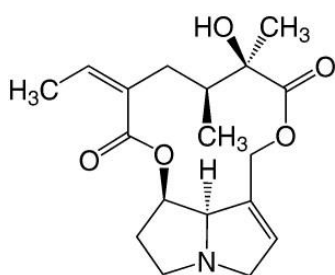


Pyrrrolizidinalkaloide (PA)

Dr. Andreas Schierling

TGD Bayern e.V., Bienengesundheitsdienst




Pyrrrolizidinalkaloid *Senecionin*

Pyrrrolizidinalkaloide (PA) sind eine Gruppe sekundärer Pflanzenstoffe¹, die u.a. in Deutschland verbreitete Pflanzen als Abwehrstoffe gegen Tierfraß produzieren. Für PA ist in Tierversuchen eine hepatotoxische (leberschädigende), karzinogene (krebserzeugende) und mutagene (erbgutverändernde) Wirkung nachgewiesen. Es ist davon auszugehen, dass die Effekte auch beim Menschen eintreten².

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 Pyrrrolizidinrings und Veresterung der Hydroxylgruppen, v.a. bei Bildung zyklischer Diester). Die eigentliche Giftwirkung der PA entstehen erst durch deren Verstoffwechslung im Körper (Hydrolyse, N-Oxidation und Dehydrogenierung des Pyrrrolizidinrings 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 möglich, so dass weitere Organe betroffen sein können.




Das Vorkommen von PA ist hauptsächlich auf die Pflanzenfamilien der Boraginaceae (Raubblattgewächse), Asteraceae (Korbblütler), Apocinaceae (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)	
<ul style="list-style-type: none"> • Kreuz-/Greiskräuter <ul style="list-style-type: none"> ○ Jakobs-Greiskraut (<i>Senecio jacobea</i>) ○ Wasser-Greiskraut (<i>Jacobeia aquatica</i>) ○ Schmalblättriges Greiskraut (<i>Senecio inaequidens</i>) ○ Gewöhnliches Greiskraut (<i>Senecio vulgaris</i>) ○ weitere Greiskräuter 	 <p>Jakobs-Greiskraut (Foto: picccus unter cc by-nd 2.0)</p>

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.

<ul style="list-style-type: none"> • Dost <ul style="list-style-type: none"> ○ Gewöhnlicher Wasserdost (<i>Eupatorium cannabinum</i>) ○ weitere Arten 	 <p>Gewöhnlicher Wasserdost (Foto: R. Schäfer unter cc by-sa 2.0)</p>
Boraginaceae (Raubblattgewächse)	
<ul style="list-style-type: none"> • Borretsch (<i>Borago</i>) <ul style="list-style-type: none"> ○ Borretsch (<i>Borago officinalis</i>) 	 <p>Borretsch (Foto: M. Wunderli unter cc by 2.0)</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Natternkopf (<i>Echium</i>) <ul style="list-style-type: none"> ○ Gewöhnlicher Natternkopf (<i>Echium vulgare</i>) ○ weitere Arten 	 <p>Gewöhnlicher Natternkopf (Foto: A. Rockstein unter cc by-sa 2.0)</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Weitere Raubblattgewächse <ul style="list-style-type: none"> ○ Beinwell ○ Lungenkraut ○ Hundszunge ○ Vergissmeinnicht ○ ... 	

In den Pflanzen liegen die PA vorwiegend in Form ihrer N-Oxide (PANOs) 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 und PANOs erfolgt in den Vakuolen der Zellen fast aller Pflanzenteile. Beide Formen, PA und PANOs, sind auch im Nektar sowie in Pollen der PA-produzierenden Pflanzen vorhanden. Werden diese Pflanzen von Bienen befliegen, so gelangen die PA und PANOs auch in die Bienenprodukte Honig, Blütenpollen und Perga.

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

Bewertung von Pyrrolizidinalkaloiden in Bienenprodukten

Mit der Verordnung (EU) 2020/2040 wurden im Dezember 2020 erstmals EU-weit verbindliche Höchstgehalte an PA in Lebensmitteln festgelegt. Für Nahrungsergänzungsmittel auf Pollenbasis, Pollen und Pollenprodukte gilt somit seit 01. Juli 2022 ein Höchstgehalt von 500 µg/kg. Da davon ausgegangen werden muss, dass die Umwandlung von PANOs zu den toxischen PA auch unspezifisch durch die natürliche Bakterienflora im Darm von Säugetieren erfolgt, muss immer der Gesamtgehalt an PA + PANOs betrachtet werden.⁴

Höchstgehalte für PA und PANOs in Honig sucht man in der genannten Verordnung allerdings vergebens – hier erfolgte keine Festlegung. Existieren keine gesetzlich verankerten Höchstgehalte für potentiell gesundheitsschädliche Verbindungen, so muss im Falle 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 ist das Produkt nicht verkehrsfähig.

Die europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) hat bereits 2017 eine Empfehlung publiziert, nach der maximal 0,0237 µg PA + PANO pro kg Körpergewicht des Konsumenten und Tag aufgenommen werden sollten.⁵ Bei Überschreitung dieses Orientierungswertes der EFSA können potentielle Gesundheitsrisiken nicht mehr sicher ausgeschlossen werden. Umgekehrt gilt, dass auch bei regelmäßiger Aufnahme von PA-Mengen unterhalb des empfohlenen Wertes keine Risiken bestehen. Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) hat sich 2018 der EFSA-Empfehlung angeschlossen.⁶ Der genannte Wert wird auch 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 (+ PANOs) in Bienenprodukten

	Honig	Pollen (-produkte)
Höchstwert	79,7 µg/kg	500 µg/kg
Grundlage	<i>Toxikologische Bewertung von PA in Honig nach LGL Bayern⁷</i>	<i>VO (EG) Nr. 1881/2006 i.V.m VO (EU) 2020/2040</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.

⁷ Berechnet für die besonders anfällige Personengruppe „Honig vielverzehrendes Kind“ mit 16,15 kg Körpergewicht und Honigkonsum von 4,8 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.

Pyrrrolizidinalkaloide in Bienenprodukten: Situation in Bayern

In den Honig-Analysen des BGD ließ sich in den vergangenen Jahren ein Anstieg der Honige mit messbarem PA/PANO-Gehalt feststellen. So konnte in 2021 in über 30 % der geprüften Honige PA bzw. PANOs nachgewiesen werden, während der Anteil PA/PANO-positiver Honige in 2018 bei nur 9 % lag (2019: 12 %, 2020: 24 %). Eine steigende Verbreitung der PA-produzierenden Pflanzen in Bayern in einer Größenordnung, die diese Befunde erklären könnte, liegt jedoch nicht vor. Es ist vielmehr davon auszugehen, dass in Jahren mit ungünstiger Witterung und geringerem Trachtangebot „Verdünnungseffekte“ durch weitere Trachten ausbleiben. Werden in derartigen Jahren PA-liefernde Pflanzen befliegen, so führt dies zu häufigerem Auftreten von PA/PANOs und auch höheren Alkaloidgehalten im Honig (s. Abb. 1a).

Aufgrund der Hauptblütezeit der PA-liefernden Pflanzen im Sommer, sind die PA und PANOs primär in Sommerhonigen zu finden. In Frühjahrshonigen spielen die Alkaloide keine nennenswerte Rolle.

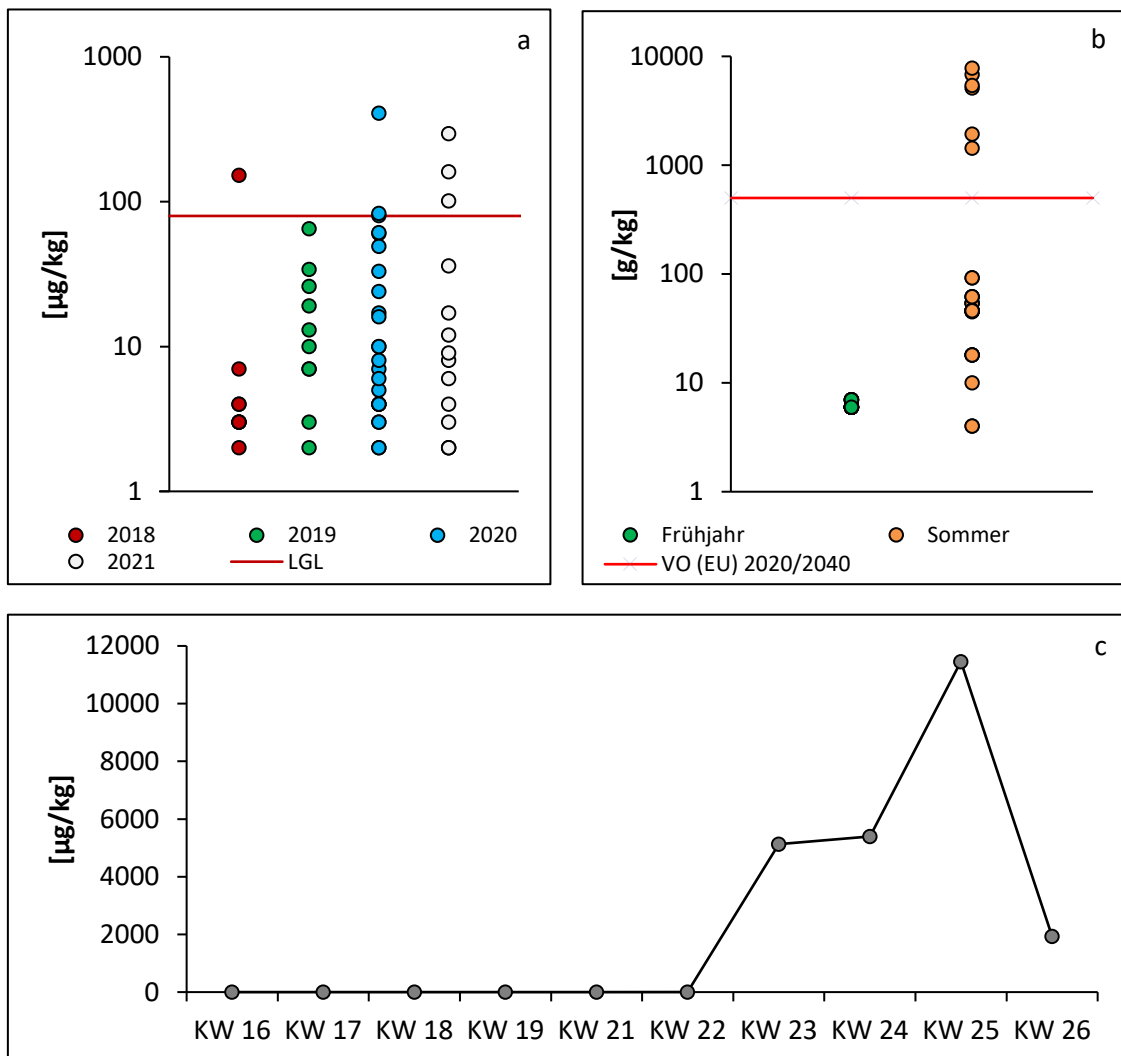


Abb. 1: In bayerischen Honig- und Pollenproben gemessene Konzentrationen an Pyrrrolizidinalkaloiden inkl. PANOs (a & b: nur PA-positive Proben). **a** Ergebnisse der PA-Analytik in Honigproben (n=439). **b** Ergebnisse der PA-Analytik in Pollenproben (n=66). **c** Entwicklung der PA-Konzentrationen in Pollen an einem Bienenstand über die Bienen Saison 2018. LGL = vom Bayerischen Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit angewendeter Maximalwert für PA in Pollen (79,7 µg/kg). VO (EU) 2020/2040 = gesetzlicher Höchstwert von PA in Pollen und Pollenprodukten (500 µg/kg).

Bei Analysen in bayerischem Blütenpollen war eine weite Verbreitung von PA/PANOs feststellbar. Die nachweisbaren PA-Konzentrationen überschritten die für Honig ermittelten Werte hierbei oft um ein Vielfaches. Auch beim Blütenpollen wirkt sich der Erntezeitpunkt auf die Nachweishäufigkeit

sowie die feststellbaren Gehalte an PA + PANOs aus (s. Abb. 1b & c). Während in Frühjahrspollen (Sammelzeitraum Saisonstart bis Ende Mai) nur knapp jede 10. Pollenprobe (9 %) PA enthielt, war fast jede zweite Probe (47 %) Sommerpollen (Juni bis Saisonende) mit PA belastet. Im Frühjahrspollen betrug der maximal feststellbare Gesamtgehalt an PA + PANOs lediglich 7 µg/kg. Im Sommerpollen hingegen waren Gesamtgehalte von bis zu 11.460 µg/kg feststellbar.

Wendet man die in Tabelle 1 genannten Werte auf die in bayerischen Proben feststellbaren Gehalte an PA + PANOs an, so zeigt sich, dass Honige kaum gefährdet sind (s. Abb. 1 a). Nur in Einzelfällen kommt es zu toxikologisch relevanten PA-Konzentrationen in Honigen. Bis Ende Mai geernteter Blütenpollen scheint ebenfalls unproblematisch zu sein. Ab Juni treten jedoch häufig erhebliche Überschreitungen des gesetzlichen Höchstwertes auf (s. Abb. 1 b & c). Bei der höchsten in Pollen gemessenen PA + PANO-Konzentration lag eine fast 23-fache Überschreitung des nach VO (EU) 2020/2040 zulässigen Höchstwertes vor.

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 und v.a. Pollen durch Ammenbienen verfüttert werden.³

Zusammenfassung

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, für Honig muss im Falle eines Nachweises eine toxikologische Bewertung erfolgen.

In bayerischen Honigen kommen kaum toxikologisch 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 häufig messbar.**

Strategien zur Vermeidung von PA-Kontaminationen in Honig und Pollen stellen ein Wechsel des Völkerstandortes oder die Berücksichtigung der Blütezeit PA-haltiger Pflanzen bei der Ernte der Bienenprodukte dar. **Bei Standorten oder Erntezeiträumen, die erhöhte Risiken relevanter PA-Konzentrationen in Bienenprodukten zur Folge haben könnten, müssen zwingend Laboruntersuchungen erfolgen, um die Sicherheit und Unbedenklichkeit der produzierten Lebensmittel garantieren zu können. Dies gilt insbesondere für Blütenpollen.**