

Honigmonitoring am Flughafen München 2021



Dr. Monica Wäber

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
Internet www.umweltmonitoring.com
Ust-Id.Nr.: DE1831168827

Stand

08.04.2022

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: Bienenvölkerstandort MEF nach der Frühtracht Ende Mai 2021 [oben, © Bruno Willing] –
Bienenvölkerstandort MFS nach der Sommertracht im September 2021 [li. unten, © Markus Strutz] –
Bienenvölkerstandort HFF im Winter 2020/2021 [rechts unten, © Bruno Willing]

Danksagung

Denjenigen, die zur Durchführung des „Honigmonitorings am Flughafen München“ beigetragen haben, gilt 2021 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 Herrn Andreas Gröll und Frau Bettina Hölzl im Konzernbereich Recht, Gremien, Compliance und Umwelt für die fachliche Betreuung.

Auf einen Blick

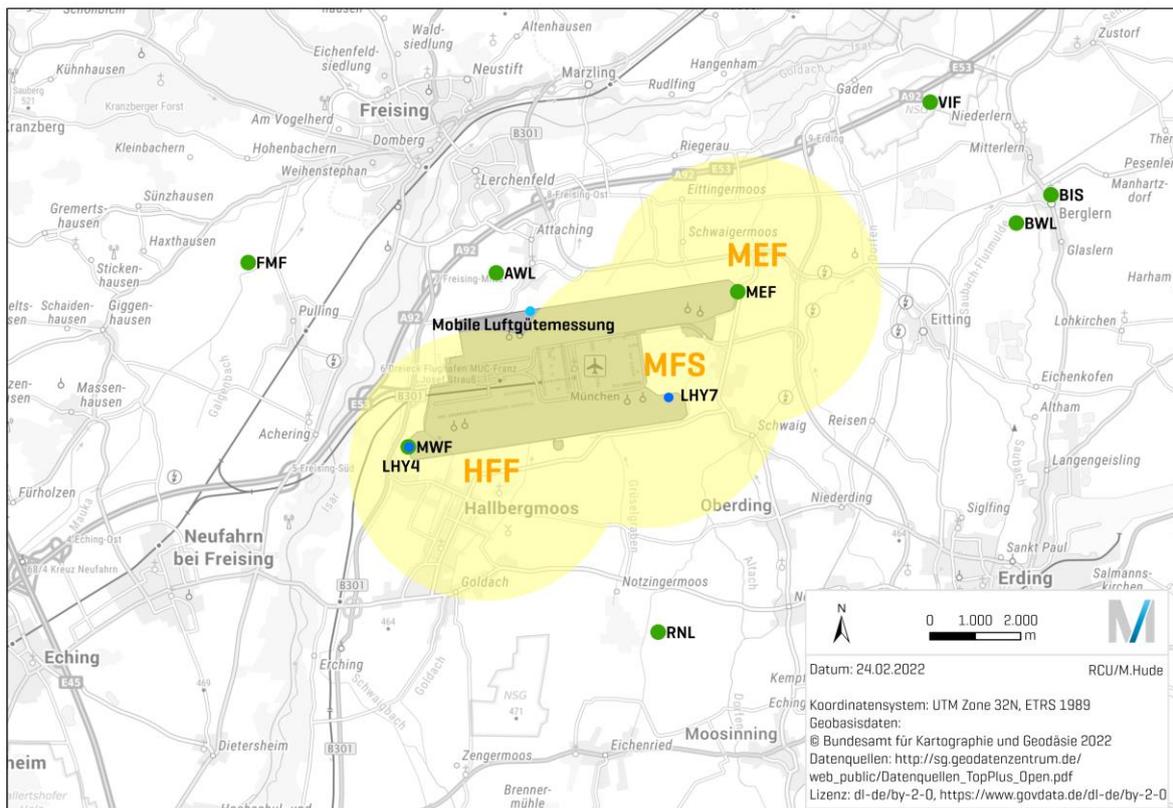
Das Honigmonitoring 2021 bestätigt die seit 2008 kontinuierlich durchgeführten Untersuchungen: Honige aus der Münchner Airportregion sind von hoher Qualität und unbedenklich für den Verzehr. Ein Einfluss des Flughafenbetriebs auf Pollen, Wachs und Honig aus dem Umfeld ist nicht feststellbar. Rückstände liegen in für Nahrungsmittel üblichen, niedrigen und unbedenklichen Bereichen.

Die Bienen der 22 Bienenvölker an drei Standorten am Münchner Flughafen hatten 2021 trotz des witterungsbedingt schwierigen Bienenjahres 440 kg Honig produziert und damit die Erntemenge des Vorjahres übertroffen. Sie werden auch 2022 wieder für das Honigmonitoring im Einsatz sein.



Bild: „Flugwolken“ (dunkelgrün) der Bienenvölker schematisch (links) und Honigmonitoring-Standorte im Kontext der Luftgütemessungen des Flughafens München 2021 (unten)

- Flugwolke der Bienenvölker HFF, MFS, MEF des Flughafens, • stationäre und • mobile Luftgütemessstationen, • Biomonitring und Depositionsuntersuchungen [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 Standorte mit Bienenvölkern 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 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 (Kapitel 2.2).

Pollen-, Wachs- und Honigproben von Früh- und Sommertracht werden ausgewählte Metalle und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) untersucht, die als typische Luftverunreinigungen aus dem Flughafenbetrieb stammen 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 Flughäfen Berlin Schönefeld und Berlin Tegel 2012–2019.

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 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 2018–2021** lässt Rückschlüsse auf etwaige Einflüsse des Flughafenbetriebs zu: Als Auswirkung der Corona-Pandemie war das Flugverkehrsaufkommen im Jahr 2020 drastisch gegenüber 2019 zurückgegangen, dem Jahr mit der bislang größten Anzahl an Flugbewegungen am Flughafen München (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. Trotz witterungsbedingt „schlechtem Bienenjahr“ 2021 konnten die 22 Bienenvölker an den drei Flughafenstandorten 440 kg Honig produzieren, mehr als im Vorjahr. 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“ 2021 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). Nur in einem einzigen Honig konnten zwei von 35 untersuchten Pestiziden nachgewiesen werden. Sie lagen unter den zulässigen Mengen womit auch dieser Honig den gesetzlichen Bestimmungen entsprach (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 der Spurenelemente Kupfer, Nickel und Zink in Honig lagen flughafennah sogar tendenziell 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. Allerdings kommt ein Einfluss vergleichsweise höherer Arsengehalte, die in den Böden des Erdinger und Freisinger Moores natürlicherweise vorkommen und von dort in Blütenpollen gelangen können, 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 dem Corona-Pandemie bedingten Rückgang der Flugzahlen korrespondieren würde, zeigte sich weder für Pollen, noch für Wachs oder Honig. Der Corona-Pandemie bedingte drastische Rückgang des Flugverkehrsaufkommens 2020 gegenüber den Vorjahren wurde also in den Ergebnissen der Corona-Pandemiejahre 2020 und 2021 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 Flughäfen Berlin Schönefeld und Berlin Tegel 2012–2019 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) Nr. 2015/1933 festgelegt sind.

Es war **kein Einfluss des Flughafenbetriebs bezüglich der PAK-Gehalte** feststellbar. Eine zeitliche Entwicklung, die mit dem Corona-Pandemie bedingten Rückgang der Flugzahlen korrespondieren würde, zeigte sich für Pollen, Wachs und Honig nicht. Eine Auswirkung der Corona-Pandemie 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	31
3.3 Stoffgehalte in Pollen, Wachs und Honig im Vergleich	32
3.4 Gehalte von Antimon in Pollen, Wachs und Honig.....	33
3.5 Gehalte von Arsen in Pollen, Wachs und Honig	34
3.6 Gehalte von Blei in Pollen, Wachs und Honig	36
3.7 Gehalte von Cadmium in Pollen, Wachs und Honig	38
3.8 Gehalte von Chrom in Pollen, Wachs und Honig	39
3.9 Gehalte von Eisen in Pollen, Wachs und Honig.....	41
3.10 Gehalte von Kupfer in Pollen, Wachs und Honig	43
3.11 Gehalte von Nickel in Pollen, Wachs und Honig	45
3.12 Gehalte von Quecksilber in Pollen, Wachs und Honig.....	47
3.13 Gehalte von Zink in Pollen, Wachs und Honig	48
3.14 Gehalte von PAK in Pollen, Wachs und Honig.....	50
4 Abkürzungen	56

5	Glossar	58
6	Literatur	60
6.1	Gesetzliche Grundlagen	60
6.2	Normen, Richtlinien, Vorschriften	61
6.3	Literatur.....	61
6.4	Quellen im Internet	63
6.5	Berichte zum Honigmonitoring der FMG	64
7	Abbildungsverzeichnis.....	65
8	Tabellenverzeichnis.....	67
9	Anhang A: Qualitätsuntersuchungen	68
9.1	Ergebnisbeispiele der Qualitäts- und Pestiziduntersuchungen	68
10	Anhang B: Einzelergebnisse der PAK-Analysen	70
10.1	Einzelergebnisse der PAK-Analysen von Pollen 2018–2021	70
10.2	Einzelergebnisse der PAK-Analysen von Wachs 2018–2021.....	71
10.3	Einzelergebnisse der PAK-Analysen von Honig 2018–2021	73

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.

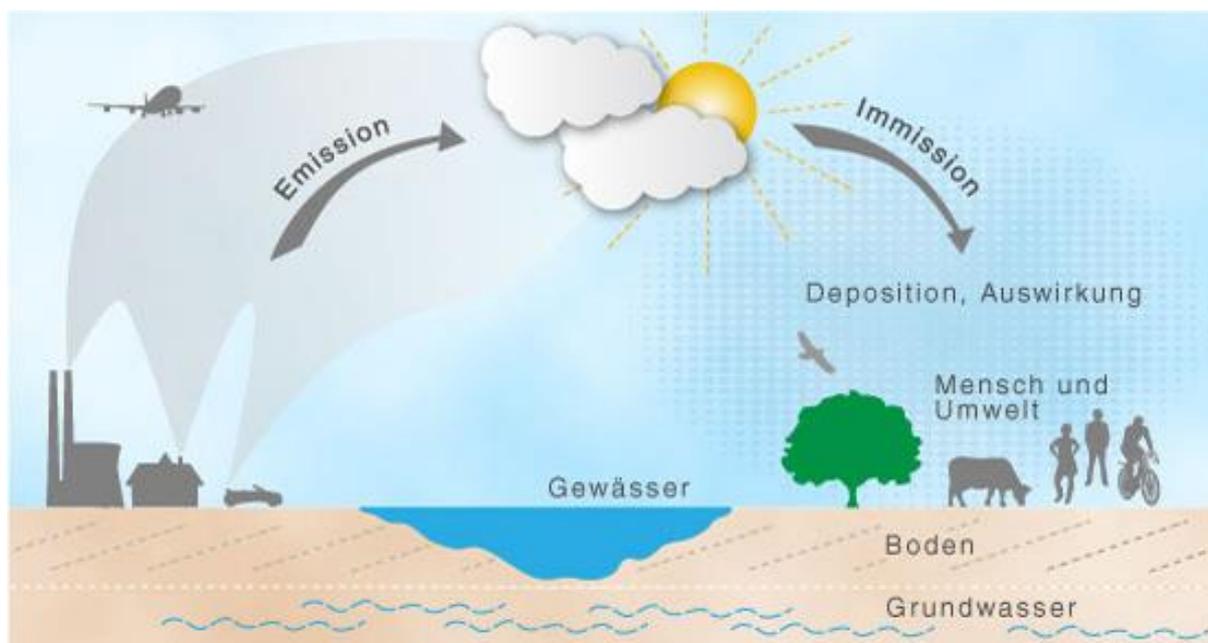


Bild 1.1-1: Wie gelangen die Schadstoffe in die Umwelt? [© Monica Wäber]

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 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 17.01.2022: <https://www.munich-airport.de/biomonitoring-88353>).

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: <https://www.munich-airport.de/honigmonitoring-88383>, Stand 17.01.2022).

Der QR-Code (rechts) leitet zum Internet-Auftritt des Umweltadwegs und von dort zum Honigmonitoring. Honigmonitoring schlägt auch hier die Brücke zu weiteren Umwelt- und Naturschutzaktivitäten des Flughafens München.



Bild 1.1-2: QR-Code zum Umweltadweg am Flughafen München – Honigmonitoring

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.



Bild 1.2-1: Biene sammelt Blütennektar
[© Flughafen München GmbH]

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 km² (Bogdanov 2006).

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

Menschen nutzen den Blütenpollen als Nahrungsergänzungsmittel.

Wachs stammt nicht wie der Pollen aus der Umwelt, sondern wird von den Bienen hergestellt. Das Bienenwachs wird von jungen Honigbienen mit Wachsdrüsen produziert. Es besteht zu etwa 65 Gewichtsprozenten aus Myricin, einem Gemisch von Estern langkettiger Alkohole und Säuren. Ein Bienenvolk erzeugt jährlich etwa 800 g Wachs (Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau

LWG). Die von den Bienen abgesonderten Wachsplättchen haben zunächst eine weiße Farbe. Durch Aufnahme des carotinhaltigen Pollenöls aus dem Blütenpollen wird das Wabenwachs gelb. Die ursprünglich hellen Waben nehmen nach längerer Zeit im Bienenvolk durch das Bebrüten eine braunschwarze Farbe an. In der Regel bauen die Bienen nur die Drohnenwaben für die Aufzucht der männlichen Bienen in *Wildbau* (Naturbau) komplett selbst (Bild 1.2-2).

Waben, in denen sie Pollen, Honig und die Brut für Arbeiterinnen einlagern, bauen sie auf vorgefertigte Wachsmittelwände auf. Diese Mittelwände hängen die Imker vorher in den Bienenstock ein¹, 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 Kreislauf².



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 Heilmitteln³. Bienenwachs wird als Lebensmittelzusatzstoff E 901⁴ 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 (letztere 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

¹ 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 dazu hängen leere Rähmchen in den Stock, die von den Bienen für den Drohnenwabenbau angenommen werden.

² 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.

³ 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)

⁴ Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR), Quelle im Internet: http://www.bfr.bund.de/de/bewertung_von_tierischen_stoffen__die_in_lebensmitteln_vorkommen-54428.html (Stand 22.01.2020)

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.

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 (Quellen im Internet: <https://www.munich-airport.de/umweltschutz-86890> und <https://www.munich-airport.de/naturschutz-87317>, Stand 17.01.2022).

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 Sammlerperioden im Frühjahr und Sommer – Früh- und Sommertracht – und eine Pollenprobe auf ausgewählte (Schwer-)Metalle und Metalloide (kurz: 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 17.01.2021: <https://www.munich-airport.de/honigmonitoring-88383> -> 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. Den Umfang des Honigmonitorings am Flughafen München 2008–2021 fasst die nachfolgende Tabelle 1.3-1 zusammen.

Die Beschreibung von Untersuchungskonzept und -methoden sowie Bewertungsgrundlagen findet sich in Kapitel 2. Die Ergebnisse der aktuellen Untersuchungen 2020 und 2021 sind in Kapitel 3 dargestellt einschließlich vergleichender Bewertung im Umgriff über die Jahre 2018–2021, mit einheitlichen Standorten am Flughafen und aktuellen Probenahmeverfahren (farbig unterlegt in Tabelle 1.3-1).

Tabelle 1.3-1: Übersicht über das Honigmonitoring am Flughafen München 2008–2021

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; einheit. 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

Als **Auswirkung der Corona-Pandemie** 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: 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.

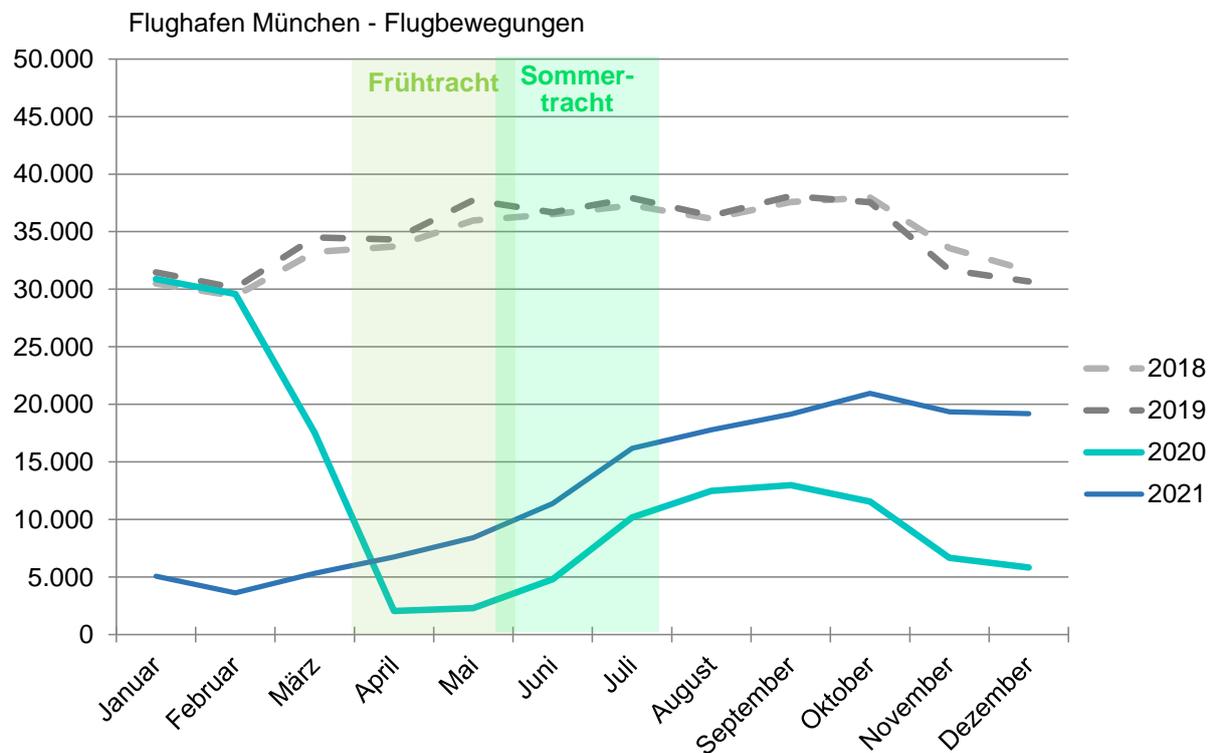


Bild 1.3-1: Flugbewegungen 2020 und 2021 im Vergleich zu den Vorjahren

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 (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 2.4).

Der Flughafen München ließ 2020 und 2021 wie in den Vorjahren Pollen, Wachs und Honig von

- Berghof Analytik und Umweltengineering GmbH, Tübingen, auf zehn Metalle und
- Ökometric GmbH Bayreuther Institut für Umweltforschung auf die 16 PAK gemäß EPA

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

Darüber hinaus wurden die am Flughafen München gewonnenen Honige von

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

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

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

Betraut mit der Konzeption, Berichterstattung und gutachterlichen Bewertung wurde 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 abseits vom Flugverkehr. Dort wurden Proben von Bienenvölkern von drei Standorten als Referenz-Mischproben untersucht.

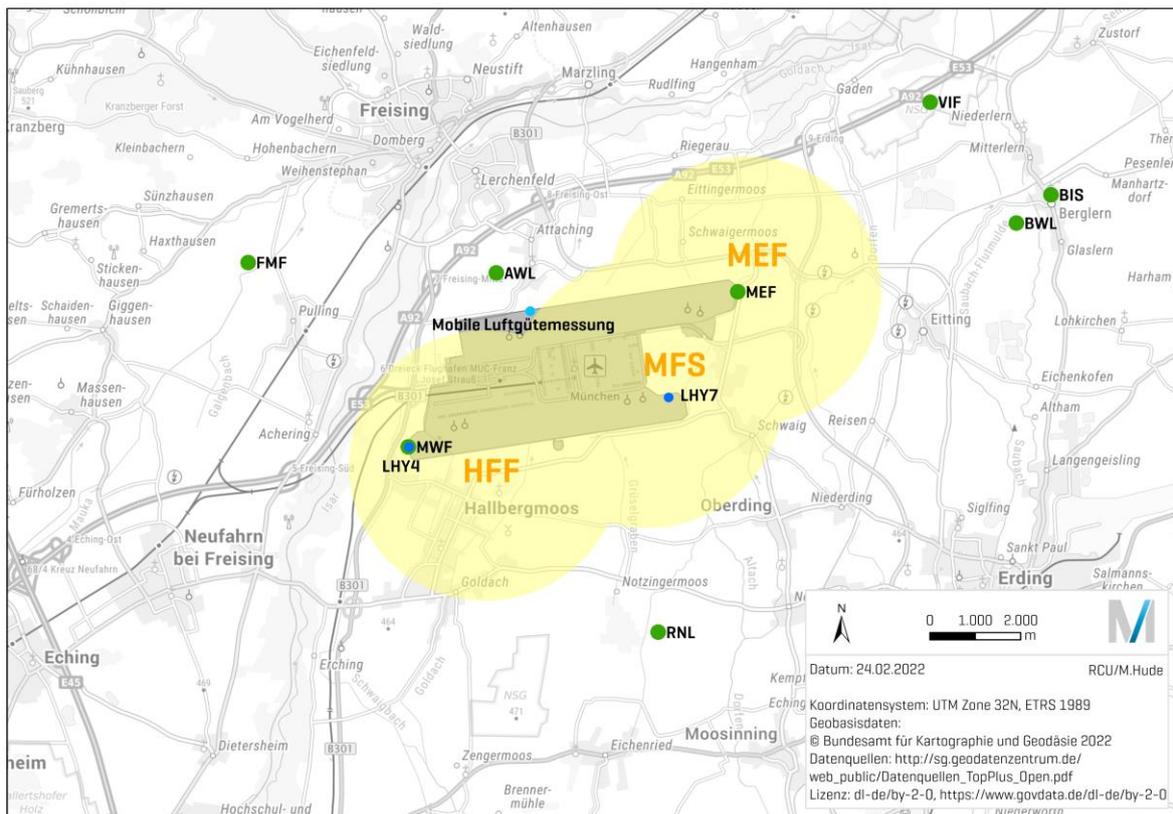
Die **Bienenvölkerstandorte**, die am Flughafen München seit 2018 gleichbleibend einbezogen sind (in Tabelle 1.3-1 in Kap. 1.3 farbig unterlegt), und die im Referenzgebiet werden in Tabelle 2.1-1 beschrieben. Eine Übersicht über deren Lage geben die nachfolgende Karten (Bild 2.1-1): Standorte mit theoretischen 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 2021

Flugwolken links, Honigmonitoring-Standorte am Flughafen München unten:

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



Auf der Titelseite dieses Berichts sind die Bienenvölkerstandorte am Flughafen München im Jahresverlauf 2021 zu sehen: HFF im Schnee (rechts unten), MEF nach der Frühtracht Ende Mai (oben) und MFS nach der Sommertracht im September (links unten).

Tabelle 2.1-1: Übersicht über die Bienenvölkerstandorte 2018–2021

Standorte und Zeitraum	Kürzel	Lage der Standorte	Standortbeschreibung
Flughafen München 2008–2021	HFF	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 2013–2021	MEF	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 2018–2021	MFS	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 Ghölz umgeben
Aichach 2008-2021 bis 2019: AAI, AKO, ASI; ab 2020: ASI, ALN, ATN	AIC	Umgebung von Aichach, rund 50 km nordwestlich des Flughafens München AAI bei Aichach; AKO bei Klingen-Obermauerbach, ASI bei Sulzbach, ALN bei Latzenhausen, ATN bei Tödenried	Referenzgebiet ähnlich strukturiert, aber abseits vom Flugverkehr AAI siedlungsnah, AKO naturnah, ASI industrienah, ALN naturnah, ATN naturnah

2.2 Pollen-, Wachs- und Honigproben

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

Im Jahr 2021 wurden wie 2020 und in den Vorjahren Pollen-, Wachs und Honigproben der Trachten Früh- und Sommertracht von den Standorten HFF, MEF, MFS und AIC gewonnen.

Im Jahr **2020** wurden die **Frühtrachthonige** auf Metall- und PAK-Gehalte analysiert und die Ergebnisse in einem Kurzbericht veröffentlicht (Quelle im Internet, Stand 20.1.2022: <https://www.munich-airport.de/honigmonitoring-88383> -> Download Kurzbericht 2020).

Die Früh- und Sommertracht-Proben von **Pollen und Wachs 2020** wurden zu **Mischproben** beider Trachten vereint. Sie wurden, wie die **Pollen-, Wachs- und Honig-Mischproben 2021** aus Früh- und Sommertracht auf Metall- und PAK-Gehalte analysiert. Die Ergebnisse bilden den Schwerpunkt dieses Berichts.

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 2020 und 2021 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)

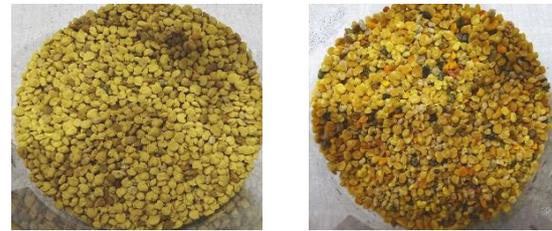


Bild 2.2-3: Beispiele von 2 Pollenproben aus dem Referenzgebiet Aichach 2021

Wachspben werden seit 2013 von Drohnenwaben gewonnen, die an den verschiedenen Standorten in weitestmöglich einheitlichen Zeiträumen (möglichst den gesamten Trachtzeitraum) im Bienenstock verbleiben (Beispiel 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 den Proben aus Aichach handelt es sich um Mischproben aller drei Standorte.



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



**Bild 2.2-5: Beispiel einer Drohnenwabe-
Probe vom Standort HFF 2021**

Die Drohnenwabe (Wildbau) vom Standort MEF 2021 ist auch in Bild 1.2-2 in Kapitel 1.2 dargestellt.

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 Töddenried

Die Bilder zeigen Sommertracht (ST) Honige aus dem Referenzgebiet Aichach 2021, 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 schwerer flüchtigen, fett: PAK4				
Naphthalin (NAP)	Phenanthren (PHE)	<u>Benzo[a]pyren (BaP)</u>		
Acenaphtylen (ACY)	Anthracen (ANT)	<u>Benzo[a]anthracen (BaA)</u>		
Acenaphthen (ACE)	Fluoranthen (FLU)	<u>Benzo[b]fluoranthen</u>		
Fluoren (FLE)	Pyren (PYR)	<u>Chrysen (CHR)</u>		
	Dibenzo[a,h]anthracen (DBahA)			
	Benzo[g,h,i]perylen (BghiP)			
	Indeno[1,2,3,cd]pyren (INP)			

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

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

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

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

Arsen (As) ist Bestandteil von Flugasche aus der Kohleverbrennung, ebenso wie Blei, Cadmium, Nickel und Quecksilber (Siewers und Herpin 1998, Rentz und Martel 1998). Arsen kann aber auch aus industriellen Produktionsprozessen, Müllverbrennung und Düngieranwendungen stammen (BayLfU 2009). 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 VO (EU) Nr. 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 Mineräldüngern 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 Verordnung (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) Nr. 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 und Nr. 488/2014) 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 2021): 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_{gesamt} 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 2021). 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 2021). Wegen seiner ökotoxischen Bedeutung ist in der EU ein Höchstgehalt beispielsweise in Nahrungsergänzungsmitteln von 0,1 mg/kg OS vorgegeben (VO (EG) Nr. 1881/2006, VO (EU) Nr. 629/2008 und Nr. 488/2014) und seit 2018 gilt ein Höchstgehalt für Quecksilberverbindungen von 0,01 mg/kg OS für Honig und sonstige Imkereierzeugnisse (VO (EU) Nr. 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, desto stabiler sind sie und desto besser reichern sie sich im Fettgewebe von Organismen an (UBA 2016). Aufgrund ihrer Häufigkeit und Umweltrelevanz werden in der Regel **16 EPA-PAK** stellvertretend untersucht. Diese wurden von der US Umweltbehörde EPA (Environmental Protection Agency) als „prioritäre Schadstoffe“⁵ klassifiziert (VDI 3957/2). Als stark krebserregend gelten z. B. Benzo[a]pyren, Benzo[b]fluoranthen, Benzo[k]fluoranthen und Indeno[123-cd]pyren (Streit 1991, Meek et al. 1994). **PAK₄**, die Summe der vier Verbindungen Benzo[a]pyren, Benzo[a]anthracen, Benzo[b]fluoranthen und Chrysen, bewertet Kontaminanten (unerwünschte Stoffe) in Lebensmitteln (VO (EU) Nr. 835/2011 und Nr. 2015/1993). Benzo[a]pyren (**BaP**) als eine der PAK₄-Verbindungen gilt als Leitsubstanz der PAK, weil sie besonders stark krebserregend ist. Die seit 2016 für Nahrungsergänzungsmittel, die „Kittharz und Gelée Royale [...] enthalten“, festgelegten Höchstgehalte (VO (EU) Nr. 2015/1933) können auf Pollen bezogen werden: 10 µg/kg OS als Höchstgehalt für BaP und 50 µg/kg OS als Höchstgehalte für PAK₄ (Tabelle 2.5-1).

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.

⁵ 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.

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, 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 Flughafeneinfluss⁶ 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 2011 bis 2019 im Umfeld der Flughäfen Berlin Schönefeld/BER und Berlin Tegel*. Der dortige Referenzstandort BRS liegt im Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin im Norden Brandenburgs und wurde ab 2012 untersucht⁷ (Wäber und Pompe 2019). 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 0,1 mg/kg (VO (EU) Nr. 2015/1005 und Nr. 2021/1317).
- Für **Quecksilberverbindungen in Honig und in sonstigen Imkereierzeugnissen** gilt seit 2018 ein Höchstgehalt von 0,01 mg/kg (VO (EU) Nr. 2018/73). Dieser Quecksilber-Höchstgehalt kann auch auf **Pollen** als Imkereierzeugnis bezogen werden.

⁶ 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.

⁷ 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) Nr. 2015/1005 und 2021/1317)	
Blei	0,1 (seit 2016)	-
Stoff	Höchstgehalt für Honig und Imkereierzeugnisse in mg/kg OS (VO (EU) Nr. 2018/73)	
Quecksilber	0,01 (seit 2018)	-
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	3,00 – für Nahrungsergänzungsmittel: orientierend für Pollen	-
Cadmium	0,005 – strengster Wert für Säuglingsnahrung auf Kuhmilchbasis bis zu 1,00 – für Nahrungsergänzungsmittel: orientierend für Pollen 3,00 – 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 – strengster Wert z. B. für Säuglingsnahrung bis zu 6 – für Muscheln (geräuchert) und 10 – für Nahrungsergänzungsmittel u. a. Kittharz und Gelee Royale als Bienenprodukte: für Pollen anwendbar	-
Summe PAK4	1 – 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); 0,03–0,1 mg geschätzte angemessene Zufuhr pro Tag (DGE 2000) entspr. 3–10 mg/kg umgerechnet bei Verzehr von 10 g Honig/Tag	
Kupfer	100 mg orientierend bei Verzehr von 10 g Pollen/Tag aus 1,0 mg/Tag Empfehlung für tägl. Nahrungsergänzungsmittelzufuhr (BgVV 2002); 1–1,5 mg geschätzte angemessene Zufuhr pro Tag (DGE 2000) entspricht 100–150 mg/kg umgerechnet bei Verzehr von 10 g Honig/Tag	
Zink	500 mg orientierend bei Verzehr von 10 g Pollen/Tag aus 5 mg/Tag Empfehlung für tägliche Nahrungsergänzungsmittelzufuhr (BgVV 2002); 7–10 mg/Tag Empfehlung für die tägliche Zufuhr (BgVV 2002) ergibt 700–1.000 mg/kg umgerechnet bei Verzehr von 10 g Honig oder Pollen/Tag	

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

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) Nr. 2015/1006).
- Für **Cadmium** hat die EU mit VO Nr. 488/2014 und Nr. 2021/1323 Höchstgehalte in Lebensmitteln und Nahrungsergänzungsmitteln fortgeschrieben. Für Honig wurde in Österreich ein Aktionswert zur höchst vorsorglichen Risikominderung für Cadmium von 0,05 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 Nr. 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) 0,03–0,1 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.
- 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 ¹⁾ 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 ¹⁾ (EFSA 2014)	0,029 - 0,032 ^{1)*} 0,013 - 0,02 ^{1)**} (EFSA 2014)	-	-	0,10-0,30 (VO 2015/1006 für Reis-Lebensmittel)
Blei (Pb)	0,62 - 0,64 ¹⁾ (EFSA 2010)	0,034 - 0,06 ¹⁾ (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 ¹⁾ (EFSA 2012)	0,0036 - 0,014 ¹⁾ (EFSA 2012)	1,0 (VO 488/2014 mit 2021/1323 für nicht algenbasierte NEM)	0,05 (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 ¹⁾ (EFSA 2014)	0,14 - 0,16 ¹⁾ (EFSA 2014)	-	-	-
Quecksilber (Hg)	0,50 - 0,51 ¹⁾ (EFSA 2012a)	0,0005 - 0,0048 ¹⁾ (EFSA 2012a)	0,01 Höchstgehalt (VO 2018/73) für Pollen anwendbar	0,01 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	-	-	0,01 BaP, 0,05 PAK4 Höchstgehalte f. NEM mit Kittharz, Gelee Royale (VO 2015/1933)	0,01 BaP, 0,05 PAK4 Höchstgehalte für Kittharz, Gelee Royale (VO 2015/1933)	0,001 - 0,006 BaP 0,001 - 0,035 PAK4 (VO 1881/2006 mit 835/2011,2015/1933)

¹⁾: 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 Schätzung 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 VDI 3957 Blatt 3 und 4 sowie Blatt 2 (standardisierte Exposition von Grünkohl – Blatt 3 – für den menschlichen Verzehr – Blatt 4 – 2022; standardisierte Graskultur – Blatt 2 – 2020 für Antimon, Eisen und Quecksilber) als Anhaltspunkte beim Honigmonitoring herangezogen (ganze Zahlen aufgerundet auf 5):

- für Eisen, Kupfer, Quecksilber und Zink rund $\pm 10 \%$,
- für Cadmium, und Kupfer rund $\pm 15 \%$,
- für Arsen, Nickel, Benzo[a]pyren und 16 PAK rund $\pm 20 \%$,
- für Antimon und Blei rund $\pm 30 \%$,
- für PAK4 $\pm 15 \%$ (VDI 3957 Blatt 4) bzw. $\pm 35 \%$ (VDI 3957 Blatt 3),
- für Chrom rund $\pm 40 \%$.

Für PAK kann 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 auf Basis langjähriger Erfahrung bei PAK-Analytik von Honigmonitoring-Proben für die Messunsicherheit an: etwa $\pm 30 \%$ für die PAK-Summen und Leitparameter. Letzterer wird hier angesetzt.

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 2020 und 2021 sind nachfolgend in Tabelle 3.1-1 zusammengefasst. Die Vitalität der Bienenvölker während der Frühtrachtperioden 2020 und 2021 und der Sommertracht 2021 werden mit der im Referenzgebiet Aichach verglichen. Für das Untersuchungsjahr 2020 beschränkt sich die Vitalitätsuntersuchung auf die Frühtracht (FT), da sich 2020 auch die Honiganalysen auf die Frühtracht beschränkten⁸.

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 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 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 (hellgelb unterlegt). Auch die Menge des Sommertrachthonigs 2021 blieb mit standortunabhängig 5 bis 10 kg hinter Vorjahren zurück (gelb unterlegt).

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 (hellgelb unterlegt) 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 unterdurchschnittlich und die Brut entwickelte sich schlecht (gelb unterlegt in Tabelle 3.1-1). Der Referenzimker, der seit Jahrzehnten imkert, bezeichnete das Bienenjahr 2021 als „das schlechteste, seit ich Bienen habe“.

⁸ Die Pollen- und Wachsproben 2020 von FT und ST wurden hingegen zu Mischproben FST vereint und dann analysiert.

Tabelle 3.1-1: Ergebnisse der Vitalitätserhebungen 2020 und 2021

Vitalität - Sommertracht 2021	HFF	MFS	MEF	Ref. AIC-ATN	Ref. AIC-ALN	Ref. AIC-ASI
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
Vitalität - Frühtracht 2021	HFF	MFS	MEF	Ref. AIC-ATN	Ref. AIC-ALN	Ref. AIC-ASI
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
Vitalität - Frühtracht 2020	HFF	MFS	MEF	Ref. AIC-ATN	Ref. AIC-ALN	Ref. AIC-ASI
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, wie sie 2021 auftraten, auch in anderen Monitorings festgestellt wurden – unabhängig ob die Bienenvölker flughafennah oder -fern angesiedelt waren:

z.B. am Flughafen Halle/Leipzig, oder am Flughafen Dresden (Quellen im Internet, Stand 01.02.2022: https://di5l0vjrkc7a.cloudfront.net/user_upload/Leipzig_Halle/Bilder/Umwelt/LEJ_Honigbericht2009-2021.pdf und https://di5l0vjrkc7a.cloudfront.net/user_upload/Dresden/Bilder/Unternehmen/Umwelt/DRS2021_Bericht_Biomonitoring_Honig.pdf).

3.2 Qualitätsuntersuchungen und Pestizidrückstandsanalysen

Die unter der Kennzeichnung „Feiner Flughafenhonig aus der Airfolgsregion“ 2020 und 2021 abgefüllten Honige (Bild 3.2-1) wurden auf allgemeine Qualitätsvorgaben geprüft (Kapitel 2.5).

Von der LWG als amtlicher Kontrollstelle wurde bezüglich der **Qualität** bescheinigt:

- honigtypischer Geruch und Geschmack
- der Sorten Frühtrachthonig bzw. Blütenhonig 2020,
- der Sorten Frühtrachthonig mit Akazienhonig und Sommertrachthonig mit Büschelschön (HFF, MFS) bzw. Blütenhonig (Sommertracht MEF) 2021,
- zudem einwandfreie Qualität hinsichtlich untersuchter sensorischer, chemisch-physikalischer und mikroskopischer Qualitätsmerkmale,
- entsprechend den Anforderungen der deutschen Honigverordnung sowie
- für alle Frühtrachthonige 2021 auch entsprechend den Anforderungen des Deutschen Imkerbunds.

Im Anhang ist exemplarisch das Prüfergebnis auf diese allgemeinen Qualitätsvorgaben für Sommertrachthonig vom Standort MEF 2021 dargestellt (Bild 9.1-1).



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

Die Honige wurden zudem auf **Pestizidrückstände** untersucht, weil diese Bienen schädigen und im Honig nachweisbar sein können. Im Jahr 2020 konnte wie in allen Vorjahren keine der Varroabekämpfungsmittel-Substanzen (Varroa-Milben sind Bienenschädlinge) und keine der untersuchten Pflanzenschutzmittel-Substanzen aufgefunden werden. 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): 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 erstmaligen Funds 2021 weiterhin Bestandteil des Honigmonitorings am Flughafen München bleiben, um die weitere Entwicklung zu beobachten.

3.3 Stoffgehalte in Pollen, Wachs und Honig im Vergleich

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

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 Pollen⁹ (auf 100% normiert, in Bild 3.3-1). 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 in den Wachsproben lagen in etwa gleichauf mit den PAK-Gehalten in Pollenproben (unter Berücksichtigung der Messunsicherheit für PAK, Kap. 2.6). Die PAK-Gehalte in Honigproben lagen niedriger. Die Abstufung für 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 der PAK im Vergleich zu Pollen oder Honig am besten anreichern.

Die Stoffgehalte wurden für die relative Betrachtungsweise hier auf 100% normiert. Die Absolutgehalte lagen 2021 wie in den Vorjahren im niedrigen natürlichen Bereich (nachfolgende Kapitel 3.4 ff.).

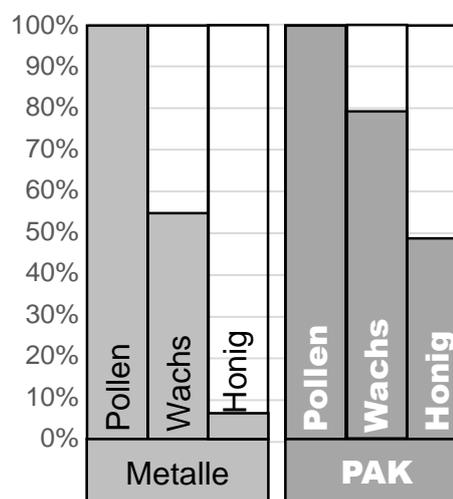


Bild 3.3-1: Prozentuale Anteile der Stoffgehalte in Pollen, Wachs und Honig
Anteile im Bild auf 100% normiert; hier beispielhaft für das Jahr 2021 gezeigt

⁹ Es handelt sich um eine orientierende, nicht statistisch repräsentative Betrachtung. Da die Standorte keine systematischen Unterschiede zueinander zeigten, wurden die flughafennahen Ergebnisse 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 sind (Eisen, Kupfer, Nickel, Zink).

3.4 Gehalte von Antimon in Pollen, Wachs und Honig

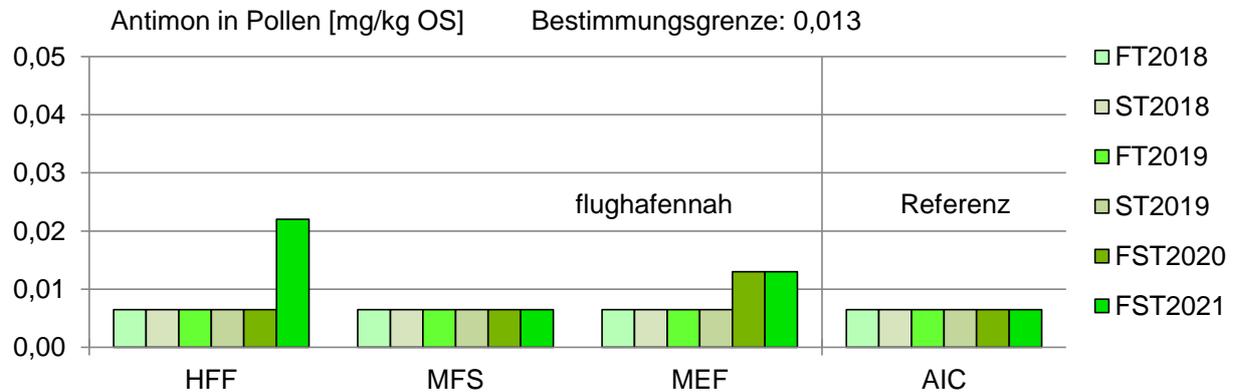


Bild 3.4-1: Antimon in Pollen

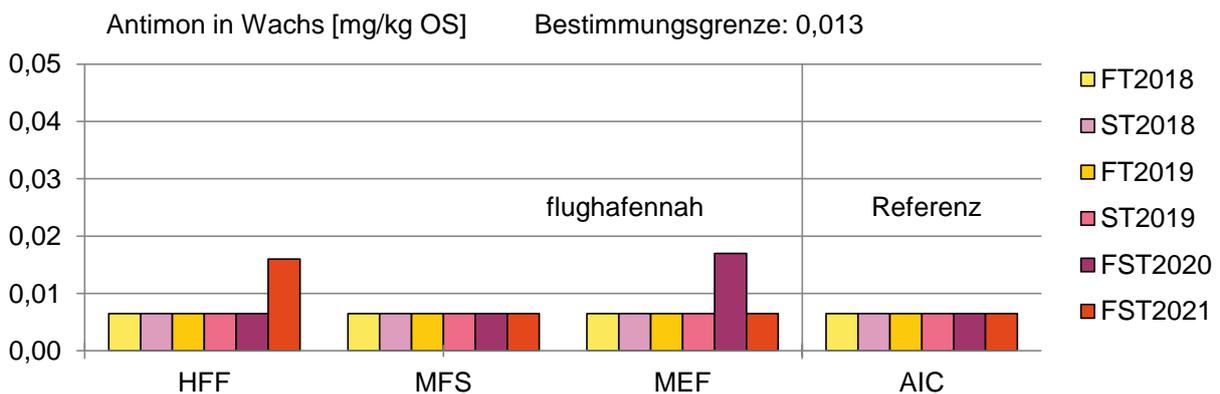


Bild 3.4-2: Antimon in Wachs

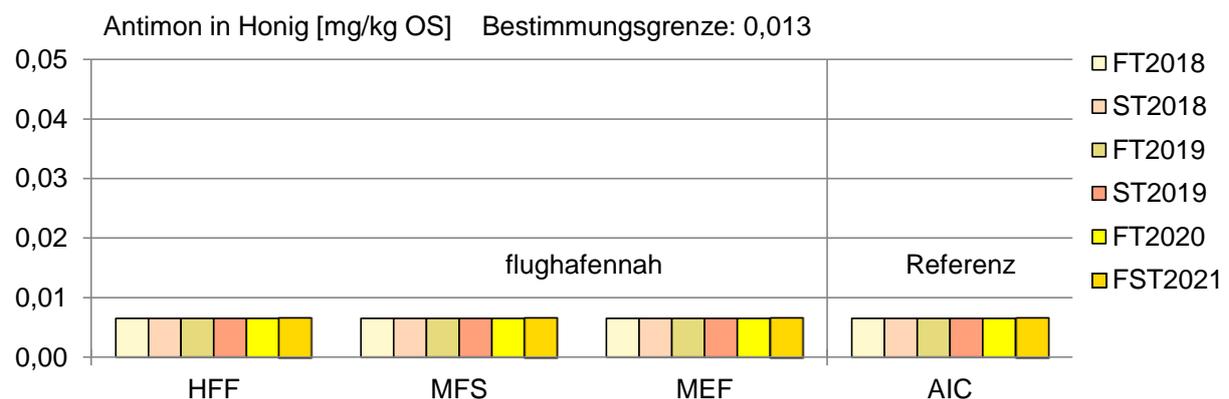


Bild 3.4-3: Antimon in Honig

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 entsprechend 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 2021 in einem engen Bereich unterhalb bis nahe der Bestimmungsgrenze: <0,013–0,022 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 maximal beim Wert der BG 0,013 mg/kg OS. Zum Vergleich: Die Ergebnisse am Referenzstandort BRS des Bienenmonitorings im Umfeld der Flughäfen Berlin Schönefeld und Berlin Tegel waren kleiner BG <0,05 mg/kg OS (2012–2015; BG 0,05 mg/kg entspricht in Bild 3.4-1 der maximalen Skalierung) bzw. kleiner BG <0,013 mg/kg OS (2016–2019).

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: 2021 einmal an HFF 0,016 mg/kg OS und 2020 einmal 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 (2012–2015) bzw. <0,05 mg/kg OS (2016–2019).

Antimon in Honig lag 2021 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 (0,05 mg/kg OS bis 2015, 0,013 mg/kg OS 2016-2019).

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 Corona-Pandemie bedingten Rückgang der Flugzahlen 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 2021 an den Flughafenstandorten HFF, MFS und MEF bei 0,028–0,035 mg/kg OS, vergleichbar mit den Vorjahren: 0,016–0,053 mg/kg OS (Bild 3.5-1). Sie lagen damit 2018–2021 im oberen Bereich der Wertespanne des Referenzgebiets Aichach: <0,013–0,023 mg/kg OS. Im Erdinger und Freisinger Moos kommen natürlicherweise höhere Arsenbodengehalte vor. Sie könnten vom Boden in Blütenpollen gelangen und die Ergebnisse beeinflussen. Am Referenzstandort BRS des Berliner Bienenmonitorings waren die Arsengehalte in Pollen mit dem Referenzgebiet Aichach vergleichbar: <0,013–0,023 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 2021 an den Flughafenstandorten HFF, MFS und MEF unterhalb oder nahe der Bestimmungsgrenze: <0,013–0,017 mg/kg OS. Dies ist mit den Vorjahren vergleichbar und ebenfalls mit der Wertespanne des Referenzgebiets Aichach 2018–2021. 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 (2012–2015), <0,013 mg/kg OS (2016–2019).

Arsen in Honig lag 2021 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 unterhalb der Bestimmungsgrenzen (0,05 mg/kg OS 2012–2015, 0,013 mg/kg OS 2016-2019).

Höchstgehalte für Arsen von 0,1–0,3 mg/kg gelten für Reissnahrungsmittel (VO (EU) Nr. 2018/1006) und gelten nicht für Honig.

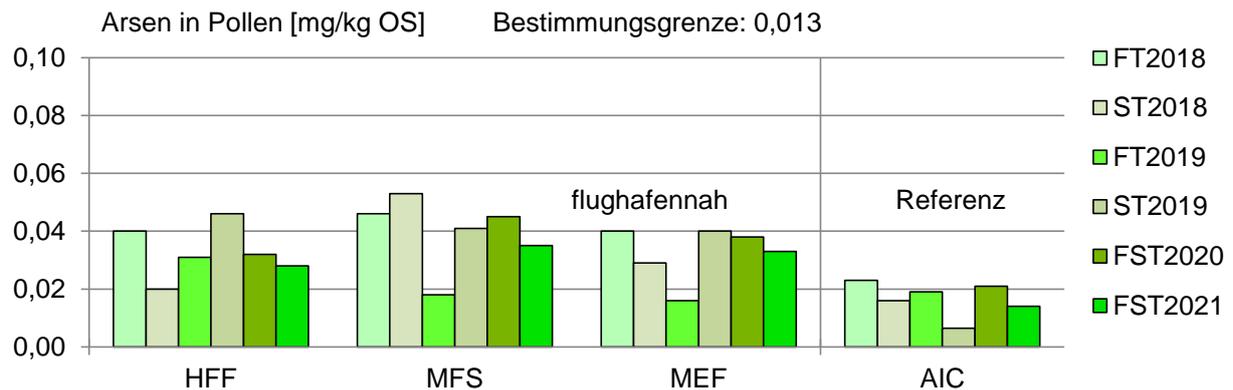


Bild 3.5-1: Arsen in Pollen

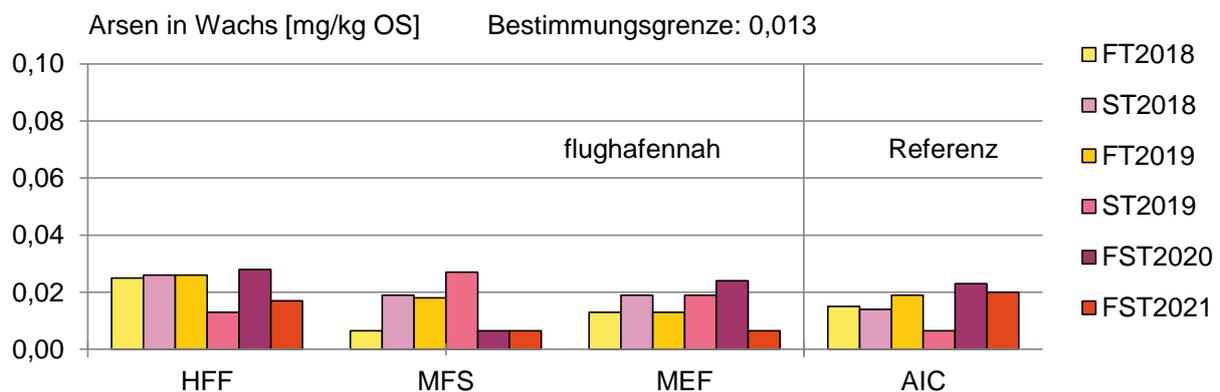


Bild 3.5-2: Arsen in Wachs

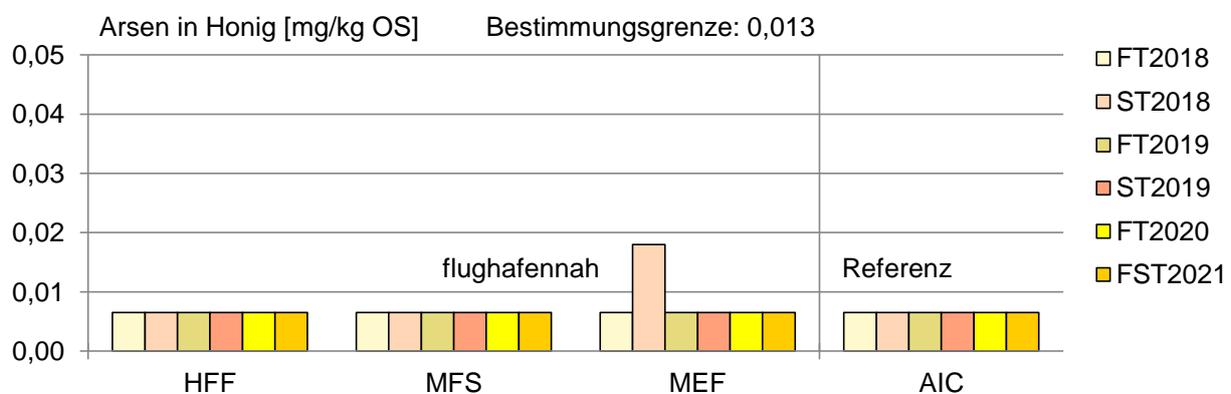


Bild 3.5-3: Arsen in Honig

Höchstgehalte für Reislebensmittel liegen bei 0,1–0,3 mg/kg (Tabelle 2.5-1). Sie können nicht auf Pollen oder Honig angewendet werden. Die Arsengehalte in Honig lagen mit einer Ausnahmen unterhalb der Bestimmungsgrenze und sind entsprechend mit 50% der BG von 0,013 mg/kg OS dargestellt.

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

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 Flughafensbetriebs ist nicht feststellbar.

3.6 Gehalte von Blei in Pollen, Wachs und Honig

Die **Bleigehalte in Pollen** lagen 2021 an den Flughafenstandorten HFF, MFS und MEF bei 0,30–0,45 mg/kg OS, vergleichbar mit den Vorjahren 0,04–0,48 mg/kg OS (Bild 3.6-1). Sie lagen damit 2018–2021 im Rahmen der Wertespanne des Referenzgebiets Aichach von 0,07–0,41 mg/kg OS. Zum Vergleich: Am Referenzstandort BRS des Bienenmonitorings im Umfeld der Flughäfen Berlin Schönefeld und Berlin Tegel war 2012–2019 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 1–16 % am Höchstgehalt für Nahrungsergänzungsmittel. Dieser orientierende Beurteilungswert liegt bei 3 mg/kg OS (Tabelle 2.5-1).

Die **Bleigehalte in Wachs** reichten 2021 flughafennah von <0,025 bis 0,036 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 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 2012–2019 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)

Die **Bleigehalte in Honig** lagen 2021 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 Berliner Referenzstandort BRS lag Blei in Honig unter den Bestimmungsgrenzen (0,1 mg/kg OS bis 2015, 0,025 mg/kg OS 2016-2019). Beim Bienenmonitoring am Flughafen Leipzig/Halle lag Blei 2018–2021 <0,025 mg/kg OS, mit einer Ausnahme 2020 von 0,28 mg/kg OS.

Somit waren alle Honigergebnisse deutlich niedriger als der Höchstgehalt für Blei in Honig von 0,1 mg/kg OS (Bild 3.6-3: rote Linie).

Fazit für Blei:

Eine zeitliche Entwicklung, die mit dem Corona-Pandemie 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 Flughafensbetriebs auf die sehr niedrigen Rückstände dieses Kontaminanten ist nicht feststellbar.

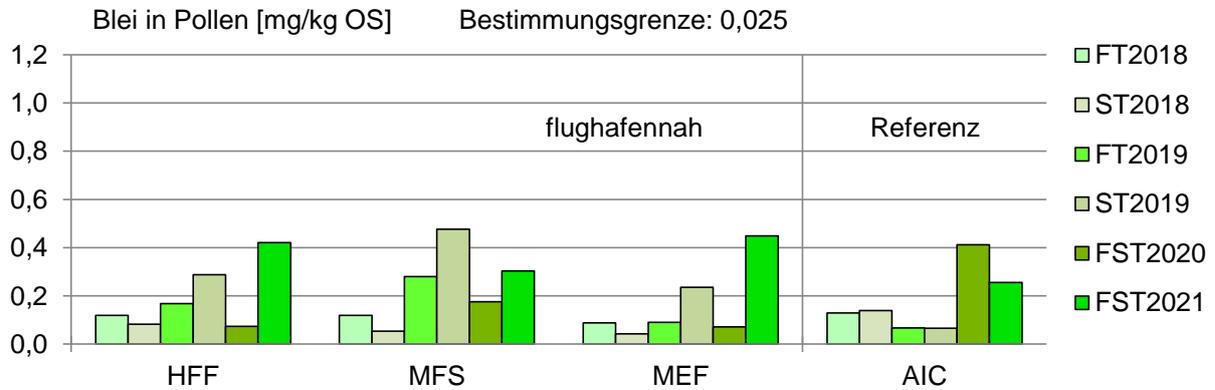


Bild 3.6-1: Blei in Pollen

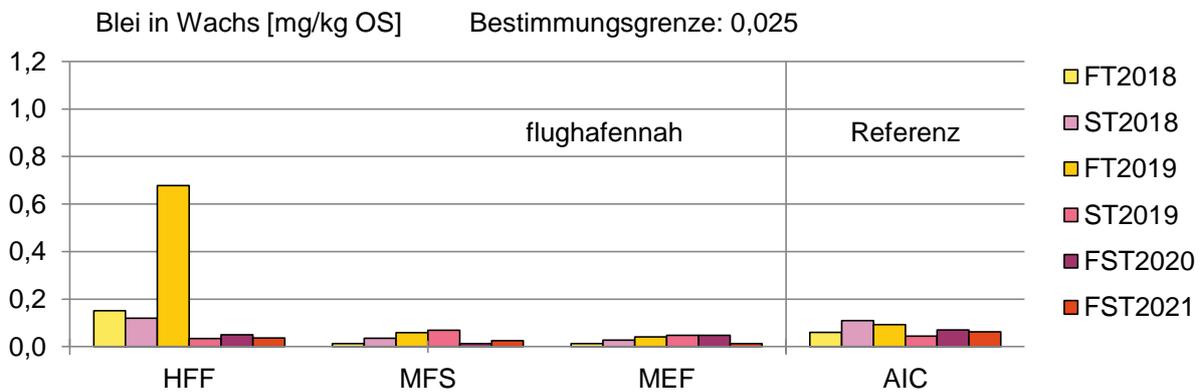


Bild 3.6-2: Blei in Wachs

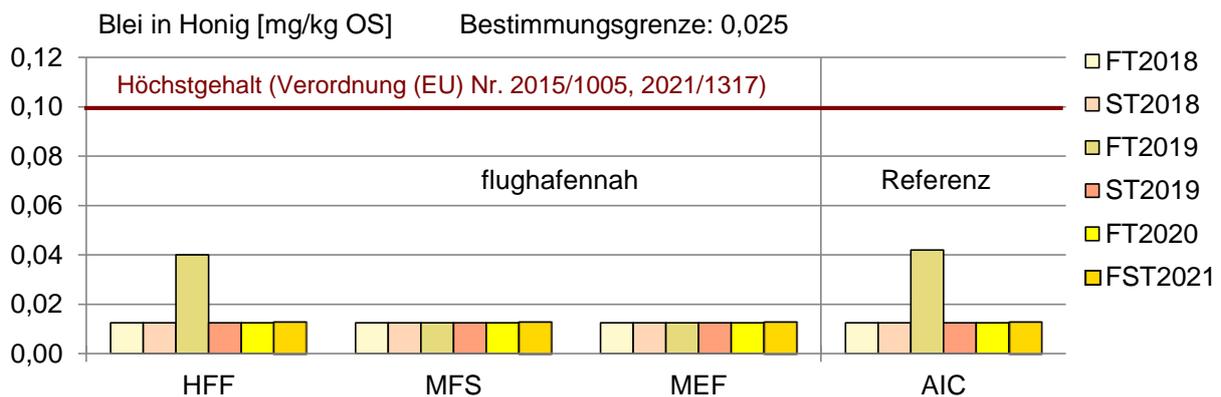


Bild 3.6-3: Blei in Honig

Ein Höchstgehalt für Nahrungsergänzungsmittel, der orientierend auf Pollen angewendet werden kann, liegt bei 3 mg/kg OS (Tabelle 2.5-1). Die Bleigehalte in Honig lagen mit zwei Ausnahmen unterhalb der Bestimmungsgrenze und sind entsprechend mit 50% der BG von 0,025 mg/kg OS dargestellt. Der Höchstgehalt für Blei in Honig gemäß Verordnung (EU) Nr. 2015/1005 mit 2021/1317 beträgt 0,1 mg/kg (rote Linie). FT: Frühtracht, ST: Sommertracht, FST: Mischprobe aus Früh- und Sommertracht

3.7 Gehalte von Cadmium in Pollen, Wachs und Honig

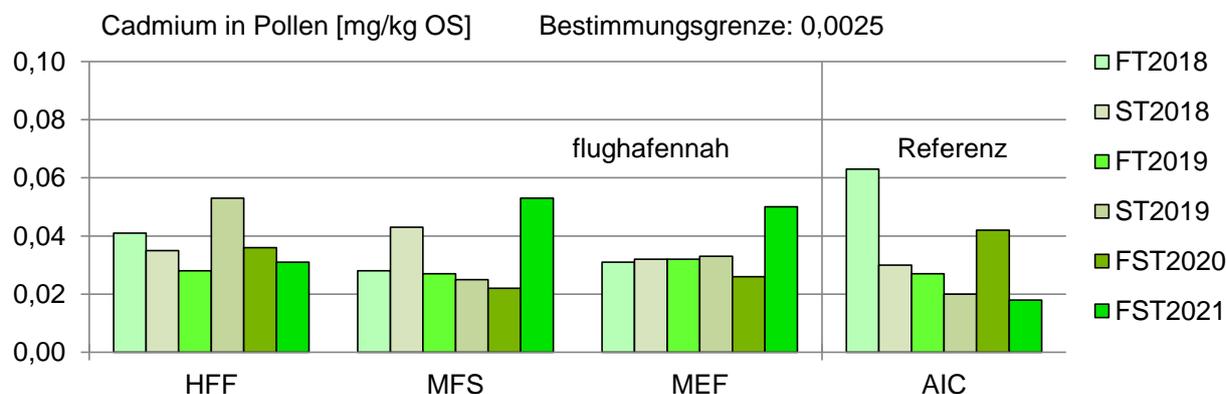


Bild 3.7-1: Cadmium in Pollen

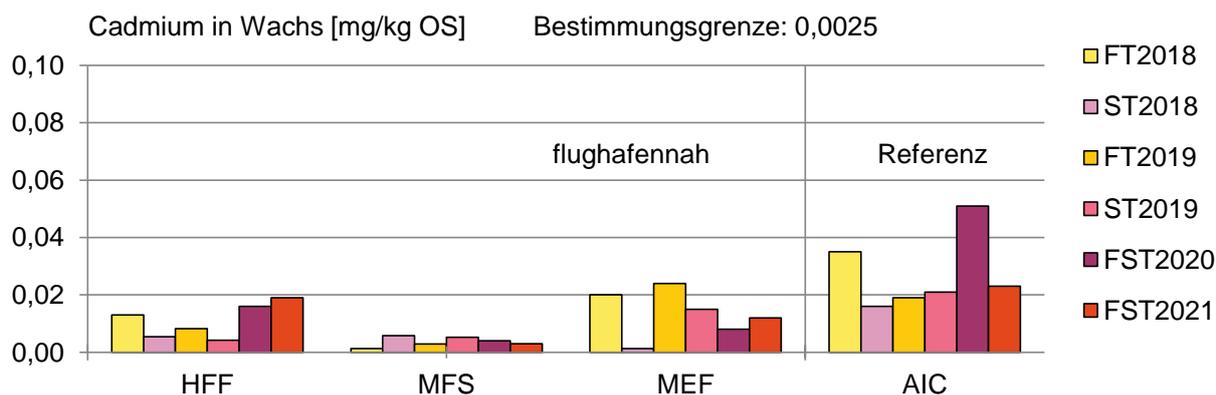


Bild 3.7-2: Cadmium in Wachs

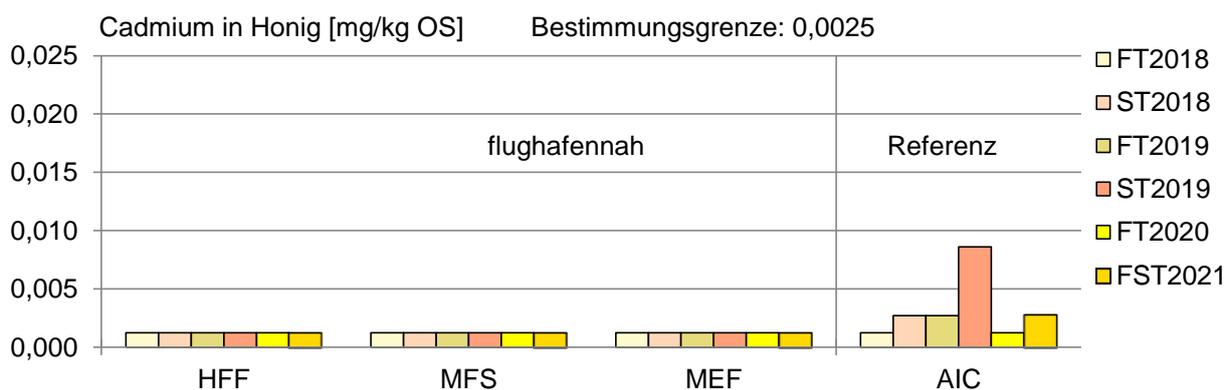


Bild 3.7-3: Cadmium in Honig

Ein Höchstgehalt für Nahrungsergänzungsmittel, der orientierend auf Pollen angewendet werden kann, liegt bei 1 mg/kg OS (Tabelle 2.5-1). Zwei Cadmiumgehalte in Wachs sowie die Mehrheit der Cadmiumgehalte in Honig lagen unterhalb der Bestimmungsgrenze und sind entsprechend mit 50% der BG von 0,0025 mg/kg OS dargestellt. Ein vorsorglicher Aktionswert für Honig nach österreichischem Recht beträgt 0,05 mg/kg OS (ÖBMG 2015).

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

Cadmium in Pollen lag 2021 an den Flughafenstandorten HFF, MFS und MEF in einem engen Bereich bei 0,031–0,050 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 von 0,018–0,063 mg/kg OS. Diese Ergebnisse sind gut mit dem Referenzstandort BRS des Bienenmonitorings im Umfeld der Berliner Flughäfen 2012–2019 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 mg/kg OS (Tabelle 2.5-1).

Die **Cadmiumgehalte in Wachs** reichten 2021 flughafennah von 0,003 bis 0,019 mg/kg OS, vergleichbar mit den Vorjahren: <0,0025–0,024 mg/kg OS (Bild 3.7-2). Die Cadmiumgehalte in Wachs am Flughafen München lagen damit im unteren Bereich der Wertespanne des Referenzgebiets Aichach: 0,016–0,051 mg/kg OS. Am Referenzstandort BRS des Berliner Bienenmonitorings wurden 2012–2019 <0,0025–0,015 mg/kg OS Cadmium in Wachs gemessen. Die Ursache für die im Referenzgebiet Aichach vergleichsweise 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 2021 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 2018–2021 Cadmiumgehalte von unterhalb BG bis 0,0086 mg/kg OS gemessen. Zum Vergleich: Am Referenzstandort BRS lag Cadmium in Honig unter den Bestimmungsgrenzen (0,1 mg/kg OS 2012–2015, 0,025 mg/kg OS 2016-2019).

Der vorsorgliche Aktionswert für Honig von 0,05 mg/kg OS nach österreichischem Recht (ÖBMG 2015) würde auch von den Ergebnissen aus dem Referenzgebiet Aichach nur zu maximal 17 % ausgeschöpft (Tabelle 2.5-1).

Fazit für Cadmium:

Eine zeitliche Entwicklung, die mit dem Corona-Pandemie 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 2021 flughafennah in einem Bereich von 0,057–0,083 mg/kg OS, enger als in den Vorjahren mit 0,036–0,26 mg/kg OS (Bild 3.8-1) und im Bereich der Werte im Referenzgebiet Aichach von 0,027–0,11 mg/kg OS. Die Chromgehalte in Pollen vom Flughafen München wie vom Referenzgebiet Aichach liegen innerhalb der Wertespanne des Referenzstandorts BRS des Berliner Bienenmonitorings 2012–2019: 0,041–0,27 mg/kg OS.

Für andere Nahrungsergänzungsmittel als Pollen beträgt laut Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin (BgVV 2002) die tägliche Zufuhr für jedes einzelne Produkt 6 mg/kg Chrom, wenn man einen Verzehr von je 10 g zugrunde legt (10 g Pollen entsprechen ca.

5 Teelöffeln; Tabelle 2.5-1). Das ist 23mal mehr als der maximal gemessene Chromgehalt, der somit als unauffällig zu werten ist.

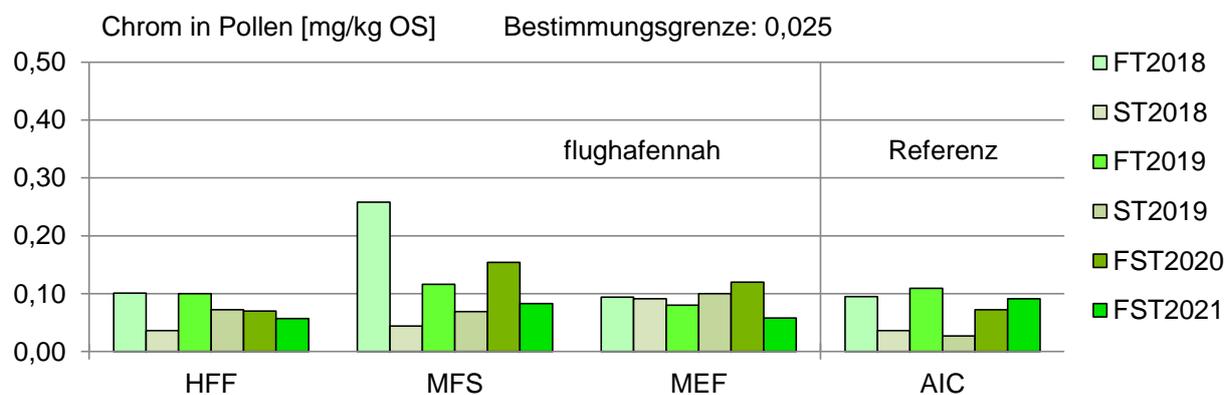


Bild 3.8-1: Chrom in Pollen

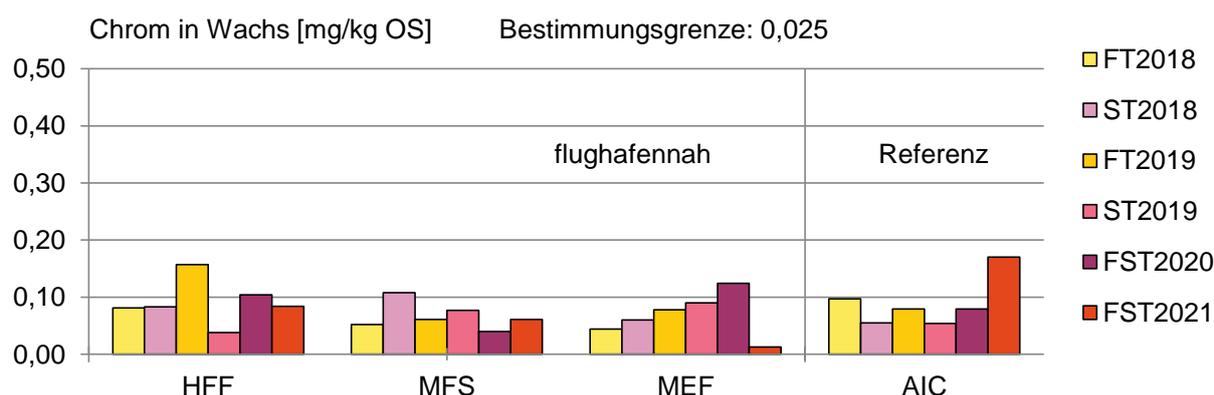


Bild 3.8-2: Chrom in Wachs

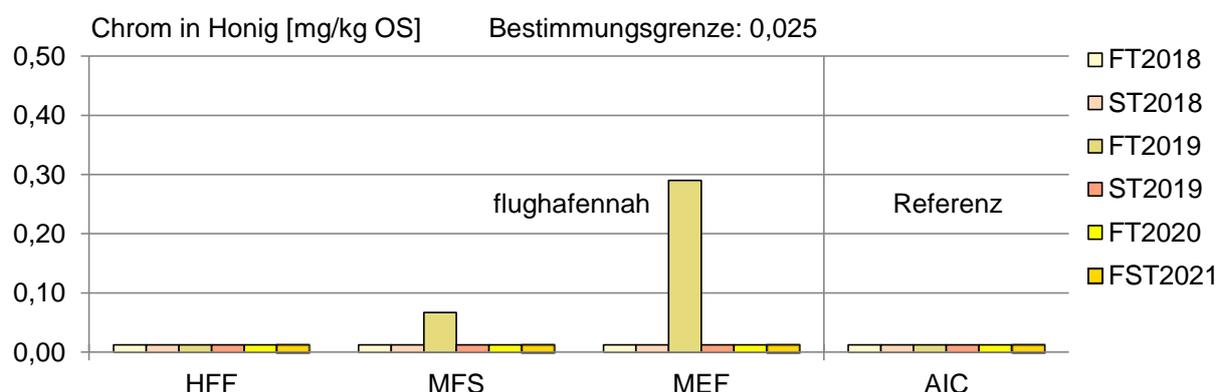


Bild 3.8-3: Chrom in Honig

Beurteilungswerte aus dem Lebensmittelrecht sind für Chrom nicht festgelegt. Fast alle Chromgehalte in Honig sowie einer in Wachs lagen unterhalb der Bestimmungsgrenze und sind entsprechend mit 50% der BG von 0,025 mg/kg OS dargestellt. Die gemessenen Chromgehalte in Frühtrachthonig 2019 von 0,067 mg/kg OS und 0,29 mg/kg OS sind als unauffällig zu werten.

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

Chrom in Wachs lag 2021 flughafennah bei $<0,025\text{--}0,084$ mg/kg OS, ähnlich den Vorjahren mit $0,038\text{--}0,16$ mg/kg OS (Bild 3.8-2). Die Chromgehalte in Wachs am Flughafen München lagen damit im Bereich der Werte aus dem Referenzgebiet Aichach von $0,054\text{--}0,17$ mg/kg OS und im Bereich der Chromgehalte, die am Referenzstandort BRS des Berliner Bienenmonitorings abseits vom Flughafen 2012–2019 gemessen wurden: dort $<0,025\text{--}0,13$ mg/kg OS.

Die **Chromgehalte in Honig** lagen 2021 wie in den Vorjahren flughafennah unterhalb der Bestimmungsgrenze $0,025$ mg/kg OS und sind mit deren halbem Wert dargestellt (Bild 3.8-3). Ausnahmen bilden die Chromgehalte in Frühtrachthonig 2019 vom Standort MFS mit $0,067$ mg/kg OS und vom Standort MEF mit $0,29$ mg/kg OS. Im Referenzgebiet Aichach wurden 2018–2021 Chromgehalte unterhalb BG gemessen. Am Berliner Referenzstandort BRS lag Chrom in Honig im Jahr 2015 einmal bei $0,13$ mg/kg OS, ansonsten unter den Bestimmungsgrenzen ($0,1$ mg/kg OS 2012–2015, $0,025$ mg/kg OS 2016-2019).

Die 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 $0,003$ mg nur rund einem Zehntel bis knapp einem Drittel der geschätzten angemessenen Gesamtzufuhr von $0,03\text{--}0,1$ mg/Tag für Jugendliche und Erwachsene (DGE 2020, Tabelle 2.5-1).

Fazit für Chrom:

Eine zeitliche Entwicklung, die mit dem Corona-Pandemie 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 2021 an den Standorten HFF, MFS und MEF am Flughafen München in einem Bereich von $54\text{--}60$ mg/kg OS, innerhalb der Spanne der Vorjahre von $24\text{--}73$ mg/kg OS (Bild 3.9-1) und im Bereich der Werte im Referenzgebiet Aichach mit $13\text{--}72$ mg/kg OS. Beim Bienenmonitoring im Umfeld der Flughäfen Berlin Schönefeld und Berlin Tegel 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 $106\text{--}169$ mg/kg bezogen auf Trockenmasse gefunden (Formicki et al. 2013). Dies entspricht einem Eisengehalt von $74\text{--}118$ mg/kg OS. Die Eisengehalte in Pollen aus dem Umfeld des Flughafens München sind tendenziell niedriger.

Eisen in Wachs lag 2021 flughafennah bei $4,7\text{--}23$ mg/kg OS, innerhalb der weiten Spanne der Vorjahre von $0,25\text{--}36$ mg/kg OS (Bild 3.9-2). Die Eisengehalte im Referenzgebiet Aichach lagen 2018–2020 innerhalb dieses Bereichs, bei $0,47\text{--}7,6$ mg/kg OS. Eisen in Wachs liegt damit mehrheitlich niedriger als in Pollen.

Die **Eisengehalte in Honig** fielen deutlich niedriger aus als die in Pollen. Im Jahr 2021 wurden flughafennah $0,37\text{--}0,60$ mg/kg OS gemessen, vergleichbar zu den Vorjahren mit $0,23\text{--}1,7$ mg/kg OS (Bild

3.9-3). Im Referenzgebiet Aichach lag Eisen 2018–2021 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.

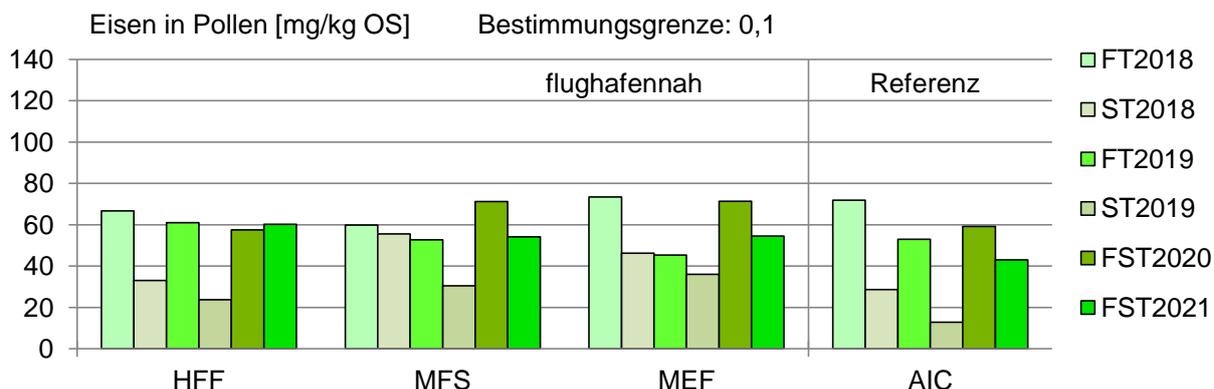


Bild 3.9-1: Eisen in Pollen

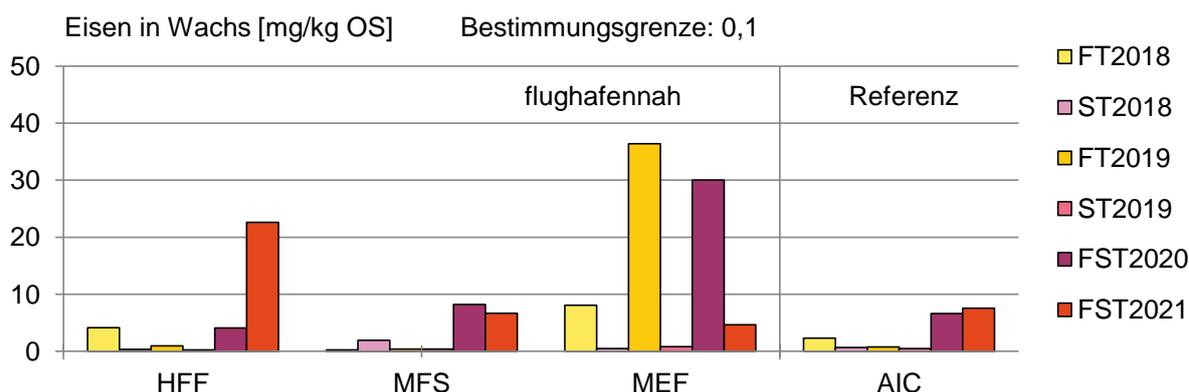


Bild 3.9-2: Eisen in Wachs

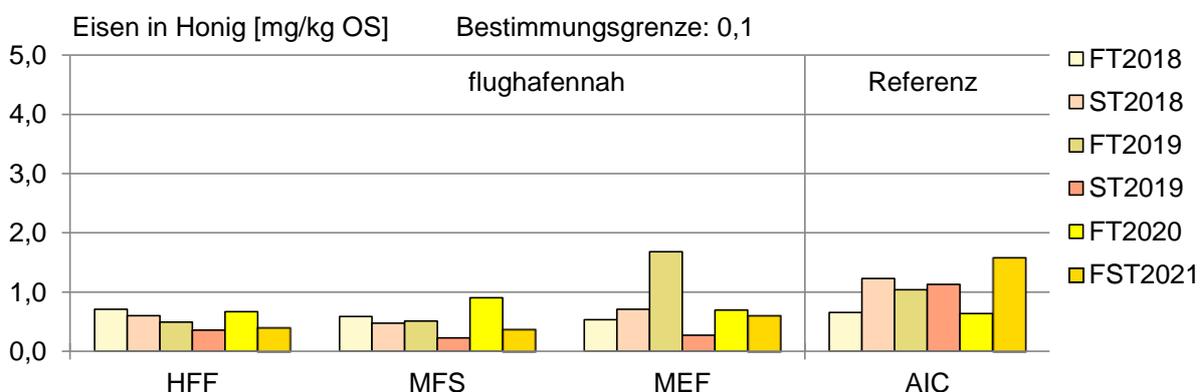


Bild 3.9-3: Eisen in Honig

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

Fazit für Eisen:

Eine zeitliche Entwicklung, die mit dem Corona-Pandemie 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 2021 flughafennah in einem sehr engen Bereich von 7,5–8,9 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 2018–2021 von 3,9–9,7 mg/kg OS. Die Kupfergehalte in Pollen vom Flughafen München wie vom Referenzgebiet Aichach liegen wiederum innerhalb der Wertespanne des Referenzstandorts BRS des Berliner Bienenmonitorings 2012–2019: 3,9–14 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** reichten 2021 am Flughafen München von 0,46 bis 2,2 mg/kg OS und lagen damit innerhalb der Ergebnisse der Vorjahre von 0,34–6,3 mg/kg OS (Bild 3.10-2). Sie waren damit gut mit denen des Referenzgebiets Aichach vergleichbar: 1,2–7,0 mg/kg OS. Am Referenzstandort BRS des Berliner Bienenmonitorings wurden 2012–2019 0,09–0,49 mg/kg OS Kupfer in Wachs gemessen, somit niedriger als im Referenzgebiet Aichach und 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 (2021 kein Referenzwachs). Insgesamt zeigen sich die Kupfergehalte in Wachs, verglichen mit den Gehalten in Pollen, als unauffällig niedrig.

Die **Kupfergehalte in Honig** lagen 2021 flughafennah in einem engen Bereich von 0,11–0,13 mg/kg OS, innerhalb der Wertespanne der Vorjahre von <0,025–0,34 mg/kg OS (Bild 3.10-3). Im Referenzgebiet Aichach wurden 2018–2021 Kupfergehalte von 0,11–0,82 mg/kg OS gemessen. Zum Vergleich: Am Referenzstandort BRS lag Kupfer in Honig im Bereich der Werte, die flughafennah am Münchner Airport gemessen wurden: <0,025–0,224 mg/kg OS.

Verglichen mit der zur Beurteilung hilfsweise herangezogenen, geschätzten angemessenen Gesamtzufuhr pro Tag sind alle Kupfergehalte in Honig als unauffällig niedrig zu werten: 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 (DGE 2020, Tabelle 2.5-1).

Fazit für Kupfer:

Eine zeitliche Entwicklung, die mit dem Corona-Pandemie 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.

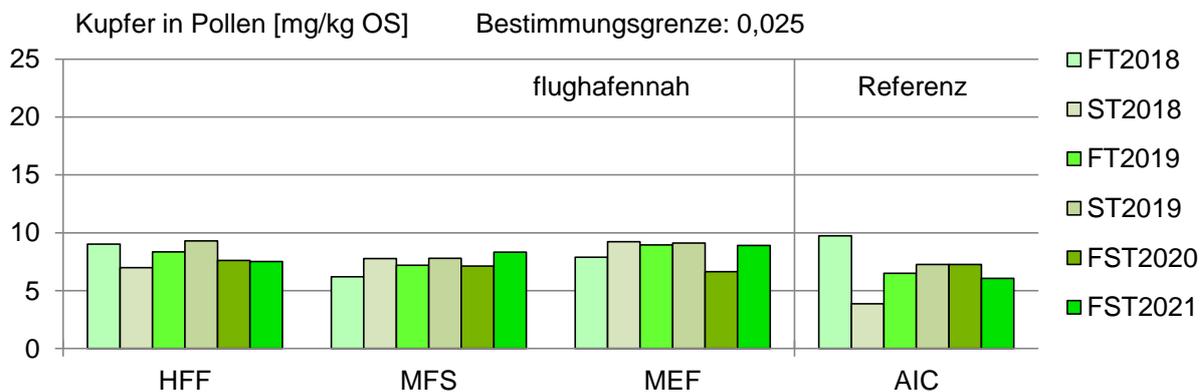


Bild 3.10-1: Kupfer in Pollen

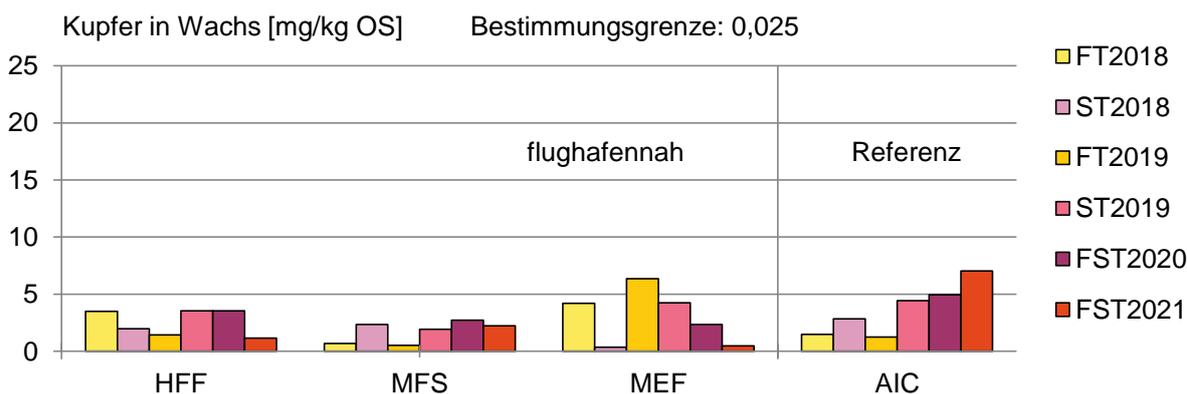


Bild 3.10-2: Kupfer in Wachs

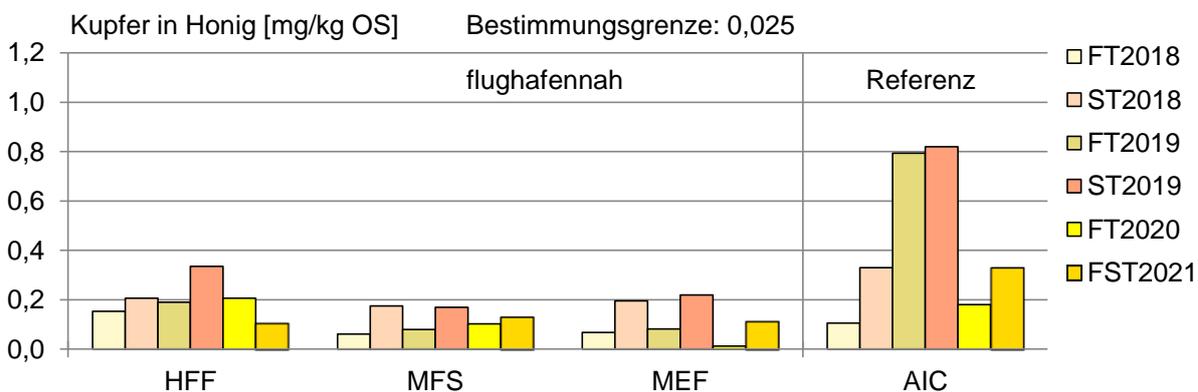


Bild 3.10-3: Kupfer in Honig

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 2021 an den Flughafenstandorten HFF, MFS und MEF bei 0,37–0,48 mg/kg OS, innerhalb der Werte der Vorjahre von 0,18–0,63 mg/kg OS (Bild 3.11-1). Sie waren damit 2018–2021 mit den Nickelgehalten in Pollen aus dem Referenzgebiet Aichach gut vergleichbar: 0,26–0,76 mg/kg OS. Am Referenzstandort BRS des Bienenmonitorings im Umfeld der Flughäfen Berlin Schönefeld und Berlin Tegel wurden 2012–2019 ähnliche Werte gemessen: 0,12–1,0 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 2021 flughafennah von 0,06 bis 0,25 mg/kg OS und lagen damit innerhalb der Wertspanne der Vorjahre 0,03–0,58 mg/kg OS (Bild 3.11-2). Die Gehalte von Nickel in Wachsproben aus dem Referenzgebiet Aichach waren mit 0,21–1,9 mg/kg OS teilweise höher. Am Berliner Referenzstandort BRS wurden 2012–2019 Nickelgehalte gemessen, die mit den niedrigen der Standorte am Flughafen München gut vergleichbar sind: <0,025–0,39 mg/kg OS. Auch die Werte aus dem Referenzgebiet Aichach sind verglichen mit den durchschnittlich üblichen Nickelgehalten von rund 4 mg/kg OS in pflanzlichen Nahrungsergänzungsmitteln (EFSA 2014) nicht als hoch zu werten.

Die **Nickelgehalte in Honig** lagen 2021 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 Jahren 2019 und 2021 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. Die Ursache für die höheren Nickelgehalte in Honig aus dem Referenzgebiet Aichach ist unbekannt.

Beurteilungswerte aus dem Lebensmittelrecht liegen nicht vor, aber durchschnittlich übliche Gehalte in Blütenhonigen und in nicht spezifizierten Honigen: Sie liegen laut EFSA (2014) bei 0,14–0,16 mg/kg OS. Die Ergebnisse der flughafennahen Standorte sind somit als unauffällig niedrig zu werten. Die vergleichsweise höheren Nickelgehalte aus dem Referenzgebiet Aichach 2019 und 2021 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).

Fazit für Nickel:

Eine zeitliche Entwicklung, die mit dem Corona-Pandemie 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.

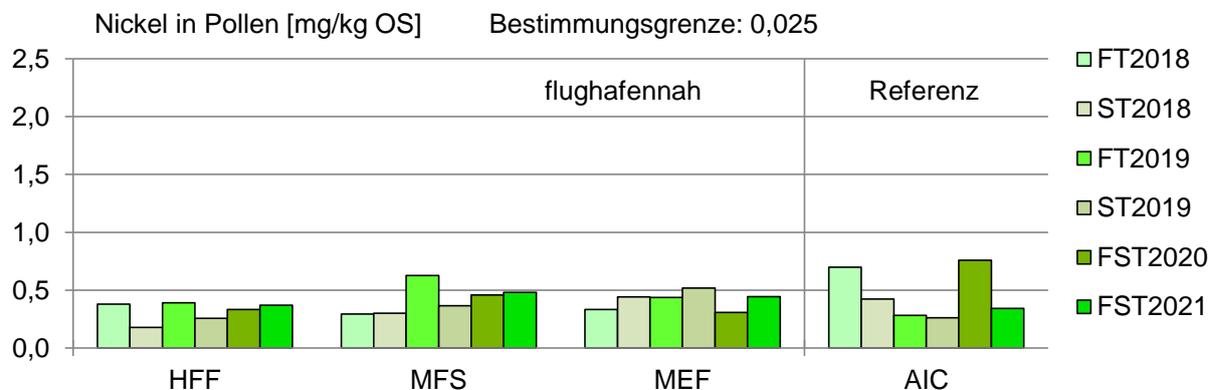


Bild 3.11-1: Nickel in Pollen

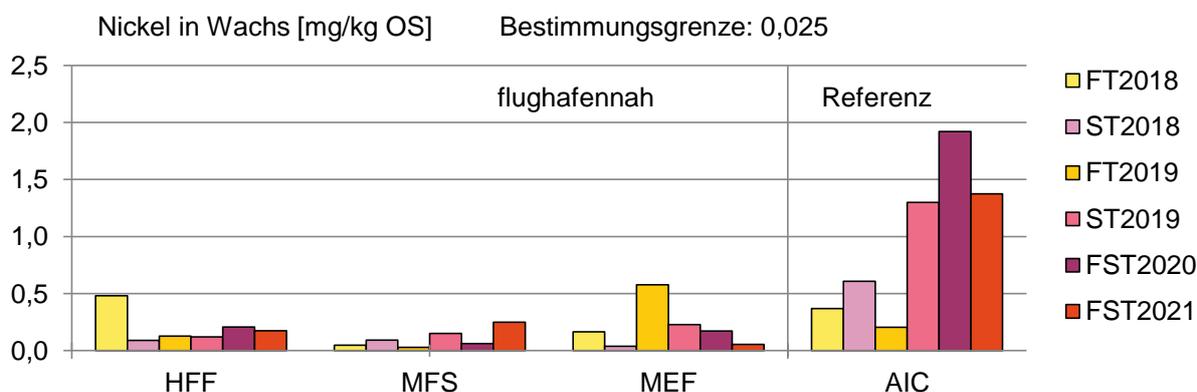


Bild 3.11-2: Nickel in Wachs

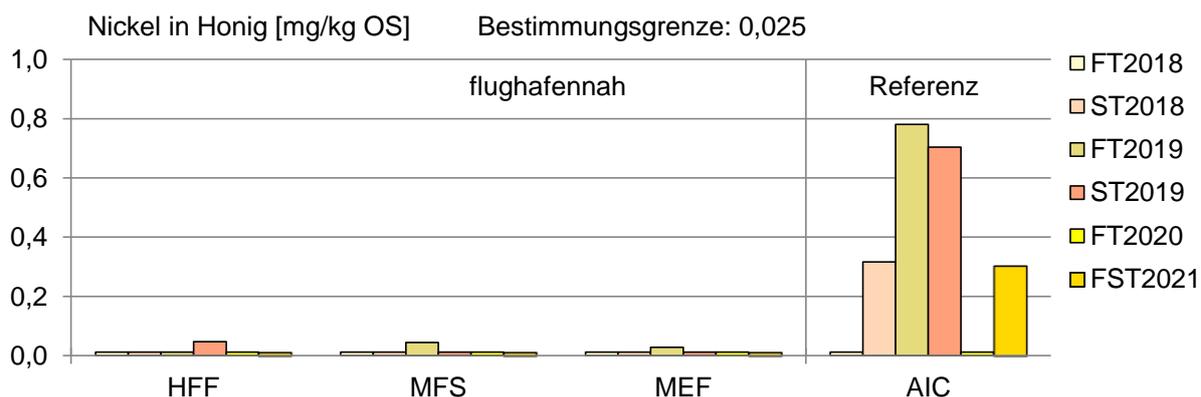


Bild 3.11-3: Nickel in Honig

Beurteilungswerte aus dem Lebensmittelrecht sind für Nickel nicht festgelegt. Die Nickelgehalte in Honig lagen mehrheitlich 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

3.12 Gehalte von Quecksilber in Pollen, Wachs und Honig

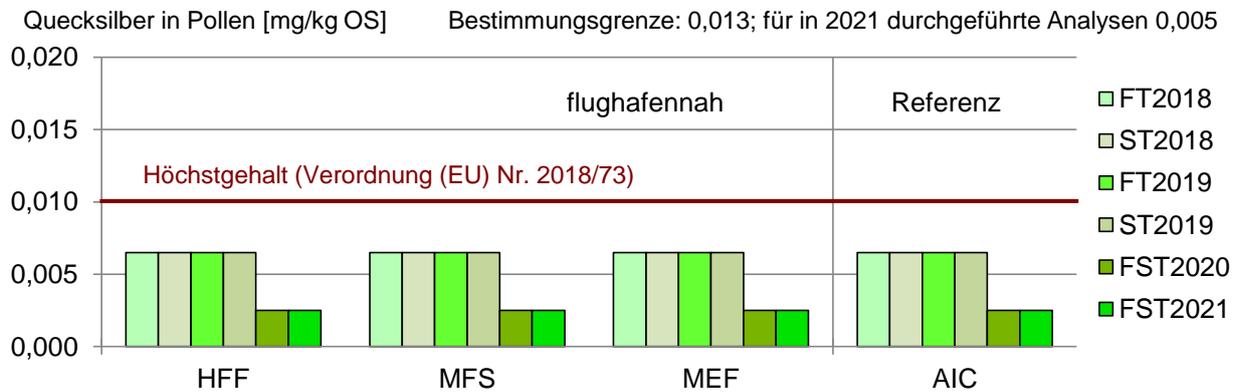


Bild 3.12-1: Quecksilber in Pollen

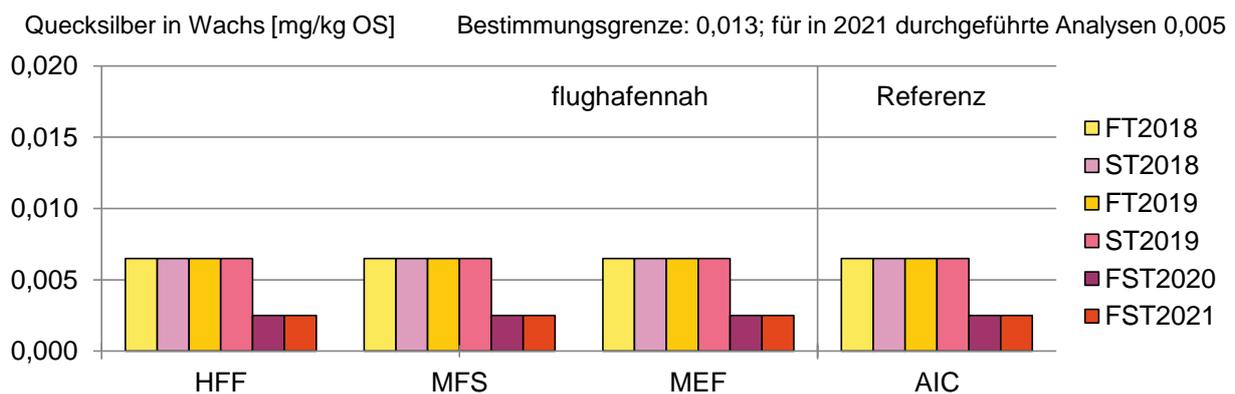


Bild 3.12-2: Quecksilber in Wachs

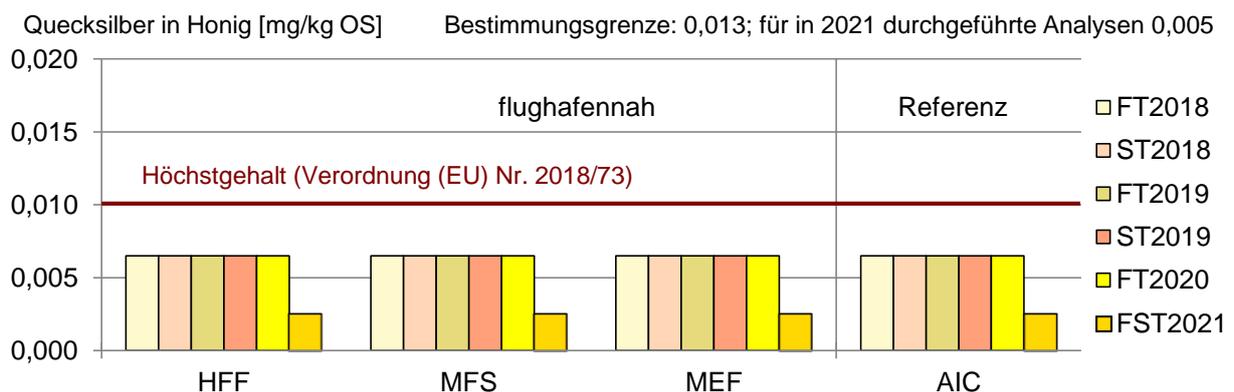


Bild 3.12-3: Quecksilber in Honig

Der Höchstgehalt für Quecksilberverbindungen in Honig und Imkereierzeugnissen gemäß Verordnung (EU) Nr. 2018/73 beträgt 0,01 mg/kg OS (rote Linie). Alle Quecksilbergehalte in Pollen, Wachs und Honig lagen unterhalb Bestimmungsgrenzen und sind entsprechend mit 50% der BG von 0,013 mg/kg OS bzw. mit 50% von 0,005 mg/kg OS für Analysen in 2021 dargestellt.

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

Die **Quecksilbergehalte in Pollen, Wachs und Honig** lagen 2021 flughafennah wie in den Vorjahren und wie im Referenzgebiet Aichach sämtlich unterhalb der Bestimmungsgrenze. Diese betrug bis 2020 0,013 mg/kg OS und für die in 2021 durchgeführten Analysen 0,005 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.

Quecksilbergehalte in Honig und Pollen unterhalb BG unterschreiten den Höchstgehalt für Quecksilberverbindungen in Honig und Imkereierzeugnissen von 0,01 mg/kg OS (VO (EU) Nr. 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 2021 flughafennah in einem sehr engen Bereich von 52–74 mg/kg OS, innerhalb der Wertespanne der Vorjahren von 31–90 mg/kg OS (Bild 3.13-1). Sie stimmten mit dem Wertebereich im Referenzgebiet Aichach 2018–2021 von 33–88 mg/kg OS gut überein. Die Zinkgehalte in Pollen des Referenzstandorts BRS des Berliner Bienenmonitorings nahmen 2012–2019 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 – 90 mg/kg OS – und ist als unauffällig niedrig zu werten.

Die **Zinkgehalte in Wachs** lagen 2021 an den Flughafenstandorten HFF, MFS und MEF bei 6,2–34 mg/kg OS und lagen damit innerhalb der Ergebnisse der Vorjahren von 5,8–70 mg/kg OS (Bild 3.13-2). Im Referenzgebiet Aichach lagen sie 2018–2021 in diesem Bereich: 44–70 mg/kg OS. zum Vergleich: Auch am Referenzstandort BRS des Berliner Bienenmonitorings wurden 2012–2019 mit 3,8–52 mg/kg OS ähnliche Zinkgehalte gemessen.

Die **Zinkgehalte in Honig** lagen 2021 flughafennah in einem engen Bereich von 0,37–0,44 mg/kg OS, innerhalb der Wertespanne der Vorjahren von 0,21–0,91 mg/kg OS (Bild 3.13-3). Im Referenzgebiet Aichach wurden 2018–2021 mit 0,37–2,5 mg/kg OS teilweise höhere Zinkgehalte gemessen. Der Vergleich mit dem Referenzstandort BRS des Bienenmonitorings im Umfeld der Flughäfen Berlin Schönefeld und Berlin Tegel zeigt, 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 Gesamtaufuhr 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).

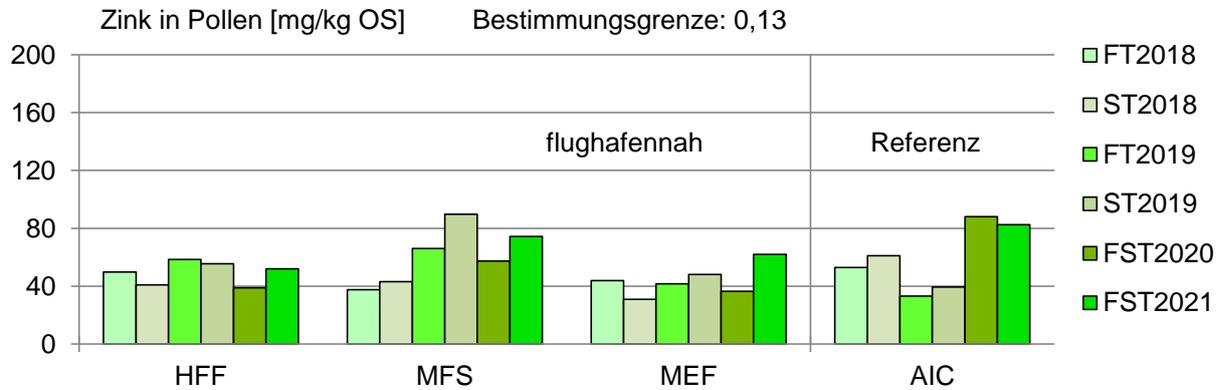


Bild 3.13-1: Zink in Pollen

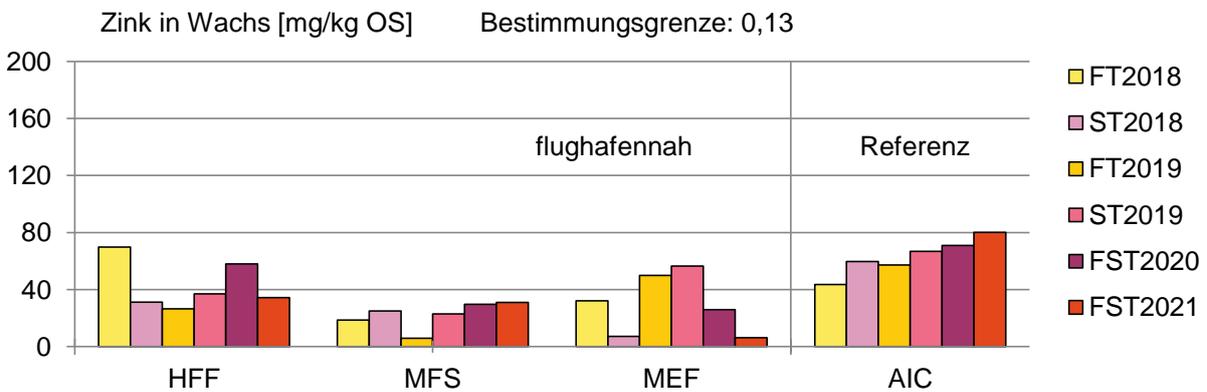


Bild 3.13-2: Zink in Wachs

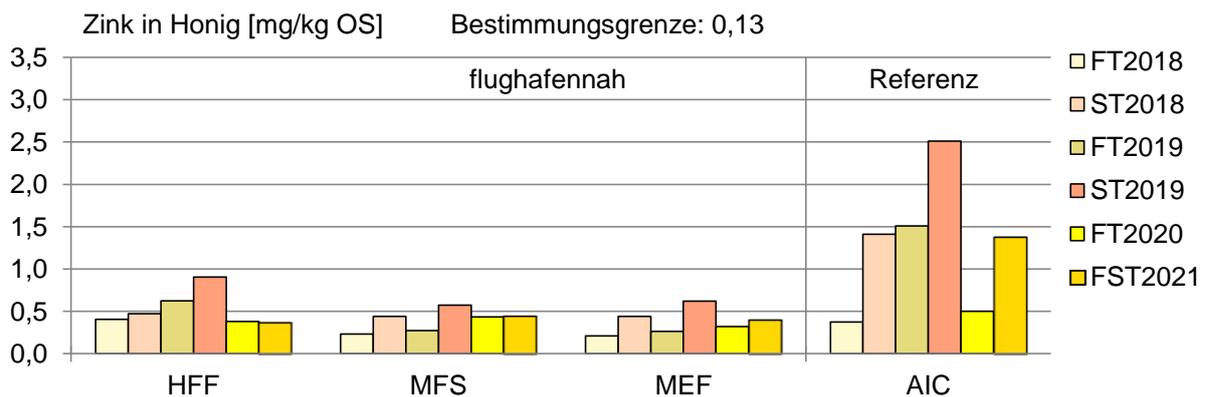


Bild 3.13-3: Zink in Honig

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 Corona-Pandemie 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) 2018–2021 gezeigt.

Die **Benzo[a]pyren-Gehalte in Pollen** lagen 2021 an den Standorten HFF, MFS und MEF am Flughafen München bei 0,12–0,34 µg/kg OS (0,1 µg: ein Zehntel Mikrogramm entspricht einem Zehntausendstel Milligramm). Diese Werte stimmen gut mit den Vorjahren überein: 0,11–0,47 µg/kg OS (Bild 3.14-1). Der Wertebereich 2018–2021 des Referenzgebiets Aichach von <0,1–0,29 µg/kg OS ist dem ähnlich. Zum Vergleich: Am Referenzstandort BRS des Bienenmonitorings im Umfeld der Flughäfen Berlin Schönefeld und Berlin Tegel war die Wertespanne 2012–2019 für BaP mit <0,1–1,17 µg/kg OS weiter.

Der Vergleich mit Höchstgehalten für ähnliche Nahrungsergänzungsmittel macht die Einordnung der Pollenergebnisse möglich: 10 µg/kg OS als Höchstgehalt für Benzo[a]pyren in den Bienenprodukten Kittharz und Gelée Royale gemäß VO (EU) Nr. 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 Flughäfen Berlin Schönefeld und Berlin Tegel gab es Hinweise auf derartige saisonale Unterschiede.

Die **Benzo[a]pyren-Gehalte in Wachs** lagen 2021 flughafennah bei 0,11–0,14 µg/kg OS, innerhalb der engen Wertespanne der Vorjahre von <0,1–0,22 µg/kg OS (Bild 3.14-2). Die BaP-Gehalte in Wachs aus dem Referenzgebiet Aichach von <0,1–0,15 µg/kg OS sind damit gut vergleichbar. Am Berliner Referenzstandort BRS wurden 2012–2019 BaP-Gehalte in Wachs mit einer weiteren Wertespanne von <0,1–5,4 µg/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 0,1 µg/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 µg/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 Corona-Pandemie 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.

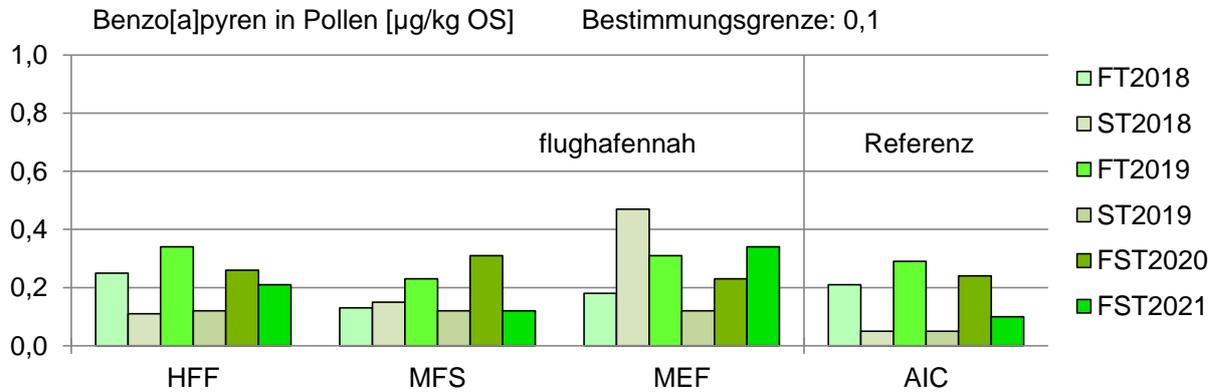


Bild 3.14-1: Benzo[a]pyren in Pollen

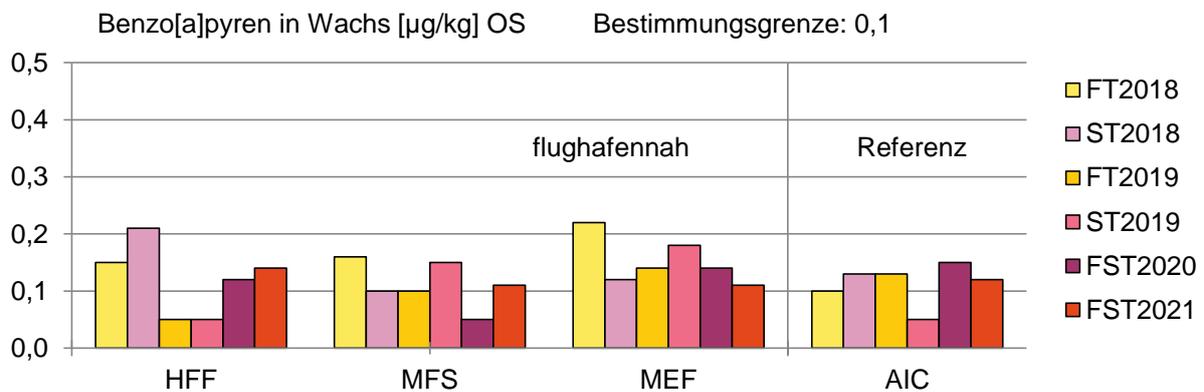


Bild 3.14-2: Benzo[a]pyren in Wachs

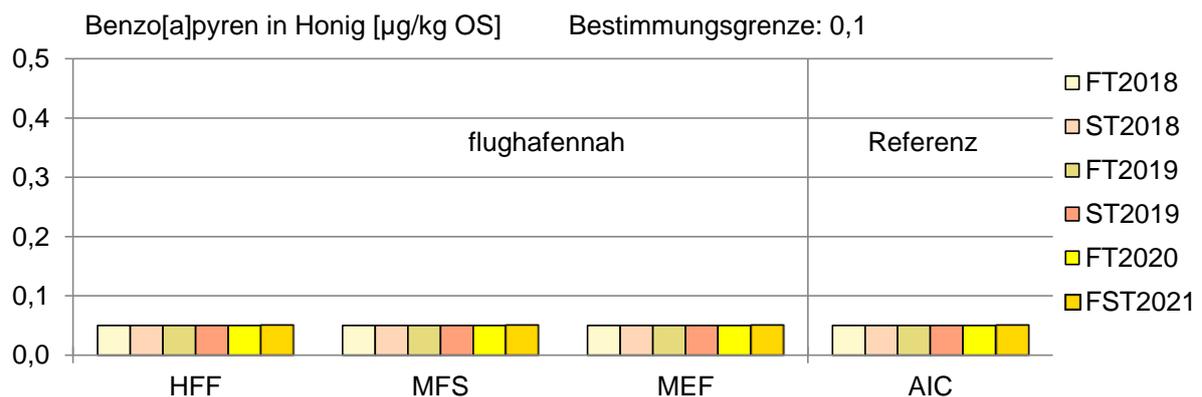


Bild 3.14-3: Benzo[a]pyren in Honig

Ein Höchstgehalt für Benzo[a]pyren (BaP) von 10 $\mu\text{g}/\text{kg OS}$ für die Bienenprodukte Kittharz und Gelée Royale (VO (EU) Nr. 2015/1933; Tabelle 2.5-1) kann auf Pollen und orientierend auf Honig angewendet werden. Zwei BaP-Gehalte in Pollen, vier in Wachs und alle in Honig lagen unterhalb der Bestimmungsgrenze und sind entsprechend mit 50% der BG von 0,1 $\mu\text{g}/\text{kg OS}$ 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]fluoranthen 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 Nr. 2015/1993). Daher gehen „Werte unterhalb BG“ der vier PAK-Verbindungen nicht in die Summe PAK4 ein.

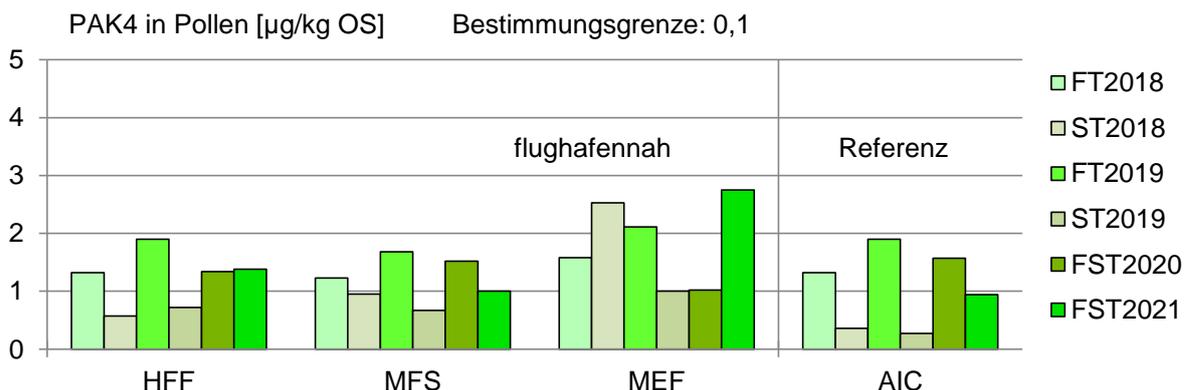


Bild 3.14-4: PAK4 in Pollen

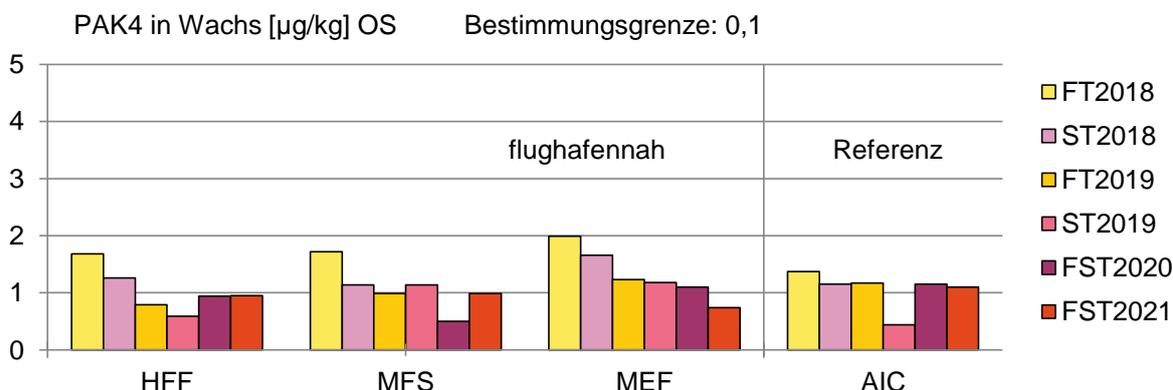


Bild 3.14-5: PAK4 in Wachs

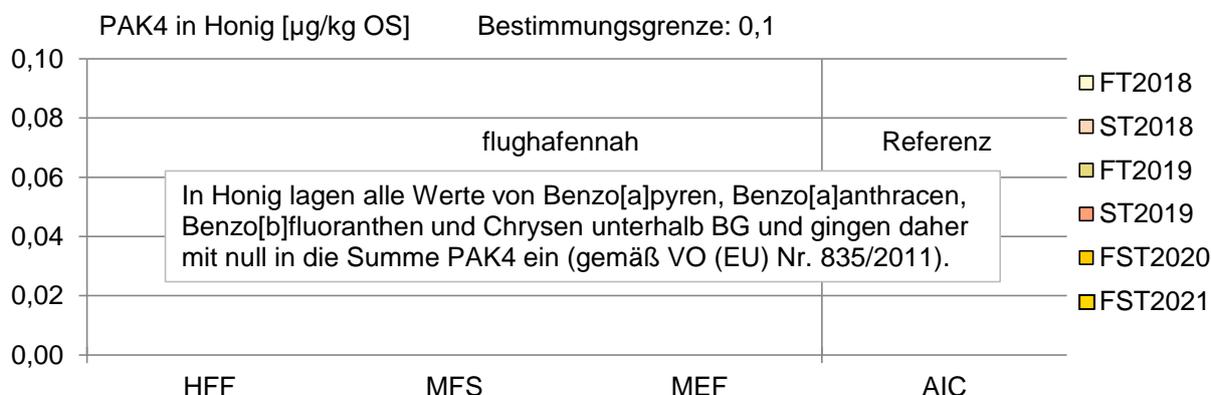


Bild 3.14-6: PAK4 in Honig

Ein Höchstgehalt für PK4 von 50 $\mu\text{g}/\text{kg}$ OS für die Bienenprodukte Kittharz und Gelée Royale (VO (EU) Nr. 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 2021 an den Flughafenstandorten HFF, MFS und MEF bei 1,0–2,8 µg/kg OS, im Bereich der Vorjahre von 0,57–2,5 µg/kg OS (Bild 3.14-4) und mit dem Wertebereich 2018–2021 des Referenzgebiets Aichach von 0,36–1,9 µg/kg OS vergleichbar. Am Referenzstandort BRS des Bienenmonitorings im Umfeld der Flughäfen Berlin Schönefeld und Berlin Tegel wurden 2012–2019 zum Teil höhere PAK4-Gehalte in Wachs erreicht: 0,7–13 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. Als saisonale PAK-Quelle kommt Hausbrand in Frage.

Die **PAK4-Gehalte in Wachs** lagen 2021 flughafennah bei 0,74–0,99 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 0,44–1,4 µg/kg OS. Zum Vergleich: Am Berliner Referenzstandort BRS wurden 2012–2019 PAK4-Gehalte in Wachs von 1,0–6,6 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 Corona-Pandemie 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 2021 an den Flughafenstandorten HFF, MFS und MEF bei 15–22 µg/kg OS, innerhalb der Wertespanne der Vorjahre von 13–34 µg/kg OS (Bild 3.14-7). Der Wertebereich von 16 PAK in Pollen 2018–2021 aus dem Referenzgebiet Aichach stimmt damit gut überein: 11,5–26 µg/kg OS. Am Referenzstandort BRS des Bienenmonitorings im Umfeld der Flughäfen Berlin Schönefeld und Berlin Tegel wurden 2012–2019 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, hinviesen.

Die **16 PAK-Gehalte in Wachs** lagen 2021 flughafennah bei 11–14 µg/kg OS, innerhalb der Wertespanne der Vorjahre von 11,5–24 µg/kg OS (Bild 3.14-8). In dieser Spanne lagen auch die 16 PAK-Gehalte in Wachs aus dem Referenzgebiet Aichach mit 15–20 µg/kg OS. Am Referenzstandort BRS des Berliner Bienenmonitorings wurden 2012–2019 teilweise höhere vergleichsweise Werte gemessen: 25–116 µg/kg OS.

Die **16 PAK-Gehalte in Honig** lagen 2021 flughafennah bei 7,5–9,0 µg/kg OS, innerhalb der relativ engen Wertespanne der Vorjahre von 5,5–13 µg/kg OS am Münchner Airport, mit guter Übereinstimmung mit dem Referenzgebiet: dort 6,5–14 µg/kg OS (Bild 3.14-9). Am Referenzstandort BRS des Berliner Bienenmonitorings lagen die 16 PAK-Gehalte 2012–2019 mit 9–45 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 bestätigt, dass die Ergebnisse aus dem Umfeld des Flughafens München niedrig sind.

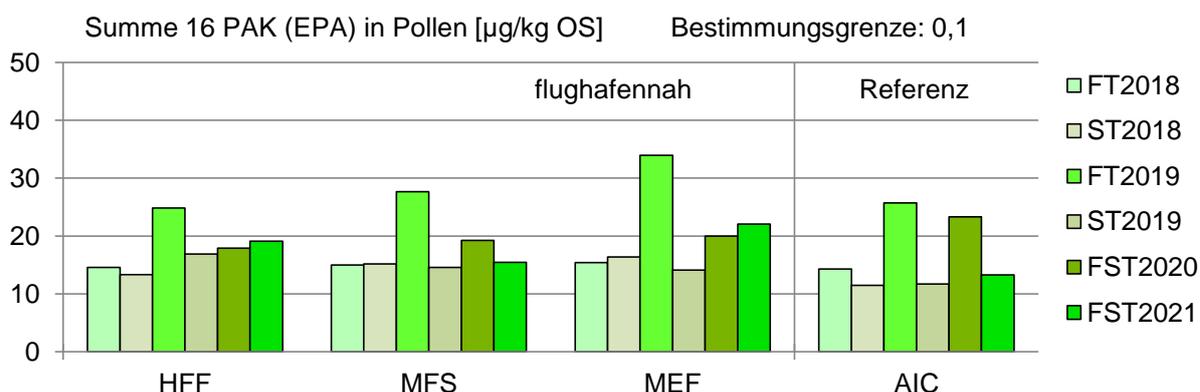


Bild 3.14-7: 16 PAK in Pollen

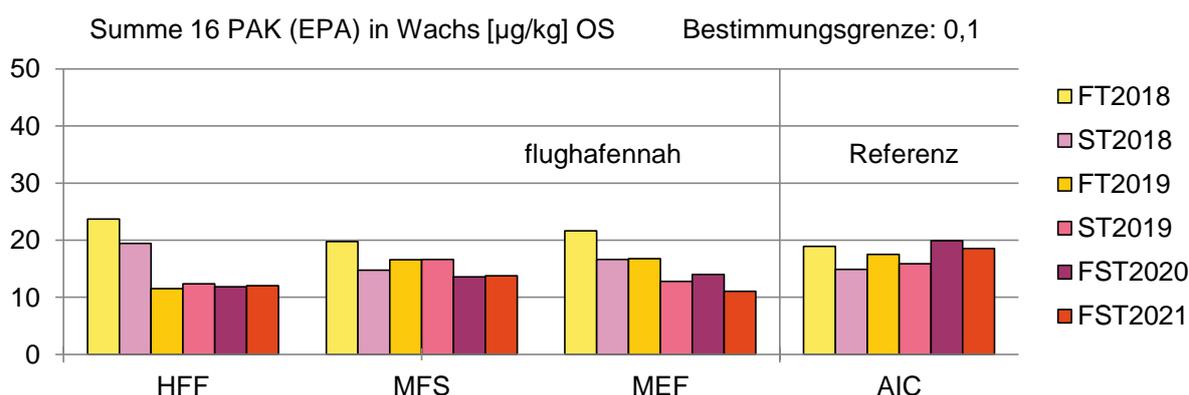


Bild 3.14-8: 16 PAK in Wachs

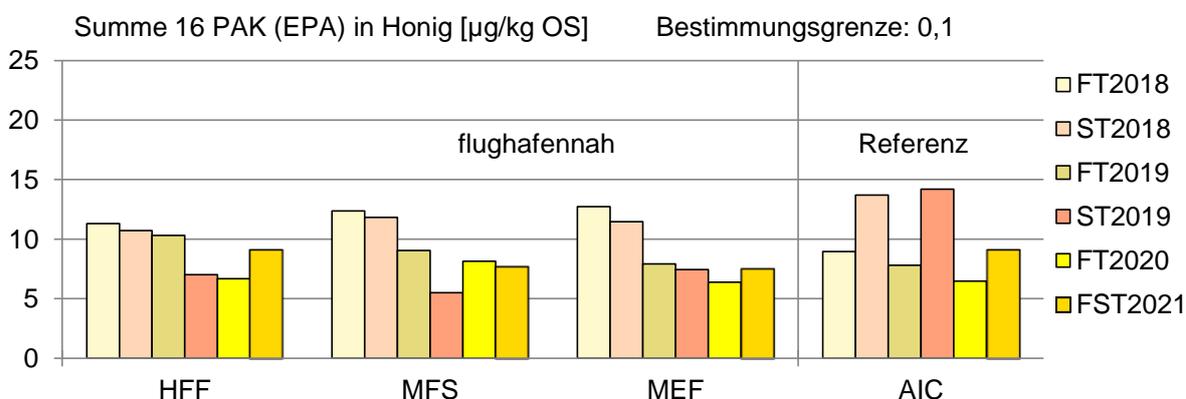


Bild 3.14-9: 16 PAK in Honig

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 PAK:

Eine zeitliche Entwicklung, die mit dem Corona-Pandemie bedingten Rückgang der Flugzahlen korrespondieren würde (Bild 1.3-1 in Kap. 1.3), zeigt sich für die Summe 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
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
BbF+BkF	Benzo[b,j+k]fluoranthren
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 (Sitz: Flughafen Berlin Schönefeld)
Fe	Eisen
FLE	Fluoren
FLU	Fluoranthren

FMG	Flughafen München GmbH
Fraport	Fraport AG Frankfurt Airport Services Worldwide
GPC	Gelpermeationschromatographie
HFF	Bienenvölkerstandort an der Süd-Start-/Landebahn 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
MEF	Bienenvölkerstandort am östlichen Ende der Nordbahn 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
SXF	Flughafen Berlin Schönefeld
UB	Upper Bound (obere Grenze): aMW inklusive „Werte“ <BG werden gleich BG gesetzt
UBA	Umweltbundesamt
UMW	kurz für Dr. Monica Wäber - UMW Umweltmonitoring
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VO (oder V)	Verordnung
Zn	Zink

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 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

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) Nr. 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) Nr. 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) NR. 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) NR. 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) Nr. 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) Nr. 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 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 3:2022-04: 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 (2019): Biomonitoring persistenter Schadstoffe. Abschlussbericht. Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.), Augsburg, 138 S.

- BayLfU (2017): PAK-Immissionswirkungen in Bayern – Langzeituntersuchung polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoffe mit Biomonitoring-Verfahren. UmweltSpezial, Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.), Augsburg, 86 S.
- BayLfU (2009): 30 Jahre Immissionsökologie am Bayerischen Landesamt für Umwelt. UmweltSpezial, Augsburg, 67 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 (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.
- 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 (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 (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.
- 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., Pompe, F. (2018): Biomonitoring von Luftverunreinigungen an Flughäfen im deutschsprachigen Raum. Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft 4 (2018), S. 166-170
- 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., Hergt, V. (2011): Bienen spüren Folgen des Luftverkehrs nach. UmweltMagazin 30/04 2011, S. 50-52

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/> (Stand 02.02.2022)
- 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 02.02.2022)
- UBA (2021): Emissionsentwicklung 1990 – 2019 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 24.11.2021)
- 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 24.11.2021)
- 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 22.01.2020)
- 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 (Stand: 02.02.2022)
- 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 (Stand: 02.02.2022)
- Wäber, M., Pompe, F. (2020b): Bienenmonitoring im Umfeld der Flughäfen Schönefeld/BER und Berlin Tegel – Teil 1: Allgemeiner Teil für das Bienenmonitoring 2011 bis 2019. Flughafen Berlin Brandenburg GmbH (Hrsg.), Quelle im Internet: <https://corporate.berlin-airport.de/content/dam/corporate/de/umwelt/luft/Bienenmonitoring-Allgemeiner-Teil-2019.pdf> (Stand: 28.01.2022)
- Wäber, M., Pompe, F. (2020a): Bienenmonitoring im Umfeld der Flughäfen Schönefeld/BER und Berlin Tegel – Teil 2: Ergebnisteil 2011 bis 2019. Flughafen Berlin Brandenburg GmbH (Hrsg.), Quelle im Internet: <https://corporate.berlin-airport.de/content/dam/corporate/de/umwelt/luft/Bienenmonitoring-Ergebnisse-2011-2019.pdf> (Stand: 28.01.2022)

6.5 Berichte zum Honigmonitoring der FMG

Wäber, M (2021): Honigmonitoring am Flughafen München – Ergebnisse 2020. Flughafen München GmbH (Hrsg.), Quelle im Internet (Stand: 03.02.2022): https://www.munich-airport.de/_b/0000000000000010566786bb601a5a95/20210128-honigmonitoring2020-kurzbericht.pdf

Wäber, M und Pompe, F. (2020): Honigmonitoring am Flughafen München 2019. Flughafen München GmbH (Hrsg.), Quelle im Internet (Stand: 03.02.2022): https://www.munich-airport.de/_b/0000000000000008513306bb5e4ce51a/honigmonitoring2019.pdf

Wäber, M und Pompe, F. (2018): Honigmonitoring am Flughafen München 2018. Flughafen München GmbH (Hrsg.), Quelle im Internet (Stand: 03.02.2022): https://www.munich-airport.de/_b/0000000000000007280527bb5d68cfe3/FMG_Honigmonitoring2018-Bericht.pdf

Weitere Informationen und Berichte auf Anfrage: <https://www.munich-airport.de/honigmonitoring-88383>:

- 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 Wachsuntersuchung - 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 1.1-2: QR-Code zum Umweltradweg am Flughafen München – Honigmonitoring.....	11
Bild 1.2-1: Biene sammelt Blütennektar	11
Bild 1.2-2: Drohnenwabe (in Wildbau) vom Standort MEF am Flughafen München [© Bruno Willing]	12
Bild 1.3-1: Flugbewegungen 2020 und 2021 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 2020.....	17
Bild 2.2-1: Pollenfallen vor den Fluglöchern.....	19
Bild 2.2-2: Flughafen-Pollenernte	19
Bild 2.2-3: Beispiele von 2 Pollenproben aus dem Referenzgebiet Aichach 2021	19
Bild 2.2-4: Nach der Wachsprobennahme am Standort MEF 2021	19
Bild 2.2-5: Beispiel einer Drohnenwabe-Probe vom Standort HFF 2021.....	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	31
Bild 3.3-1: Prozentuale Anteile der Stoffgehalte in Pollen, Wachs und Honig	32
Bild 3.4-1: Antimon in Pollen	33
Bild 3.4-2: Antimon in Wachs	33
Bild 3.4-3: Antimon in Honig.....	33
Bild 3.5-1: Arsen in Pollen	35
Bild 3.5-2: Arsen in Wachs	35
Bild 3.5-3: Arsen in Honig.....	35
Bild 3.6-1: Blei in Pollen.....	37
Bild 3.6-2: Blei in Wachs.....	37
Bild 3.6-3: Blei in Honig	37
Bild 3.7-1: Cadmium in Pollen	38
Bild 3.7-2: Cadmium in Wachs	38
Bild 3.7-3: Cadmium in Honig.....	38
Bild 3.8-1: Chrom in Pollen.....	40
Bild 3.8-2: Chrom in Wachs.....	40

Bild 3.8-3: Chrom in Honig	40
Bild 3.9-1: Eisen in Pollen.....	42
Bild 3.9-2: Eisen in Wachs.....	42
Bild 3.9-3: Eisen in Honig	42
Bild 3.10-1: Kupfer in Pollen	44
Bild 3.10-2: Kupfer in Wachs	44
Bild 3.10-3: Kupfer in Honig.....	44
Bild 3.11-1: Nickel in Pollen	46
Bild 3.11-2: Nickel in Wachs.....	46
Bild 3.11-3: Nickel in Honig	46
Bild 3.12-1: Quecksilber in Pollen	47
Bild 3.12-2: Quecksilber in Wachs	47
Bild 3.12-3: Quecksilber in Honig	47
Bild 3.13-1: Zink in Pollen.....	49
Bild 3.13-2: Zink in Wachs.....	49
Bild 3.13-3: Zink in Honig	49
Bild 3.14-1: Benzo[a]pyren in Pollen	51
Bild 3.14-2: Benzo[a]pyren in Wachs	51
Bild 3.14-3: Benzo[a]pyren in Honig.....	51
Bild 3.14-4: PAK4 in Pollen	52
Bild 3.14-5: PAK4 in Wachs	52
Bild 3.14-6: PAK4 in Honig.....	52
Bild 3.14-7: 16 PAK in Pollen	54
Bild 3.14-8: 16 PAK in Wachs	54
Bild 3.14-9: 16 PAK in Honig.....	54
Bild 9.1-1: Untersuchungsbefund zur Qualität von Frühtrachthonig von Standort MEF 2021	68
Bild 9.1-2: Befund der Untersuchung auf Varroabekämpfungsmittel- und Pestizidrückstände für Frühtrachthonig von Standort MFS 2021	69

8 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1.3-1: Übersicht über das Honigmonitoring am Flughafen München 2008–2021	14
Tabelle 2.1-1: Übersicht über die Bienenvölkerstandorte 2018–2021	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 2020 und 2021	30
Tabelle 10.1-1: PAK-Analysen von Pollen 2018	70
Tabelle 10.1-2: PAK-Analysen von Pollen 2019	70
Tabelle 10.1-3: PAK-Analysen von Pollen 2020–2021	71
Tabelle 10.2-1: PAK-Analysen von Wachs 2018	71
Tabelle 10.2-2: PAK-Analysen von Wachs 2019	72
Tabelle 10.2-3: PAK-Analysen von Wachs 2020–2021	72
Tabelle 10.3-1: PAK-Analysen von Honig 2018	73
Tabelle 10.3-2: PAK-Analysen von Honig 2019	73
Tabelle 10.3-3: PAK-Analysen von Honig 2020–2021	74

9 Anhang A: Qualitätsuntersuchungen

9.1 Ergebnisbeispiele der Qualitäts- und Pestiziduntersuchungen

Die Untersuchungsprotokolle für die Qualitäts- und Pestiziduntersuchungen des Flughafenhonigs 2020 und 2021 (Kap. 3.2) sind nachfolgend exemplarisch für Frühtrachthonig 2021 vom Standort MEF (Bild 9.1-1) und für Frühtrachthonig 2021 vom Standort MFS (Bild 9.1-2) dargestellt. Frühtrachthonig 2021 vom Standort MFS ist der erste seit Start des Honigmonitorings, bei dem 2 der 35 Pestizide oberhalb der Bestimmungsgrenze (BG) lagen: Die Gehalte der Fungizide Boscalid und Dimoxystrobin lagen oberhalb BG, aber unter dem jeweiligen Beurteilungswert (Kap. 3.2).

Prüfbefund für Honig Nr. 67/21	
<i>Sensorische Beurteilung</i>	
Farbe:	dunkelgelb
Konsistenz:	flüssig
Sauberkeit:	ohne Beanstandung
Geruch:	honigtypisch
Geschmack:	honigtypisch
<i>Chemisch-physikalische Analysen</i>	
Wassergehalt (DIN/AOAC):	17,6 %
Invertase-Zahl (DIN/Siegenthaler):	155,6U/kg
HMF (Winkler)	
Elektrische Leitfähigkeit:	0,21 mS/cm
<i>Mikroskopische Analyse</i>	
Pollen <u>nektarliefernder</u> Pflanzen	
Anzahl der ausgezählten Pollen:	500
Leitpollen > 45%:	Kreuzblütler (Cruciferae)
Begleitpollen 45-15%:	
Einzeipollen < 15%:	Scheinakazie (Robinia), Rosskastanie (Aesculus)
Pollen <u>nektarloser</u> Pflanzen:	s.Anlage
Auslandspollen:	keine
Honigtauelemente:	mittlere Mengen Algen, Sporen, Pilze
sonstige Sedimentbestandteile:	keine
Sorte:	Frühtrachthonig mit Akazienhonig
Beurteilung: Bei der vorliegenden Probe wird die Sortenbezeichnung Frühtrachthonig mit Akazienhonig 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 Frühtrachthonig von Standort MEF 2021

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.	Isofetamid	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.				

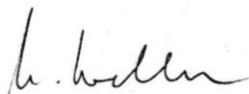
A = Akarizid F = Fungizid I = Insektizid V = Varroazid

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:
 Erma-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: SOLADESTXXX

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 und MEF und aus dem Referenzgebiet Aichach (AIC) für die Jahre 2018, 2019 und 202–2021 tabellarisch dargestellt.

10.1 Einzelergebnisse der PAK-Analysen von Pollen 2018–2021

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	
Flouranthen	FLU	1,5	1,6	1,3	1,1	1,5	1,7	1,1	1,1	
Pyren	PYR	0,95	0,89	0,77	0,92	0,85	1,30	0,67	0,67	
Benzo[a]anthracen	BaA	0,22	0,05	0,18	0,12	0,29	0,45	0,21	0,05	
Chrysen(+Triphenylen)	CHR(+TRI)	0,38	0,16	0,36	0,28	0,47	0,52	0,38	0,14	
Benzo[b,j,k]fluoranthren	BbjF+BkF	0,47	0,30	0,56	0,40	0,64	1,09	0,52	0,22	
Benzo[a]pyren	BaP	0,25	0,11	0,13	0,15	0,18	0,47	0,21	0,05	10
Indeno[1,2,3-c,d]pyren	INP	0,34	0,05	0,05	0,05	0,05	0,17	0,17	0,05	
Benzo[g,h,i]perylen	BghiP	0,19	0,12	0,13	0,19	0,12	0,30	0,12	0,05	
Dibenz[a,h]anthracen	DBahA	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Summe 4 PAK (grau)	PAK4	1,3	0,6	1,2	1,0	1,6	2,5	1,3	0,4	50
Summe schwerer fl. EPA-PAK	12EPA	8,5	8,1	8,5	7,9	9,2	10,4	8,6	n.s.	
Summe 16 EPA-PAK	16EPA	15	13	15	15	15	16	14	11	

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

Tabelle 10.1-2: PAK-Analysen von Pollen 2019

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

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

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

Honigmonitoring 2020 und 2021: PAK in Pollen in µg/kg OS (Originalsubstanz)										Höchstgehalte Bienenprodukt- Nahrungsergänzungs- mittel (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								
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	
Summe 4 PAK (grau)	PAK4	1,3	1,5	1,0	1,6	1,4	1,0	2,8	0,9	50
Summe schwerer fl. EPA-PAK	12EPA	10,6	12,7	13,0	16,2	12,8	9,4	16,2	7,7	
Summe 16 EPA-PAK	16EPA	18	19	20	23	19	15	22	13	

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

10.2 Einzelergebnisse der PAK-Analysen von Wachs 2018–2021

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-ST	MFS-ST	MEF-ST	MEF-ST	AIC-ST	AIC-ST
PAK-Komponente	Abkürz.	Drohnenwaben 1.5.-31.5. (4 Wo.)	Drohnenwaben 8.6.-16.7. (5 Wo.)	Drohnenwaben 22.4.-31.5. (5,5 Wo.)	Drohnenwaben 31.5.-21.7. (8 Wo.)	Drohnenwaben 21.4.-27.5. (5 Wo.)	Drohnenwaben 17.6.-15.7. (4 Wo.)	Drohnenwaben April-Mai (4-5 Wo.)	Drohnenwaben Anf.-Ende Juni
Naphthalin	NAP	8,5	4,7	6,6	4,8	7,6	4,3	6,9	4,4
Acenaphtylen	ACY	0,34	0,37	0,21	0,36	0,24	0,57	0,36	0,42
Acenaphthen	ACE	0,89	0,92	0,53	0,94	0,76	1,06	0,58	0,75
Fluoren	FLE	2,7	2,2	1,9	1,9	2,0	2,8	2,3	1,9
Phenanthren	PHE	5,5	7,0	5,2	3,7	6,4	4,8	5,4	3,8
Anthracen	ANT	0,13	0,11	0,26	0,05	0,16	0,05	0,10	0,05
Flouranthen	FLU	2,1	1,6	1,9	0,6	1,2	0,7	1,1	1,1
Pyren	PYR	1,34	0,97	1,22	0,79	0,96	0,50	0,76	0,86
Benzo[a]anthracen	BaA	0,24	0,20	0,27	0,17	0,38	0,15	0,24	0,18
Chrysen(+Triphenylen)	CHR(+TRI)	0,54	0,37	0,40	0,34	0,59	0,43	0,45	0,31
Benzo[b,j,k]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.	Drohnenwaben 18.5.-3.7. (6,5Wo.)	Drohnenwaben 1.-30.7. (4,5 Wo.)	Drohnenwaben 20.4.-23.5. (4,5Wo.)	Drohnenwaben 25.5.-5.7. (6 Wo.)	Drohnenwaben 20.4.-23.5. (4,5Wo.)	Drohnenwaben 25.5.-8.7. (6,5Wo.)	Drohnenwaben 14.4.-30.5. (6,5Wo.)	Drohnenwaben 1.6.-15.7. (6 Wo.)
Naphthalin	NAP	3,7	4,5	8,0	5,8	6,6	4,5	7,1	4,3
Acenaphtylen	ACY	0,17	0,28	0,31	0,24	0,22	0,30	0,55	0,37
Acenaphthen	ACE	0,44	0,51	0,64	0,57	0,38	0,35	0,62	0,64
Fluoren	FLE	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	0,7	1,2	1,5
Phenanthren	PHE	3,5	3,6	4,0	5,1	5,1	4,1	4,7	6,0
Anthracen	ANT	0,05	0,13	0,05	0,18	0,05	0,14	0,12	0,20
Flouranthen	FLU	1,0	0,8	0,8	1,3	1,2	0,8	1,1	1,4
Pyren	PYR	0,57	0,50	0,46	0,97	0,69	0,49	0,78	0,67
Benzo[a]anthracen	BaA	0,16	0,10	0,13	0,10	0,23	0,13	0,17	0,05
Chrysen(+Triphenylen)	CHR(+TRI)	0,31	0,24	0,37	0,40	0,45	0,30	0,42	0,28
Benzo[b,j,k]fluoranthren	BbJf+BkF	0,32	0,25	0,39	0,49	0,41	0,57	0,45	0,16
Benzo[a]pyren	BaP	0,05	0,05	0,10	0,15	0,14	0,18	0,13	0,05
Indeno[1,2,3-c,d]pyren	INP	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Benzo[g,h,i]perylen	BghiP	0,05	0,10	0,14	0,15	0,10	0,11	0,14	0,05
Dibenz[a,h]anthracen	DBahA	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Summe 4 PAK (grau)	PAK4	0,8	0,6	1,0	1,1	1,2	1,2	1,2	0,4
Summe schwerer fl. EPA-PAK	12EPA	6,1	5,9	6,5	9,0	8,4	6,9	8,1	9,0
Summe 16 EPA-PAK	16EPA	11,5	12,3	16,6	16,6	16,8	12,8	17,5	15,9

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

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

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

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

10.3 Einzelergebnisse der PAK-Analysen von Honig 2018–2021

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	
Flouranthren	FLU	0,42	0,41	0,75	0,57	0,52	0,47	0,39	0,42	
Pyren	PYR	0,19	0,31	0,38	0,41	0,26	0,34	0,17	0,36	
Benzo[a]anthracen	BaA	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Chrysen(+Triphenylen)	CHR(+TRI)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Benzo[b,j,k]fluoranthren	BbjF+BkF	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Benzo[a]pyren	BaP	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	10
Indeno[1,2,3-c,d]pyren	INP	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Benzo[g,h,i]perylen	BghiP	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Dibenz[a,h]anthracen	DBahA	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Summe 4 PAK (grau)	PAK4	0	0	0	0	0	0	0	0	50
Summe schwerer fl. EPA-PAK	12EPA	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	
Summe 16 EPA-PAK	16EPA	11	11	12	12	13	11	9	14	

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

Tabelle 10.3-2: PAK-Analysen von Honig 2019

Honigmonitoring 2019: PAK in Honig in µg/kg OS (Originalsubstanz)										Höchstgehalte 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	
Flouranthren	FLU	0,36	0,11	0,35	0,05	0,28	0,10	0,32	0,20	
Pyren	PYR	0,19	0,05	0,20	0,05	0,17	0,05	0,19	0,13	
Benzo[a]anthracen	BaA	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Chrysen(+Triphenylen)	CHR(+TRI)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Benzo[b,j,k]fluoranthren	BbjF+BkF	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Benzo[a]pyren	BaP	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	10
Indeno[1,2,3-c,d]pyren	INP	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Benzo[g,h,i]perylen	BghiP	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Dibenz[a,h]anthracen	DBahA	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Summe 4 PAK (grau)	PAK4	0	0	0	0	0	0	0	0	50
Summe schwerer fl. EPA-PAK	12EPA	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	
Summe 16 EPA-PAK	16EPA	10,3	7,0	9,1	5,5	7,9	7,4	7,8	14,2	

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

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

Honigmonitoring 2020 und 2021: PAK in Honig in µg/kg OS (Originalsubstanz)										Höchstgehalte Bienenprodukt-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	
Acenaphthylen	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, 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