

## Honigmonitoring am Flughafen München 2023



**Auftraggeber**

Flughafen München GmbH  
Postfach 23 17 55  
85326 München-Flughafen

**Bearbeitung**

Dr. Monica Wäber  
Dipl.-Ing. Univ. (TUM) Frank Pompe

UMW Umweltmonitoring  
Wallbergstr. 13  
82054 Sauerlach  
Telefon +49 8104 2541 406  
Email [waeber@umweltmonitoring.com](mailto:waeber@umweltmonitoring.com)  
Internet [www.umweltmonitoring.com](http://www.umweltmonitoring.com)  
Ust-Id.Nr.: DE1831168827

**Stand**

15.02.2024

**Karten- und Bildnachweis:**

Übersichtskarten: Flughafen München GmbH

Fotos: Flughafen München GmbH (FMG), Markus Strutz, Monica Wäber, Bruno Willing

Hinweis: Die Bilder dürfen nicht anderweitig verwendet werden.

**Titelseite:**

Auffütterung der Bienenvölker am Standort MFS nach der Sommertracht 2023 [© Bruno Willing]

## Danksagung

Denjenigen, die zur Durchführung des „Honigmonitorings am Flughafen München“ beigetragen haben, gilt 2023 wieder unser Dank:

- den Imkern aus den Landkreisen Freising und Aichach für die Aufstellung und Betreuung der Bienenvölker und den fachlichen Austausch,
- der Flughafen München GmbH (FMG) als finanzieller Trägerin und
- dort Frau Bettina Hölzl im Konzernbereich Recht, Gremien, Compliance und Umwelt für die fachliche Betreuung.

## Auf einen Blick

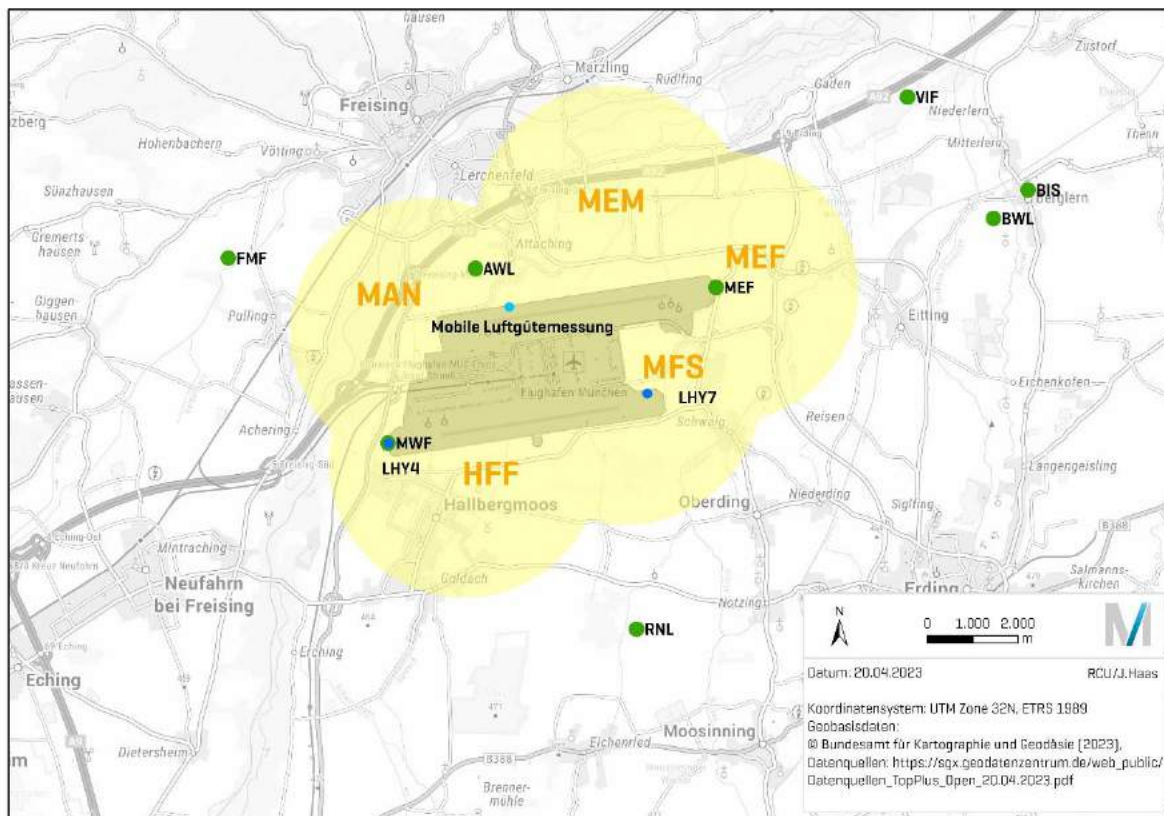
Das Honigmonitoring 2023 bestätigt die seit 2008 kontinuierlich durchgeführten Untersuchungen: Honige aus der Münchner Airportregion sind von hoher Qualität und unbedenklich für den Verzehr. Ein Einfluss des Flughafenbetriebs auf Pollen, Wachs und Honig aus dem Umfeld ist nicht feststellbar. Rückstände liegen in für Nahrungsmittel üblichen, niedrigen und unbedenklichen Bereichen.

Die Bienen der 29 Bienenvölker an 4 Standorten unmittelbar am Münchner Flughafen und 13 Völker am neuen flughafennahen Standort hatten während des Bienenjahres 2023 rund 730 kg Honig produziert und damit die Erntemengen der Vorjahre wieder übertroffen. Das Besondere: Der Flughafenhonig war erstmals „Bio“. Die Bienen werden 2024 wieder für das Honigmonitoring im Einsatz sein.



**Bild: „Flugwolken“ (dunkelgrün) der Bienenvölker schematisch (links) und Honigmonitoring-Standorte im Kontext der Luftgütemessungen des Flughafens München 2023 (unten)**

• Flugwolke der Bienenvölker HFF, MFS, MEF, MAN des Flughafens, • stationäre und • mobile Luftgütemessstationen, • Biomonitoring-Untersuchungen [Karten: Flughafen München GmbH]



## Zusammenfassung

### Honigmonitoring am Flughafen München

**Bienen** reagieren sensibel auf Umwelteinflüsse und kommen bei ihren Flügen mit Schadstoffen in der Luft, im Niederschlag, Wasser und auf den Blüten in Kontakt. Die Luftverunreinigungen können als Rückstände in Pollen, Wabenwachs und Honig verbleiben.

**Honig** ist ein reines Naturprodukt und ein beliebtes Nahrungsmittel. Ob der von den Bienen am Münchner Airport produzierte Honig von Schadstoffen aus dem Flughafenbetrieb unbelastet ist, ist für die Bürger im Umland und für die Flughafenmitarbeiter von großem Interesse.

**Honigmonitoring** startete 2008 am Münchner Flughafen, um diese Frage zu beantworten. Das Honigmonitoring hat sich als freiwilliger und valider Umweltservice des Flughafens für die Region etabliert (Kapitel 1.1 bis 1.3).

### Untersuchungsumfang

**Drei flughafennahe Bienenvölker-Standorte, seit 2022 ein vierter, unmittelbar am Flughafen sowie ein fünfter flughafennah**, seit 2023 voll integriert, decken mit den Flugwolken der Bienen das Flughafengelände repräsentativ ab, sowie das angrenzende Umland. Weitere drei Standorte liegen im ähnlich strukturierten **Referenzgebiet Aichach** ohne Flughafeneinfluss (Kapitel 2.1).

Weil Bienen empfindlich auf Schadstoffe und Beeinträchtigungen ihrer Umwelt reagieren, wird ihre **Vitalität**, d. h. ihre Entwicklung, und die produzierte Honigmenge dokumentiert.

Honiguntersuchungen liefern aussagekräftige Antworten zur Frage nach Rückständen typischer Luftverunreinigungen in diesem Lebensmittel aus der Airportregion. Neben Honig werden Pollen und Wachs im Labor auf Rückstände der Luftverunreinigungen untersucht, um die gesamte Anreicherungskette zu betrachten (Kapitel 2.2).

**Pollen-, Wachs- und Honigproben** von Früh- und Sommertracht werden auf ausgewählte Metalle und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) untersucht, die als typische Luftverunreinigungen aus dem Flughafenbetrieb stammen können, oder umweltgiftig wirken können. Honige der Standorte am und nahe des Münchner Flughafens werden zudem amtlich auf seine Qualität geprüft und auf Pestizidrückstände analysiert (Kapitel 2.3 und 2.4).

### Bewertungsmaßstäbe

Die Bewertung, ob Einflüsse des Flughafenbetriebs oder weiterer Quellen von Luftverunreinigungen erkennbar werden, erfolgt primär anhand des **Vergleichs mit dem Referenzgebiet Aichach**. Zudem werden Referenzstandorte weiterer Vergleichsgebiete herangezogen, insbesondere der Referenzstandort BRS im Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin, aus dem Bienenmonitoring im Umfeld der Berliner Flughäfen BER/ Schönefeld und Tegel 2013–2023.

Zum Schutz der menschlichen Gesundheit begrenzen **Lebensmittel-Höchstgehalte** gemäß EU-Verordnungen den Gehalt unerwünschter Stoffe in Lebensmitteln auf toxikologisch vertretbare Werte. Für Honig sind Höchstgehalte für Blei und Quecksilberverbindungen direkt anwendbar. Für Pollen sind Höchstgehalte für Quecksilberverbindungen, für Benzo[a]pyren als Leitsubstanz der PAK und für den Summenwert PAK4 anwendbar. Beurteilungswerte für weitere untersuchte Stoffe sind für andersartige Lebensmittel festgelegt und können orientierend herangezogen werden (Kapitel 2.5).

Die **zeitliche Entwicklung 2018–2023** lässt Rückschlüsse auf etwaige Einflüsse des Flughafenbetriebs zu: Als Auswirkung der Coronapandemie war das Flugverkehrsaufkommen im Jahr 2020 drastisch gegenüber 2018 und 2019 zurückgegangen, dem Jahr mit der bislang größten Anzahl an Flugbewegungen am Flughafen München. Danach stieg es bereits 2022 wieder auf rund 70 % der Werte 2018 und 2019 an und 2023 gegenüber 2022 nochmals um rund 7 % (Kapitel 1.3).

## Ergebnisse

### Vitale Bienenvölker

Auf ihren Flügen über die Blühflächen am und im Umfeld des Flughafens München sammeln die Bienen Blütenpollen und Blütennektar. Mit dem Pollen ernähren sie ihre Brut. Aus dem Nektar produzieren sie Honig. Schon 2021 konnten die 22 Bienenvölker an den damals drei Flughafenstandorten trotz witterungsbedingt „schlechtem Bienenjahr“ 440 kg Honig produzieren, mehr als 2020. Im Jahr 2022 waren es sogar 640 kg Honig, den die dann 30 Bienenvölker an 4 Standorten am Münchner Flughafen produzierten. Aktuell sind es rund 730 kg Honig, den 29 Bienenvölker an nun 5 Standorten am und um den Münchner Flughafen produzierten. Insgesamt zeigten die Vitalitätsuntersuchungen Unterschiede zwischen Trachtperioden, Jahren und Standorten, die in ähnlichem Ausmaß auch in anderen Monitorings festgestellt wurden, aber unabhängig davon waren, ob die Bienenvölker flughafennah oder -fern leben (Kapitel 3.1).

### Qualität des Flughafenhonigs

Der als „Feiner Flughafenhonig aus der Airfolgsregion“ abgefüllte Honig erfüllte in allen Vorjahren nach amtlicher Prüfung durch die Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau die Qualitätsanforderungen der Honigverordnung. Seit 2023 darf der als „Flughafenhonig“ abgefüllte Honig sich als „Bio“ bezeichnen. Der „Bio-Flughafenhonig“ darf auf dem Etikett das EU-Bio-Siegel und das deutsche Bio-Siegel tragen, denn er erfüllt als erster Honig eines deutschen Flughafens die Vorgaben der Kennzeichenverordnung „DE-Öko-037“.

Da Bienen und Honig durch Pestizide beeinträchtigt werden können, werden die Flughafenhonige von der Landesanstalt für Bienenkunde der Universität Hohenheim auf Pflanzenschutzmittel-Substanzen und Varroa-Bekämpfungsmittel geprüft (Varroa-Milben sind Bienenschädlinge). Im Jahr 2023 wurden in drei Honigen jeweils eines von 36 untersuchten Pestiziden nachgewiesen – nahe der Bestimmungsgrenze. Auch diese drei Honige entsprachen den gesetzlichen Bestimmungen (Kapitel 3.2).

### Metalle in Pollen, Wachs und Honig im Bereich von Standorten abseits von Flughäfen

Von den ausgewählten Metallen stellen Verkehr und Flughafenbetrieb direkte potenzielle Quellen für Antimon (Sb), Blei (Pb), Chrom (Cr), Eisen (Fe), Kupfer (Cu), Nickel (Ni), und Zink (Zn) dar. Arsen (As), Cadmium (Cd) und Quecksilber (Hg) wurden untersucht, weil sie ökotoxisch (umweltgiftig) wirken können.

Die Gehalte der Metalle in Pollen, Wachs und Honig lagen flughafennah im Bereich der Ergebnisse aus dem Referenzgebiet Aichach und weiterer Referenzstandorte (Kapitel 3.4 ff.). Die Gehalte von Cadmium und Nickel in Wachs sowie von Cadmium und der Spurenelemente Kupfer, Eisen, Nickel und Zink in Honig lagen flughafennah sogar zeitweise niedriger als im Referenzgebiet Aichach (Kapitel 3.7, 3.10, 3.11, 3.13). Lediglich die Arsengehalte in Pollen lagen im oberen Bereich der Wertespanne des Referenzgebiets Aichach (Kapitel 3.5). Dies ist sehr wahrscheinlich auf die natürlich erhöhten Arsengehalte in Böden des Erdinger und Freisinger Mooses zurückzuführen. Verkehr und

Flughafenbetrieb stellen keine direkten Arsenquellen dar. Alle **Metallgehalte** in Pollen, Wachs und Honig waren **unauffällig niedrig**. Höchstgehalte und Beurteilungswerte wurden in den Pollen- und Honigproben deutlich unterschritten.

Es war **kein Einfluss des Flughafenbetriebs bezüglich der Metallgehalte** feststellbar. Auch eine zeitliche Entwicklung, die mit der Coronapandemie bedingten Entwicklung der Flugzahlen korrespondieren würde, zeigte sich weder für Pollen, noch für Wachs oder Honig. Der Coronapandemie bedingte drastische Rückgang des Flugverkehrsaufkommens 2020 gegenüber den Vorjahren wurde also in den Ergebnissen der Coronapandemiejahre seit 2020 und dem Wiederanstieg der Flugzahlen auf 70 % des Vor-Corona-Niveaus in 2022 nicht deutlich (Kapitel 3.4 ff.).

### **PAK in Pollen, Wachs und Honig ebenfalls unauffällig und niedrig**

Für die polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe stellen – saisonal – häusliche Kleinf Feuerungsanlagen (Hausbrand) mit 80% Anteil die Hauptquelle dar. Der Verkehr ist hingegen eine kontinuierliche Quelle mit geringem Anteil (2%; UBA 2016).

Die PAK-Gehalte in Pollen, Wachs und Honig lagen flughafennah im Bereich der Ergebnisse aus dem Referenzgebiet und weiterer Referenzstandorte (Kapitel 3.14).

Saisonale Unterschiede hatten sich für PAK in Pollen in den Jahren 2018 und 2019 angedeutet. In diesen Jahren waren Proben der Frühtracht und der Sommertracht getrennt analysiert worden. Im Jahr 2023 wurde vom neuen flughafennahen Standort MEM nur Pollen der Frühtracht untersucht. In Pollen der Frühtracht lagen die PAK-Gehalte teilweise tendenziell höher als in Pollen der Sommertracht. Dies weist auf den saisonalen Einfluss häuslicher Kleinf Feuerungsanlagen als Ursache hin und wird durch die Ergebnisse des Bienenmonitorings im Umfeld der Berliner Flughäfen BER (ehemals Schönefeld) und Tegel 2013–2023 bestätigt.

Alle **PAK-Gehalte** in Pollen, Wachs und Honig waren **unauffällig niedrig**. In den Pollen- und Honigproben unterschritten sie Höchstgehalte weit, die für die Bienenprodukte Propolis und Gelée Royale gemäß Verordnung (EU) 2023/915 festgelegt sind.

Es war **kein Einfluss des Flughafenbetriebs bezüglich der PAK-Gehalte** feststellbar. Eine zeitliche Entwicklung, die mit der Coronapandemie bedingten Entwicklung der Flugzahlen korrespondieren würde, zeigte sich für Pollen, Wachs und Honig nicht. Eine Auswirkung der Coronapandemie auf die PAK-Ergebnisse war somit nicht erkennbar (Kapitel 3.14).

## Inhaltsverzeichnis

Danksagung .....	3
Auf einen Blick .....	4
Zusammenfassung .....	5
Inhaltsverzeichnis .....	8
1 Einleitung.....	10
1.1 Luftgüte und Untersuchungsprogramme am Flughafen München .....	10
1.2 Bienen, Pollen, Wachs und Honig .....	11
1.3 Zielsetzung des Honigmonitorings am Flughafen München seit 2008.....	13
2 Untersuchungskonzept und -methoden .....	16
2.1 Standorte .....	16
2.2 Pollen-, Wachs- und Honigproben .....	18
2.3 Stoffe und Parameter .....	21
2.4 Analysenverfahren und Bestimmungsgrenzen.....	23
2.5 Maßstäbe zur Ergebnisbeurteilung .....	24
2.6 Messunsicherheit.....	29
3 Ergebnisse .....	30
3.1 Vitalitätserhebung .....	30
3.2 Qualitätsuntersuchungen und Pestizidrückstandsanalysen .....	32
3.3 Stoffgehalte in Pollen, Wachs und Honig im Vergleich .....	34
3.4 Gehalte von Antimon in Pollen, Wachs und Honig.....	35
3.5 Gehalte von Arsen in Pollen, Wachs und Honig .....	36
3.6 Gehalte von Blei in Pollen, Wachs und Honig .....	38
3.7 Gehalte von Cadmium in Pollen, Wachs und Honig .....	40
3.8 Gehalte von Chrom in Pollen, Wachs und Honig .....	42
3.9 Gehalte von Eisen in Pollen, Wachs und Honig.....	43
3.10 Gehalte von Kupfer in Pollen, Wachs und Honig .....	45
3.11 Gehalte von Nickel in Pollen, Wachs und Honig .....	47
3.12 Gehalte von Quecksilber in Pollen, Wachs und Honig.....	49
3.13 Gehalte von Zink in Pollen, Wachs und Honig .....	51
3.14 Gehalte von PAK in Pollen, Wachs und Honig.....	53
4 Abkürzungen .....	59

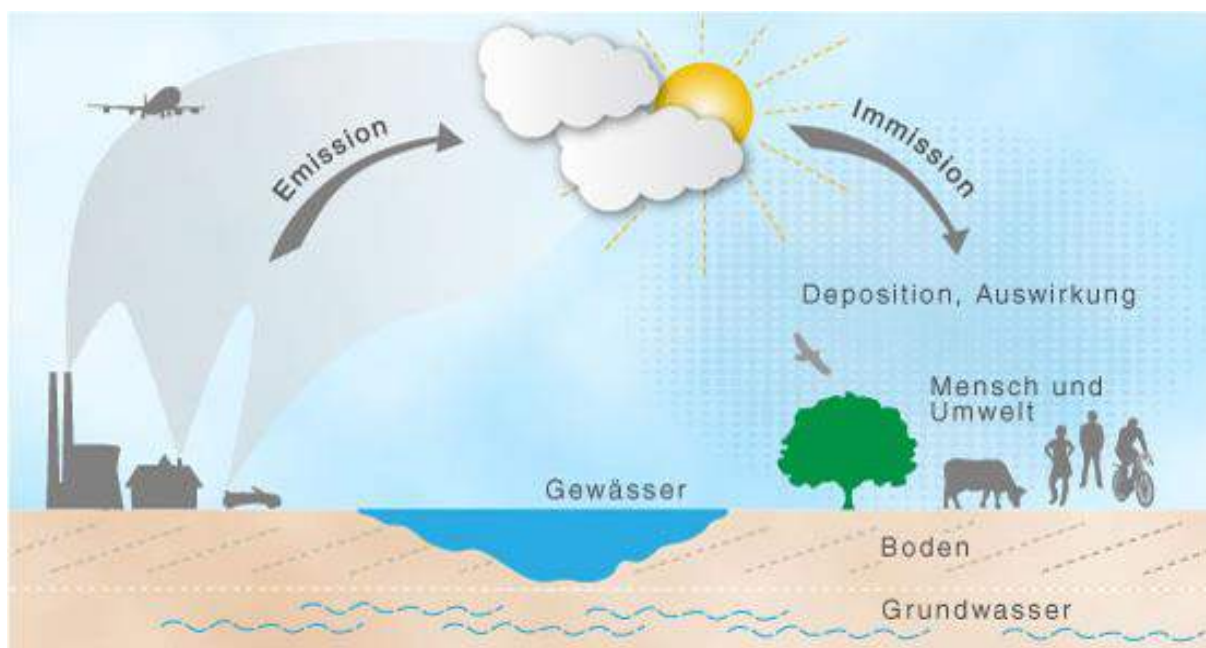


5	Glossar .....	61
6	Literatur .....	64
6.1	Gesetzliche Grundlagen .....	64
6.2	Normen, Richtlinien, Vorschriften .....	65
6.3	Literatur.....	66
6.4	Quellen im Internet .....	67
6.5	Berichte zum Honigmonitoring der FMG .....	68
7	Abbildungsverzeichnis.....	69
8	Tabellenverzeichnis.....	71
9	Anhang A: Qualitätsuntersuchungen .....	72
9.1	Ergebnisbeispiele der Qualitäts- und Pestiziduntersuchungen .....	72
10	Anhang B: Einzelergebnisse der PAK-Analysen .....	74
10.1	Einzelergebnisse der PAK-Analysen von Pollen 2018–2023.....	74
10.2	Einzelergebnisse der PAK-Analysen von Wachs 2018–2023.....	76
10.3	Einzelergebnisse der PAK-Analysen von Honig 2018–2023 .....	79

## 1 Einleitung

### 1.1 Luftgüte und Untersuchungsprogramme am Flughafen München

**Luftverunreinigungen** werden beim Betrieb eines Flughafens an die Umgebungsluft abgegeben: z. B. Metalle und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), durch Abrieb- und Verbrennungsprozesse am Boden und im Flugbetrieb. Die freigesetzten Stoffe (*Emission*) werden über die Luft verfrachtet, verdünnt, durchmischt und teilweise umgewandelt. Diese Vorgänge werden als *Transmission* bezeichnet. An der Luftgüte haben neben dem Flughafenbetrieb eine Vielzahl weiterer Quellen Anteil (Bild 1.1-1): die regionalen Industrie- und Landwirtschaftsbetriebe, der gesamte Verkehr ringsum und die Heizungsanlagen der Haushalte sowie der Ferntransport von Luftverunreinigungen. Die Luftverunreinigungen an ihrem Wirkort, in der Umgebungsluft von Menschen, Tieren und Pflanzen, bezeichnet man *Immissionen*. Wie Immissionen sich in Pflanzen und Tieren anreichern und wie sie auf die Lebewesen wirken, wird durch den Begriff *Immissionswirkungen* beschrieben. Die verwendeten Fachbegriffe sind im Glossar dieses Berichts (Kap. 5) gesammelt und erläutert.



**Bild 1.1-1: Wie gelangen die Schadstoffe in die Umwelt? [© Monica Wäber]**

**Luftgütemessungen** werden seit 1991 am Flughafen München mit technischen Verfahren durchgeführt. Aktuell messen zwei stationäre Messstellen – eine im Westen und eine im Osten des Flughafengeländes – die Immissionen, sowie eine mobile Luftgütemessstation mit wechselndem Einsatz auf dem Flughafengelände oder in den Umlandkommunen (Bild in „Auf einen Blick“: zum Start der Bienen-saison 2023 nördlich der Nordbahn; aktuell zur Berichtslegung in Hallbergmoos).

**Untersuchungen der Auswirkungen der Luftgütesituation** betreibt die Flughafen München GmbH (FMG) seit 2006: durch Messungen von Stoffen im Niederschlag (Deposition) und in Pflanzen mittels Biomonitoring in der Nachbarschaft des Flughafens in den Landkreisen Erding und Freising (Bild in

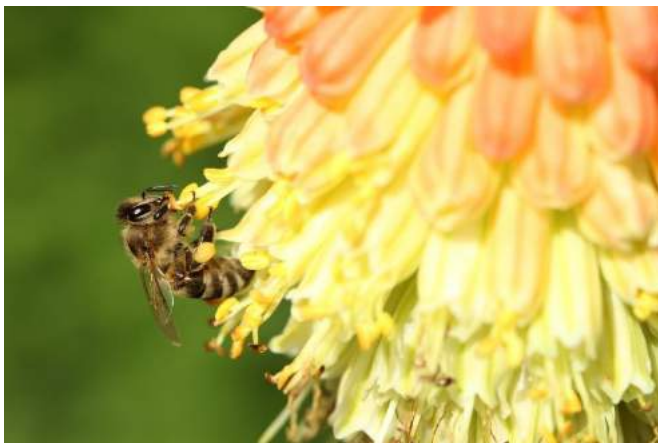
„Auf einen Blick“), langfristig auch in einem vom Flughafen nicht beeinflussten *Referenzgebiet* (Quelle im Internet, Stand 22.12.2023: [www.munich-airport.de/biomonitoring](http://www.munich-airport.de/biomonitoring)).

**Honigmonitoring** ergänzt diese Luftgüte-Untersuchungsprogramme seit 2008 als freiwilliger orientierender Umweltservice. Ziel ist, mögliche Einflüsse des Flughafens München auf das Nahrungsmittel Honig zu untersuchen, das in der freien Natur der Airportregion produziert wird (Quelle im Internet, Stand 22.12.2023: <https://www.munich-airport.de/honig>). Honigmonitoring schlägt die Brücke zu weiteren Umwelt- und Naturschutzaktivitäten des Flughafens München.

## 1.2 Bienen, Pollen, Wachs und Honig

Wie können Luftverunreinigungen in Honig gelangen?

**Bienen** kommen bei ihren Flügen mit Stoffen in Luft, Niederschlag, Wasser und Trachtpflanzen in Kontakt und reagieren empfindlich auf Schadstoffe und Störungen ihrer Lebensbedingungen.



Ein Bienenvolk besteht in der Regel aus 40.000 bis zu 60.000 Bienen (Partnerimker 2012). Bienen ernähren sich von Blütennektar oder Honigtau und Blütenstaub (Pollen). Eine Sammlerbiene besucht dazu durchschnittlich 1000 Blüten der Trachtpflanzen täglich (Bild 1.2-1). Bei ihrem Sammelflug überfliegen die Sammlerinnen eines Volkes ein Gebiet mit einem Radius von bis zu rund 3 km und einer Fläche bis zu 30 km<sup>2</sup> (Bogdanov 2006).

**Bild 1.2-1: Biene sammelt Blütennektar und -pollen**

[© Flughafen München GmbH]

**Pollen** der Trachtpflanzen ist, je nach Pflanzenart, mehr oder weniger direkt Immissionen aus der Luft ausgesetzt und kann diese anreichern. Daher kann er als direkter *Bioindikator* betrachtet werden (Biomonitoring, VDI 3957 Blatt 1): Als Teil pflanzlicher Organismen zeigt er *Immissionswirkungen* als Anreicherung von Luftverunreinigungen an (Kap. 1.1). Der eiweißreiche Blütenpollen wird von den Bienen durch Speichel fermentiert und in speziellen Wabenbereichen im Bienenstock eingelagert. Dort dient er als sogenanntes *Bienenbrot* zur Ernährung der Brut (VDI 4330 Blatt 4).

Menschen nutzen den Blütenpollen als Nahrungsergänzungsmittel.

**Wachs** stammt nicht wie der Pollen aus der Umwelt, sondern wird von den Bienen hergestellt. Das Bienenwachs wird von jungen Honigbienen mit Wachsdrüsen produziert. Es besteht zu etwa 65 Gewichtsprozenten aus Myricin, einem Gemisch von Estern langkettiger Alkohole und Säuren. Ein Bienenvolk erzeugt jährlich etwa 800 g Wachs (Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau LWG). Die von den Bienen abgesonderten Wachsplättchen haben zunächst eine weiße Farbe. Durch Aufnahme des carotinhaltigen Pollenöls aus dem Blütenpollen wird das Wabenwachs gelb. Die ursprünglich hellen Waben nehmen nach längerer Zeit im Bienenvolk durch das Bebrüten eine braunschwarze Farbe an. In der Regel bauen die Bienen nur die Drohnenwaben für die Aufzucht der männlichen Bienen in *Wildbau* (Naturbau) komplett selbst (Bild 1.2-2).

Waben, in denen sie Pollen, Honig und die Brut für Arbeiterinnen einlagern, bauen sie auf vorgefertigte Wachsmittelwände auf. Diese Mittelwände hängen die Imker vorher in den Bienenstock ein<sup>1</sup>, was den Bienen etwa die Hälfte der eigenen Wachsproduktion erspart. Vorgefertigte Mittelwände werden aus dem Fachhandel bezogen, oder von den Imkern aus eigenem Wachskreislauf selbst hergestellt. Hierzu werden ältere Waben eingeschmolzen und die Schmutzstoffe abgetrennt, wodurch wieder helles Wachs entsteht. Die Imker des Honigmonitorings am Flughafen München verwenden ausschließlich Wachsmittelwände aus eigenem Kreislauf<sup>2</sup>.



**Bild 1.2-2: Drohnenwabe (in Wildbau) vom Standort MEF am Flughafen München**

[© Bruno Willing]

Größter Verbraucher von Bienenwachs ist die kosmetische und pharmazeutische Industrie: Bienenwachs ist ein Bestandteil von Kosmetika und Heilmitteln<sup>3</sup>. Bienenwachs wird als Lebensmittelzusatzstoff E 901<sup>4</sup> als Trenn- und Überzugsmittel z. B. für Gummibärchen verwendet.

**Honig** ist wie Wachs ein von den Bienen hergestelltes Produkt. Die Bienen sammeln zuckerhaltige Ausscheidungen von Blüten, den Nektar, und zuckerhaltigen Pflanzensaft oder Ausscheidungen an Pflanzen saugender Insekten, den Honigtau. Sie setzen dem Nektar und Honigtau Enzyme und andere Wirkstoffe zu und entziehen dem Umwandlungsprodukt Wasser, bis es schließlich in den Waben als Honig eingelagert wird.

Blütenhonig produzieren die Bienen als Frühtracht im Frühjahr und als ein oder zwei *Trachten* im Laufe des Sommers (letzte manchmal als Spättracht vor der Einwinterung) – pro Volk etwa 20 bis 30 Kilogramm pro Jahr. Stoffe, die die Bienen mit dem Nektar und Honigtau aufnehmen, können aus ihren Honigblasen in das umliegende Körpergewebe abgeschieden werden. Wenn Nektar und Honigtau im Stock von Biene zu Biene weiter gereicht werden, können so die Stoffgehalte im Honig bei dessen Produktion in einem gewissen Maß abnehmen, und gleichzeitig in den Bienen zunehmen.

<sup>1</sup> Für die Wachsproben aus Wildbau, die seit 2013 einheitlich untersucht werden, werden etwa gleichzeitig errichtete und gleich lang im Stock verbliebene Drohnenwaben nach dem Drohnenschlupf verwendet. Die Imker hängen dazu leere Rähmchen in den Stock, die von den Bienen für den Drohnenwabenbau angenommen werden.

<sup>2</sup> Nur im Jahr 2012 kauften die Imker zum Teil gegossene Wachsmittelwände aus dem Fachhandel zu, kehrten aber im Folgejahr zur ausschließlichen Verwendung eigenen Wachses („aus eigenem Kreislauf“) zurück.

<sup>3</sup> Agroscope - Zentrum für Bienenforschung (Schweiz), Quelle im Internet: <https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/themen/nutztiere/bienen/bienenprodukte/Bienenwachs.html> (Stand 22.12.2023)

<sup>4</sup> Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR), Quelle im Internet: [http://www.bfr.bund.de/de/bewertung\\_von\\_tierischen\\_stoffen\\_\\_die\\_in\\_lebensmitteln\\_vorkommen-54428.html](http://www.bfr.bund.de/de/bewertung_von_tierischen_stoffen__die_in_lebensmitteln_vorkommen-54428.html) (Stand 22.12.2022)

### 1.3 Zielsetzung des Honigmonitorings am Flughafen München seit 2008

**Honig** ist ein beliebtes Nahrungsmittel: Der pro Kopf Verbrauch liegt bei rund 1 Kilogramm pro Jahr. Gleichzeitig ist das Naturprodukt Honig den Umwelteinflüssen im Sammelgebiet der Bienen ausgesetzt.

**Honigmonitoring** startete 2008 am Münchner Flughafen, um die Frage zu beantworten, ob Honig aus der Flughafenregion mit Schadstoffen aus dem Luftverkehr belastet ist. Honigmonitoring ist keine von den Aufsichtsbehörden vorgeschriebene Auflage (Kap. 1.1), sondern ein freiwilliger Umweltservice des Flughafens für die Bürger der Region. Mit Honigmonitoring wird untersucht, ob der Betrieb des Flughafens Einfluss auf den im Umfeld gesammelten Pollen und auf die Qualität von Wachs und Honig Einfluss hat, die von den Bienen hergestellt werden. Das Honigmonitoring zeichnet sich durch seine große Multiplikatorwirkung aus: Es bietet Anknüpfungspunkte zu weiteren Umwelt- und Naturschutzaktivitäten des Flughafens München (<https://www.munich-airport.de/naturschutz-87317>, Quelle im Internet, Stand 23.12.2023).

Das Honigmonitoring hat sich als valide Untersuchung etabliert:

- Weil Bienen empfindlich auf Schadstoffe und Beeinträchtigungen ihrer Umwelt reagieren, wird ihre Entwicklung, *Vitalität* und die produzierte Honigmenge dokumentiert.
- Honiganalysen liefern aussagekräftige Antworten zur Frage nach *Rückständen* typischer Luftverunreinigungen in diesem Lebensmittel aus der Airportregion.
- Neben Honig werden Pollen und Wachs im Labor untersucht, um die gesamte Anreicherungskette zu betrachten.

Das Honigmonitoring am Flughafen München startete 2008 mit Bienenvölkern an elf Standorten in den Landkreisen Erding, Freising und Aichach. Aichach wurde als Referenzgebiet gewählt, weil es sich um ein ähnlich strukturiertes Gebiet handelt, das aber abseits vom Flugverkehr liegt. Im Jahr 2008 wurden Honigproben aus den Sammelperioden im Frühjahr und Sommer – Früh- und Sommertracht – und eine Pollenprobe auf ausgewählte Metalle und auf die organische Schadstoffgruppe PAK analysiert. Im Verlauf der folgenden Jahre wurden Proben von Pollen, Wachs und Honig an zwei bis drei Standorten am Flughafen (MUC) und drei im Referenzgebiet (AIC; Mischproben) untersucht, sowie die Vitalität der Bienenvölker dokumentiert. Im Jahr 2018 wurde ein neuer Standort am Flughafenzaun errichtet. Im Jahr 2020 musste der Untersuchungsumfang aufgrund der besonderen, Corona bedingten Umstände reduziert werden: Die Rückstandsanalysen wurden zunächst auf die Frühtrachthonige (FT) von Standorten rund um den Flughafen beschränkt, aus denen der Flughafenhonig hergestellt wird (Quelle im Internet, Stand 23.12.2023: [www.munich-airport.de/honig](http://www.munich-airport.de/honig) -> Kurzbericht 2020). Die Qualitätsuntersuchungen des Honigs und die Vitalitätserhebungen im Vergleich mit Bienenvölkern aus dem Referenzgebiet Aichach fanden 2020 wie gewohnt statt. Nachträglich konnte der Untersuchungsumfang 2020 auf die Analysen des Frühtrachthonigs aus Aichach und auf Pollen-Mischproben und Wachs-Mischproben der Früh- und Sommertracht (FST) aller Standorte (HFF, MEF, MFS, AIC) ausgeweitet werden. Im Jahr 2021 wurden Pollen-, Wachs- und Honig-Mischproben untersucht. Im Jahr 2022 wurden ein weiterer, vierter Flughafenstandort etabliert (MAN) und wiederum Pollen-, Wachs- und Honig-Mischproben untersucht. Um die Standorterweiterung zu ermöglichen wurden die Untersuchungen an einem etablierten Standort auf Honig beschränkt (MFS) und der dort gewonnene Honig nicht als Flughafenhonig abgefüllt. Bereits 2022 wurde eine neue Imkerfamilie mit einem flughafen-nahen Standort (MEM) einbezogen, deren Honig mit untersucht wurde. Im Jahr 2023 wurde dieser

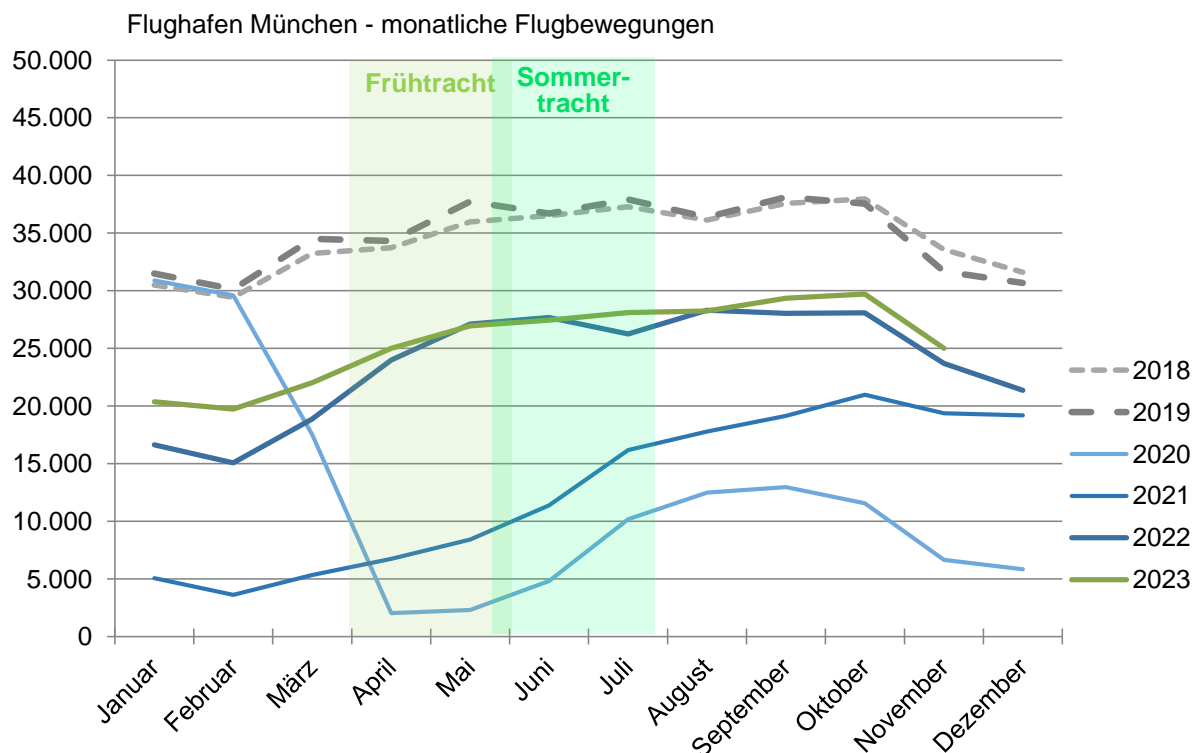
flughafennahe Standort voll in die Untersuchungen integriert und im Rahmen dieses Berichts ab 2022 dargestellt. Ein neuer Imker übernahm den etablierten Flughafenstandort MEF, so dass der langjährige Flughafenimker an seinen drei Standorten HFF, MFS und MAN die Umstellung auf „Bio“ abschließen konnte. Für die Erweiterungen 2023 wurde das „rollierende“ System fortgeführt: Pollen, Wachs und Honige wurden als Mischproben untersucht, nur am etablierten Standort HFF blieben sie auf Honig beschränkt. Dieser wurde daher auch nicht als Flughafenhonig abgefüllt. Den Umfang des Honigmonitorings am Flughafen München 2008–2023 fasst die nachfolgende Tabelle 1.3-1 zusammen.

**Tabelle 1.3-1: Übersicht über das Honigmonitoring am Flughafen München 2008–2023**

Jahr	Standorte Flughafen (MUC), Aichach (AIC)	Früh- (FT), Sommertracht- (ST) Untersuchung				Besonderheiten *: ab 2009 AIC-Referenzgebiet mit 3 Standorten = Mischprobe
		Pollen	Wachs	Honig	Vitalität	
2008	2 MUC-Zaun, 6 um MUC, 3 AIC	-	-	11 FT, 11 ST	-	umfassendes Honigscreening, 1 Pollenstichprobe untersucht
2009	2 MUC-Zaun, 3 AIC*	-	3 FT, 3 ST	3 FT, 3 ST	-	1 Kerzenwachsprobe untersucht
2010	2 MUC-Zaun, 3 AIC*	-	-	3 FT, 3 ST	-	-
2011	2 MUC-Zaun, 3 AIC*	3 FT	3 FT, 3 ST	3 FT, 3 ST	5 FT, 5 ST	plus Wachsuntersuchung aus Stadtimkerei u. Kerzenwachs
2012	2 MUC-Zaun, 1** MUC-nah, 3 AIC*	3 FT, 2 ST	3 FT, 3 ST	3 FT, 3 ST	6 FT, 6 ST	** : Mischprobe von MUC-nah und 1 MUC-Zaun; einheitlich Wachs von Honigwaben unter.
2013	2 MUC-Zaun, 1** MUC-nah, 3 AIC*	4 FT, 4 ST	4 FT, 4 ST	4 FT, 4 ST	6 FT, 6 ST	** : Mischprobe wie 2012; einheitl. Wildbauwachs untersucht
2014	2 MUC-Zaun, 1 MUC-nah, 3 AIC*	4 FT, 4 ST	4 FT, 4 ST	4 FT, 4 ST	6 FT, 6 ST	ab 2014 3 MUC-Standorte getrennt untersucht und Wildbauwachs einheitlicher Zeiträume
2015	2 MUC-Zaun, 1 MUC-nah, 3 AIC*	4 FT, 4 ST	4 FT, 4 ST	4 FT, 4 ST	6 FT, 6 ST	-
2016	3 MUC-Zaun, 3 AIC*	4 FT, 4 ST	4 FT, 4 ST	4 FT, 4 ST	6 FT, 6 ST	3. Standort am Flughafenzaun ersetzt MUC-nahen Standort
2017	3 MUC-Zaun, 3 AIC*	4 FT, 4 ST	4 FT, 4 ST	4 FT, 4 ST	6 FT, 6 ST	ab 2017 Pollenproben einheitl. aus mehreren Einzelproben
2018	3*** MUC-Zaun, 3 AIC*	4 FT, 4 ST	4 FT, 4 ST	4 FT, 4 ST	6 FT, 6 ST	***: neuer MUC-Zaun Standort statt 1 Standort von 2008
2019	3 MUC-Zaun, 3 AIC*	4 FT, 4 ST	4 FT, 4 ST	4 FT, 4 ST	6 FT, 6 ST	neuer MUC-Zaun Standort fortgeführt seit 2018
2020	3 MUC-Zaun, 3 AIC*	4 FST	4 FST	4 FT	6 FT, 6 ST	Pollen- und Wachsproben als FT+ST Mischproben analysiert
2021	3 MUC-Zaun, 3 AIC*	4 FST	4 FST	4 FST	6 FT, 6 ST	Pollen, Wachs und Honig als FT+ST Mischproben analysiert
2022	4 MUC-Zaun, 1 flughafennah, 3 AIC*	4 FST	4 FST	5 FST	7 FT, 7 ST	Pollen, Wachs und Honig als FT+ST Mischproben analysiert, von 3 MUC-Zaun + AIC und von 4. MUC-Zaun Honig-Mischprobe
2023	4 MUC-Zaun, 1 flughafennah, 3 AIC*	4 FST+1FT (MEM: ST-Proben nicht möglich)	5 FST	6 FST	8 FT, 8 ST	Pollen, Wachs und Honig als FT+ST Mischproben analysiert, von 3 MUC-Zaun + 1 flughafennah + AIC und von 4. MUC-Zaun Honig-Mischprobe

Die Beschreibung von Untersuchungskonzept und -methoden sowie Bewertungsgrundlagen findet sich in Kapitel 2. Die Ergebnisse der aktuellen Untersuchungen 2023 sind in Kapitel 3 dargestellt einschließlich vergleichender Bewertung im Umgriff über die Jahre 2018–2023, mit einheitlichen Standorten am Flughafen bis 2021 und Einführung eines neuen flughafennahen Standorts ab 2022 in den Vergleich (farbig unterlegt in Tabelle 1.3-1).

Als **Auswirkung der Coronapandemie** war das Verkehrsaufkommen aller Verkehrsträger ab dem Frühjahr 2020 zurückgegangen. Das Flugverkehrsaufkommen am Flughafen München verzeichnete einen besonders drastischen Rückgang um rund 90 % in den Monaten April bis Juni und um rund 70 % von Juli bis Oktober 2020 gegenüber dem Vergleichszeitraum 2019 (FMG Verkehrsbericht 2020). Im Jahr 2021 war das Flugverkehrsaufkommen in den Monaten April und Mai noch rund 80 % geringer als 2019 und stieg bis Oktober 2021 an – auf ein Niveau von rund 40% weniger als im Vergleichszeitraum 2019 [FMG Verkehrsbericht 2021]. Im Jahr 2022 war dann das Flugverkehrsaufkommen während der Monate April und Mai (Frühtrachtperiode der Bienen) und während der Monate Juni und Juli (Sommertrachtperiode) auf rund 70% des Niveaus der Vor-Corona-Jahre 2018 und 2019 zurückgekehrt (Flugbewegungen in Bild 1.3-1). Im Jahr 2023 war gegenüber dem Vorjahreszeitraum ein Plus von 7 % zu verzeichnen (Verkehrsbericht 2023). Die Start- und Landebahn (SLB) Süd des Münchner Airports war vom 4. Mai bis 15. Juli 2020 gesperrt und die SLB Nord vom 16. Juli bis 3. August 2020. In diesen Zeiträumen waren an den Pisten umfangreiche Sanierungsarbeiten durchgeführt worden. In 2021 war die SLB Süd vom 1. Mai bis 6. August gesperrt und die SLB Nord vom 7. August bis 2. Oktober. Im Jahr 2022 wie im Jahr 2023 fanden keine größeren Sanierungsarbeiten statt.



**Bild 1.3-1: Flugbewegungen 2020–2023 im Vergleich zu den Vorjahren**

Früh- und Sommertrachtperioden (ungefähre Zeiträume) sind in der Grafik farbig unterlegt. [Datenquelle im Internet: <https://www.munich-airport.de/verkehrszahlen-88506>, Stand 28.12.2023]

## 2 Untersuchungskonzept und -methoden

Das Honigmonitoring wird seit 2008 kontinuierlich durchgeführt, wobei Bienenvölkerstandorte teilweise wechseln. Seit 2018 sind die Standorte am Flughafen konstant und die Probennahme entspricht der aktuellen Vorgehensweise (Kapitel 2.2). Im Jahr 2022 kam allerdings noch ein vierter Flughafenstandort hinzu und probeweise ein flughafennahe Standort (Kapitel 2.1) – Das untersuchte Stoffspektrum bildet Luftverunreinigungen ab, die durch den Betrieb des Flughafens emittiert werden können (Kapitel 2.3).

Der Flughafen München ließ Pollen, Wachs und Honig von

- Eurofins Food Testing Süd GmbH Tübingen (bislang als Berghof Analytik + Umweltengineering GmbH firmierend) auf zehn Metalle und
- Eurofins Ökometric GmbH (bisher als ÖKOMETRIC GmbH – Bayreuther Institut für Umweltforschung firmierend) auf die 16 PAK gemäß EPA

mit empfindlichen, standardisierten und normierten Verfahren analysieren (Kapitel 2.4). Dabei wurde die Empfindlichkeit der Quecksilberanalytik in 2021 nochmals um den Faktor 2 gesteigert.

Darüber hinaus wurden die am Flughafen München gewonnenen Honige von

- der Bayerischen Landesanstalt für Wein- und Gartenbau (LWG) in Veitshöchheim auf allgemeine Qualitätsvorgaben nach Honig-Verordnung und Deutschem Imkerbund geprüft und
- der Landesanstalt für Bienenkunde der Universität Hohenheim und auf Rückstände von Pestiziden und *Varroaziden* nach Rückstands-Höchstmengenverordnung.

Die Ergebnisse werden im Rahmen dieses Berichts einer fundierten Einordnung zugeführt. Dazu wird ein Vergleich mit dem flughafenfernen Referenzgebiet vorgenommen (Wäber et al. 2016) und mit Vergleichswerten anderer Monitorings. Über Beurteilungswerte (Kapitel 2.5) wird soweit möglich der Bezug zum Schutzgut Mensch hergestellt – und zur

- Kernfrage: Kann der Honig der Flughafen-Bienen ohne Bedenken genossen werden?

Betraut mit der Konzeption, Berichterstattung und gutachterlichen Bewertung ist Dr. Monica Wäber – UMW Umweltmonitoring in Sauerlach.

### 2.1 Standorte

Das **Untersuchungsgebiet** ist der Flughafen München mit seinem Umland.

Das **Referenzgebiet** ist das ähnlich strukturierte Gebiet um Aichach (AIC) abseits vom Flugverkehr. Dort wurden Proben von Bienenvölkern von drei Standorten als Referenz-Mischproben untersucht.

Die **Bienenvölkerstandorte** werden in Tabelle 2.1-1 beschrieben: die unmittelbar am Flughafen München seit 2018 etablierten (HFF, MFS, MEF) und der in 2022 neu eingerichtete Standort (MAN), der ab 2022 probeweise und 2023 voll integrierte flughafennahe Standort (MEM) sowie die Standorte im Referenzgebiet (in Tabelle 1.3-1 in Kap. 1.3 farbig unterlegt). Eine Übersicht über deren Lage geben die nachfolgende Karten (Bild 2.1-1): Standorte mit theoretischen Flugwolken der Bienenvölker im Radius 3 km, am Flughafen München zusammen mit Luftgüte-Messstationen und Biomonitoring-Messpunkten. Auf der Titelseite ist als Beispiel der Bienenvölkerstandort MFS am Flughafen München abgebildet.

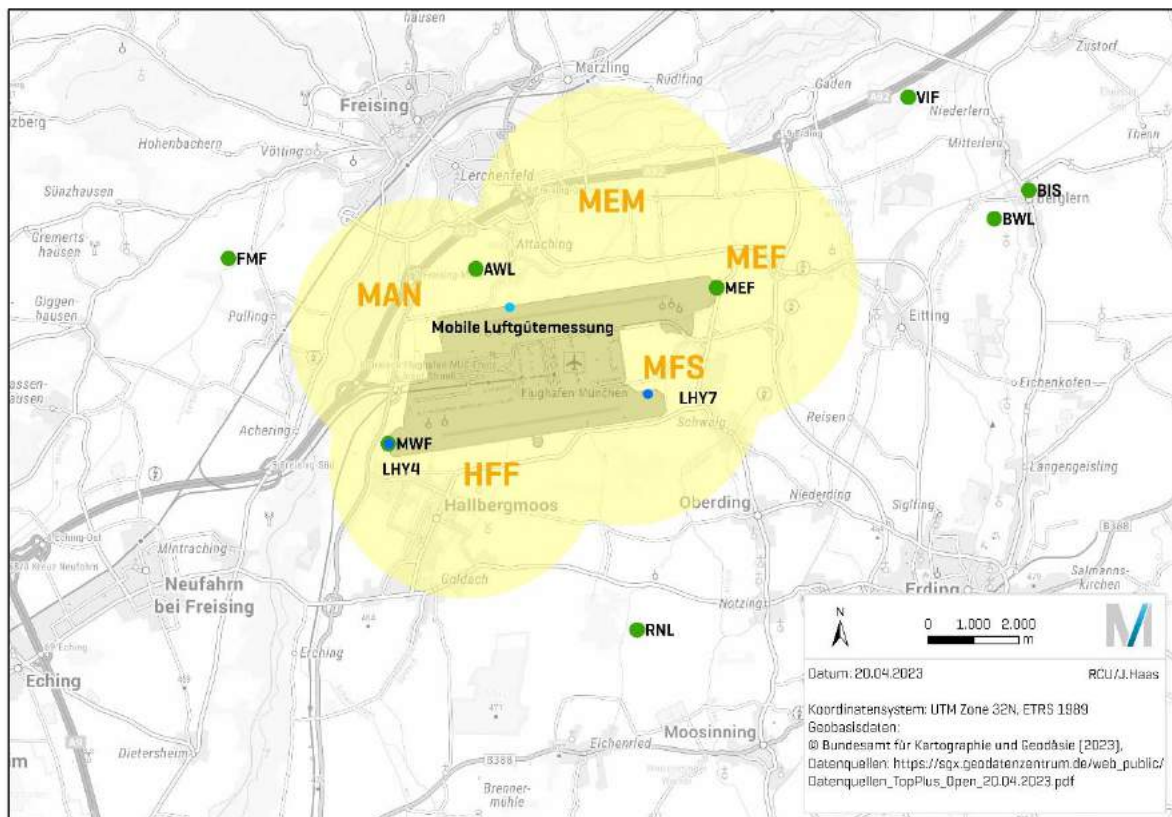




**Bild 2.1-1: „Flugwolken“ (dunkelgrün) der Bienenvölker, schematisch, und Honigmonitoring-Standorte im Kontext der Luftgütemessungen des Flughafens München 2023**

Flugwolken links, Honigmonitoring-Standorte am Flughafen München unten:

- Flugwolke der Bienenvölker HFF, MFS, MEF, MAN des Flughafens, ● stationäre und ● mobile Luftgütemessstationen, ● Biomonitring-Untersuchungen [Karten: Flughafen München GmbH]



**Tabelle 2.1-1: Übersicht über die Bienenvölkerstandorte 2018–2023**

Standorte und Zeitraum	Kürzel	Lage der Standorte	Standortbeschreibung
Flughafen München seit 2008	<b>HFF</b>	Helpfenbrunn Hallbergmoos, am Flughafenzaun im Westen (Richtung Freising) der Süd-Start-/Landebahn (SLB)	unmittelbarer Flughafenstandort, 400 m vom Westende der Süd-SLB entfernt, von Grünflächen des Flughafens, Feldern und Gehölz umgeben
Flughafen München seit 2013	<b>MEF</b>	am Flughafenzaun am östlichen Ende der Nord-Start-/Landebahn (Richtung Eitting, Landkreis Erding)	unmittelbarer Flughafenstandort, rund 1 km vom Ostende der Nord-SLB entfernt, von Grünflächen des Flughafens, Feldern und Gehölz umgeben
Flughafen München seit 2018	<b>MFS</b>	nahe Flughafenzaun am östlichen Ende der Süd-Start-/Landebahn (nahe Aussichtshügel Süd)	unmittelbarer Flughafenstandort, 500 m vom Ostende der Süd-SLB entfernt, von Grünflächen des Flughafens, Feldern und Gehölz umgeben
Flughafen München seit 2022	<b>MAN</b>	nahe Flughafenzaun am nordwestlichen Rand der Nord-Start-/Landebahn (nahe Aussichtshügel Nord)	unmittelbarer Flughafenstandort, rund 1 km vom Westende der Nord-SLB entfernt, von Grünflächen des Flughafens, Feldern und Gehölz umgeben
flughafennah seit 2022	<b>MEM</b>	nahe Flughafen, rund 2 km nördlich der Nord-Start-/Landebahn	flughafennaher Standort im Eittingermoos 2 km nördlich der Nord-SLB, von Feldern, Wiesen und Gehölz umgeben
Aichach seit 2008 bis 2019: AAI, AKO, ASI; seit 2020: ASI, ALN, ATN	<b>AIC</b>	Umgebung von Aichach, rund 50 km nordwestlich des Flughafens München AAI bei Aichach; AKO bei Klingen-Obermauerbach, ASI bei Sulzbach, ALN bei Latzenhausen, ATN bei Tödenried	Referenzgebiet ähnlich strukturiert, aber abseits vom Flugverkehr AAI siedlungsnah, AKO naturnah, ASI industrienah, ALN naturnah, ATN naturnah

## 2.2 Pollen-, Wachs- und Honigproben

Die **Vitalität** der Bienenvölker wurde stets anhand eines Erhebungsbogens vom Imker dokumentiert.

**Im Jahr 2023** wurden wie in den Vorjahren Proben der Trachten Früh- und Sommertracht von den Standorten HFF, MEF, MFS und AIC gewonnen sowie vom vierten Flughafenstandort MAN und vom flughafennahen Standort MEM:

- Pollen-, Wachs und Honigproben von MAN, MEF, MFS sowie MEM und AIC,
- Honigproben von HFF,
- die jeweils als **Mischproben der Früh- und Sommertracht** auf Metall- und PAK-Gehalte analysiert wurden; von MEM konnten nur Frühtracht-Pollen gewonnen werden (MEM-FT-Pollen).
- Die Ergebnisse 2023 bilden den Schwerpunkt dieses Berichts

Im Jahr **2020** waren die **Frühtrachthonige** auf Metall- und PAK-Gehalte analysiert und die Ergebnisse in einem Kurzbericht veröffentlicht worden (Stand 09.01.2023: [www.munich-airport.de/honig](http://www.munich-airport.de/honig) -> Kurzbericht 2020). Die Früh- und Sommertracht-Proben von **Pollen und Wachs 2020** wurden zu **Mischproben** beider Trachten vereint. Diese wurden, wie die **Pollen-, Wachs- und Honig-Mischproben 2021** aus Früh- und Sommertracht auf Metall- und PAK-Gehalte analysiert.



**Bild 2.2-1: Pollenfallen vor den Fluglöchern**  
(© Foto oben: Bruno Willing)



**Bild 2.2-2: Flughafen-Pollenernte**  
(© Foto: Markus Strutz)



**Bild 2.2-3: 3 Frühtracht-Pollenstichproben von MEM 2023** (Sommertracht nicht möglich)

**Pollenproben** wurden seit 2017 einheitlich aus mehreren Pollen-Stichproben (meist 3) pro Standort und Tracht zu einer Mischprobe vereint. Die Pollen-Stichproben werden während der Trachtperiode jeweils an einem bis wenigen Tagen gewonnen. An den, am Einflugloch des Bienenstocks angebrachten Pollenfallen wird der Pollen von den Beinen abgestreift, wenn die Bienen durchschlüpfen (Bild 2.2-1 bis Bild 2.2-3). Die Pollenfallen bestehen einheitlich aus Kunststoff-Lochplatten. Pollen aus dem Referenzgebiet stammte seit 2020 vom Einzelstandort ASI Sulzbach (bis 2019 von AAI Aichach).



**Bild 2.2-4: Nach der Wachsproben-**  
**nahme am Standort MEF 2021**  
(© Foto: Bruno Willing)



**Bild 2.2-5: Frühtracht-Drohnenwaben vom Standort MEM 2023** (links bebrütet, rechts unbebrütet mit Honig)

**Wachsproben** werden seit 2013 von Drohnenwaben gewonnen, die an den verschiedenen Standorten in weitestmöglich einheitlichen Zeiträumen (möglichst den gesamten Trachtzeitraum) im Bienenstock verbleiben (z. B. Bild 2.2-5). Dazu hängen die Imker jeweils einen leeren Rahmen an gleicher Position in den Bienenstock und die Bienen produzieren die Drohnenwaben in Wildbau. Bei Proben aus Aichach handelt es sich um Mischproben aller drei Standorte.

**Honigproben**, die auf Metall- und PAK-Gehalte analysiert wurden, wurden direkt nach dem Schleudern und groben Sieben direkt in handelsübliche Gläser abgefüllt (nicht erhitzt und cremig gerührt, Beispiele in Bild 2.2-6 bis Bild 2.2-8). Das Untersuchungsergebnis ist so einem Bienenvölkerstandort und dem Fluggebiet der Bienen während der jeweiligen Trachtperiode zuzuordnen. Bei den Proben aus dem Referenzgebiet Aichach handelte es sich um Mischproben aller drei dortigen Standorte: Diese Analyseergebnisse repräsentieren daher die Situation im Referenzgebiet.



**Bild 2.2-6: Sommertracht-Honigprobe von Latzenhausen**



**Bild 2.2-7: Sommertracht-Honigprobe von Sulzbach**



**Bild 2.2-8: Sommertracht-Honigprobe von Töddenried**

Die Bilder zeigen Sommertracht (ST) Honige aus dem Referenzgebiet Aichach 2022, die je nach Trachtangebot unterschiedlich in Aussehen, Geschmack und Konsistenz ausfallen.

Für die **Untersuchungen auf Qualität und Pestizidrückstände** wurden die Früh- und Sommertrachthonige aus dem Untersuchungsgebiet nach dem Schleudern und groben Sieben verzehrfertig aufbereitet (fein gefiltert und ggf. cremig gerührt).

Tabelle 1.3-1 in Kapitel 1.3 gibt einen Überblick über sämtliche Pollen-, Wachs- und Honigproben aus dem Honigmonitoring des Flughafens München seit 2008.

## 2.3 Stoffe und Parameter

**Tabelle 2.3-1: Als typische Luftverunreinigungen untersuchte, persistente (langlebige) Stoffe**

<b>10 (Schwer-)Metalle und Metalloide, kurz: Metalle</b>				
Antimon (Sb)	Blei (Pb)	Chrom (Cr)	Kupfer (Cu)	Quecksilber (Hg)
Arsen (As)	Cadmium (Cd)	Eisen (Fe)	Nickel (Ni)	Zink (Zn)
<b>16 polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe nach EPA mit schwerer flüchtigen, fett: PAK4</b>				
Naphthalin (NAP)	Phenanthren (PHE)	<b>Benzo[a]pyren (BaP)</b>		
Acenaphtylen (ACY)	Anthracen (ANT)	<b>Benzo[a]anthracen (BaA)</b>		
Acenaphthen (ACE)	Fluoranthren (FLU)	<b>Benzo[b]fluoranthren</b>		
Fluoren (FLE)	Pyren (PYR)	<b>Chrysen (CHR)</b>		
	Dibenzo[a,h]anthracen (DBahA)			
	Benzo[g,h,i]perylen (BghiP)			
	Indeno[1,2,3,cd]pyren (INP)			

Die **Metalle** gelangen aus vielen Quellen in die Umwelt, z. B. aus Quellen im Verkehr, Staubverwehungen von versiegelten Flächen, landwirtschaftlichen Aktivitäten, industriellen Prozessen. Für folgende Metalle können Verkehr und Flughafenbetrieb Quellen sein:

- Bremsabrieb als vorrangiger Quelle von Chrom (Cr), Blei (Pb), Antimon (Sb) und Zink (Zn),
- Abrieb und Verschleiß der Fahrzeuge und der Fahrbahn als vorrangige Quelle von Eisen (Fe),
- Abgase als Quelle von Cr, Nickel (Ni), Pb (BayLfU 2019).

Für Arsen (As), Cadmium (Cd) und Quecksilber (Hg) stellen Verkehr und Flughafenbetrieb keine direkten Quellen dar. Sie wurden untersucht, weil sie ökotoxisch (umweltgiftig) wirken können.

**Antimon (Sb)** wird wie Arsen als krebserregend eingestuft (Savory & Wills 1984; Dietl et al. 1998). Höchstgehalte in Lebensmitteln sind nicht festgelegt.

**Arsen (As)** ist Bestandteil von Flugasche aus der Kohleverbrennung, ebenso wie Blei, Cadmium, Nickel und Quecksilber (Siewers und Herpin 1998, Rentz und Martel 1998). Arsen kann aber auch aus industriellen Produktionsprozessen, Müllverbrennung und Düngeranwendungen stammen (BayLfU 2019). Hohe Arsengehalte in den Böden des Erdinger, Freisinger und Dachauer Moores sind eine geogene Besonderheit. Dieses geogene (aus der Erde stammende) Arsen kann durch Erdbewegungen bei landwirtschaftlicher Aktivität und Bautätigkeit in die Luft gelangen. Arsen hat wie Antimon ökotoxikologische Bedeutung, weshalb in Verordnung (VO) (EU) 2015/1006 seit 2016 für Reis-Lebensmittel – nicht für Honig – Höchstgehalte von 0,1–0,3 mg/kg festgesetzt sind (Beurteilungswerte in Kap. 2.5).

**Blei (Pb)** gelangt aus Kohleverbrennung und vornehmlich bei der Bodenbearbeitung aus früheren Einträgen wieder in die Umwelt; zudem kann es aus Mineraldüngern oder Klärschlamm stammen (Rentz und Martel 1998, UBA 2014) sowie aus Bremsabrieb und Motorverschleiß (BayLfU 2019). An manchen Flughäfen wird bleihaltiger Kraftstoff getankt (in Kleinflugzeuge; mündliche Mitteilung SWAH Krüger) – nicht am Flughafen München (mündliche Mitteilung, RCUK Flughafen München GmbH). Aufgrund der ökotoxischen Bedeutung und Anreicherung über die Nahrungskette (Umweltatlas Hessen 2005) legt Verordnung (EU) 2023/915 Höchstgehalte in Lebensmitteln und spezifisch in Honig fest (Tabelle 2.5-1): für Nahrungsergänzungsmittel 3 mg/kg und seit 2016 geltend für Honig 0,10 mg/kg (VO (EU) 2023/915 ersetzt VO (EG) Nr. 1881/2006 und ihre Fortschreibungen).

**Cadmium** (Cd) stammt vornehmlich aus der Steinkohleverbrennung (Rentz und Martel 1998), Zinkverhüttung und Kunstdüngereinsatz (z. B. Merian 1984). Aufgrund seiner ökotoxikologischen Bedeutung hat die EU z. B. einen Höchstgehalt für Nahrungsergänzungsmittel von 1 mg/kg OS festgelegt (VO (EU) 2023/915) und das österreichische Bundesministerium für Gesundheit einen vorsorglichen Aktionswert für Honig von 0,050 mg/kg OS erlassen (ÖBMG 2015, Tabelle 2.5-1).

**Chrom** (Cr) gelangt, neben industriellen Anwendungen, aus dem Verkehr in die Umwelt (UBA 2023): vor allem aus dem Straßenverkehr – wie Antimon aus Bremsbelägen (Peichl et al. 1994). Als Spurenelement ist Chrom lebensnotwendig. Für die toxischen Eigenschaften „sind die sechswertigen Chromverbindungen verantwortlich. Sie wirken ätzend auf Haut und Schleimhaut, können u. a. Leber- und Nierenschäden verursachen und haben karzinogene [krebserregende] Wirkung“ (Umweltatlas Hessen 2005). Beim Honigmonitoring wird Chrom<sub>gesamt</sub> analysiert.

**Eisen** (Fe) kann aus dem Verkehr stammen (BayLfU 2019), zugleich gilt Eisen neben Zink als Indikator für den geogenen wie anthropogenen (vom Menschen verursachten) Staubeintrag. Es ist das wichtigste Gebrauchsmetall überhaupt und ein wichtiges Spurenelement für Organismen (im Blutfarbstoff Hämoglobin enthalten). Höchstgehalte in Lebensmitteln sind nicht festgelegt.

**Kupfer** (Cu) stammt, neben industriellen Prozessen, vornehmlich aus dem Kfz-Verkehr: aus Bremsbelag- und Reifenabrieb (BayLfU 2019). Kupfer ist als Spurenelement lebensnotwendig. Es besitzt andererseits auch ökotoxische Eigenschaften.

**Nickel** (Ni) kann z. B. aus Steinkohleverbrennung (Rentz und Martel 1998), Bergbau, industriellen Prozessen und Kfz-Verkehr stammen – laut Umweltbundesamt etwa zur Hälfte aus Energiegewinnung und rund ein Drittel vom Straßenverkehr (UBA 2023). Im menschlichen Organismus kommt Nickel als Spurenelement vor. In höheren Konzentrationen kann es allergische Hautreaktionen und die Reizung der Atemwege bewirken. Nickel und manche seiner Verbindungen sind als karzinogen eingestuft.

**Quecksilber** (Hg) stammt in partikel- und gasförmiger Form vor allem aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe wie Kohle, Öl und Gas zur Energiegewinnung (UBA 2014, UBA 2023). Wegen seiner ökotoxischen Bedeutung sind in der EU Höchstgehalte festgelegt, beispielsweise in Nahrungsergänzungsmitteln 0,10 mg/kg OS (VO (EU) 2023/915). Seit 2018 gilt ein Höchstgehalt für Quecksilberverbindungen von 0,010 mg/kg OS für Honig und sonstige Imkereierzeugnisse (VO (EU) 2018/73; Tabelle 2.5-1).

**Zink** (Zn) gilt wie Eisen als Indikator für den Staubeintrag. Anthropogene Quellen können Korrosionsschutz, Reifen, Bremsen und Motoröl, Straßenbelag und Düngemittel in der Landwirtschaft sein (Hüffmeyer 2007, BayLfU 2019). Einerseits ist Zink ein wichtiges Spurenelement für den Menschen, andererseits kann es negativ auf Gewässer und Ökosysteme wirken (Hüffmeyer 2007).

**Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe** (PAK) entstehen bei unvollständiger Verbrennung organischer Materialien wie Holz, Kohle oder Ölprodukte. Sie stammen zu mehr als 80 % aus häuslichen Kleinf Feuerungsanlagen (Hausbrand), zudem aus Feuerungsanlagen im Gewerbe, aus Industrieprozessen sowie zu 2 % aus dem Verkehr (UBA 2016). Verkehrsabgase und der Flughafenbetrieb (Rückstände aus dem Kerosin) stellen kontinuierliche PAK-Quellen dar, während die Hauptquelle – Hausbrand – saisonal relevant hervortritt. Die etwa 10.000 bekannten PAK-Verbindungen bestehen aus zwei bis sieben Ringen von Kohlenstoff- und Wasserstoffatomen; je mehr Ringe vorhanden sind, umso stabiler sind sie und reichern sich besser im Fettgewebe von Organismen an (UBA 2016).

**16 EPA-PAK** werden in der Regel aufgrund ihrer Häufigkeit und Umwelrelevanz stellvertretend untersucht. Sie wurden von der US Umweltbehörde EPA (Environmental Protection Agency) als „prioritäre

Schadstoffe<sup>45</sup> klassifiziert (VDI 3957/2). Als stark krebserregend gelten z. B. Benzo[a]pyren, Benzo[b]fluoranthen, Benzo[k]fluoranthen und Indeno[123-cd]pyren (Streit 1991, Meek et al. 1994).

**PAK4**, die Summe der vier Verbindungen Benzo[a]pyren, Benzo[a]anthracen, Benzo[b]fluoranthen und Chrysen, bewertet Kontaminanten (unerwünschte Stoffe) in Lebensmitteln (VO (EU) 2023/915).

Benzo[a]pyren (**BaP**) als eine der PAK4-Verbindungen gilt als Leitsubstanz der PAK, weil sie besonders stark krebserregend ist. Die seit 2016 für Nahrungsergänzungsmittel, die „Propolis und Gelée Royale [...] enthalten“, festgelegten Höchstgehalte (VO (EU) 2015/1933) können auf Pollen bezogen werden (Tabelle 2.5-1):

10 µg/kg OS als Höchstgehalt für BaP und

50 µg/kg OS als Höchstgehalt für PAK4.

**Pestizide** – Rückstände von Varroabekämpfungsmitteln, Insektiziden, Fungiziden – wurden darüber hinaus in den Honigen untersucht. Neben Luft- und Umweltschadstoffen kann auch der Pflanzenschutzmitteleinsatz in der Landwirtschaft als Ursache für Rückstände in Honig in Frage kommen.

**Qualität** – die sogenannte Sortenbestimmung als zusätzliche Honiguntersuchung dient dazu zu prüfen, ob der Honig den Anforderungen der Honig-Verordnung (HonigV) an die Qualität und den strenger Anforderungen des Deutschen Imkerbunds (DIB) entspricht. Sie beinhaltet:

- sensorische Beschreibung,
- Bestimmung des Wassergehaltes,
- Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit,
- Pollenanalyse als botanische Herkunftsbestimmung der nektarliefernden Pflanzen,
- Sortenempfehlung.

## 2.4 Analysenverfahren und Bestimmungsgrenzen

Für die **Metall-Bestimmungen** wurden die Pollen-, Wachs- und Honigproben unter Hochdruck mit konzentrierter Salpetersäure bis zur vollständigen Mineralisierung aufgeschlossen. Bestimmungen erfolgten aus der Aufschlusslösung nach DIN EN 15763 mit ICP-MS (Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma) gegen externe Kalibrierung mit Matrix angepassten Standards. Die analytischen Bestimmungsgrenzen (BG) in mg/kg OS (Originalsubstanz als Bezugsgröße für die Konzentration) für die Metalle sind in Tabelle 2.4-1 gelistet.

**Tabelle 2.4-1: Aktuelle analytische Bestimmungsgrenzen für Metalle und PAK**

Analytische Bestimmungsgrenzen	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Ni	Pb	Sb	Zn	PAK
	mg/kg OS (Originalsubstanz)										µg/kg
Pollen, Wachs, Honig	0,013	0,0025	0,025	0,025	0,10	0,013 0,005	0,025	0,025	0,013	0,13	0,10

<sup>5</sup> Aufgrund seiner Flüchtigkeit ist Naphthalin (NAP) als eine der 16 PAK-Verbindungen nur mit eingeschränkter Zuverlässigkeit bestimmbar. In den insgesamt sehr niedrigen Bereichen von PAK-Gehalten in Honig ist ein gewisser NAP-Hintergrundwert kaum vermeidbar und sollte bei der Betrachtung der Summenwerte 16 PAK berücksichtigt werden.

Die **PAK-Bestimmung** erfolgte nach Extraktion der homogenisierten Proben am Soxhlet. Die Proben wurden mittels Kieselgelsäule und GPC (Gelpermeationschromatographie) aufgereinigt. Die PAK-Bestimmung wurde in Anlehnung an DIN ISO 12884 (2000) mittels hochauflösender Gaschromatographie (HRGC), massenselektiver Detektion (MSD, niederauflösende Massenspektrometrie) sowie unter Verwendung der Isotopenverdünnungsmethode durchgeführt. Zur Extraktion wurden deuterierte (mit Deuterium-Isotopen markierte) Standards eingesetzt. Die Kontrolle der Wiederfindungen erfolgte gegen d10-Pyren als Surrogat-Standard. Die analytische Bestimmungsgrenze für jede der 16 PAK-Einzelverbindungen beträgt 0,10 µg/kg OS. Ein Mikrogramm pro Kilogramm entspricht einem Tausendstel Milligramm pro Kilogramm (1 µg/kg = 0,001 mg/kg; Tabelle 2.4-1).

#### **Werte unterhalb der analytischen Bestimmungsgrenze:**

Damit Messwerte unterhalb BG in die Darstellungen und Summenberechnungen einbezogen werden können, wird für sie in der Regel die Hälfte der Bestimmungsgrenze als Zahlenwert eingesetzt (z. B. Richtlinienreihe 3957 für Biomonitoring). In den Darstellungen sind die BGs benannt und Werte kleiner BG in den Ergebnistabellen mit kursiver Schrift gekennzeichnet.

## 2.5 Maßstäbe zur Ergebnisbeurteilung

#### **Honigqualität:**

Umweltverschmutzung, der Einsatz von Pestiziden und nicht fachgerechte Maßnahmen im Betriebsablauf einer Imkerei könnten Ursachen für Rückstände in den Bienenprodukten sein (Bogdanov 2006) und die Honigqualität beeinträchtigen. Die Partnerimker des Flughafens München sind dem Deutschen Imkerbund (DIB), dem Bayerischen Bienenzüchterverband und / oder der Vermarktungsgemeinschaft Freisinger Land angeschlossen. Ihre Honige sind nach der Hygieneverordnung gewonnen, gelagert und abgefüllt (LMHV 2016). Die Honig-Verordnung (HonigV) definiert unter anderem die Anforderungen an die Beschaffenheit und die Kennzeichnung von Honig. Beim Honigmonitoring wird die Honigqualität von der LWG geprüft: Zucker- und Wassergehalt, Anteil an wasserunlöslichen Stoffen, Gehalt an freien Säuren, an Hydroxymethylfurfural und Diastase als natürliche Inhaltsstoffe. Rückstände aus den Verfahrensschritten bei der Ernte des Honigs werden durch die Verwendung von Edelstahl- und Kunststoffmaterialien sowie Holz vermieden. Die Partnerimker lassen ihre Produkte zudem von der Landesanstalt für Bienenkunde Hohenheim auf Pestizidrückstände (gemäß VO (EG) 470/2009) untersuchen (Kapitel 3.2).

#### **Referenzgebiet:**

Die Bewertung, ob ein Flughafeneinfluss<sup>6</sup> erkennbar ist, erfolgt primär durch den Vergleich zwischen Ergebnissen aus dem Flughafenumfeld mit dem Referenzgebiet ohne Flughafeneinfluss (Wäber et al. 2016; Standorte: Kapitel 2.1, Ergebnisse: Kapitel 3 ff.).

#### **Vergleichswerte weiterer Referenzstandorte:**

Die Metalle und 16 PAK werden auch in anderen Honigmonitorings untersucht, v. a. im verfahrensgleichen *Bienenmonitoring im Umfeld der Flughäfen Schönefeld/BER und Berlin Tegel*. Der dortige Referenzstandort BRS liegt im Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin im Norden Brandenburgs und

---

<sup>6</sup> Ein punktgenauer Emittentennachweis schließt sich aus, da Bienen flächenbezogene Sammler sind (Kap. 1.2) und die untersuchten Luftverunreinigungen aus weiteren Quellen als dem Flughafenbetrieb stammen können.



wurde ab 2012 untersucht<sup>7</sup> (Wäber und Pompe 2023). Verfügbare Vergleichswerte dieser und anderer Honigmonitorings können zur vergleichenden Bewertung herangezogen werden.

### Höchstgehalte:

**Tabelle 2.5-1: Höchstgehalte, orientierende Beurteilungswerte sowie Empfehlungswerte**

Stoff	Höchstgehalt für Honig in mg/kg OS (VO (EU) 2023/915)	
Blei	0,10	-
Stoff	Höchstgehalt für Honig und Imkereierzeugnisse in mg/kg OS (VO (EU) 2018/73)	
Quecksilber	0,010	-
Stoff	Spannen aktueller Höchstgehalte in mg/kg OS (VO (EU) 2023/915)	Aktionswerte (ÖBMG 2015)
Arsen	0,10 – strengster Wert für Reis zur Herstellung von Säuglingsnahrung bis 0,30 – für Reiskekse, -waffeln, -kräcker,-kuchen	-
Blei	3,0 – für Nahrungsergänzungsmittel: orientierend für Pollen	-
Cadmium	0,0050 – strengster Wert für Säuglingsnahrung auf Kuhmilchbasis bis zu 1,0 – für Nahrungsergänzungsmittel: orientierend für Pollen 3,0 – für Nahrungsergänzungsmittel aus Seetang	0,050 für Honig (kein deutsches Recht)
Verbindung/ Stoffgruppe	Spannen aktueller Höchstgehalte in µg/kg OS (VO (EG) Nr. 1881/2006, VO (EU) Nr. 835/2011, 2015/1933)	
Benzo[a]pyren	1,0– strengster Wert z. B. für Säuglingsnahrung bis zu 6,0 – für Muscheln (geräuchert) und 10 – für Nahrungsergänzungsmittel u. a. Propolis und Gelee Royale als Bienenprodukte: für Pollen anwendbar	-
Summe PAK4	1,0– strengster Wert z. B. für Säuglingsnahrung bis zu 35– für Muscheln (geräuchert) und 50 – für Nahrungsergänzungsmittel u. a. Propolis und Gelee Royale als Bienenprodukte: für Pollen anwendbar	-
Stoff	Empfehlungswerte für andere Lebensmittel in mg/kg OS	
Chrom	6 mg orientierend bei Verzehr von 10 g Pollen/Tag aus 0,06 mg/Tag Empfehlung für tägl. Nahrungsergänzungsmittelzufuhr (BgVV 2002); 0,03–0,10 mg geschätzte angemessene Zufuhr pro Tag (DGE 2000) entspr. 3–10 mg/kg umgerechnet bei Verzehr von 10 g Honig/Tag	
Kupfer	100 mg orientierend bei Verzehr von 10 g Pollen/Tag aus 1,0 mg/Tag Empfehlung für tägl. Nahrungsergänzungsmittelzufuhr (BgVV 2002); 1–1,5 mg geschätzte angemessene Zufuhr pro Tag (DGE 2000) entspricht 100–150 mg/kg umgerechnet bei Verzehr von 10 g Honig/Tag	
Zink	500 mg orientierend bei Verzehr von 10 g Pollen/Tag aus 5 mg/Tag Empfehlung für tägliche Nahrungsergänzungsmittelzufuhr (BgVV 2002); 7–10 mg/Tag Empfehlung für die tägliche Zufuhr (BgVV 2002) ergibt 700–1.000 mg/kg umgerechnet bei Verzehr von 10 g Honig oder Pollen/Tag	

OS: Originalsubstanz; Kleinschrift: nur hilfsweise orientierend, da für andersartige Lebensmittel als Honig oder Pollen gültig; µg: Mikrogramm, ein Mikrogramm pro Kilogramm entspricht einem Tausendstel Milligramm pro Kilogramm; Empfehlungswerte: hier ist zu berücksichtigen, dass die Stoffe auch über weitere Lebensmittel zugeführt werden; Höchstgehalte für Säuglingsnahrung sind nicht heranzuziehen, da Säuglinge keinen Honig verzehren sollten

<sup>7</sup> Honige von BRS wurden 2012–2014 vom Labor Müller-BBM GmbH analysiert und ab 2015 von den Laboren, die seit 2008 die Proben des Honigmonitorings am Flughafen München analysieren sowie seit dem Start 2011 die Pollen- und Wachsproben des Bienenmonitorings der Berliner Flughäfen.

Honig gilt als naturreines Lebensmittel. Pollen wird als Nahrungsergänzungsmittel verwendet. Der Vergleich mit Höchstgehalten als Beurteilungswerten dient der Risikoabschätzung. Zum Schutz der menschlichen Gesundheit begrenzen Lebensmittel-Höchstgehalte gemäß EU-Verordnungen den Gehalt unerwünschter Stoffe in Lebensmitteln auf toxikologisch vertretbare Werte. Folgende Höchstgehalte können als Beurteilungswerte direkt angewendet werden (Tabelle 2.5-1):

- Für **Blei in Honig** gilt seit 2016 ein Höchstgehalt von 0,10 mg/kg (VO (EU) 2023/915).
- Für **Quecksilberverbindungen in Honig und in sonstigen Imkereierzeugnissen** gilt seit 2018 ein Höchstgehalt von 0,010 mg/kg (VO (EU) 2018/73). Dieser Quecksilber-Höchstgehalt kann auch auf **Pollen** als Imkereierzeugnis bezogen werden.
- Für **Benzo[a]pyren (BaP)** und **PAK4** – die Summe aus BaP, Benzo[a]anthracen, Benzo[b]fluoranthren und Chrysen – als Leitsubstanzen der PAK sind seit 2016 für spezielle Nahrungsergänzungsmittel, unter anderem solche die „Propolis, Gelée Royale [...] enthalten“, also für Bienenprodukte, Höchstgehalte festgelegt (VO (EU) Nr. 2023/915): 0,010 mg/kg bzw. 0,050 mg/kg. Sie können auf **Pollen** angewendet werden.

#### Zur Orientierung hilfsweise heranzuziehende Beurteilungswerte:

Für weitere toxikologisch relevante Stoffe als Blei und Quecksilber liegen derzeit keine Höchstgehalte für Honig vor. Hier können Wertespanssen der Höchstgehalte, die die EU für diese Stoffe in andersartigen Lebensmitteln vorgibt, hilfsweise orientierend betrachtet werden (Tabelle 2.5-1):

- Für **Arsen** sind seit 2016 Lebensmittel-Höchstgehalte festgelegt, nicht für Honig, sondern für Reis-Lebensmittel (VO (EU) 2023/915).
- Für **Cadmium** hat die EU Höchstgehalte in Lebensmitteln und Nahrungsergänzungsmitteln festgelegt. Für Honig wurde in Österreich ein Aktionswert zur höchst vorsorglichen Risikominderung für Cadmium von 0,050 mg/kg erlassen (ÖBVG 2015).
- Für **BaP** und **PAK4** können Höchstgehalte für bestimmte, im Wesentlichen fetthaltige Lebensmittel bis hin zu Nahrungsergänzungsmitteln (VO (EU) 2023/915) hilfsweise für **Honig** herangezogen werden.

Für **Blei** und **Cadmium** können für **Pollen** orientierend Höchstgehalte, die die EU für andere Nahrungsergänzungsmittel festgelegt hat, herangezogen werden (Tabelle 2.5-1):

Immissionswirkungen oder Stoffrückstände, die in anderen Umweltproben oder Lebensmitteln ermittelt wurden und hilfsweise eine Orientierung geben können, welche Gehalte in anderen Lebensmitteln als „normal“ und welche als „hoch“ gelten können, sind folgende (Tabelle 2.5-1):

- Für **Chrom** empfiehlt die Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE 2000) 0,030–0,10 mg als Schätzwerte für eine angemessene gesamte tägliche Zufuhr über die Nahrung für Jugendliche und Erwachsene. Das entspräche umgerechnet einem Gehalt von 3–10 mg/kg OS bei einem angenommenen Verzehr von 10 g Honig pro Tag. Dabei ist zu berücksichtigen, dass Chrom auch über andere Lebensmittel zugeführt wird.
- Für **Kupfer** empfehlen die Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE 2000) und EFSA (2015a) rund 1,5 mg für die gesamte tägliche Zufuhr über die Nahrung.
- Für **Zink** empfiehlt das BgVV eine Zufuhr von 7–10 mg pro Tag gemäß Deutscher, Österreichischer und Schweizer Gesellschaften für Ernährung (2002).

Die Tabelle 2.5-2 auf der nachfolgenden Seite greift die oben genannten Beurteilungswerte für Pollen als Nahrungsergänzungsmittel (NEM) und für Honig als Lebensmittel auf, ergänzt mit aktuellen orientierenden Vergleichswerten. Diese können eine Orientierung geben, welche Gehalte in anderen Lebensmitteln als „normal“ und welche als „hoch“ gelten.

Beim Überblick über Höchstgehalte, Aktionswerte, orientierende Beurteilungswerte und Empfehlungswerte in Tabelle 2.5-1 und Tabelle 2.5-2 darf nicht außer Acht gelassen werden:

- Andere Lebensmittel als Honig und Pollen besitzen andersartige Eigenschaften und unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Verzehrmenen.
- Lebensmittelprüfungen im Sinne des Lebensmittelrechts bedienen sich teilweise anderer Analyseverfahren als das Honigmonitoring als Umweltuntersuchung.
- Besonders strenge Höchstgehalte für Säuglingsnahrung sind nicht heranzuziehen, da Säuglinge keinen Honig verzehren sollten.

Tabelle 2.5-2: Orientierende Vergleichswerte und Beurteilungswerte für Pollen und Honig

Stoff in mg/kg	Mittelwerte <sup>1)</sup> aus aktuellen Daten über das Vorkommen von Stoffen: gemäß Europäischer Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) und Europäischem Informationszentrum für Lebensmittel (EUFIC)		Beurteilungswerte direkt oder hilfsweise: Höchstgehalte gemäß VO (EU) 2018/73 und 2023/915; Aktionswerte gem. ÖBMG 2015, kein deutsches Recht; aus Verzehrempfehlungen gem. Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin (BgVV) und Deutscher Gesellschaft für Ernährung (DGE) abgeleitete Werte		
	Pollen / NEM pflanzlich	Honig / Zucker andere Lebensmittel	Pollen Nahrungsergänzungsmittel (NEM)	Honig	andere Lebensmittel
Antimon (Sb)	-	-	-	-	-
Arsen (As)	0,372 - 0,383 <sup>1)</sup> (EFSA 2014)	0,029 - 0,032 <sup>1)*</sup> 0,013 - 0,02 <sup>1)**</sup> (EFSA 2014)	-	-	0,10-0,30 (VO 2023/915 für Reis-Lebensmittel)
Blei (Pb)	0,62 - 0,64 <sup>1)</sup> (EFSA 2010)	0,034 - 0,06 <sup>1)</sup> (EFSA 2010 für andere Zuckerprodukte)	3,0 (VO 2023/915 für nicht algenbasierte NEM)	0,10 Höchstgehalt (VO 2023/915)	0,01 - 3,0 (VO 2023/915)
Cadmium (Cd)	0,073 - 0,077 <sup>1)</sup> (EFSA 2012)	0,0036 - 0,014 <sup>1)</sup> (EFSA 2012)	1,0 (VO 2023/915 f. nicht algen-basierte NEM)	0,050 (ÖBMG 2015, Aktionswert)	0,005 - 3,0 (VO 2023/915)
Chrom (Cr)	-	0,0002-0,0003 in Hering & Rind, 0,002-0,003 in Tomaten & getrocknete Datteln 0,1 in Paranüssen (EUFIC 2019)	6 umgerechnet aus Höchstmenge 0,06 mg/Tag je NEM-Produkt (BgVV 2002), – bei Verzehr von 0,01 kg NEM/Tag –	-	0,03–0,1 mg/Tag als Schätzwert für die angemessene tägliche Zufuhr (DGE 2000)
Eisen (Fe)	-	-	-	-	-
Kupfer (Cu)	-	-	100 umgerechnet aus Höchstmenge 1 mg/Tag je NEM-Produkt (BgVV 2002), – bei Verzehr von 0,01 kg NEM/Tag –	-	1–1,5 mg/Tag als Schätzwert für die angemessene tägliche Zufuhr (DGE 2000) 1,3-1,5 mg/Tag laut EFSA (2015a)
Nickel (Ni)	3,8 - 3,9 <sup>1)</sup> (EFSA 2014)	0,14 - 0,16 <sup>1)</sup> (EFSA 2014)	-	-	-
Quecksilber (Hg)	0,50 - 0,51 <sup>1)</sup> (EFSA 2012a)	0,0005 - 0,0048 <sup>1)</sup> (EFSA 2012a)	0,010 Höchstgehalt (VO 2018/73) für Pollen anwendbar	0,010 Höchstgehalt (VO 2018/73) für Honig anw.	0,1 - 1,0 (VO 2018/73; 1,0 in bestimmten Fleisch-/Fischprodukten)
Zink (Zn)	-	-	500 umgerechnet aus Höchstmenge 5 mg/Tag je NEM-Produkt (BgVV 2002), – bei Verzehr von 0,1 kg NEM/Tag –	-	7-10 mg/Tag als Empfehlung für die gesamte tägliche Zufuhr (BgVV 2002)
Benzo[a]-pyren / PAK4	-	-	0,010 BaP, 0,050 PAK4 Höchstgehalte f. NEM mit Propolis, Gelee Royale (VO 2023/915)	0,010 BaP, 0,050 PAK4 Höchstgehalte für Propolis, Gelee Royale (VO 2023/915)	0,0010 - 0,0060 BaP 0,0010 - 0,035 PAK4 (VO 2023/915)

<sup>1)</sup>: aus unterer (LB: lower bound) bis oberer Grenze (UB: upper bound) des arithmetischen Mittelwerts (aMW);  
 \*: Blütenhonige; \*\*: nicht spezifizierte Honige;  
 PAK4: BaP, Benzo[a]anthracen, Benzo[b]fluoranthen, Chrysen;  
 schwarze Schrift: für Pollen, Honig; *kursiv*: Aktionswert, *nicht in Deutschland gültig*;  
 grau: für andere Nahrungsergänzungs- und zuckerähnliche Lebensmittel; Kleinschrift: für andersartige Lebensmittel Verzehrempfehlungen, z.B. 0,06 mg/Tag Chrom je NEM-Produkt, sind umgerechnet auf den Verzehr von 10 g Pollen/Tag als NEM (10 g entsprechen ca. 5 Teelöffeln) und lassen im Beispiel maximal 6 mg/kg als Chromgehalt zu. Dabei ist zu berücksichtigen, dass Chrom, auch über andere Lebensmittel zugeführt wird.

## 2.6 Messunsicherheit

Im Ergebnisteil (Kap. 3) sind die Messergebnisse als Zahlenwerte (bzw. Balkenhöhen in den Abbildungen) dargestellt. Jedes Messverfahren ist aber mit einer Messunsicherheit behaftet. Der Wert der betrachteten Messgröße kann nicht beliebig exakt bestimmt werden. Das Ergebnis einer Messung ist vielmehr stets eine Lageschätzung für den wahren Wert. Die Messunsicherheit – Standardunsicherheit  $u$  – gibt an, in welchem Wertebereich der Messwert um diesen wahren Wert streut (VDI 4280/1 2014 zu DIN V ENV 13005). Ein Messergebnis darf aufgrund dessen nicht als exakter Zahlenwert interpretiert werden. Vielmehr definiert die aus der verfahrensspezifischen Unsicherheit resultierende Spannweite für den Messwert einen Wertebereich {Messwert  $\pm u$ } in dem der wahre Messwert liegt (BayLfU 2017). Die Messunsicherheit ist spezifisch für den jeweiligen untersuchten Stoff, schon aufgrund seiner typischen Eintragsformen in die Umwelt.

Weder das Deutsche Institut für Normung (DIN) noch der Verein Deutscher Ingenieure (VDI) haben bisher Normen oder Richtlinien veröffentlicht, denen Angaben zu Genauigkeit und Messunsicherheit speziell beim Honigmonitoring zu entnehmen wären (DIN EN ISO 20988). Standards und Erfahrungswerte für ähnliche Untersuchungen können hilfsweise herangezogen werden, um abzuschätzen, in welchen Bereichen die Messunsicherheiten für die untersuchten Stoffe beim Honigmonitoring angesetzt werden können.

Für die Abschätzung der Messunsicherheiten werden die Standardunsicherheiten  $u$  nach DIN EN ISO 20988 aus dem Biomonitoring mit Pflanzen gemäß Richtlinien und VDI 3857 Blatt 2 (standardisierte Graskultur, 2021, für Metalle) und VDI 3957 Blatt 3 (standardisierte Exposition von Grünkohl, 2023, für PAK) als Anhaltspunkte beim Honigmonitoring herangezogen (ganze Zahlen aufgerundet auf 5):

- für Kupfer und Quecksilber rund  $\pm 10 \%$ ,
- für Arsen, Blei, Eisen, Nickel und Zink rund  $\pm 15 \%$ ,
- für Antimon, Cadmium, Chrom, Benzo[a]pyren und 16 PAK rund  $\pm 20 \%$ ,
- für PAK4  $\pm 35 \%$ .

Für PAK kann, neben dem Grünkohl-Biomonitoring (VDI 3957/3, 2023), aufgrund der weitgehenden Übereinstimmung bei der Analytik auch die DIN ISO 12884: 2000-12 vergleichend zu Rate gezogen werden. Diese Norm gibt die Genauigkeit und Messunsicherheit bei der Bestimmung der Summe gasförmiger und partikelgebundener PAK in der Außenluft unter normalen Bedingungen mit  $\pm 35 \%$  bis  $\pm 50 \%$  an. Einen im Vergleich zur Norm ähnlichen Erfahrungswert gibt das Partnerlabor von UMW Umweltmonitoring auf Basis langjähriger Erfahrung bei PAK-Analytik von Honigmonitoring-Proben für die Messunsicherheit an: etwa  $\pm 30 \%$  für die PAK-Summen und Leitparameter.

Beispiel: Bei einer Messunsicherheit von  $\pm 30 \%$  beträgt für einen Messwert von 10 mg/kg OS die Spannweite des Messwertes 7 bis 13 mg/kg OS. Die Messunsicherheit muss beachtet werden, wenn Ergebnisse beurteilt werden.

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Vitalitätserhebung

Bienen reagieren empfindlich auf viele Schadstoffe und Störungen ihrer Lebensbedingungen. Deshalb wird beim Honigmonitoring die Vitalität der Bienenvölker betrachtet. Bei der Vitalitätserhebung handelt es sich insgesamt um eine sondierende Erhebung, da die Vitalität von vielfältigen Faktoren abhängt: Witterung, Kontakt mit Pestiziden, Befall mit Varroamilben etc..

Die Erhebungen 2023 sind nachfolgend in Tabelle 3.1-1 zusammengefasst und denen der beiden Vorjahre gegenüber gestellt. Die Vitalität der Bienenvölker während der Früh- und Sommertrachtperioden 2021 bis 2023 werden mit dem Referenzgebiet Aichach verglichen.

Die Überlebensrate 2021 nach der Überwinterung hatte in beiden Gebieten 100% betragen. Die Überlebensrate 2022 am Flughafen hatte ebenfalls 100% betragen und im Referenzgebiet waren nur geringe Verluste über den Winter 2021/2022 aufgetreten. Den Winter 2022/2023 überlebten die Völker am und nahe dem Flughafen zu 89 %, ähnlich wie im Referenzgebiet mit von 95 % Überlebensrate.

Die Honigmenge stellt ein Ergebnis aus Sammelaktivität, Blütenangebot und Volksstärke dar. Für die Frühtracht 2021 hatten sich keine relevanten Unterschiede zwischen den Standorten gezeigt: Die Aichacher Referenzbienen produzierten nur rund 10 kg Frühtrachthonig pro Volk, der abgeschleudert werden konnte. Allerdings produzierte ein Teil der Völker so wenig, dass der Imker den Honig im Bienenstock beließ. Die Flughafenbienen lagen 2021 mit 10,5–13,5 kg Frühtrachthonig pro Volk kaum besser. Die Menge des Sommertrachthonigs 2021 blieb mit standortunabhängig 5–10 kg hinter Vorjahren zurück. Auch 2022 hatten sich keine relevanten Unterschiede zwischen den Standorten hinsichtlich der Honigmengen gezeigt: Die Aichacher Referenzbienen und die Flughafenbienen produzierten rund 16–18 kg Frühtrachthonig, aber nur rund 6–8 kg Sommertrachthonig pro Volk. Etwas höher lag die Frühtrachthonigmenge aus Tödenried bei Aichach mit 23 kg pro Volk (Ref. AIC-ATN in Tabelle 3.1-1). Im aktuellen Jahr wurden am und nahe dem Flughafen 8–18 kg Frühtrachthonig pro Volk gewonnen, aber nur 2–8 kg Sommertrachthonig. Im Referenzgebiet war es 2023 eine vergleichbare Frühtrachtmenge von 10–20 kg pro Volk, aber mit 21–34 kg weit mehr Sommertrachthonig. Die große Menge Sommertracht kam dadurch zustande, dass die Referenzbienen nach dem Blütenhonig noch Waldhonig aus Honigtau gewannen (vgl. Kap. 1.2).

Die ungünstigen Witterungsverhältnisse 2021 hatten sich nicht nur lokal in der Honigmenge niedergeschlagen, sondern teilweise auch in der gesamten Entwicklung der Bienenvölker. Die Stärke der Bienenvölker und der Brut hatten sich während der Frühtracht 2021 an den flughafennahen Standorten HFF, MFS und MEF ähnlich gut entwickelt. Im Referenzgebiet waren diese Vitalitätsparameter während der Frühtracht 2021 schlecht ausgefallen. Während der Sommertracht 2021 waren die Bienenvölker an den flughafennahen Standorten normal bis stark und die Brut hatte sich normal bis gut entwickelt. Aber im Referenzgebiet waren die Bienenvölker im Jahr 2021 unterdurchschnittlich und die Brut hatte sich schlecht entwickelt (Tabelle 3.1-1). Der Referenzimker, der seit Jahrzehnten imkert, bezeichnete das Bienenjahr 2021 als „das schlechteste, seit ich Bienen habe“.

Während der Frühtracht 2022 entwickelten sich die Stärke der Bienenvölker und Brut flughafennah und -fern ähnlich gut, aber während der Sommertracht 2022 im Referenzgebiet deutlich schlechter.

**Tabelle 3.1-1: Ergebnisse der Vitalitätserhebungen 2023 im Vergleich zu 2021 und 2022**

<b>Vitalität - Sommertracht 2023</b>	<b>HFF</b>	<b>MFS</b>	<b>MEF</b>	<b>MAN</b>	<b>MEM</b>	<b>Ref. AIC-ATN</b>	<b>Ref. AIC-ALN</b>	<b>Ref. AIC-ASI</b>
Anzahl der Bienenvölker am Standort	8	8	5	8	13	25	8	6
Stärke der Bienenvölker zu Beginn	durchschnittl.	gut	sehr stark	sehr stark	überwiegend gut	unterdurchschn.	durchschnittl.	durchschnittl.
Entwicklung bis zur Ernte	durchschnittl.	gut	gut	sehr stark	gleichbleibend	sehr gut	sehr gut	durchschnittl.
Datum Beginn Frühtracht	04.06.2023	05.06.2023	01.07.2023	03.06.2023	10.+21.6.2023	Mitte Juni	Mitte Juni	Mitte Juni
Datum Ende Frühtracht	23.07.2023	27.07.2023	01.08.2023	22.07.2023	22.07.2023	Ende Juli	Ende Juli	Ende Juli
Verlauf der Tracht	eher schlecht	ständig Nektar	sehr schwach*	ständig Nektar	eher schlecht	sehr gut	sehr gut	gut
Honigernte am Standort in kg	48 kg	64 kg	10 kg	64 kg	50 kg v. 7 Völkern	ca. 850 kg	240 kg	ca. 85 kg
Erntemenge pro Volk in kg	6 kg	8 kg	2 kg	8 kg	ca. 7 kg variierend	34 kg	30 kg	21 kg
Entwicklung der Brutwaben	durchschnittl.	durchschnittl.	Schwärmen*	gut	keine Angabe	überdurchschn.	überdurchschn.	durchschnittl.
Anzahl Brutwaben pro Volk bei Beginn	10	10	8	10	keine Angabe	7	7	5
Anzahl Brutwaben pro Volk bei Ernte	10	10	6	10	keine Angabe	7	7	7
besetzte Waben pro Volk bei Beginn	20	20	18	20	keine Angabe	27	23	20
besetzte Waben pro Volk bei Ernte	20	20	18	20	keine Angabe	37	27	25
<b>Vitalität - Frühtracht 2023</b>	<b>HFF</b>	<b>MFS</b>	<b>MEF</b>	<b>MAN</b>	<b>MEM</b>	<b>Ref. AIC-ATN</b>	<b>Ref. AIC-ALN</b>	<b>Ref. AIC-ASI</b>
Anzahl der Bienenvölker am Standort	8	8	2 aus Vorjahr	8	10	25	8	6
Verluste an Bienenvölkern im Winter	0	0	-	0	4	0	0	2
Stärke der Bienenvölker zu Beginn	stark	durchschnittl.	sehr stark	stark	schwach-gut	schwach	schwach	schwach
Entwicklung bis zur Ernte	durchschnittl.	gut	sehr stark	sehr stark	überwiegend gut	unterdurchschn.	unterdurchschn.	unterdurchschn.
Datum Beginn Frühtracht	02.04.2023	02.04.2023	01.05.2023	02.04.2023	Mi. April 2023	Mitte April	Mitte April	Mitte April
Datum Ende Frühtracht	04.06.2023	05.06.2023	03.06.2023	02.06.2023	10.+21.6.2023	Anfang Juni	Anfang Juni	Anfang Juni
Verlauf der Tracht	eher schlecht	ständig Nektar	Schwärmen*	ständig Nektar	befriedigend	bis Mai unterdur.	bis Mai unterdur.	bis Mai unterdur.
Honigernte am Standort in kg	64 kg	132 kg	20 kg	140 kg	140 kg	ca. 500 kg	120 kg	40 kg
Erntemenge pro Volk in kg	8 kg	16,5 kg	10 kg	17,5 kg	18 kg Teilentnahme	20 kg	15 kg	10 kg
Entwicklung der Brutwaben	gut	gut	geschwächt*	sehr gut	normal	ab Mai sehr gut	ab Mai sehr gut	ab Mai sehr gut
Anzahl Brutwaben pro Volk bei Beginn	7	8	8	8	keine Angabe	5	5	4
Anzahl Brutwaben pro Volk bei Ernte	9	9	6	10	keine Angabe	7	7	7
besetzte Waben pro Volk bei Beginn	8	20	16	20	keine Angabe	7	7	6
besetzte Waben pro Volk bei Ernte	16	30	18	30	keine Angabe	22	22	20
<b>Vitalität - Sommertracht 2022</b>	<b>HFF</b>	<b>MFS</b>	<b>MEF</b>	<b>MAN</b>	<b>MEM</b>	<b>Ref. AIC-ATN</b>	<b>Ref. AIC-ALN</b>	<b>Ref. AIC-ASI</b>
Anzahl der Bienenvölker am Standort	8	6	8	8		25	8	6
Stärke der Bienenvölker zu Beginn	durchschnittl.	stark	durchschnittl.	stark		unterdurchschn.	normal	unterdurchschn.
Entwicklung bis zur Ernte	stark	sehr stark	sehr stark	sehr stark		noch zu schwach	unterdurchschn.	unterdurchschn.
Datum Beginn Frühtracht	05.06.2022	04.06.2022	02.06.2022	01.06.2022		Anfang Juni	Mitte Juni	Mitte Juni
Datum Ende Frühtracht	16.07.2022	19.07.2022	16.07.2022	15.07.2022		Mitte Juli	Anfang Juli	Anfang Juli
Verlauf der Tracht	ständig Nektar	ständig Nektar	ständig Nektar	ständig Nektar		insges. schlecht	sehr schlecht	sehr schlecht
Honigernte am Standort in kg	48 kg	45 kg	56 kg	60 kg		200 kg	60 kg	36 kg
Erntemenge pro Volk in kg	6 kg	7,5 kg	7 kg	7,5 kg		8 kg	7kg;3-15kg Waldhonig	6 kg
Entwicklung der Brutwaben	sehr gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut		unterdurchschn.	unterdurchschn.	unterdurchschn.
Anzahl Brutwaben pro Volk bei Beginn	10	10	9	9		7	7	7
Anzahl Brutwaben pro Volk bei Ernte	10	9	10	9		7	7	7
besetzte Waben pro Volk bei Beginn	19	20	18	20		27	27	27
besetzte Waben pro Volk bei Ernte	20	20	29	19		20	20	19
<b>Vitalität - Frühtracht 2022</b>	<b>HFF</b>	<b>MFS</b>	<b>MEF</b>	<b>MAN</b>		<b>Ref. AIC-ATN</b>	<b>Ref. AIC-ALN</b>	<b>Ref. AIC-ASI</b>
Anzahl der Bienenvölker am Standort	8	3	8	8		25	8	6
Verluste an Bienenvölkern im Winter	0	0	0	neuer Standort		2	1	0
Stärke der Bienenvölker zu Beginn	durchschnittl.	durchschnittl.	durchschnittl.	stark		durchschn.gut	durchschn.gut	durchschn.gut
Entwicklung bis zur Ernte	sehr stark	sehr stark	sehr stark	sehr stark		normal	normal	normal
Datum Beginn Frühtracht	31.03.2022	31.03.2022	31.03.2022	31.03.2022		Mitte April	Mitte April	Mitte April
Datum Ende Frühtracht	05.06.2022	04.06.2022	01.06.2022	30.05.2022		Anfang Juni	Anfang Juni	Anfang Juni
Verlauf der Tracht	ständig Nektar	ständig Nektar	ständig Nektar	ständig Nektar		sehr gut	sehr gut	sehr gut
Honigernte am Standort in kg	128 kg	48 kg	128 kg	128 kg		530 kg	140 kg	110 kg
Erntemenge pro Volk in kg	16 kg	16 kg	16 kg	16 kg		23 kg	17,5 kg	18,3 kg
Entwicklung der Brutwaben	sehr gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut		sehr gut	sehr gut	sehr gut
Anzahl Brutwaben pro Volk bei Beginn	6	7	5	6		6	5	5
Anzahl Brutwaben pro Volk bei Ernte	9	9	9	9		7	7	7
besetzte Waben pro Volk bei Beginn	8	6	6	8		8	7	8
besetzte Waben pro Volk bei Ernte	20	20	20	20		28 - 38	24	24
<b>Vitalität - Sommertracht 2021</b>	<b>HFF</b>	<b>MFS</b>	<b>MEF</b>			<b>Ref. AIC-ATN</b>	<b>Ref. AIC-ALN</b>	<b>Ref. AIC-ASI</b>
Anzahl der Bienenvölker am Standort	8	8	6			25	9	6
Stärke der Bienenvölker zu Beginn	durchschnittl.	normal	durchschnittl.			unterdurchschn.	unterdurchschn.	unterdurchschn.
Entwicklung bis zur Ernte	stark	normal	stark			noch zu schwach	durchschnittlich	noch zu schwach
Datum Beginn Frühtracht	13.06.2021	13.06.2021	13.06.2021			Mitte Juni	Mitte Juni	Mitte Juni
Datum Ende Frühtracht	19.07.2021	12.07.2021	17.07.2021			Mitte Juli	Mitte Juli	Mitte Juli
Verlauf der Tracht	eher schlecht	wetterbed. mäßig	eher schlecht			sehr schlecht	sehr schlecht	nur 1 Volk gut
Honigernte am Standort in kg	56 kg	78 kg	42 kg			150 kg	90 kg	30
Erntemenge pro Volk in kg	7 kg	9,8 kg	7 kg			6 kg	3-15 kg Waldhonig	5 kg
Entwicklung der Brutwaben	gut	normal	gut			schlecht	schlecht	schlecht
Anzahl Brutwaben pro Volk bei Beginn	10	9	10			7	7	7
Anzahl Brutwaben pro Volk bei Ernte	10	8	10			7	7	7
besetzte Waben pro Volk bei Beginn	10	10	10			15	16	16
besetzte Waben pro Volk bei Ernte	10	10	10			20	26	19
<b>Vitalität - Frühtracht 2021</b>	<b>HFF</b>	<b>MFS</b>	<b>MEF</b>			<b>Ref. AIC-ATN</b>	<b>Ref. AIC-ALN</b>	<b>Ref. AIC-ASI</b>
Anzahl der Bienenvölker am Standort	8	8	6			25	9	6
Verluste an Bienenvölkern im Winter	0	0	0			0	0	0
Stärke der Bienenvölker zu Beginn	durchschnittl.	normal	durchschnittl.			unterdurchschn.	unterdurchschn.	schwach
Entwicklung bis zur Ernte	stark	normal	stark			noch zu schwach	noch zu schwach	noch zu schwach
Datum Beginn Frühtracht	31.03.2021	29.03.2021	31.03.2021			Ende April	Ende April	Ende April
Datum Ende Frühtracht	13.06.2021	12.06.2021	13.06.2021			Mitte Juni	Mitte Juni	Mitte Juni
Verlauf der Tracht	eher schlecht	verzögert, kurze	"durchwachsen"			Honig nur 13 Völker	Honig nur 3 Völker	Honig nur 1 Volk
Honigernte am Standort in kg	108 kg	84 kg	72 kg			100 kg	36 kg	10 kg
Erntemenge pro Volk in kg	13,5 kg	10,5 kg	12 kg			7,7 kg	12 kg	10 kg
Entwicklung der Brutwaben	gut	normal	gut			schlecht	schlecht	schlecht
Anzahl Brutwaben pro Volk bei Beginn	5	4	5			7 / 5	7 / 5	7 / 5
Anzahl Brutwaben pro Volk bei Ernte	10	9	10			8 / 6	8 / 6	8 / 6
besetzte Waben pro Volk bei Beginn	6	6	6			12 / 9	10 / 7	10 / 7
besetzte Waben pro Volk bei Ernte	10	10	10			20 / 13	20 / 11	20 / 11

Während der aktuellen Frühtrachtperiode 2023 entwickelten sich die Stärke der Bienenvölker und Brut im Referenzgebiet deutlich schlechter. Aber während der Sommertrachtperiode 2023 entwickelten sich die Stärke der Bienenvölker und Brut flughafennah und -fern mit großen Unterschieden zwischen den einzelnen Standorten – von unterdurchschnittlich bis zu sehr gut.

Insgesamt zeigten die Vitalitätsuntersuchungen Unterschiede zwischen Trachtperioden, Jahren und Standorten. Die Unterschiede lagen in ähnlichem Ausmaß, wie sie auch in anderen Monitorings festgestellt wurden – unabhängig ob die Bienenvölker flughafennah oder -fern angesiedelt waren:

- z. B. beim Bienenmonitoring am Flughafen Dresden 2004–2021 (Quelle im Internet, Stand 23.12.2023: [https://www.mdf-ag.com/media/user\\_upload/Dresden/Bilder/Unternehmen/Umwelt/DRS2021\\_Bericht\\_Biomonitoring\\_Honig.pdf](https://www.mdf-ag.com/media/user_upload/Dresden/Bilder/Unternehmen/Umwelt/DRS2021_Bericht_Biomonitoring_Honig.pdf)), oder
- beim Bienenmonitoring am Flughafen Leipzig/Halle 2009–2022 (Quelle im Internet, Stand 23.12.2023: <https://www.mdf-ag.com/unternehmen/umwelt/flughafen-leipzig/halle-gmbh/biomonitoring/>), oder
- beim Bienenmonitoring im Umfeld der Berliner Flughäfen seit 2011 (Quelle im Internet, Stand 23.12.2023: <https://corporate.berlin-airport.de/content/dam/corporate/de/umwelt/luft/2023-12-11-Bienenmonitoring-Ergebnisse.pdf>)

### 3.2 Qualitätsuntersuchungen und Pestizidrückstandsanalysen

#### Münchner Flughafenhonig ist 2023 erstmals Bio-Honig:

Der Münchner Flughafenhonig erfüllt als erster Honig eines deutschen Flughafens die Vorgaben der Kennzeichenverordnung „DE-Öko-037“. Er darf auf dem Etikett das EU-Bio-Siegel und das deutsche Bio-Siegel tragen. Der Flughafenhonig stammt von den Bienenvölker-Standorten, die von einer Bioland-zertifizierten Imkerei betreut werden (MAN, MFS, HFF) – im Jahr 2023 vom Standort MAN. Bei der Bio-Bienenhaltung sind naturnahe und umweltfreundliche Haltungsbedingungen einzuhalten, verboten ist der Einsatz von chemischen Medikamenten und von künstlichen Materialien, etwa Plastik und Styropor. Am Flughafen selbst sind im Rahmen der Bio-Zertifizierung weitere Anforderungen zu erfüllen, insbesondere die Prüfung der zugehörigen Lieferbestätigungen und die Lagerung betreffend. „Der Bio-Flughafenhonig wird nicht verkauft und kann also nicht im Handel erworben werden. Die direkt beim Imker abgefüllten Gläser werden im Rahmen von besonderen Aktionen verteilt und zuvorderst an gemeinnützige Einrichtungen verschenkt“, so die Flughafern München GmbH (Im Internet, Stand 28.12.2023: <https://www.munich-airport.de/honig>).



**Bild 3.2-1: Bio-Flughafenhonig 2023**  
[Foto © Flughafen München]



Der unter der Kennzeichnung „Feiner Bio-Flughafenhonig aus der Airfolgsregion“ abgefüllte Honig (Bild 3.2-1) wurde auf allgemeine Qualitätsvorgaben geprüft (Kapitel 2.5) und für einwandfrei befunden, genauso wie die Honige der weiteren Standorte am und nahe dem Münchner Flughafen.

Von der LWG als amtlicher Kontrollstelle wurde bezüglich der **Qualität** 2023 wie für die Vorjahre bescheinigt (rollierend im Jahr 2023 HFF nicht untersucht):

- honigtypischer Geruch und Geschmack,
- der Sorten Rapshonig/Frühjahrsblüte mit Rapshonig mit mehr als 45 % Anteil Kreuzblütler-Blütenpollen (MAN) oder Rapsarten (MFS),
- der Sorte Frühjahrstrachthonig ebenfalls mit hohem Anteil Kreuzblütler-Blütenpollen (MEF) oder Rosen- und Kreuzblütler-Blütenpollen (MEM),
- der Sorte Sommerblütenhonig aus Kreuzblütler- mit Rosen- und Kreuzdorn-Blütenpollen sowie Ahorn (MFS und MAN) und
- der Sorte Sommertrachthonig mit Springkraut, Kreuzblütlern und Hornklee (MEM);
- zudem einwandfreie Qualität hinsichtlich untersuchter sensorischer, chemisch-physikalischer und mikroskopischer Qualitätsmerkmale,
- entsprechend den Anforderungen der deutschen Honigverordnung sowie
- auch entsprechend den Anforderungen des Deutschen Imkerbunds (DIB), des Verbands Bayerischer Bienenzüchter (VBB) und der Bayerischen Imkervereinigung e.V. (BIV) – Ausnahmen MEF-FT und MEM-ST, weil leicht höhere Wasseranteile.

Im Anhang ist exemplarisch das Prüfergebnis auf diese allgemeinen Qualitätsvorgaben für Frühtrachthonig vom Standort MAN dargestellt (Bild 9.1-1).

Die Honige wurden zudem auf **Pestizidrückstände** untersucht, weil diese Bienen schädigen und im Honig nachweisbar sein können. In drei von acht untersuchten Honigen 2023, in den Frühtrachthonigen MAN, MFS (Bild 9.1-2 im Anhang) und MEM, wurde jeweils ein Wirkstoff aus 36 untersuchten Pestiziden oberhalb der Bestimmungsgrenze (BG) gefunden: der Fungizidwirkstoff Prothioconazol, in MAN-FT und das Insektizid Flonicamid in MFS-FT und MEM-FT. Diese und der Frühtrachthonig 2021 vom Standort MFS (mit 2 Fungizidwirkstoffen, Boscalid und Dimoxystrobin, unterhalb Beurteilungswerten) sind die einzigen Honige seit Start des Honigmonitorings 2008, in denen Pestizidwirkstoffe gefunden wurden. Das Einsatzgebiet der Fungizide ist vor allem, aber nicht ausschließlich der Rapsanbau. Die Gehalte hatten den jeweiligen Beurteilungswert eindeutig unterschritten. Somit hatten auch diese Honige den gesetzlichen Bestimmungen gemäß EG-Verordnung Nr. 470/2009 entsprochen. Im Jahr 2022 konnte wie in allen Vorjahren seit 2008 keine der Varroabekämpfungsmittel-Wirkstoffe (Varroa-Milben sind Bienenschädlinge) und keine der untersuchten Pflanzenschutzmittel-Wirkstoffe aufgefunden werden.

Pestizid-Rückstandsanalysen werden aufgrund der vereinzelt Funde weiterhin Bestandteil des Honigmonitorings am Flughafen München bleiben, um die weitere Entwicklung zu beobachten.

In den Vergleichs-Bienenmonitorings der Berliner Flughäfen und der Flughäfen Leipzig/Halle und Dresden werden die Honige nicht auf Pestizidrückstände untersucht (Wäber und Pompe 2019 bis 2023). In einem anderen Honigmonitoring war 2022 in Frühtrachthonigen von zwei Standorten mit landwirtschaftlich geprägtem Umfeld unter den 36 untersuchten Pestiziden das Insektizid Flonicamid gefunden worden: unterhalb der zulässigen Menge 0,050 mg/kg (eigene unveröffentlichte Daten).

### 3.3 Stoffgehalte in Pollen, Wachs und Honig im Vergleich

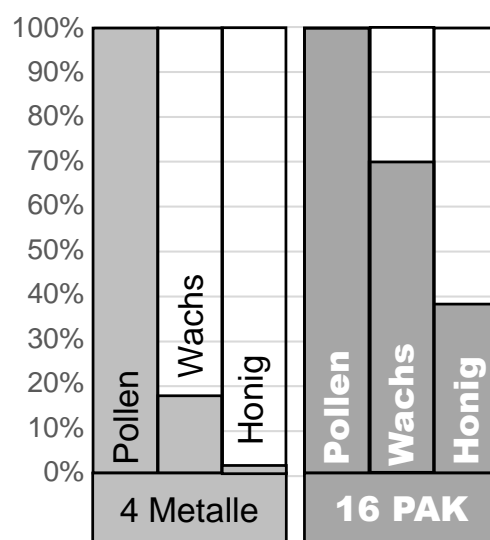
Pollen kommt direkt mit Schadstoffen aus der Luft und dem Regen in Kontakt und zeigt als Bioindikator diese Anreicherungen als *Immissionswirkungen* an (VDI 3957 Blatt 1, 2020). Wachs und Honig sind hingegen von den Bienen hergestellte Produkte (Kap. 1.2). Zudem besitzen Pollen, Wachs und Honig unterschiedliche Anreicherungseigenschaften für die untersuchten Stoffe. Die polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) stellen eine lipophile (fettlösliche, nicht wasserlösliche) Stoffgruppe dar, die sich potenziell besser in Wachs einlagert, als in eiweißreichen Pollen oder zuckerreichen Honig. Dies sind Faktoren, die die Stoffgehalte der Proben beeinflussen.

Die Stoffgehalte wurden für die relative Betrachtungsweise hier auf 100% normiert und beispielhaft für 2023 dargestellt. Die Absolutgehalte lagen 2023 wie in den Vorjahren im niedrigen natürlichen Bereich (nachfolgende Kapitel 3.4 ff.).

Im Vergleich der Probenarten zueinander lagen die Metallgehalte in den Honigproben niedriger als die Metallgehalte in Wachs und diese wiederum niedriger als die Metallgehalte in Pollen<sup>8</sup> (in Bild 3.3-1 links). Die Abstufung entspricht der Erwartung, da Pollen direkt Immissionseinflüssen der Umwelt ausgesetzt sind, während die Bienen bei der Herstellung von Wachs und Honig als „Filter“ wirken.

Die PAK-Gehalte (Summen der 16 PAK) in den Wachsproben lagen ungefähr gleichauf mit den 16 PAK-Gehalten in Pollenproben – unter Berücksichtigung der Messunsicherheit für diese Stoffgruppe von 20 % (Kap. 2.6). Die 16 PAK-Gehalte in Honigproben lagen leicht niedriger als in Wachsproben und niedriger als in Pollenproben (in Bild 3.3-1 rechts). Die Abstufung für 16 PAK dürfte folgenden Einflüssen unterliegen:

- Auf Pollen wirken die Immissionseinflüssen in der Umwelt direkt, bei den Bienenprodukten Wachs und Honig wirken Filtereffekte.
- Wachs kann die lipophile Stoffgruppe PAK im Vergleich zu Pollen oder Honig am besten anreichern.

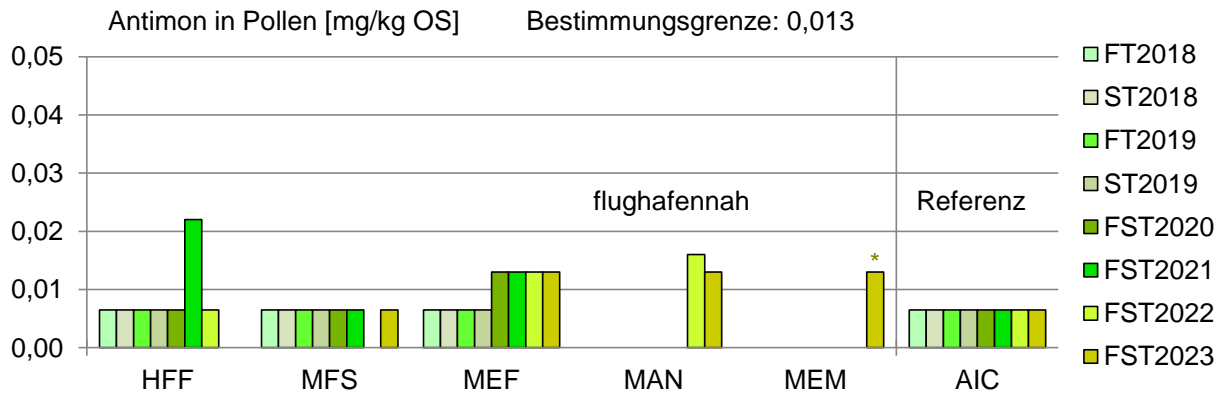


**Bild 3.3-1: Prozentuale Anteile der Stoffgehalte in Pollen, Wachs und Honig**

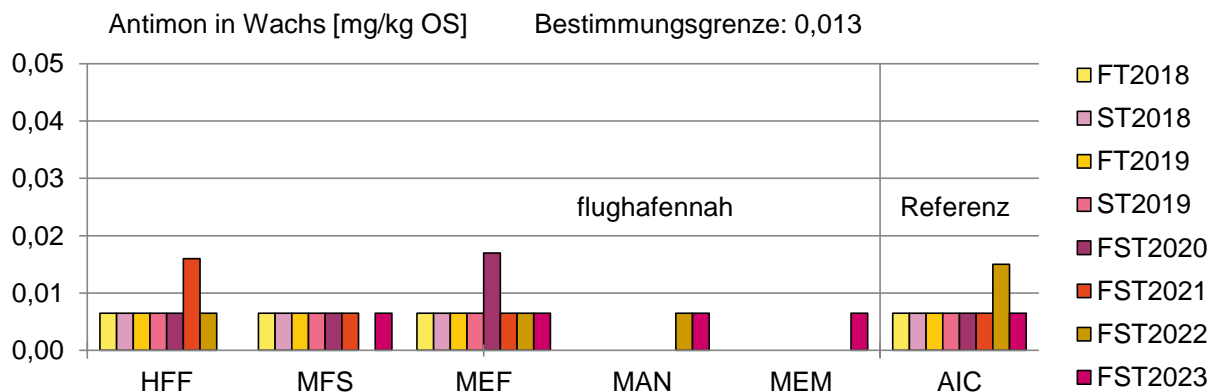
Anteile im Bild auf 100% normiert; hier beispielhaft für das Jahr 2023 gezeigt; 4 Metalle: Eisen, Kupfer, Nickel und Zink, da > Bestimmungsgrenze

<sup>8</sup> Es handelt sich um eine orientierende, nicht statistisch repräsentative Betrachtung. Die flughafennahen Ergebnisse wurden für PAK zusammen mit denen aus dem Referenzgebiet betrachtet. Die Betrachtung von Metallen wurde ohne das Referenzgebiet vorgenommen und bezieht sich auf solche Metalle, die in Pollen, Wachs und in Honig analytisch mehrheitlich auffindbar waren: Eisen, Kupfer, Nickel, Zink.

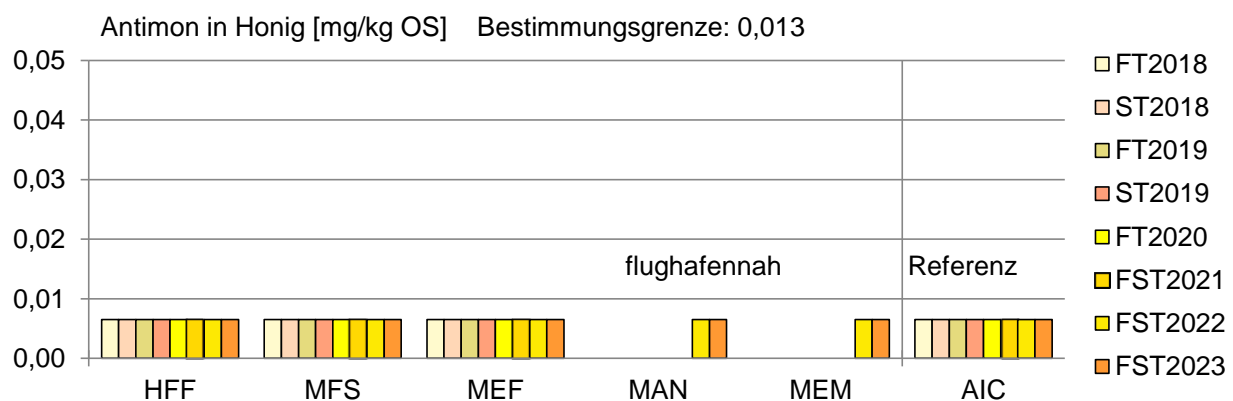
### 3.4 Gehalte von Antimon in Pollen, Wachs und Honig



**Bild 3.4-1: Antimon in Pollen**



**Bild 3.4-2: Antimon in Wachs**



**Bild 3.4-3: Antimon in Honig**

Beurteilungswerte aus dem Lebensmittelrecht sind für Antimon nicht festgelegt.

Die Antimongehalte in Pollen, Wachs und Honig lagen mit wenigen Ausnahmen unterhalb der Bestimmungsgrenze und sind dann mit 50% der BG von 0,013 mg/kg OS dargestellt.

FT: Frühtracht, ST: Sommertracht, FST: Mischprobe Früh- und Sommertracht; \*Pollen 2023 MEM: Frühtracht

Die **Antimongehalte in Pollen** lagen 2023 in einem engen Bereich unterhalb oder an der Bestimmungsgrenze: 0,013 mg/kg OS. Ergebnisse unterhalb Bestimmungsgrenze (BG) sind in Bild 3.4-1 gemäß Konvention (Richtlinienreihe VDI 3957) mit dem Wert der halben BG 0,0065 mg/kg OS angegeben. In den Vorjahren lagen sie sehr ähnlich, maximal beim Wert 0,022 mg/kg OS nahe der BG. Zum Vergleich: Die Ergebnisse am Referenzstandort BRS des Bienenmonitorings im Umfeld der Berliner Flughäfen waren kleiner BG <0,05 mg/kg OS (bis 2015; BG 0,05 mg/kg entspricht in Bild 3.4-1 der maximalen Skalierung) bzw. kleiner BG <0,013 mg/kg OS bis maximal 0,066 mg/kg OS (ab 2016).

Antimon ist ökotoxikologisch relevant (Kap. 2.3), aber Höchstgehalte für Nahrungsergänzungsmittel wie Pollen, oder für Lebensmittel wie Honig sind nicht festgelegt (Kap. 2.5).

Die **Antimongehalte in Wachs** lagen 2023 unterhalb der Bestimmungsgrenze. Seit 2018 reichten sie nur in Einzelfällen knapp darüber: je einmal, 2022 in AIC 0,015 mg/kg OS, 2021 an HFF 0,016 mg/kg OS und 2020 an MEF 0,017 mg/kg OS (Bild 3.4-2). Am Referenzstandort BRS des Berliner Bienenmonitorings lag Antimon in Wachs <0,05 mg/kg OS (bis 2015) bzw. <0,013 mg/kg OS (ab 2016).

**Antimon in Honig** lag 2023 flughafennah am Münchner Airport und im Referenzgebiet sämtlich unterhalb der Bestimmungsgrenze 0,013 mg/kg OS (Bild 3.4-3) – so wie in den Vorjahren. Am Berliner Referenzstandort BRS lag Antimon in Honig ebenfalls unter den Bestimmungsgrenzen (2013–2023).

#### **Fazit für Antimon:**

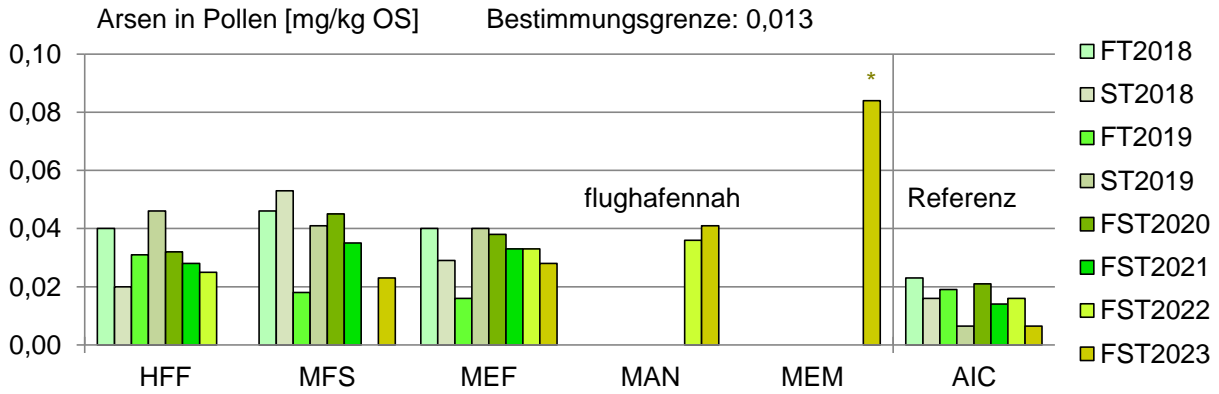
**Antimon war trotz empfindlicher Analysenverfahren – flughafennah und im Referenzgebiet – in Pollen, Wachs und Honig kaum auffindbar. Ein Einfluss des Flughafenbetriebs und eine zeitliche Entwicklung, die mit dem Coronapandemie bedingten Rückgang der Flugzahlen 2020 und deren Steigerung seitdem korrespondieren würde (Bild 1.3-1 in Kap. 1.3), sind nicht feststellbar.**

### 3.5 Gehalte von Arsen in Pollen, Wachs und Honig

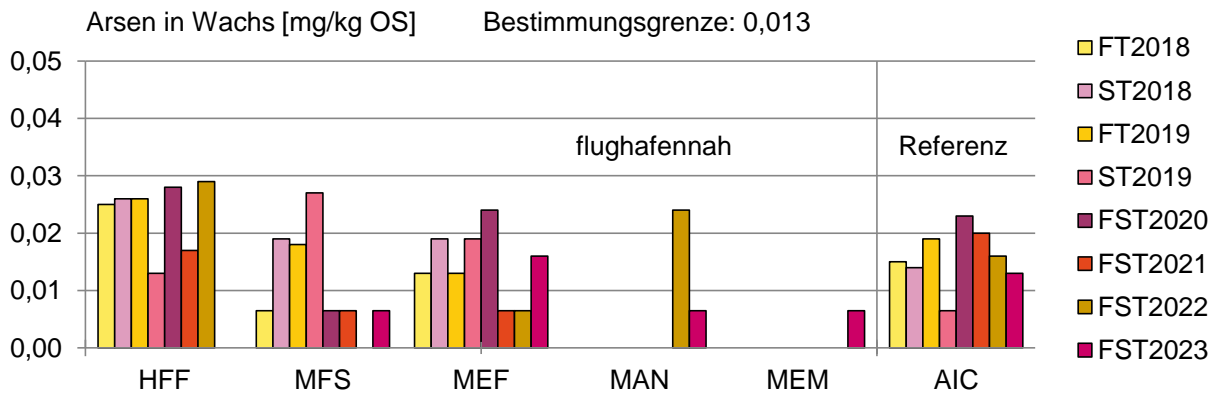
Die **Arsengehalte in Pollen** lagen 2023 wie 2022 an den Standorten HFF, MEF und MAN unmittelbar am Flughafen bei 0,023–0,041 mg/kg OS, im Bereich der Vorjahre: 0,016–0,053 mg/kg OS an HFF, MEF und MFS (Bild 3.5-1). Sie lagen damit 2018–2023 im oberen Bereich der Wertespanne des Referenzgebiets Aichach: <0,013–0,023 mg/kg OS. Zum Vergleich: Am Referenzstandort BRS des Berliner Bienenmonitorings waren die Arsengehalte in der Höhe vergleichbar: <0,013–0,041 mg/kg OS. Am neu untersuchten, flughafennahen Standort MEM lag Arsen in Pollen 2023 mit 0,084 mg/kg OS höher. Hier wurde eine Frühtrachtpollenmischprobe untersucht, nicht wie an den anderen Standorten seit 2020 Mischproben von Früh- und Sommertracht. Im Erdinger und Freisinger Moos kommen natürlicherweise höhere Arsenbodengehalte vor (LfL 2005). Sie könnten vom Boden, vor allem im Frühjahr bei der landwirtschaftlichen Bodenbearbeitung in Blütenpollen gelangen und die Ergebnisse beeinflussen.

Arsen ist ökotoxikologisch relevant (Kap. 2.3), aber Höchstgehalte für Nahrungsergänzungsmittel wie Pollen sind nicht festgelegt (Tabelle 2.5-1).

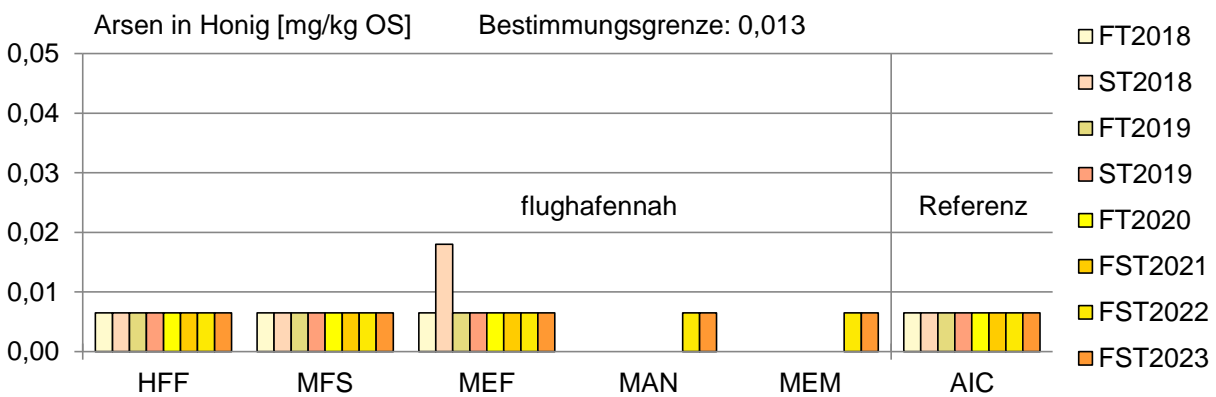
Die **Arsengehalte in Wachs** lagen 2023 an den Flughafenstandorten HFF, MEF und MAN unterhalb oder nahe der Bestimmungsgrenze: <0,013–0,016 mg/kg OS. Dies ist mit den Vorjahren vergleichbar (<0,013–0,029 mg/kg OS) und mit der Wertespanne des Referenzgebiets Aichach 2018–2023. Dort wurden <0,013–0,023 mg/kg OS Arsen in Wachs gemessen (Bild 3.5-2). Am Referenzstandort BRS lag Arsen in Wachs unterhalb BG: <0,05 mg/kg OS (bis 2015) und <0,013 mg/kg OS (ab 2016).



**Bild 3.5-1: Arsen in Pollen**



**Bild 3.5-2: Arsen in Wachs**



**Bild 3.5-3: Arsen in Honig**

Höchstgehalte für Reislebensmittel liegen bei 0,10–0,30 mg/kg (Tabelle 2.5-1). Sie können nicht auf Pollen oder Honig angewendet werden.

Die Arsengehalte lagen teilweise unterhalb der Bestimmungsgrenze und sind dann mit 50% der BG von 0,013 mg/kg OS dargestellt.

FT: Frühtracht, ST: Sommertracht, FST: Mischprobe Früh- und Sommertracht; \*Pollen 2023 MEM: Frühtracht

**Arsen in Honig** lag 2023 flughafennah und im Referenzgebiet sämtlich unterhalb der Bestimmungsgrenze von 0,013 mg/kg OS (Bild 3.5-3). In den Vorjahren wurde Arsen nur einmal nahe BG aufgefunden: in Sommertrachthonig vom Standort MEF 2018 mit 0,018 mg/kg OS. Am Referenzstandort BRS des Berliner Bienenmonitorings lag Arsen in Honig wie in Wachs unterhalb der Bestimmungsgrenzen.

Höchstgehalte für Arsen von 0,10–0,30 mg/kg gelten für Reishnahrungsmittel (VO (EU) 2018/1006) und nicht für Honig. Orientierend für den einmal höheren Arsengehalt in Pollen an MEM 2023 von 0,084 mg/kg OS betrachtet, geht dieser Wert als unauffällig hervor (Bild 3.5-1).

#### **Fazit zu Arsen:**

**Für Arsen in Pollen deuten sich geogen bedingte, gebietsabhängige Unterschiede an, bei insgesamt niedrigen Gehalten. In Wachs war Arsen flughafennah und im Referenzgebiet lediglich nahe der Bestimmungsgrenze auffindbar und in Honig mit einer Ausnahme nicht auffindbar. Ein Einfluss des Flughafenbetriebs ist nicht feststellbar.**

### 3.6 Gehalte von Blei in Pollen, Wachs und Honig

Die **Bleigehalte in Pollen** lagen 2023 an den Flughafenstandorten MFS, MEF und MAN bei 0,30–1,2 mg/kg OS, vergleichbar dem Wertebereich der Vorjahre 0,042–1,1 mg/kg OS (Bild 3.6-1 inklusive Standort HFF) und im Rahmen der Wertespanne des Referenzgebiets Aichach von 0,066–0,41 mg/kg OS 2018–2023. Der Bleigehalt in Pollen vom 2023 neuen flughafennahen Standort MEM lag mit 0,083 mg/kg OS unauffällig niedrig. Zum Vergleich: Am Referenzstandort BRS des Bienenmonitorings der Berliner Flughäfen war 2013–2023 die Wertespanne mit <0,1–1,24 mg/kg OS gleich.

Die am Flughafen München und im Referenzgebiet Aichach gemessenen Bleigehalte in Pollen haben nur einen Anteil von 1–40 % am Höchstgehalt für Nahrungsergänzungsmittel. Dieser orientierende Beurteilungswert liegt bei 3 mg/kg OS (Tabelle 2.5-1).

Die **Bleigehalte in Wachs** reichten 2023 flughafennah von <0,025 bis 0,042 mg/kg OS und lagen damit innerhalb der Wertespanne der Vorjahre <0,025–0,15 mg/kg OS (Bild 3.6-2). Ausnahme bildete ein im Standortvergleich höherer Einzelwert von 0,68 mg/kg OS in Frühtrachtwachs an HFF 2019. Bis auf diesen Einzelwert waren die Bleigehalte in Wachs am Flughafen München mit der Wertespanne des Referenzgebiets Aichach von 0,033–0,11 mg/kg OS vergleichbar und ebenfalls mit der Wertespanne <0,025–0,11 mg/kg OS, die seit 2013 am Berliner Referenzstandort BRS gemessen wurde. Vereinzelt auftretende vergleichsweise höhere Bleigehalte in Wachs wurden auch in anderen Untersuchungen gefunden, wie z.B. beim Bienenmonitoring am Flughafen Leipzig/Halle 2009–2023 (Wäber und Pompe 2023b).

Die **Bleigehalte in Honig** lagen 2023 flughafennah unterhalb der Bestimmungsgrenze 0,025 mg/kg OS und sind mit deren halbem Wert dargestellt (Bild 3.6-3), so wie in den Vorjahren und wie im Referenzgebiet Aichach. Lediglich in Frühtrachthonigen 2019 vom Flughafenstandort HFF und aus dem Referenzgebiet AIC wurden rund 0,04 mg/kg OS Blei in Honig gemessen. Zum Vergleich: Am Referenzstandort BRS des Bienenmonitorings der Berliner Flughäfen lag Blei in Honig unter den Bestimmungsgrenzen (0,10 mg/kg OS bis 2015, 0,025 mg/kg OS seit 2016). Beim Bienenmonitoring am Flughafen Leipzig/Halle lag Blei 2018–2023 <0,025 mg/kg OS, mit zwei Ausnahmen: 0,028 mg/kg OS 2020 und 0,34 mg/kg OS 2022 (Wäber und Pompe 2023b), ähnlich den Ergebnisse hier.

Somit waren alle Honigergebnisse deutlich niedriger als der Höchstgehalt für Blei in Honig von 0,10 mg/kg OS (Bild 3.6-3: rote Linie).

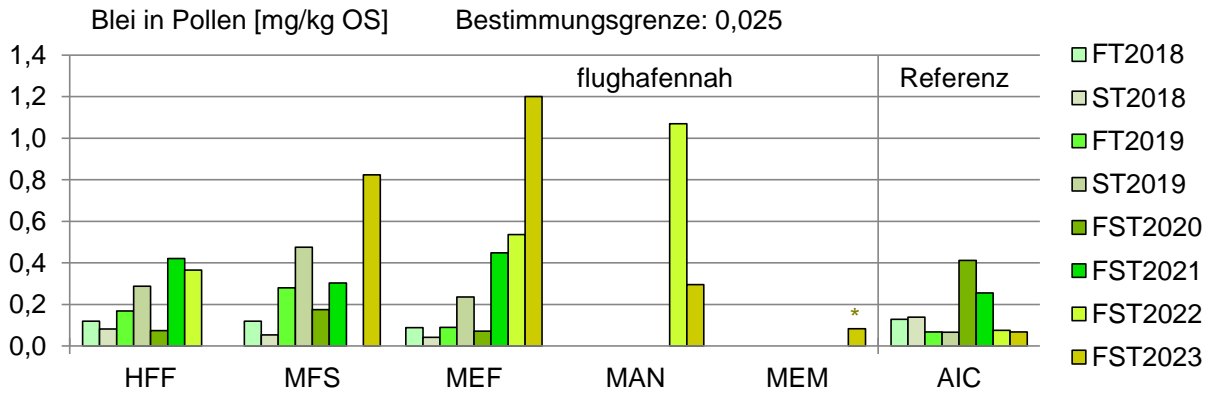


Bild 3.6-1: Blei in Pollen

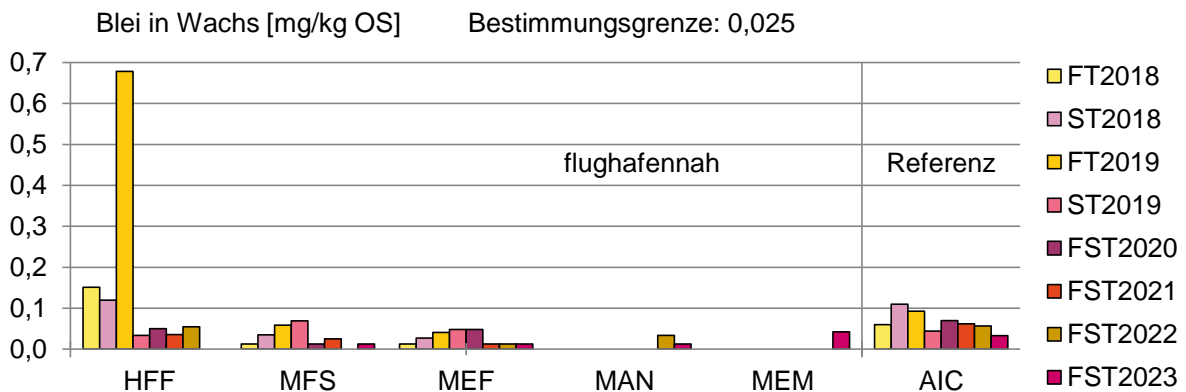


Bild 3.6-2: Blei in Wachs

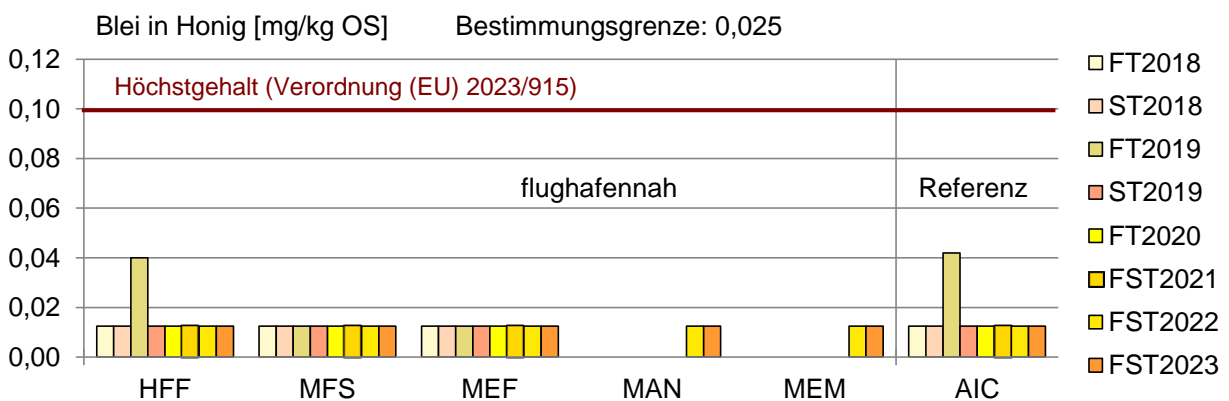


Bild 3.6-3: Blei in Honig

Ein Höchstgehalt für Nahrungsergänzungsmittel, der orientierend auf Pollen angewendet werden kann, liegt bei 3,0 mg/kg OS (Tabelle 2.5-1). Der Höchstgehalt für Blei in Honig gemäß Verordnung (EU) 2023/915 beträgt 0,10 mg/kg (rote Linie).

Die Bleigehalte lagen teilweise unterhalb der Bestimmungsgrenze und sind dann mit 50% der BG von 0,025 mg/kg OS dargestellt.

FT: Frühtracht, ST: Sommertracht, FST: Mischprobe Früh- und Sommertracht; \*Pollen 2023 MEM: Frühtracht

#### **Fazit für Blei:**

**Eine zeitliche Entwicklung, die mit dem Coronapandemie bedingten Rückgang der Flugzahlen korrespondieren würde (Bild 1.3-1 in Kap. 1.3), zeigt sich für Blei in Pollen, Wachs und Honig nicht. Ein Einfluss des Flughafenbetriebs auf die niedrigen Rückstände dieses Kontaminanten ist nicht feststellbar.**

### **3.7 Gehalte von Cadmium in Pollen, Wachs und Honig**

**Cadmium in Pollen** lag 2023 an den Flughafenstandorten MFS, MEF und MAN in einem engen Bereich bei 0,021–0,033 mg/kg OS, vergleichbar mit den Vorjahren 0,018–0,053 mg/kg OS (Bild 3.7-1). Flughafennah an MEM lag der Cadmiumgehalt 2023 bei 0,0080 mg/kg OS. Die Cadmiumgehalte waren damit mit der Wertespanne des Referenzgebiets Aichach 2018–2023 gut vergleichbar: 0,018–0,077 mg/kg OS. Die Ergebnisse entsprechen in der Höhe auch denen des Referenzstandorts BRS des Bienenmonitorings der Berliner Flughäfen: 0,015–0,080 mg/kg OS 2013–2023.

Die am Flughafen München und im Referenzgebiet Aichach gemessenen Cadmiumgehalte in Pollen haben nur einen Anteil von rund 1–8 % am Höchstgehalt für Nahrungsergänzungsmittel. Dieser orientierende Beurteilungswert liegt bei 1,0 mg/kg OS (Tabelle 2.5-1).

Die **Cadmiumgehalte in Wachs** reichten 2023 flughafennah von 0,0032 bis 0,019 mg/kg OS und lagen innerhalb der Spanne der Vorjahre: <0,0025–0,040 mg/kg OS (Bild 3.7-2). Die Cadmiumgehalte in Wachs am Flughafen München lagen damit auch 2023 eher im unteren Wertebereich des Referenzgebiets Aichach: 0,0035–0,055 mg/kg OS. Am Referenzstandort BRS des Berliner Bienenmonitorings wurden 2013–2023 <0,0025–0,015 mg/kg OS Cadmium in Wachs gemessen. Der indirekte Vergleich mit den Cadmiumgehalten in Pollen zeigt, dass die Cadmiumgehalte in Wachs aus dem Referenzgebiet Aichach nicht hoch sind: Die Gehalte in Pollen und Wachs liegen in vergleichbarem Bereich, weit unter dem für Pollen orientierend herangezogenen Beurteilungswert für Nahrungsergänzungsmittel.

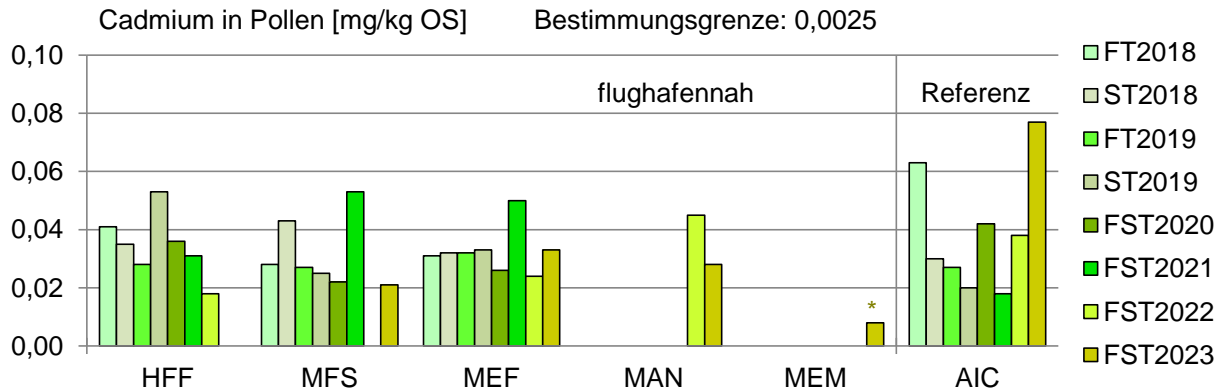
Die **Cadmiumgehalte in Honig** lagen 2023 wie in den Vorjahren flughafennah unterhalb der Bestimmungsgrenze 0,0025 mg/kg OS und sind mit deren halbem Wert dargestellt (Bild 3.7-3). Im Referenzgebiet Aichach wurden 2018–2023 Cadmiumgehalte von unterhalb BG bis 0,0086 mg/kg OS gemessen. Zum Vergleich: Am Referenzstandort BRS lag Cadmium in Honig unter den Bestimmungsgrenzen (0,010 mg/kg OS bis 2015, 0,0025 mg/kg OS ab 2016).

Der vorsorgliche Aktionswert für Honig von 0,050 mg/kg OS nach österreichischem Recht (ÖBMG 2015) würde auch von den Ergebnissen aus dem Referenzgebiet Aichach – die im Standortvergleich höher lagen – nur zu maximal 17 % ausgeschöpft (Tabelle 2.5-1).

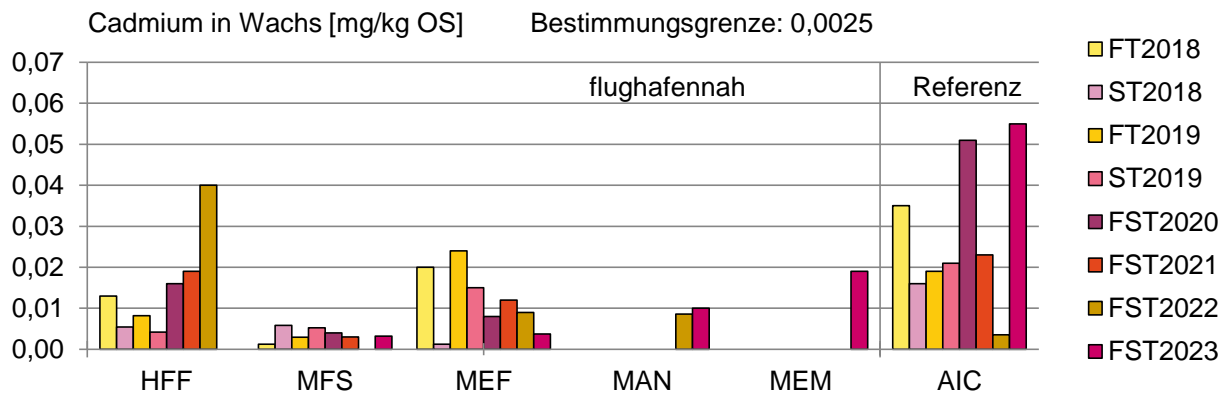
#### **Fazit für Cadmium:**

**Eine zeitliche Entwicklung, die mit dem Coronapandemie bedingten Rückgang der Flugzahlen korrespondieren würde (Bild 1.3-1 in Kap. 1.3), zeigt sich für Cadmium in Pollen, Wachs und Honig nicht. Die Rückstände dieses Kontaminanten sind insgesamt als unbedenklich niedrig zu werten.**

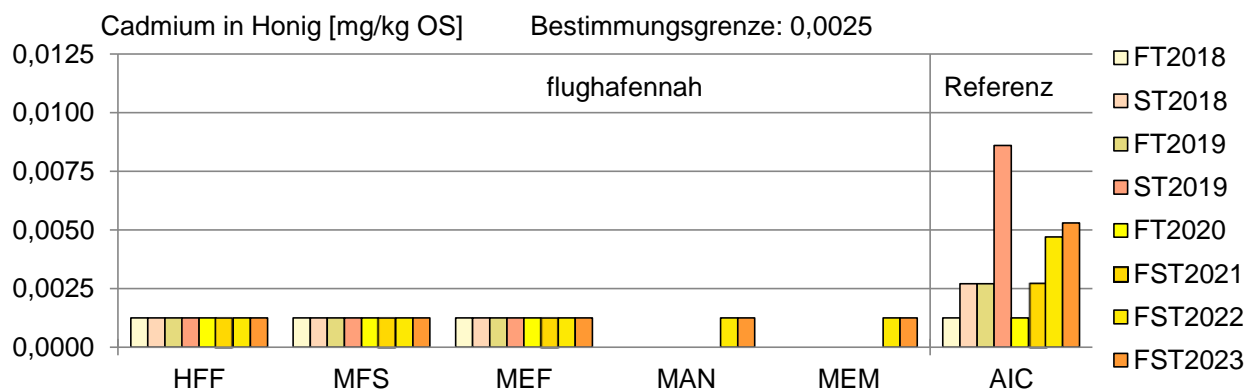




**Bild 3.7-1: Cadmium in Pollen**



**Bild 3.7-2: Cadmium in Wachs**



**Bild 3.7-3: Cadmium in Honig**

Ein Höchstgehalt für Nahrungsergänzungsmittel, der orientierend auf Pollen angewendet werden kann, liegt bei 1,0 mg/kg OS (VO (EU) 2023/915; Tabelle 2.5-1). Ein vorsorglicher Aktionswert für Honig nach österreichischem Recht beträgt 0,050 mg/kg OS (ÖBMG 2015).

Die Cadmiumgehalte lagen teilweise unterhalb der Bestimmungsgrenze und sind dann mit 50% der BG von 0,0025 mg/kg OS dargestellt.

FT: Frühtracht, ST: Sommertracht, FST: Mischprobe Früh- und Sommertracht; \*Pollen 2023 MEM: Frühtracht

### 3.8 Gehalte von Chrom in Pollen, Wachs und Honig

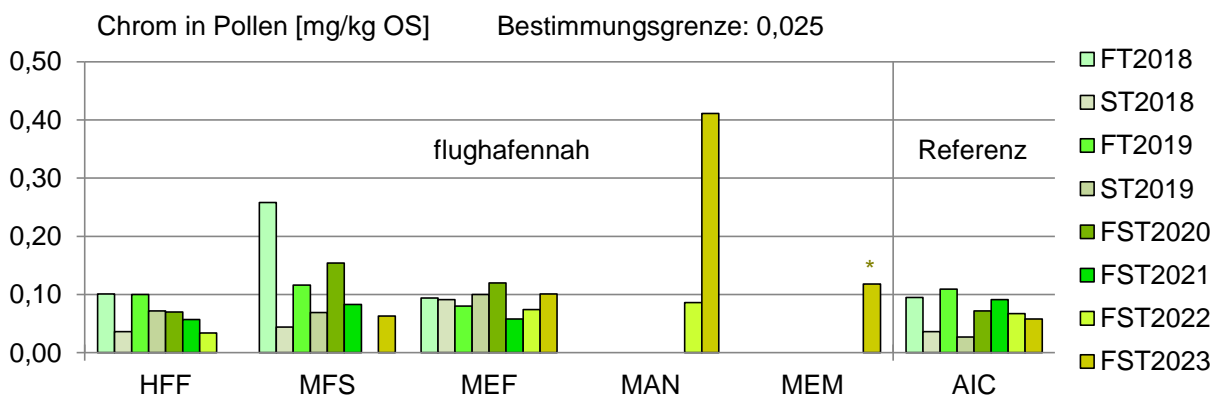


Bild 3.8-1: Chrom in Pollen

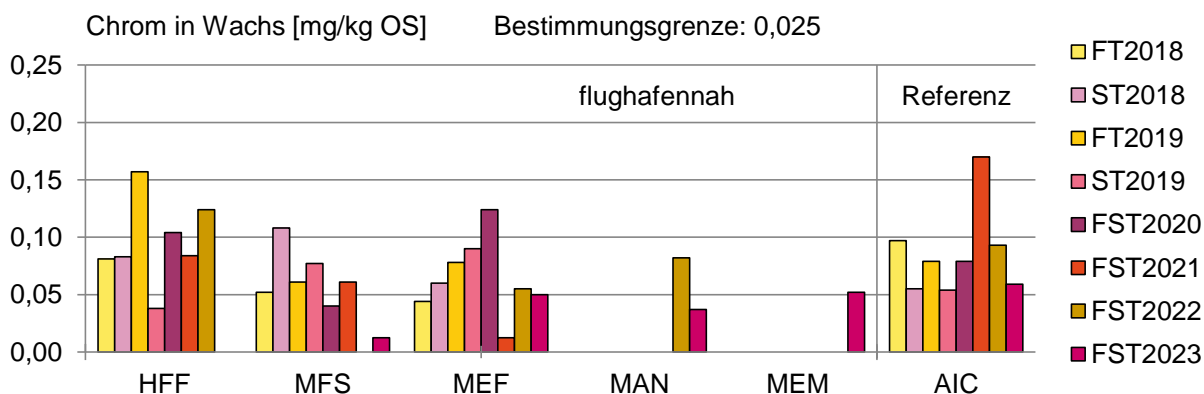


Bild 3.8-2: Chrom in Wachs

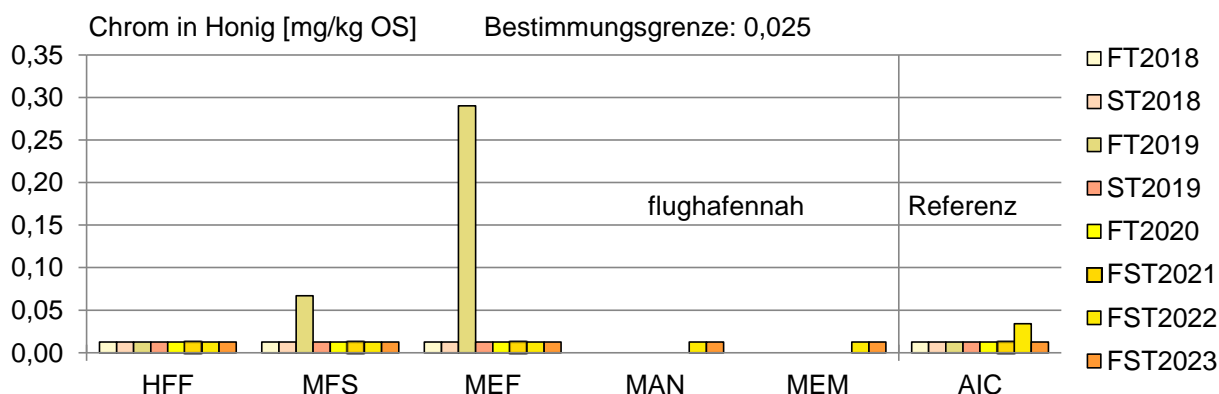


Bild 3.8-3: Chrom in Honig

Beurteilungswerte aus dem Lebensmittelrecht sind für Chrom nicht festgelegt. Die Chromgehalte oberhalb Bestimmungsgrenze, in Frühtrachthonig 2019 von 0,067 mg/kg OS und 0,29 mg/kg OS, sind als unauffällig zu werten.

Die Chromgehalte lagen teilweise unterhalb der Bestimmungsgrenze und sind dann mit 50% der BG von 0,025 mg/kg OS dargestellt.

FT: Frühtracht, ST: Sommertracht, FST: Mischprobe Früh- und Sommertracht; \*Pollen 2023 MEM: Frühtracht

Die **Chromgehalte in Pollen** lagen 2023 flughafennah in einem Bereich von 0,063–0,12 mg/kg OS, wie 2022 und 2021 und enger als in den Vorjahren mit 0,036–0,26 mg/kg OS (Bild 3.8-1). Die Ausnahme davon stellte das Maximum am Standort MAN 2023 mit 0,41 mg/kg OS dar. Der aktuelle Wertebereich ohne diesen Wert und der Wertebereich im Referenzgebiet Aichach von 0,027–0,11 mg/kg OS stimmen gut überein. Die Chromgehalte in Pollen vom Flughafen München wie vom Referenzgebiet Aichach liegen innerhalb der Wertespanne des Referenzstandorts BRS des Berliner Bienenmonitorings der letzten 11 Jahre: 0,041–0,27 mg/kg OS.

Für andere Nahrungsergänzungsmittel als Pollen beträgt laut Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin (BgVV 2002) die tägliche Zufuhr für jedes einzelne Produkt 6 mg/kg Chrom, wenn man einen Verzehr von je 10 g zugrunde legt (10 g Pollen entsprechen ca. 5 Teelöffeln; Tabelle 2.5-1). Das ist 15mal mehr als der maximal gemessene Chromgehalt von 0,41 mg/kg OS, der somit als unauffällig zu werten ist.

**Chrom in Wachs** lag 2023 flughafennah bei <0,025–0,052 mg/kg OS, ähnlich den Vorjahren mit <0,025–0,16 mg/kg OS (Bild 3.8-2). Die Chromgehalte in Wachs am Flughafen München lagen damit im Bereich der Werte aus dem Referenzgebiet Aichach 2018–2023 von 0,054–0,17 mg/kg OS. Dies ist in der Höhe gut vergleichbar mit dem Bereich der Chromgehalte, die am Referenzstandort BRS des Berliner Bienenmonitorings in den letzten 11 Jahren gemessen wurden: <0,025–0,13 mg/kg OS.

Die **Chromgehalte in Honig** lagen 2023 wie in den Vorjahren flughafennah unterhalb der Bestimmungsgrenze 0,025 mg/kg OS und sind mit deren halbem Wert dargestellt (Bild 3.8-3). Zwei Ausnahmen bilden die Chromgehalte in Frühtrachthonig 2019 vom Standort MFS mit 0,067 mg/kg OS und vom Standort MEF mit 0,29 mg/kg OS. Im Referenzgebiet Aichach wurden 2018–2023 ebenfalls Chromgehalte unterhalb BG gemessen – mit einer Ausnahme: 0,034 mg/kg OS im Jahr 2022. Zum Vergleich: Am Referenzstandort BRS lag Chrom in Honig im Jahr 2015 einmal bei 0,13 mg/kg OS, ansonsten unter den Bestimmungsgrenzen (0,10 mg/kg OS bis 2015, 0,025 mg/kg OS ab 2016).

Nur 0,29 mg/kg OS Chrom in MEF-FT-Honig 2019 lag somit höher. Dieser und die anderen Chromgehalte oberhalb Bestimmungsgrenzen sind dennoch als unauffällig zu werten, wie der Vergleich mit hilfsweise herangezogenen Beurteilungswerten zeigt: Ein Verzehr von 10 g Frühtrachthonig 2019 vom Standort MEF entspricht rund 0,003 mg Chrom und nur rund einem Zehntel bis knapp einem Drittel der geschätzten angemessenen Gesamtzufuhr von 0,03 – 0,10 mg/Tag für Jugendliche und Erwachsene (DGE 2020, Tabelle 2.5-1).

#### Fazit für Chrom:

**Eine zeitliche Entwicklung, die mit dem Coronapandemie bedingten Rückgang der Flugzahlen korrespondieren würde (Bild 1.3-1 in Kap. 1.3) und ein Flughafeneinfluss zeigen sich für Chrom in Pollen, Wachs und Honig nicht. Die Chromgehalte sind insgesamt als unauffällig niedrig zu werten.**

### 3.9 Gehalte von Eisen in Pollen, Wachs und Honig

Die **Eisengehalte in Pollen** lagen 2023 an den Standorten MFS, MEF, MAN am Flughafen München in einem Bereich von 62–75 mg/kg OS und ähnlich am neuen flughafennahen Standort MEM mit 82 mg/kg OS. Die Spanne der Vorjahre reichte von 24 bis 73 mg/kg OS (Bild 3.9-1). Dies entspricht dem Wertebereich im Referenzgebiet Aichach mit 13–72 mg/kg OS. Beim Bienenmonitoring im Umfeld der Berliner Flughäfen ebenso wie in anderen Bienenmonitorings wurde Eisen nicht untersucht.

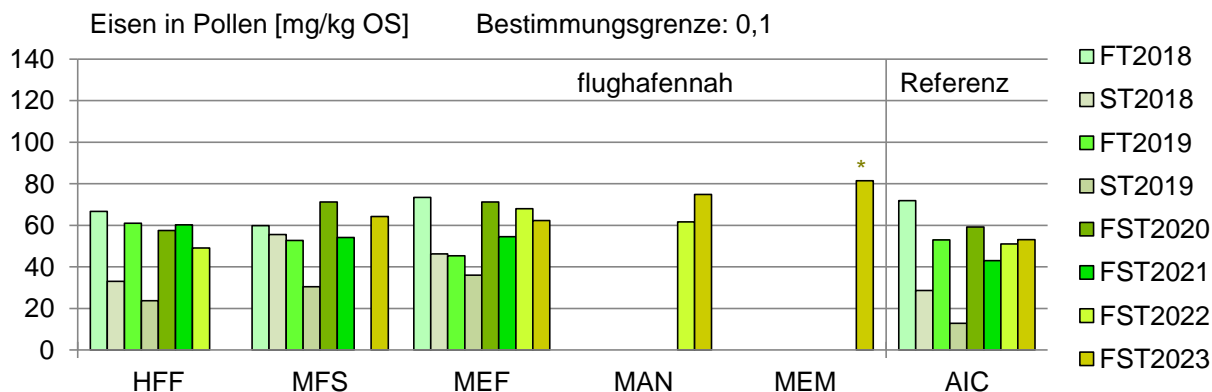


Bild 3.9-1: Eisen in Pollen

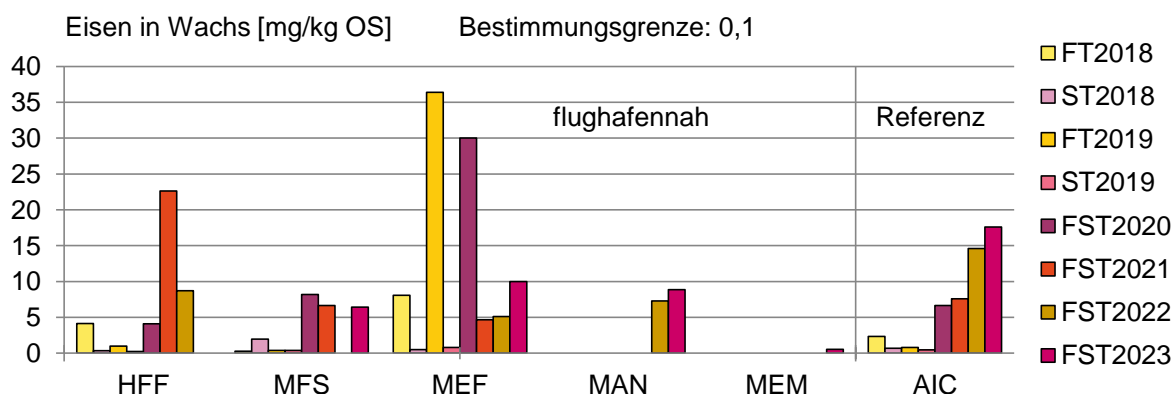


Bild 3.9-2: Eisen in Wachs

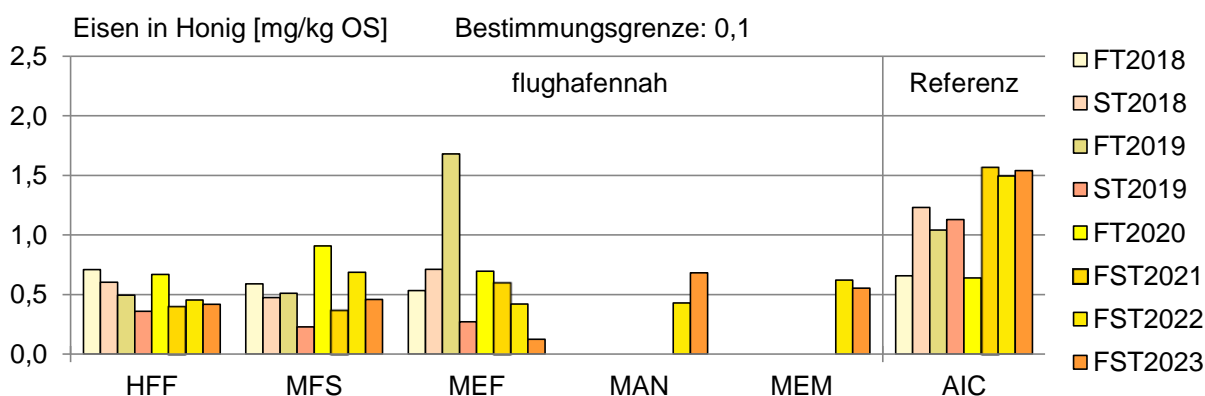


Bild 3.9-3: Eisen in Honig

Beurteilungswerte aus dem Lebensmittelrecht sind für Eisen nicht festgelegt.

FT: Frühtracht, ST: Sommertracht, FST: Mischprobe Früh- und Sommertracht; \*Pollen 2023 MEM: Frühtracht

Eisen ist ein wichtiges Spurenelement. Höchstgehalte oder orientierende Beurteilungswerte liegen nicht vor. An unterschiedlichen Standorten in Südpolen wurden in Pollen 106-169 mg/kg bezogen auf Trockenmasse gefunden (Formicki et al. 2013). Dies entspricht einem Eisengehalt von 74-118 mg/kg OS. Die Eisengehalte in Pollen aus dem Umfeld des Flughafens München sind tendenziell niedriger.

**Eisen in Wachs** lag 2023 flughafennah bei 0,54–10 mg/kg OS, innerhalb der weiten Spanne der Vorjahre von 0,25–36 mg/kg OS (Bild 3.9-2). Die Eisengehalte im Referenzgebiet Aichach lagen 2018–2023 innerhalb dieses Bereichs, bei 0,47–18 mg/kg OS. Eisen in Wachs liegt damit mehrheitlich niedriger als in Pollen.

Die **Eisengehalte in Honig** fielen deutlich niedriger aus als die in Pollen. Im Jahr 2023 wurden flughafennah 0,13–0,68 mg/kg OS gemessen, vergleichbar zu den Vorjahren mit 0,23–1,7 mg/kg OS (Bild 3.9-3). Im Referenzgebiet Aichach lag Eisen 2018–2023 zeitweise höher, mit Einzelwerten innerhalb 0,64–1,6 mg/kg OS. In Südpolen wurden Eisengehalte von 8–24 mg/kg OS in Honigen unterschiedlicher Standorte gefunden (Formicki et al. 2013). Dies fällt deutlich höher aus als am Flughafen München und im Referenzgebiet Aichach.

**Fazit für Eisen:**

**Eine zeitliche Entwicklung, die mit dem Coronapandemie bedingten Rückgang der Flugzahlen korrespondieren würde (Bild 1.3-1 in Kap. 1.3), zeigt sich für Eisen in Pollen, Wachs und Honig nicht. Ein Einfluss des Flughafenbetriebs auf die niedrigen Gehalte dieses Spurenelements ist nicht feststellbar.**

### 3.10 Gehalte von Kupfer in Pollen, Wachs und Honig

Die **Kupfergehalte in Pollen** lagen 2023 flughafennah in einem sehr engen Bereich von 8,8–10,1 mg/kg OS, innerhalb der Wertespanne der Vorjahre von 6,2–9,3 mg/kg OS (Bild 3.10-1) und innerhalb der Wertespanne im Referenzgebiet Aichach 2018–2023 von 3,9–9,7 mg/kg OS – unter Berücksichtigung der Messunsicherheit von 10 % für Kupfer (Kap. 2.6). Die Kupfergehalte in Pollen vom Flughafen München und Referenzgebiet Aichach liegen im Bereich der Werte der letzten 11 Jahre des Referenzstandorts BRS des Berliner Bienenmonitorings: 7,2–14 mg/kg OS.

Zieht man z. B. die vom BgVV für andere Nahrungsergänzungsmittel empfohlene Zufuhr von 1,0 mg Kupfer pro Tag je Produkt heran (2002) und nimmt man einen Verzehr von 10 g Pollen pro Tag an, errechnen sich 100 mg/kg Kupfer als zulässige Gehalte in Nahrungsergänzungsmitteln (Tabelle 2.5-1: 100 mg/kg Gehalt x 0,01 kg/Tag = 1,0 mg/Tag Zufuhr). Das entspricht rund einem Zehntel des hier in Pollenproben bestimmten Bereichs und ist als unauffällig niedrig zu werten.

Die **Kupfergehalte in Wachs** lagen 2023 am Flughafen München bei 0,14–2,0 mg/kg OS, mit Ausnahme des Minimums innerhalb der Wertespanne der Vorjahre von 0,34–6,3 mg/kg OS (Bild 3.10-2). Sie waren in der Höhe relativ gut mit denen des Referenzgebiets Aichach vergleichbar: 1,2–7,0 mg/kg OS. Am Referenzstandort BRS des Berliner Bienenmonitorings wurden seit 2013 0,09–0,49 mg/kg OS Kupfer in Wachs gemessen. Dies ist niedriger als im Referenzgebiet Aichach und liegt im unteren Bereich der Standorte am Münchner Flughafen. Kupfergehalte in Wachsproben können sehr unterschiedlich ausfallen. Dies zeigen beispielsweise auch die Ergebnisse der Bienenmonitorings 2021–2023 am Flughafen Dresden – mit 1,2–7,0 mg/kg OS am dortigen Referenzstandort (Wäber und Pompe 2022a und 2023a) – und am Flughafen Leipzig/Halle – mit 0,13–3,4 mg/kg OS an den dortigen Flughafenstandorten (Wäber und Pompe 2023b). Insgesamt stellen sich die Kupfergehalte in Wachs als unauffällig niedrig dar.

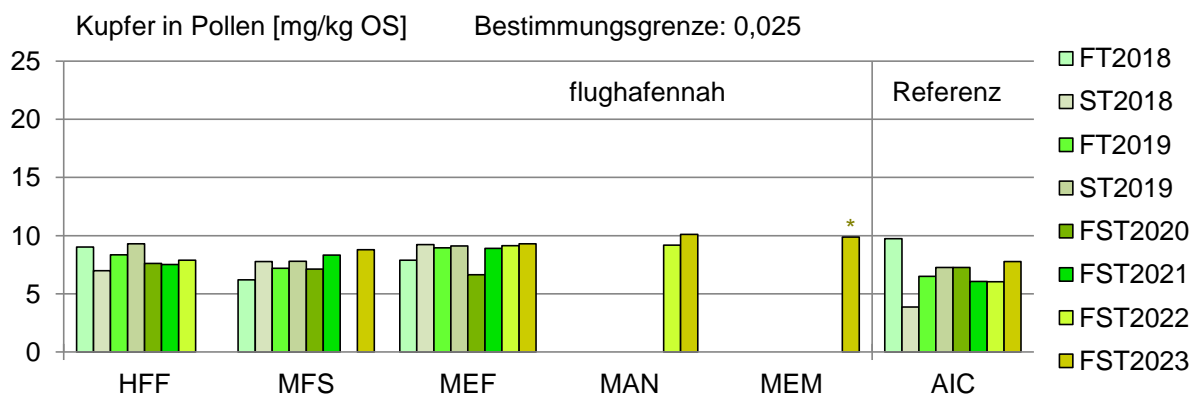


Bild 3.10-1: Kupfer in Pollen

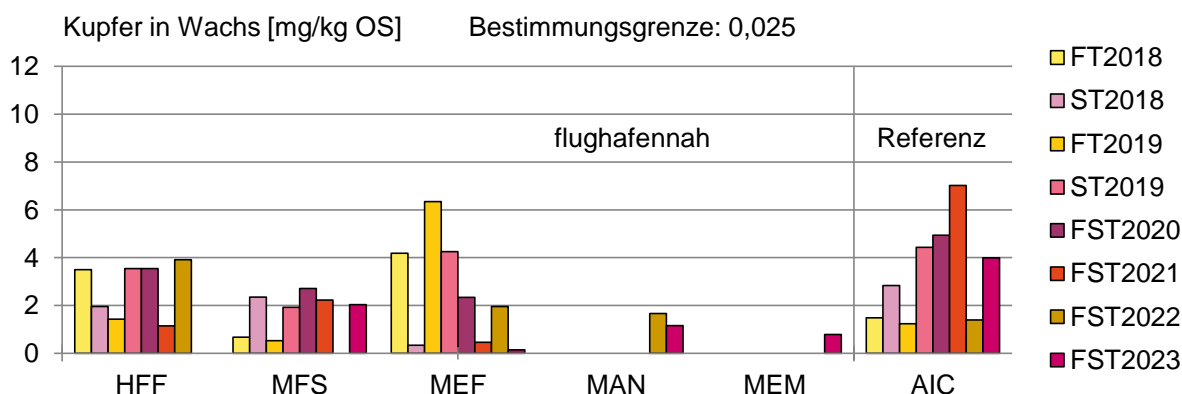


Bild 3.10-2: Kupfer in Wachs

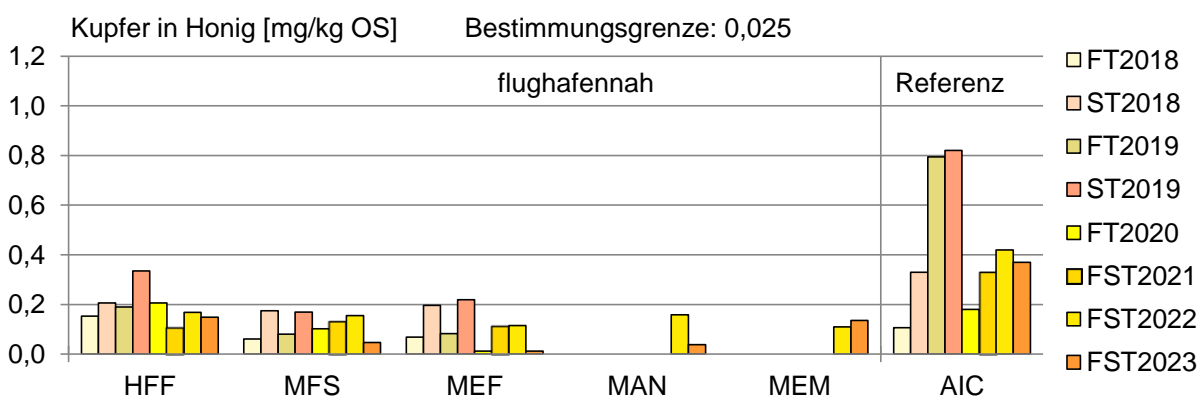


Bild 3.10-3: Kupfer in Honig

Beurteilungswerte aus dem Lebensmittelrecht sind für Kupfer nicht festgelegt.

Ein Kupfergehalt in Wachs und zwei in Honig lagen unterhalb der Bestimmungsgrenze und sind entsprechend mit 50% der BG von 0,025 mg/kg OS dargestellt.

FT: Frühtracht, ST: Sommertracht, FST: Mischprobe Früh- und Sommertracht; \*Pollen 2023 MEM: Frühtracht

Die **Kupfergehalte in Honig** lagen 2023 flughafennah in einem Bereich von <0,025–0,15 mg/kg OS, innerhalb der Wertespanne der Vorjahre von <0,025–0,34 mg/kg OS (Bild 3.10-3). Im Referenzgebiet Aichach wurden 2018–2023 Kupfergehalte von 0,11–0,82 mg/kg OS gemessen. Die Ursache für die

im Standortvergleich zeitweise höheren Werte im Referenzgebiet Aichach ist unbekannt. Zum Vergleich: Am Referenzstandort BRS lag Kupfer in Honig im Bereich der niedrigen Werte, die flughafennah am Münchner Airport gemessen wurden: <0,025–0,22 mg/kg OS.

Verglichen mit der zur Beurteilung hilfswise herangezogenen, geschätzten angemessenen Gesamtzufuhr pro Tag (DGE 2020, Tabelle 2.5-1) sind alle Kupfergehalte in Honig unauffällig niedrig: Ein Verzehr von 100 g (!) Honig aus dem Referenzgebiet Aichach mit einem Kupfergehalt von rund 0,8 mg/kg OS (Bild 3.10-3) entspräche mit umgerechnet rund 0,08 mg nur 5–8 % des Beurteilungswerts.

#### **Fazit für Kupfer:**

**Eine zeitliche Entwicklung, die mit dem Coronapandemie bedingten Rückgang der Flugzahlen korrespondieren würde (Bild 1.3-1 in Kap. 1.3) und ein Flughafeneinfluss zeigen sich für Kupfer in Pollen, Wachs und Honig nicht. Die Kupfergehalte sind insgesamt unauffällig niedrig.**

### 3.11 Gehalte von Nickel in Pollen, Wachs und Honig

Die **Nickelgehalte in Pollen** lagen 2023 an den Flughafenstandorten MFS, MEF, MAN bei 0,59–0,67 mg/kg OS und flughafennah am MEM bei 0,32 mg/kg OS (dort in Frühtrachtpollen anstatt Früh-/Sommertrachtmischprobe wie andere Standorte), innerhalb der Werte der Vorjahre von 0,18–0,63 mg/kg OS (Bild 3.11-1). Sie waren mit den Nickelgehalten in Pollen aus dem Referenzgebiet Aichach 2018–2022 gut vergleichbar – 0,26–0,76 mg/kg OS – während der Wert 2023 mit 1,8 mg/kg OS höher lag. Am Referenzstandort BRS des Bienenmonitorings im Umfeld der Berliner Flughäfen wurden seit 2013 mit <0,10–1,0 mg/kg OS ähnliche Werte gemessen –das Maximum ausgenommen.

Die Nickelgehalte aller Pollenproben lagen unterhalb durchschnittlich üblicher Nickelgehalte in pflanzlichen Nahrungsergänzungsmitteln, die laut EFSA (2014) rund 4 mg/kg OS betragen (Tabelle 2.5-2). Beurteilungswerte aus dem Lebensmittelrecht liegen nicht vor.

Die **Nickelgehalte in Wachs** reichten 2023 flughafennah von 0,090 bis 0,17 mg/kg OS, innerhalb der Wertspanne der Vorjahre 0,030–1,0 mg/kg OS (Bild 3.11-2). Die Gehalte von Nickel in Wachsproben aus dem Referenzgebiet Aichach waren mit 0,095–1,9 mg/kg OS zeitweise höher. Am Referenzstandort BRS der Berliner Flughäfen wurden in den letzten 11 Jahren Nickelgehalte gemessen, die mit den niedrigen Werten der Standorte am Flughafen München gut vergleichbar sind: <0,025–0,39 mg/kg OS. Verglichen mit den durchschnittlich üblichen Nickelgehalten in pflanzlichen Nahrungsergänzungsmitteln von rund 4 mg/kg OS (EFSA 2014), sind auch die maximalen Werte aus dem Referenzgebiet Aichach (ST2019, FST2020, FST2021, FST2023) nicht als hoch zu werten.

Die **Nickelgehalte in Honig** lagen 2023 flughafennah unterhalb der Bestimmungsgrenze 0,025 mg/kg OS und sind mit deren halbem Wert dargestellt (Bild 3.11-3). In den Vorjahren wurde dort in Honig maximal 0,047 mg/kg Nickel bestimmt. Im Referenzgebiet Aichach lag Nickel in Frühtrachthonig 2018 und 2020 ebenfalls unterhalb BG, während in den anderen Honigproben 2018–2023 deutlich höhere Gehalte von 0,31–0,78 mg/kg OS gefunden wurden. Zum Vergleich: Am Referenzstandort BRS reichte Nickel von <0,025 bis 0,036 mg/kg OS, was den flughafennahen Standorten entspricht. Nickelgehalte können in Honigproben anderer Monitorings ebenfalls sehr unterschiedlich ausgefallen: Beim Bienenmonitoring am Flughafen Leipzig/Halle waren beispielsweise in den Jahren 2009 und 2010 an unterschiedlichen Standorten Nickelgehalte von rund 0,2–0,35 mg/kg OS gemessen worden und 2023 <0,025 bis 0,09 mg/kg OS (Wäber und Pompe 2023b).

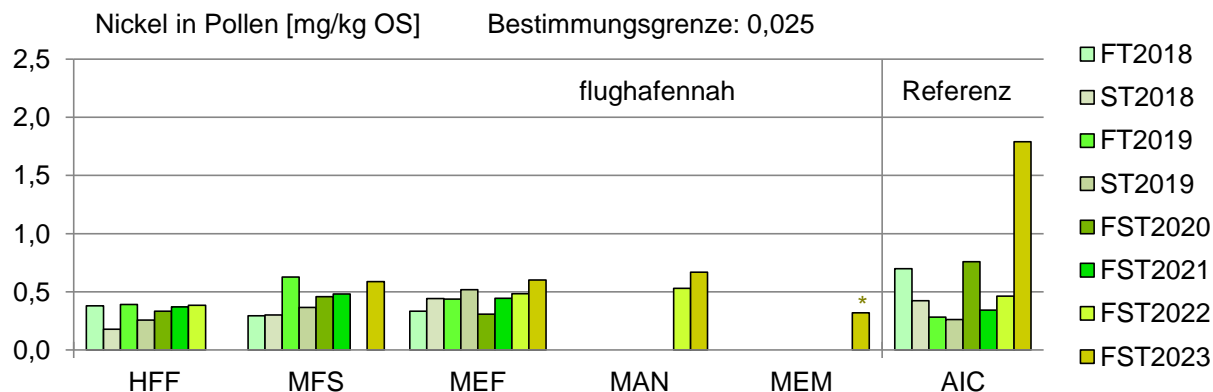


Bild 3.11-1: Nickel in Pollen

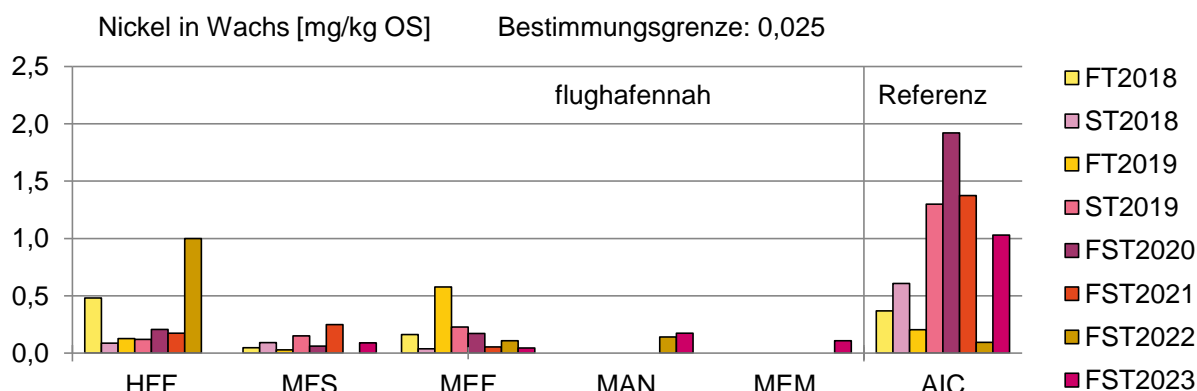


Bild 3.11-2: Nickel in Wachs

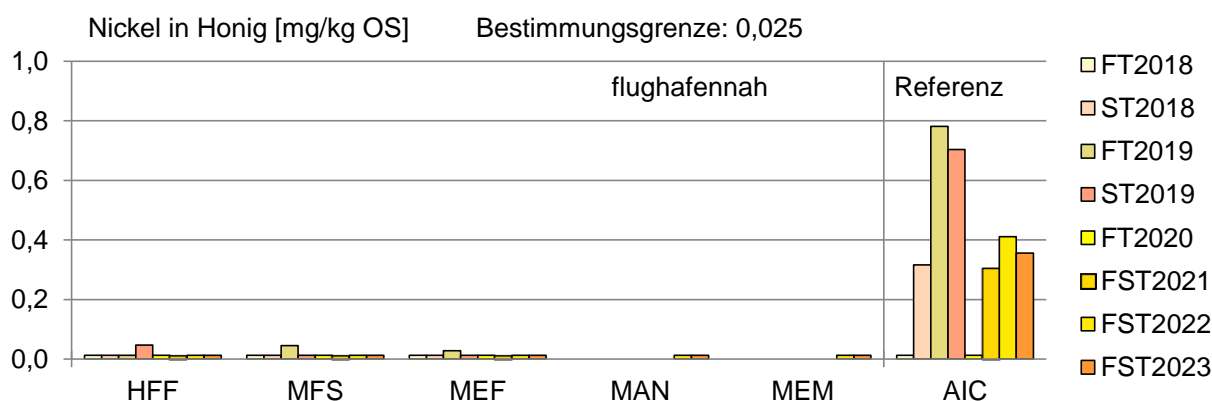


Bild 3.11-3: Nickel in Honig

Beurteilungswerte aus dem Lebensmittelrecht sind für Nickel nicht festgelegt.

Die Nickelgehalte lagen teilweise unterhalb der Bestimmungsgrenze und sind dann mit 50% der BG von 0,025 mg/kg OS dargestellt.

FT: Frühtracht, ST: Sommertracht, FST: Mischprobe Früh- und Sommertracht; \*Pollen 2023 MEM: Frühtracht

Beurteilungswerte aus dem Lebensmittelrecht liegen für Nickel nicht vor, aber durchschnittlich übliche Gehalte in Blütenhonigen und in nicht spezifizierten Honigen: Sie liegen bei 0,14–0,16 mg/kg OS



(EFSA 2014). Die Ergebnisse der flughafennahen Standorte sind somit als unauffällig niedrig zu werten. Die vergleichsweise höheren Nickelgehalte aus dem Referenzgebiet Aichach liegen durchaus in der Wertespanne anderer Honiguntersuchungen: 0,001–4,1 mg/kg OS (Literaturstudie: Bogdanov 2006), 1,2–4,2 mg/kg OS in Honigen unterschiedlicher südpolnischer Standorte (Formicki et al. 2013), oder 0,02–2,5 mg/kg OS in Schweizer Honiguntersuchungen (Basel Kant. Labor 2002).

Die Ursache für die im Standortvergleich zeitweise höheren Nickelgehalte in Honig aus dem Referenzgebiet Aichach ist nicht bekannt – wie auch für die zeitweise höheren Cadmium-, Eisen-, Kupfer- und Zinkgehalte (vgl. Kap. 3.7, 3.9, 3.10 und siehe Kap. 3.13). Ebenso ist die Ursache für die zeitweise höheren Cadmium- und Nickelgehalte in Wachs aus dem Referenzgebiet nicht bekannt<sup>9</sup>.

**Fazit für Nickel:**

**Eine zeitliche Entwicklung, die mit dem Coronapandemie bedingten Rückgang der Flugzahlen korrespondieren würde (Bild 1.3-1 in Kap. 1.3), zeigt sich für Nickel in Pollen, Wachs und Honig nicht. Ein Einfluss des Flughafenbetriebs auf die niedrigen Nickelgehalte an flughafennahen Standorten nicht feststellbar.**

### 3.12 Gehalte von Quecksilber in Pollen, Wachs und Honig

Die **Quecksilbergehalte in Pollen, Wachs und Honig** lagen 2023 wie in den Vorjahren flughafennah und im Referenzgebiet Aichach sämtlich unterhalb der Bestimmungsgrenzen (Bild 3.12-1, Bild 3.12-2, Bild 3.12-3). Die BG betrug bis 2020 0,013 mg/kg OS und für die seit 2021 durchgeführten Analysen 0,0050 mg/kg OS. Die Quecksilberergebnisse stimmen mit denen der Referenzstandorte BRS und weiterer aktueller Bienenmonitorings an Flughäfen überein (Wäber und Pompe 2021 und 2021a).

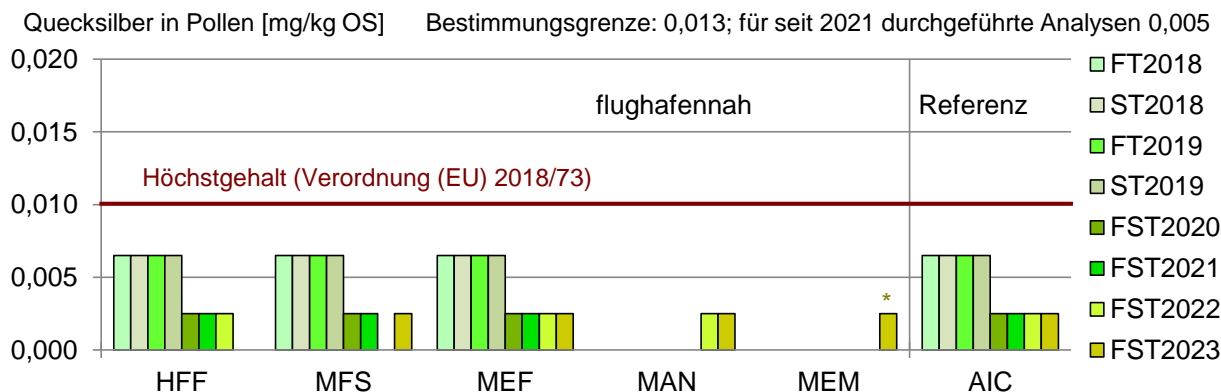
Quecksilbergehalte in Honig und Pollen unterhalb BG unterschreiten den Höchstgehalt für Quecksilberverbindungen in Honig und Imkereierzeugnissen von 0,010 mg/kg OS (VO (EU) 2018/73; Tabelle 2.5-1).

**Fazit für Quecksilber:**

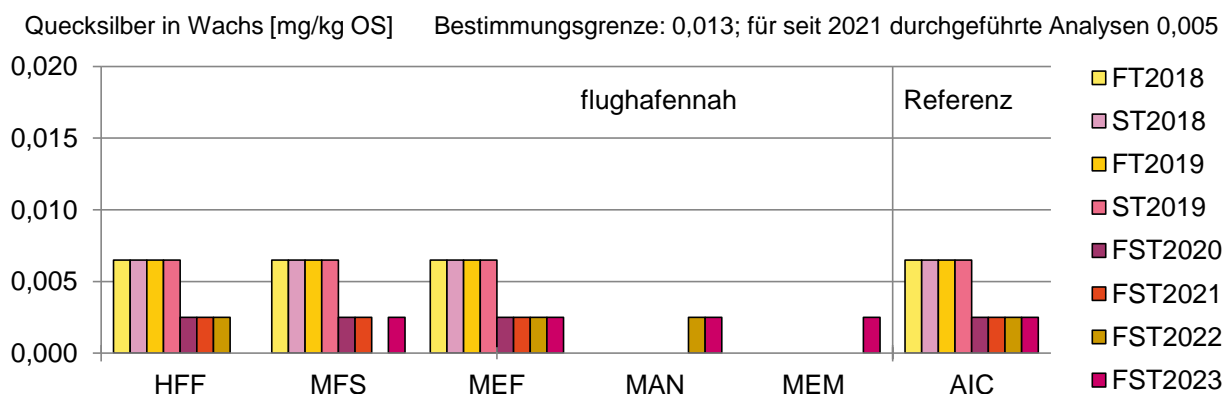
**Quecksilber wurde in Pollen-, Wachs-, und Honigproben von flughafennahen und Referenzstandorten nicht gefunden. Ein Einfluss des Flughafenbetriebs ist nicht feststellbar.**

---

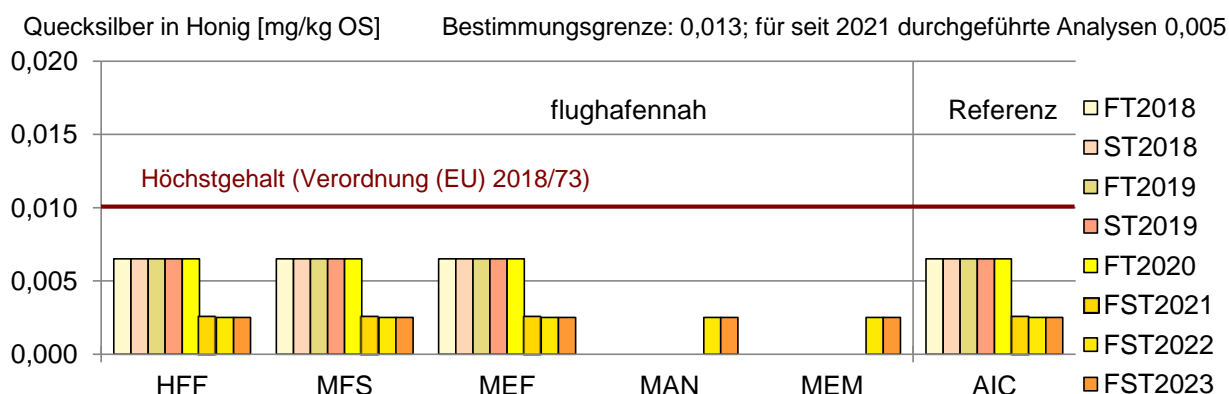
<sup>9</sup> Die betroffenen Metalle deuteten darauf hin, dass ein Arbeitsgerät, mit dem der Imker Wachs aus eigenem Wachskreislauf hergestellt hatte, einen Einfluss auf das Wachs und den in den Honigwaben eingelagerten Honig gehabt haben könnte. Das Gerät wurde zwischenzeitig (2022) durch ein neues Gerät ersetzt. Die Werte sind aber seitdem nicht zurückgegangen.



**Bild 3.12-1: Quecksilber in Pollen**



**Bild 3.12-2: Quecksilber in Wachs**



**Bild 3.12-3: Quecksilber in Honig**

Der Höchstgehalt für Quecksilberverbindungen in Honig und Imkereierzeugnissen gemäß Verordnung (EU) 2018/73 beträgt 0,010 mg/kg OS (rote Linie).

Alle Quecksilbergehalte in Pollen, Wachs und Honig lagen unterhalb Bestimmungsgrenzen und sind mit 50% der BG von 0,013 mg/kg OS (bis 2020) und von 0,005 mg/kg OS (ab 2021) dargestellt.

FT: Frühtracht, ST: Sommertracht, FST: Mischprobe Früh- und Sommertracht; \*Pollen 2023 MEM: Frühtracht

### 3.13 Gehalte von Zink in Pollen, Wachs und Honig

Die **Zinkgehalte in Pollen** lagen 2023 flughafennah in einem relativ engen Bereich von 45–106 mg/kg OS, gut vergleichbar mit den Werten der Vorjahre von 31–90 mg/kg OS (Bild 3.13-1). Sie stimmten mit dem Wertebereich im Referenzgebiet Aichach 2018–2023 von 33–88 mg/kg OS ebenfalls gut überein. Die Zinkgehalte in Pollen des Referenzstandorts BRS des Berliner Bienenmonitorings nahmen demgegenüber einen weiteren Bereich von 48–207 mg/kg OS ein.

Zieht man die vom BgVV für andere Nahrungsergänzungsmittel empfohlene Zufuhr von 5 mg Zink pro Tag je Produkt heran (2002) und nimmt man einen Verzehr von 10 g Pollen pro Tag an, errechnen sich 500 mg/kg Zink als zulässiger Gehalt in Nahrungsergänzungsmitteln (Tabelle 2.5-1). Das entspricht rund einem Fünftel des am Flughafen München und im Referenzgebiet Aichach maximal in Pollenproben bestimmten Zinkgehalts, 106 mg/kg OS, und ist als unauffällig niedrig zu werten.

Die **Zinkgehalte in Wachs** lagen 2023 an den Flughafenstandorten MFS, MEF, MAN bei 8,7–32 mg/kg OS sowie an MEM bei 21 mg/kg OS und damit innerhalb der Ergebnisse der Vorjahre von 5,8–70 mg/kg OS (Bild 3.13-2). Im Referenzgebiet Aichach lagen sie 2018–2023 in einem vergleichbaren Wertebereich: 26–80 mg/kg OS. Zum Vergleich: Am Referenzstandort BRS des Berliner Bienenmonitorings lag in den letzten 11 Jahren mit 3,8–52 mg/kg OS eine ähnliche Wertespanne für Zink in Wachs vor.

Die **Zinkgehalte in Honig** lagen 2023 flughafennah in einem engen Bereich von 0,20–0,60 mg/kg OS, innerhalb der Wertespanne der Vorjahre von 0,21–0,91 mg/kg OS (Bild 3.13-3). Im Referenzgebiet Aichach wurden 2018–2023 mit 0,37–2,5 mg/kg OS zeitweise höhere Zinkgehalte gemessen. Der Vergleich mit dem Referenzstandort BRS des Bienenmonitorings im Umfeld der Berliner Flughäfen bestätigt, dass die Zinkgehalte in Honig einen relativ weiten Bereich einnehmen können: dort 0,17–1,3 mg/kg OS.

Der Vergleich mit der geschätzten angemessenen Gesamtzufuhr pro Tag zeigt wiederum, dass alle Zinkgehalte in Honig als unauffällig niedrig zu werten sind: Ein Verzehr von 100 g (!) Honig aus dem Referenzgebiet Aichach mit einem maximalen Zinkgehalt von 2,5 mg/kg OS (Bild 3.13-3) entspräche nur etwa 3 % dieses hilfswisen Beurteilungswerts (DGE 2000, Tabelle 2.5-1).

Die Ursache für die im Standortvergleich zeitweise höheren Zinkgehalte in Honig aus dem Referenzgebiet Aichach, analog Cadmium-, Eisen, Kupfer- und Nickelgehalten (Kap. 3.7, 3.9, 3.10, 3.11), ist nicht bekannt.

#### **Fazit für Zink:**

**Eine zeitliche Entwicklung, die mit dem Coronapandemie bedingten Rückgang der Flugzahlen korrespondieren würde (Bild 1.3-1 in Kap. 1.3), und ein Flughafeneinfluss zeigen sich für Zink in Pollen, Wachs und Honig nicht. Die Zinkgehalte sind insgesamt als unauffällig niedrig zu werten.**

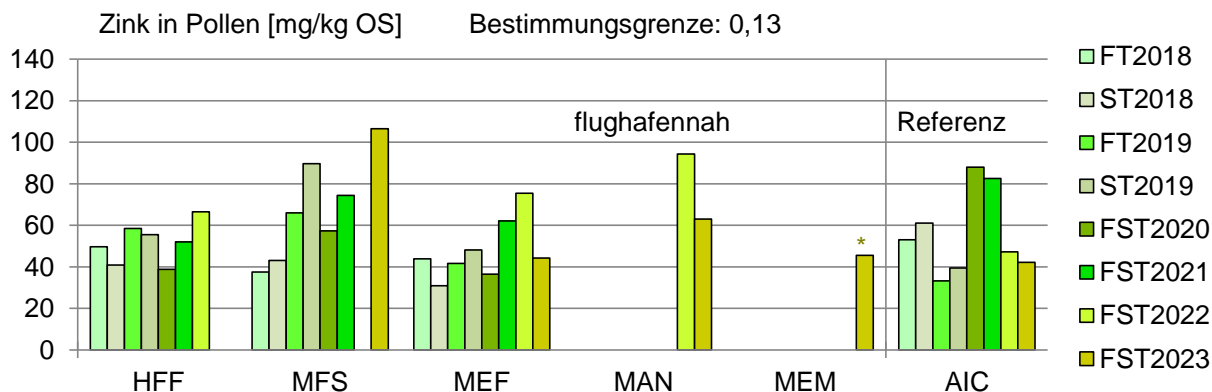


Bild 3.13-1: Zink in Pollen

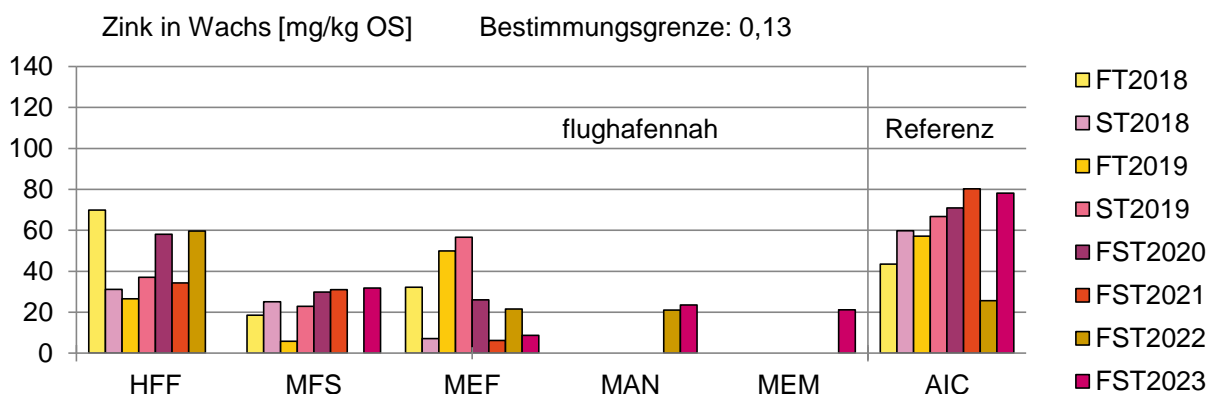


Bild 3.13-2: Zink in Wachs

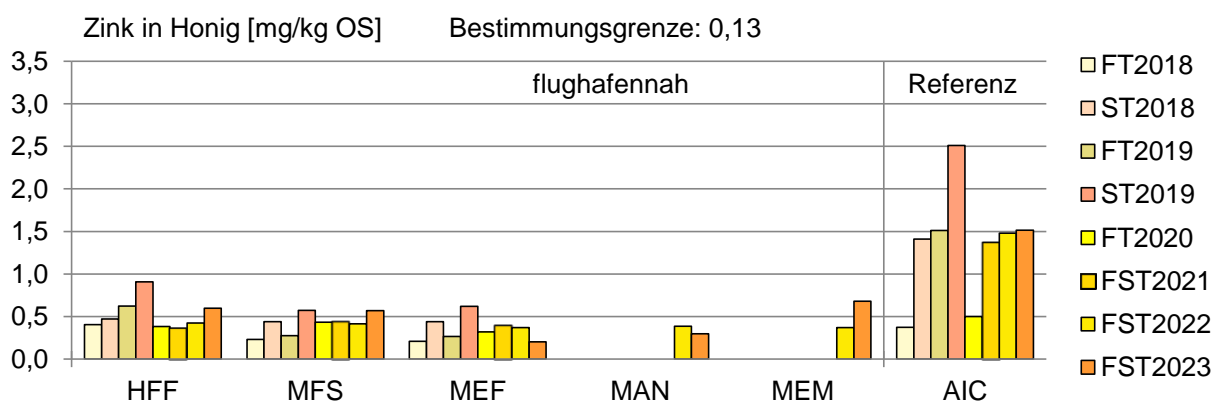


Bild 3.13-3: Zink in Honig

Beurteilungswerte aus dem Lebensmittelrecht sind für Zink nicht festgelegt.

FT: Frühtracht, ST: Sommertracht, FST: Mischprobe Früh- und Sommertracht; \*Pollen 2023 MEM: Frühtracht

### 3.14 Gehalte von PAK in Pollen, Wachs und Honig

Die Einzelergebnisse der als wichtigste Schadstoffe („Priority Pollutants“ nach US Umweltbehörde EPA) untersuchten 16 polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffverbindungen sind im Anhang tabellarisch dargestellt (Kap. 10). Nachfolgend werden die Ergebnisse der PAK-Leitparameter Benzo[a]pyren (BaP) und PAK4 sowie der Summe der 16 EPA-PAK (16 PAK) 2018–2023 gezeigt.

Die **Benzo[a]pyren-Gehalte in Pollen** lagen 2023 an den Standorten MFS, MEF, MAN unmittelbar am Flughafen München bei  $<0,10\text{--}0,41\ \mu\text{g}/\text{kg OS}$  (BG  $0,10\ \mu\text{g}$ : ein Zehntel Mikrogramm entspricht einem Zehntausendstel Milligramm). Diese Werte stimmen gut mit den Vorjahren überein:  $<0,10\text{--}0,47\ \mu\text{g}/\text{kg OS}$  (Bild 3.14-1). Der Wertebereich 2018–2023 des Referenzgebiets Aichach von  $<0,10\text{--}0,29\ \mu\text{g}/\text{kg OS}$  ist dem ähnlich. Am neu untersuchten, flughafennahen Standort MEM lag Benzo[a]pyren in Pollen 2023 mit  $0,71\ \mu\text{g}/\text{kg OS}$  geringfügig höher. Hier wurde eine Frühtrachtpollenmischprobe untersucht, nicht wie an den anderen Standorten seit 2020 Mischproben von Früh- und Sommertracht. Am Referenzstandort BRS des Bienenmonitorings im Umfeld der Berliner Flughäfen war die Wertespanne 2013–2023 für BaP mit  $<0,10\text{--}1,17\ \mu\text{g}/\text{kg OS}$  breiter.

Der Vergleich mit Höchstgehalten für ähnliche Nahrungsergänzungsmittel macht die Einordnung der Pollenergebnisse möglich:  $10\ \mu\text{g}/\text{kg OS}$  als Höchstgehalt für Benzo[a]pyren in den Bienenprodukten Propolis und Gelée Royale gemäß VO (EU) 2023/915 wurde weit unterschritten (Tabelle 2.5-1).

**Saisonale Unterschiede** der Benzo[a]pyren-Gehalte in Pollen deuten sich teilweise in den Jahren 2018 und 2019 an, in denen Frühtracht und Sommertracht getrennt analysiert wurden: In Pollen der Frühtracht höhere BaP-Gehalte als in Pollen der Sommertracht. Der vergleichsweise höhere Wert 2023 von Frühtrachtpollen an MEM passt in dieses Bild. Als saisonale PAK-Quelle ist Hausbrand (Betrieb häuslicher Kleinf Feuerungsanlagen) als Ursache möglich. Auch beim Bienenmonitoring im Umfeld der Berliner Flughäfen gab es Hinweise auf derartige saisonale Unterschiede (daher breitere Spanne).

Die **Benzo[a]pyren-Gehalte in Wachs** lagen 2023 flughafennah bei  $0,10\text{--}0,22\ \mu\text{g}/\text{kg OS}$ , innerhalb der engen Wertespanne der Vorjahre von  $<0,10\text{--}0,22\ \mu\text{g}/\text{kg OS}$  (Bild 3.14-2). Die BaP-Gehalte in Wachs aus dem Referenzgebiet Aichach 2018–2023 von  $<0,10\text{--}0,15\ \mu\text{g}/\text{kg OS}$  sind in der Höhe gut vergleichbar. Am Berliner Referenzstandort BRS wurden in den letzten 11 Jahren BaP-Gehalte in Wachs mit einer weiteren Wertespanne von  $<0,10\text{--}0,88\ \mu\text{g}/\text{kg OS}$  gemessen.

Saisonale Unterschiede deuten sich für BaP in Wachs nicht an.

Die **Benzo[a]pyren-Gehalte in Honig** lagen flughafennah, im Referenzgebiet sowie in anderen Bienenmonitorings sämtlich unterhalb der Bestimmungsgrenze  $0,10\ \mu\text{g}/\text{kg OS}$ . In Bild 3.14-3 sind sie für das Honigmonitoring im Umfeld des Flughafens München mit dem halben Wert der BG dargestellt.

Der orientierend auf Honig anwendbare Höchstgehalt von  $10\ \mu\text{g}/\text{kg OS}$  für Benzo[a]pyren in den Bienenprodukten Propolis und Gelée Royale liegt hundertfach über der Bestimmungsgrenze, würde also weit unterschritten (Tabelle 2.5-1).

Saisonale Unterschiede werden für BaP in Honig nicht erkennbar.

#### Fazit für Benzo[a]pyren:

**Eine zeitliche Entwicklung, die mit dem Coronapandemie bedingten Rückgang der Flugzahlen korrespondieren würde (Bild 1.3-1 in Kap. 1.3), zeigt sich für Benzo[a]pyren als Leitsubstanz der PAK in Pollen, Wachs und Honig nicht. Ein Einfluss des Flughafenbetriebs auf die sehr niedrigen Rückstände dieses Kontaminanten ist nicht feststellbar.**

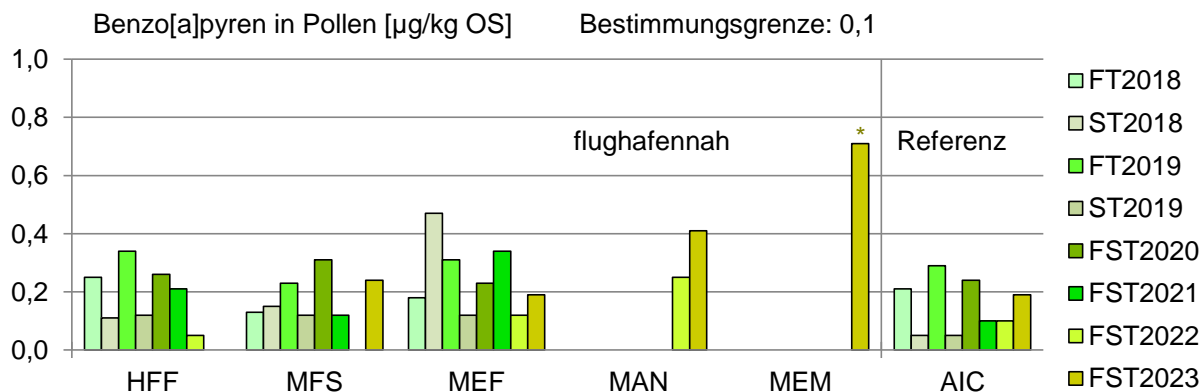


Bild 3.14-1: Benzo[a]pyren in Pollen

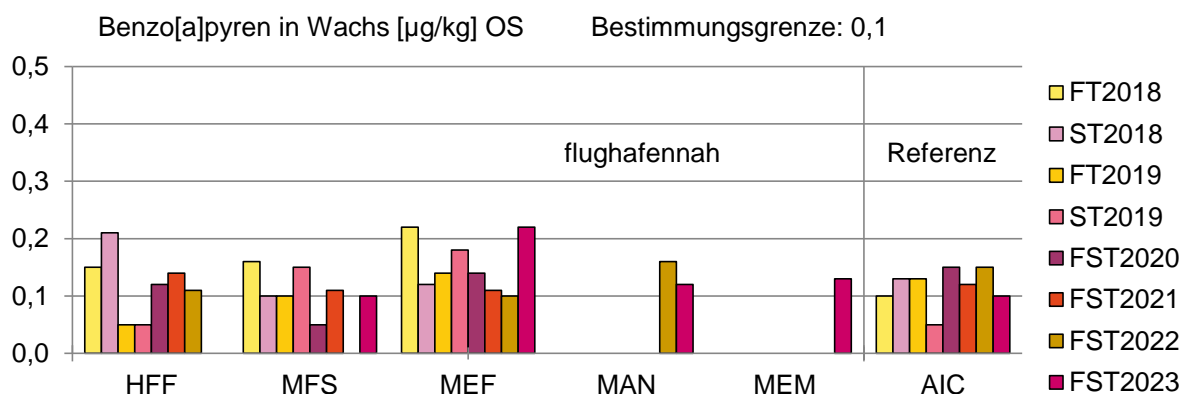


Bild 3.14-2: Benzo[a]pyren in Wachs

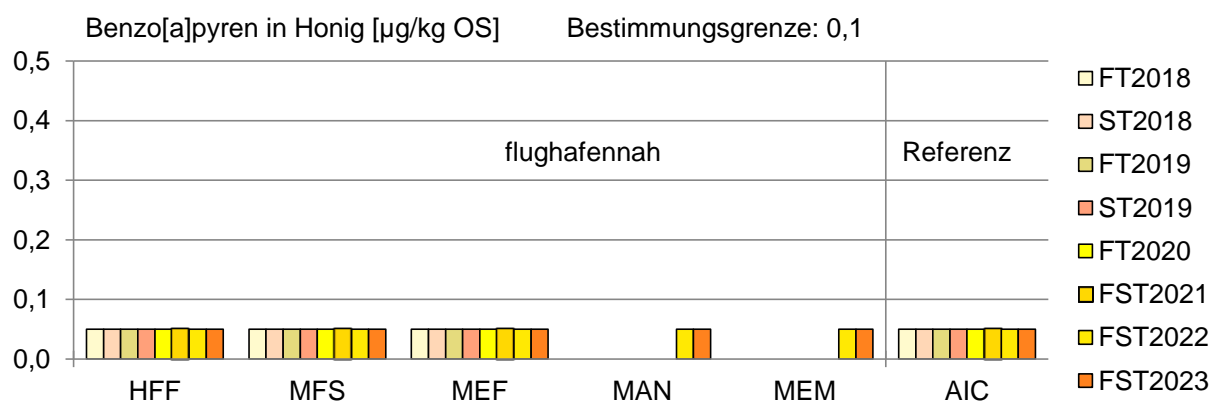


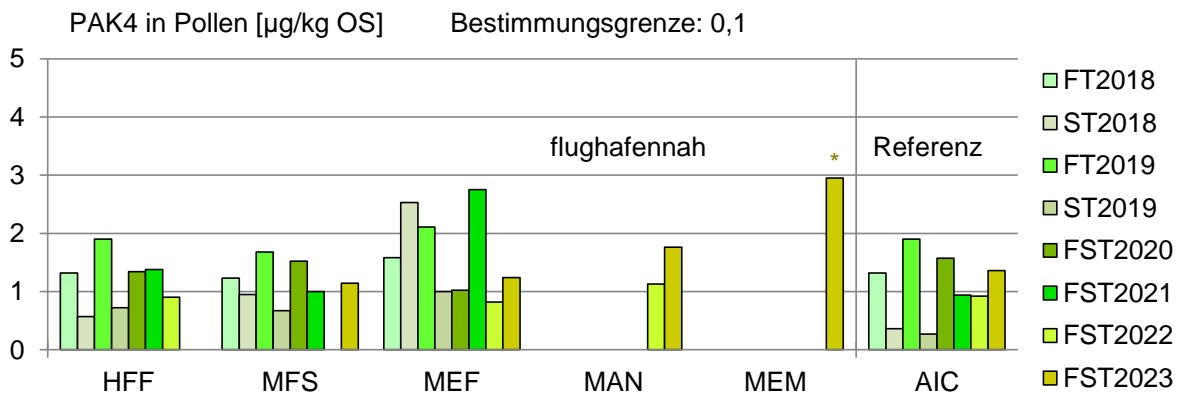
Bild 3.14-3: Benzo[a]pyren in Honig

Ein Höchstgehalt für Benzo[a]pyren (BaP) von  $10 \mu\text{g}/\text{kg OS}$  für die Bienenprodukte Propolis und Gelée Royale (VO (EU) 2015/1933; Tabelle 2.5-1) kann auf Pollen und orientierend auf Honig angewendet werden.

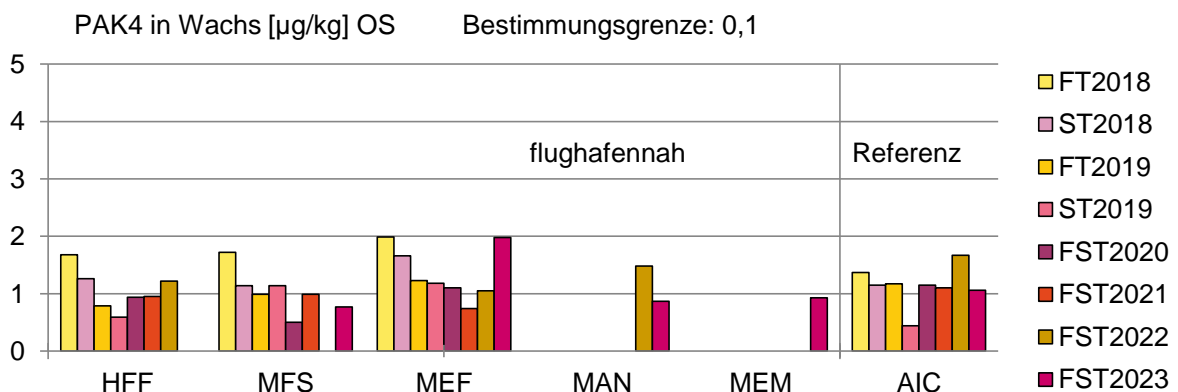
Die BaP-Gehalte lagen teilweise und in Honig sämtlich unterhalb der Bestimmungsgrenze und sind dann mit 50% der BG von  $0,10 \mu\text{g}/\text{kg OS}$  dargestellt.

FT: Frühtracht, ST: Sommertracht, FST: Mischprobe Früh- und Sommertracht; \*Pollen 2023 MEM: Frühtracht

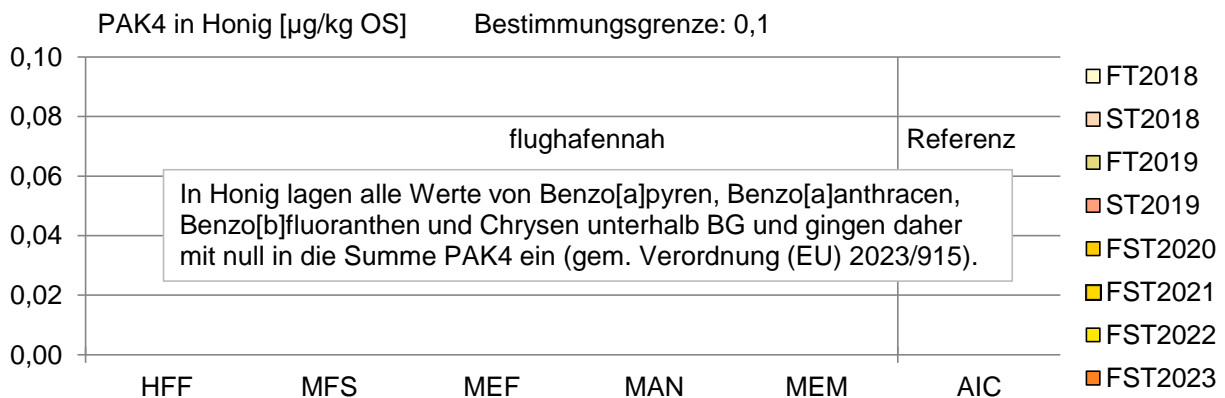
**PAK4**, die Summe der vier Verbindungen Benzo[a]pyren, Benzo[a]anthracen, Benzo[b]fluoranthen und Chrysen, dient der Bewertung von Kontaminanten in Lebensmitteln. Konzentrationsuntergrenzen werden „auf Basis der Annahme berechnet, dass alle Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze bei 0 liegen“ (VO (EU) 2023/915). Daher gehen „Werte unterhalb BG“ der vier PAK-Verbindungen nicht in die Summe PAK4 ein (= 0).



**Bild 3.14-4: PAK4 in Pollen**



**Bild 3.14-5: PAK4 in Wachs**



**Bild 3.14-6: PAK4 in Honig**

Ein Höchstgehalt für PK4 von 50  $\mu\text{g}/\text{kg OS}$  für die Bienenprodukte Propolis und Gelée Royale (VO (EU) 2023/915; Tabelle 2.5-1) kann auf Pollen und orientierend auf Honig angewendet werden.

FT: Frühtracht, ST: Sommertracht, FST: Mischprobe Früh- und Sommertracht; \*Pollen 2023 MEM: Frühtracht

**PAK4-Gehalte in Pollen** lagen 2023 an den unmittelbaren Flughafenstandorten MFS, MEF, MAN bei 1,1–1,8 µg/kg OS, innerhalb des Wertebereichs der Vorjahre von 0,57–2,5 µg/kg OS (Bild 3.14-4) und mit dem Wertebereich 2018–2023 des Referenzgebiets Aichach von 0,27–1,9 µg/kg OS vergleichbar. Am neu untersuchten, flughafennahen Standort MEM lag PAK4 in der dortigen Frühtrachtpollenprobe 2023 mit 3,0 µg/kg OS am oberen Rand des Wertebereichs. Am Referenzstandort BRS des Bienenmonitorings im Umfeld der Berliner Flughäfen wurden 2013–2023 zum Teil höhere PAK4-Gehalte in Pollen erreicht: 0–10 µg/kg OS.

Der Höchstgehalt für PAK4 für die Bienenprodukte Propolis und Gelée Royale von 50 µg/kg OS würde in den flughafennahen und Referenz-Pollenproben weit unterschritten (Tabelle 2.5-1).

**Saisonale Unterschiede** deuten sich, wie für Benzo[a]pyren (Bild 3.14-1), auch für PAK4 in Pollen an: in Frühtrachtproben höhere Gehalte als Sommertrachtproben (Betrachtung 2018 und 2019 sowie MEM 2023; ab 2020 Früh- und Sommertracht-Mischproben). Als saisonale PAK-Quelle kommt Hausbrand in Frage.

Die **PAK4-Gehalte in Wachs** lagen 2023 flughafennah bei 0,77–2,0 µg/kg OS, im Bereich der Werte der Vorjahre von 0,50–2,0 µg/kg OS (Bild 3.14-5) und der Werte aus dem Referenzgebiet Aichach von 0,44–1,7 µg/kg OS. Zum Vergleich: Am Berliner Referenzstandort BRS wurden in den letzten 11 Jahren PAK4-Gehalte in Wachs von 1,0–4,4 µg/kg OS gemessen.

Die **PAK4-Gehalte in Honig** lagen sämtlich unterhalb BG und damit für PAK4 bei null (Bild 3.14-6).

#### **Fazit für PAK4:**

**Eine zeitliche Entwicklung, die mit dem Coronapandemie bedingten Rückgang der Flugzahlen korrespondieren würde (Bild 1.3-1 in Kap. 1.3), zeigt sich für PAK4 in Pollen, Wachs und Honig nicht. Ein Einfluss des Flughafenbetriebs auf die sehr niedrigen PAK4-Rückstände ist nicht feststellbar. Ein Einfluss der saisonalen Quelle Hausbrand auf die PAK-Gehalte in Pollen deutet sich wie für Benzo[a]pyren an.**

Die **Summen der 16 PAK in Pollen** lagen 2023 an den Flughafenstandorten MFS, MEF, MAN bei 17–20 µg/kg OS, im Bereich der Wertespanne der Vorjahre von 13–34 µg/kg OS (Bild 3.14-7). Der 16 PAK-Gehalt in der Frühtrachtpollenprobe 2023 von MEM liegt mit 27 µg/kg OS – anders als PAK4 mit BaP – im mittleren Bereich. Der Wertebereich 2018–2023 von 16 PAK in Pollen aus dem Referenzgebiet Aichach stimmt gut überein: 11,5–26 µg/kg OS. Am Referenzstandort BRS des Bienenmonitorings im Umfeld der Berliner Flughäfen wurden seit 2013 teilweise höhere 16 PAK-Gehalte gefunden: 12–88 µg/kg OS, im Jahr 2023 36 µg/kg OS in Früh- und 29 µg/kg OS in Sommertrachtpollen.

Beurteilungswerte aus dem Lebensmittelrecht sind für die Summe der 16 PAK nicht festgelegt.

**Saisonale Unterschiede** mit höheren 16 PAK-Gehalten in der Früh- als in der Sommertracht sind nur für das Jahr 2019 erkennbar, nicht für das Jahr 2018. Beim Berliner Bienenmonitoring traten für 16 PAK in Pollen derartige Unterschiede an BRS bis 2016 auf, die auf saisonale PAK-Immissionswirkungen, den Betrieb von häuslichen Kleinf Feuerungsanlagen im Frühjahr, hinwiesen.

Die **16 PAK-Gehalte in Wachs** lagen 2023 flughafennah bei 10,4–17,5 µg/kg OS, innerhalb der Wertespanne der Vorjahre von 11,5–24 µg/kg OS (Bild 3.14-8). Mit diesem Wertebereich stimmten auch die 16 PAK-Gehalte in Wachs aus dem Referenzgebiet Aichach 2018–2023 gut überein: 14–20 µg/kg OS. Am Referenzstandort BRS des Berliner Bienenmonitorings wurden in den letzten 11 Jahren mit 25–116 µg/kg OS teilweise höhere Werte gemessen, seit 2020 50 µg/kg OS und darunter.



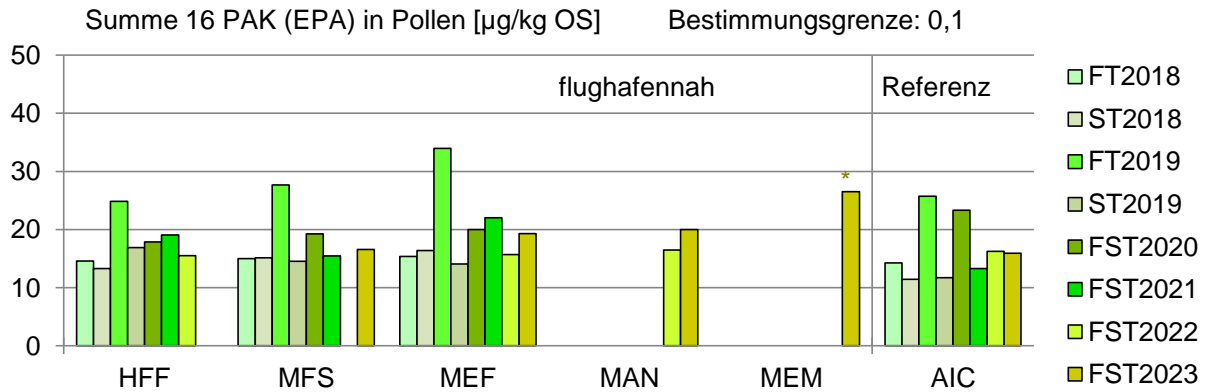


Bild 3.14-7: 16 PAK in Pollen

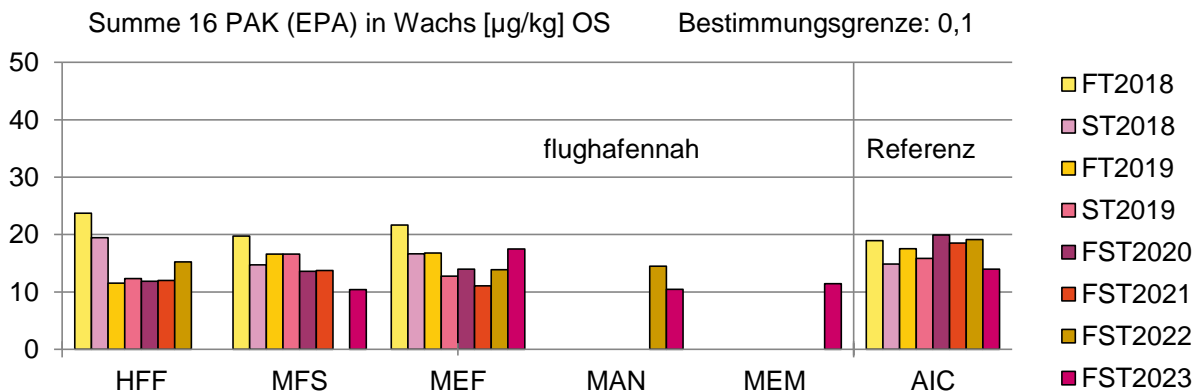


Bild 3.14-8: 16 PAK in Wachs

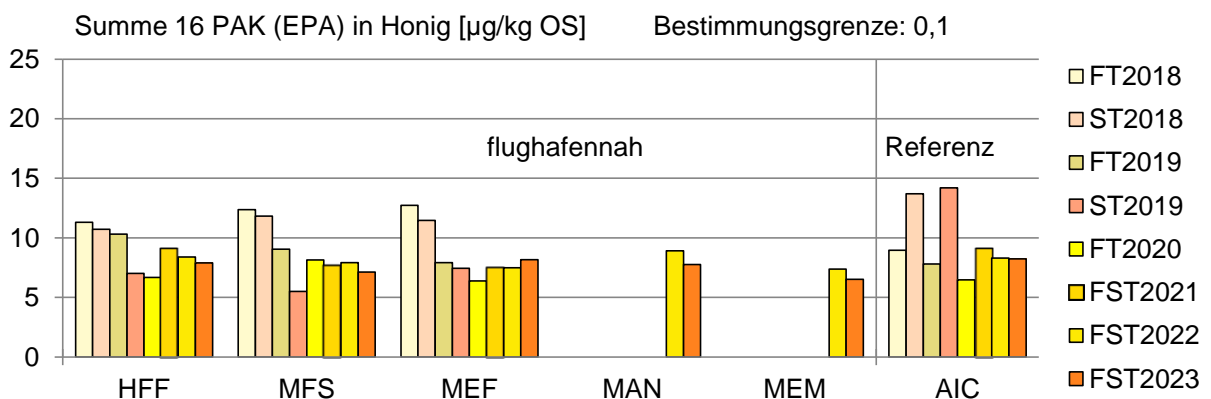


Bild 3.14-9: 16 PAK in Honig

Beurteilungswerte aus dem Lebensmittelrecht sind für die Summe der 16 EPA-PAK nicht festgelegt.

FT: Frühtracht, ST: Sommertracht, FST: Mischprobe Früh- und Sommertracht; \*Pollen 2023 MEM: Frühtracht

Die **16 PAK-Gehalte in Honig** lagen 2023 flughafennah bei 6,5–8,2  $\mu\text{g}/\text{kg OS}$ , innerhalb der relativ engen Wertspanne der Vorjahre von 5,5–12,7  $\mu\text{g}/\text{kg OS}$  am Münchner Airport, mit guter Übereinstimmung mit dem Referenzgebiet: dort 6,5–14,2  $\mu\text{g}/\text{kg OS}$  (Bild 3.14-9). Am Referenzstandort BRS des Berliner Bienenmonitorings lagen die 16 PAK-Gehalte 2013–2023 mit 9,0–34  $\mu\text{g}/\text{kg OS}$  teilweise höher, seit 2020 um 10  $\mu\text{g}/\text{kg OS}$  und darunter. Der Vergleich mit Referenzstandorten des Flughafens

Leipzig/Halle 2019–2023 mit 4,5–11 µg/kg OS und des Flughafens Dresden 2018–2023 mit 5,3–8,0 µg/kg OS (Wäber und Pompe 2023a und 2023b) bestätigt, dass diese und die Ergebnisse aus dem Umfeld des Flughafens München niedrig sind.

**Fazit für die Summen der 16 PAK:**

**Eine zeitliche Entwicklung, die mit dem Coronapandemie bedingten Rückgang der Flugzahlen korrespondieren würde (Bild 1.3-1 in Kap. 1.3), zeigt sich für die Summen der 16 PAK nicht. Ein Einfluss des Flughafenbetriebs auf die sehr niedrigen Rückstände ist nicht feststellbar.**

## 4 Abkürzungen

AAI	Bienenvölkerstandort im Referenzgebiet: Stadt Aichach für Pollenproben 2014-2019
ACE	Acenaphthen
ACY	Acenaphtylen
AIC	Referenzgebiet Aichach: Wachs- oder Honig-Mischprobe der Referenz-Bienenvölker
AKO	Bienenvölkerstandort im Referenzgebiet Aichach, bei Klängen-Obermauerbach,
ALN	Bienenvölkerstandort im Referenzgebiet Aichach, bei Latzenhausen
aMW	arithmetischer Mittelwert (auch MW)
ANT	Anthracen
As	Arsen
ASI	Bienenvölkerstandort im Referenzgebiet, bei Sulzbach für Pollenproben seit 2020
ATN	Bienenvölkerstandort im Referenzgebiet, bei Tödtenried
BaA	Benzo[a]anthracen
BaP	Benzo[a]pyren
BbjF+BkF	Benzo[b,j+k]fluoranthren
BfR	Bundesinstitut für Risikobewertung (ehemals BgVV)
BG	analytische Bestimmungsgrenze
BghiP	Benzo[g,h,i]perylen
BgVV	Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin
BIV	Bayerischen Imkervereinigung e.V.
BRS	Bienenvölkerstandort im Referenzgebiet Schorfheide für die Berliner Flughäfen Schönefeld/BER: 90 km entfernt
Cd	Cadmium
CHR (+TRI)	Chrysen(+Triphenylen)
Cr	Chrom
Cu	Kupfer
DbahA	Dibenzo[a,h]anthracen
DGE	Deutsche Gesellschaft für Ernährung
DIB	Deutscher Imkerbund
DIN	Deutsches Institut für Normung
EFSA	Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (European Food Safety Authority)
EPA	US Environmental Protection Agency, US Umweltbehörde
EU	Europäische Union (vormals E(W)G: Europäische (Wirtschafts-)Gemeinschaft)
EUFIC	Europäisches Informationszentrum für Lebensmittel (European Food Information Council)
FBB	Flughafen Berlin Brandenburg GmbH
Fe	Eisen

FLE	Fluoren
FLU	Fluoranthen
FMG	Flughafen München GmbH
GPC	Gelpermeationschromatographie
HFF	Bienenvölkerstandort am westlichen Ende der Südbahn des Flughafens München
HRGC	hochauflösende Gaschromatographie
ICP-MS	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma
IND	Indeno[1,2,3-c,d]pyren
LB	Lower Bound (untere Grenze): aMW inklusive „Werte“ <BG werden gleich Null gesetzt
LRGC	niederauflösende Gaschromatographie
LWG	Bayerische Landesanstalt für Wein- und Gartenbau
MAN	Bienenvölkerstandort Ri. westliches Ende der Nordbahn des Flughafens München
MEF	Bienenvölkerstandort am östlichen Ende der Nordbahn des Flughafens München
MEM	flughafennahe Bienenvölkerstandort 2 km nördlich des Flughafens München
MFS	Bienenvölkerstandort am östlichen Ende der Südbahn des Flughafens München
MS	Massenspektrometrie
MSD	massenselektive Detektion
MUC	Flughafen München
NAP	Naphthalin
NEM	Nahrungsergänzungsmittel
Ni	Nickel
ÖBMG	Bundesministerium für Gesundheit, Österreich
OS	Originalsubstanz
PAK	polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
PAK4	Summe der vier PAK BaP, BaA, Benzo[b]fluoranthen, CHR (VO (EU) 2023/915)
Pb	Blei
PHE	Phenanthren
PYR	Pyren
Sb	Antimon
<i>u</i>	Standardunsicherheit <i>u</i> nach DIN EN ISO 20988
UB	Upper Bound (obere Grenze): aMW inklusive „Werte“ <BG werden gleich BG gesetzt
UBA	Umweltbundesamt
VBB	Verband Bayerischer Bienenzüchter
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VO (oder V)	Verordnung
Zn	Zink
µg	Mikrogramm (ein Tausendstel Milligramm mg)

## 5 Glossar

### **Aktionswerte:**

nach österreichischem Recht erlassene, höchst vorsorgliche Werte, bei deren Überschreitung die Ursachen zu prüfen und Maßnahmen zur Einhaltung durchzuführen sind (ÖBMG 2015); die Aktionswerte für Honig gelten nicht in Deutschland

### **Beurteilungswerte:**

Bewertungsmaßstäbe, die zur Beurteilung der Stoffgehalte herangezogen werden, z. B. -> Höchstgehalte

### **Bienenbrot:**

durch Bienenspeichel fermentierter und in speziellen Wabenbereichen im Bienenstock eingelagerter Pollen (VDI 4330 Blatt 4, 2006).

### **Bioindikator:**

Organismus, der Umweltbedingungen und deren Veränderungen anzeigen kann; bislang als Überbegriff für Akkumulationsindikator, Reaktionsindikator und Zeigerorganismus (VDI 3957 Blatt 1, 2020)

### **Biomonitoring:**

Nutzung biologischer Systeme (Organismen oder Organismengemeinschaften) zur räumlichen und zeitlichen Überwachung von Umweltveränderungen (VDI 3957 Blatt 1, 2020)

**Emitent** von Luftverunreinigungen (-> *Emission* -> *Transmission* -> *Immissionen* -> *Depositionen* / *Immissionswirkung*):

Quellen, z. B. Verkehr, industrielle Prozesse, Landwirtschaft, Hausfeuerungsanlagen

### **Emission:**

unerwünschte Stoffe werden in die Umgebungsluft abgegeben

### **Transmission:**

Unerwünschte Stoffe werden z.T. weiträumig transportiert und unterliegen Umwandlungsprozessen in der Luft.

### **Immissionen:**

Einwirkung unerwünschter Stoffe auf die Umwelt

### **Depositionen:**

Stoffe werden in die Umwelt eingetragen (gasförmig, als feste Partikel trocken oder mit dem Niederschlag in Gewässer, Böden und Organismen), wo sie sich anreichern und wirken können.

### **Immissionswirkungen:**

Durch luftgetragene Stoffe verursachte Wirkungen, d. h. Reaktionen von Organismen, Teilen von Organismen oder von Organismengemeinschaften (Biozönosen) auf stoffliche und physikalische Umwelteinflüsse sowie deren Veränderung in ihrer chemischen Zusammensetzung (Akkumulation) (VDI 3957 Blatt 1, 2020)

### **Höchstgehalte:**

Nach VO (EU) 2023/915: „Lebensmittel, die -> **Kontaminanten** in einer über die Höchstgehalte hinausgehenden Menge enthalten, sollten für einen wirksamen Schutz der öffentlichen Gesundheit nicht nur nicht in Verkehr gebracht werden, sondern auch nicht als Zutat in Lebensmitteln verwendet oder mit anderen Lebensmitteln vermischt werden“. Als Kontaminant gilt dabei jeder Stoff, der dem Lebensmittel nicht absichtlich hinzugefügt wird, aber als Rückstand z. B. der Gewinnung, Fertigung oder als Verunreinigung durch die Umwelt im Lebensmittel vorhanden ist.

- für Honig: Höchstgehalt 0,10 mg/kg für Blei (VO (EU) Nr. 2023/915);

- für Honig und weitere Imkereierzeugnisse: Höchstgehalt 0,010 mg/kg für Quecksilberverbindungen (VO (EU) 2018/73);

- für Pollen: Höchstgehalt 0,010 mg/kg für Benzo[a]pyren und 0,050 mg/kg für PAK4, gilt für ähnliche Nahrungsergänzungsmittel (VO (EU) 2023/915) Honigmonitoring:

orientierender Umweltservice, der Umweltuntersuchungen mit Rückstandsuntersuchungen des Lebensmittels Honig ergänzt; in der vorliegenden Untersuchung Pollen und Wachs eingeschlossen

### **Kontaminant:**

Als Kontaminant gilt jeder Stoff, der dem Lebensmittel nicht absichtlich hinzugefügt wird, aber als Rückstand z. B. der Gewinnung, Fertigung oder als Verunreinigung durch die Umwelt im Lebensmittel vorhanden ist. Kontaminanten sind anders als -> **Rückstände** „per se“ als unerwünschte Stoffe anzusehen, z. B. hier untersucht: Blei, Cadmium und Quecksilber und die PAK.

### **Originalsubstanz - OS:**

Bezugsgröße für Konzentrationsangaben von Stoffgehalten – hier in Pollen, Wachs und Honig

### **Referenzgebiet:**

außerhalb des Emittenteneinflusses, repräsentiert die typische Hintergrundsituation

### **Referenzstandort:**

Standort außerhalb des Emittentenumfelds, der z. B. die typische Hintergrundsituation repräsentiert

### **Rückstände in Lebensmitteln:**

Gehalte von Elementen und Verbindungen, die aus der Umwelt in Lebensmittel gelangen: die hier untersuchten -> **Kontaminanten** sowie weitere Stoffe, z.B. Antimon, Eisen und Zink.

### **Trachten:**

Trachtpflanzen sind die Pflanzen, die als Nahrungsquellen – Quellen von Nektar, Honigtau und / oder Pollen – für die Bienen dienen (VDI 4330/4 2006). Als

- Frühtracht bezeichnen Imker den Honig, der aus Blüten im Frühjahr von den Bienen gesammelt wird und als
- Sommertracht den Honig, der während der Sommermonate zusammengetragen wird.

### **Varroa (Varroose):**

Befall von Bienenvölkern mit Varroamilben, der vielfach für Völkerverluste verantwortlich ist und z. B. mittels Ameisensäure- oder Oxalsäurebehandlung der Bienenvölker bekämpft wird.

**Vitalität** der Bienenvölker:

hier sondierend erhoben als Überlebensrate bei der Überwinterung, Stärke und Entwicklung der Bienenvölker, Entwicklung der Brut, Honigmenge und Blütenpollenspektrum

**Wildbau:**

synonym: Naturbau; Waben aus Wachs, die die Bienen selbst aufbauen, ohne vorgefertigte Mittelwand, z. B. Drohnenwaben für die Aufzucht der männlichen Bienen

## 6 Literatur

### 6.1 Gesetzliche Grundlagen

HonigV (2004): Honigverordnung vom 16. Januar 2004 (BGBl. I S. 92 Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L10 (12.1.2002), S. 47-52, zuletzt geändert durch Artikel 10 der Verordnung vom 5. Juli 2017 (BGBl. I S. 2272) worden ist

LMHV (2016): Verordnung über Anforderungen an die Hygiene beim Herstellen, Behandeln und Inverkehrbringen von Lebensmitteln (Lebensmittelhygiene-Verordnung) vom 8. August 2007 (BGBl. I S. 1816, 1817) in der Fassung der Bekanntmachung vom 21. Juni 2016 (BGBl. I S 1469), zuletzt geändert durch Artikel 2 der Verordnung vom 3. Januar 2018 (BGBl. I S. 99)

VO (EG) Nr. 396/2005: Verordnung Nr. 396/2005 des EUROPÄISCHEN PARLAMENTS und des RATES vom 23. Februar 2005 über Höchstgehalte an Pestizidrückständen in oder auf Lebens- und Futtermitteln pflanzlichen und tierischen Ursprungs und zur Änderung der Richtlinie 91/414/EWG des Rates (ABl. L 70, S. 1)

VO (EG) Nr. 1881/2006: Verordnung zur Festsetzung der Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln vom 19. Dezember 2006, Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 364, S.5 vom 20.12.2006; aufgehoben am 25. Mai 2023 mit Inkrafttreten von VO (EU) 2023/915, damit aufgehoben:

Verordnung (EG) Nr. 629/2008 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 zur Festsetzung der Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln vom 2. Juli 2008, Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 173, S.6 vom 3.7.2008

VO (EG) Nr. 470/2009 Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates vom 6. Mai 2009 über die Schaffung eines Gemeinschaftsverfahrens für die Festsetzung von Höchstmengen für Rückstände pharmakologisch wirksamer Stoffe in Lebensmitteln tierischen Ursprungs, zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 2377/90 des Rates und zur Änderung der Richtlinie 2001/82/EG des Europäischen Parlaments und des Rates und der Verordnung (EG) Nr. 726/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates (Text von Bedeutung für den EWR)

VO (EU) Nr. 420/2011 Verordnung (EU) DER KOMMISSION vom 29. April 2014 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 bezüglich der Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln, Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 111, S. 3-6 vom 30.4.2011

VO (EU) Nr. 835/2011 Verordnung (EU) DER KOMMISSION vom 19. August 2011 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 im Hinblick auf Höchstgehalte an polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen in Lebensmitteln, Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 215, S. 4-8 vom 20.8.2011

VO (EU) Nr. 488/2014 Verordnung (EU) DER KOMMISSION vom 12. Mai 2014 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 bezüglich der Höchstgehalte für Cadmium in Lebensmitteln, Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 138, S. 75-79 vom 13.5.2014

VO (EU) 2015/1005 DER KOMMISSION vom 25. Juni 2015 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 bezüglich der Höchstgehalte für Blei in bestimmten Lebensmitteln, Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 161, S. 9 vom 25.6.2015

VO (EU) 2015/1006 DER KOMMISSION vom 25. Juni 2015 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 hinsichtlich der Höchstgehalte für anorganisches Arsen in Lebensmitteln Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 161, S. 14 vom 25.6.2015



VO (EU) 2015/1933: Verordnung (EU) DER KOMMISSION vom 27. Oktober 2015 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 hinsichtlich der Höchstgehalte an polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen in Kakaofasern, Bananenchips, Nahrungsergänzungsmitteln, getrockneten Kräutern und getrockneten Gewürzen, Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 282, S. 11 vom 27.10.2015

VO (EU) 2021/1317: VERORDNUNG (EU) 2021/1317 DER KOMMISSION vom 9. August 2021 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 hinsichtlich der Höchstgehalte an Blei in bestimmten Lebensmitteln. Amtsblatt der Europäischen Union L286, S. 1-4

VO (EU) 2021/1323: VERORDNUNG (EU) 2021/1323 DER KOMMISSION vom 10. August 2021 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 bezüglich der Höchstgehalte für Cadmium in bestimmten Lebensmitteln. Amtsblatt der Europäischen Union L288, S. 13-18

VO (EU) 2018/73: Verordnung (EU) DER KOMMISSION vom 16. Januar 2018 zur Änderung der Anhänge II und III der Verordnung (EG) Nr. 396/2005 des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf Höchstgehalte an Rückständen von Quecksilberverbindungen in oder auf bestimmten Erzeugnissen, Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 13 S. 8-20 vom 16.1.2018

VO (EU) 2023/915: VERORDNUNG (EU) 2023/915 DER KOMMISSION vom 25. April 2023 über Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006. Amtsblatt der Europäischen Union L119, S. 103-157

## 6.2 Normen, Richtlinien, Vorschriften

DIN EN 15763: 2010-04: Lebensmittel - Bestimmung von Elementspuren - Bestimmung von Arsen, Cadmium, Quecksilber und Blei in Lebensmitteln mit induktiv gekoppelter Plasma-Massenspektrometrie (ICP-MS) nach Druckaufschluss; Deutsche Fassung EN 15763:2009, Beuth, Berlin

DIN EN ISO 20988:2007-09 Luftbeschaffenheit; Leitlinien zur Schätzung der Messunsicherheit (ISO 20988:2007); Deutsche Fassung EN ISO 20988:2007

DIN ISO 12884: 2000: Außenluft – Bestimmung der Summe gasförmiger und partikelgebundener polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoffe – Probenahme auf Filtern mit nachgeschalteten Sorbenzien und anschließender gaschromatographischer / massenspektrometrischer Analyse

DIN V ENV 13005: 1999-04: Leitfaden zur Angabe der Unsicherheiten beim Messen: Deutsche Fassung ENV 13005:1999. Berlin, Beuth

ÖBMG (2015): Aktionswerte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln. Österreichisches Bundesministerium für Gesundheit, Erlass BMG-75210/0013-II/B/13/2015 vom 18.5.2015, zuletzt geändert durch BMSGPK–2021-0.008.809–III/B/13 vom 15.1.2021, 2021-0.359.197 vom 5.7.2021 bis 2022-0.835.705 vom 16.12.2022

VDI 3857 Blatt 2:2021-07: Beurteilungswerte für immissionsbedingte Stoffanreicherungen in standardisierten Graskulturen; Orientierungswerte für maximale Hintergrundgehalte ausgewählter anorganischer Luftverunreinigungen. Berlin: Beuth

VDI 3957 Blatt 1:2020-02: Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Pflanzen (Biomonitoring); Grundlagen und Zielsetzung. Berlin: Beuth

VDI 3957 Blatt 2:2020-08: Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Pflanzen (Biomonitoring); Verfahren der standardisierten Graskultur. Berlin: Beuth

VDI 3957 Blatt 3:2023-12: Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Pflanzen (Biomonitoring); Verfahren der standardisierten Exposition von Grünkohl. Berlin: Beuth

VDI 4280 Blatt 1: 2014-10: Planung von Immissionsmessungen; Allgemeine Regeln für Untersuchungen der Luftbeschaffenheit. Berlin: Beuth

VDI 4330 Blatt 4:2006-10: Monitoring der Wirkungen von gentechnisch veränderten Organismen (GVO); Pollenmonitoring; Biologische Pollensammlung mit Bienenvölkern. Berlin: Beuth

## 6.3 Literatur

Basel Kant. Labor (2002): Honig / Diverse Parameter – Gemeinsame Kampagne Basel-Stadt (Schwerpunktlabor) und Basel-Landschaft. Honigbericht vom 14.11.2002 Kantonales Laboratorium Basel-Stadt (Hrsg.), Basel (CH), 6 S.

BayLfU (2017): PAK-Immissionswirkungen in Bayern – Langzeituntersuchung polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoffe mit Biomonitoring-Verfahren. UmweltSpezial, Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.), Augsburg, 86 S.

BayLfU (2019): Biomonitoring persistenter Schadstoffe. Abschlussbericht. Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.), Augsburg, 138 S.

BfR (2004): Verwendung von Mineralstoffen in Lebensmitteln –Toxikologische und ernährungsphysiologische Aspekte. Teil II. BfR-Wissenschaft, Berlin, 323 S.

ehemals BgVV 2002: Toxikologische und ernährungsphysiologische Aspekte der Verwendung von Mineralstoffen und Vitaminen in Lebensmitteln - Teil I: Mineralstoffe (einschließlich Spurenelemente). Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin, Berlin, 40 S.

BfR (2013): Bewertung der Ergebnisse des Nationalen Rückstandskontrollplanes 2011 und des Einfuhrüberwachungsplanes 2011. Stellungnahme Nr. 016/2013 des Bundesinstituts für Risikobewertung vom 26. Januar 2013, Berlin 28 S.

Bogdanov, S. (2006): Contaminants of bee products. Apidologie 37 (2006), S. 1-18

Dietl, C., Faus-Keßler, T., Wegenke, M., Peichl, L. (1998): Verkehrsbezogene Immissionen und Immissionswirkungen von Antimon und anderen Metallen, Schriftenreihe 153 Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg

EFSA (2010): Scientific Opinion on Lead in Food. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain. EFSA (Hrsg.), EFSA Journal 8(4):1570, Parma Italien, 151 S.

EFSA (2012): Cadmium dietary exposure in the European Population. Scientific Report of EFA, European Food Safety Authority EFSA (Hrsg.), EFSA Journal 10(1):2551, Parma (I), 37 S.

EFSA (2012a): Scientific Opinion on the risk for public health related to presence of mercury and methylmercury in food. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain. EFSA (Hrsg.), EFSA Journal 10(12):2985, Parma (I), 241 S.

EFSA (2014): Dietary exposure to inorganic arsenic in the European population. SCIENTIFIC REPORT OF EFSA, EFSA Journal 2014, 12 (3): 3597, European Food Safety Authority (Hrsg.), Parma (I), 68 S.

EFSA (2015): Scientific Opinion on the risks to public health related to the presence of nickel in food and drinking water. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM), EFSA Journal 2015, 13 (2): 4002, European Food Safety Authority (Hrsg.), Parma (I), 2002 S.

EFSA (2015a): Public consultation on the draft scientific opinion on dietary reference values for copper. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA) EFSA Journal 2015, 20, 52 S.

Formicki, G., Gren, A., Stawarz, R., Zysk, B., Gal, A. (2013): Metal content in honey, propolis, wax and bee pollen and implications for metal pollution monitoring. Pol. J. Environ. Stud. 22 (1), S. 99-106

- Hüffmeyer, N. (2007): Modellierung von Zink in der Ruhr - Emissionspfade und Belastungsanalyse.
- Matthies, M. (Hrsg.) Beiträge des Instituts für Umweltsystemforschung Universität Osnabrück Nr. 42, 80 S.
- Meek, M., Chan, P., Bartlett, S. (1994): Polycyclic aromatic hydrocarbons: Evaluation of risks to health from environmental exposure in Canada. Environ. Carcinogen. & Ecotox. Rev. C12 (2), S. 443-452
- Merian, E. (1984): Metalle in der Umwelt. Verlag Chemie, Weinheim: Greenwood et al., Meek et al.
- Peichl, L., Wäber, M., Reifenhäuser, W. (1994): Schwermetallmonitoring mit der standardisierten Graskultur im Untersuchungsgebiet München – Kfz-Verkehr als Antimonquelle? UWSF-Z. Umweltchem. Ökotox. 6 (2), S. 63-69
- Rentz, O., C. Martel (1998): Analyse der Schwermetallströme in Steinkohlefeuerungen – Einfluss der Kohlesorte und des Lastzustandes. Deutsch-Französisches Institut für Umweltforschung und Universität Karlsruhe (Hrsg.), Karlsruhe, 254 S.
- Savory, J., R. Wills (1984): Arsen. Metalle in der Umwelt (E. Merian, Hrsg.), Verlag Chemie, Weinheim, S. 319-334
- Streit, B. (1991): Lexikon Ökotoxikologie. VCH Weinheim
- UBA (2016): Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe – Umweltschädlich! Giftig! Unvermeidbar? Umweltbundesamt UBA-Hintergrund, Dessau-Roßlau, 26 S.
- Umweltatlas Hessen (2005). Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (Hrsg.)
- Wäber, M., Hergt, V. (2011): Bienen spüren Folgen des Luftverkehrs nach. UmweltMagazin 30/04 2011, S. 50-52
- Wäber, M., Pompe, F.; Steinbrecher, W.; Rottler, H. (2016): Honigmonitoring – Verfahren zur Untersuchung von Luftverunreinigungen in Pollen, Wachs und Honig von Bienen. Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft 4 (2016), S. 115-121
- Wäber, M., Pompe, F. (2018): Biomonitoring von Luftverunreinigungen an Flughäfen im deutschsprachigen Raum. Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft 4 (2018), S. 166-170

## 6.4 Quellen im Internet

- DGE (2000): Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. Deutsche Gesellschaft für Ernährung (Hrsg.), <https://www.dge.de/wissenschaft/referenzwerte/kupfer-mangan-chrom-molybdaen/> zuletzt abgeleitet 2000 (Stand 23.12.2023)
- EUFIC (2019): Chrom in der Ernährung. European Food Information Council (Hrsg.), <https://www.eufic.org/de/in-unserem-essen/artikel/chrom-in-der-ernaehrung/> zuletzt aktualisiert 27.03.2019 (Stand 23.12.2023)
- LfL (2005): Natürlich erhöhte Arsengehalte in Böden des Erdinger, Freisinger und Dachauer Mooses – Bodenuntersuchungen 2003 und 2004. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.) <https://www.lfl.bayern.de/iab/boden/031488/index.php> (Stand 23.12.2023)
- UBA (2014): Wie kommt Quecksilber in die Umwelt? Umweltbundesamt (Hrsg.), Dessau, (Stand 10.01.2023) <http://www.umweltbundesamt.de/themen/wie-kommt-quecksilber-in-die-umwelt>
- UBA (2014a): Umweltbelastungen der Landwirtschaft: Düngemittel. Umweltbundesamt (Hrsg.), Dessau, <https://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/umweltbelastungen-der-landwirtschaft/duengemittel#textpart-1> (Stand 23.12.2023)
- UBA (2023): Emissionsentwicklung 1990 – 2022 für Schwermetalle. Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen, Umweltbundesamt (Hrsg.), (Stand 23.12.2023) <http://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/emissionen-von-luftschadstoffen>

Wäber, M., Pompe, F. (2021): Bienenmonitoring am Flughafen Dresden 2004–2021. Flughafen Dresden GmbH (Hrsg.), (Stand 23.12.2023) [https://www.mdf-ag.com/media/user\\_upload/Dresden/Bilder/Unternehmen/Umwelt/DRS2021\\_Bericht\\_Biomonitoring\\_Honig.pdf](https://www.mdf-ag.com/media/user_upload/Dresden/Bilder/Unternehmen/Umwelt/DRS2021_Bericht_Biomonitoring_Honig.pdf)

Wäber, M., Pompe, F. (2021a): Bienenmonitoring am Flughafen Leipzig/Halle 2009–2021. Flughafen Leipzig/Halle (Hrsg.), [https://www.mdf-ag.com/media/user\\_upload/Leipzig\\_Halle/Bilder/Umwelt/LEJ\\_Honigbericht2009-2021.pdf](https://www.mdf-ag.com/media/user_upload/Leipzig_Halle/Bilder/Umwelt/LEJ_Honigbericht2009-2021.pdf) (Stand 23.12.2023)

Wäber, M., Pompe, F. (2019/2023): Bienenmonitoring im Umfeld der Flughäfen Schönefeld/BER und Berlin Tegel – Teil 1: Allgemeiner Teil für das Bienenmonitoring 2011 bis 2022. Flughafen Berlin Brandenburg GmbH (Hrsg.) und für 2023: <https://corporate.berlin-airport.de/content/dam/corporate/de/umwelt/luft/2023-12-11-Bienenmonitoring-AllgemeinerTeil.pdf>; (Stand: 23.12.2023)

Wäber, M., Pompe, F. (2020): Bienenmonitoring im Umfeld der Flughäfen Schönefeld/BER und Berlin Tegel – Teil 2: Ergebnisteil 2011 bis 2022. Flughafen Berlin Brandenburg GmbH (Hrsg.), [bienen.berlin-airport.de](https://bienen.berlin-airport.de)

Wäber, M., Pompe, F. (2022a): Bienenmonitoring am Flughafen Dresden – Ergebnisse 2022. Flughafen Dresden (Hrsg.), [https://www.mdf-ag.com/media/user\\_upload/Dresden/Bilder/Unternehmen/Umwelt/DRS2022\\_Bienenmon-Kurzbericht\\_UMW20230217.pdf](https://www.mdf-ag.com/media/user_upload/Dresden/Bilder/Unternehmen/Umwelt/DRS2022_Bienenmon-Kurzbericht_UMW20230217.pdf) (Stand: 23.12.2023)

Wäber, M., Pompe, F. (2023): Bienenmonitoring im Umfeld der Flughäfen Schönefeld/BER und Berlin Tegel – Teil 2: Ergebnisteil seit 2011. Flughafen Berlin Brandenburg GmbH (Hrsg.), <https://corporate.berlin-airport.de/content/dam/corporate/de/umwelt/luft/2023-12-11-Bienenmonitoring-Ergebnisse.pdf> (Stand: 23.12.2023)

Wäber, M., Pompe, F. (2023a in Publikation): Bienenmonitoring am Flughafen Dresden – Ergebnisse 2023. Flughafen Dresden (Hrsg.)

Wäber, M. und Pompe, F. (2023b): Bienenmonitoring am Flughafen Leipzig/Halle 2009–2022. Flughafen Leipzig/Halle GmbH (Hrsg.), (Stand 23.12.2023): <https://www.mdf-ag.com/unternehmen/umwelt/flughafen-leipzig/halle-gmbh/biomonitoring/>

Wäber, M., Pompe, F. (2023b in Publikation): Bienenmonitoring am Flughafen Leipzig/Halle 2009–2023. Flughafen Leipzig/Halle (Hrsg.)

## 6.5 Berichte zum Honigmonitoring der FMG

Wäber, M., Pompe, F. (2020): Honigmonitoring am Flughafen München 2019. Flughafen München GmbH (Hrsg.), [https://www.munich-airport.de/\\_b/0000000000000008513306bb5e4ce51a/honigmonitoring2019.pdf](https://www.munich-airport.de/_b/0000000000000008513306bb5e4ce51a/honigmonitoring2019.pdf)  
Quelle im Internet (Stand: 31.12.2023)

Wäber, M., Pompe, F. (2021): Honigmonitoring am Flughafen München 2020 – Kurzbericht. Flughafen München GmbH (Hrsg.), Quelle im Internet (Stand: 31.12.2023) [https://www.munich-airport.de/\\_b/0000000000000010566786bb601a5a95/20210128-honigmonitoring2020-kurzbericht.pdf](https://www.munich-airport.de/_b/0000000000000010566786bb601a5a95/20210128-honigmonitoring2020-kurzbericht.pdf)

Wäber, M., Pompe, F. (2022): Honigmonitoring am Flughafen München 2021. Flughafen München GmbH (Hrsg.), [https://www.munich-airport.de/\\_b/0000000000000013325332bb625fdaa6/honigmonitoring-2021-fmg.pdf](https://www.munich-airport.de/_b/0000000000000013325332bb625fdaa6/honigmonitoring-2021-fmg.pdf), Quelle im Internet (Stand: 31.12.2023)

Wäber, M. und Pompe, F. (2023c): Honigmonitoring am Flughafen München 2022 (Ergebnisse 2018–2022). Flughafen München GmbH (Hrsg.), Quelle im Internet (Stand 23.12.2023): [https://www.munich-airport.de/\\_b/0000000000000016672487bb640881ed/honigmonitoring-2022-bericht.pdf](https://www.munich-airport.de/_b/0000000000000016672487bb640881ed/honigmonitoring-2022-bericht.pdf)

Weitere Informationen und Berichte seit 2008 auf Anfrage: [//www.munich-airport.de/honig](https://www.munich-airport.de/honig)

## 7 Abbildungsverzeichnis

Bild 1.1-1: Wie gelangen die Schadstoffe in die Umwelt? [© Monica Wäber].....	10
Bild 1.2-1: Biene sammelt Blütennektar und -pollen .....	11
Bild 1.2-2: Drohnenwabe (in Wildbau) vom Standort MEF am Flughafen München .....	12
Bild 1.3-1: Flugbewegungen 2020–2023 im Vergleich zu den Vorjahren .....	15
Bild 2.1-1: „Flugwolken“ (dunkelgrün) der Bienenvölker, schematisch, und Honigmonitoring-Standorte im Kontext der Luftgütemessungen des Flughafens München 2023 .....	17
Bild 2.2-1: Pollenfallen vor den Fluglöchern.....	19
Bild 2.2-2: Flughafen-Pollenernte .....	19
Bild 2.2-3: 3 Frühtracht-Pollenstichproben von MEM 2023 (Sommertracht nicht möglich) .....	19
Bild 2.2-4: Nach der Wachsprobennahme am Standort MEF 2021 .....	19
Bild 2.2-5: Frühtracht-Drohnenwaben vom Standort MEM 2023 (links bebrütet, rechts unbebrütet mit Honig) .....	19
Bild 2.2-6: Sommertracht-Honigprobe von Latzenhausen .....	20
Bild 2.2-7: Sommertracht-Honigprobe von Sulzbach .....	20
Bild 2.2-8: Sommertracht-Honigprobe von Tödtenried.....	20
Bild 3.2-1: Bio-Flughafenhonig 2023 .....	32
Bild 3.3-1: Prozentuale Anteile der Stoffgehalte in Pollen, Wachs und Honig .....	34
Bild 3.4-1: Antimon in Pollen .....	35
Bild 3.4-2: Antimon in Wachs .....	35
Bild 3.4-3: Antimon in Honig .....	35
Bild 3.5-1: Arsen in Pollen .....	37
Bild 3.5-2: Arsen in Wachs .....	37
Bild 3.5-3: Arsen in Honig.....	37
Bild 3.6-1: Blei in Pollen.....	39
Bild 3.6-2: Blei in Wachs.....	39
Bild 3.6-3: Blei in Honig .....	39
Bild 3.7-1: Cadmium in Pollen .....	41
Bild 3.7-2: Cadmium in Wachs .....	41
Bild 3.7-3: Cadmium in Honig.....	41
Bild 3.8-1: Chrom in Pollen.....	42
Bild 3.8-2: Chrom in Wachs.....	42

Bild 3.8-3: Chrom in Honig .....	42
Bild 3.9-1: Eisen in Pollen.....	44
Bild 3.9-2: Eisen in Wachs.....	44
Bild 3.9-3: Eisen in Honig .....	44
Bild 3.10-1: Kupfer in Pollen.....	46
Bild 3.10-2: Kupfer in Wachs .....	46
Bild 3.10-3: Kupfer in Honig.....	46
Bild 3.11-1: Nickel in Pollen.....	48
Bild 3.11-2: Nickel in Wachs.....	48
Bild 3.11-3: Nickel in Honig .....	48
Bild 3.12-1: Quecksilber in Pollen .....	50
Bild 3.12-2: Quecksilber in Wachs .....	50
Bild 3.12-3: Quecksilber in Honig .....	50
Bild 3.13-1: Zink in Pollen.....	52
Bild 3.13-2: Zink in Wachs.....	52
Bild 3.13-3: Zink in Honig .....	52
Bild 3.14-1: Benzo[a]pyren in Pollen .....	54
Bild 3.14-2: Benzo[a]pyren in Wachs .....	54
Bild 3.14-3: Benzo[a]pyren in Honig.....	54
Bild 3.14-4: PAK4 in Pollen .....	55
Bild 3.14-5: PAK4 in Wachs .....	55
Bild 3.14-6: PAK4 in Honig.....	55
Bild 3.14-7: 16 PAK in Pollen .....	57
Bild 3.14-8: 16 PAK in Wachs .....	57
Bild 3.14-9: 16 PAK in Honig.....	57
Bild 9.1-1: Untersuchungsbefund zur Qualität von Frühtrachthonig von Standort MAN 2023.....	72
Bild 9.1-2: Befund der Untersuchung auf Varroabekämpfungsmittel- und Pestizidrückstände für Frühtrachthonig von Standort MFS 2023 .....	73

## 8 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1.3-1: Übersicht über das Honigmonitoring am Flughafen München 2008–2023.....	14
Tabelle 2.1-1: Übersicht über die Bienenvölkerstandorte 2018–2023 .....	18
Tabelle 2.3-1: Als typische Luftverunreinigungen untersuchte, persistente (langlebige) Stoffe .....	21
Tabelle 2.4-1: Aktuelle analytische Bestimmungsgrenzen für Metalle und PAK .....	23
Tabelle 2.5-1: Höchstgehalte, orientierende Beurteilungswerte sowie Empfehlungswerte .....	25
Tabelle 2.5-2: Orientierende Vergleichswerte und Beurteilungswerte für Pollen und Honig .....	28
Tabelle 3.1-1: Ergebnisse der Vitalitätserhebungen 2023 im Vergleich zu 2021 und 2022 .....	31
Tabelle 10.1-1: PAK-Analysen von Pollen 2018 .....	74
Tabelle 10.1-2: PAK-Analysen von Pollen 2019 .....	74
Tabelle 10.1-3: PAK-Analysen von Pollen 2020–2021 .....	75
Tabelle 10.1-4: PAK-Analysen von Pollen 2022 .....	75
Tabelle 10.1-4: PAK-Analysen von Pollen 2023 .....	76
Tabelle 10.2-1: PAK-Analysen von Wachs 2018 .....	76
Tabelle 10.2-2: PAK-Analysen von Wachs 2019 .....	77
Tabelle 10.2-3: PAK-Analysen von Wachs 2020–2021 .....	77
Tabelle 10.2-4: PAK-Analysen von Wachs 2022 .....	78
Tabelle 10.2-4: PAK-Analysen von Wachs 2023 .....	78
Tabelle 10.3-1: PAK-Analysen von Honig 2018 .....	79
Tabelle 10.3-2: PAK-Analysen von Honig 2019 .....	79
Tabelle 10.3-3: PAK-Analysen von Honig 2020–2021 .....	80
Tabelle 10.3-4: PAK-Analysen von Honig 2022 .....	80
Tabelle 10.3-4: PAK-Analysen von Honig 2023 .....	81

## 9 Anhang A: Qualitätsuntersuchungen

### 9.1 Ergebnisbeispiele der Qualitäts- und Pestiziduntersuchungen

Die Untersuchungsprotokolle für die Qualitäts- und Pestiziduntersuchungen der Honige aus dem Umfeld des Flughafens (Kap. 3.2) sind nachfolgend exemplarisch für Frühtrachthonig 2023 vom Standort MAN (Bild 9.1-1) und vom Standort MFS (Bild 9.1-2) dargestellt. In beiden Frühtrachthonigen sowie in MEM-FT wurde jeweils ein Wirkstoff aus 36 untersuchten Pestiziden oberhalb der Bestimmungsgrenze (BG) gefunden, aber unter dem jeweiligen Beurteilungswert (Kap. 3.2; MAN: der Fungizidwirkstoff Prothioconazol, MEM: das Insektizid Flonicamid). Diese und der Frühtrachthonig 2021 vom Standort MFS (mit 2 Fungizidwirkstoffen, Boscalid und Dimoxystrobin, unterhalb Beurteilungswerten) sind die einzigen seit Start des Honigmonitorings 2008, bei dem Pestizide gefunden wurden.

<b>Prüfbefund für Honig Nr. 148/23</b>	
<i>Sensorische Beurteilung</i>	
Farbe:	beige
Konsistenz:	feinkristallin
Sauberkeit:	ohne Beanstandung
Geruch:	honigtypisch
Geschmack:	honigtypisch
<i>Chemisch-physikalische Analysen</i>	
Wassergehalt (DIN/AOAC):	17,1 %
Invertase-Zahl (DIN/Siegenthaler):	U/kg
HMF (Winkler)	mg/kg
Elektrische Leitfähigkeit:	0,18 mS/cm
<i>Mikroskopische Analyse</i>	
Pollen <u>nektarliefernder</u> Pflanzen	
Anzahl der ausgezählten Pollen:	500
Leitpollen > 45%:	Kreuzblütler (Cruciferae)
Begleitpollen 45-15%:	
Einzelpollen < 15%:	Weiden-G. (Salicaceae)
Pollen <u>nektarloser</u> Pflanzen:	s.Anlage
Auslandspollen:	keine
Honigtauelemente:	geringere Mengen Algen, Sporen, Pilze
sonstige Sedimentbestandteile:	keine
Sortenempfehlung:	Rapshonig/Frühjahrsblüte mit Rapshonig
<b>Beurteilung:</b> Die vorliegende Probe liegt im Grenzbereich zwischen den Sortenempfehlungen Rapshonig und Frühjahrsblüte mit Rapshonig. Sensorisch wäre die Sortenempfehlung Frühjahrsblüte mit Rapshonig zu bevorzugen. Die untersuchten Merkmale der sensorischen, chemisch-physikalischen und mikroskopischen Analysen sind einwandfrei. Die Probe erfüllt zum Untersuchungszeitpunkt in den untersuchten Qualitätsmerkmalen die Anforderungen der deutschen Honigverordnung und des DIB, VBB und BIV.	

Bild 9.1-1: Untersuchungsbefund zur Qualität von Frühtrachthonig von Standort MAN 2023



**Prüfbericht Nr. R 94/23 a**

Datum: 14.08.2023

Unsere Proben-Nr.: R 94/23  
 Produkt: Honig  
 Ihre Kennung/ Bezeichnung: MFS

Probeneingang: 12.07.2023  
 Probenahme durch: Einsender/ Auftraggeber  
 Beginn - Ende der Untersuchung: 19.07.2023 - 14.08.2023  
 Verpackung: Neutralglas 500 g  
 Verschlussicherung: nein

**Prüfauftrag: Rückstandsanalyse – Varroazide / Pestizide / Insektizide**

Analyt/en		zulässige Menge (mg/kg)	Ergebnis (mg/kg)	Analyt/en		zulässige Menge (mg/kg)	Ergebnis (mg/kg)
Acetamiprid	I	0,050	n.d.	Flumethrin	IV	kein Höchstwert	n.d.
Acrinathrin	AI	nicht zulässig	n.d.	Fluopyram	F	0,050	n.d.
alpha-Cypermethrin	I	0,050	n.d.	Indoxacarb	I	0,050	n.d.
Azoxystrobin	F	0,050	n.d.	Isofetamid	F	0,050	n.d.
Boscalid	F	0,150	n.d.	Isopyrazam	F	0,050	n.d.
Brompropylat	IV	nicht zulässig	n.d.	lambda-Cyhalothrin	I	0,050	n.d.
Chlorantraniliprole	I	0,050	n.d.	Metconazol	F	0,050	n.d.
Chlorfenvinphos	AI	nicht zulässig	n.d.	Myclobutanil	F	0,050	n.d.
Coumaphos	V	0,100	n.d.	Prochloraz	F	0,150	n.d.
Cyprodinil	F	0,050	n.d.	Prothioconazol	F	0,050	n.d.
Deltamethrin	I	0,050	n.d.	Pyraclostrobin	F	0,050	n.d.
Difenoconazol	F	0,050	n.d.	Pyrimethanil	F	0,050	n.d.
Dimoxystrobin	F	0,050	n.d.	tau-Fluvalinat	IV	0,050	n.d.
Dodin	F	0,050	n.d.	Tebuconazol	F	0,050	n.d.
Esfenvalerat	I	0,050	n.d.	Tebufenozid	I	0,050	n.d.
Etofenprox	I	0,050	n.d.	Thiacloprid	I	0,200	n.d.
Fenhexamid	F	0,050	n.d.	Trifloxystrobin	F	0,050	n.d.
Fonicamid	I	0,050	0,013	Dimethylphenyl-Formamid (Amitraz)	V	0,200*	n.d.

A = Akarizid F = Fungizid I = Insektizid V = Varroazid

n.d. = keine Rückstände nachweisbar (nicht detektierbar) < Bestimmungsgrenze (0,010 mg/kg)

Methode: QuEChERS-Aufarbeitung (mod.) mit anschließender GC/LC-MS/MS-Messung in Partnerlabor

**Beurteilung:**

Der eingesandte Honig entspricht hinsichtlich der untersuchten Parameter den gesetzlichen Bestimmungen (EG-Verordnung 470/2009).



Dr. Annette Schroeder  
 Dipl.-Lebensmittel-Ing. / Prüfleiterin

Das auszugsweise Kopieren dieses Prüfberichts ist nicht gestattet!

**Bild 9.1-2: Befund der Untersuchung auf Varroabekämpfungsmittel- und Pestizidrückstände für Frühtrachthonig von Standort MFS 2023**

## 10 Anhang B: Einzelergebnisse der PAK-Analysen

Nachfolgend sind die Einzelergebnisse der Analysen auf polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) von Pollen-, Wachs- und Honigproben der Flughafenstandorte HFF, MFS, MEF und MAN (seit 2023) sowie aus dem Referenzgebiet Aichach (AIC) für die Jahre 2018, 2019, 2020–2021, 2022 und 2023 tabellarisch dargestellt.

### 10.1 Einzelergebnisse der PAK-Analysen von Pollen 2018–2023

Tabelle 10.1-1: PAK-Analysen von Pollen 2018

Honigmonitoring 2018: PAK in Pollen in µg/kg OS (Originalsubstanz)										Höchstgehalte Bienenprodukt- Nahrungsergänzungsmittel (VO 2015/1933)
Standort - Früh- (FT), Sommertracht (ST)	HFF-FT	HFF-ST	MFS-FT	MFS-ST	MEF-FT	MEF-ST	AIC-FT	AIC-ST		
PAK-Komponente	Abkürz.	3Stichproben	3Stichproben	3Stichproben	3Stichproben	3Stichproben	4Stichproben	3Stichproben	3Stichproben	
Naphthalin	NAP	3,4	3,1	3,9	4,1	3,7	3,7	3,5	4,0	
Acenaphtylen	ACY	0,28	0,31	0,21	0,33	0,14	0,21	0,22	0,23	
Acenaphthen	ACE	0,53	0,36	0,73	0,59	0,68	0,53	0,52	0,28	
Fluoren	FLE	1,9	1,5	1,7	2,2	1,7	1,6	1,4	1,1	
Phenanthren	PHE	4,1	4,7	4,8	4,6	4,9	4,2	5,1	3,4	
Anthracen	ANT	0,05	0,10	0,14	0,10	0,13	0,15	0,05	0,05	
Flouranthen	FLU	1,5	1,6	1,3	1,1	1,5	1,7	1,1	1,1	
Pyren	PYR	0,95	0,89	0,77	0,92	0,85	1,30	0,67	0,67	
Benzo[a]anthracen	BaA	0,22	0,05	0,18	0,12	0,29	0,45	0,21	0,05	
Chrysen(+Triphenylen)	CHR(+TRI)	0,38	0,16	0,36	0,28	0,47	0,52	0,38	0,14	
Benzo[b,j,k]fluoranthren	BbjF+BkF	0,47	0,30	0,56	0,40	0,64	1,09	0,52	0,22	
Benzo[a]pyren	BaP	0,25	0,11	0,13	0,15	0,18	0,47	0,21	0,05	10
Indeno[1,2,3-c,d]pyren	INP	0,34	0,05	0,05	0,05	0,05	0,17	0,17	0,05	
Benzo[g,h,i]perylen	BghiP	0,19	0,12	0,13	0,19	0,12	0,30	0,12	0,05	
Dibenz[a,h]anthracen	DBahA	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Summe 4 PAK (grau)	PAK4	1,3	0,6	1,2	1,0	1,6	2,5	1,3	0,4	50
Summe schwerer fl. EPA-PAK	12EPA	8,5	8,1	8,5	7,9	9,2	10,4	8,6	n.s.	
Summe 16 EPA-PAK	16EPA	15	13	15	15	15	16	14	11	

µg/kg: Mikrogramm pro Kilogramm (1 µg entspricht ein Tausendstel Milligramm)  
*kursive Schrift: Ergebnisse kleiner analytische Bestimmungsgrenze (BG: 0,1 µg/kg OS) sind mit deren halben "Wert angegeben"*  
n. s.: nicht summierbar, weil mindestens 50 % der Werte <BG; Summe 16 EPA-PAK in Kleinschrift: streng genommen ebenfalls nicht summierbar, weil mindestens 50 % der Werte <BG  
PAK4: Summe der 4 grau unterlegten PAK -> gemäß VO (EU) Nr. 835/2011 und Nr. 2015/1933 gehen Ergebnisse <BG mit "0" ein  
AIC: Pollen aus dem Referenzgebiet stammt nicht wie Wachs und Honig von 3 Standorten, sondern vom Standort AAI

Tabelle 10.1-2: PAK-Analysen von Pollen 2019

Honigmonitoring 2019: PAK in Pollen in µg/kg OS (Originalsubstanz)										Höchstgehalte Bienenprodukt- Nahrungsergänzungsmittel (VO 2015/1933)
Standort - Früh- (FT), Sommertracht (ST)	HFF-FT	HFF-ST	MFS-FT	MFS-ST	MEF-FT	MEF-ST	AIC-FT	AIC-ST		
PAK-Komponente	Abkürz.	3Stichproben	3Stichproben	3Stichproben	3Stichproben	3Stichproben	3Stichproben	3Stichproben	2Stichproben	
Naphthalin	NAP	2,3	3,8	4,1	4,6	4,0	3,7	2,8	4,4	
Acenaphtylen	ACY	0,77	0,61	0,81	0,47	0,48	0,35	0,83	0,40	
Acenaphthen	ACE	0,41	0,46	0,61	0,53	0,85	0,49	0,43	0,38	
Fluoren	FLE	2,4	2,7	2,8	1,9	3,2	1,8	2,5	0,7	
Phenanthren	PHE	10,2	5,3	11,7	4,2	16,1	4,4	11,4	3,4	
Anthracen	ANT	0,27	0,19	0,29	0,11	0,34	0,21	0,30	0,15	
Flouranthen	FLU	4,1	1,9	3,3	1,0	4,2	1,2	3,3	1,2	
Pyren	PYR	2,08	0,99	1,99	0,77	2,25	0,74	1,75	0,57	
Benzo[a]anthracen	BaA	0,27	0,05	0,23	0,05	0,33	0,12	0,23	0,05	
Chrysen(+Triphenylen)	CHR(+TRI)	0,53	0,21	0,59	0,21	0,62	0,27	0,48	0,14	
Benzo[b,j,k]fluoranthren	BbjF+BkF	0,76	0,39	0,63	0,34	0,85	0,49	0,90	0,13	
Benzo[a]pyren	BaP	0,34	0,12	0,23	0,12	0,31	0,12	0,29	0,05	10
Indeno[1,2,3-c,d]pyren	INP	0,13	0,05	0,05	0,05	0,11	0,05	0,10	0,05	
Benzo[g,h,i]perylen	BghiP	0,27	0,11	0,24	0,11	0,23	0,12	0,24	0,05	
Dibenz[a,h]anthracen	DBahA	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Summe 4 PAK (grau)	PAK4	1,9	0,7	1,7	0,7	2,1	1,0	1,9	0,3	50
Summe schwerer fl. EPA-PAK	12EPA	19,0	9,3	19,3	7,0	25,4	7,8	19,1	5,8	
Summe 16 EPA-PAK	16EPA	25	17	28	15	34	14	26	12	

µg/kg: Mikrogramm pro Kilogramm (1 µg entspricht ein Tausendstel Milligramm)  
*kursive Schrift: Ergebnisse kleiner analytische Bestimmungsgrenze (BG: 0,1 µg/kg OS) sind mit deren halben "Wert angegeben"*  
n. s.: nicht summierbar, weil mindestens 50 % der Werte <BG; Summe 16 EPA-PAK in Kleinschrift: streng genommen ebenfalls nicht summierbar, weil mindestens 50 % der Werte <BG  
PAK4: Summe der 4 grau unterlegten PAK -> gemäß VO (EU) Nr. 835/2011 und Nr. 2015/1933 gehen Ergebnisse <BG mit "0" ein  
AIC: Pollen aus dem Referenzgebiet stammt nicht wie Wachs und Honig von 3 Standorten, sondern vom Standort AAI

Tabelle 10.1-3: PAK-Analysen von Pollen 2020–2021

Honigmonitoring 2020 und 2021: PAK in Pollen in µg/kg OS (Originalsubstanz)										Höchstgehalte Bienenprodukt- Nahrungsergänzungsmittel (VO 2015/1933)
Standort - Früh-/Sommertracht- Mischproben (FST) - Jahr		HFF-FST 2020	MFS-FST 2020	MEF-FST 2020	AIC-FST 2020	HFF-FST 2021	MFS-FST 2021	MEF-FST 2021	AIC-FST 2021	
PAK-Komponente	Abkürz.	6Stichproben	6Stichproben	6Stichproben	6Stichproben	6Stichproben	6Stichproben	6Stichproben	6Stichproben	
Naphthalin	NAP	4,2	3,8	4,1	4,2	3,9	4,1	3,8	4,1	
Acenaphtylen	ACY	0,43	0,47	0,25	0,78	0,48	0,69	0,27	0,60	
Acenaphthen	ACE	0,31	0,43	0,63	0,32	0,14	0,39	0,41	0,19	
Fluoren	FLE	2,4	1,8	2,1	1,8	1,7	0,9	1,4	0,6	
Phenanthren	PHE	5,4	6,5	7,7	7,9	6,5	4,9	7,0	4,0	
Anthracen	ANT	0,13	0,15	0,22	0,31	0,05	0,13	0,10	0,10	
Flouranthen	FLU	2,0	2,5	2,3	3,8	2,7	1,9	3,2	1,4	
Pyren	PYR	1,25	1,53	1,32	2,28	1,69	1,13	2,49	1,03	
Benzo[a]anthracen	BaA	0,25	0,30	0,17	0,32	0,31	0,22	0,59	0,25	
Chrysen(+Triphenylen)	CHR(+TRI)	0,40	0,43	0,25	0,56	0,38	0,34	0,83	0,32	
Benzo[b,j+k]fluoranthren	BbjF+BkF	0,43	0,48	0,37	0,45	0,48	0,32	0,99	0,27	
Benzo[a]pyren	BaP	0,26	0,31	0,23	0,24	0,21	0,12	0,34	0,10	10
Indeno[1,2,3-c,d]pyren	INP	0,15	0,17	0,13	0,13	0,19	0,12	0,24	0,10	
Benzo[g,h,i]perylen	BghiP	0,29	0,31	0,26	0,24	0,25	0,16	0,32	0,12	
Dibenz[a,h]anthracen	DBahA	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
<b>Summe 4 PAK (grau)</b>	<b>PAK4</b>	<b>1,3</b>	<b>1,5</b>	<b>1,0</b>	<b>1,6</b>	<b>1,4</b>	<b>1,0</b>	<b>2,8</b>	<b>0,9</b>	<b>50</b>
Summe schwerer fl. EPA-PAK	12EPA	10,6	12,7	13,0	16,2	12,8	9,4	16,2	7,7	
<b>Summe 16 EPA-PAK</b>	<b>16EPA</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>23</b>	<b>19</b>	<b>15</b>	<b>22</b>	<b>13</b>	

µg/kg: Mikrogramm pro Kilogramm (1 µg entspricht ein Tausendstel Milligramm)  
*kursive Schrift: Ergebnisse kleiner analytische Bestimmungsgrenze (BG: 0,1 µg/kg OS) sind mit deren halben "Wert angegeben"*  
n. s.: nicht summierbar, weil mindestens 50 % der Werte <BG; Summe 16 EPA-PAK in Kleinschrift: streng genommen ebenfalls nicht summierbar, weil mindestens 50 % der Werte <BG  
PAK4: Summe der 4 grau unterlegten PAK -> gemäß VO (EU) Nr. 835/2011 und Nr. 2015/1933 gehen Ergebnisse <BG mit "0" ein  
AIC: Pollen aus dem Referenzgebiet stammt nicht wie Wachs und Honig von 3 Standorten, sondern vom Standort ASI

Tabelle 10.1-4: PAK-Analysen von Pollen 2022

Honigmonitoring 2022: PAK in Pollen in µg/kg OS (Originalsubstanz)							Höchstgehalte Bienenprodukt- Nahrungsergänzungsmittel (VO 2015/1933)
Standort - Früh-/Sommertracht- Mischproben (FST) - Jahr		HFF-FST 2022	MFS-FST 2022	MEF-FST 2022	MAN-FST 2022	AIC-FST 2022	
PAK-Komponente	Abkürz.	6Stichproben	6Stichproben	6Stichproben	6Stichproben	6Stichproben	
Naphthalin	NAP	4,1		4,1	4,3	4,1	
Acenaphtylen	ACY	0,37		0,45	0,57	0,74	
Acenaphthen	ACE	0,16		0,44	0,28	0,26	
Fluoren	FLE	1,6		1,7	1,5	1,5	
Phenanthren	PHE	4,8		5,1	4,5	5,0	
Anthracen	ANT	0,24		0,18	0,16	0,19	
Flouranthen	FLU	2,0		1,6	2,0	2,3	
Pyren	PYR	1,02		0,91	1,47	1,15	
Benzo[a]anthracen	BaA	0,11		0,13	0,18	0,17	
Chrysen(+Triphenylen)	CHR(+TRI)	0,22		0,31	0,28	0,36	
Benzo[b,j+k]fluoranthren	BbjF+BkF	0,57		0,26	0,42	0,29	
Benzo[a]pyren	BaP	0,05		0,12	0,25	0,10	10
Indeno[1,2,3-c,d]pyren	INP	0,10		0,10	0,23	0,10	
Benzo[g,h,i]perylen	BghiP	0,16		0,22	0,32	0,12	
Dibenz[a,h]anthracen	DBahA	0,05		0,05	0,05	0,05	
<b>Summe 4 PAK (grau)</b>	<b>PAK4</b>	<b>0,9</b>		<b>0,8</b>	<b>1,1</b>	<b>0,9</b>	<b>50</b>
Summe schwerer fl. EPA-PAK	12EPA	9,3		9,0	9,9	9,8	
<b>Summe 16 EPA-PAK</b>	<b>16EPA</b>	<b>15,5</b>		<b>15,7</b>	<b>16,5</b>	<b>16,3</b>	

µg/kg: Mikrogramm pro Kilogramm (1 µg entspricht ein Tausendstel Milligramm)  
*kursive Schrift: Ergebnisse kleiner analytische Bestimmungsgrenze (BG: 0,1 µg/kg OS) sind mit deren halben "Wert angegeben"*  
n. s.: nicht summierbar, wenn mindestens 50 % der Werte <BG  
PAK4: Summe der 4 grau unterlegten PAK -> gemäß VO (EU) Nr. 835/2011 und 2015/1933 gehen Ergebnisse <BG mit "0" ein  
AIC: Pollen aus dem Referenzgebiet stammt nicht wie Wachs und Honig von 3 Standorten, sondern vom Standort ASI

Tabelle 10.1-5: PAK-Analysen von Pollen 2023

Honigmonitoring 2023: PAK in Pollen in µg/kg OS (Originalsubstanz)								Höchstgehalte Bienenprodukt- Nahrungsergänzungs- mittel (VO 2023/915)
Standort - Früh-/Sommertracht- Mischproben (FST) - Jahr		HFF-FST 2023	MFS-FST 2023	MEF-FST 2023	MAN-FST 2023	MEM-FST 2023	AIC-FST 2023	
PAK-Komponente	Abkürz.	nicht untersucht	6Stichproben	6Stichproben	6Stichproben	3Stichproben	6Stichproben	
Naphthalin	NAP		4,3	5,0	4,5	5,6	4,1	
Acenaphtylen	ACY		0,45	0,40	0,50	0,42	0,39	
Acenaphthen	ACE		0,50	0,42	0,39	0,45	0,27	
Fluoren	FLE		1,2	2,2	1,9	1,8	0,9	
Phenanthren	PHE		4,5	5,0	5,1	7,0	5,0	
Anthracen	ANT		0,23	0,25	0,20	0,28	0,28	
Flouranthen	FLU		2,5	2,7	3,0	4,2	1,9	
Pyren	PYR		1,4	1,6	1,9	2,6	1,3	
Benzo[a]anthracen	BaA		0,20	0,24	0,25	0,42	0,29	
Chrysen(+Triphenylen)	CHR(+TRI)		0,34	0,48	0,49	0,75	0,39	
Benzo[b,j,k]fluoranthen	BbjF+BkF		0,36	0,33	0,61	1,07	0,49	
Benzo[a]pyren	BaP		0,24	0,19	0,41	0,71	0,19	10
Indeno[1,2,3-c,d]pyren	INP		0,12	0,11	0,26	0,47	0,13	
Benzo[g,h,i]perylen	BghiP		0,26	0,25	0,50	0,78	0,18	
Dibenz[a,h]anthracen	DBahA		0,05	0,05	0,05	0,11	0,05	
Summe 4 PAK (grau)	PAK4		1,1	1,2	1,8	3,0	1,4	50
Summe schwerer fl. EPA-PAK	12EPA		10,1	11,3	12,7	18,3	10,3	
Summe 16 EPA-PAK	16EPA		17	19	20	27	16	

µg/kg: Mikrogramm pro Kilogramm (1 µg entspricht ein Tausendstel Milligramm)  
*kursive Schrift: Ergebnisse kleiner analytische Bestimmungsgrenze (BG: 0,1 µg/kg OS) sind mit deren halben "Wert angegeben"*  
n. s.: nicht summierbar, wenn mindestens 50 % der Werte <BG  
PAK4: Summe der 4 grau unterlegten PAK -> gemäß VO (EU) 2023/915 gehen Ergebnisse <BG mit "0" ein  
AIC: Pollen aus dem Referenzgebiet stammt nicht wie Wachs und Honig von 3 Standorten, sondern vom Standort ASI

## 10.2 Einzelergebnisse der PAK-Analysen von Wachs 2018–2023

Tabelle 10.2-1: PAK-Analysen von Wachs 2018

Honigmonitoring 2018: PAK in Wachs in µg/kg OS (Originalsubstanz)									
Standort - Früh- (FT), Sommertracht (ST)		HFF-FT	HFF-ST	MFS-FT	MFS-ST	MEF-FT	MEF-ST	AIC-FT	AIC-ST
PAK-Komponente	Abkürz.	Drohnenwaben 1.5.-31.5. (4 Wo.)	Drohnenwaben 8.6.-16.7.(5 Wo.)	Drohnenwaben 22.4.-31.5.(5,5Wo.)	Drohnenwaben 31.5.-21.7. (8 Wo.)	Drohnenwaben 21.4.-27.5. (5 Wo.)	Drohnenwaben 17.6.-15.7. (4 Wo.)	Drohnenwaben April-Mai (4-5 Wo.)	Drohnenwaben Anf.-Ende Juni
Naphthalin	NAP	8,5	4,7	6,6	4,8	7,6	4,3	6,9	4,4
Acenaphtylen	ACY	0,34	0,37	0,21	0,36	0,24	0,57	0,36	0,42
Acenaphthen	ACE	0,89	0,92	0,53	0,94	0,76	1,06	0,58	0,75
Fluoren	FLE	2,7	2,2	1,9	1,9	2,0	2,8	2,3	1,9
Phenanthren	PHE	5,5	7,0	5,2	3,7	6,4	4,8	5,4	3,8
Anthracen	ANT	0,13	0,11	0,26	0,05	0,16	0,05	0,10	0,05
Flouranthen	FLU	2,1	1,6	1,9	0,6	1,2	0,7	1,1	1,1
Pyren	PYR	1,34	0,97	1,22	0,79	0,96	0,50	0,76	0,86
Benzo[a]anthracen	BaA	0,24	0,20	0,27	0,17	0,38	0,15	0,24	0,18
Chrysen(+Triphenylen)	CHR(+TRI)	0,54	0,37	0,40	0,34	0,59	0,43	0,45	0,31
Benzo[b,j,k]fluoranthen	BbjF+BkF	0,75	0,48	0,89	0,53	0,80	0,96	0,58	0,53
Benzo[a]pyren	BaP	0,15	0,21	0,16	0,10	0,22	0,12	0,10	0,13
Indeno[1,2,3-c,d]pyren	INP	0,21	0,13	0,11	0,18	0,13	0,05	0,05	0,23
Benzo[g,h,i]perylen	BghiP	0,27	0,23	0,14	0,26	0,16	0,05	0,05	0,16
Dibenz[a,h]anthracen	DBahA	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Summe 4 PAK (grau)	PAK4	1,7	1,3	1,7	1,1	2,0	1,7	1,4	1,2
Summe schwerer fl. EPA-PAK	12EPA	11,2	11,3	10,6	6,7	11,1	7,8	8,8	7,4
Summe 16 EPA-PAK	16EPA	24	19	20	15	22	17	19	15

µg/kg: Mikrogramm pro Kilogramm (1 µg entspricht ein Tausendstel Milligramm)  
*kursive Schrift: Ergebnisse kleiner analytische Bestimmungsgrenze (BG: 0,1 µg/kg OS) sind mit deren halben "Wert angegeben"*  
PAK4: Summe der 4 grau unterlegten PAK -> gemäß VO (EU) Nr. 835/2011 gehen Ergebnisse <BG mit "0" ein

**Tabelle 10.2-2: PAK-Analysen von Wachs 2019**

Honigmonitoring 2019: PAK in Wachs in µg/kg OS (Originalsubstanz)									
Standort - Früh- (FT), Sommertracht (ST)		HFF-FT	HFF-ST	MFS-FT	MFS-ST	MEF-FT	MEF-ST	AIC-FT	AIC-ST
PAK-Komponente	Abkürz.	Drohnenwaben 18.5.-3.7. (6,5Wo.)	Drohnenwaben 1.-30.7. (4,5 Wo.)	Drohnenwaben 20.4.-23.5. (4,5Wo.)	Drohnenwaben 25.5.-5.7. (6 Wo.)	Drohnenwaben 20.4.-23.5. (4,5Wo.)	Drohnenwaben 25.5.-8.7. (6,5Wo.)	Drohnenwaben 14.4.-30.5. (6,5Wo.)	Drohnenwaben 1.6.-15.7. (6 Wo.)
Naphthalin	NAP	3,7	4,5	8,0	5,8	6,6	4,5	7,1	4,3
Acenaphtylen	ACY	0,17	0,28	0,31	0,24	0,22	0,30	0,55	0,37
Acenaphthen	ACE	0,44	0,51	0,64	0,57	0,38	0,35	0,62	0,64
Fluoren	FLE	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	0,7	1,2	1,5
Phenanthren	PHE	3,5	3,6	4,0	5,1	5,1	4,1	4,7	6,0
Anthracen	ANT	0,05	0,13	0,05	0,18	0,05	0,14	0,12	0,20
Flouranthen	FLU	1,0	0,8	0,8	1,3	1,2	0,8	1,1	1,4
Pyren	PYR	0,57	0,50	0,46	0,97	0,69	0,49	0,78	0,67
Benzo[a]anthracen	BaA	0,16	0,10	0,13	0,10	0,23	0,13	0,17	0,05
Chrysen(+Triphenylen)	CHR(+TRI)	0,31	0,24	0,37	0,40	0,45	0,30	0,42	0,28
Benzo[b,j,k]fluoranthren	BbJf+BkF	0,32	0,25	0,39	0,49	0,41	0,57	0,45	0,16
Benzo[a]pyren	BaP	0,05	0,05	0,10	0,15	0,14	0,18	0,13	0,05
Indeno[1,2,3-c,d]pyren	INP	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Benzo[g,h,i]perylen	BghiP	0,05	0,10	0,14	0,15	0,10	0,11	0,14	0,05
Dibenz[a,h]anthracen	DBahA	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Summe 4 PAK (grau)	PAK4	0,8	0,6	1,0	1,1	1,2	1,2	1,2	0,4
Summe schwerer fl. EPA-PAK	12EPA	6,1	5,9	6,5	9,0	8,4	6,9	8,1	9,0
Summe 16 EPA-PAK	16EPA	11,5	12,3	16,6	16,6	16,8	12,8	17,5	15,9

µg/kg: Mikrogramm pro Kilogramm (1 µg entspricht ein Tausendstel Milligramm)  
*kursive Schrift: Ergebnisse kleiner analytische Bestimmungsgrenze (BG: 0,1 µg/kg OS) sind mit deren halben "Wert angegeben"*  
 PAK4: Summe der 4 grau unterlegten PAK -> gemäß VO (EU) Nr. 835/2011 gehen Ergebnisse <BG mit "0" ein

**Tabelle 10.2-3: PAK-Analysen von Wachs 2020–2021**

Honigmonitoring 2020 und 2021: PAK in Wachs in µg/kg OS (Originalsubstanz)									
Standort - Früh-/Sommertracht-Mischproben (FST) - Jahr		HFF-FST 2020	MFS-FST 2020	MEF-FST 2020	AIC-FST 2020	HFF-FST 2021	MFS-FST 2021	MEF-FST 2021	AIC-FST 2021
PAK-Komponente	Abkürz.	2 Drohnenwaben	2 Drohnenwaben	2 Drohnenwaben	6 Drohnenwaben	2 Drohnenwaben	2 Drohnenwaben	2 Drohnenwaben	6 Drohnenwaben
Naphthalin	NAP	5,5	6,9	6,0	8,6	4,5	6,2	5,0	7,3
Acenaphtylen	ACY	0,24	0,55	0,35	0,59	0,23	0,27	0,24	0,73
Acenaphthen	ACE	0,31	0,37	0,41	0,68	0,34	0,57	0,30	0,52
Fluoren	FLE	0,7	1,0	1,2	1,2	0,6	0,9	0,7	0,9
Phenanthren	PHE	2,6	2,9	3,0	4,6	3,1	3,2	2,6	4,9
Anthracen	ANT	0,11	0,12	0,12	0,27	0,05	0,05	0,10	0,22
Flouranthen	FLU	0,6	0,6	0,8	1,7	1,1	0,8	0,7	1,6
Pyren	PYR	0,50	0,47	0,67	0,90	0,71	0,65	0,47	1,03
Benzo[a]anthracen	BaA	0,21	0,16	0,24	0,22	0,19	0,21	0,17	0,20
Chrysen(+Triphenylen)	CHR(+TRI)	0,31	0,21	0,41	0,44	0,31	0,33	0,20	0,44
Benzo[b,j,k]fluoranthren	BbJf+BkF	0,30	0,13	0,31	0,34	0,31	0,34	0,26	0,34
Benzo[a]pyren	BaP	0,12	0,05	0,14	0,15	0,14	0,11	0,11	0,12
Indeno[1,2,3-c,d]pyren	INP	0,11	0,05	0,11	0,11	0,18	0,05	0,05	0,13
Benzo[g,h,i]perylen	BghiP	0,14	0,05	0,13	0,12	0,14	0,10	0,10	0,10
Dibenz[a,h]anthracen	DBahA	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Summe 4 PAK (grau)	PAK4	0,9	0,5	1,1	1,2	1,0	1,0	0,7	1,1
Summe schwerer fl. EPA-PAK	12EPA	5,1	4,8	6,0	8,9	6,3	5,9	4,8	9,1
Summe 16 EPA-PAK	16EPA	11,8	13,6	14,0	19,9	12,0	13,8	11,1	18,5

µg/kg: Mikrogramm pro Kilogramm (1 µg entspricht ein Tausendstel Milligramm)  
*kursive Schrift: Ergebnisse kleiner analytische Bestimmungsgrenze (BG: 0,1 µg/kg OS) sind mit deren halben "Wert angegeben"*  
 PAK4: Summe der 4 grau unterlegten PAK -> gemäß VO (EU) Nr. 835/2011 gehen Ergebnisse <BG mit "0" ein

Tabelle 10.2-4: PAK-Analysen von Wachs 2022

Honigmonitoring 2022: PAK in Wachs in µg/kg OS (Originalsubstanz)						
Standort - Früh-/Sommertracht-Mischproben (FST) - Jahr		HFF-FST 2022	MFS-FST 2022	MEF-FST 2022	MAN-FST 2022	AIC-FST 2022
PAK-Komponente	Abkürz.	2 Drohnenwaben		2 Drohnenwaben	2 Drohnenwaben	6 Drohnenwaben
Naphthalin	NAP	5,7		6,4	5,7	6,3
Acenaphtylen	ACY	0,19		0,27	0,25	0,41
Acenaphthen	ACE	0,48		0,38	0,49	0,51
Fluoren	FLE	0,8		0,9	0,8	1,3
<b>Phenanthren</b>	<b>PHE</b>	<b>3,8</b>		<b>2,7</b>	<b>3,0</b>	<b>5,5</b>
<b>Anthracen</b>	<b>ANT</b>	<b>0,21</b>		<b>0,10</b>	<b>0,05</b>	<b>0,15</b>
<b>Flouranthen</b>	<b>FLU</b>	<b>1,4</b>		<b>1,0</b>	<b>1,3</b>	<b>1,6</b>
<b>Pyren</b>	<b>PYR</b>	<b>1,07</b>		<b>0,72</b>	<b>0,82</b>	<b>1,28</b>
<b>Benzo[a]anthracen</b>	<b>BaA</b>	<b>0,28</b>		<b>0,19</b>	<b>0,26</b>	<b>0,31</b>
<b>Chrysen(+Triphenylen)</b>	<b>CHR(+TRI)</b>	<b>0,42</b>		<b>0,42</b>	<b>0,50</b>	<b>0,59</b>
<b>Benzo[b,j+k]fluoranthen</b>	<b>BbjF+BkF</b>	<b>0,41</b>		<b>0,34</b>	<b>0,56</b>	<b>0,62</b>
<b>Benzo[a]pyren</b>	<b>BaP</b>	<b>0,11</b>		<b>0,10</b>	<b>0,16</b>	<b>0,15</b>
<b>Indeno[1,2,3-c,d]pyren</b>	<b>INP</b>	<b>0,19</b>		<b>0,16</b>	<b>0,25</b>	<b>0,24</b>
<b>Benzo[g,h,i]perylen</b>	<b>BghiP</b>	<b>0,20</b>		<b>0,12</b>	<b>0,23</b>	<b>0,17</b>
<b>Dibenz[a,h]anthracen</b>	<b>DBahA</b>	<b>0,05</b>		<b>0,05</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>
<b>Summe 4 PAK (grau)</b>	<b>PAK4</b>	<b>1,2</b>		<b>1,1</b>	<b>1,5</b>	<b>1,7</b>
Summe schwerer fl. EPA-PAK	12EPA	8,1		6,0	7,2	10,6
<b>Summe 16 EPA-PAK</b>	<b>16EPA</b>	<b>15,2</b>		<b>13,9</b>	<b>14,5</b>	<b>19,1</b>

µg/kg: Mikrogramm pro Kilogramm (1 µg entspricht ein Tausendstel Milligramm)  
*kursive Schrift: Ergebnisse kleiner analytische Bestimmungsgrenze (BG: 0,1 µg/kg OS) sind mit deren halben "Wert angegeben"*  
 PAK4: Summe der 4 grau unterlegten PAK -> gemäß VO (EU) Nr. 835/2011 gehen Ergebnisse <BG mit "0" ein

Tabelle 10.2-5: PAK-Analysen von Wachs 2023

Honigmonitoring 2023: PAK in Wachs in µg/kg OS (Originalsubstanz)							
Standort - Früh-/Sommertracht-Mischproben (FST) - Jahr		HFF-FST 2023	MFS-FST 2023	MEF-FST 2023	MAN-FST 2023	MEM-FST 2023	AIC-FST 2023
PAK-Komponente	Abkürz.	nicht untersucht	2 Drohnenwaben	2 Drohnenwaben	2 Drohnenwaben	6 Drohnenwaben	6 Drohnenwaben
Naphthalin	NAP		5,0	6,1	4,6	4,9	6,3
Acenaphtylen	ACY		0,46	0,62	0,48	0,50	0,41
Acenaphthen	ACE		0,35	0,56	0,35	0,62	0,51
Fluoren	FLE		0,56	1,25	0,57	0,79	1,31
<b>Phenanthren</b>	<b>PHE</b>		<b>1,8</b>	<b>3,2</b>	<b>2,1</b>	<b>1,9</b>	<b>5,5</b>
<b>Anthracen</b>	<b>ANT</b>		<b>0,05</b>	<b>0,24</b>	<b>0,05</b>	<b>0,13</b>	<b>0,15</b>
<b>Flouranthen</b>	<b>FLU</b>		<b>0,68</b>	<b>1,79</b>	<b>0,74</b>	<b>0,85</b>	<b>1,58</b>
<b>Pyren</b>	<b>PYR</b>		<b>0,50</b>	<b>1,41</b>	<b>0,43</b>	<b>0,62</b>	<b>1,28</b>
<b>Benzo[a]anthracen</b>	<b>BaA</b>		<b>0,17</b>	<b>0,41</b>	<b>0,16</b>	<b>0,17</b>	<b>0,31</b>
<b>Chrysen(+Triphenylen)</b>	<b>CHR(+TRI)</b>		<b>0,23</b>	<b>0,75</b>	<b>0,27</b>	<b>0,28</b>	<b>0,59</b>
<b>Benzo[b,j+k]fluoranthen</b>	<b>BbjF+BkF</b>		<b>0,27</b>	<b>0,60</b>	<b>0,32</b>	<b>0,35</b>	<b>0,62</b>
<b>Benzo[a]pyren</b>	<b>BaP</b>		<b>0,10</b>	<b>0,22</b>	<b>0,12</b>	<b>0,13</b>	<b>0,15</b>
<b>Indeno[1,2,3-c,d]pyren</b>	<b>INP</b>		<b>0,05</b>	<b>0,15</b>	<b>0,10</b>	<b>0,05</b>	<b>0,24</b>
<b>Benzo[g,h,i]perylen</b>	<b>BghiP</b>		<b>0,11</b>	<b>0,17</b>	<b>0,13</b>	<b>0,12</b>	<b>0,17</b>
<b>Dibenz[a,h]anthracen</b>	<b>DBahA</b>		<b>0,05</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>
<b>Summe 4 PAK (grau)</b>	<b>PAK4</b>		<b>0,77</b>	<b>2,0</b>	<b>0,87</b>	<b>0,93</b>	<b>1,7</b>
Summe schwerer fl. EPA-PAK	12EPA		4,0	9,0	4,4	4,7	10,6
<b>Summe 16 EPA-PAK</b>	<b>16EPA</b>		<b>10,4</b>	<b>17</b>	<b>10,5</b>	<b>11,5</b>	<b>19</b>

µg/kg: Mikrogramm pro Kilogramm (1 µg entspricht ein Tausendstel Milligramm)  
*kursive Schrift: Ergebnisse kleiner analytische Bestimmungsgrenze (BG: 0,1 µg/kg OS) sind mit deren halben "Wert angegeben"*  
 PAK4: Summe der 4 grau unterlegten PAK -> gemäß VO (EU) 3023/915 gehen Ergebnisse <BG mit "0" ein

## 10.3 Einzelergebnisse der PAK-Analysen von Honig 2018–2023

Tabelle 10.3-1: PAK-Analysen von Honig 2018

Honigmonitoring 2018: PAK in Honig in µg/kg OS (Originalsubstanz)										Höchstgehalte Bienenprodukt-Nahrungsergänzungsmittel (VO 2015/1933)
Standort - Früh- (FT), Sommertracht (ST)		HFF-FT	HFF-ST	MFS-FT	MFS-ST	MEF-FT	MEF-ST	AIC-FT	AIC-ST	
PAK-Komponente	Abkürz.	Frühtrachthonig	Sommertr.honig	Frühtrachthonig	Sommertr.honig	Frühtrachthonig	Sommertr.honig	Frühtrachthonig	Sommertr.honig	
Naphthalin	NAP	4,2	3,2	4,1	3,2	4,6	3,6	3,4	3,7	
Acenaphtylen	ACY	0,25	0,86	0,67	0,76	0,71	0,61	0,25	0,72	
Acenaphthen	ACE	0,41	0,36	0,42	0,27	0,38	0,28	0,15	0,62	
Fluoren	FLE	1,7	3,6	2,5	4,5	2,8	4,2	1,5	4,8	
Phenanthren	PHE	3,6	1,4	2,9	1,5	2,9	1,2	2,6	2,2	
Anthracen	ANT	0,22	0,28	0,38	0,31	0,29	0,37	0,14	0,53	
Flouranthren	FLU	0,42	0,41	0,75	0,57	0,52	0,47	0,39	0,42	
Pyren	PYR	0,19	0,31	0,38	0,41	0,26	0,34	0,17	0,36	
Benzo[a]anthracen	BaA	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Chrysen(+Triphenylen)	CHR(+TRI)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Benzo[b,j,k]fluoranthren	BbjF+BkF	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Benzo[a]pyren	BaP	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	10
Indeno[1,2,3-c,d]pyren	INP	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Benzo[g,h,i]perylen	BghiP	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Dibenz[a,h]anthracen	DBahA	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Summe 4 PAK (grau)	PAK4	0	0	0	0	0	0	0	0	50
Summe schwerer fl. EPA-PAK	12EPA	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	
Summe 16 EPA-PAK	16EPA	11	11	12	12	13	11	9	14	

µg/kg: Mikrogramm pro Kilogramm (1 µg entspricht ein Tausendstel Milligramm)  
*kursive Schrift: Ergebnisse kleiner analytische Bestimmungsgrenze (BG: 0,1 µg/kg OS) sind mit deren halben "Wert angegeben"*  
 n. s.: nicht summierbar, weil mindestens 50 % der Werte <BG; Summe 16 EPA-PAK in Kleinschrift: streng genommen ebenfalls nicht summierbar, weil mindestens 50 % der Werte <BG  
 PAK4: Summe der 4 grau unterlegten PAK -> gemäß VO (EU) Nr. 835/2011 und Nr. 2015/1933, Ergebnisse <BG gehen mit "0" in PAK4 ein

Tabelle 10.3-2: PAK-Analysen von Honig 2019

Honigmonitoring 2019: PAK in Honig in µg/kg OS (Originalsubstanz)										Höchstgehalte Bienenprodukt-Nahrungsergänzungsmittel (VO 2015/1933)
Standort - Früh- (FT), Sommertracht (ST)		HFF-FT	HFF-ST	MFS-FT	MFS-ST	MEF-FT	MEF-ST	AIC-FT	AIC-ST	
PAK-Komponente	Abkürz.	Frühtrachthonig	Sommertr.honig	Frühtrachthonig	Sommertr.honig	Frühtrachthonig	Sommertr.honig	Frühtrachthonig	Sommertr.honig	
Naphthalin	NAP	2,2	3,6	1,6	2,7	1,6	3,5	1,5	4,1	
Acenaphtylen	ACY	0,60	0,40	0,43	0,35	0,20	0,34	0,19	0,78	
Acenaphthen	ACE	0,17	0,10	0,19	0,05	0,17	0,05	0,17	0,27	
Fluoren	FLE	1,6	1,3	1,9	1,1	1,8	1,8	1,5	5,0	
Phenanthren	PHE	4,7	1,0	3,8	0,7	3,1	1,0	3,4	2,6	
Anthracen	ANT	0,19	0,18	0,32	0,16	0,23	0,21	0,18	0,76	
Flouranthren	FLU	0,36	0,11	0,35	0,05	0,28	0,10	0,32	0,20	
Pyren	PYR	0,19	0,05	0,20	0,05	0,17	0,05	0,19	0,13	
Benzo[a]anthracen	BaA	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Chrysen(+Triphenylen)	CHR(+TRI)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Benzo[b,j,k]fluoranthren	BbjF+BkF	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Benzo[a]pyren	BaP	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	10
Indeno[1,2,3-c,d]pyren	INP	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Benzo[g,h,i]perylen	BghiP	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Dibenz[a,h]anthracen	DBahA	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Summe 4 PAK (grau)	PAK4	0	0	0	0	0	0	0	0	50
Summe schwerer fl. EPA-PAK	12EPA	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	
Summe 16 EPA-PAK	16EPA	10,3	7,0	9,1	5,5	7,9	7,4	7,8	14,2	

µg/kg: Mikrogramm pro Kilogramm (1 µg entspricht ein Tausendstel Milligramm)  
*kursive Schrift: Ergebnisse kleiner analytische Bestimmungsgrenze (BG: 0,1 µg/kg OS) sind mit deren halben "Wert angegeben"*  
 n. s.: nicht summierbar, weil mindestens 50 % der Werte <BG; Summe 16 EPA-PAK in Kleinschrift: streng genommen ebenfalls nicht summierbar, weil mindestens 50 % der Werte <BG  
 PAK4: Summe der 4 grau unterlegten PAK -> gemäß VO (EU) Nr. 835/2011 und Nr. 2015/1933, Ergebnisse <BG gehen mit "0" in PAK4 ein

Tabelle 10.3-3: PAK-Analysen von Honig 2020–2021

Honigmonitoring 2020 und 2021: PAK in Honig in µg/kg OS (Originalsubstanz)										Höchstgehalte Bienenprodukt-Nahrungsergänzmittel (VO 2015/1933)
Standort - Früh-/Sommertracht-Mischproben (FST) - Jahr		HFF-FST 2020	MFS-FST 2020	MEF-FST 2020	AIC-FST 2020	HFF-FST 2021	MFS-FST 2021	MEF-FST 2021	AIC-FST 2021	
PAK-Komponente	Abkürz.	2 Honigproben	2 Honigproben	2 Honigproben	6 Honigproben	2 Honigproben	2 Honigproben	2 Honigproben	6 Honigproben	
Naphthalin	NAP	3,0	3,0	2,6	2,0	2,7	2,7	2,8	2,3	
Acenaphtylen	ACY	0,33	0,45	0,26	0,28	0,64	0,47	0,35	0,51	
Acenaphthen	ACE	0,14	0,30	0,10	0,17	0,28	0,14	0,12	0,23	
Fluoren	FLE	1,3	2,1	1,4	2,0	2,5	2,1	2,0	3,0	
Phenanthren	PHE	1,1	1,2	1,0	1,4	1,9	1,4	1,5	2,0	
Anthracen	ANT	0,19	0,29	0,20	0,10	0,17	0,22	0,11	0,31	
Flouranthen	FLU	0,24	0,28	0,27	0,17	0,28	0,17	0,16	0,22	
Pyren	PYR	0,13	0,16	0,15	0,05	0,21	0,11	0,14	0,18	
Benzo[a]anthracen	BaA	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Chrysen(+Triphenylen)	CHR(+TRI)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Benzo[b,j+k]fluoranthren	BbjF+BkF	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Benzo[a]pyren	BaP	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	10
Indeno[1,2,3-c,d]pyren	INP	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Benzo[g,h,i]perylen	BghiP	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Dibenz[a,h]anthracen	DBahA	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Summe 4 PAK (grau)	PAK4	0	0	0	0	0	0	0	0	50
Summe schwerer fl. EPA-PAK	12EPA	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	3,0	2,2	2,2	3,1	
Summe 16 EPA-PAK	16EPA	6,7	8,1	6,4	6,5	9,1	7,6	7,5	9,0	

µg/kg: Mikrogramm pro Kilogramm (1 µg entspricht ein Tausendstel Milligramm)  
*kursive Schrift: Ergebnisse kleiner analytische Bestimmungsgrenze (BG: 0,1 µg/kg OS) sind mit deren halben "Wert angegeben"*  
n. s.: nicht summierbar, wenn mindestens 50 % der Werte <BG  
PAK4: Summe der 4 grau unterlegten PAK -> gemäß VO (EU) Nr. 835/2011 und 2015/1933, Ergebnisse <BG gehen mit "0" in PAK4 ein

Tabelle 10.3-4: PAK-Analysen von Honig 2022

Honigmonitoring 2022: PAK in Honig in µg/kg OS (Originalsubstanz)							Höchstgehalte Bienenprodukt-Nahrungsergänzmittel (VO 2015/1933)
Standort - Früh-/Sommertracht-Mischproben (FST) - Jahr		HFF-FST 2022	MFS-FST 2022	MEF-FST 2022	MAN-FST 2022	AIC-FST 2022	
PAK-Komponente	Abkürz.	2 Honigproben	2 Honigproben	2 Honigproben	2 Honigproben	6 Honigproben	
Naphthalin	NAP	2,7	2,3	2,9	3,4	2,2	
Acenaphtylen	ACY	0,37	0,32	0,42	0,52	0,37	
Acenaphthen	ACE	0,28	0,24	0,14	0,11	0,30	
Fluoren	FLE	1,7	1,9	1,7	2,2	1,8	
Phenanthren	PHE	2,1	2,1	1,5	1,7	2,4	
Anthracen	ANT	0,24	0,19	0,14	0,19	0,26	
Flouranthen	FLU	0,39	0,29	0,18	0,23	0,33	
Pyren	PYR	0,23	0,22	0,17	0,21	0,22	
Benzo[a]anthracen	BaA	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Chrysen(+Triphenylen)	CHR(+TRI)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Benzo[b,j+k]fluoranthren	BbjF+BkF	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Benzo[a]pyren	BaP	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	10
Indeno[1,2,3-c,d]pyren	INP	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Benzo[g,h,i]perylen	BghiP	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Dibenz[a,h]anthracen	DBahA	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Summe 4 PAK (grau)	PAK4	0	0	0	0	0	50
Summe schwerer fl. EPA-PAK	12EPA	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	
Summe 16 EPA-PAK	16EPA	8,4	7,9	7,5	8,9	8,3	

µg/kg: Mikrogramm pro Kilogramm (1 µg entspricht ein Tausendstel Milligramm)  
*kursive Schrift: Ergebnisse kleiner analytische Bestimmungsgrenze (BG: 0,1 µg/kg OS) sind mit deren halben "Wert angegeben"*  
n. s.: nicht summierbar, wenn mindestens 50 % der Werte <BG  
PAK4: Summe der 4 grau unterlegten PAK -> gemäß VO (EU) Nr. 835/2011 und 2015/1933, Ergebnisse <BG gehen mit "0" in PAK4 ein



Tabelle 10.3-5: PAK-Analysen von Honig 2023

Honigmonitoring 2023: PAK in Honig in µg/kg OS (Originalsubstanz)								Höchstgehalte Bienen- produkt-Nahrungsergänz. mittel (VO (EU) 2023/915)
Standort - Früh-/Sommertracht- Mischproben (FST) - Jahr		HFF-FST 2023	MFS-FST 2023	MEF-FST 2023	MAN-FST 2023	MEM-FST 2023	AIC-FST 2023	
PAK-Komponente	Abkürz.	2 Honigproben	2 Honigproben	2 Honigproben	2 Honigproben	2 Honigproben	6 Honigproben	
Naphthalin	NAP	3,4	3,0	2,6	3,3	2,5	2,3	
Acenaphthylen	ACY	0,43	0,43	0,39	0,45	0,22	0,15	
Acenaphthen	ACE	0,19	0,23	0,14	0,22	0,25	0,38	
Fluoren	FLE	1,5	1,3	1,4	1,7	1,2	1,0	
Phenanthren	PHE	1,6	1,3	2,8	1,4	1,6	3,5	
Anthracen	ANT	0,26	0,29	0,29	0,16	0,21	0,34	
Flouranthen	FLU	0,18	0,17	0,13	0,15	0,11	0,14	
Pyren	PYR	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Benzo[a]anthracen	BaA	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Chrysen(+Triphenylen)	CHR(+TRI)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Benzo[b,j+k]fluoranthren	BbjF+BkF	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Benzo[a]pyren	BaP	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	10
Indeno[1,2,3-c,d]pyren	INP	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Benzo[g,h,i]perylen	BghiP	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Dibenz[a,h]anthracen	DBahA	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
<b>Summe 4 PAK (grau)</b>	<b>PAK4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>50</b>
Summe schwerer fl. EPA-PAK	12EPA	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	
<b>Summe 16 EPA-PAK</b>	<b>16EPA</b>	<b>7,9</b>	<b>7,1</b>	<b>8,2</b>	<b>7,8</b>	<b>6,5</b>	<b>8,2</b>	

µg/kg: Mikrogramm pro Kilogramm (1 µg entspricht ein Tausendstel Milligramm)

*kursive Schrift: Ergebnisse kleiner analytische Bestimmungsgrenze (BG: 0,1 µg/kg OS) sind mit deren halben "Wert angegeben"*

n. s.: nicht summierbar, wenn mindestens 50 % der Werte <BG

PAK4: Summe der 4 grau unterlegten PAK -> gemäß VO (EU) 2023/915, Ergebnisse <BG gehen mit "0" in PAK4 ein