

Pyrrolizidinalkaloide

Dr. Andreas Schierling, TGD Bayern e.V.
Bienengesundheitsdienst

Pyrrolizidinalkaloide (PA) sind eine Gruppe sekundärer Pflanzenstoffe,¹ die u. a. in Deutschland verbreitete Pflanzen als Abwehrstoffe gegen Tierfraß produzieren. Für PA ist bei Säugetieren eine hepatotoxische (leberschädigende), karzinogene (krebserzeugende) und mutagene (erbgutverändernde) Wirkung nachgewiesen. Es ist davon auszugehen, dass die Effekte auch beim Menschen eintreten.²

Mittlerweile sind mehrere hundert PA bekannt, die alle eine ähnliche Grundstruktur aufweisen. Die Toxizität der einzelnen Verbindungen ist jedoch nicht identisch, sondern von kleinen Unterschieden in der Struktur der Moleküle abhängig (u. a. Doppelbindung in 1,2-Position des Ringsystems und Veresterung der Hydroxylgruppen, v. a. bei Bildung zyklischer Diester). Die eigentliche Giftwirkung der PA entsteht erst durch deren Verstoffwechselung im Körper (Hydrolyse, N-Oxidation und Dehydrogenierung des Pyrrolizidinrings zu giftigen Pyrrolestern durch diverse Leber-Oxidasen). Da die giftigen Pyrrolderivate in der Leber entstehen, entfalten sie auch primär dort ihre Giftwirkung. Es ist aber auch ein Transport der toxischen Komponenten mit dem Blutstrom möglich, sodass weitere Organe betroffen sein können.

Das Vorkommen von PA ist hauptsächlich auf die Pflanzenfamilien der Boraginaceae (Raubblattgewächse), Asteraceae (Korbblütler), Apocynaceae (Hundsgiftgewächse) und die Gattung *Crotalaria* aus der Familie der Fabaceae (Hülsenfrüchtler) beschränkt.

Aus Sicht der Imkerei sind in Deutschland vor allem folgende Pflanzen relevant:

Asteraceae (Korbblütler)	
• Kreuz- bzw. Greiskräuter ○ Jakobs-Greiskraut (<i>Senecio jacobea</i>) ○ Wasser-Greiskraut (<i>Jacobe aquatica</i>) ○ Schmalblättriges Greiskraut (<i>Senecio inaequidens</i>) ○ Gewöhnliches Greiskraut (<i>Senecio vulgaris</i>) ○ weitere Greiskräuter	 Jakobs-Greiskraut (Foto: picccus unter cc by-nd 2.0)

¹ am Pflanzenstoffwechsel weitgehend unbeteiligte, für die Pflanze nicht lebensnotwendige Stoffe

² Stellungnahme des BfR Nr. 038/2011 vom 11. August 2011, ergänzt am 21. Januar 2013

• Dost ◦ Gewöhnlicher Wasserdost (<i>Eupatorium cannabinum</i>) ◦ weitere Arten	 Gewöhnlicher Wasserdost (Foto: R. Schäfer unter cc by-sa 2.0)
Boraginaceae (Raublattgewächse)	
• Borretsch (<i>Borago</i>) ◦ Borretsch (<i>Borago officinalis</i>)	 Borretsch (Foto: M. Wunderli unter cc by 2.0)
• Natternkopf (<i>Echium</i>) ◦ Gewöhnlicher Natternkopf (<i>Echium vulgare</i>) ◦ weitere Arten	 Gewöhnlicher Natternkopf (Foto: A. Rockstein unter cc by-sa 2.0)
• Weitere Raublattgewächse ◦ Beinwell ◦ Lungenkraut ◦ Hundszunge ◦ Vergissmeinnicht ◦ ...	

In den Pflanzen liegen die PA vorwiegend in Form ihrer N-Oxide (PANO) vor. Diese sind besser wasserlöslich und weniger giftig als die eigentlichen PA, lassen sich aber relativ einfach in die PA umwandeln. Die Speicherung der PA sowie der PANO erfolgt in den Vakuolen der Zellen fast aller Pflanzenteile. Beide Formen, PA und PANO, sind auch im Nektar sowie in Pollen der PA-produzierenden Pflanzen vorhanden. Werden diese Pflanzen von Bienen befliegen, so gelangen die PA und die PANO auch in die Bienenprodukte Honig, Blütenpollen oder Perga.

Wie sich gezeigt hat, sind die PANO in Honig instabil und zerfallen vergleichsweise schnell mit einer Halbwertszeit von ca. 2 Wochen. Wie dies geschieht und was an Zerfallsprodukten übrig bleibt, ist unklar. Die PA hingegen bleiben im Honig unverändert erhalten.³ Für Pollen ist ein möglicher Abbau von PA oder PANO nicht bekannt.

Bewertung von Pyrrolizidinalkaloiden in Bienenprodukten

Im Dezember 2020 wurden erstmals EU-weit verbindliche Höchstgehalte an PA in Lebensmitteln vereinbart. Für Pollen, Pollenprodukte und Nahrungsergänzungsmittel auf Pollenbasis gilt seit 1. Juli 2022 ein Höchstgehalt von 500 µg/kg (Verordnung (EU) 2023/915). Da davon ausgegangen werden muss, dass die Umwandlung von PANO zu den toxischen PA auch unspezifisch durch die natürliche Bakterienflora im Darm des Menschen erfolgen kann, muss immer der Gesamtgehalt an PA + PANO betrachtet werden.⁴ Die Bezeichnung „PA“ schließt in den folgenden Ausführungen die zugehörigen PANO immer mit ein.

Höchstgehalte für PA in Honig finden sich in der genannten Verordnung nicht – hier erfolgte keine Festlegung. Existieren keine gesetzlich verankerten Grenzwerte für potenziell gesundheitsschädliche Verbindungen, so muss im Fall eines Nachweises in Lebensmitteln eine toxikologische Bewertung stattfinden. Hierbei wird geprüft, ob vom vorliegenden Lebensmittel ein Gesundheitsrisiko für Konsumenten ausgehen könnte. Ist dies der Fall, so wird das Lebensmittel als nicht sicher eingestuft und muss vernichtet werden. Die europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) hat bereits 2017 eine Einschätzung publiziert, nach der eine tägliche Aufnahme von maximal 0,0237 µg PA pro kg Körpergewicht des Konsumenten für die öffentliche Gesundheit als wenig bedenklich einzustufen sei.⁵ Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) hat sich 2018 der EFSA-Einschätzung angeschlossen.⁶ Auch wenn der genannte Wert zur PA-Aufnahme kein echter toxikologischer Schwellenwert ist, wird er hilfsweise durch die bayerischen Lebensmittelkontrollbehörden als Grundlage toxikologischer Bewertungen von PA in Honig eingesetzt (s. Tab. 1).

Für PA in Bienenprodukten gelten derzeit somit folgende Höchstwerte:

Tabelle 1: Höchstgehalte für PA in Bienenprodukten

	Honig	Pollenprodukte
Höchstwert	ca. 83 µg/kg	500 µg/kg
Grundlage	<i>Toxikologische Bewertung von PA in Honig nach LGL Bayern⁷</i>	<i>Verordnung (EU) 2023/915</i>

³ u. a. Kaltner et al. (2018) Influence of storage on the stability of toxic pyrrolizidine alkaloids and their N-oxides in peppermint tea, hay, and honey. [Journal of Agricultural and Food Chemistry 66 \(20\), 5221-5228](#).

⁴ Hartmann & Witte (1995) Chemistry, biology and chemoecology of the pyrrolizidin alkaloids. In: Pelletier: Alkaloids: Chemical and biological perspectives, Vol. 9, Elsevier Science Ltd., S. 155-210.

⁵ Risks for human health related to the presence of pyrrolizidine alkaloids in honey, tea, herbal infusions and food supplements“. [EFSA Journal 2017, 15\(7\): 4908](#).

⁶ Stellungnahme Nr. 020/2018 des BfR vom 14. Juni 2018.

⁷Berechnet für die besonders anfällige Personengruppe „Honig Vielverzehrer“ mit 70 kg Körpergewicht und Honigkonsum von 20 g pro Tag unter Verwendung des von der EFSA publizierten MOE von 0,0237 µg PA pro kg Körpergewicht und Tag. Datenquelle LGL Bayern. Abweichende Berechnungsgrundlagen in weiteren Ländern sind möglich.

Pyrrolizidinalkaloide in Bienenprodukten: Situation in Bayern

Da auch in Bayern PA-haltige Pflanzen blühen und von Bienen befliegen werden, muss mit einem Eintrag der Alkaloide in bayerische Bienenprodukte gerechnet werden. Aufgrund der Hauptblütezeit der PA-liefernden Pflanzen im Sommer sind die PA überwiegend in Bienenprodukten zu finden, die im Sommer geerntet werden. In Frühljahrschargen spielen die Alkaloide kaum eine Rolle.

Honig birgt nur vergleichsweise geringe Risiken, substanziell PA zu beinhalten. Zwar sind geringe Mengen PA immer wieder in Sommerhonigen messbar, Beanstandungen wegen zu hoher Gehalte kommen jedoch nur selten vor. In Jahren mit eher schlechten Sommerhonigerträgen ist erfahrungsgemäß wegen fehlender Verdünnungseffekte durch ein ausgiebiges und vielseitiges Trachtangebot häufiger mit PA-Nachweisen und auch mit etwas höheren PA-Gehalten zu rechnen. Vorsicht geboten ist allerdings meist nur, wenn größere Bestände der PA-haltigen Pflanzen im Umfeld der Bienenstände existieren.

Bei Analysen in bayerischem Blütenpollen ist im Gegensatz zum Honig eine weite Verbreitung von PA feststellbar. Die in Pollen nachweisbaren PA-Konzentrationen überschreiten die für Honig ermittelten Werte hierbei um ein Vielfaches (bis zu Faktor 100). Auch beim Blütenpollen wirkt sich der Erntezeitpunkt auf die Nachweishäufigkeit sowie die feststellbaren Gehalte an PA aus. Während in Frühljahren mit Sammelzeitraum vom Saisonstart bis Ende Mai nur vereinzelt PA in geringen Konzentrationen gemessen werden konnten, erwies sich in manchen Jahren fast jede zweite Probe von Sommerpollen (Juni bis Saisonende) als belastet. Die im Sommerpollen nachweisbaren PA-Gesamtgehalte erreichten mit bis zu 11 460 µg/kg das 23-Fache des zulässigen Höchstwertes für PA in Pollen und Pollenprodukten.

Auswirkungen von Pyrrolizidinalkaloiden auf Honigbienen

Erwachsene Arbeiterinnen scheinen PA gegenüber sehr tolerant zu sein und überstanden in Studien für Pollen und Nektar aus PA-haltigen Pflanzen typische PA-Konzentrationen praktisch unbeschadet. Für Bienenlarven können jedoch unter ungünstigen Umständen schädliche PA-Mengen erreicht werden, wenn stark PA-haltiger Honig oder Pollen durch Ammenbienen verfüttert wird.³

Zusammenfassung und Empfehlungen

PA sind Abwehrstoffe einiger Pflanzen, die giftig für Menschen und Säugetiere sind. Auch in Bayern sind PA-haltige Pflanzen verbreitet, weshalb die Alkaloide in bayerischen Bienenprodukten auftreten. Für PA in Pollen und Pollenprodukten existiert ein gesetzlich festgelegter Höchstwert von 500 µg/kg, für Honig muss im Fall eines Nachweises eine toxikologische Bewertung erfolgen. **In bayerischen Honigen kommen kaum relevante PA-Gehalte vor, weshalb die Situation für Honig als weitgehend unbedenklich eingestuft werden kann.** Im bayerischen Blütenpollen hingegen können mitunter erhebliche PA-Mengen nachgewiesen werden. **Vor allem in Sommerpollen sind Überschreitungen des Höchstgehaltes an PA messbar.**

Strategien zur Vermeidung von PA-Kontaminationen in Honig und Pollen stellen eine bewusste Wahl des Völkerstandortes abseits von größeren Beständen PA-haltiger Pflanzen und die Berücksichtigung der Blütezeit der PA-Bildner bei der Ernte der Bienenprodukte dar. **Bei Standorten oder Erntezeiträumen, die erhöhte Risiken relevanter PA-Konzentrationen in Bienenprodukten zur Folge haben könnten, sollten unbedingt Laboruntersuchungen erfolgen, um die Sicherheit und Unbedenklichkeit der produzierten Lebensmittel garantieren zu können. Dies gilt insbesondere für Pollen und Pollenprodukte.**

Weitere Informationen

Die aktuelle Situation zu PA in bayerischem Honig kann den regelmäßig erscheinenden Jahresberichten des Bienengesundheitsdienstes entnommen werden.