

## Honigmonitoring am Flughafen München 2022



**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**

02.03.2023

**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:** Flughafen München Luftaufnahme Anflug West [oben, © FMG], Biene auf Huflattich [links, © FMG], Biene auf Honigwabe [rechts, © FMG], Bienenvölkerstandort MEF nach der Frühtracht Ende Mai 2021 [unten, © Bruno Willing]

## Danksagung

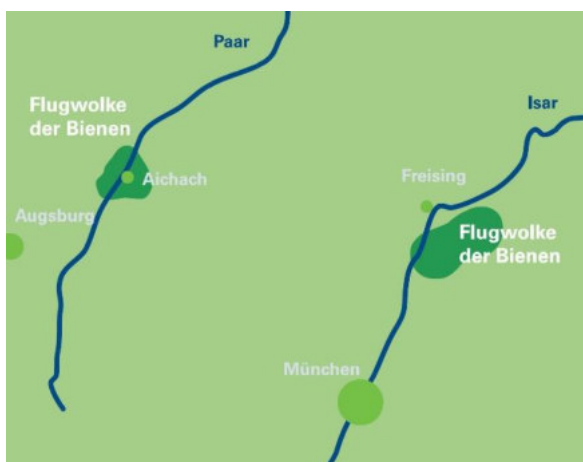
Denjenigen, die zur Durchführung des „Honigmonitorings am Flughafen München“ beigetragen haben, gilt 2022 wieder unser Dank:

- 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

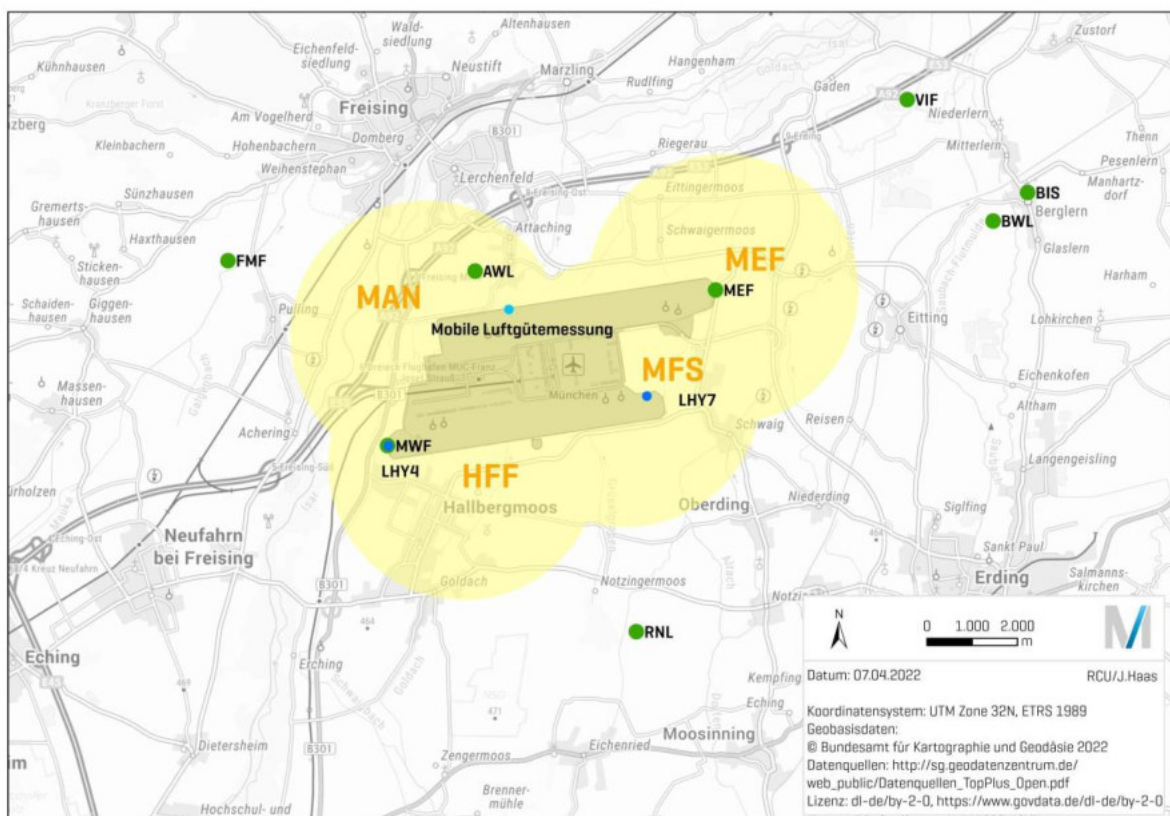
Das Honigmonitoring 2022 bestätigt die seit 2008 kontinuierlich durchgeführten Untersuchungen: Honige aus der Münchner Airportregion sind von hoher Qualität und unbedenklich für den Verzehr. Ein Einfluss des Flughafenbetriebs auf Pollen, Wachs und Honig aus dem Umfeld ist nicht feststellbar. Rückstände liegen in für Nahrungsmittel üblichen, niedrigen und unbedenklichen Bereichen.

Die Bienen der 30 Bienenvölker an 4 Standorten am Münchner Flughafen hatten trotz des sehr warmen und trockenen Bienenjahres rund 640 kg Honig produziert und damit die Erntemengen der Vorjahre nochmals übertroffen. Sie werden auch 2023 wieder für das Honigmonitoring im Einsatz sein.



**Bild: „Flugwolken“ (dunkelgrün) der Bienenvölker schematisch (links) und Honigmonitoring-Standorte im Kontext der Luftgütemessungen des Flughafens München 2022 (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 und seit 2022 ein vierter** liegen direkt am Flughafenzaun und decken mit den Flugwolken der Bienen das Flughafengelände repräsentativ ab. 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. Der Flughafenhonig wird 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 2013–2022.

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 2018–2022** 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 2022 wieder auf rund 70 % der Werte 2018 und 2019 an (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 drei Flughafenstandorten trotz witterungsbedingt „schlechtem Bienenjahr“ 440 kg Honig produzieren, mehr als 2020. Im Jahr 2022 waren es sogar 640 kg Honig, den die nun 30 Bienenvölker an 4 Standorten am 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“ 2022 abgefüllte Honig erfüllte nach amtlicher Prüfung durch die Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau die Qualitätsanforderungen der Honigverordnung, ebenso wie in allen Vorjahren.

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 2022 wurden in keinem Honig Pestizide nachgewiesen und die 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, 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). Verkehr und Flughafenbetrieb stellen keine direkten Arsenquellen dar. Ein Einfluss vergleichsweise höherer Arsengehalte, die regional in den Böden des Erdinger und Freisinger Moores natürlicherweise vorkommen und von dort in Blütenpollen gelangen können, kommt als Ursache in Frage.

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 nicht deutlich (Kapitel 3.4 ff.).

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

Für die polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe stellen – saisonal – häusliche Kleinfeuerungsanlagen (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 zeigten sich teilweise für PAK in Pollen in den Jahren 2018 und 2019 an. In diesen Jahren wurden Proben der Frühtracht und der Sommertracht getrennt analysiert. In Pollen der Frühtracht lagen die PAK-Gehalte tendenziell höher als in Pollen der Sommertracht. Dies weist auf den saisonalen Einfluss häuslicher Kleinfeuerungsanlagen als Ursache hin und wird durch die Ergebnisse des Bienenmonitorings im Umfeld der Berliner Flughäfen BER (ehemals Schönefeld) und Tegel 2012–2022 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 Kittharz und Gelée Royale gemäß Verordnung (EU) 2015/1933 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 .....	20
2.4 Analysenverfahren und Bestimmungsgrenzen.....	23
2.5 Maßstäbe zur Ergebnisbeurteilung .....	24
2.6 Messunsicherheit.....	28
3 Ergebnisse .....	29
3.1 Vitalitätserhebung .....	29
3.2 Qualitätsuntersuchungen und Pestizidrückstandsanalysen .....	32
3.3 Stoffgehalte in Pollen, Wachs und Honig im Vergleich zum Schluss.....	33
3.4 Gehalte von Antimon in Pollen, Wachs und Honig.....	34
3.5 Gehalte von Arsen in Pollen, Wachs und Honig .....	35
3.6 Gehalte von Blei in Pollen, Wachs und Honig .....	37
3.7 Gehalte von Cadmium in Pollen, Wachs und Honig .....	39
3.8 Gehalte von Chrom in Pollen, Wachs und Honig .....	40
3.9 Gehalte von Eisen in Pollen, Wachs und Honig .....	42
3.10 Gehalte von Kupfer in Pollen, Wachs und Honig .....	44
3.11 Gehalte von Nickel in Pollen, Wachs und Honig .....	46
3.12 Gehalte von Quecksilber in Pollen, Wachs und Honig .....	48
3.13 Gehalte von Zink in Pollen, Wachs und Honig .....	49
3.14 Gehalte von PAK in Pollen, Wachs und Honig.....	51
4 Abkürzungen .....	57

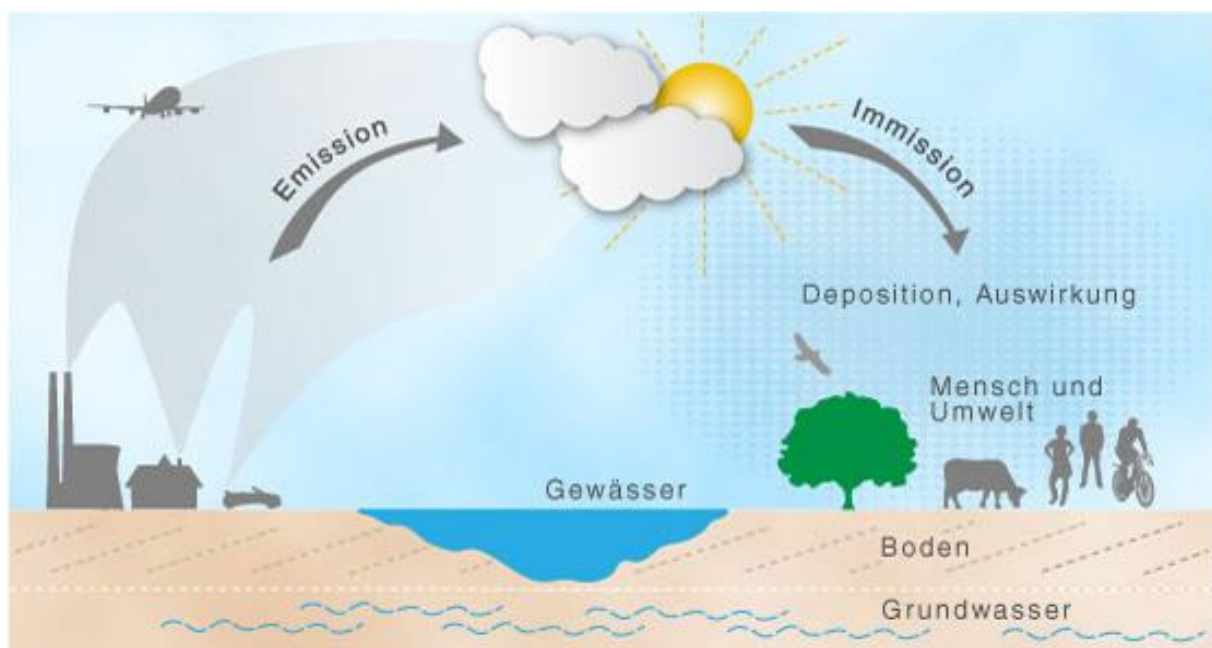


5	Glossar .....	59
6	Literatur .....	61
6.1	Gesetzliche Grundlagen .....	61
6.2	Normen, Richtlinien, Vorschriften .....	62
6.3	Literatur.....	63
6.4	Quellen im Internet .....	64
6.5	Berichte zum Honigmonitoring der FMG .....	65
7	Abbildungsverzeichnis.....	66
8	Tabellenverzeichnis.....	68
9	Anhang A: Qualitätsuntersuchungen .....	69
9.1	Ergebnisbeispiele der Qualitäts- und Pestiziduntersuchungen .....	69
10	Anhang B: Einzelergebnisse der PAK-Analysen .....	71
10.1	Einzelergebnisse der PAK-Analysen von Pollen 2018–2022.....	71
10.2	Einzelergebnisse der PAK-Analysen von Wachs 2018–2022.....	73
10.3	Einzelergebnisse der PAK-Analysen von Honig 2018–2022 .....	75

# 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“).

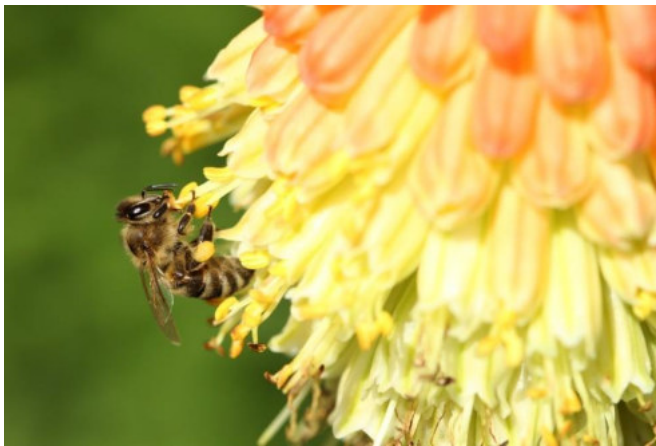
**Untersuchungen der Auswirkungen der Luftgütesituation** betreibt die Flughafen München GmbH (FMG) seit 2006: durch Messungen von Stoffen im Niederschlag (Deposition) und in Pflanzen mittels Biomonitoring in der Nachbarschaft des Flughafens in den Landkreisen Erding und Freising (Bild in „Auf einen Blick“), langjährig auch in einem vom Flughafen nicht beeinflussten *Referenzgebiet* (Quelle im Internet, Stand 09.01.2023: [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 27.01.2023: <https://www.munich-airport.de/honigmonitoring-88383>). 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 carotinhaltenigen 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 rund 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 22.01.2020)

<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 22.01.2020)

### 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 09.01.2023).

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 09.01.2023: [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 ausgeweitet werden. Im Jahr 2021 wurden Pollen-, Wachs- und Honig-Mischproben untersucht. Im Jahr 2022 wurden ein weiterer, vierter Flughafenstandort etabliert und wiederum Pollen-, Wachs- und Honig-Mischproben untersucht. Den Umfang des Honigmonitorings am Flughafen München 2008–2022 fasst die nachfolgende Tabelle 1.3-1 zusammen.

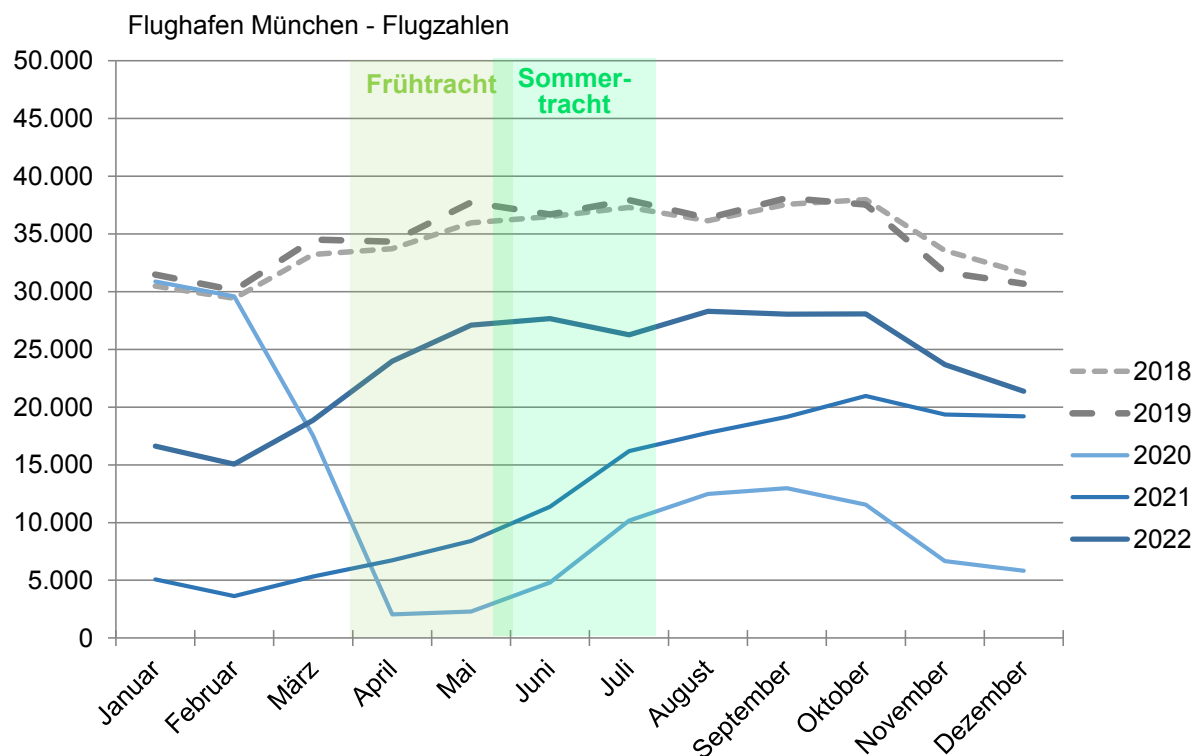
**Tabelle 1.3-1: Übersicht über das Honigmonitoring am Flughafen München 2008–2022**

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 Stadtkerei 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, 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

Die Beschreibung von Untersuchungskonzept und -methoden sowie Bewertungsgrundlagen findet sich in Kapitel 2. Die Ergebnisse der aktuellen Untersuchungen 2022 sind in Kapitel 3 dargestellt einschließlich vergleichender Bewertung im Umgriff über die Jahre 2018–2022, mit einheitlichen Standorten am Flughafen bis 2021 und Einführung eines neuen Flughafenstandorts 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).

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 wurden an den Pisten Sanierungsarbeiten durchgeführt: u. a. wurden die Teerfugen zwischen den Betonplatten erneuert sowie der Reifenabrieb mittels Hochdruckstrahlen entfernt. Im Jahr 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 fanden keine größeren Sanierungsarbeiten statt.



**Bild 1.3-1: Flugbewegungen 2020–2022 im Vergleich zu den Vorjahren**

Früh- und Sommertrachtperioden (ungefähre Zeiträume) sind in der Grafik farbig unterlegt.

## 2 Untersuchungskonzept und -methoden

Das Honigmonitoring wird seit 2008 kontinuierlich durchgeführt, wobei Bienenvölkerstandorte teilweise wechselten. Seit 2018 sind die Standorte am Flughafen konstant – im Jahr 2022 kam allerdings noch ein vierter Flughafenstandort hinzu (Kapitel 2.1) – und die Probennahme entspricht der aktuellen Vorgehensweise (Kapitel 2.2). 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 stets von

- Eurofins Food Testing Süd GmbH Tübingen (bisher 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-Höchstmengengerichtverordnung.

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?

Betrachtet 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**, die am Flughafen München seit 2018 einbezogen sind (HFF, MFS, MEF) und der in 2022 neu etablierte Standort (MAN) dort (in Tabelle 1.3-1 in Kap. 1.3 farbige unterlegt), sowie die Standorte im Referenzgebiet werden in Tabelle 2.1-1 beschrieben. 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.

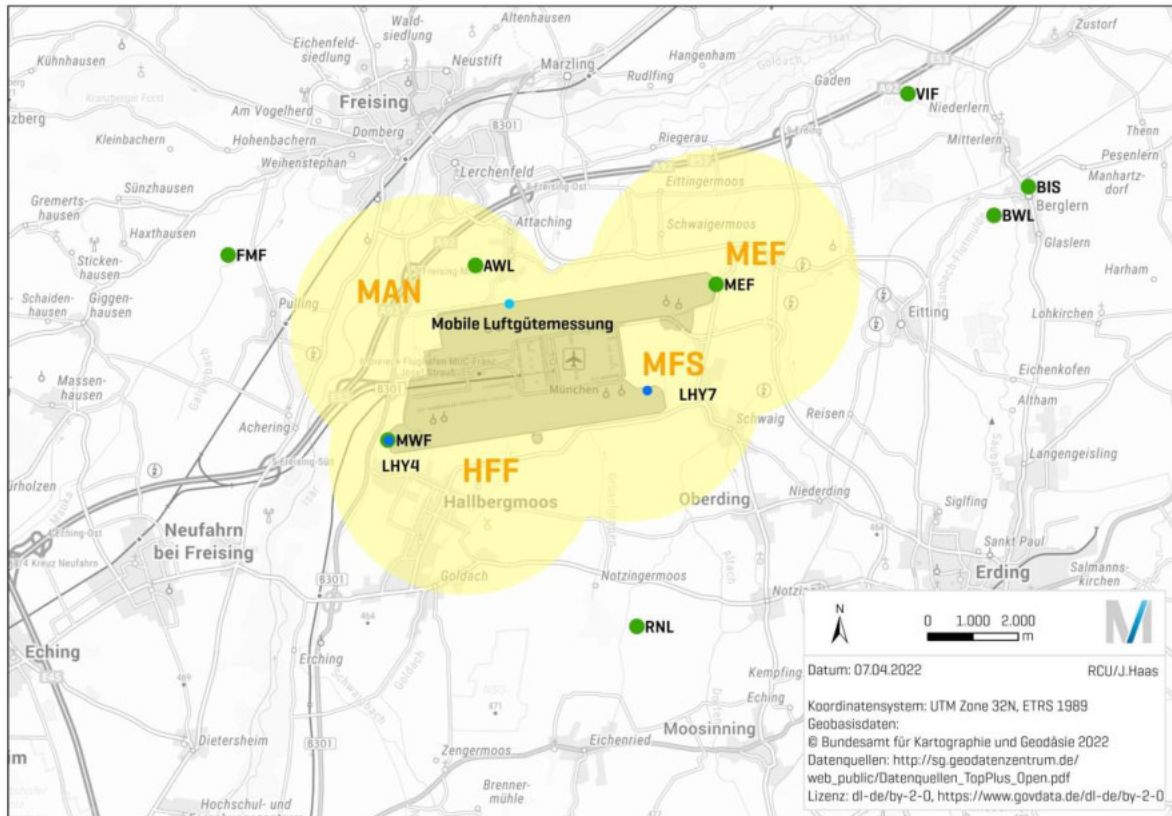




**Bild 2.1-1: „Flugwolken“ (dunkelgrün) der Bienenvölker, schematisch, und Honigmonitoring-Standorte im Kontext der Luftgütemessungen des Flughafens München 2022**

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]



Auf der Titelseite ist als Beispiel der Bienenvölkerstandort MEF am Flughafen München abgebildet (unten).

**Tabelle 2.1-1: Übersicht über die Bienenvölkerstandorte 2018–2022**

Standorte und Zeitraum	Kürzel	Lage der Standorte	Standortbeschreibung
Flughafen München seit 2008	<b>HFF</b>	Helfenbrunn 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
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 Tödtenried	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 **2022** wurden wie in den Vorjahren Proben der Trachten Früh- und Sommertracht von den Standorten HFF, MEF, MFS und AIC gewonnen sowie vom vierten Flughafenstandort 2022 MAN:

- Pollen-, Wachs und Honigproben von MAN, HFF, MEF und AIC,
- Honigproben von MFS,
- die jeweils als **Mischproben der Früh- und Sommertracht** auf Metall- und PAK-Gehalte analysiert wurden. Diese Ergebnisse 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.

**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 Aichach stammte seit 2020 vom Einzelstandort ASI Sulzbach (bis 2019 von AAI Aichach).



**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: Beispiele von 2 Sommertracht-Pollenstichproben von MAN und MEF 2022**

**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.



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



**Bild 2.2-5: Beispiel einer Drohnenwabe –Sommertracht vom Standort HFF 2022**

**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 Analysenergebnisse 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 Tödtenried**

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**

10 (Schwer-)Metalle und Metalloide, kurz: Metalle				
Antimon (Sb)	Blei (Pb)	Chrom (Cr)	Kupfer (Cu)	Quecksilber (Hg)
Arsen (As)	Cadmium (Cd)	Eisen (Fe)	Nickel (Ni)	Zink (Zn)
16 polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe nach EPA mit <u>schwerer flüchtigen</u> , fett: PAK4				
Naphthalin (NAP)	Phenanthren (PHE)	<b>Benzo[a]pyren (BaP)</b>		
Acenaphthylen (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]perylene (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 Düngieranwendungen stammen (BayLfU 2019). Hohe Arsengehalte in den Böden des Erdinger, Freisinger und Dachauer Mooses 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) legen VO (EG) Nr. 1881/2006 und ihre Fortschreibungen Höchstgehalte in Lebensmitteln und spezifisch in Honig fest (Tabelle 2.5-1): für Nahrungsergänzungsmittel 3 mg/kg (VO (EG) Nr. 1881/2006 mit Nr. 629/2008) und seit 2016 für Honig 0,1 mg/kg (VO (EU) 2015/1005).

**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 erlassen (VO (EG) Nr. 1881/2006 mit VO (EU) Nr. 629/2008, Nr. 488/2014 und 2021/1323) und das österreichische Bundesministerium für Gesundheit einen vorsorglichen Aktionswert für Honig von 0,05 mg/kg OS (ÖBMG 2015, zuletzt geändert 2021, Tabelle 2.5-1).

**Chrom (Cr)** gelangt, neben industrielle Anwendungen, aus dem Verkehr in die Umwelt (UBA 2022): 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 2022). 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 2022). Wegen seiner ökotoxischen Bedeutung ist in der EU ein Höchstgehalt beispielsweise in Nahrungsergänzungsmitteln von 0,10 mg/kg OS vorgegeben (VO (EG) Nr. 1881/2006, VO (EU) Nr. 629/2008 und Nr. 488/2014). 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 Kleinfeuerungsanlagen (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 Umweltrelevanz stellvertretend untersucht. Sie wurden von der US Umweltbehörde EPA (Environmental Protection Agency) als „prioritäre Schadstoffe“<sup>5</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).

**PAK<sub>4</sub>**, die Summe der vier Verbindungen Benzo[a]pyren, Benzo[a]anthracen, Benzo[b]fluoranthen und Chrysen, bewertet Kontaminanten (unerwünschte Stoffe) in Lebensmitteln (VO (EU) Nr. 835/2011 und 2015/1993).

Benzo[a]pyren (**BaP**) als eine der PAK<sub>4</sub>-Verbindungen gilt als Leitsubstanz der PAK, weil sie besonders stark krebserregend ist. Die seit 2016 für Nahrungsergänzungsmittel, die „Kittharz 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 Höchstgehalte für PAK<sub>4</sub>.

---

<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.

**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	0,1	0,013 0,005	0,025	0,025	0,013	0,13	0,1

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 0,1 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 wurde ab 2012 untersucht<sup>7</sup> (Wäber und Pompe 2022). Verfügbare Vergleichswerte dieser und anderer Honigmonitorings können zur vergleichenden Bewertung herangezogen werden.

### Höchstgehalte:

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) 2015/1005 und 2021/1317).
- 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.

---

<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.

<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.



- 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 „Kittharz, Gelée Royale [...] enthalten“, also für Bienenprodukte, Höchstgehalte festgelegt (VO (EU) Nr. 2015/1933): 0,010 mg/kg bzw. 0,050 mg/kg. Sie können auf **Pollen** angewendet werden.

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

Stoff	Höchstgehalt für Honig in mg/kg OS (VO (EU) 2015/1005 und 2021/1317)	
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 (EG) Nr. 1881/2006, 629/2008, 420/2011, 488/2014 mit 2021/1323, 2015/1005 mit 2021/1317, 2015/1006)	Aktionswerte (ÖBMG 2015 mit 2021)
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	0,005 – strengster Wert für Säuglingsnahrung auf Kuhmilchbasis bis zu 1,0 – für Nahrungsergänzungsmittel: orientierend für Pollen 3,0 – für Nahrungsergänzungsmittel aus Seetang	0,05 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. Kittharz 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. Kittharz 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	
<p>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</p>		

### 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) 2015/1006).
- Für **Cadmium** hat die EU mit VO Nr. 488/2014 und 2021/1323 Höchstgehalte in Lebensmitteln und Nahrungsergänzungsmitteln fortgeschrieben. Für Honig wurde in Österreich ein Aktionswert zur höchst vorsorglichen Risikominderung für Cadmium von 0,050 mg/kg erlassen (ÖBMG 2015, zuletzt geändert 2021).
- Für **BaP** und **PAK4** können Höchstgehalte für bestimmte, im Wesentlichen fetthaltige Lebensmittel bis hin zu Nahrungsergänzungsmitteln (VO (EU) Nr. 835/2011 und 2015/1933) 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) 0,03–0,10 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 aktuell gültige 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 Verzehrsmengen.
- 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 (EG) Nr. 1881/2006 ff; 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 2015/1006 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 1881/2006 mit 2015/1005, 2021/1317 für nicht algenbasierte NEM)	0,10 Höchstgehalt (VO 2015/1005 mit 2021/1317)	0,01 - 3,0 (VO 1881/2006 mit 2015/1005, 2021/1317)
Cadmium (Cd)	0,073 - 0,077 <sup>1)</sup> (EFSA 2012)	0,0036 - 0,014 <sup>1)</sup> (EFSA 2012)	1,0 (VO 488/2014 mit 2021/1323 für nicht algenbasierte NEM)	0,050 (ÖBMG 2015, Aktionswert)	0,005 - 3,0 (VO 1881 mit 488/2014, 2021/1323)
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 1881/2006 mit 2018/73; 1,0 in bestimm. Fleisch/Fisch)
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 Kittharz, Gelee Royale (VO 2015/1933)	0,010 BaP, 0,050 PAK4 Höchstgehalte für Kittharz, Gelee Royale (VO 2015/1933)	0,0010 - 0,0060 BaP 0,0010 - 0,035 PAK4 (VO 1881/2006 mit 835/2011, 2015/1933)

<sup>1)</sup>: aus unterer (LB: lower bound) bis oberer Grenze (UB: upper bound) des arithmetischen Mittelwerts (aMW);

\*: Blütenhonige; \*\*: nicht spezifizierter Honige;

PAK4: BaP, Benzo[a]anthracen, Benzo[b]fluoranthren, 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 Bienenmonitoring 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 2022 sind nachfolgend in Tabelle 3.1-1 zusammengefasst und denen der beiden Vorjahre gegenüber gestellt. Die Vitalität der Bienenvölker während der Frühtrachtperiode 2020<sup>8</sup> und der Früh- und Sommertrachtperioden 2021 und 2022 werden mit dem Referenzgebiet Aichach verglichen.

Im Winter 2020 waren bei den Bienenvölkern sowohl am Flughafen als auch im Referenzgebiet noch teilweise Verluste aufgetreten. Die Überlebensrate 2021 nach der Überwinterung hingegen betrug in beiden Gebieten 100%. Die Überlebensrate 2022 am Flughafen betrug ebenfalls 100% und im Referenzgebiet waren nur geringe Verluste über den Winter 2021/2022 aufgetreten.

Die Honigmenge stellt ein Ergebnis aus Sammelaktivität, Blütenangebot und Volksstärke dar. Die Frühtracht-Menge 2020 reichte mit 5 kg bis 20 kg pro Volk an einem der Aichacher Referenzstandorte von sehr wenig bis gut. An den anderen Referenz- sowie an den Flughafenstandorten war sie 2020 mit 15 bis 20 kg durchschnittlich bis gut, am Standort MFS mit 28 kg sehr gut. Für die Frühtracht 2021 zeigten sich keine relevanten Unterschiede zwischen den Standorten: 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 mit 10,5 bis 13,5 kg Frühtrachthonig pro Volk kaum besser. Auch die Menge des Sommertrachthonigs 2021 blieb mit standortunabhängig 5–10 kg hinter Vorjahren zurück. Auch 2022 zeigten sich keine relevanten Unterschiede zwischen den Standorten hinsichtlich der Honigmengen: 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 Töddenried bei Aichach mit 23 kg pro Volk Ref. AIC-ATN, Tabelle 3.1-1.

Die ungünstigen Witterungsverhältnisse 2021 schlugen sich nicht nur lokal in der Honigmenge nieder sondern teilweise auch in der gesamten Entwicklung der Bienenvölker. Die Stärke der Bienenvölker und der Brut entwickelten sich während der Frühtrachten 2020 und 2021 an den flughafennahen Standorten HFF, MFS und MEF ähnlich gut. Im Referenzgebiet fielen diese Vitalitätsparameter während der Frühtracht 2020 unterschiedlich aus und während der Frühtracht 2021 schlecht. Während der Sommertracht 2021 waren die Bienenvölker an den flughafennahen Standorten normal bis stark und die Brut entwickelte sich normal bis gut. Aber im Referenzgebiet waren die Bienenvölker im Jahr 2021 unterdurchschnittlich und die Brut entwickelte sich schlecht (Tabelle 3.1-1). Der Referenzimker, der seit Jahrzehnten imkert, bezeichnete das Bienenjahr 2021 als „das schlechteste, seit ich Bienen habe“. Die Stärke der Bienenvölker und Brut entwickelten sich während der Frühtracht 2022 flughafennah und –fern ähnlich gut, aber während der Sommertracht im Referenzgebiet deutlich schlechter.

---

<sup>8</sup> Für das Untersuchungsjahr 2020 beschränkt sich die Vitalitätsuntersuchung auf die Frühtracht, da sich 2020 auch die Honiganalysen auf die Frühtracht (FT) beschränkten. Die Pollen- und Wachsproben 2020 von Früh- und Sommertracht (ST) wurden hingegen zu Mischproben FST vereint und dann analysiert.

Tabelle 3.1-1: Ergebnisse der Vitalitätserhebungen 2022 im Vergleich zu 2020 und 2021

<b>Vitalität - Sommertracht 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	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	31.03.2021	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, kürzer	"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
<b>Vitalität - Frühtracht 2020</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	5 + 1 Ableger	2		27	8	6
Verluste an Bienenvölkern im Winter	0	1	1		5	0	2
Stärke der Bienenvölker zu Beginn	stark	gut	durchschnittl.		normal	normal	schwach
Entwicklung bis zur Ernte	sehr gut	gut	gut		normal	normal	eher schlecht
Datum Beginn Frühtracht	25.03.2020	19.03.2020	25.03.2020		Mitte April	Mitte April	Mitte April
Datum Ende Frühtracht	22.05.2020	22.05.2020	22.05.2020		Ende Mai	Ende Mai	Ende Mai
Verlauf der Tracht	gut	sehr gut	gut		gut	mittel	unterschiedlich
Honigernte am Standort in kg	58 kg	140 kg	30		380 kg	120 kg	50 kg
Erntemenge pro Volk in kg	18 kg	28 kg	15 kg		18 kg	15 kg	5-20 kg
Entwicklung der Brutwaben	sehr gut	gut	sehr gut		gut	normal	normal
Anzahl Brutwaben pro Volk bei Beginn	5	4	5		6	6	5-7
Anzahl Brutwaben pro Volk bei Ernte	10	10	10		8	8	6-8
besetzte Waben pro Volk bei Beginn	6	6	6		15	12	8-15
besetzte Waben pro Volk bei Ernte	10	10	10		30	30	15-30

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

- z. B. beim Bienenmonitoring am Flughafen Dresden 2021 (Quelle im Internet, Stand 10.01.2023: [https://di5l0vjrkc7a.cloudfront.net/user\\_upload/Dresden/Bilder/Unternehmen/Umwelt/DRS2021\\_Bericht\\_Biomonitoring\\_Honig.pdf](https://di5l0vjrkc7a.cloudfront.net/user_upload/Dresden/Bilder/Unternehmen/Umwelt/DRS2021_Bericht_Biomonitoring_Honig.pdf)), oder
- beim Bienenmonitoring am Flughafen Leipzig/Halle 2021 (Quelle im Internet, Stand 10.01.2023: [https://di5l0vjrkc7a.cloudfront.net/user\\_upload/Leipzig\\_Halle/Bilder/Umwelt/LEJ\\_Honigbericht2009-2021.pdf](https://di5l0vjrkc7a.cloudfront.net/user_upload/Leipzig_Halle/Bilder/Umwelt/LEJ_Honigbericht2009-2021.pdf)), oder
- beim Bienenmonitoring im Umfeld der Berliner Flughäfen 2022 (Quelle im Internet, Stand 05.01.2023: <https://corporate.berlin-airport.de/content/dam/corporate/de/umwelt/luft/Bienenmonitoring%20%20-%20Ergebnisse%202011-2022.pdf>)

### 3.2 Qualitätsuntersuchungen und Pestizidrückstandsanalysen

Der unter der Kennzeichnung „Feiner Flughafenhonig aus der Airfolgsregion“ abgefüllten Honig (Bild 3.2-1) wurde auf allgemeine Qualitätsvorgaben geprüft (Kapitel 2.5) und für einwandfrei befunden.

Von der LWG als amtlicher Kontrollstelle wurde bezüglich der **Qualität** 2022 wie für die Vorjahre bescheinigt:

- honigtypischer Geruch und Geschmack
- der Sorten Frühtrachthonig und Sommertrachthonig mit mehr als 45 % Anteil Kreuzblütler-Blütenpollen 2022 (HFF, MEF und MAN; MFS nicht untersucht),
- der Sorten Frühtrachthonig mit Akazienhonig und Sommertrachthonig mit Büschelschön (HFF, MFS) bzw. Blütenhonig (Sommertracht MEF) 2021 und
- der Sorten Frühtrachthonig bzw. Blütenhonig 2020,
- zudem einwandfreie Qualität hinsichtlich untersuchter sensorischer, chemisch-physikalischer und mikroskopischer Qualitätsmerkmale,
- entsprechend den Anforderungen der deutschen Honigverordnung sowie
- für alle Honige 2022 (Ausnahme vom Standort HFF, weil geringfügig höhere Wasseranteile) und für alle Frühtrachthonige 2021 auch entsprechend den Anforderungen des Deutschen Imkerbunds.



**Bild 3.2-1: Flughafenhonigglass** (rechts) [Foto © Flughafen München]

Im Anhang ist exemplarisch das Prüfergebnis auf diese allgemeinen Qualitätsvorgaben für Sommertrachthonig vom 2022 etablierten Standort MAN dargestellt (Bild 9.1-1).

Die Honige wurden zudem auf **Pestizidrückstände** untersucht, weil diese Bienen schädigen und im Honig nachweisbar sein können. Im Jahr 2022 konnte wie in allen Vorjahren keine der Varroabekämpfungsmittel-Substanzen (Varroa-Milben sind Bienenschädlinge) und keine der untersuchten Pflanzenschutzmittel-Substanzen aufgefunden werden. Einzige Ausnahme: Frühtrachthonig 2021 vom Standort MFS ist bislang der einzige Honig, bei dem zwei von 35 untersuchten Pestiziden nachgewiesen wurden (Bild 9.1-2 im Anhang; 2022: 36 Pestizide inklusive Dimethylphenyl-Formamid): Es handelt sich um die beiden Fungizide Boscalid und Dimoxystrobin. Jedoch unterschritten die Gehalte den jeweiligen Beurteilungswert eindeutig. Somit entsprach auch dieser Honig den gesetzlichen Bestimmungen gemäß EG-Verordnung Nr. 470/2009. Das Einsatzgebiet beider Fungizide ist vor allem, aber nicht ausschließlich der Rapsanbau. Pestizidrückstandsanalysen werden aufgrund des einmaligen Funds 2021 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 2021 bis 2023 in Publikation). In einem anderen Honigmonitoring wurden in Frühtrachthonigen von zwei Standorten mit landwirtschaftlich geprägtem Umfeld 2022 unter den 36 untersuchten Pestiziden das Insektizid Flonicamid gefunden: unterhalb der zulässigen Menge 0,050 mg/kg (eigene unveröffentlichte Daten).



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

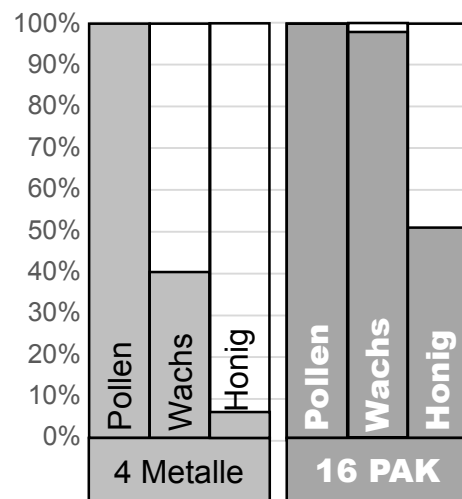
Pollen kommt direkt mit Schadstoffen aus der Luft und dem Regen in Kontakt und zeigt als Bioindikator diese Anreicherungen als *Immissionswirkungen* an (VDI 3957 Blatt 1, 2020). Wachs und Honig sind hingegen von den Bienen hergestellte Produkte (Kap. 1.2). Zudem besitzen Pollen, Wachs und Honig unterschiedliche 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.

Im Vergleich der Probenarten zueinander lagen die Metallgehalte in den Honigproben deutlich niedriger als die Metallgehalte in Wachs und diese wiederum niedriger als die Metallgehalte in Pollen<sup>9</sup> (auf 100% normiert, in Bild 3.3-1 links). Die Abstufung entspricht der Erwartung, da Pollen direkt Immissionseinflüssen der Umwelt ausgesetzt ist, während die Bienen bei der Herstellung von Wachs und Honig als „Filter“ wirken.

Die PAK-Gehalte (Summen der 16 PAK) in den Wachsproben lagen gleichauf mit den 16 PAK-Gehalten in Pollenproben. Die 16 PAK-Gehalte in Honigproben lagen niedriger (Bild 3.3-1 rechts; unter Berücksichtigung der Messunsicherheit für 16 PAK, Kap. 2.6). Die Abstufung für 16 PAK dürfte folgenden Einflüssen unterliegen:

- Auf Pollen wirken die Immissionseinflüsse 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.

Die Stoffgehalte wurden für die relative Betrachtungsweise hier auf 100% normiert. Die Absolutgehalte lagen 2022 wie in den Vorjahren im niedrigen natürlichen Bereich (nachfolgende Kapitel 3.4 ff.).

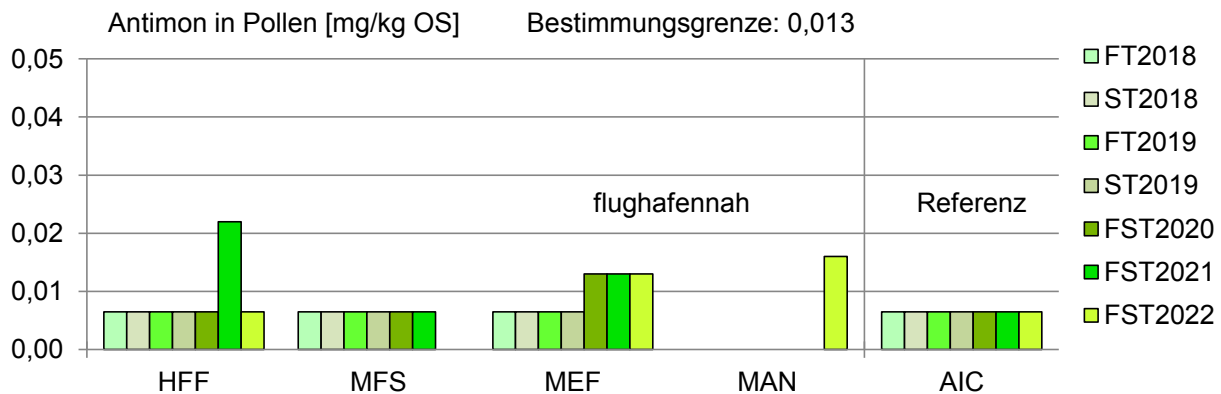


**Bild 3.3-1: Prozentuale Anteile der Stoffgehalte in Pollen, Wachs und Honig**

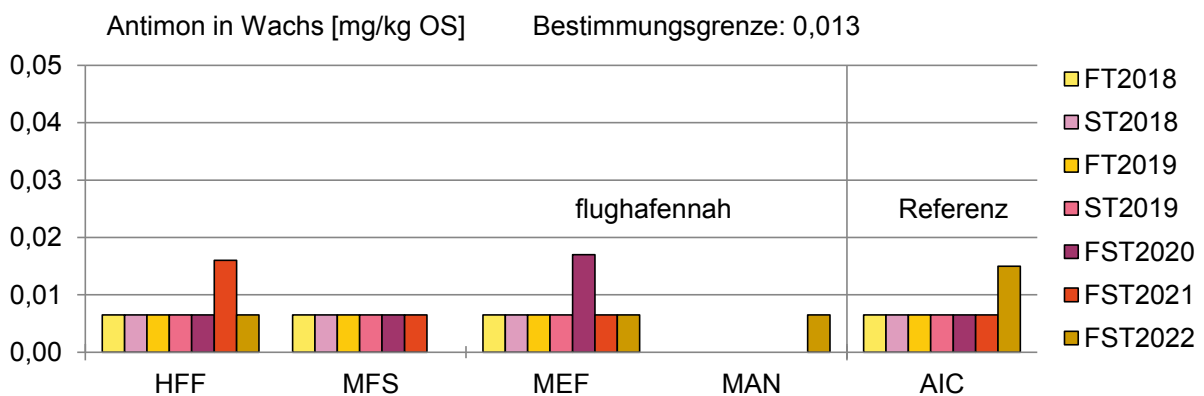
Anteile im Bild auf 100% normiert; hier beispielhaft für das Jahr 2022 gezeigt; 4 Metalle: Eisen, Kupfer, Nickel und Zink, da > Bestimmungsgrenze

<sup>9</sup> Es handelt sich um eine orientierende, nicht statistisch repräsentative Betrachtung. Die flughafennahen Ergebnisse wurden zusammen mit denen aus dem Referenzgebiet betrachtet. Die Betrachtung von Metallen bezieht sich auf solche, die in Pollen, Wachs und in Honig analytisch mehrheitlich auffindbar waren: Eisen, Kupfer, Nickel, Zink.

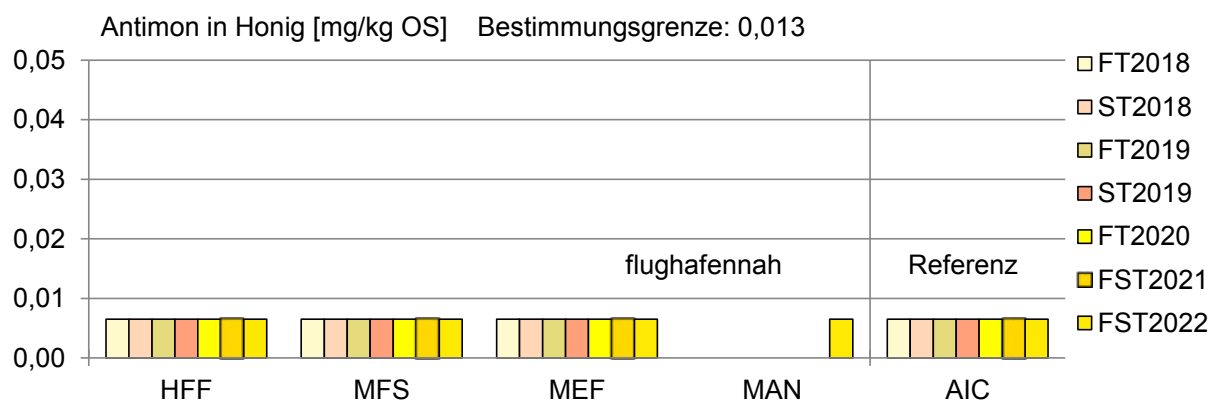
### 3.4 Gehalte von Antimon in Pollen, Wachs und Honig



**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 aus Früh- und Sommertracht

Die **Antimongehalte in Pollen** lagen 2022 in einem engen Bereich unterhalb bis nahe der Bestimmungsgrenze: <0,013–0,016 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 der BG 0,022 mg/kg OS. 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 OS 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** reichten ebenfalls nur in Einzelfällen knapp über die Bestimmungsgrenze: je einmal, 2022 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 2022 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 (2013–2022).

#### **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.**

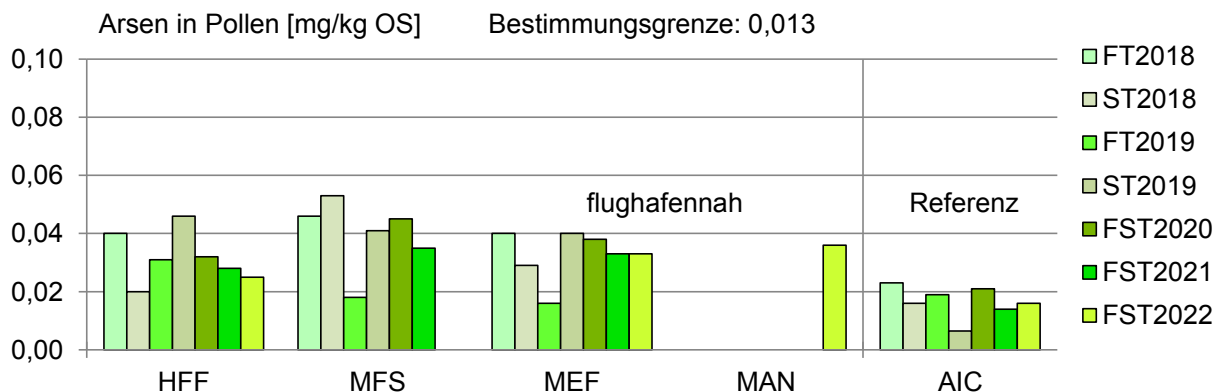
### 3.5 Gehalte von Arsen in Pollen, Wachs und Honig

Die **Arsengehalte in Pollen** lagen 2022 an den Flughafenstandorten HFF, MEF und MAN (seit 2022) bei 0,025–0,036 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 2018–2022 im oberen Bereich der Wertespanne des Referenzgebiets Aichach: <0,013–0,023 mg/kg OS. Im Erdinger und Freisinger Moos kommen natürlicherweise höhere Arsenbodgehalte vor. Sie könnten vom Boden in Blütenpollen gelangen und die Ergebnisse beeinflussen. Zum Vergleich: Am Referenzstandort BRS des Berliner Bienenmonitorings waren die Arsengehalte in Pollen mit dem Referenzgebiet Aichach vergleichbar: <0,013–0,041 mg/kg OS.

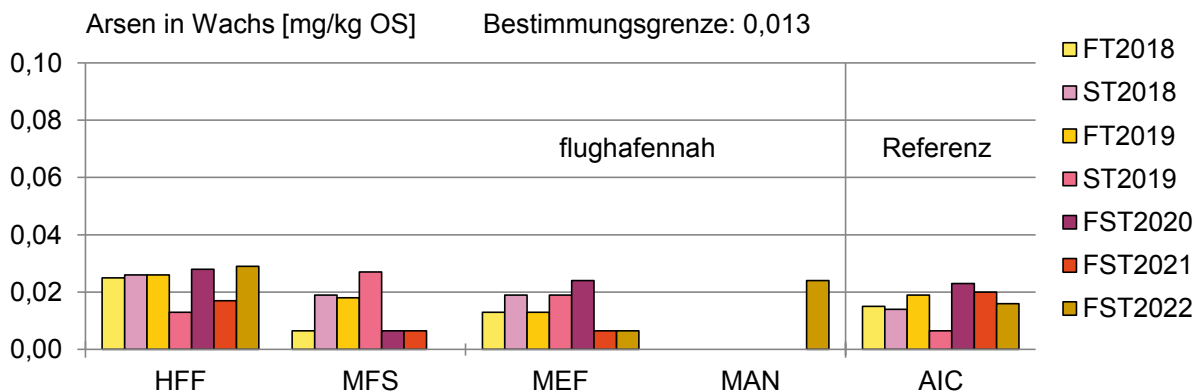
Arsen ist ökotoxikologisch relevant (Kap. 2.3), aber Höchstgehalte für Nahrungsergänzungsmittel wie Pollen sind nicht festgelegt (Tabelle 2.5-1).

Die **Arsengehalte in Wachs** lagen 2022 an den Flughafenstandorten HFF, MEF und MAN unterhalb oder nahe der Bestimmungsgrenze: <0,013–0,029 mg/kg OS. Dies ist mit den Vorjahren (inklusive Standort MFS) vergleichbar und mit der Wertespanne des Referenzgebiets Aichach 2018–2022. Dort wurden <0,013–0,020 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).

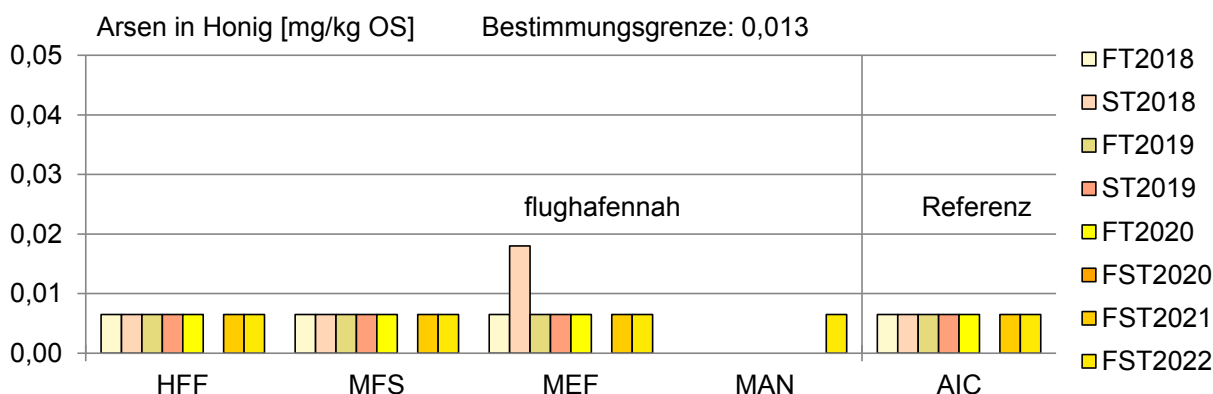
**Arsen in Honig** lag 2022 flughafennah und im Referenzgebiet sämtlich unterhalb der Bestimmungsgrenze von 0,013 mg/kg OS (Bild 3.5-3). In den Vorjahren wurde Arsen nur einmal nahe BG aufgefunden: in Sommertrachthonig vom Standort MEF 2018 mit 0,018 mg/kg OS. Am Referenzstandort BRS des Berliner Bienenmonitorings lag Arsen in Honig wie in Wachs unterhalb der Bestimmungsgrenzen.



**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 aus Früh- und Sommertracht

Höchstgehalte für Arsen von 0,10–0,30 mg/kg gelten für Reissnahrungsmittel (VO (EU) 2018/1006) und gelten nicht für Honig.

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

**Für Arsen in Pollen deuten sich gebietsbedingte 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 2022 an den Flughafenstandorten HFF und MEF bei 0,70–0,54 mg/kg OS, im Wertebereich der Vorjahre 0,04–0,48 mg/kg OS (Bild 3.6-1 inklusive Standort MFS) und im Rahmen der Wertespanne des Referenzgebiets Aichach von 0,07–0,41 mg/kg OS 2018–2022. Der Bleigehalt in Pollen vom 2022 neuen Flughafenstandort MAN lag – unter Berücksichtigung der Messunsicherheit von 15 % (Kap. 2.6) mit 1,07 höher, aber nicht auffällig hoch. Zum Vergleich: Am Referenzstandort BRS des Bienenmonitorings im Umfeld der Berliner Flughäfen war 2013–2022 die Wertespanne mit <0,1–1,24 mg/kg OS weiter.

Die am Flughafen München und im Referenzgebiet Aichach gemessenen Bleigehalte in Pollen haben nur einen Anteil von 1–36 % am Höchstgehalt für Nahrungsergänzungsmittel. Dieser orientierende Beurteilungswert liegt bei 3 mg/kg OS (Tabelle 2.5-1).

Die **Bleigehalte in Wachs** reichten 2022 flughafennah von <0,025 bis 0,055 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 0,044–0,11 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 werden auch in anderen Untersuchungen gefunden, wie z.B. beim Bienenmonitoring am Flughafen Leipzig/Halle 2021 (Quelle im Internet: [https://di5l0vjrkc7a.cloudfront.net/user\\_upload/Leipzig\\_Halle/Bilder/Umwelt/LEJ\\_Honigbericht2009-2021.pdf](https://di5l0vjrkc7a.cloudfront.net/user_upload/Leipzig_Halle/Bilder/Umwelt/LEJ_Honigbericht2009-2021.pdf), Stand 10.01.2023).

Die **Bleigehalte in Honig** lagen 2022 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 2018–2022 <0,025 mg/kg OS, mit zwei Ausnahmen: 0,028 mg/kg OS 2020 und 0,34 mg/kg OS 2022 (Wäber und Pompe 2023 in Publikation), 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).

#### **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.**

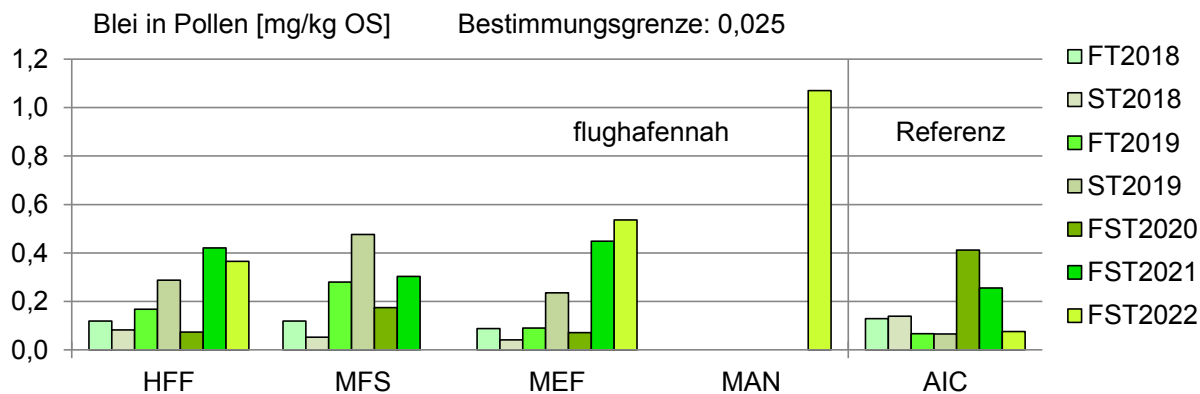


Bild 3.6-1: Blei in Pollen

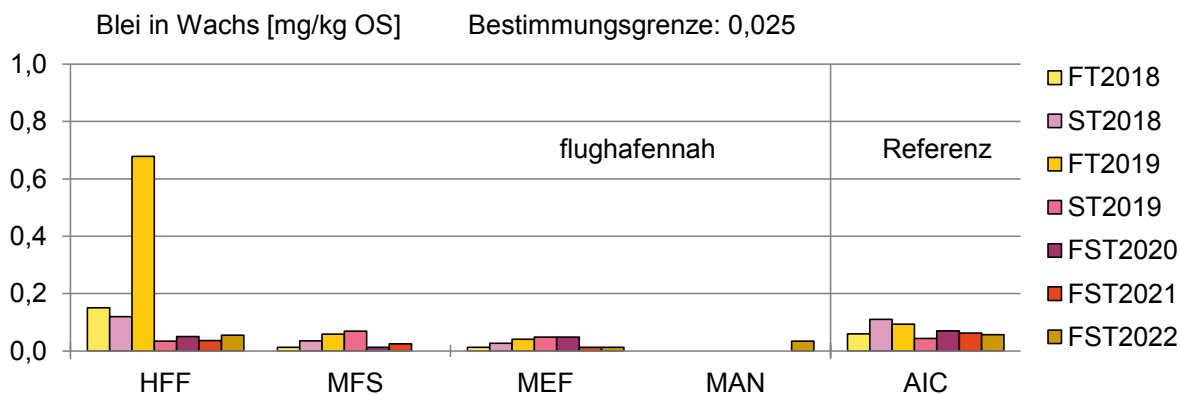


Bild 3.6-2: Blei in Wachs

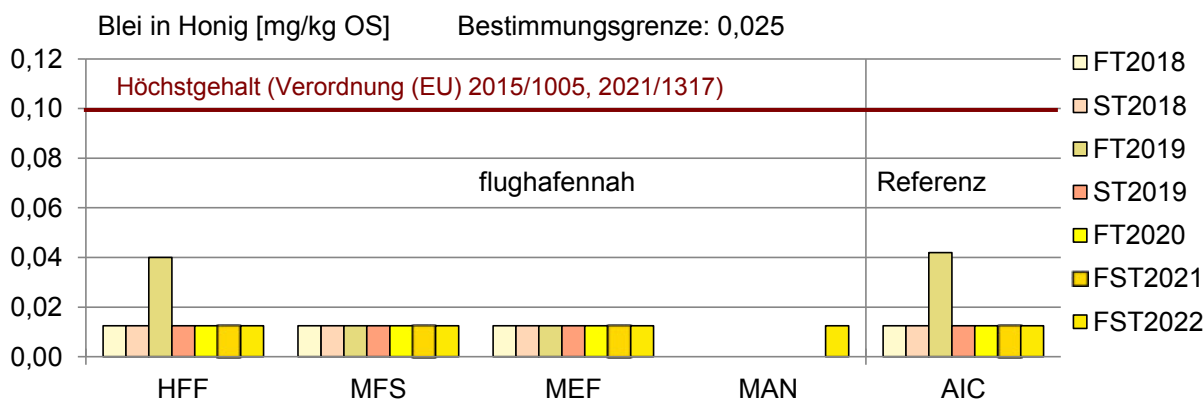


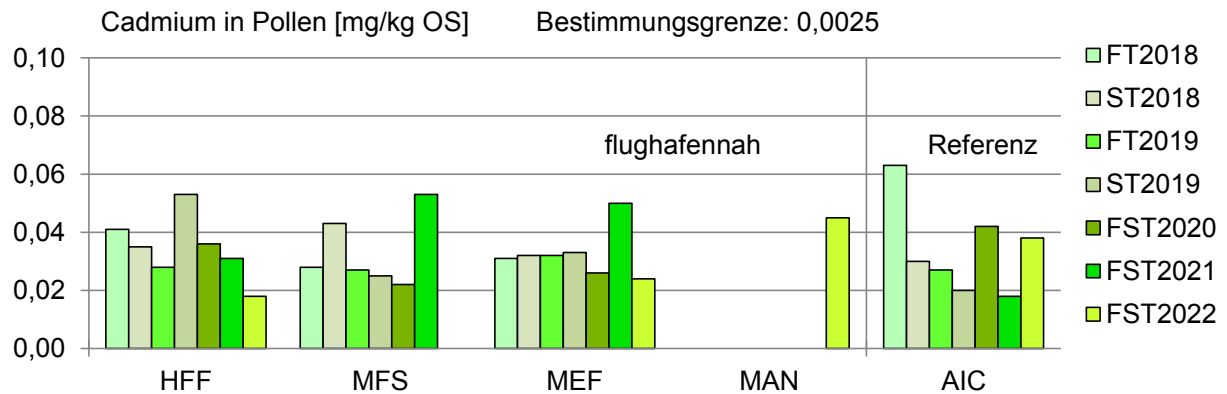
Bild 3.6-3: Blei in Honig

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) 2015/1005 mit 2021/1317 beträgt 0,10 mg/kg (rote Linie).

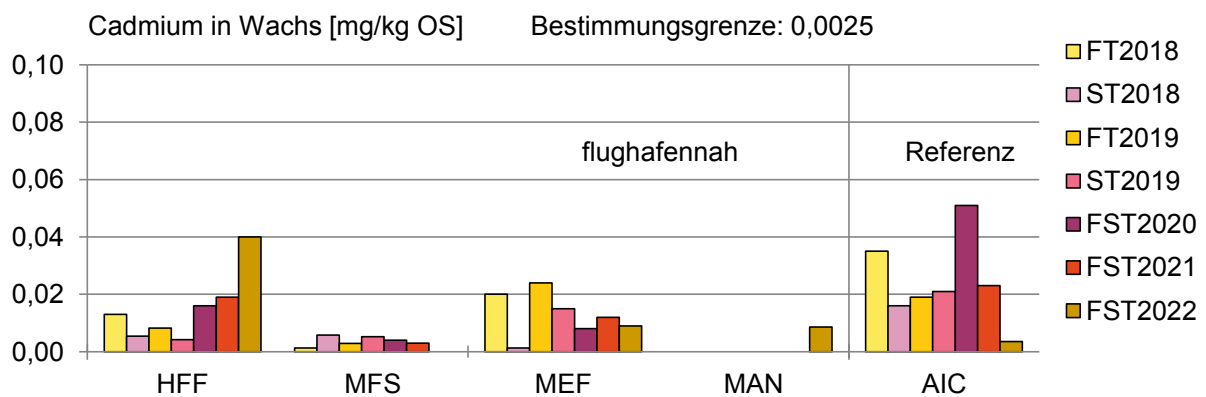
Die Bleigehalte lagen teilweise unterhalb der Bestimmungsgrenze und sind dann mit 50% der BG von 0,025 mg/kg OS dargestellt.

FT: Frühtracht, ST: Sommertracht, FST: Mischprobe aus Früh- und Sommertracht

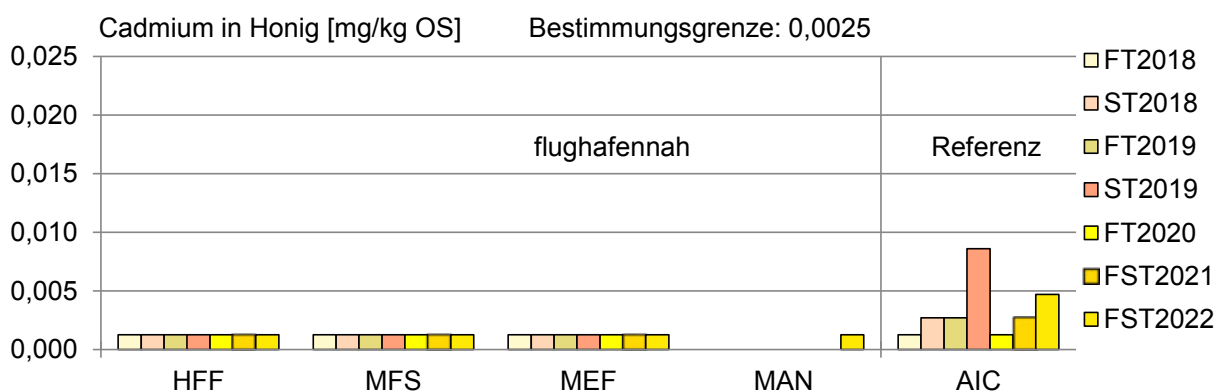
### 3.7 Gehalte von Cadmium in Pollen, Wachs und Honig



**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 (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 aus Früh- und Sommertracht

**Cadmium in Pollen** lag 2022 an den Flughafenstandorten HFF, MAN und MEF in einem engen Bereich bei 0,018–0,045 mg/kg OS, vergleichbar mit den Vorjahren 0,022–0,053 mg/kg OS (Bild 3.7-1). Die Cadmiumgehalte lagen damit innerhalb der Wertespanne des Referenzgebiets Aichach 2018–2022 von 0,018–0,063 mg/kg OS. Diese Ergebnisse sind gut mit dem Referenzstandort BRS des Bienenmonitorings im Umfeld der Berliner Flughäfen vergleichbar: 0,023–0,080 mg/kg OS.

Die am Flughafen München und im Referenzgebiet Aichach gemessenen Cadmiumgehalte in Pollen haben nur einen Anteil von 2–6 % am Höchstgehalt für Nahrungsergänzungsmittel. Dieser orientierende Beurteilungswert liegt bei 1,0 mg/kg OS (Tabelle 2.5-1).

Die **Cadmiumgehalte in Wachs** reichten 2022 flughafennah von 0,0035 bis 0,040 mg/kg OS, bis auf das Maximum vergleichbar mit den Vorjahren: <0,0025–0,024 mg/kg OS (Bild 3.7-2). Die Cadmiumgehalte in Wachs am Flughafen München lagen damit auch 2022 innerhalb des Wertebereichs des Referenzgebiets Aichach: 0,0035–0,051 mg/kg OS. Am Referenzstandort BRS des Berliner Bienenmonitorings wurden in den letzten 10 Jahren <0,0025–0,015 mg/kg OS Cadmium in Wachs gemessen. Die Ursache für die im Referenzgebiet Aichach zeitweise höheren Cadmiumgehalte ist unbekannt. 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, aber weit unter dem für Pollen orientierend herangezogenen Beurteilungswert für Nahrungsergänzungsmittel.

Die **Cadmiumgehalte in Honig** lagen 2022 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 2018–2022 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).

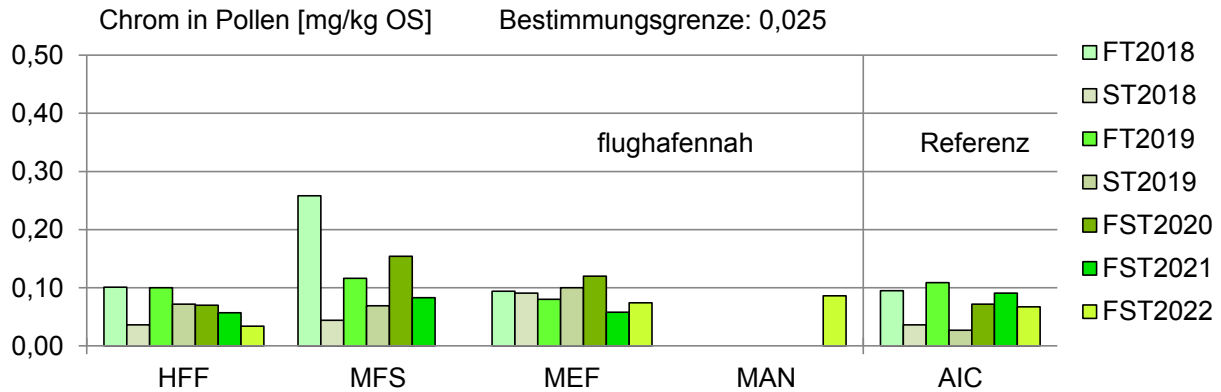
#### **Fazit für Cadmium:**

**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.**

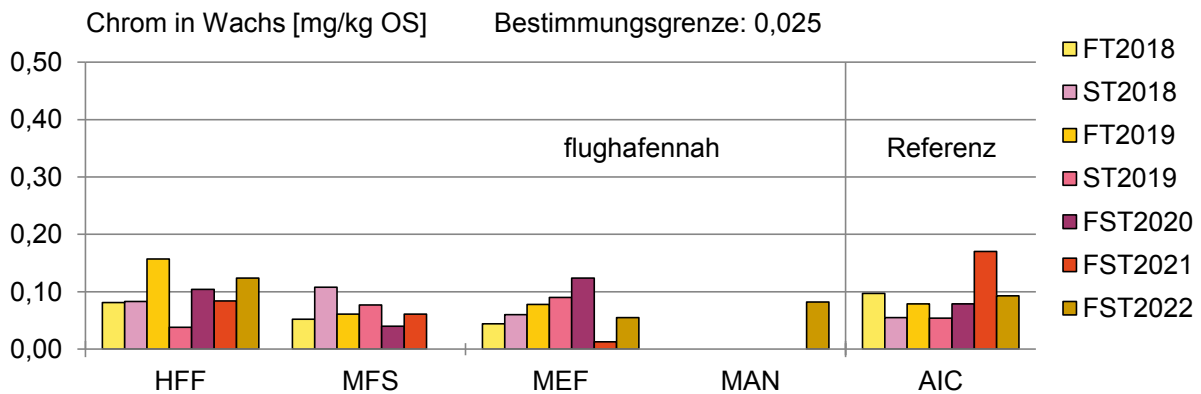
### 3.8 Gehalte von Chrom in Pollen, Wachs und Honig

Die **Chromgehalte in Pollen** lagen 2022 flughafennah in einem Bereich von 0,034–0,086 mg/kg OS, wie 2021 und enger als in den Vorjahren mit 0,036–0,26 mg/kg OS (Bild 3.8-1). Der aktuelle Wertebereich und der 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 10 Jahre: 0,041–0,27 mg/kg OS.

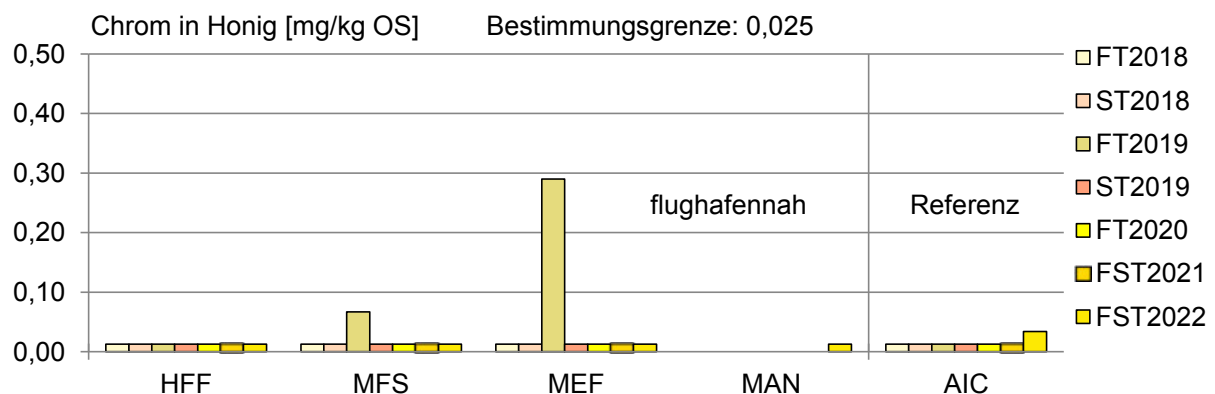




**Bild 3.8-1: Chrom in Pollen**



**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 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 aus Früh- und Sommertracht

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 23mal mehr als der maximal gemessene Chromgehalt, der somit als unauffällig zu werten ist.

**Chrom in Wachs** lag 2022 flughafennah bei 0,055–0,12 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 2018–2022 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 10 Jahren gemessen wurden: <0,025–0,13 mg/kg OS.

Die **Chromgehalte in Honig** lagen 2022 wie in den Vorjahren flughafennah – mit zwei Ausnahmen – unterhalb der Bestimmungsgrenze 0,025 mg/kg OS und sind mit deren halbem Wert dargestellt (Bild 3.8-3). Die Ausnahmen sind 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 2018–2022 Chromgehalte unterhalb BG gemessen. 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 0,067 mg/kg OS von MFS-FT-2019 liegt somit höher. Dieser und die anderen Chromgehalte oberhalb Bestimmungsgrenzen sind als unauffällig zu werten, wie der Vergleich mit hilfsweise herangezogenen Beurteilungswerten zeigt: Ein Verzehr von 10 g Frühtrachthonig 2019 vom Standort MEF entspricht mit rund 0,003 mg nur rund einem Zehntel bis knapp einem Drittel der geschätzten angemessenen Gesamtaufuhr 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 2022 an den Standorten HFF, MAN und MEF am Flughafen München in einem Bereich von 49–68 mg/kg OS, innerhalb der Spanne der Vorjahre von 24–73 mg/kg OS an HFF, MFS und MEF (Bild 3.9-1) und im Bereich der Werte 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.

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 2022 flughafennah bei 5,1–8,7 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 2018–2022 innerhalb dieses Bereichs, bei 0,47–14,6 mg/kg OS. Eisen in Wachs liegt damit mehrheitlich niedriger als in Pollen.

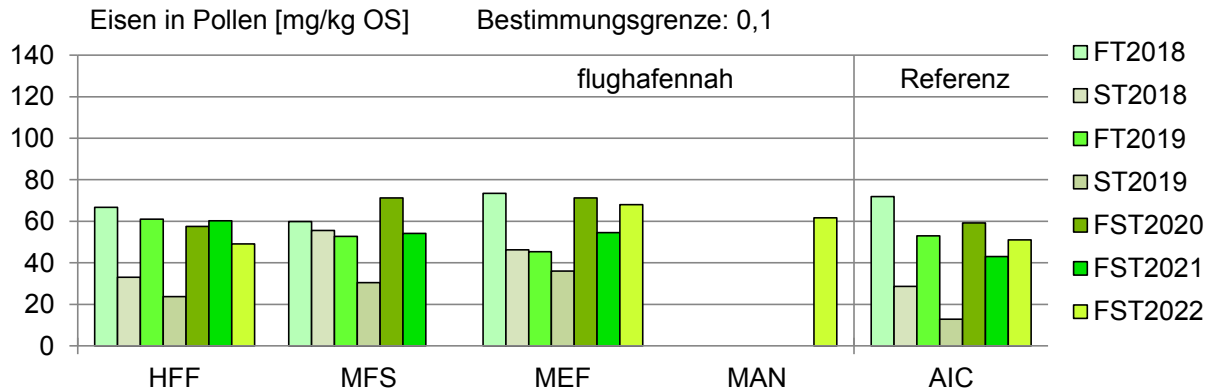


Bild 3.9-1: Eisen in Pollen

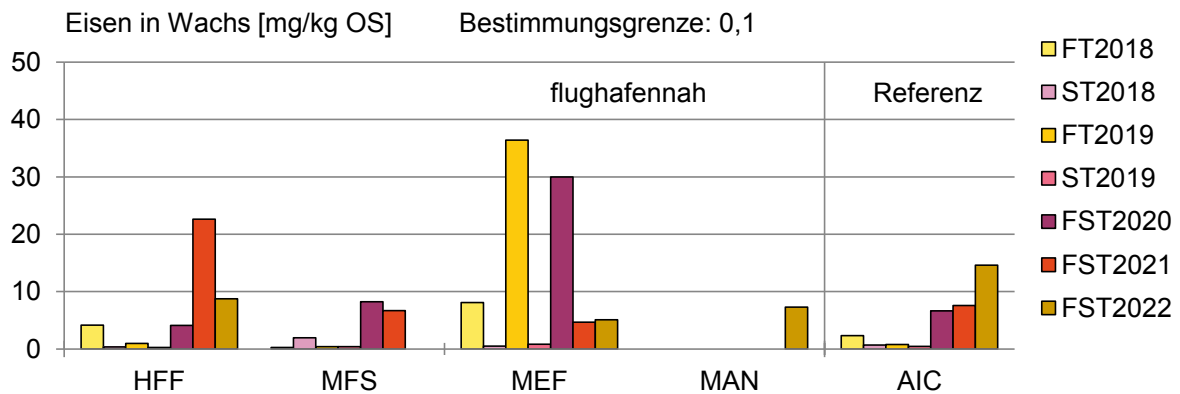


Bild 3.9-2: Eisen in Wachs

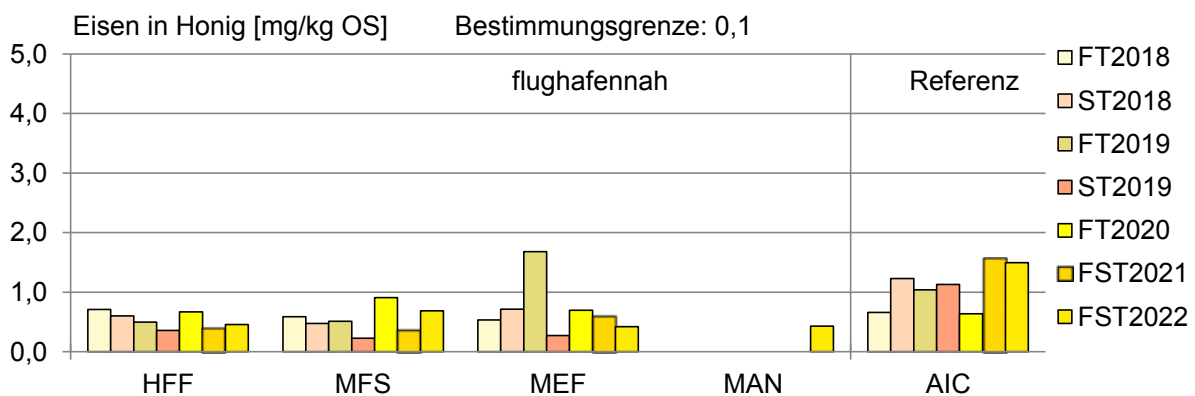


Bild 3.9-3: Eisen in Honig

Beurteilungswerte aus dem Lebensmittelrecht sind für Eisen nicht festgelegt.  
 FT: Frühtracht, ST: Sommertracht, FST: Mischprobe aus Früh- und Sommertracht

Die **Eisengehalte in Honig** fielen deutlich niedriger aus als die in Pollen. Im Jahr 2022 wurden flughafennah 0,42–0,69 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 2018–2022 ähnlich dazu bei 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 ist höher 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 2022 flughafennah in einem sehr engen Bereich von 7,9–9,2 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 2018–2022 von 3,9–9,7 mg/kg OS. Die Kupfergehalte in Pollen vom Flughafen München und Referenzgebiet Aichach liegen im Bereich der Werte der letzten 10 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:  $100 \text{ mg/kg Gehalt} \times 0,01 \text{ kg/Tag} = 1,0 \text{ mg/Tag Zufuhr}$ ). Das entspricht rund einem Zehntel des hier in Pollenproben bestimmten Bereichs und ist als unauffällig niedrig zu werten.

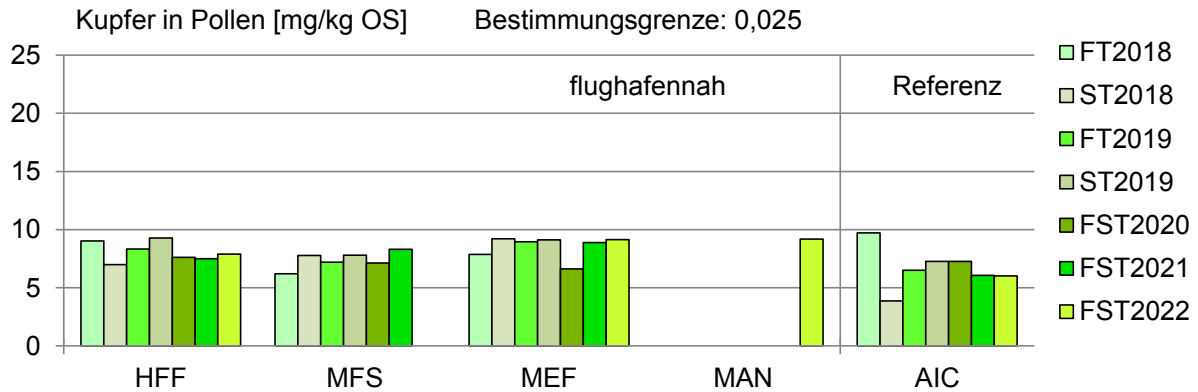
Die **Kupfergehalte in Wachs** lagen 2022 am Flughafen München bei 1,7–3,9 mg/kg OS, innerhalb der Ergebnisse der Vorjahre von 0,34–6,3 mg/kg OS (Bild 3.10-2). Sie waren in der Höhe gut mit denen des Referenzgebiets Aichach vergleichbar: 1,2–7,0 mg/kg OS. Am Referenzstandort BRS des Berliner Bienenmonitorings 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. Dass Kupfergehalte in Wachsproben sehr unterschiedlich ausfallen, zeigen auch die aktuellen Ergebnisse der Bienenmonitorings am Flughafen Dresden – mit 0,27 mg/kg OS am dortigen Referenzstandort – und am Flughafen Leipzig/Halle – mit 0,73–3,0 mg/kg OS an den dortigen Flughafenstandorten (Wäber und Pompe 2021). Insgesamt zeigen sich die Kupfergehalte in Wachs, verglichen mit den Gehalten in Pollen, als unauffällig niedrig.

Die **Kupfergehalte in Honig** lagen 2022 flughafennah in einem engen Bereich von 0,12–0,17 mg/kg OS, innerhalb der Wertespanne der Vorjahre von <0,025–0,34 mg/kg OS (Bild 3.10-3). Im Referenzgebiet Aichach wurden 2018–2022 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 Werte, die flughafennah am Münchner Airport gemessen wurden: <0,025–0,22 mg/kg OS.

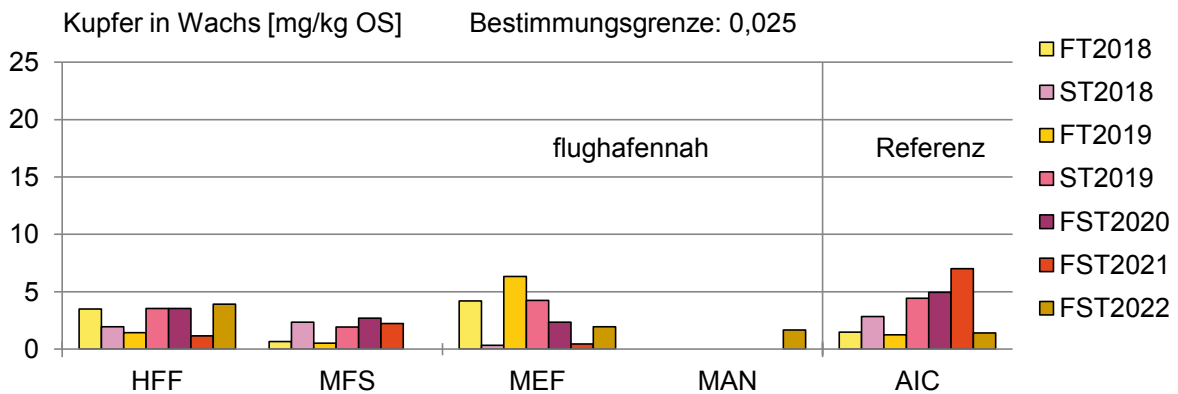
Verglichen mit der zur Beurteilung hilfsweise herangezogenen, geschätzten angemessenen Gesamtzufuhr pro Tag (DGE 2020, Tabelle 2.5-1) sind alle Kupfergehalte in Honig unauffällig niedrig: Ein Verzehr von 100 g (!) Honig aus dem Referenzgebiet Aichach mit einem Kupfergehalt von rund 0,8 mg/kg OS (Bild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

#### **Fazit für Kupfer:**

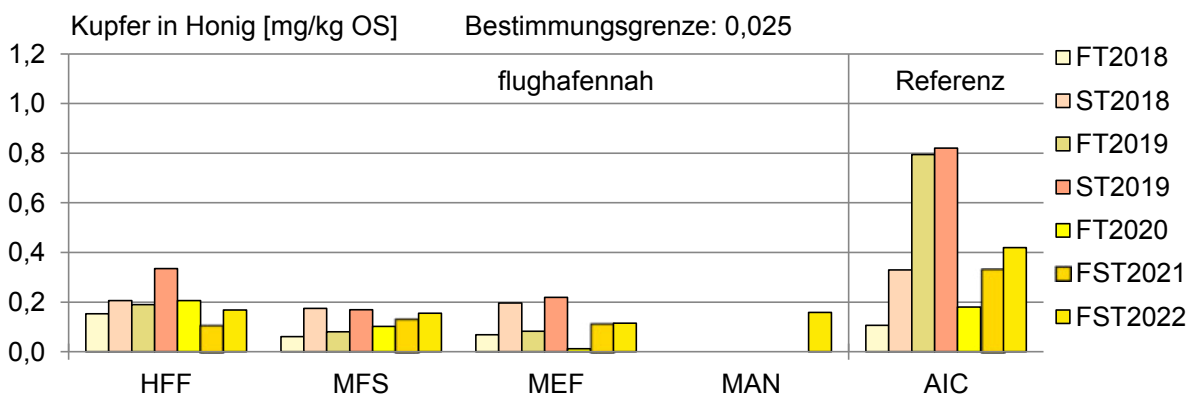
**Eine zeitliche Entwicklung, die mit dem Coronapandemie bedingten Rückgang der Flugzahlen korrespondieren würde (Bild 1.3-1 in Kap. 1.3) und ein Flughafeneinfluss zeigen sich für Kupfer in Pollen, Wachs und Honig nicht. Die Kupfergehalte sind insgesamt als unauffällig niedrig zu werten.**



**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.

Jeweils ein Kupfergehalt in Wachs und 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 aus Früh- und Sommertracht

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

Die **Nickelgehalte in Pollen** lagen 2022 an den Flughafenstandorten HFF, MAN, MEF bei 0,39–0,53 mg/kg OS, 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. Am Referenzstandort BRS des Bienenmonitorings im Umfeld der Berliner Flughäfen wurden seit 2013 ähnliche Werte gemessen: <0,10–1,0 mg/kg OS.

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 2022 flughafennah von 0,11 bis 1,0 mg/kg OS und übertrafen damit nur an MAN die Wertspanne der Vorjahre 0,030–0,58 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 (nicht 2022) höher. Am Referenzstandort BRS der Berliner Flughäfen wurden in den letzten 10 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) nicht als hoch zu werten.

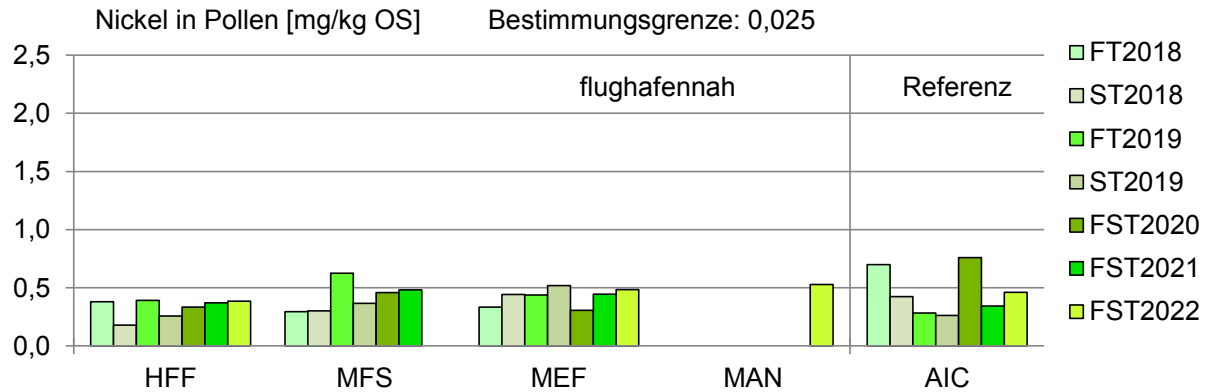
Die **Nickelgehalte in Honig** lagen 2022 flughafennah unterhalb der Bestimmungsgrenze 0,025 mg/kg OS und sind mit deren halbem Wert dargestellt (Bild 3.11-3). In den Vorjahren wurde dort in Honig maximal 0,047 mg/kg Nickel bestimmt. Im Referenzgebiet Aichach lag Nickel in Frühtrachthonig 2018 und 2020 ebenfalls unterhalb BG, während in den anderen Honigproben 2018–2022 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.

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).

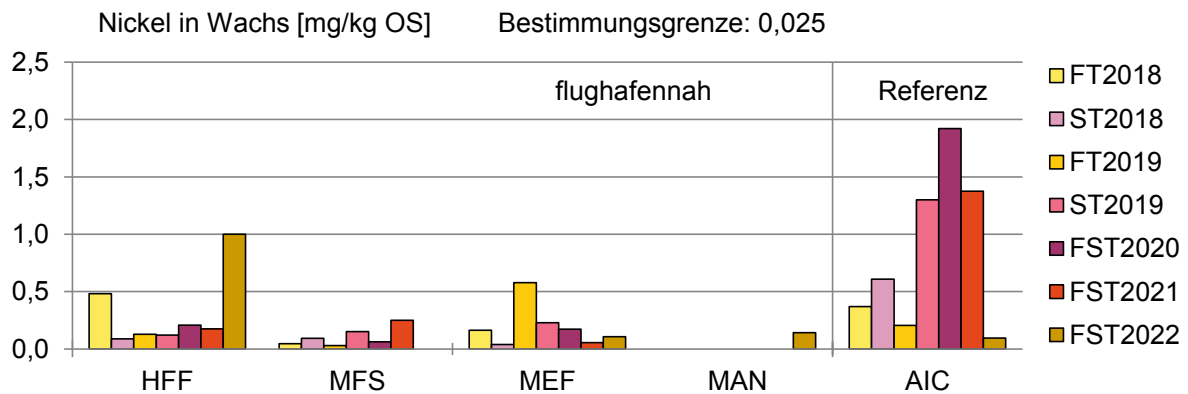
Die Ursache für die im Standortvergleich zeitweise höheren Nickelgehalte wie für die zeitweise höheren Cadmium-, Kupfer- und Zinkgehalte (vgl. Kap. 3.7, Kap. 3.10 und siehe Kap. 3.13) in Honig aus dem Referenzgebiet Aichach ist nicht bekannt – ebenso wie die Ursache für die zeitweise höheren Cadmium- und Nickelgehalte in dortigem Wachs. Die betroffenen Metalle deuten 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 zwischenzeitlich durch eine neues Gerät ersetzt.

#### **Fazit für Nickel:**

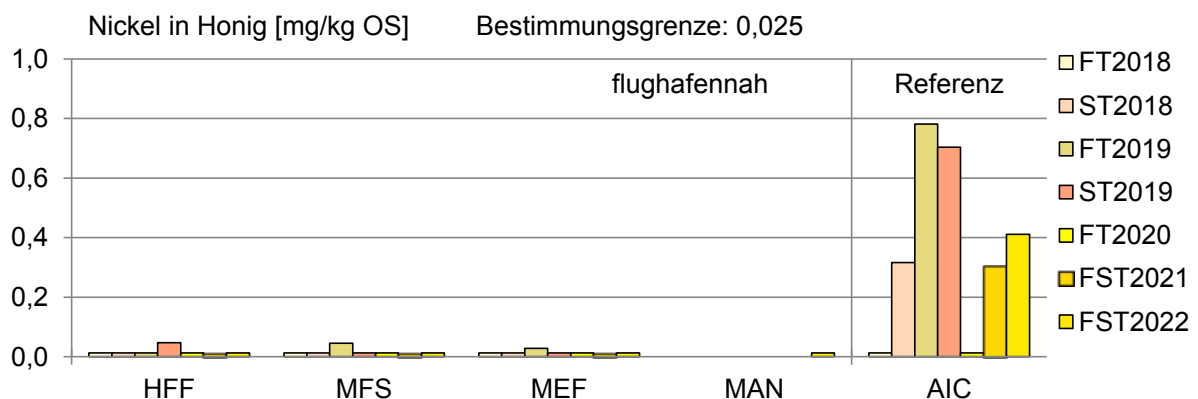
**Eine zeitliche Entwicklung, die mit dem Coronapandemie bedingten Rückgang der Flugzahlen korrespondieren würde (Bild 1.3-1 in Kap. 1.3), zeigt sich für Nickel in Pollen, Wachs und Honig nicht. Ein Einfluss des Flughafenbetriebs auf die niedrigen Nickelgehalte an flughafennahen Standorten nicht feststellbar.**



**Bild 3.11-1: Nickel in Pollen**



**Bild 3.11-2: Nickel in Wachs**



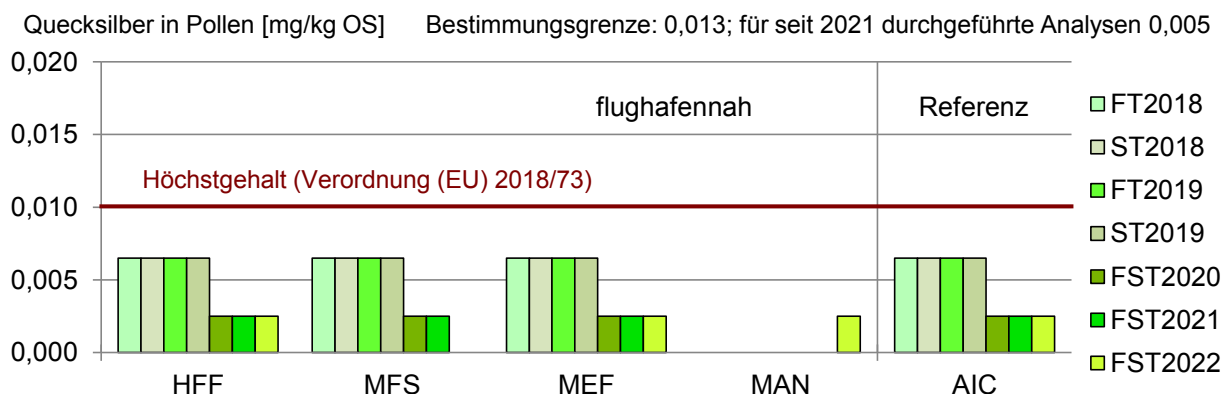
**Bild 3.11-3: Nickel in Honig**

Beurteilungswerte aus dem Lebensmittelrecht sind für Nickel nicht festgelegt.

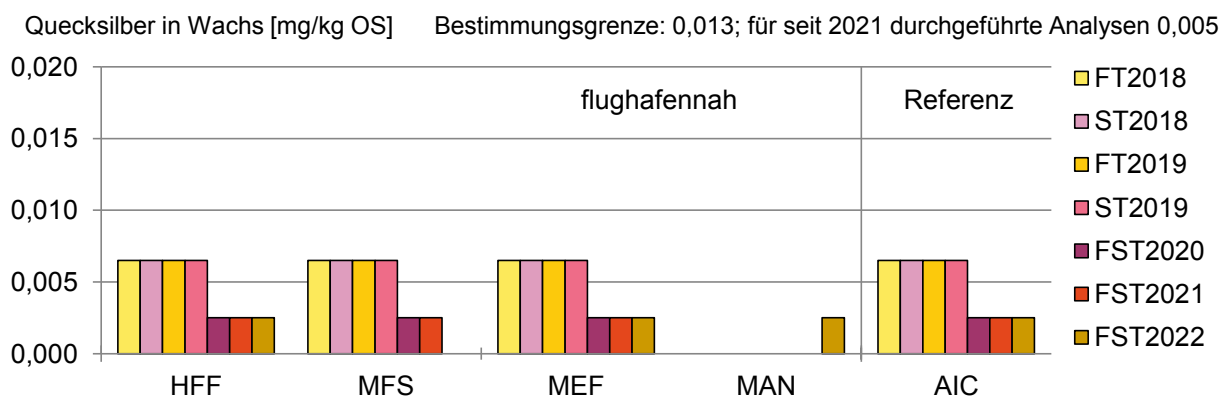
Die Nickelgehalte lagen teilweise unterhalb der Bestimmungsgrenze und sind dann mit 50% der BG von 0,025 mg/kg OS dargestellt.

FT: Frühtracht, ST: Sommertracht, FST: Mischprobe aus Früh- und Sommertracht

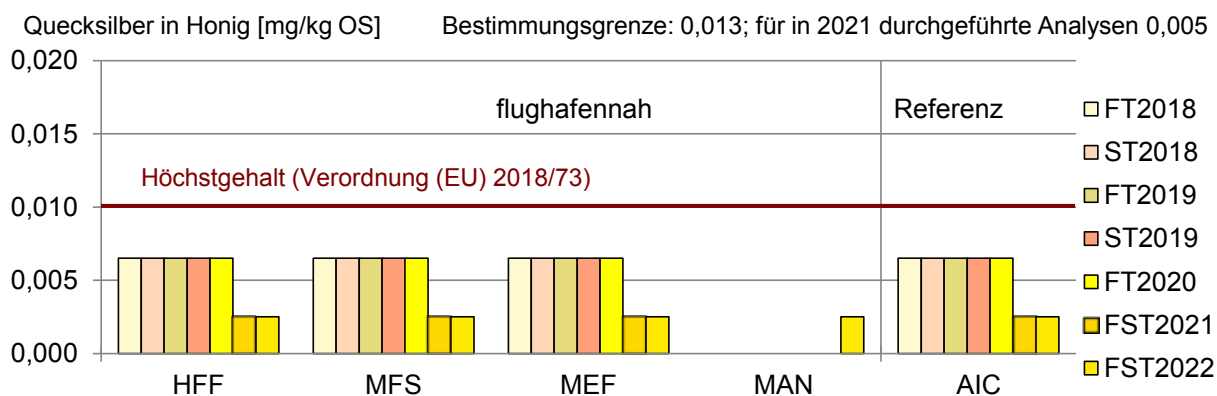
### 3.12 Gehalte von Quecksilber in Pollen, Wachs und Honig



**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 aus Früh- und Sommertracht



Die **Quecksilbergehalte in Pollen, Wachs und Honig** lagen 2022 wie in den Vorjahren flughafennah und im Referenzgebiet Aichach sämtlich unterhalb der Bestimmungsgrenzen. Diese betrug bis 2020 0,013 mg/kg OS und für die seit 2021 durchgeführten Analysen 0,0050 mg/kg OS (Bild 3.12-1, Bild 3.12-2, Bild 3.12-3). 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.**

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

Die **Zinkgehalte in Pollen** lagen 2022 flughafennah in einem relativ engen Bereich von 66–94 mg/kg OS, vergleichbar mit den Werten der Vorjahre von 31–90 mg/kg OS (Bild 3.13-1) Sie stimmten mit dem Wertebereich im Referenzgebiet Aichach 2018–2022 von 33–88 mg/kg OS 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 knapp einem Fünftel des am Flughafen München und im Referenzgebiet Aichach maximal in Pollenproben bestimmten Zinkgehalts, 94 mg/kg OS, und ist als unauffällig niedrig zu werten.

Die **Zinkgehalte in Wachs** lagen 2022 an den Flughafenstandorten HFF, MAN und MEF bei 21–60 mg/kg OS und damit innerhalb der Ergebnisse der Vorjahren von 5,8–70 mg/kg OS (Bild 3.13-2). Im Referenzgebiet Aichach lagen sie 2018–2022 in einem vergleichbaren Wertebereich: 26–80 mg/kg OS. Zum Vergleich: Am Referenzstandort BRS des Berliner Bienenmonitorings lag in den letzten 10 Jahren mit 3,8–52 mg/kg OS eine ähnliche Wertespanne für Zink in Wachs vor.

Die **Zinkgehalte in Honig** lagen 2022 flughafennah in einem engen Bereich von 0,37–0,42 mg/kg OS, innerhalb der Wertespanne der Vorjahren von 0,21–0,91 mg/kg OS (Bild 3.13-3). Im Referenzgebiet Aichach wurden 2018–2022 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-, Kupfer- und Nickelgehalten (Kap. 3.7, Kap. 3.10, Kap. 3.11), ist nicht bekannt.

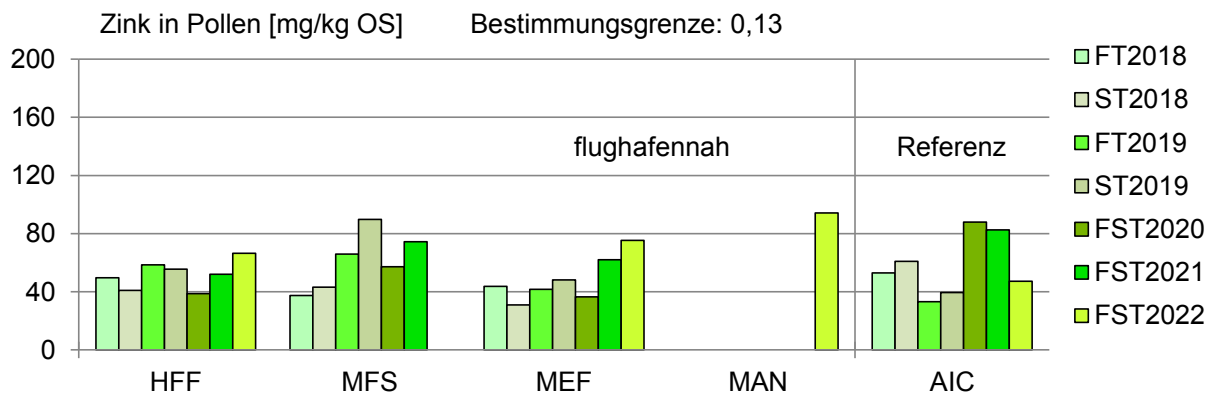


Bild 3.13-1: Zink in Pollen

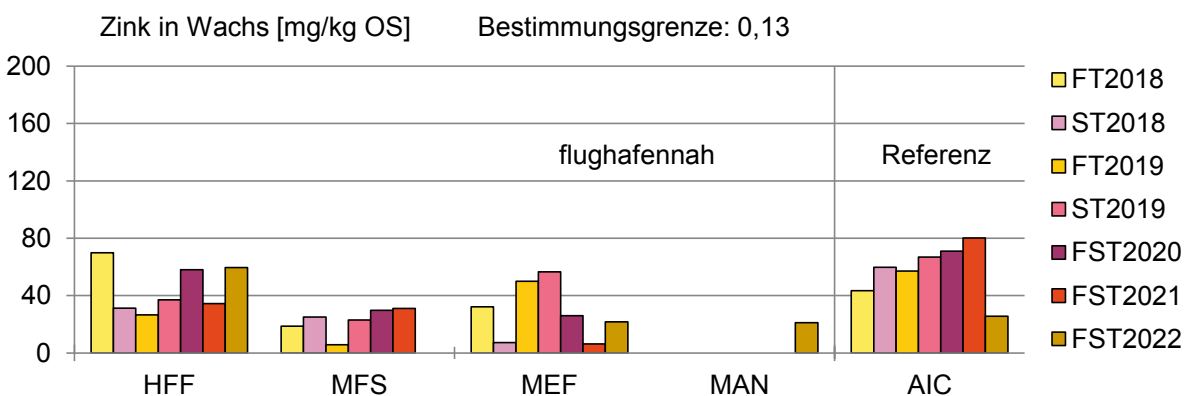


Bild 3.13-2: Zink in Wachs

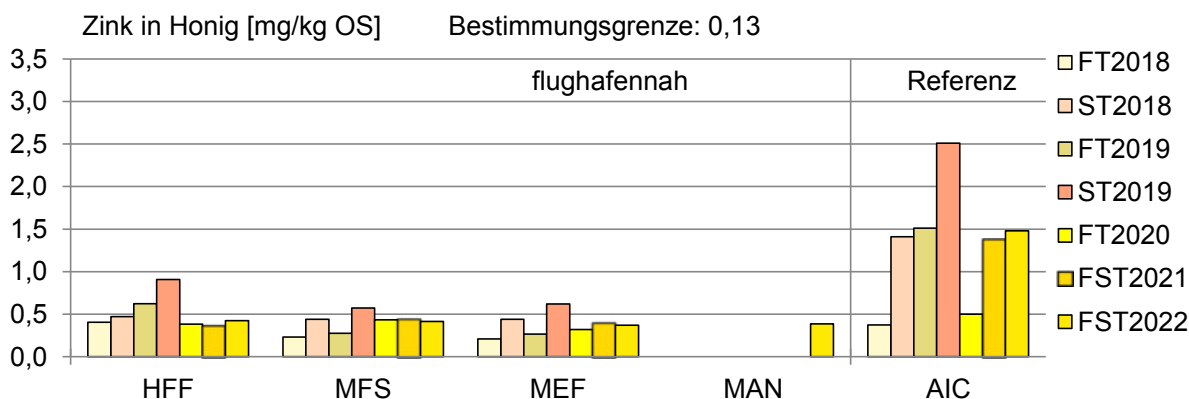


Bild 3.13-3: Zink in Honig

Beurteilungswerte aus dem Lebensmittelrecht sind für Zink nicht festgelegt.  
 FT: Frühtracht, ST: Sommertracht, FST: Mischprobe aus Früh- und Sommertracht

**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.

### 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) 2018–2022 gezeigt.

Die **Benzo[a]pyren-Gehalte in Pollen** lagen 2022 an den Standorten HFF, MEF und MAN (seit 2022) am Flughafen München bei  $<0,10\text{--}0,25\ \mu\text{g}/\text{kg OS}$  (BG  $0,10\ \mu\text{g}$ : ein Zehntel Mikrogramm entspricht einem Zehntausendstel Milligramm). Diese Werte stimmen gut mit den Vorjahren überein:  $0,11\text{--}0,47\ \mu\text{g}/\text{kg OS}$  (Bild 3.14-1). Der Wertebereich 2018–2022 des Referenzgebiets Aichach von  $<0,10\text{--}0,29\ \mu\text{g}/\text{kg OS}$  ist dem ähnlich. Am Referenzstandort BRS des Bienenmonitorings im Umfeld der Berliner Flughäfen war die Wertespanne 2013–2022 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 Kittharz und Gelée Royale gemäß VO (EU) 2015/1933 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. 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.

Die **Benzo[a]pyren-Gehalte in Wachs** lagen 2022 flughafennah bei  $0,10\text{--}0,16\ \mu\text{g}/\text{kg OS}$ , 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 2018–2022 von  $<0,1\text{--}0,15\ \mu\text{g}/\text{kg OS}$  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 Kittharz 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.**

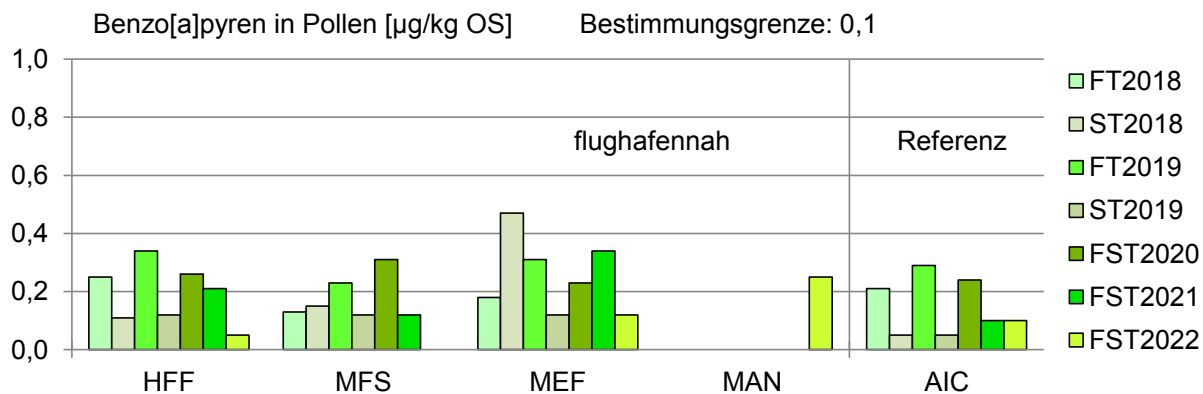


Bild 3.14-1: Benzo[a]pyren in Pollen

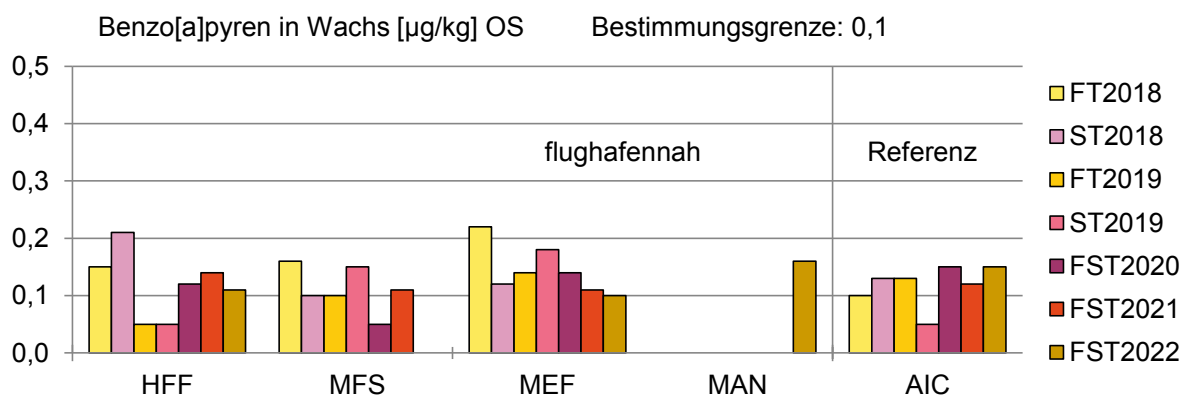


Bild 3.14-2: Benzo[a]pyren in Wachs

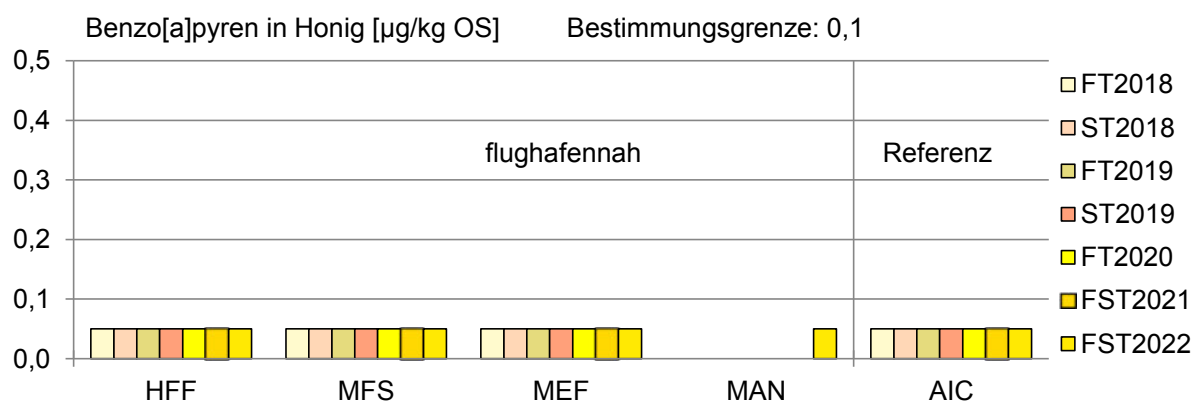


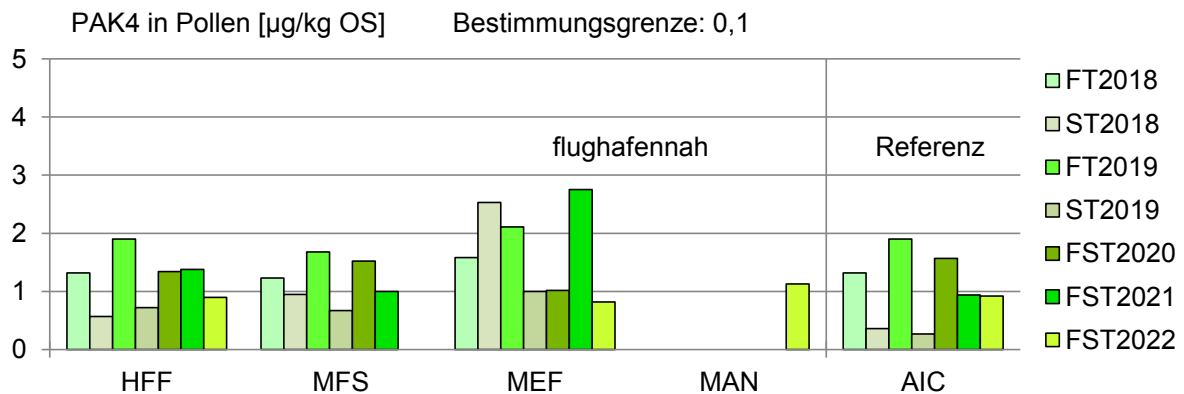
Bild 3.14-3: Benzo[a]pyren in Honig

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

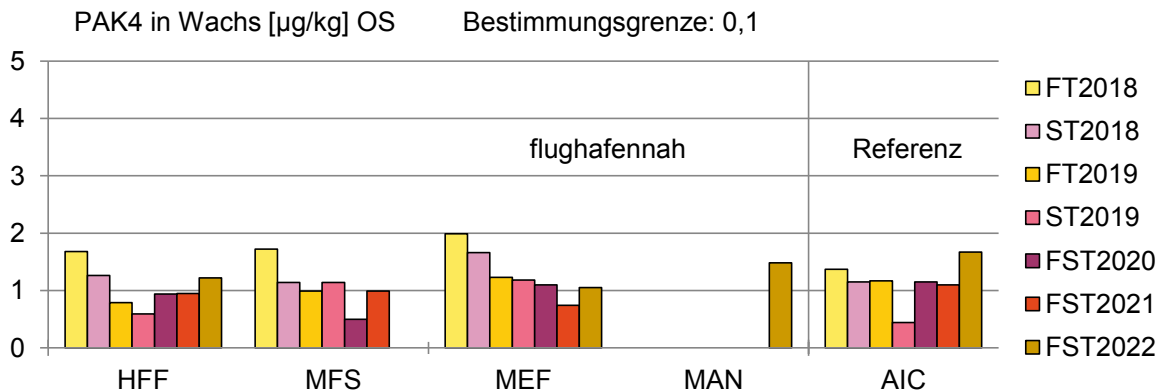
Die BaP-Gehalte lagen teilweise und in Honig sämtlich unterhalb der Bestimmungsgrenze und sind dann mit 50% der BG von 0,10  $\mu\text{g}/\text{kg OS}$  dargestellt.

FT: Frühtracht, ST: Sommertracht, FST: Mischprobe aus Früh- und Sommertracht

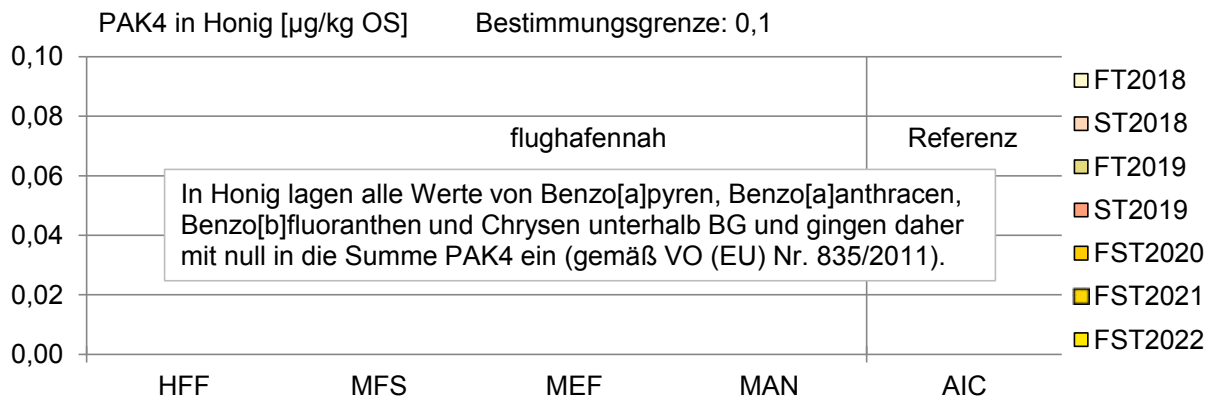
**PAK4**, die Summe der vier Verbindungen Benzo[a]pyren, Benzo[a]anthracen, Benzo[b]fluoranthren und Chrysen, dient der Bewertung von Kontaminanten in Lebensmitteln. „Konzentrationsuntergrenzen werden unter der Annahme berechnet, dass sämtliche Werte für die vier Stoffe, die unterhalb BG liegen, null sind“ (VO (EU) Nr. 835/2011 mit 2015/1993). Daher gehen „Werte unterhalb BG“ der vier PAK-Verbindungen nicht in die Summe PAK4 ein.



**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 Kittharz und Gelée Royale (VO (EU) 2015/1933; Tabelle 2.5-1) kann auf Pollen und orientierend auf Honig angewendet werden.  
 FT: Frühtracht, ST: Sommertracht, FST: Mischprobe aus Früh- und Sommertracht

**PAK4-Gehalte in Pollen** lagen 2022 an den Flughafenstandorten HFF, MEF und MAN bei 0,82–1,1 µg/kg OS, innerhalb des Wertebereichs der Vorjahre von 0,57–2,5 µg/kg OS (Bild 3.14-4) und mit dem Wertebereich 2018–2022 des Referenzgebiets Aichach von 0,27–1,9 µg/kg OS vergleichbar. Am Referenzstandort BRS des Bienenmonitorings im Umfeld der Berliner Flughäfen wurden 2013–2022 zum Teil höhere PAK4-Gehalte in Pollen erreicht: 0–10 µg/kg OS.

Der Höchstgehalt für PAK4 für die Bienenprodukte Kittharz 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; ab 2020 Früh- und Sommertracht-Mischproben). Als saisonale PAK-Quelle kommt Hausbrand in Frage.

Die **PAK4-Gehalte in Wachs** lagen 2022 flughafennah bei 1,1–1,5 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 10 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.**

Die **Summen der 16 PAK in Pollen** lagen 2022 an den Flughafenstandorten HFF, MEF und MAN bei 15,5–16,5 µg/kg OS, innerhalb der Wertespanne der Vorjahre von 13–34 µg/kg OS (Bild 3.14-7). Der Wertebereich 2018–2022 von 16 PAK in Pollen aus dem Referenzgebiet Aichach stimmt damit 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.

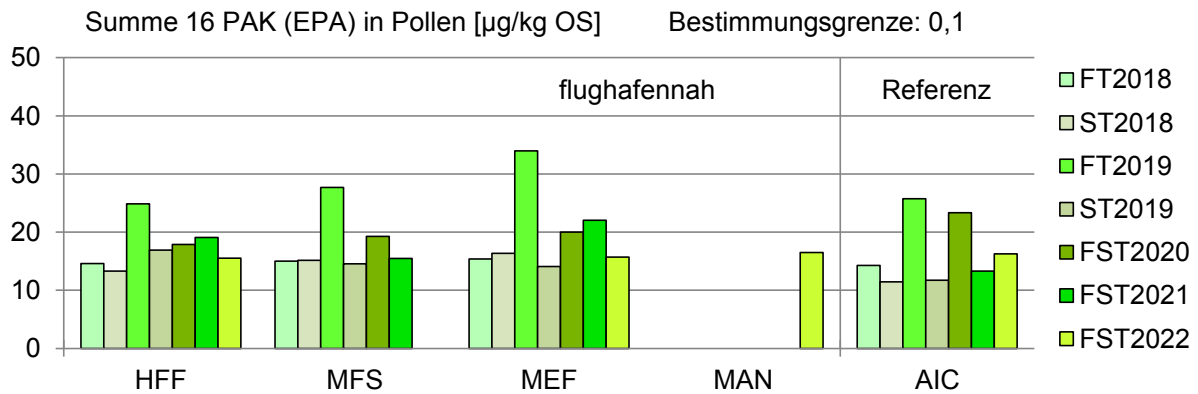
Beurteilungswerte aus dem Lebensmittelrecht sind für die Summe der 16 PAK nicht festgelegt.

**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 auf, die auf saisonale PAK-Immissionswirkungen, den Betrieb von häuslichen Kleinf Feuerungsanlagen im Frühjahr, hinwiesen.

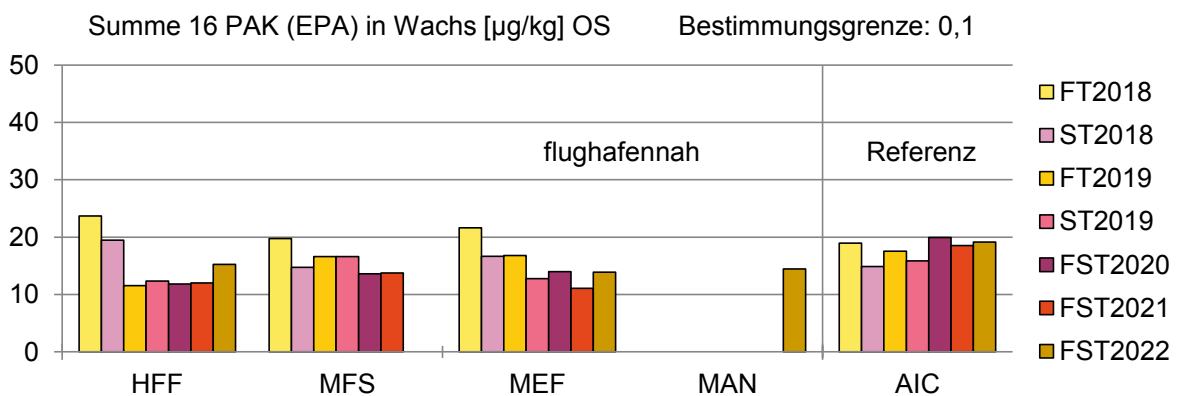
Die **16 PAK-Gehalte in Wachs** lagen 2022 flughafennah bei 13,9–15,2 µg/kg OS, innerhalb der Wertespanne der Vorjahre von 11,1–24 µg/kg OS (Bild 3.14-8). Mit diesem Wertebereich stimmten auch die 16 PAK-Gehalte in Wachs aus dem Referenzgebiet Aichach 2018–2022 gut überein: 14,9–20 µg/kg OS. Am Referenzstandort BRS des Berliner Bienenmonitorings wurden in den letzten 10 Jahren teilweise höhere Werte gemessen: 25–116 µg/kg OS.

Die **16 PAK-Gehalte in Honig** lagen 2022 flughafennah bei 7,5–8,9 µg/kg OS, innerhalb der relativ engen Wertespanne der Vorjahre von 5,5–12,7 µg/kg OS am Münchner Airport, mit guter Übereinstimmung mit dem Referenzgebiet: dort 6,5–14,2 µg/kg OS (Bild 3.14-9). Am Referenzstandort BRS des Berliner Bienenmonitorings lagen die 16 PAK-Gehalte 2013–2022 mit 9,0–34 µg/kg OS teilweise höher. Der Vergleich mit Referenzstandorten des Flughafens Leipzig/Halle 2019–2021 mit 6,6–11 µg/kg

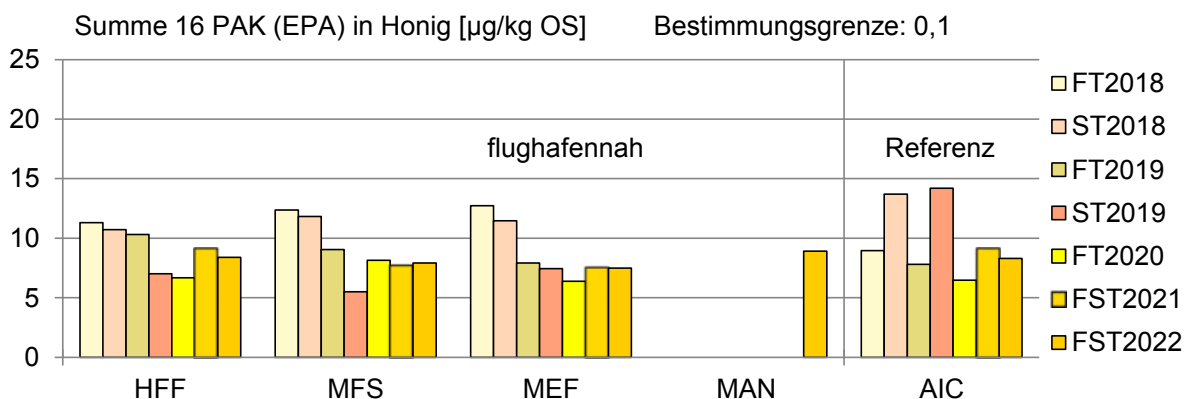
OS und des Flughafens Dresden 2018–2021 mit 5,3–8,0 µg/kg OS (Wäber und Pompe 2021a, 2021) bestätigt, dass diese und die Ergebnisse aus dem Umfeld des Flughafens München niedrig sind.



**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 aus Früh- und Sommertracht

**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]fluoranthen
BG	analytische Bestimmungsgrenze
BghiP	Benzo[g,h,i]perylene
BgVV	Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin
BRS	Bienenvölkerstandort im Referenzgebiet Schorfheide für SXF: 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
HFT	Bienenvölkerstandort nahe MUC Südbahn und FMG-Verwaltung/Tankstelle bis 2015
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
MFS	Bienenvölkerstandort am östlichen Ende der Südbahn des Flughafens München
MIF	Bienenvölkerstandort zwischen beiden Start-/Landebahnen 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]fluoranthren, CHR (VO (EU) Nr. 835/2011)
Pb	Blei
PHE	Phenanthren
PYR	Pyren
TXL	Flughafen Berlin Tegel
Sb	Antimon
UB	Upper Bound (obere Grenze): aMW inklusive „Werte“ <BG werden gleich BG gesetzt
UBA	Umweltbundesamt
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)

**Emittent** 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:**

Das EU-Lebensmittelrecht hat für bestimmte -> **Kontaminanten** in verschiedenen Lebensmitteln Höchstgehalte in VO (EG) Nr. 1881/2006 festgesetzt. Gemäß §6 dieser Verordnung gilt: „Um einen wirksamen Schutz der öffentlichen Gesundheit sicherzustellen, sollten Erzeugnisse mit einem Gehalt an Kontaminanten, der über dem zulässigen Höchstgehalt liegt, weder als solche noch nach Vermischung mit anderen Lebensmitteln oder als Lebensmittelzutat in den Verkehr gebracht werden“.

### **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 (VDI4330/4 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 zu 100% 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 – mit

HonigVuaÄndV (2015): Verordnung zur Änderung der Honigverordnung und anderer lebensmittelrechtlicher Vorschriften vom 30.06.2015. (BGBl. I S. 1090 Nr. 27)

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

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) 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) 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

## 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

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 3:2023-01: 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.
- 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.
- 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 der 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.
- 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

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.), Quelle im Internet: <https://www.dge.de/wissenschaft/referenzwerte/kupfer-mangan-chrom-molybdaen/> zuletzt überarbeitet 2000 (Stand 10.01.2023)

EUFIC (2019): Chrom in der Ernährung. European Food Information Council (Hrsg.), Quelle im Internet: <https://www.eufic.org/de/in-unserem-essen/artikel/chrom-in-der-ernaehrung/> (Stand 10.01.2023)

UBA (2014): Wie kommt Quecksilber in die Umwelt? Umweltbundesamt (Hrsg.), Dessau, Quelle im Internet: <http://www.umweltbundesamt.de/themen/wie-kommt-quecksilber-in-die-umwelt> (Stand 10.01.2023)

UBA (2014a): Umweltbelastungen der Landwirtschaft: Düngemittel. Umweltbundesamt (Hrsg.), Dessau, Quelle im Internet: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/umweltbelastungen-der-landwirtschaft/duengemittel#textpart-1> (Stand 10.01.2023)

UBA (2022): Emissionsentwicklung 1990 – 2022 für Schwermetalle. Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen, Umweltbundesamt (Hrsg.), Quelle im Internet: <http://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/emissionen-von-luftschadstoffen> (Stand 10.01.2023)

Wäber, M., Pompe, F. (2021): Bienenmonitoring am Flughafen Dresden 2004–2021. Flughafen Dresden GmbH (Hrsg.), Quelle im Internet: [https://di5l0vjrkc7a.cloudfront.net/user\\_upload/Dresden/Bilder/Unternehmen/Umwelt/DRS2021\\_Bericht\\_Biomonitoring\\_Honig.pdf](https://di5l0vjrkc7a.cloudfront.net/user_upload/Dresden/Bilder/Unternehmen/Umwelt/DRS2021_Bericht_Biomonitoring_Honig.pdf) (Stand 10.01.2023)

Wäber, M., Pompe, F. (2021a): Bienenmonitoring am Flughafen Leipzig/Halle 2009–2021. Flughafen Leipzig/Halle (Hrsg.), Quelle im Internet: [https://di5l0vjrkc7a.cloudfront.net/user\\_upload/Leipzig\\_Halle/Bilder/Umwelt/LEJ\\_Honigbericht2009-2021.pdf](https://di5l0vjrkc7a.cloudfront.net/user_upload/Leipzig_Halle/Bilder/Umwelt/LEJ_Honigbericht2009-2021.pdf) (Stand 10.01.2023)

Wäber, M., Pompe, F. (2019/2022): 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.), <https://corporate.berlin-airport.de/content/dam/corporate/de/umwelt/luft/Bienenmonitoring%20%20-%20Allgemeiner%20Teil.pdf> (Stand: 05.01.2023)

Wäber, M., Pompe, F. (2022): Bienenmonitoring im Umfeld der Flughäfen Schönefeld/BER und Berlin Tegel – Teil 2: Ergebnisteil 2013 bis 2022. Flughafen Berlin Brandenburg GmbH (Hrsg.), <https://corporate.berlin-airport.de/content/dam/corporate/de/umwelt/luft/Bienenmonitoring%20%20-%20Ergebnisse%202011-2022.pdf> (Stand: 05.01.2023)

Wäber, M., Pompe, F. (2022a): Bienenmonitoring am Flughafen Dresden 2004–2021. Flughafen Dresden (Hrsg.), [https://www.mdf-ag.com/media/user\\_upload/Dresden/Bilder/Unternehmen/Umwelt/DRS2021\\_Bericht\\_Biomonitring\\_Honig.pdf](https://www.mdf-ag.com/media/user_upload/Dresden/Bilder/Unternehmen/Umwelt/DRS2021_Bericht_Biomonitring_Honig.pdf) (Stand: 02.12.2022)

Wäber, M., Pompe, F. (2023 in Publikation): Bienenmonitoring am Flughafen Leipzig/Halle 2009–2022. Flughafen Leipzig/Halle (Hrsg.), Quelle im Internet: <https://www.mdf-ag.com/unternehmen/umwelt/flughafen-leipzig/halle-gmbh/biomonitring/> (Stand 10.01.2023)

## 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/00000000000000008513306bb5e4ce51a/honigmonitoring2019.pdf](https://www.munich-airport.de/_b/00000000000000008513306bb5e4ce51a/honigmonitoring2019.pdf) (Stand: 05.01.2023)

Wäber, M., Pompe, F. (2021): Honigmonitoring am Flughafen München 2020 – Kurzbericht. Flughafen München GmbH (Hrsg.), [https://www.munich-airport.de/\\_b/0000000000000010566786bb601a5a95/20210128-honigmonitoring2020-kurzbericht.pdf](https://www.munich-airport.de/_b/0000000000000010566786bb601a5a95/20210128-honigmonitoring2020-kurzbericht.pdf) (Stand: 05.01.2023)

Wäber, M., Pompe, F. (2022b): 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) (Stand: 05.01.2023)

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

- Wäber, M., Pompe, F. (2018): Honigmonitoring am Flughafen München 2018
- Wäber, M. (2017): Honigmonitoring am Flughafen München 2017
- Wäber, M. (2017): Honigmonitoring am Flughafen München 2016
- Wäber, M. (2016): Honigmonitoring am Flughafen München 2015
- Wäber, M. (2015): Honigmonitoring am Flughafen München 2014
- Wäber, M. (2014): Honigmonitoring am Flughafen München 2013
- Wäber, M. (2013): Honigmonitoring am Flughafen München 2012 - Zusammenschau der Ergebnisse 2008-2012
- Wäber, M. (2012): Honigmonitoring am Flughafen München 2011 mit Schwerpunkt Wachstumsuntersuchung - mit Vergleichswerten des Flughafens Berlin Brandenburg
- Wäber, M. (2011): Honig-Monitoring am Flughafen München 2010
- Wäber, M. (2009): Honig- und Wachs-Monitoring am Flughafen München 2009
- Wäber, M. (2008): Honig-Monitoring in der Nachbarschaft des Flughafens München 2008

## 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: Drogenwabe (in Wildbau) vom Standort MEF am Flughafen München .....	12
Bild 1.3-1: Flugbewegungen 2020–2022 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 2022 .....	17
Bild 2.2-1: Pollenfallen vor den Fluglöchern.....	19
Bild 2.2-2: Flughafen-Pollenernte .....	19
Bild 2.2-3: Beispiele von 2 Sommertracht-Pollenstichproben von MAN und MEF 2022 .....	19
Bild 2.2-4: Nach der Wachsprobennahme am Standort MEF 2021 .....	19
Bild 2.2-5: Beispiel einer Drogenwabe –Sommertracht vom Standort HFF 2022.....	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: Flughafenhonigglas .....	32
Bild 3.3-1: Prozentuale Anteile der Stoffgehalte in Pollen, Wachs und Honig .....	33
Bild 3.4-1: Antimon in Pollen .....	34
Bild 3.4-2: Antimon in Wachs .....	34
Bild 3.4-3: Antimon in Honig .....	34
Bild 3.5-1: Arsen in Pollen .....	36
Bild 3.5-2: Arsen in Wachs .....	36
Bild 3.5-3: Arsen in Honig.....	36
Bild 3.6-1: Blei in Pollen.....	38
Bild 3.6-2: Blei in Wachs.....	38
Bild 3.6-3: Blei in Honig .....	38
Bild 3.7-1: Cadmium in Pollen .....	39
Bild 3.7-2: Cadmium in Wachs .....	39
Bild 3.7-3: Cadmium in Honig.....	39
Bild 3.8-1: Chrom in Pollen.....	41
Bild 3.8-2: Chrom in Wachs.....	41
Bild 3.8-3: Chrom in Honig .....	41

Bild 3.9-1: Eisen in Pollen.....	43
Bild 3.9-2: Eisen in Wachs.....	43
Bild 3.9-3: Eisen in Honig .....	43
Bild 3.10-1: Kupfer in Pollen .....	45
Bild 3.10-2: Kupfer in Wachs .....	45
Bild 3.10-3: Kupfer in Honig.....	45
Bild 3.11-1: Nickel in Pollen .....	47
Bild 3.11-2: Nickel in Wachs.....	47
Bild 3.11-3: Nickel in Honig .....	47
Bild 3.12-1: Quecksilber in Pollen .....	48
Bild 3.12-2: Quecksilber in Wachs .....	48
Bild 3.12-3: Quecksilber in Honig .....	48
Bild 3.13-1: Zink in Pollen.....	50
Bild 3.13-2: Zink in Wachs.....	50
Bild 3.13-3: Zink in Honig .....	50
Bild 3.14-1: Benzo[a]pyren in Pollen .....	52
Bild 3.14-2: Benzo[a]pyren in Wachs .....	52
Bild 3.14-3: Benzo[a]pyren in Honig.....	52
Bild 3.14-4: PAK4 in Pollen .....	53
Bild 3.14-5: PAK4 in Wachs .....	53
Bild 3.14-6: PAK4 in Honig.....	53
Bild 3.14-7: 16 PAK in Pollen .....	55
Bild 3.14-8: 16 PAK in Wachs .....	55
Bild 3.14-9: 16 PAK in Honig.....	55
Bild 9.1-1: Untersuchungsbefund zur Qualität von Sommertrachthonig von Standort MAN 2022 .....	69
Bild 9.1-2: Befund der Untersuchung auf Varroabekämpfungsmittel- und Pestizidrückstände für Frühtrachthonig von Standort MFS 2021 .....	70

## 8 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1.3-1: Übersicht über das Honigmonitoring am Flughafen München 2008–2022.....	14
Tabelle 2.1-1: Übersicht über die Bienenvölkerstandorte 2018–2022 .....	18
Tabelle 2.3-1: Als typische Luftverunreinigungen untersuchte, persistente (langlebige) Stoffe .....	20
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 .....	27
Tabelle 3.1-1: Ergebnisse der Vitalitätserhebungen 2022 im Vergleich zu 2020 und 2021 .....	30
Tabelle 10.1-1: PAK-Analysen von Pollen 2018 .....	71
Tabelle 10.1-2: PAK-Analysen von Pollen 2019 .....	71
Tabelle 10.1-3: PAK-Analysen von Pollen 2020–2021 .....	72
Tabelle 10.1-4: PAK-Analysen von Pollen 2022 .....	72
Tabelle 10.2-1: PAK-Analysen von Wachs 2018 .....	73
Tabelle 10.2-2: PAK-Analysen von Wachs 2019 .....	73
Tabelle 10.2-3: PAK-Analysen von Wachs 2020–2021 .....	74
Tabelle 10.2-4: PAK-Analysen von Wachs 2022 .....	74
Tabelle 10.3-1: PAK-Analysen von Honig 2018.....	75
Tabelle 10.3-2: PAK-Analysen von Honig 2019 .....	75
Tabelle 10.3-3: PAK-Analysen von Honig 2020–2021 .....	76
Tabelle 10.3-4: PAK-Analysen von Honig 2022 .....	76

## 9 Anhang A: Qualitätsuntersuchungen

### 9.1 Ergebnisbeispiele der Qualitäts- und Pestiziduntersuchungen

Die Untersuchungsprotokolle für die Qualitäts- und Pestiziduntersuchungen des Flughafenhonigs 2020–2022 (Kap. 3.2) sind nachfolgend exemplarisch für Sommertrachthonig vom 2022 neu etablierten Standort MAN (Bild 9.1-1) und für Frühtrachthonig 2021 vom Standort MFS (Bild 9.1-2) dargestellt. Frühtrachthonig 2021 vom Standort MFS ist der einzige seit Start des Honigmonitorings 2008, bei dem 2 der 35 Pestizide (2022: 36 Pestizide inklusive Dimethylphenyl-Formamid) oberhalb der Bestimmungsgrenze (BG) lagen: Die Gehalte der Fungizide Boscalid und Dimoxystrobin lagen oberhalb BG, aber unter dem jeweiligen Beurteilungswert (Kap. 3.2).

<b>Prüfbefund für Honig Nr. 203/22</b>	
<i>Sensorische Beurteilung</i>	
Farbe:	gelb
Konsistenz:	fließend
Sauberkeit:	ohne Beanstandung
Geruch:	honigtypisch
Geschmack:	honigtypisch
<i>Chemisch-physikalische Analysen</i>	
Wassergehalt (DIN/AOAC):	17,2 %
Invertase-Zahl (DIN/Siegenthaler):	172,8U/kg
HMF (Winkler)	mg/kg
Elektrische Leitfähigkeit:	0,50 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%:	Weidengewächse (Salicaceae), Rosengewächse (Rosaceae), Hornklee (Lotus), Linde (Tilia)
Pollen <u>nektarloser</u> Pflanzen:	s.Anlage
Auslandspollen:	keine
Honigtauelemente:	mittlere Mengen Algen, Sporen, Pilze
sonstige Sedimentbestandteile:	keine
Sortenempfehlung:	Sommertrachthonig
<b>Beurteilung:</b> Bei der vorliegenden Probe wird die Sortenbezeichnung Sommertrachthonig empfohlen. 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.	

Bild 9.1-1: Untersuchungsbefund zur Qualität von Sommertrachthonig von Standort MAN 2022

**Prüfbericht Nr. R 31/21 a**

Datum: 19.08.2021

Unsere Proben-Nr.: R 31/21  
 Produkt: Honig  
 Ihre Kennung/ Bezeichnung: Frühtracht

Probeneingang: 29.06.2021  
 Probenahme durch: Einsender/ Auftraggeber  
 Beginn - Ende der Untersuchung: 05.07.2021 - 18.08.2021

Verpackung: Neutralglas 500 g  
 Verschlussicherung: nein

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

Analyt/en		zulässige Menge (µg/kg)	Ergebnis (µg/kg)	Analyt/en		zulässige Menge (µg/kg)	Ergebnis (µg/kg)
Acetamidiprid	I	50	n.d.	Flumethrin	IV	kein Höchstwert	n.d.
Acrinathrin	AI	nicht zulässig	n.d.	Fluopyram	F	50	n.d.
alpha-Cypermethrin	I	50	n.d.	Indoxacarb	I	50	n.d.
Azoxystrobin	F	50	n.d.	Isometamid	F	50	n.d.
Boscalid	F	50	20,1	Isopyrazam	F	50	n.d.
Brompropylat	IV	nicht zulässig	n.d.	lambda-Cyhalothrin	I	50	n.d.
Chlorantraniliprole	I	50	n.d.	Metconazol	F	50	n.d.
Chlorfenvinphos	AI	nicht zulässig	n.d.	Myclobutanil	F	50	n.d.
Coumaphos	V	100	n.d.	Prochloraz	F	150	n.d.
Cyprodinil	F	50	n.d.	Prothioconazol	F	50	n.d.
Deltamethrin	I	50	n.d.	Pyraclostrobin	F	50	n.d.
Difenoconazol	F	50	n.d.	Pyrimethanil	F	50	n.d.
Dimoxystrobin	F	50	30,0	tau-Fluvalinat	IV	50	n.d.
Dodin	F	50	n.d.	Tebuconazol	F	50	n.d.
Esfenvalerat	I	50	n.d.	Tebufenozid	I	50	n.d.
Etofenprox	I	50	n.d.	Thiaclopid	I	200	n.d.
Fenhexamid	F	50	n.d.	Trifloxystrobin	F	50	n.d.
Flonicamid	I	50	n.d.				

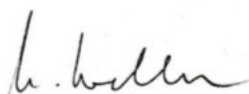
A = Akarizid F = Fungizid I = Insektizid V = Varroazid

n.d. = keine Rückstände nachweisbar (nicht detektierbar) < Bestimmungsgrenze (10 µg/kg)

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

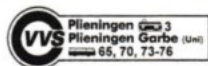
**Beurteilung:**

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



Dr. Klaus Wallner  
 Dipl.-Ing. agr. Dr.sc. / Laborleiter

Das **auszugsweise** Kopieren dieses Prüfberichts ist nicht gestattet!



Dienstgebäude und Lieferanschrift:  
 Erna-Hruschka-Weg 6  
 70599 Stuttgart  
 USt-ID-Nr. (VAT) DE 147 794 207

<http://bienenkunde.uni-hohenheim.de>

Telefon: (0711) 459-22662  
 Fax: -22233

Konto:  
 Baden-Württembergische Bank, Stuttgart  
 (BLZ 600 501 01) Konto-Nr. 2 560 108  
 IBAN: DE20 6005 0101 0002 5601 08  
 BIC-Code: SOLADEST33

Seite 1 von 1

**Bild 9.1-2: Befund der Untersuchung auf Varroabekämpfungsmittel- und Pestizidrückstände für Frühtrachthonig von Standort MFS 2021**

## 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 2022) sowie aus dem Referenzgebiet Aichach (AIC) für die Jahre 2018, 2019, 2020–2021 und 2022 tabellarisch dargestellt.

### 10.1 Einzelergebnisse der PAK-Analysen von Pollen 2018–2022

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	
Acenaphthylen	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	
Flouranthren	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]perylene	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	
Acenaphthylen	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	
Flouranthren	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]perylene	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



## 10.2 Einzelergebnisse der PAK-Analysen von Wachs 2018–2022

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.	Drohnenvaben 1.5.-31.5. (4 Wo.)	Drohnenvaben 8.6.-16.7.(5 Wo.)	Drohnenvaben 22.4.-31.5.(5,5Wo.)	Drohnenvaben 31.5.-21.7. (8 Wo.)	Drohnenvaben 21.4.-27.5. (6 Wo.)	Drohnenvaben 17.6.-15.7. (4 Wo.)	Drohnenvaben April-Mai (4-5 Wo.)	Drohnenvaben 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]fluoranthren	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.	Drohnenvaben 18.5.-3.7. (6,5Wo.)	Drohnenvaben 1.-30.7.(4,5 Wo.)	Drohnenvaben 20.4.-23.5.(4,5Wo.)	Drohnenvaben 25.5.-5.7. (6 Wo.)	Drohnenvaben 20.4.-23.5.(4,5Wo.)	Drohnenvaben 25.5.-8.7. (6,5Wo.)	Drohnenvaben 14.4.-30.5.(6,5Wo.)	Drohnenvaben 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
Phenanthren	PHE	3,8		2,7	3,0	5,5
Anthracen	ANT	0,21		0,10	0,05	0,15
Flouranthen	FLU	1,4		1,0	1,3	1,6
Pyren	PYR	1,07		0,72	0,82	1,28
Benzo[a]anthracen	BaA	0,28		0,19	0,26	0,31
Chrysen(+Triphenylen)	CHR(+TRI)	0,42		0,42	0,50	0,59
Benzo[b,j+k]fluoranthren	BbjF+BkF	0,41		0,34	0,56	0,62
Benzo[a]pyren	BaP	0,11		0,10	0,16	0,15
Indeno[1,2,3-c,d]pyren	INP	0,19		0,16	0,25	0,24
Benzo[g,h,i]perylen	BghiP	0,20		0,12	0,23	0,17
Dibenz[a,h]anthracen	DBahA	0,05		0,05	0,05	0,05
Summe 4 PAK (grau)	PAK4	1,2		1,1	1,5	1,7
Summe schwerer fl. EPA-PAK	12EPA	8,1		6,0	7,2	10,6
Summe 16 EPA-PAK	16EPA	15,2		13,9	14,5	19,1

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

## 10.3 Einzelergebnisse der PAK-Analysen von Honig 2018–2022

Tabelle 10.3-1: PAK-Analysen von Honig 2018

Honigmonitoring 2018: PAK in Honig in µg/kg OS (Originalsubstanz)										Höchstgehalte Bienen- produkt-Nahrungsergänz- mittel (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	
Flouranthen	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 Bienen- produkt-Nahrungsergänz- mittel (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	
Flouranthen	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-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.	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-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.	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	3,4	3,2	2,4	2,7	3,6	
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