Die Aufnahmepunkte werden gleichmäßig über das gesamte Feld verteilt. Über das Untersuchungsgebiet wird ein systematisches Raster gelegt und jeder Rasterpunkt beprobt.

Günstig ist die Verwendung einer Zickzack- Linie oder einer Doppel- W- Linie, welche über den Schlag gezogen wird. Alternierend werden die Aufnahmeflächen A und B entlang der Strecken in gleichmäßigen Abständen positioniert. Die Aufnahmepunkte werden fortlaufend gesetzt. Es gibt keine Unterscheidung in Kern- und Randbereiche.

Ziel der Untersuchungsmethode ist es eine Artenliste aller Beikräuter zu erheben, und damit die Artendiversität, sowie die Häufigkeit bzw. Frequenz aller Arten zu bestimmen. Ein besonderer Fokus liegt hierbei natürlich auf den PA-Unkräutern.

Ergebnisse

Kontaminationsquellen und -wege

Die wichtigste Quelle für Verunreinigungen mit Pyrrolizidinalkaloiden ist in Deutschland das Gewöhnliche Greis- oder Kreuzkraut (*Senecio vulgaris* L.). Es weist einen sehr hohen Gehalt an Pyrrolizidinalkaloiden auf und ist durch seine Anspruchslosigkeit und kurze Generationszeit weit verbreitet. Der Gehalt an PAs wurde durch eigene Analysen von entsprechendem Pflanzenmaterial ermittelt und deckt sich mit Angaben der COT (2008) und EMA / HMPC (2014). Andere Vertreter der Gattung, wie das Frühlings-Greiskraut (*S. vernalis* WALDST. et KIT.), das Klebrige (*S. viscosus* L.) und das Schmalblättrige Greiskraut (*S. inaequidens* DC.) sind vom Gehalt an Alkaloiden nach eigenen Analysen ähnlich giftig, aber weit weniger auf den untersuchten Ackerschlägen verbreitet. Der letzte, seltener gefundene Vertreter der Familie der *Asteraceae* (Korbblütengewächse) ist der Huflattich (*Tussilago farfara* L.). Er enthält vergleichsweise wenige Alkaloide und findet in besonders alkaloidarmen Sorten auch immer noch als Heilpflanze Verwendung.

Die Familie der Rauhblattgewächse (*Boraginaceae*) ist eine weitere Quelle für PA-Pflanzen und stellt mit dem Acker- (*Myosotis arvensis* (L.) HILL) und Sand-Vergissmeinnicht (*M. stricta* LINK ex ROEM. et SCHULT.) zwei weitere wichtige Vertreter. Die gefundenen Mitglieder der Familie weisen jedoch im Vergleich zu den Vertretern der *Asteraceae* recht geringe Mengen an Alkaloiden auf. Zwei weitere, deutlich seltener und z. T. geschützte Arten sind der Acker-Krummhals (*Lycopsis arvensis* L.) und der Acker-Steinsame (*Buglossoides arvensis* (L.) I. M. JOHNST.).

Der bedeutendste und vermutlich einzige Weg der Verunreinigung mit PA-haltigem Pflanzenmaterial stellt die Mitbeerntung der Beikräuter während der Ernte dar. Der Einflug von Material, wie vor allem durch die ebenfalls PA-haltigen Pappushaare der *Senecio* Arten, ist zwar möglich, allerdings würde das einen immensen Eintrag voraussetzen, wenn man die geringe Masse der Pappushaare bedenkt. Eine spätere Verunreinigung auf anderem Wege kann weitgehend ausgeschlossen werden, wenn nicht weitere, belastete Materialien beigemischt werden.

Allgemeine Hinweise zu den folgenden Tabellen:

In den Tabellen sind aus Platzgründen nur die jeweils für die Kultur häufigsten Beikräuter aufgeführt. Wenn PA-haltige Arten gefunden wurden, sind diese alle vermerkt.

Alle Angaben von Pflanzen pro Hektar wurden aus der Fläche der tatsächlich bonitierten Aufnahmeflächen auf einen Hektar zur besseren Vergleichbarkeit hochgerechnet.

Die Anzahl der Bonituren entspricht der Anzahl der untersuchten Schläge; dies beinhaltet auch Wiederholungsuntersuchungen des gleichen Schlags. Die Untersuchungen wurden möglichst nach der letzten Unkrautregulierungsmaßnahme vor der Ernte durchgeführt.

Nähere Angaben zu den einzelnen Schlägen für die Bonituren sind leider aus Gründen des Teilnehmerschutzes nicht möglich.

PA-haltige Beikräuter sind mit **fett geschriebenem Namen** hervorgehoben.

Ausdauernde Arten sind mit einem * gekennzeichnet.

Pfefferminze

Durch die Fähigkeit schon in relativer Jugend eine größere Anzahl von Ausläufern zu bilden, sorgt die Art für einen schnellen Reihenschluss. Beikräuter können sich durch den zumeist hohen und dichten Wuchs der Kulturpflanze kaum etablieren. Nur in Fehlstellen ist der Aufwuchs von Beikräutern möglich, wie z. B. in Randbereichen. In späteren Entwicklungsstadien der Kulturpflanze, wenn sich z. B. durch Wassermangel der Deckungsgrad der Kultur verringert, setzen sich wieder verstärkt Beikräuter durch.

Das Gewöhnliche Greiskraut (*Senecio vulgaris*) ist sowohl in konventioneller als auch ökologischer Bewirtschaftung das häufigste PA-Beikraut (Tab. 3 u. 4). Die anderen Arten treten deutlich seltener auf, mit Ausnahme des Acker-Steinsamens (*Buglossoides arvensis*) im ökologischen Anbau, was allerdings auf einen einzigen Boniturtermin zurückzuführen ist und daher wahrscheinlich das Ergebnis eines singulären Ereignisses ist. Das Vorkommen der Arten beschränkt sich meist auf offene Bereiche, die durch das Absterben von Kulturpflanzen geschaffen wurden, durch Überalterung oder Beschädigung in jüngeren Stadien. In dichten Beständen finden sich die Arten kaum, da ihnen die Konkurrenzfähigkeit fehlt, gegen die Kulturart zu bestehen. Gleiches gilt für die anderen, nicht PA-haltigen Beikräuter, wenn die Bestände nicht aufgelockert sind.

Tab. 3 Die in der Untersuchung häufigsten Beikräuter des konventionellen Pfefferminzanbaus - 29 Bonituren, 95 Beikrautarten.

Tab. 3 The quantitatively most important weeds in conventional peppermint cultivation – 29 surveys, 95 weed species.

Art	Positive Bonituren	Maximum Pflanzen / ha	Mittelwert Pflanzen / ha
<i>*Taraxacum officinale</i>	14	~9500	~1000
<i>Chenopodium album</i>	15	~5600	833
<i>Polygonum aviculare</i>	12	~52000	732
<i>*Cirsium arvense</i>	13	~6100	590
<i>Senecio vulgaris</i>	13	~8600	156
<i>*Tussilago farfara</i>	4	545	86
<i>*Senecio inaequidens</i>	1	319	-
<i>Myosotis arvensis</i>	4	17	2

Tab. 4 Die in der Untersuchung häufigsten Beikräuter des ökologischen Pfefferminzanbaus - 21 Bonituren, 89 Beikrautarten.

Tab. 4 The quantitatively most important weeds in ecological peppermint cultivation – 21 surveys, 89 weed species.

Art	Positive Bonituren	Maximum Pflanzen / ha	Mittelwert Pflanzen / ha
<i>Stellaria media</i>	20	~211000	~4200
<i>Chenopodium album</i>	20	~8500	~2100
<i>*Cirsium arvense</i>	20	~13000	~1800
<i>*Taraxacum officinale</i>	20	~5700	~1100
<i>Buglossoides arvensis</i>	1	~7000	-
<i>Senecio vulgaris</i>	8	~20000	~1000
<i>Polygonum aviculare</i>	21	~2900	857
<i>Myosotis stricta</i>	7	286	143

Die Analyse von 24 Erntegutproben ergab sechs positive Proben, für zwei konventionell und vier ökologisch bewirtschaftete Schläge. Die Verunreinigungen sind nach den Inhaltsstoffprofilen auf *Senecio*-Arten zurückzuführen und betragen in einer Probe bis 0,4 mg / kg Erntegut, liegen aber meist mit 0,1-0,01 mg / kg deutlich darunter.

Petersilie

In frühen Entwicklungsphasen ist die Art wegen ihres langsamen Jugendwachstums und den dadurch bedingten Zwischenräumen im Bestand anfälliger für den Aufwuchs von Unkräutern. Später kann durch die bodennah liegenden und ausgebreiteten Blätter die Kulturart eine recht hohe Konkurrenzskraft aufbauen, die das Auftreten von Beikräutern verringern oder unterbinden kann. Die schmalen Zwischenräume zwischen den Pflanzreihen werden zur Erntereife meist ganz ausgefüllt, so dass dort kaum unerwünschte Pflanzen auftreten. Der Ernteschnitt kann in Petersilie zu Fehlstellen führen, je nachdem wie tief der Schnitt durchgeführt wurde. Das wiederum erhöht das mögliche spätere Auftreten von Beikrautarten. Wegen des dichten und kompakten Wuchses der Kulturart sind Arten im Vorteil, die zunächst in die Höhe wachsen und danach größere Seitentriebe aufbauen.

Tab. 5 Die in der Untersuchung häufigsten Beikräuter des konventionellen Petersilienanbaus - 29 Bonituren, 97 Beikrautarten.

Tab. 5 *The quantitatively most important weeds in conventional parsley cultivation – 29 surveys, 97 weed species.*

Art	Positive Bonituren	Maximum Pflanzen / ha	Mittelwert Pflanzen / ha
<i>Fallopia convolvulus</i>	16	~16000	~1700
* <i>Taraxacum officinale</i>	14	~5400	~1600
<i>Chenopodium album</i>	21	~4100	~1500
<i>Solanum nigrum</i>	14	~2900	448
<i>Senecio vulgaris</i>	23	~8600	274

Im konventionellen Anbau ist das Gewöhnliche Greiskraut (*Senecio vulgaris*) die einzige vorkommende PA-Art (Tab. 5). Sie wächst zusammen mit den anderen Beikräutern in den freien Bereichen zwischen den Individuen oder dort wo Pflanzen ausgefallen sind. Unter günstigen Bedingungen kann sie die Petersilie überwachsen und große Individuen bilden, die allerdings vor allem zur Blüte und Fruchtreife auffällig sind und leicht entfernt werden können.

Tab. 6 Die in der Untersuchung häufigsten Beikräuter des ökologischen Petersilienanbaus - 11 Bonituren, 68 Beikrautarten.

Tab. 6 *The quantitatively most important weeds in ecological parsley cultivation – 11 surveys, 68 weed species.*

Art	Positive Bonituren	Maximum Pflanzen / ha	Mittelwert Pflanzen / ha
<i>Anagallis arvensis</i>	11	~4200	~2300
<i>Chenopodium album</i>	11	~8900	~1100
<i>Polygonum aviculare</i>	11	~2300	667
* <i>Taraxacum officinale</i>	11	~1700	660
<i>Fallopia convolvulus</i>	11	~1700	333
<i>Myosotis arvensis</i>	1	286	-
<i>Senecio vulgaris</i>	1	12	-
*<i>Tussilago farfara</i>	1	9	-

Der ökologische Anbau ist im Vergleich deutlich weniger belastet, was möglicherweise auf eine gründlichere mechanische Bereinigung zurückzuführen ist. Auch der geringere Bonitumfang kann dazu führen, dass stärker belastete Schläge in der Untersuchung unterrepräsentiert sind. Es treten drei unterschiedliche PA-haltige Arten auf, allerdings mit nur jeweils einer positiven Bonitur (Tab. 6). Die Individuenanzahl ist deutlich geringer und statt des Greiskrautes ist das Acker-Vergissmeinnicht (*Myosotis arvensis*) die häufigste Art, was durch die Standorte bedingt wird. Die Verteilung der Beikräuter und PA-Arten ist analog zu der konventionellen Anbaumethode.

Die Analyse von 19 Erntegutproben ergab sechs positive Proben, für vier konventionell und zwei ökologisch bewirtschaftete Schläge. Die Verunreinigungen sind nach den Inhaltsstoffprofilen auf

Senecio zurückzuführen und betragen in einer Probe bis 0,33 mg / kg Erntegut, liegen aber meist mit 0,05 mg / kg deutlich darunter.

Zitronenmelisse

Die Kulturart weist schon in relativer Jugend eine recht hohe Wüchsigkeit auf, was ihr einen schnellen Reihenschluss ermöglicht. Dadurch haben konkurrierende Beikräuter geringere Chancen sich zu etablieren, was durch den hohen Wuchs der Kulturpflanze weiter gefördert wird. Die Dichte des Wuchses zur Erntereife ist ähnlich ausgeprägt wie bei der Minze, so dass meist wenige Freiräume zwischen den einzelnen Individuen verbleiben können, was einen höheren Besatz mit Beikräutern vermeiden kann.

Tab. 7 Die in der Untersuchung häufigsten Beikräuter des konventionellen Melissenanbaus - 21 Bonituren, 98 Beikrautarten.

Tab. 7 *The quantitatively most important weeds in conventional lemon balm cultivation – 21 surveys, 98 weed species.*

Art	Positive Bonituren	Maximum Pflanzen / ha	Mittelwert Pflanzen / ha
<i>Stellaria media</i>	15	~160000	~2400
<i>Chenopodium album</i>	16	~47000	~1300
* <i>Taraxacum officinale</i>	17	~7500	~1100
<i>Fallopia convolvulus</i>	17	~1700	370
<i>Senecio vulgaris</i>	19	~26000	93
* <i>Tussilago farfara</i>	1	14	-

In Zitronenmelisse stellt das Gewöhnliche Greiskraut (*Senecio vulgaris*) das häufigste PA-Unkraut dar, unabhängig von der Bewirtschaftungsform (Tab. 7 und 8). Im ökologischen Anbau ist es sogar das Beikraut mit dem höchsten Mittelwert von Pflanzen pro Hektar, wenn es auch nur in drei Bonituren vorkommt. Außer dem Greiskraut tritt nur noch vereinzelt der Huflattich (*Tussilago farfara*) als weitere PA-Art auf. Die Beikräuter nutzen die seltenen Störstellen in der Bestandesstruktur, die ähnlich strukturiert ist wie bei der verwandten Pfefferminze.

Tab. 8 Die in der Untersuchung häufigsten Beikräuter des ökologischen Melissenanbaus - 16 Bonituren, 82 Beikrautarten.

Tab. 8 *The quantitatively most important weeds in ecological lemon balm cultivation – 16 surveys, 82 weed species.*

Art	Positive Bonituren	Maximum Pflanzen / ha	Mittelwert Pflanzen / ha
<i>Senecio vulgaris</i>	3	~14000	~5300
<i>Stellaria media</i>	15	~70000	~4400
<i>Chenopodium album</i>	16	~15000	~2400
* <i>Cirsium arvense</i>	16	~7700	~2000
* <i>Convolvulus arvensis</i>	15	~8000	~1100
* <i>Taraxacum officinale</i>	15	~7200	~1100

Die Analyse von 21 Erntegutproben ergab drei positive Proben, für einen konventionell und zwei ökologisch bewirtschaftete Schläge. Die Verunreinigungen sind nach den Inhaltsstoffprofilen auf *Senecio* zurückzuführen und betragen im Maximum 0,047 mg / kg Erntegut.

Kamille

Der meist hohe und kompakte Wuchs der Kulturart bietet Beikrautarten zu Beginn zwar gute Chancen sich zu etablieren, was sich im Lauf der Entwicklung der Kamille aber deutlich ändert. Das zeigt sich besonders in Beständen des konventionellen Anbaus, in denen neben der ausgesäten Kamille noch Altkamille aufläuft. Die sich entwickelnde Beikrautflora wird dann recht schnell von der Kulturpflanze überwachsen und so ausgedunkelt. Der Kamillenbestand ist dann oft so dicht,

dass die oft zahlreichen Kräuter meist nur sehr klein und unterentwickelt bleiben. Sind die Bedingungen dagegen nicht optimal, können sich die Beikräuter im Vergleich zur Kulturart besser entwickeln und es tritt eine stärkere Verunkrautung auf, die auch leicht in den Blühhorizont gelangen kann. Ähnliches kann sich im ökologischen Anbau zeigen, besonders wenn die Art auf leichteren Böden kultiviert wird. Dort können die Pflanzen niedriger bleiben und weniger dicht wachsen, was potentiellen Beikräutern im Vergleich deutlich bessere Wuchsmöglichkeiten bietet.

Tab. 9 Die in der Untersuchung häufigsten Beikräuter des konventionellen Kamillenanbaus - 24 Bonituren, 93 Beikrautarten.

Tab. 9 *The quantitatively most important weeds in conventional chamomile cultivation – 24 surveys, 93 weed species.*

Art	Positive Bonituren	Maximum Pflanzen / ha	Mittelwert Pflanzen / ha
<i>Viola arvensis</i>	19	~140000	~21000
<i>Poaceae</i>	18	~165000	~12000
<i>Veronica persica</i>	15	~110000	~7500
<i>Lamium purpureum</i>	17	~19000	~4400
<i>Geranium pusillum</i>	15	~16000	909
<i>Myosotis arvensis</i>	8	~2400	452
<i>Buglossoides arvensis</i>	1	286	-
<i>Lycopsis arvensis</i>	1	106	-

Die dichten Kamillebestände sind sehr konkurrenzstark und verhindern dadurch teilweise den Aufwuchs und die Ausbreitung von Beikräutern (Tab. 9). Diese finden sich vor allem in offenen Bereichen am Rand oder an Störstellen, sowie stark beeinträchtigt unter den eigentlichen Kulturpflanzen. Bedingt durch die meist ärmeren Wuchsorte sind vor allem Vertreter der Familie der Rauhblattgewächse vertreten, die im Vergleich zu den häufigeren Arten aber sehr selten vorkommen.

Tab. 10 Die in der Untersuchung häufigsten Beikräuter des ökologischen Kamillenanbaus - 2 Bonituren, 47 Beikrautarten.

Tab. 10 *The quantitatively most important weeds in ecological chamomile cultivation – 2 surveys, 47 weed species.*

Art	Positive Bonituren	Maximum Pflanzen / ha	Mittelwert Pflanzen / ha
<i>Aphanes arvensis</i>	2	~600000	~500000
<i>Scleranthus arvensis</i>	2	~500000	~400000
<i>Arenaria serpyllifolia</i>	2	~200000	~144000
<i>Lamium purpureum</i>	2	~85000	~47000
<i>Myosotis stricta</i>	2	~40000	~27000
<i>Myosotis arvensis</i>	1	1000	-
<i>Lycopsis arvensis</i>	1	345	-

Im ökologischen Anbau wirken sich die oft größeren Reihenzwischenräume auf den Besatz mit Beikräutern aus (Tab. 10). Sie weisen oftmals eine deutlich höhere Individuenanzahl als im konventionellen Anbau auf. Allerdings sind auch hier andere Arten deutlich häufiger als die PA-Arten, die wegen der vergleichbaren Standortverhältnisse ein ähnliches Artenspektrum aufweisen. Analysen von 13 Erntegutproben zeigten in allen Fällen, unabhängig von der Kulturform, keine Verunreinigung mit Pyrrolizidinalkaloiden.

Thymian

Der dichte und kompakte Wuchs der Kultur kann dazu führen, dass mögliche Beikräuter verdrängt werden. Allerdings bleibt die Art meist recht niedrig und weist größere Zwischenräume zwischen den einzelnen Individuen auf, was sich positiv auf den Wuchs anderer Arten auswirken kann. Hier

sind besonders solche Arten im Vorteil, die schnell in die Höhe wachsen und erst später Seitentriebe ausbilden.

Tab. 11 Die in der Untersuchung häufigsten Beikräuter des konventionellen Thymiananbaus - 9 Bonituren, 92 Beikrautarten.

Tab. 11 *The quantitatively most important weeds in conventional thyme cultivation – 9 surveys, 92 weed species.*

Art	Positive Bonituren	Maximum Pflanzen / ha	Mittelwert Pflanzen / ha
<i>Poaceae</i>	9	~9000	~1300
* <i>Taraxacum officinale</i>	8	~1700	534
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	8	~1300	268
* <i>Cirsium arvense</i>	9	870	50
<i>Senecio vulgaris</i>	7	179	6
<i>Senecio vernalis</i>	4	247	9
<i>Myosotis arvensis</i>	1	1	-

In beiden Anbauformen sind Greiskräuter die wichtigsten PA-Beikräuter, wobei nur das Gewöhnliche Greiskraut (*Senecio vulgaris*) in beiden vorkommt (Tab. 11 und 12). Der ökologische Anbau ist deutlich ärmer an Beikräutern, sowohl was die Menge als auch die Diversität betrifft. Ähnlich wie bei der Petersilie treten die Arten in den offenen Bereichen zwischen den Kulturpflanzen oder an Fehlstellen auf, die durch das Absterben von Kulturpflanzen geschaffen wurden. Auch hier gilt wieder, dass die Greiskräuter unter günstigen Bedingungen die gepflanzte Art überwachsen können und so zur Blüte bzw. Fruchtreife leicht auszumachen sind.

Tab. 12 Die in der Untersuchung häufigsten Beikräuter des ökologischen Thymiananbaus - 7 Bonituren, 45 Beikrautarten.

Tab. 12 *The quantitatively most important weeds in ecological thyme cultivation – 7 surveys, 45 weed species.*

Art	Positive Bonituren	Maximum Pflanzen / ha	Mittelwert Pflanzen / ha
<i>Stellaria media</i>	6	~2700	~1600
<i>Chenopodium album</i>	7	324	278
<i>Thlaspi arvense</i>	7	324	278
* <i>Taraxacum officinale</i>	7	833	185
<i>Matricaria chamomilla</i>	7	667	185
<i>Senecio vulgaris</i>	1	18	-

Die Analyse von 6 Erntegutproben ergab nur eine positive Probe für einen konventionell bewirtschafteten Schlag. Die Verunreinigung ist nach den Inhaltsstoffprofilen auf *Senecio*-Arten zurückzuführen und beträgt 0,05 mg / kg Erntegut.

Salbei

Die Art wächst vor allem in späteren Entwicklungsstadien recht langsam und weist einen größeren Abstand zwischen den Pflanzreihen auf. Auch wenn der Wuchs der Pflanzen selbst recht dicht ist, ergeben sich dadurch größere Lücken in den Beständen, dass das Eindringen von Beikräutern erleichtert. Ähnlich wie bei Petersilie und Thymian sind auch hier Konkurrenten im Vorteil, die zunächst in die Höhe wachsen und später in das Wachstum der Seitentriebe investieren.

Tab. 13 Die in der Untersuchung häufigsten Beikräuter des konventionellen Salbeianbaus - 5 Bonituren, 34 Beikrautarten.

Tab. 13 *The quantitatively most important weeds in conventional sage cultivation – 5 surveys, 34 weed species.*

Art	Positive Bonituren	Maximum Pflanzen / ha	Mittelwert Pflanzen / ha
<i>Sonchus asper</i>	4	~37000	~17000
<i>Stellaria media</i>	4	~16000	~4600
<i>Polygonum aviculare</i>	4	~22000	~3400
<i>Chenopodium album</i>	4	~9400	~3000
<i>Senecio vulgaris</i>	4	~1500	~800
<i>Myosotis arvensis</i>	2	64	52
<i>Senecio vernalis</i>	1	1	-

Salbei bietet mit seinen relativ großen Reihenabständen und langsameren Wuchs gute Bedingungen für das Auftreten von Beikräutern. Die deutlichen Unterschiede in der Menge an Beikräutern in den Kulturvarianten werden vermutlich durch unterschiedliche Handhabung der Bekämpfungsmaßnahmen verursacht. Auch können der Untersuchungszeitpunkt und der geringe Boniturfumfang einen Einfluss auf das Ergebnis haben. In beiden Kulturvarianten tritt ein ähnliches PA-Arteninventar auf, das quantitativ vom Gewöhnlichen Greiskraut (*Senecio vulgaris*) angeführt wird (Tab. 13 u. 14). Wie bei den anderen Kulturarten sind aber auch hier wieder andere Beikräuter wesentlich häufiger vertreten.

Tab. 14 Die in der Untersuchung häufigsten Beikräuter des ökologischen Salbeianbaus - 5 Bonituren, 57 Beikrautarten.

Tab. 14 *The quantitatively most important weeds in ecological sage cultivation – 5 surveys, 57 weed species.*

Art	Positive Bonituren	Maximum Pflanzen / ha	Mittelwert Pflanzen / ha
<i>Veronica hederifolia</i>	5	~1300	556
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	5	815	361
* <i>Cirsium arvense</i>	5	593	222
<i>Chenopodium album</i>	5	815	208
* <i>Convolvulus arvensis</i>	5	~1000	185
<i>Senecio vulgaris</i>	1	49	-
* <i>Tussilago farfara</i>	1	39	-
<i>Myosotis arvensis</i>	1	35	-

Analysen von 5 Erntegutproben zeigten in allen Fällen, unabhängig von der Kulturform, keine Verunreinigung mit Pyrrolizidinalkaloiden.

Fazit und Ausblick

PA-Pflanzen treten ebenso wie andere Beikräuter auf landwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Flächen auf. Neben der Konkurrenz für die Kulturpflanzen können sie aufgrund ihres Gehaltes an Pyrrolizidinalkaloiden das Erntegut verunreinigen. Analysen von Erntegutproben ergaben in unseren Untersuchungen in einigen Fällen Kontaminationen mit Pyrrolizidinalkaloiden durch *Senecio*-Arten, allerdings weisen diese keine Korrelation mit den in den Schlägen gefundenen Beikrautmengen auf. Die gefährdetsten Kulturen sind Pfefferminze und Petersilie mit jeweils sechs positiven Proben, gefolgt von Zitronenmelisse mit drei und Thymian mit einer positiven Probe. In Kamille und Salbei konnten bisher keine Verunreinigungen festgestellt werden. Allerdings stehen bei allen Kulturarten noch die Analysen der Erntegutproben sowie die Auswertung der Boniturdaten der ökologischen Flächen für das Jahr 2017 aus, so dass noch Änderungen möglich sind. Um die Datenlage zu festigen, sollte den verantwortlichen Arten und ihrem Vorkommen in landwirtschaftlichen Schlägen weiterhin besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden und ihre Kontrolle sowie Vermeidung der Mitbeerntung eine wichtige Stellung einnehmen. Die

Erhebungen im Rahmen dieses Projektes sollen u. a. dazu beitragen die Einnischung der Arten besser zu verstehen und dadurch Strategien zu entwickeln, die eine bessere Vermeidung der Kontamination mit den Pflanzen ermöglichen. Daher wird angestrebt das Projekt um ein weiteres Jahr zu verlängern und somit die Datenlage weiter verbessern zu können.

Danksagung

Unser Dank gilt insbesondere dem BMEL / der FNR für die Förderung des Kooperationsvorhabens sowie allen kofinanzierenden Unternehmen und Verbänden. Ebenso danken wir allen kräuteranbauenden Betrieben sowohl für ihre Bereitschaft, die Unkrautflora erfassen zu lassen als auch die Erntegüter für die Analytik zur Verfügung zu stellen. Dem projektbegleitenden Ausschuss seien für die nützlichen Hinweise und der FAH e.V. für die Unterstützung bei der Projektkoordinierung gedankt.

Literatur

- PLESCHER, A., 2014: Entwicklung der Anbauflächen und Kulturartenvielfalt von Arzneipflanzen in Deutschland. Tagungsbetrag zur 2. Tagung Arzneipflanzen 16./17. Oktober 2013 in Gülzower Fachgespräche, Bd. 44, FNR. S.31-43.
- EMA / HMPC – EUROPEAN MEDICINES AGENCY / HERBAL MEDICINAL PRODUCTS COMMITTEE, 2014: Public statement on the use of herbal medicinal products containing toxic, unsaturated pyrrolizidine alkaloids (PAs). EMA/HMPC/893108/2011. 24 S.
- COT – COMMITTEE ON TOXICITY OF CHEMICALS IN FOOD, CONSUMER PRODUCTS AND THE ENVIRONMENT, 2008: COT Statement on Pyrrolizidine Alkaloids in Food. COT Statement 2008/06. 24 S.
- BfR – BUNDESINSTITUT FÜR RISIKOBEWERTUNG, 2013: Pyrrolizidinalkaloide in Kräutertees und Tees. Stellungnahme 018/2013 des BfR vom 5.Juli 2013. 31 S.
- FREY, W. und R. LÖSCH, 2004: Lehrbuch der Geobotanik: Pflanze und Vegetation in Raum und Zeit. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 528 S.