

Mit Bienenbrot Pestizide sichtbar machen

Was verrät das Bienenbrot über die Umwelt? In meiner Masterarbeit habe ich das analysiert und die Resultate mit Rückständen im Biberekanal im Kanton Fribourg verglichen. Dabei zeigte sich: Manche Pestizide tauchen nur im Bienenbrot auf und wären in Wassermessungen unentdeckt geblieben.

SAMIRA STALDER, ZENTRUM FÜR BIENENFORSCHUNG, AGROSCOPE, BERN,
UND GEOGRAPHISCHES INSTITUT, UNIVERSITÄT BERN

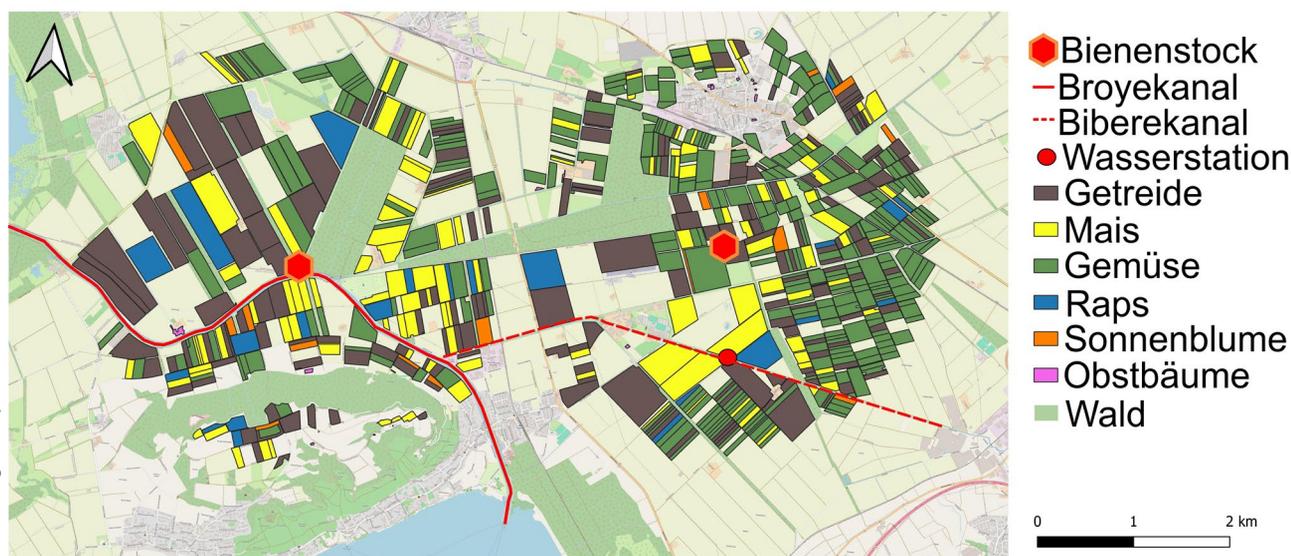
Die Wasserqualität in der Schweiz wird regelmässig durch Programme wie die Nationale Beobachtung Oberflächenwasserqualität (NAWA) und die Nationale Grundwasserbeobachtung (NAQUA) überwacht.¹ Im Vergleich zum Wasser ist die Überwachung von Pestiziden in der ländlichen Umwelt relativ unerforscht, insbesondere im Hinblick auf Bestäuber und andere Landlebewesen (beispielsweise Käfer oder Regenwürmer).

Durch ihre Nahrungssuche in einem grossen Umkreis können Honigbienen (*Apis mellifera*) einer Vielzahl an Pestiziden ausgesetzt sein.

In meiner Masterarbeit untersuchte ich, ob das Wassermonitoring Auskunft über Art und Höhe der Pestizidbelastung geben kann oder ob ein zusätzliches Monitoring für eine Risikobeurteilung für landlebende Organismen nötig ist. Ich verglich die Pestizidrückstände im



Foto: Ruedi Ritter



Angebaute Nutzpflanzen: überwiegend Getreide (braun), Mais (gelb), Gemüse (grün), Raps (blau), Sonnenblume (orange) und Obstbäume (pink) im Umkreis von 2 km um die Bienenstände in Witzwil (rotes Sechseck links) und Bellechasse (rotes Sechseck rechts) sowie die Probenahmestelle im Biberekanal (roter Punkt) im Jahr 2022. Waldgebiete werden in heller grüner Farbe dargestellt.
Die Daten wurden durch die Kantone Bern und Fribourg bereitgestellt und mit QGIS-Version 3.28 (www.qgis.org) visualisiert.

Aufgrund ihrer vielseitigen Anwendung in Landwirtschaft, Industrie und städtischen Gebieten gelangen Pestizide auf unterschiedlichen Wegen in die Umwelt. Pestizide werden direkt auf Kulturpflanzen ausgebracht, können aber auch indirekt auf Pflanzen gelangen. Je nach den Eigenschaften der Substanzen und des Bodens können sie sich dort anreichern, abbauen oder ins Grund- und Oberflächenwasser ausgewaschen werden. Über Prozesse wie Versickerung, Oberflächenabfluss oder atmosphärischen Transport können Pestizide weiterverbreitet werden – auch in Gebiete fernab ihres Ursprungs. Dabei können sich Rückstände auch auf Blütenpollen ablagern. Honigbienen sammeln Pollen und Nektar typischerweise in einem Radius von 2 bis 3 Kilometern um ihren Bienenstock. Bei ihrer Nahrungssuche kommen sie potenziell mit zahlreichen Pestizidquellen in Kontakt und können diese Rückstände in das Bienenvolk eintragen. Eine weitere mögliche Pestizidquelle im Bienenstock sind Medikamente, die in der Imkerei zur Behandlung von Bienenvölkern eingesetzt werden.

Bienenbrot von zwei Bienenständen mit denen im Wasser des nahegelegenen Biberekanals über eine ganze Saison. Meine Masterarbeit führte ich am Geographischen Institut der Universität Bern (Betreuung von Prof. Dr.

Aurea C. Chiaia-Hernández) und am Zentrum für Bienenforschung (ZBF; Betreuung Dr. Christina Kast) durch. Die Arbeit wurde kürzlich im *Journal Pest Management Science* publiziert.²

Untersuchungsort

Unsere Versuchsbienenstände stehen im landwirtschaftlich geprägten Seeland (Witzwil und Bellechasse; siehe Karte oben). Für unsere Versuche haben wir zwei Bienenstände untersucht, um die Pestizidrückstände möglichst vollständig abzudecken. Im Umkreis von zwei Kilometern um die Bienenstände wurden im Jahr 2022 verschiedene Kulturen wie Gemüse, Getreide und Obst angebaut, darunter auch beliebte Trachtquellen für Honigbienen wie Obstbäume, Mais, Raps und Sonnenblumen. Der Standort Bellechasse wurde bereits in einer früheren Studie untersucht.³ Die Pestizidrückstände im Bienenbrot wurden mit den Rückständen im nahegelegenen Biberekanal (1.2 km von Bellechasse entfernt) verglichen. Die Kultur- und Wasserdaten wurden freundlicherweise vom Amt für Umwelt Freiburg sowie vom Amt für Geoinformation des Kantons Bern und Freiburg bereitgestellt.

Sammeln von Bienenbrotproben und Aufbereitung

Alle zwei Wochen zwischen Ende März und Mitte August 2022 beprobten wir am ZBF zwei



Fotos: Agroscope

Probenahme. Links: Auswählen einer Wabe gefüllt mit Bienenbrot. Mitte: Ausschneiden einer Probe (ca. 30 cm²) mittels eines Messers. Rechts: Eine Probe verpackt in einem Plastikbeutel.



Fotos: Agroscope

Die Probenaufbereitung. Links: Die sorgfältige Trennung des Bienenbrots aus einer Wabe mittels eines speziell für diesen Zweck entwickelten Werkzeuges. Rechts: Die Homogenisierung des Bienenbrots in einer Petrischale mittels eines Stößels.

Bienenstände mit je fünf Völkern. Pro Volk schnitten wir zwei Rechtecke mit Bienenbrot aus zwei unterschiedlichen Waben, verpackten diese in Plastikbeutel und lagerten sie bis zur Probenaufbereitung bei uns im Tiefkühler.

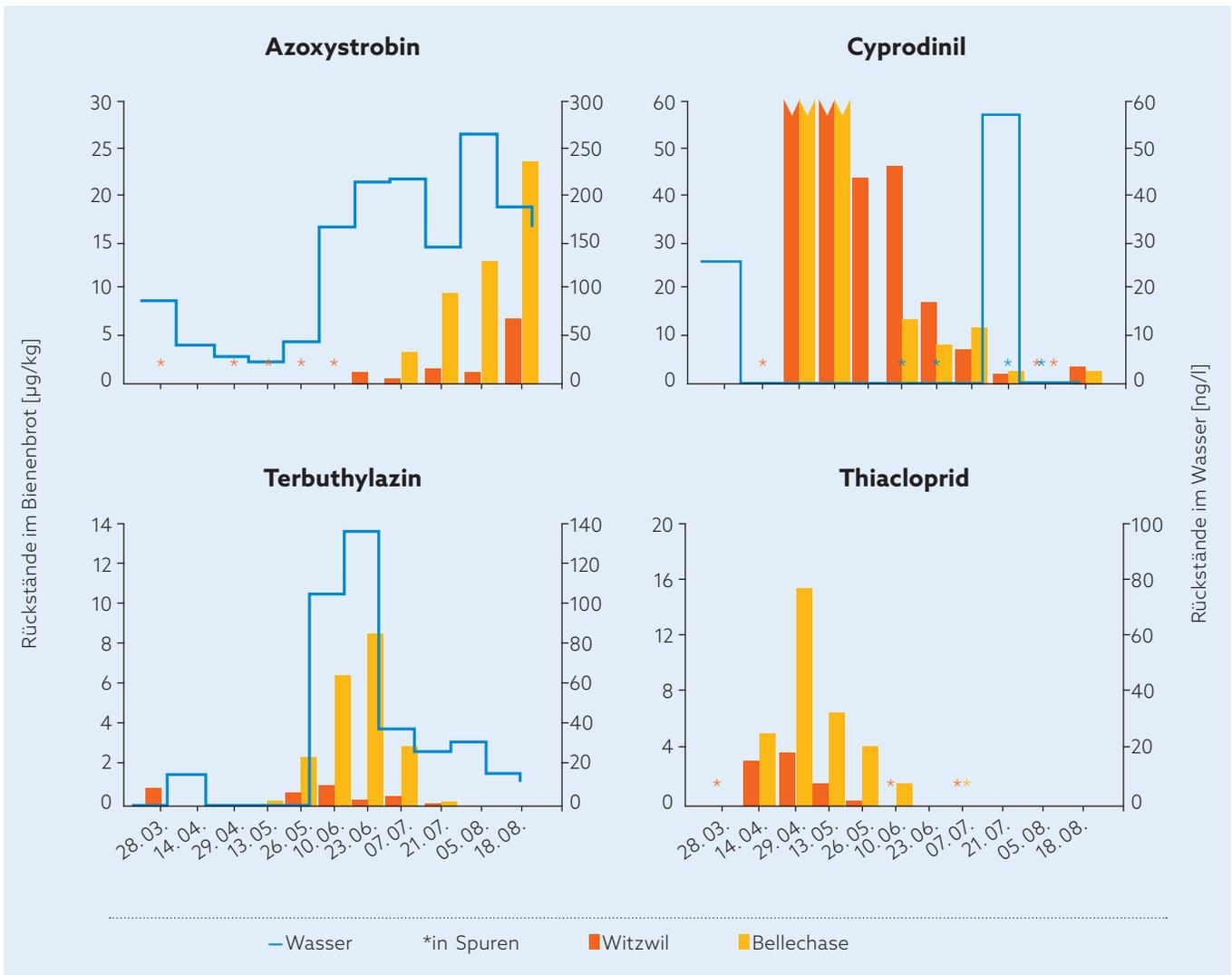
In einem weiteren Schritt trennte ich das Bienenbrot von der Brutwabe und homogenisierte es in einer Plastikschale. Ich analysierte die Bienenbrotproben auf 50 Pestizide mittels Chromatographie und Massenspektrometrie.

Gemessene Konzentrationen

Von den 50 untersuchten Pestiziden konnten wir 31 Pestizide in mindestens einer Probe

der Saison 2022 nachweisen. Am häufigsten vertreten war die Gruppe der Fungizide (17 Pestizide; z. B. Azoxystrobin, Cyprodinil), gefolgt von Insektiziden (acht Pestizide; z. B.

Ob ein Pestizid ins Grundwasser gelangt, hängt davon ab, wie schnell es im Boden abgebaut wird (Abbaurate; DT₅₀) und wie stark es sich an Bodenpartikel bindet (Haftung an Bodenpartikel; log K_{foc}). Der sogenannte GUS-Wert (Groundwater Ubiquity Score)⁴ gibt an, wie gross dieses Risiko ist. GUS-Werte über 2.8 bedeuten: Die Substanz kann leicht ins Grundwasser gelangen. GUS-Werte unter 1.8 zeigen: Die Substanz bleibt eher im Boden.



Der Vergleich von Pestizidrückständen im Bienenbrot an den beiden Standorten Witzwil (grau) und Bellechasse (orange) mit den Rückständen im Wasser des Biberekanals (dunkelblaue Linie) im Jahr 2022. Werte im Spurenbereich (> LOD < LOQ) sind mit einem Asterisk (*) gekennzeichnet.

Thiacloprid) und Herbiziden (vier Pestizide; z. B. Terbutylazin). Zusätzlich wurde auch ein Wirkungsverstärker für Insektizide nachgewiesen.

Vergleich mit den Rückständen im Wasser

Die Grafik oben zeigt exemplarisch vier Pestizide meiner Untersuchung: Beim Vergleich der gemessenen Konzentrationen im Bienenbrot an den beiden Standorten mit den Rückständen im Biberekanal zeigt sich, dass Azoxystrobin und Terbutylazin sowohl im Bienenbrot als auch im Wasser zeitgleich nachweisbar sind. Für diese beiden Pestizide können die Wasserdaten des Biberekanals Auskunft über die Art und den Zeitpunkt die-

ser beiden Pestizide geben, wie in der Grafik ersichtlich wird. Anders verhalten sich jedoch Cyprodinil und Thiacloprid: Diese beiden Pestizide treten zeitlich versetzt oder nur im Bienenbrot auf. So erreicht Cyprodinil im Bienenbrot im April und Mai Spitzenwerte, während es im Wasser des Biberekanals lediglich im März und Juli festgestellt wurde. Thiacloprid wurde zwar im Bienenbrot an beiden Standorten nachgewiesen, im Wasser jedoch zu keinem Zeitpunkt.

Für Cyprodinil und Thiacloprid geben Wasserdaten somit keine Auskunft über das zeitliche Auftreten und die Exposition gegenüber Landlebewesen. Thiacloprid war in der Schweiz früher als Insektizid im Rapsanbau



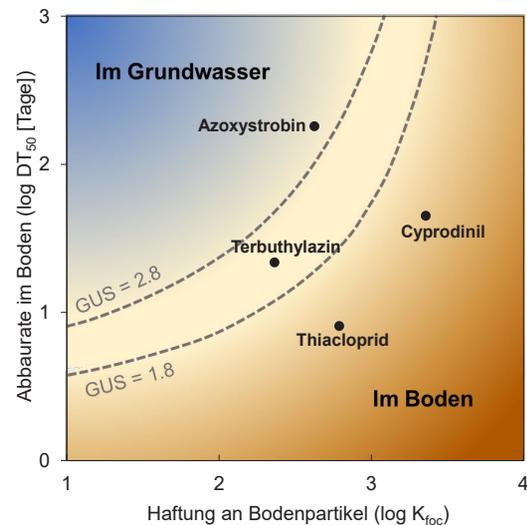
gegen den Rapsglanzkäfer zugelassen, jedoch seit dem 30. September 2021 nicht mehr erlaubt. Vermutlich wurden 2022 noch Restmengen ausgebracht, denn in den Folgejahren wurde Thiacloprid im Bienenbrot nicht mehr nachgewiesen.

Eigenschaften der Pestizide erklären das Verhalten im Boden

Eine mögliche Erklärung für das zeitliche Auftreten von Pestiziden im Bienenbrot und Wasser können ihre physikalisch-chemischen Eigenschaften geben, die anhand des GUS-Index erklärt werden können (siehe Kasten). Dieser zeigt das unterschiedliche zeitliche Auftreten von Rückständen wie Cyprodinil und Thiacloprid im Bienenbrot im Vergleich zu Wasser (siehe Grafik unten). Pestizide unterhalb der grau-gestrichelten Linie «GUS 1.8» verbleiben eher im Boden und gelangen nicht oder nur verzögert ins Wasser. Die Pestizide Cyprodinil und Thiacloprid haben niedrige GUS-Werte (1.06 und 1.1) und bleiben daher eher im Boden. Zur Erfassung dieser Pestizide ist ein zusätzliches Monitoring mit Bienenbrot sinnvoll, um die Exposition der Landlebewesen wie Honigbienen gegenüber solchen Pestiziden besser erfassen zu können. Im Vergleich zu Cyprodinil und Thiacloprid hat Azoxytrobilin einen hohen GUS-Wert (3.1) und kann leichter ins Grundwasser gelangen. Deshalb konnten wir dieses Pestizid zur gleichen Zeit im Wasser als auch im Bienenbrot nachweisen. Terbutylazin liegt mit 2.19 dazwischen – es wurde in unserem Fall trotzdem im Grundwasser nachgewiesen.

Bienenbrot ergänzt Wassermonitoring

Das Fazit meiner Masterarbeit ist, dass ein Monitoring mittels Honigbienen eine wertvolle Ergänzung zum herkömmlichen Wassermonitoring darstellt, da es eine zeitnahe Überwachung von Pestiziden in einer ländlichen Umgebung aufzeigt. Wassermessungen erfassen nicht alle Pestizide, welche für Bestäuber wie Bienen relevant sind. Bienenbrot oder Pollen geben Auskunft über eine umfassende Pestizidexposition für Landlebewesen. ✕



Grafik: Agroscope

Vergleich der logarithmischen Abbaurate im Boden mit der logarithmischen Haftung an Bodenpartikel unter Einbeziehung des GUS-Index für die in Bienenbrot und Wasser enthaltenen Pestizide. Die Werte der Abbaurate im Boden sowie die Werte der Haftung an Bodenpartikel wurden der Pesticide Properties Database (PPDB)⁵ entnommen.

Literatur

- 1 Bundesamt für Umwelt (BAFU). Thema Wasser. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wasser.html>
- 2 Stalder S, Fracheboud M, Stalder AK, Droz B, Chiaia-Hernández AC und Kast C. (2025). Bee bread collected by honey bees (*Apis mellifera*) as a terrestrial pesticide biomarker to complement water studies. *Pest Manag Sci*, 81(3), 1400–1411. <https://doi.org/10.1002/ps.8541>
- 3 Schaad E, Fracheboud M, Droz B und Kast C. (2023). Quantitation of pesticides in bee bread collected from honey bee colonies in an agricultural environment in Switzerland. *Environ Sci Pollut Res* 30:56 353–56 367. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-26 268-y>.
- 4 Gustafson DI. (1989). Groundwater ubiquity score: a simple method for assessing pesticide leachability. *Environ Toxicol Chem* 8:339–357. <https://doi.org/10.1002/etc.5620 080 411>.
- 5 Lewis KA, Tzilivakis J, Warner DJ und Green A. (2016). An international database for pesticide risk assessments and management. *Hum Ecol Risk Assess* 22:1050–1064 (2016). <https://doi.org/10.1080/10 807 039. 2015.1 133 242>