



Pyrrolizidin-Alkaloide

Giftige (Bienen)-Weiden



Den meisten Pferde- und Rinderhaltern ist das Jakobskreuzkraut (JKK) mittlerweile bekannt, denn es enthält Giftstoffe, die die Tiere schädigen oder sogar töten können, und es breitet sich immer mehr aus. Aber auch Honigbienen nutzen die gelb blühende Pflanze als Nahrungsquelle, und so fragt sich mancher besorgte Imker, ob nicht Bienen oder Honig an diesen oder auch anderen Pflanzen, die Giftstoffe bilden, ebenfalls Schaden nehmen können. Drei Wissenschaftler haben den aktuellen Kenntnisstand zusammengetragen.

Im Laufe der Evolution haben Pflanzen eine Vielzahl an Verteidigungsstrategien entwickelt, um sich gegen Fraßfeinde behaupten zu können. Neben augenscheinlichen Merkmalen wie Dornen oder Stacheln verteidigen sich viele Pflanzen auch mit chemischen Stoffen (Sekundärstoffen) oder chemischen Strategien gegen Existenz bedrohende Fraßschäden. Eine dieser Verbindungsklassen sind die ausschließlich von Pflanzen gebildeten Pyrrolizidin-Alkaloide (PA).

Viele verschiedene Substanzen

Hauptsächlich kommen PA in vier nur entfernt verwandten Pflanzenfamilien vor: in den Asteraceae (Korbblüttern), dort vor allem im Tribus Senecioneae (Greiskräuter) und im Tribus Eupatorieae (Wasserdost), in Boraginaceae (Rauhblattgewächsen) in vielen Gattungen, in der Familie der Fabaceae (Hülsenfrüchtler), im Tribus Crotalarieae (vor allem in den Tropen und Subtropen aufheimisch) und in einigen Spezies innerhalb

der Apocynaceae (Hundsgiftgewächse). Bei den PA handelt es sich um eine ganze Klasse von ca. 600 strukturell verwandten chemischen Verbindungen, die in unterschiedliche Struktur-Gruppen eingeteilt werden können.

Die Verbindungen sind fraßabschreckend (für uns Menschen z. B. stark bitter) und lebertoxisch, und ca. 400 dieser Verbindungen zeigen im Tiermodell potenziell kanzerogene und genotoxische (Erbgut schädigende) Eigenschaften. Aufgrund ihrer Toxizität für Menschen und Nutztiere sind PA-Pflanzen in unseren Breiten i. d. R. keine Kulturpflanzen, d. h. größere Mengen an blühenden PA-Pflanzen treten nur in Wildbeständen auf. Massenvorkommen sind aufgrund der intensiven Landwirtschaft hierzulande selten. In Bereichen ohne intensive Landwirtschaft (Brachen, Naturschutzgebiete, extensive Landwirtschaft) bzw. in Süd- und Osteuropa, Südamerika und Australien/Neuseeland können jedoch vereinzelt Massenbestände von PA-Pflanzen auftreten.



Auf Brachflächen, beispielsweise unter Windkraftanlagen, breitet sich das Jakobskreuzkraut teilweise massenhaft aus.

Die Raupen des Jakobskrautbärs sind auf das Jakobskreuzkraut spezialisiert. Das aufgenommene Gift schützt sie vor Fraßfeinden. Fotos: Autoren, Neumann (2), Gräfe (1)

Auf der anderen Seite hat sich im Laufe der Evolution eine Vielzahl an Wechselbeziehungen zwischen diesen Giftpflanzen und Insekten ausgebildet. Es gibt bereits eine Reihe von gut untersuchten Beispielen angepasster Insekten, deren Überlebens- und Fortpflanzungsstrategien von der Aufnahme von PA aus Futterpflanzen abhängen. So z. B. *Tyria jacobaeae* (Jakobskrautbär) aus der Familie der Eulenfalter, dessen Raupen ausschließlich auf Jakobskreuzkraut (JKK) fressen, dabei große Mengen PA aufnehmen und in einer für sie ungiftigen Form speichern, aber damit selbst für ihre Fraßfeinde „giftig“ (ungenießbar) werden. Sie erwerben also durch die pflanzlichen PA gewissermaßen einen chemischen „Schutzschild“.

Grenzwerte in Phytopharmaaka festgelegt

Zurzeit gibt es keine generelle gesetzliche Regelung zum PA-Gehalt in Lebensmitteln in Deutschland bzw. Europa. Dagegen regeln einige europäische Staaten, darunter

Gewöhnlicher Wasserdost (*Eupatorium cannabinum*; Asteraceae [Korbblütler])



Mehrjährige Staude, die feuchte, schattige Standorte bevorzugt und 50 bis 150 cm hoch wird.

Hauptblütezeit:

Juli/August. Attraktive Nektarpflanze für Schmetterlinge und andere Insekten. Pollen vom

Wasserdost werden regelmäßig in Honigen gefunden, wobei in der Praxis darauf zu achten ist, dass für die Unterscheidung der verschiedenen Asteraceen-Pollen besonderes Fachwissen nötig ist.

Wasserdost stellt nur ein mittleres Nektar- und Pollenangebot dar. Gleichwohl blüht er zu einer Zeit, in der das Nahrungsangebot für Bienen bereits wieder deutlich geringer geworden ist, so dass Bienen die Wasserdostblüten häufig aufsuchen.

Borretsch (*Borago officinalis*; Boraginaceae [Rauhblattgewächs])



Einjährige, bis 80 cm hoch werdende Pflanze mit borstig behaarten Stängeln, die im Frühjahr verzweigte beblätterte Blütentriebe bilden. Sternförmige, leuchtend blaue Blüten von Mai bis August. Borretsch ist eine gute Bienenweide. Die Nektarsekretion ist aber deutlich besser als das Pollenangebot.

Borretsch ist eine der wenigen PA-Pflanzen, die in Zentraleuropa kultiviert und teilweise in regionalen Spezialitäten (z. B. Grüne Soße) auch konsumiert werden. Auch das Samenöl wird kommerziell als Nahrungsergänzungsmittel in Kapseln angeboten. Daher können regional größere Anbauflächen für die Ölsaftgewinnung möglich sein.

Während durch Raffination die PA-Gehalte im Öl stark reduziert werden, sollten andere Pflanzenteile aufgrund der lebertoxischen PA nicht konsumiert werden. In deutschen Honigen tritt Borretschpollen selten auf, während er in englischen Honigen häufig sein kann. Es gibt noch keine wissenschaftlichen Daten über einen möglichen Eintrag von PA durch Bienen bei erhöhtem Vorkommen von Borretschpflanzen.

auch Deutschland, das Inverkehrbringen von Phytopharma aus PA-Pflanzen. In Deutschland dürfen demnach nur noch bestimmte PA-Pflanzen(-präparate) mit nachgewiesener pharmakologischer Wirkung, die in einer Positivliste genannt sind, als Arzneimittel in Verkehr gebracht werden. Für diese gelten bezüglich des PA-Gehaltes festgelegte Grenzwerte. Bei der üblichen Tagesdosis für das entsprechende Produkt darf bei oraler Aufnahme die Gesamtmenge von 1 µg 1,2-ungesättigtem PA nicht überschritten werden. Übersteigt die Anwendung mehr als insgesamt sechs Wochen pro Jahr, reduziert sich der maximal zulässige Gehalt auf 0,1 µg PA pro Tagesdosis. Zusätzlich muss für oral anzuwendende Produkte dieser Kategorie unter Gegenanzeigen der Hinweis eingetragen werden: „Nicht anzuwenden in der Schwangerschaft und Stillzeit“ (Bundesanzeiger, 1992).

PA in Bienenpflanzen

Chemisch-analytische Untersuchungen der letzten Jahre haben gezeigt, dass PA regelmäßig in Bienenprodukten nachgewiesen werden, auch in Konzentrationen, die den o. g. Grenzwert für Phytopharma übersteigen.

Daher sollten Imker die wichtigsten dieser Pflanzen kennen. Im Folgenden sollen Pflanzen, die häufig im Zusammenhang mit PA in Bienenprodukten auftauchen und für unsere Breiten von besonderer Bedeutung sind, kurz vorgestellt werden.

Gewöhnlicher Natternkopf (*Echium vulgare*; Boraginaceae [Rauhblattgewächs])



In Zentral- und vor allem Südeuropa häufig anzutreffen. In unseren Breiten besonders auf kargen, sandigen und sonnigen, besonders auch ruderalen Standorten (Wegrändern, Bahnrassen, Ausgleichsflächen und Brachen) anzutreffen. Der Natternkopf ist meist zweijährig und entwickelt im zweiten Jahr 20 – 100 cm hohe Stauden mit himmelblauen Blütenständen, die einer lockeren Rispe ähneln. Meist blühen pro Wickel nur die ältesten 2 – 4 Knospen gleichzeitig auf, während neue Knospen weiterhin nachgebildet werden. Die Einzelpflanze blüht deshalb über einen langen Zeitraum (ca. von Mai bis September), und auch nach einer Mahd kann sich die Pflanze erholen und mit geringerer Wuchshöhe erneut zur Blüte gelangen. Natternkopf ist als sehr einträgliche Bienenart beschrieben und wird von einer

Vielzahl weiterer Nektar sammelnden Insekten angeflogen.

Bei Massenvorkommen von Natternkopf können sortenreine Honige gewonnen werden. In chemischen Untersuchungen dieser Honige wurden hohe PA-Gehalte von bis zu 1.000 µg PA pro kg Honig gefunden. Auch der Pollen des Natternkopf zeigt hohe PA-Gehalte, die zu einem erhöhten PA-Gehalt in Honig oder auch in Pollenprodukten (Werte von bis zu 16.000 µg/kg kommerziell produziert wurden nachgewiesen) führen können.

Aufgrund der hohen PA-Gehalte in Nektar und Pollen sollte Natternkopf als Trachtspflanze für die Honiggewinnung unbedingt vermieden werden. Massenvorkommen sind in Zentraleuropa eher selten, aber z. B. für Spanien ist Natternkopf-Pollen als häufiger Pollenmarker beschrieben, teilweise werden Sortenhonige geerntet.

Jakobs-Greiskraut/Jakobs-Kreuzkraut (*Jacobaea vulgaris*; syn.: *Senecio jacobaea*; Asteraceae [Korbblütler])



Wuchshöhen bis 120 cm erreicht und stark verzweigte Schirmrispen mit vielen Einzelblüten hervorbringt. Die Blüte beginnt Anfang Juni und reicht bis August. Nach einer Mahd kann die Pflanze im gleichen Jahr erneut mit geringerer Wuchshöhe verspätet aufblühen. Die Art stellt nur geringe Ansprüche an den Boden und kommt an Straßenrändern, Schienenwegen, auf Brachen und auch auf trockenen Böden gut zurecht. JKK verträgt jedoch regelmäßige Bodenbearbeitung nicht, und die Ausbreitung auf Nutzflächen kann durch vorbeugendes Weidemanagement gut kontrolliert werden. Als heimische Art hat das Jakobs-Greiskraut einen wichtigen Platz im Ökosystem und ist für viele angepasste Insekten eine bedeutsame Nektar-, Pollen- oder Futterquelle.

Die gesamte Pflanze weist hohe PA-Gehalte auf. Besonders im Pollen und vermutlich auch im Nektar sind PA enthalten. Nach eigenen Erfahrungen und Beobachtungen stellt das JKK keine attraktive Bienenweide dar, jedoch unter ungünstigen Bedingungen können *J. vulgaris*-PA von den Bienen in die entsprechenden Bienenprodukte eingebracht werden (siehe Kasten: PA im Honig bei Massenvorkommen von Jakobskreuzkraut in den Niederlanden).



Pyrrolizidin-Alkaloide

Was bedeutet dies für Bienen, Honig und Pollen?



In Kooperation des LAVES Institut für Bienenkunde Celle mit dem LAVES Lebensmittelinstutit in Braunschweig sind zurzeit Untersuchungen über PA im Honig im Gange. Folgende Fragestellungen stehen dabei im Vordergrund:

- Wie hoch ist die Häufigkeit von PA-haltigen Honigen in Deutschland?
- Besteht die Möglichkeit der botanischen und/oder regionalen Eingrenzung?
- Ist die Pollenanalyse als Screeningmethode vor der zeitaufwendigen und teuren chemischen Analyse zur Identifizierung kritischer Honige geeignet?

Deutsche Honige kaum belastet

In dem Projekt wurden vorerst ca. 150 authentische Honige aus Deutschland sowie authentische Importware und per se kritische Honige (z. B. Natternkopf-Honig) parallel auf PA-Gehalte und das jeweilige Pollenspektrum untersucht. Bisherige Ergebnisse belegen, dass deutsche Honige keine bzw. sehr geringe PA-Gehalte aufweisen. Dies liegt vor allem an der Tatsache der intensiven landwirtschaftlichen Nutzung mit wenigen Möglichkeiten eines Massenaufgangs von PA-Pflanzen. Gleichwohl gibt es auch in Deutschland Ausnahmen. Zwei Honige mit hohem Anteil an Natternkopf-Pollen – die Bienenvölker standen an Natternkopf-Vermehrungsflächen – wiesen PA-Gehalte von über 700 bzw. 900 µg/kg auf. Diese sind nicht zum Verzehr geeignet!

Risikogebiete meiden!

Diese aktuellen Ergebnisse stehen im Einklang mit anderen wissenschaftlichen Untersuchungen der letzten Jahre. Zudem hat sich dabei gezeigt, dass Rohware aus einigen Teilen der Welt (v.a. Südamerika und Australien/Neuseeland) im Hinblick auf die Häufigkeit des Auftretens und die maximale Menge der PA zum Teil erheblich belastet ist.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass einzig eine aktive Vermeidung von „Risikostandorten“ dazu geeignet ist, das Auftreten der PA im Honig zu minimieren. In deutschen Breiten kann speziell die Frühjahrsfrucht als PA-frei betrachtet werden, da in dieser Vegetationsperiode keine attraktiven PA-haltigen Bienenweidepflanzen blühen,



Honigbiene am Natternkopf. Mit dem Nektar und Pollen nehmen Bienen auch die von der Pflanze gebildeten Pyrrolizidin-Alkaloide auf.

die in Konkurrenz zu Obst- und Rapsblüte treten könnten. Bei ungünstigen Erntebedingungen in der zweiten Sommerhälfte (Juli/August), z. B. bei eingeschränkten alternativen Futterpflanzen, kann dagegen die PA-Belastung erhöht sein (siehe Kasten auf Seite 15).

PA in Pollenprodukten

Native Pollen von PA-Pflanzen können bis zu 4.000 µg/g PA enthalten (z. B. *J. vulgaris* 3.300 µg/g, *E. vulgare* 900 µg/g oder *E. cannabinum* 600 µg/g).

Aus diesem Grund wurde kürzlich eine Reihe von kommerziellen Pollenpräparaten auf PA untersucht. Im Vergleich zu Honig waren die Rate an positiven Proben (31 % positive Proben gegenüber 9 % bei Honig) und die mittlere gefundene Konzentration (ca. 5.000 µg/kg im Vergleich zu Honig mit 50 µg/kg) um den Faktor 100 höher als bei zeitgleich untersuchten Honigproben. Parallel durchgeführte Pollenanalysen zeigten, dass sowohl in Pollen als auch in Honig Natternkopf, gefolgt von Wasserdost, die ursächlichen pflanzlichen Quellen für die PA darstellen. Da die empfohlene Tagesdosis bei Pollenpräparaten ca. 5 bis 10 g be-

trägt, sind Pollenprodukte mit hoher PA-Belastung als kritisch und nicht verzehrfähig zu betrachten.

PA in honighaltigen Lebensmitteln

Es wurden bereits diverse Produkte untersucht (Met, Süßigkeiten etc.), die Honig als Zutat enthalten. Dabei wurden vor allem in Met, Fenchelhonig und Bonbons PA-Gehalte nachgewiesen. Es ist somit anzunehmen, dass PA-Belastungen in Honig auf andere Produkte in der Lebensmittelkette übertragen werden können und dabei technologische Schritte der Lebensmittelverarbeitung (Vergärung, Temperatur etc.) überstehen. Um einen größeren Eintrag in Lebensmittel zu verhindern, ist es daher sinnvoll, am Anfang der Produktkette anzusetzen und möglichst Honigrohware zu ernten bzw. zu verwenden, die keine oder nur geringe Mengen an PA enthält.

Einfluss auf die Vitalität der Honigbiene

Untersuchungen der TU Braunschweig und des LAVES Institut für Bienenkunde Celle



haben den Einfluss der PA auf die Honigbiene und das Bienenvolk näher beleuchtet. Dabei zeigte sich, dass Arbeiterinnen relativ tolerant gegenüber PA sind und Konzentrationen bis zu 0,2 % (entspricht ca. dem Maximalgehalt, der natürlicherweise in Pflanzen – z. B. Pollen – zu erwarten ist) in der Nahrung ohne gravierende negative Effekte überstehen können. Der Grund dafür liegt nach den Untersuchungen darin, dass Bienen PA so gut wie nicht aus der Nahrung resorbieren, sondern effektiv innerhalb kurzer Zeit in die Kotblase transportieren und dann unverändert und ohne negative Folgen ausscheiden. Daher ist es sehr unwahrscheinlich, dass größere Mengen an PA über die Hypopharynxdrüse und den Futtersaft innerhalb der Kolonie weitergegeben werden und ggf. Schaden verursachen können. Ein anderes Bild bietet sich jedoch für die Larvenstadien. Diese reagieren etwa zehnmal empfindlicher auf PA als die adulten Bienen und sind dem Einfluss der PA auch wesentlich länger ausgesetzt, da sie in der Zelle während ihrer Fressphase im Futter „schwimmen“ und die PA nicht über die Kotblase entgiften können. Wenn nun zusätzlich zum Futtersaft (nahezu PA-frei, da über die produzierenden Ammenbienen PA-entgiftet) PA-haltiger Honig und vor allem PA-reicher Pollen gefüttert werden, könnten unter ungünstigen Eintragsbe-

dingungen PA-Level erreicht werden, die einen negativen Einfluss auf die Entwicklung der Larven haben.

In einem Fütterungsexperiment mit auf einen Futterplatz trainierten Bienen wurde unter möglichst natürlichen Bedingungen untersucht, ob Bienen durch PA in der Futterlösung evtl. abgeschreckt werden und somit nur unter ungünstigen Bedingungen PA in den Bienenstock eintragen würden. Es zeigte sich, dass zumindest im Modell mit Natternkopf-PA die Bienen unter natürlichen Bedingungen von PA-Konzentrationen > 0,02 % PA in der Futterlösung abgeschreckt werden und dieses Futterangebot gegenüber geringeren PA-Konzentrationen deutlich weniger attraktiv fanden. Der natürliche PA-Gehalt des Natternkopf-Nektars beträgt jedoch nur ca. 0,002 %. Damit wird deutlich, dass die Sammelbienen nicht von natürlicherweise im Nektar vorkommenden PA-Konzentrationen abgeschreckt werden und Natternkopf-Nektar bei Angebot in den Stock eintragen. Zugleich haben die toxikologischen Versuche gezeigt, dass Bienen in der Lage sind, mit natürlicherweise im Nektar vorkommenden PA-Konzentrationen zurechtzukommen. Dies erklärt dann auch schlüssig die Attraktivität von Natternkopf für die Honigbiene und die häufigen analytischen Positivbefunde von PA in Honig.

Fazit

Pflanzen, die Pyrrolizidin-Alkaloide (PA) enthalten, treten in Deutschland gewöhnlich nicht in Massenbeständen auf. Ausnahmen können Brachflächen mit Jakobskreuzkraut oder auch Vermehrungsflächen für Borretsch oder Natternkopf darstellen. Da Bienen diese für Tiere und Menschen giftigen Pflanzen zur Nahrungssuche anfliegen und die PA in Bienenprodukte übergehen, sollten Imker darauf achten, ihre Bienen nicht im Umkreis größerer Bestände der PA-haltigen Pflanzen aufzustellen.

Till Beuerle¹, Tjeerd Blacquière² und Werner von der Ohe¹

¹ Niedersächsisches Landesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, Institut für Bienenkunde, Herzogin-Eleonore-Allee 5, D-29221 Celle

² bees@wur, Plant Research International, WUR, PO Box 69, 6700 AB Wageningen, The Netherlands

³ Institut für Pharmazeutische Biologie, Technische Universität Braunschweig, Mendelssohnstraße 1, D-38106 Braunschweig

Die besondere Geschichte:

PAs im Honig bei Massenvorkommen von Jakobskreuzkraut in den Niederlanden

Wie eine jüngst durchgeföhrte Untersuchung belegt, sind beim Zusammenkommen ungünstiger Bedingungen extreme PA-Gehalte in Honig möglich.

Dazu wurden einzellige Bienenvölker mit einer Stärke von 12 bis 15.000 Bienen mit 8 Brut- und 2 frischen Mittelwandrähmchen an der Außenseite vorbereitet und mit Futterteig unter dem Deckel als Erstproviant versorgt. Die so vorbereiteten Völker wurden zwischen Juni und Juli an vier verschiedenen Stellen in den Zentralniederlanden platziert. Ausgewählt wurden Stilleggenflächen, die eine sehr hohe Dichte an *J. vulgaris* (Jakobskreuzkraut) aufwiesen. Nach ca. drei Wochen wurde der Honig aus den beiden äußeren Seitenrähmchen geerntet. Die dabei anfallenden Mengen variierten stark, von wenigen Gramm bis zu zwei voll verdeckelten Waben. Nur der Honig aus diesen beiden Honigwaben (kein Bienenbrot) wurde durch Pressen gewonnen und nur durch Doppelsiebaufreinigung behandelt.

Durch Inspektion der Flächen und abschließende Pollenanalysen wurden als typische Begleitflora einige Brassicaceen, Weißklee, Braunellen, Vergissmeinnicht, Pippau, Kamillen, Kratzdisteln, Schafgarbe, Hornkräuter, Johanniskraut, Weidenröschen und Veilchen ermittelt. Dabei zeigte sich, dass fast alle Honigproben PA enthielten (93 %). 8 von 31 Proben (25 %) enthielten sogar über 4.000 µg Gesamt-PA pro kg Honig mit Spitzenwerten von 9.000 – 26.000 µg Gesamt-PA pro kg Honig. Auffälligerweise waren nur Spuren von *J. vulgaris*-Pollen im Honig nachweisbar (0 – 6,3 % von der Gesamtpollenzahl), was darauf hindeutet, dass *J. vulgaris*-Nektar größere Mengen PA enthalten muss und der PA-Gehalt im Honig nicht allein auf das Auftreten von PA-Pollen zurückgeführt werden kann. Natürlich ist festzuhalten, dass diese Versuche unter sehr extremen Bedingungen erfolgten und wenig „Verdünnung“ durch andere Nektararten möglich war. Gleichwohl zeigt es deutlich, dass aktives Vermeiden von Standorten mit hoher PA-Pflanzendichte ein vorrangiges Ziel sein muss, um den PA-Gehalt im Honig so gering wie möglich zu halten.

