

Honigmonitoring am Flughafen München 2019



Danksagung

Denjenigen, die zur Durchführung des „Honigmonitoring am Flughafen München“ beigetragen haben, gilt 2019 erneut unser Dank:

- den Imkern aus den Landkreisen Erding, 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 Hans-Peter Melzl und Herrn Andreas Gröll im Konzernbereich Recht, Gremien, Compliance und Umwelt für die fachliche Betreuung,
- sowie der Flughafen Berlin Brandenburg GmbH (FBB) für den Informationsaustausch.

Titelbild (im Uhrzeigersinn von links oben):

Blumenwiese am Flughafen (© Flughafen München),
Biene sammelt Nektar und Pollen (© Günter Wicker),
Bienenvölker am Flughafen (© Hermann Hölzl)
Bienen fliegen Nektar und Pollen ein (© Bruno Willing),
Bienenvölker am Flughafen (© Markus Strutz)

Hinweis: Die anderweitige Verwendung und Veröffentlichung der Fotos (Ausnahme Flughafen-Foto: © Flughafen München) ist nicht gestattet.

Auf einen Blick

Das Honigmonitoring 2019 bestätigt die Ergebnisse der 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.



Bild 1.1-2: „Flugwolken“ (dunkelgrün) der Bienenvölker beim Honigmonitoring 2008-2016

Übersicht Referenzgebiet Aichach und Umfeld des Flughafens (links), Umfeld des Flughafens München (rechts)
Quelle: Flyer Honigmonitoring, © Flughafen München, Stand 2018

Zusammenfassung

Vorgehen

Mit seinem seit 2008 durchgeführten Honigmonitoring begegnet der Flughafen München Bedenken, landwirtschaftliche Erzeugnisse aus dem Umfeld des *Flughafen München* könnten durch Luftschadstoffe beeinträchtigt werden.

Das Honigmonitoring der FMG ist ein **orientierender Umweltservice**, der bestehende Umweltuntersuchungen durch Rückstandsuntersuchungen in Lebensmitteln ergänzen soll (siehe Kapitel 1.1–1.2).

Honig ist ein von Bienen in deren Umwelt produziertes Produkt, das vielfältigen Einflüssen unterliegt. Um lückenlos eventuelle Schadstoffe aufspüren zu können, wird beim Honigmonitoring des Münchner Flughafens die ganze Produktionskette von der Vitalität der Bienen bis zur Qualität von Pollen, Wachs und Honig untersucht (siehe Kapitel 1.3).

Die Beurteilung erfolgt einerseits durch den Vergleich mit Einflüssen und Ergebnissen aus Referenz- und Vergleichsgebieten, andererseits durch die orientierende Verwendung von für andere Lebensmittel gültigen Höchstgehalten (siehe Kapitel 5). Eine direkte Bewertung ist für Bleigehalte in Honig, für Quecksilbergehalte in Honig und Imkereierzeugnissen und für PAK-Gehalte in ähnlichen Nahrungsergänzungsmitteln wie Pollen möglich.

Untersuchungsumfang

Die Standorte der Bienenstöcke sind so gewählt, dass mit den Flugwolken der Bienen das Flughafengelände repräsentativ abgedeckt wird (siehe Bild 2.1-3, Kapitel 2.1). Die drei Standorte der Bienenstöcke im Umfeld des Münchner Airports liegen direkt am Flughafenzaun. Weitere drei Standorte liegen im ähnlich strukturierten Referenzgebiet ohne Flughafeneinfluss bei Aichach.

Pollen-, Wachs- und Honigproben von Früh- und Sommertracht werden auf Rückstände untersucht. Dabei werden folgende Parameter analysiert:

- 10 Metalle und anorganische Spurenstoffe (siehe Kapitel 5) als typische Luftschadstoffe.
- 16 polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (siehe Kapitel 5). PAK entstehen bei unvollständiger Verbrennung, z. B. von Kraftstoffen. Aus der großen Anzahl bekannter Einzelverbindungen hat die US amerikanische Umweltbehörde (EPA) 16 PAK in die Liste der „Priority Pollutants“ aufgenommen. Diese 16 „EPA-PAK“ werden allgemein stellvertretend für die ganze Stoffgruppe analysiert.

Die gewählten 10 Metalle und 16 EPA-PAK werden auch beim Biomonitoring betrachtet und umfassen die üblicherweise in Lebensmitteln untersuchten Stoffe. Mit diesem Untersuchungsumfang kann die Kette der Schadstoffeinträge von den Blütenpollen über das Wabenwachs bis zum Honig verfolgt werden (siehe Kapitel 2.2).

Zusätzlich wird die Vitalität der Bienenvölker betrachtet (siehe Kapitel 3.1). Die Flughafenhonige sind außerdem gemäß Anforderungen der deutschen Honigverordnung (HonigV) und des deutschen Imkerbunds auf Qualität geprüft und werden gemäß Rückstands-Höchstmengenverordnung (RHmV 1999 mit Verordnung (EWG) Nr. 2377/90) auf Varroabekämpfungsmittel und Pestizide untersucht (siehe Kapitel 3.2).

Bewertungsgrundlage

Für PAK in Nahrungsergänzungsmitteln, zu denen Pollen gezählt werden kann, existiert seit 2016 ein Höchstgehalt (Verordnung (EU) Nr. 2015/1933). Seit 2016 ist in Deutschland ein Höchstgehalt für Blei in Honig festgelegt (Verordnung (EU) Nr. 2015/1005) und seit 2018 ein Höchstgehalt für Quecksilberverbindungen in Honig und sonstigen Imkereierzeugnissen (Verordnung (EU) Nr. 2018/73).

Für andere Stoffe als PAK in Pollen und Blei in Honig existieren im deutschen Lebensmittelrecht keine eigenen Höchstgehalte. Als Bewertungsgrundlage für die Ergebnisse des Honigmonitoring können deshalb nur die zulässigen EU-Höchstgehalte für andere Lebensmittel (Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 mit Nr. 629/2008, Verordnung (EU) Nr. 420/2011, Nr. 835/2011, Nr. 488/2014 und Nr. 2015/1006) hilfsweise verwendet werden (siehe Kapitel 1.5).

Ergebnis

Das Honigmonitoring 2019 bestätigt die Ergebnisse der Vorjahre. Es zeigt erneut, dass Pollen, Wachs und Honig aus der Flughafenregion hinsichtlich der untersuchten Stoffe von hoher Qualität und Pollen und Honig unbedenklich für den Verzehr sind (siehe Kapitel 3 und 4.1): Die Höchstgehalte für PAK in Nahrungsergänzungsmitteln, die für Pollen herangezogen werden können, und der Höchstgehalt für Blei in Honig wurden deutlich unterschritten. Ebenfalls wird in den untersuchten Honigen und Pollen der Höchstgehalt eingehalten, der für Quecksilberverbindungen in Honig und sonstigen Imkereierzeugnissen gilt.

Die weiteren untersuchten Metalle und PAK konnten im Umfeld des Flughafen München trotz hohem Empfindlichkeitsgrad der Analysen nur in einem Teil aller Pollen-, Wachs und Honigproben nachgewiesen werden und lagen in für Nahrungsmittel typischen, niedrigen Mengen. Der Vergleich mit anderen aktuellen Untersuchungen von Pollen, Wachs und Honig (siehe Kapitel 4.2) ergibt ein erfreuliches Resultat: Die Ergebnisse aus dem Honigmonitoring am Flughafen München sind gut vergleichbar und liegen oftmals am unteren Ende der Wertespannen anderer Untersuchungen an Flughäfen und weiteren Standorten.

In Bezug auf die untersuchten Stoffe unterscheiden sich die Honige aus der Flughafenregion nicht von Honigen aus dem Referenzgebiet bei Aichach. Unterschiede zwischen der Vitalität der Bienenvölker der einzelnen Standorte werden ebenfalls nicht deutlich.

Ein relevanter Einfluss des Flughafenbetriebs auf die Stoffgehalte in Pollen, Wachs und Honig ist nicht feststellbar.

Inhaltsverzeichnis

Danksagung ²	
Auf einen Blick	3
Zusammenfassung	4
Inhaltsverzeichnis	6
Abbildungsverzeichnis	8
Tabellenverzeichnis	9
1 Einleitung	10
1.1 Zielsetzung des Honigmonitorings am Flughafen München	10
1.2 Honigmonitoring am Flughafen München seit 2008	11
1.3 Die Bienenprodukte Pollen, Wachs und Honig	12
1.4 Untersuchungen	14
1.5 Bewertung und Bewertungsgrundlagen	14
1.5.1 Qualitätsvorgaben für Honig	15
1.5.2 Beurteilungswerte des Lebensmittelrechts	16
1.5.3 Hilfsweise herangezogene Beurteilungswerte des Lebensmittelrechts	17
1.5.4 Nur in Österreich gültige Aktionswerte für Honig	17
1.5.5 Zusammenstellung der Beurteilungswerte sowie von Daten über das Vorkommen von Stoffen in Lebensmitteln	17
2 Standorte und Proben	21
2.1 Standorte der Bienenvölker	21
2.1.1 Untersuchungsgebiet	22
2.1.2 Referenzgebiet	23
2.2 Pollen-, Wachs- und Honigproben	23
3 Ergebnisse 2019	26
3.1 Vitalitätserhebung	26
3.2 Qualitätsuntersuchungen	27
3.3 Stoffgehalte in Pollen, Wachs und Honig im Vergleich	28
3.4 Metallgehalte	29
3.5 PAK-Gehalte	32
4 Bewertung der Ergebnisse 2019	36
4.1 Bewertung der Metall- und PAK-Ergebnisse	36

4.2	Vergleich mit anderen Airports und weiteren Untersuchungen	43
4.2.1	Vergleich mit Bienenmonitoring im Umfeld der Flughäfen Berlin Schönefeld und Berlin Tegel 2019	44
4.2.2	Vergleich mit anderen Airports und weiteren Untersuchungen	45
5	Stoffe und Methoden	47
5.1	Analysierte Stoffe	47
5.2	Analysenverfahren	50
5.3	Messunsicherheit	50
6	Abkürzungen	52
7	Glossar	54
8	Literatur	56
8.1	Gesetzliche Grundlagen	56
8.2	Vorschriften	57
8.3	Literatur	58
8.4	Berichte zum Honigmonitoring der FMG	61
8.5	Liste von Quellen im Internet	62
9	Anhang A: Vitalitätserhebungen 2019	63
9.1	Tabellarische Übersicht über die Vitalitätserhebungen 2019	63
10	Anhang B: Qualitätsuntersuchungen 2019	64
10.1	Darstellung der Qualitätsuntersuchungen 2019	65
11	Anhang C: Analysen auf PAK 2019	67
11.1	PAK-Analysen von Pollen 2019	67
11.2	PAK-Analysen von Wachs 2019	67
11.3	PAK-Analysen von Honig 2019	68

Abbildungsverzeichnis

Bild 1.1-1: „Flugwolken“ (dunkelgrün) der Bienenvölker beim Honigmonitoring 2008-2015.....	3
Bild 1.1-2: „Flugwolken“ (dunkelgrün) der Bienenvölker beim Honigmonitoring 2008-2016.....	3
Bild 1.1-1: Wie gelangen die Schadstoffe in die Umwelt? (Copyright Grafik: Monica Wäber).....	10
Bild 2.1-1: „Flugwolken“ (dunkelgrün) der Bienenvölker – schematisch	21
Bild 2.1-2: Standorte der Bienenvölker 2008-2019	21
Bild 2.1-3: Honigmonitoring im Kontext der Luftgütemessungen des Flughafens München 2018	21
Bild 2.1-4: Bienenvölkerstandort HFF	22
Bild 2.1-5: Bienenvölkerstandort MEF	22
Bild 2.1-6: Bienenvölkerstandort MFS	22
Bild 2.2-1: Flughafen-Bienenstöcke mit Pollenfallen vor den Fluglöchern	23
Bild 2.2-2: Flughafen-Pollenernte	23
Bild 2.2-3: Drohnenwabe unbebrütet – Wildbau-Wachsprobe MFS-ST 2018	24
Bild 2.2-4: Drohnenwabe nach dem Drohnenschlupf – Wildbau-Wachsprobe HFF-FT 2019	24
Bild 2.2-5: Honigprobe MEF-FT 2019	24
Bild 3.3-1: Prozentuale Anteile der Stoffgehalte in Pollen, Wachs und Honig	28
Bild 3.5-1: Anteile der PAK-Verbindungen an der Summe der 16 EPA-PAK in Pollen 2019	34
Bild 3.5-2: Anteile der PAK-Verbindungen an der Summe der 16 EPA-PAK in Wachs 2019	35
Bild 4.1-1: Bleigehalte in Pollen.....	37
Bild 4.1-2: Bleigehalte in Wachs.....	37
Bild 4.1-3: Bleigehalte in Honig	37
Bild 4.1-4: Cadmiumgehalte in Pollen	37
Bild 4.1-5: PAK4-Gehalte in Pollen	42
Bild 4.1-6: PAK4-Gehalte in Wachs	42
Bild 4.1-7: PAK4-Gehalte in Honig	42
Bild 4.1-8: Benzo[a]pyren-Gehalte in Pollen	42
Bild 4.1-9: Benzo[a]pyren-Gehalte in Wachs	42
Bild 4.1-10: Benzo[a]pyren-Gehalte in Honig.....	42
Bild 10.1-1: Untersuchungsprotokoll Sommertrachthonig-Qualität Standort MEF 2019.....	65
Bild 10.1-2: Untersuchung auf Varroabekämpfungsmittel- und Pestizidrückstände - Protokoll für HFF-Frühtrachthonig 2019	66

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1.2-1: Übersicht über das Honigmonitoring am Flughafen München 2008–2019.....	12
Tabelle 1.5-1: Qualitätsvorgaben für die Honiggewinnung	15
Tabelle 1.5-2: In diesem Bericht direkt herangezogene Beurteilungswerte.....	16
Tabelle 1.5-3: Hilfsweise herangezogene Beurteilungswerte des Lebensmittelrechts sowie Aktionswerte	18
Tabelle 1.5-4: Zusammenstellung aktueller Daten über das Vorkommen von Stoffen und von Beurteilungswerten für Pollen, Honig, Nahrungsergänzungsmittel und andere Lebensmittel.....	19
Tabelle 1.5-5: Übersicht der beim Honigmonitoring untersuchten Parameter und der für die Beurteilungswerte relevanten Verordnungen (erstellt v. Flughafen München GmbH; ergänzt)	20
Tabelle 2.2-1: Pollen-, Wachs- und Honigproben für das Honigmonitoring 2019.....	25
Tabelle 3.1-1: Ergebnisse der Vitalitätserhebung der Früh- (FT) und Sommertracht (ST) 2019.....	26
Tabelle 3.4-1: Blei-, Cadmium- und Quecksilbergehalte in Pollen, Wachs und Honig 2019	29
Tabelle 3.4-2: Arsen-, Antimon-, Chrom- und Nickelgehalte in Pollen, Wachs und Honig 2019	30
Tabelle 3.4-3: Eisen-, Kupfer- und Zinkgehalte in Pollen, Wachs und Honig 2019	31
Tabelle 3.5-1: PAK-Gehalte in Pollen, Wachs und Honig 2019	32
Tabelle 4.1-1: Stoffgehalte in Pollen 2019 im Vergleich (in mg/kg OS: Originalsubstanz)	39
Tabelle 4.1-2: Stoffgehalte in Honig 2019 im Vergleich (in mg/kg OS: Originalsubstanz).....	40
Tabelle 4.2-1: Vergleich mit Bienenmonitoring im Umfeld der Berliner Flughäfen 2019	44
Tabelle 4.2-2: Vergleich von Stoffgehalten in Pollen, Wachs und Honig.....	46
Tabelle 5.1-1: Untersuchte 10 Metalle	47
Tabelle 5.1-2: Untersuchte 16 EPA-PAK	49
Tabelle 5.2-1: Analytische Bestimmungsgrenzen für Metalle und PAK 2019.....	50
Tabelle 9.1-1: Vitalität der Bienenvölker – Frühtracht 2019.....	63
Tabelle 9.1-2: Vitalität der Bienenvölker – Sommertracht 2019.....	64
Tabelle 11.1-1: PAK-Analysen von Pollen 2019	67
Tabelle 11.2-1: PAK-Analysen von Wachs 2019	68
Tabelle 11.3-1: PAK-Analysen von Honig 2019	69

1 Einleitung

1.1 Zielsetzung des Honigmonitorings am Flughafen München

Honigmonitoring ist seit 2008 ein freiwilliger, orientierender Umweltservice im Rahmen der lufthygienischen Untersuchungen des *Flughafen München*. Es wurde eingeführt, um anhand von Lebensmitteluntersuchungen (Honig) den teilweise vorhandenen Bedenken zu begegnen, landwirtschaftliche Produkte aus der Nachbarschaft des Flughafens könnten durch Luftschadstoffe beeinträchtigt sein. Es ergänzt die Luftgüteuntersuchungen des Münchner Flughafens (chemisch-physikalische Immissionsmessungen, Biomonitoring, Depositionsuntersuchungen). Durch das Honigmonitoring soll untersucht werden, ob der Betrieb des Flughafens Einfluss auf von den Bienen am und um den Flughafen gesammelten Pollen und auf die Qualität von Wachs und Honig hat, die von den Bienen hergestellt werden. Es soll geprüft werden, ob Flughafenhonig als Lebensmittel bedenkenlos verzehrt werden kann.

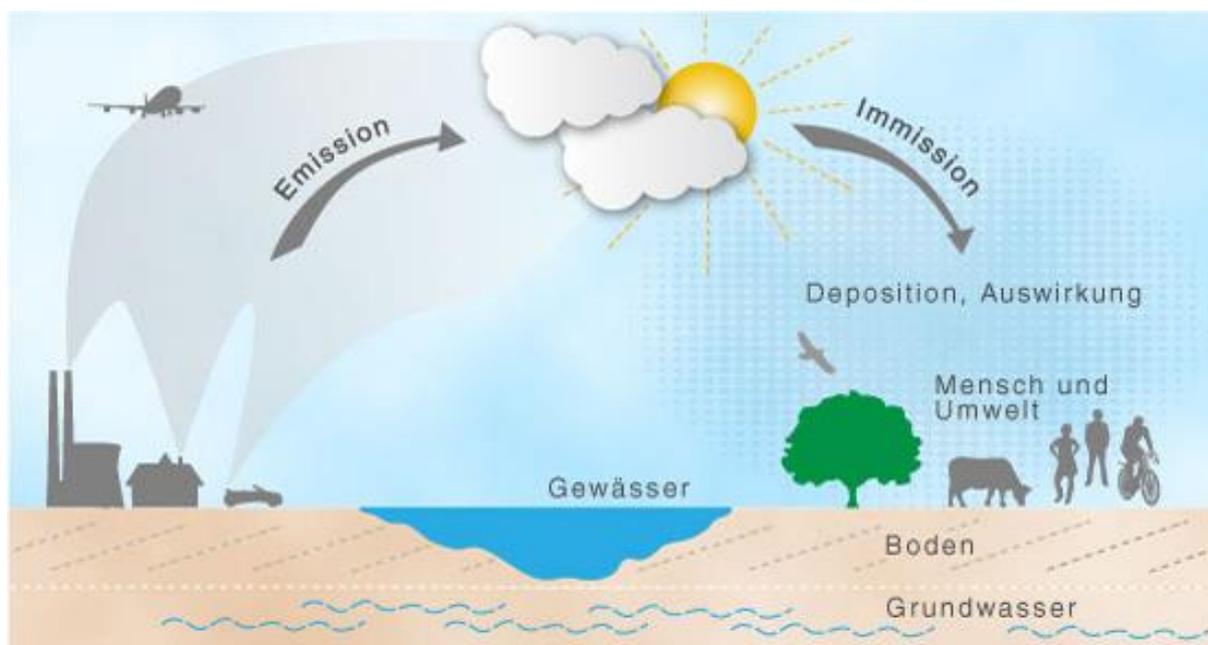


Bild 1.1-1: Wie gelangen die Schadstoffe in die Umwelt? (Copyright Grafik: Monica Wäber)

Neben dem Flughafenbetrieb geben eine Vielzahl weiterer Quellen unerwünschte Stoffe in die Umgebungsluft ab (**Emission**). Diese Stoffe werden transportiert (**Transmission**), dabei verdünnt und teilweise umgebaut. Als **Immissionen** wirken sie auf Mensch und Umwelt (Bild 1.1-1). Durch den Betrieb eines Flughafens und die dort landenden und startenden Flugzeuge können z. B. Metalle und anorganische Spurenstoffe sowie polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) freigesetzt werden. Die Bienen eines Bienenvolkes überfliegen beim Sammelflug ein Gebiet mit einem Radius von rund 3 km und kommen über die Luft, den Niederschlag, den gesammelten Pollen und den Nektar immer auch mit Luftschadstoffen in Kontakt. Diese können in Wachs und Honig eingelagert werden.

Das Honigmonitoring ist deshalb ein geeignetes Mittel, um umfassend die Auswirkungen von Immissionen auf Bienen und Bienenprodukte im Umfeld des Münchner Flughafens zu zeigen. 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 Luftschadstoffe in diesem Lebensmittel, das im Umfeld des Flughafens gewonnen wird. Neben Honig werden auch Blütenpollen, der direkt aus der Umwelt stammt, und Wachs als Produkt der Bienen im Labor untersucht (siehe Kapitel 1.3).

1.2 Honigmonitoring am Flughafen München seit 2008

Seit 1991 werden am Flughafen München technische Luftgütemessungen durchgeführt. Im Herbst 2006 wurde diese Überwachung unter anderem durch Messungen von Stoffen im Niederschlag und in Pflanzen mittels aktivem Biomonitoring ergänzt und auf die Landkreise Erding und Freising und auf Aichach als **Referenzgebiet** ausgedehnt. Die Flughafen München GmbH (FMG) erfasst so die aktuelle Luftgütesituation in der Nachbarschaft des Flughafens und in einem vom Flughafen nicht beeinflussten Referenzgebiet. Die Biomonitoring-Untersuchungen wurden 2008 um den freiwilligen orientierenden Umweltservice „Honigmonitoring“ ergänzt, um mögliche Einflüsse des Flughafen München auf das Nahrungsmittel Honig zu untersuchen, das in der freien Natur der Airportregion produziert wird: <https://www.munich-airport.de/honigmonitoring-88383>.

Honigmonitoring ist ein relativ junges Untersuchungsfeld. Es wurde erstmals 1999 im Umfeld des Flughafens Hamburg angewandt. Andere deutsche Verkehrsflughäfen, u. a. Bremen, Dresden, Düsseldorf, Leipzig, Nürnberg, Stuttgart führen ebenfalls Honiguntersuchungen, sowie auch österreichische Flughäfen wie Graz und Salzburg (Wäber und Pompe 2018). Sie informieren darüber in unterschiedlicher Tiefe im Internet (siehe Kapitel 8.5). Am Airport Frankfurt/Main wurde 2009 ein umfangreicheres Forschungsprojekt, das vor allem auf die Vitalität der Bienenvölker abzielte, abgeschlossen und die Ergebnisse präsentiert (Fraport 2009). Die Flughafen Berlin Brandenburg GmbH (FBB) hat 2011 um den Flughafen Berlin Schönefeld ein Monitoring von Pollen, Wachs und Honig auf Rückstände aus dem Luftverkehr ähnlich wie das Honigmonitoring am Münchner Flughafen gestartet (siehe Kapitel 8.5). Das Bienenmonitoring im Umfeld der Flughäfen Berlin Schönefeld/BER und Berlin Tegel dient als Vergleichsgebiet für die hier vorgestellten Ergebnisse.

Das Honigmonitoring am Flughafen München startete 2008 mit insgesamt elf Standorten von Bienenvölkern in den Landkreisen Erding, Freising und Aichach. Aichach wurde als **Referenzgebiet** gewählt, weil es sich dabei um ein ähnlich strukturiertes Gebiet handelt, das aber abseits vom Flugverkehr liegt. Zwei der Standorte lagen seit Beginn direkt am Zaun des Flughafens.

Im Jahr 2008 wurden an den elf Standorten Honigproben aus den Sammelperioden im Frühjahr und Sommer – Früh- und Sommertracht – sowie eine Pollenprobe untersucht. 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) untersucht, zudem die Vitalität der Bienenvölker (siehe Tabelle 1.2-1). Im Jahr 2018 wurde ein neuer Standort am Flughafenzaun errichtet, einer der beiden langjährigen pausiert (siehe Kapitel 2.2).

Seit 2008 werden zehn (Schwer-)Metalle und anorganische Spurenstoffe (kurz: Metalle) und die als „Priority Pollutants“ nach EPA (US Umweltschutzbehörde: Environmental Protection Agency) klassifizierten, 16 polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (16 EPA-PAK) analysiert. Die Analytik wird mit hohem Empfindlichkeitsgrad durchgeführt (siehe Kapitel 5.2), um Spuren der Stoffe im für

Lebensmittel typischen Bereich zu finden (z. B. Schwind et. al 1994, Fraport 2009, Perugini et al. 2009).

Tabelle 1.2-1: Übersicht über das Honigmonitoring am Flughafen München 2008–2019

Jahr	Standorte Flughafen (MUC), Aichach (AIC)	Früh- (FT), Sommertracht- (ST) Untersuchung				Besonderheiten *: ab 2009 Referenzgebiet AIC 3 Proben = 1 Mischprobe
		Pollen	Wachs	Honig	Vitalität	
2008	2 MUC-Zaun, 6 um MUC, 3 AIC	-	-	11 FT, 11 ST	-	umfassendes Honigscreening, 1 Pollenstichprobe untersucht
2009	2 MUC-Zaun, 3 AIC*	-	3 FT, 3 ST	3 FT, 3 ST	-	1 Kerzenwachsprobe untersucht
2010	2 MUC-Zaun, 3 AIC*	-	-	3 FT, 3 ST	-	-
2011	2 MUC-Zaun, 3 AIC*	3 FT	3 FT, 3 ST	3 FT, 3 ST	5 FT, 5 ST	plus Wachsuntersuchung aus Stadtimkerei u. Kerzenwachs
2012	2 MUC-Zaun, 1** MUC-nah, 3 AIC*	3 FT, 2 ST	3 FT, 3 ST	3 FT, 3 ST	6 FT, 6 ST	** : Mischprobe von MUC-nah und 1 MUC-Zaun; einheitlich Wachs von Honigwaben unter.
2013	2 MUC-Zaun, 1** MUC-nah, 3 AIC*	4 FT, 4 ST	4 FT, 4 ST	4 FT, 4 ST	6 FT, 6 ST	** : Mischprobe wie 2012; einheitl. Wildbauwachs untersucht
2014	2 MUC-Zaun, 1 MUC-nah, 3 AIC*	4 FT, 4 ST	4 FT, 4 ST	4 FT, 4 ST	6 FT, 6 ST	ab 2014 3 MUC-Standorte getrennt untersucht und Wildbauwachs einheitlicher Zeiträume
2015	2 MUC-Zaun, 1 MUC-nah, 3 AIC*	4 FT, 4 ST	4 FT, 4 ST	4 FT, 4 ST	6 FT, 6 ST	-
2016	3 MUC-Zaun, 3 AIC*	4 FT, 4 ST	4 FT, 4 ST	4 FT, 4 ST	6 FT, 6 ST	3. Standort am Flughafenzaun ersetzt MUC-nahen Standort
2017	3 MUC-Zaun, 3 AIC*	4 FT, 4 ST	4 FT, 4 ST	4 FT, 4 ST	6 FT, 6 ST	ab 2017 Pollenproben einheitl. aus mehreren Einzelproben
2018	3*** MUC-Zaun, 3 AIC*	4 FT, 4 ST	4 FT, 4 ST	4 FT, 4 ST	6 FT, 6 ST	***: neuer MUC-Zaun Standort, 1 Standort v. 2008 pausiert
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, 1 Standort v. 2008 pausiert

1.3 Die Bienenprodukte Pollen, Wachs und Honig

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 täglich. 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).

Blütenpollen der Trachtpflanzen ist je nach Pflanzenart mehr oder weniger direkt Immissionen aus der Luft ausgesetzt und kann diese anreichern. Daher kann er als **Bioindikator** für **Immissionswirkungen** betrachtet werden (**Biomonitoring**, VDI 3957 Blatt 1, 2014). Durch Bienenspeichel fermentierter und in speziellen Wabenbereichen im Bienenstock eingelagerter Pollen wird als **Bienenbrot** bezeichnet.

net (VDI 4330 Blatt 4, 2006). Mit dem eiweißreichen Pollen, zusammen mit dem zuckerhaltigen Honig, ernähren die Bienen ihre Brut. Manchen Menschen dient der Pollen als Nahrungsergänzungsmittel.

Bienenwachs wird von jungen Honigbienen mit Wachsdrüsen produziert, um Waben zu bauen. 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 Wachs gelb. Die ursprünglich hellen Waben würden nach längerer Zeit im Bienenvolk durch das Bebrüten eine braun-schwarze Farbe annehmen. Die Imker entnehmen aus hygienischen Gründen ältere, braune Waben. Bei herkömmlicher Imkerei bauen die Bienen nur die Drohnenwaben für die Aufzucht männlicher Bienen vollständig selbst als

Wildbau (synonym: Naturbau). Waben, in denen sie Pollen, Honig und die Brut für Arbeiterinnen einlagern, bauen sie auf vorgefertigte Wachsmittelwände auf. Diese vorgefertigten Wachsmittelwände hängen die Imker vorher in den Bienenstock ein¹. Das erspart den Bienen etwa die Hälfte der eigenen Wachsproduktion. 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. 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 Wabenwachs ein von den Bienen hergestelltes Produkt. Die Bienen sammeln Nektar (zuckerhaltige Ausscheidungen von Blüten) und Honigtau (zuckerhaltigen Pflanzensaft bzw. Ausscheidungen an Pflanzen saugender Insekten). Die Bienen 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 wird als Frühtracht im Frühjahr, als ein oder zwei **Trachten** im Laufe des Sommers und oft als eine Spättracht vor der Einwinterung produziert: pro Bienenvolk rund 20 bis 30 Kilogramm Honig pro Jahr. Stoffe, die die Bienen mit dem Nektar und Honigtau aufnehmen, können aus ihren Honigblasen in das umliegende Körpergewebe abgeschieden werden. Wenn Nektar und Honigtau im Stock von Biene zu Biene weiter gereicht werden, können so die Stoffgehalte im Honig bei dessen Produktion in einem gewissen Maß abnehmen, und gleichzeitig in den Bienen zunehmen.

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 hängen leere Rähmchen in den Stock, die von den Bienen für den Drohnenwabenbau angenommen werden. (siehe Kapitel 2.2).

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)

Daher berücksichtigt das Honigmonitoring die Vitalität der Bienen ebenso sowie die Stoffgehalte in Pollen als unmittelbare Umweltproben.

1.4 Untersuchungen

Der Flughafen München ließ 2019 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 EPA-PAK

analysieren (siehe Kapitel 5.1). Die Untersuchungen erfolgten jeweils nach standardisierten und normierten Verfahren (siehe Kapitel 5.2). Die untersuchten Pollen-, Wachs- und Honigproben für das Honigmonitoring 2019 sind in Kapitel 2.2 dargestellt.

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 **Varroaziden** und Pestiziden nach Rückstands-Höchstmengenverordnung (siehe Kapitel 1.5.1).

1.5 Bewertung und Bewertungsgrundlagen

Die Bewertung, ob ein Flughafeneinfluss⁵ erkennbar ist, erfolgt primär durch den Vergleich zwischen Ergebnissen aus dem Flughafenumfeld mit dem **Referenzgebiet** ohne Flughafeneinfluss (Wäber et al. 2016; Standorte siehe Kapitel 2.1, Ergebnisse siehe Kapitel 4.1).

Zusätzlich werden die untersuchten PAK- und Metallgehalte in Pollen⁶ und Honig mit direkt oder hilfsweise herangezogenen Beurteilungswerten des Lebensmittelrechts verglichen (siehe Kapitel 1.5.3 ff. und 4.1).

Des Weiteren werden Ergebnisse anderer Untersuchungen, v. a. die des zeit- und verfahrensgleichen Bienenmonitorings im Umfeld der Flughäfen Berlin Schönefeld/BER und Berlin Tegel, als Vergleichswerte herangezogen (Wäber und Pompe 2019 und mündliche Mitteilung FBB, siehe Kapitel 4.2).

Nachfolgend werden allgemeine Qualitätsvorgaben für Honig dargestellt (siehe Kapitel 1.5.1), auf Honig und Pollen beziehbare Höchstgehalte (siehe Kapitel 1.5.2), hilfsweise herangezogenen Beurteilungswerte (siehe Kapitel 1.5.3 und 1.5.4), zusammen mit Daten über das Vorkommen von Stoffen in Lebensmitteln sowie abschließend eine Übersicht über die beim Honigmonitoring untersuchten Parameter und die aktuellen für die Beurteilungswerte relevanten Verordnungen (siehe Kapitel 1.5.5).

⁵ Ein punktgenauer Emittentennachweis schließt sich aus, da Bienen flächenbezogene Sammler sind (vgl. Kapitel 1.3) und die untersuchten Luftschadstoffe aus weiteren Quellen als dem Flughafenbetrieb stammen können.

⁶ Stoffgehalte in Wachs werden nicht mit den Beurteilungswerten verglichen, da Wachs kein Lebensmittel oder Nahrungsergänzungsmittel darstellt.

1.5.1 Qualitätsvorgaben für Honig

Die Honig-Verordnung (HonigV 2004 als Umsetzung der HonigRL – Richtlinie 2001/110/EG – in deutsches Recht) definiert unter anderem die Anforderungen an die Beschaffenheit und die Kennzeichnung von Honig (siehe Tabelle 1.5-1). Beim Honigmonitoring werden allgemeine Qualitätsvorgaben für Honig geprüft: Zucker- und Wassergehalt, Anteil an wasserunlöslichen Stoffen, Gehalt an freien Säuren, an Hydroxymethylfurfural und Diastase als natürliche Inhaltsstoffe (siehe Kapitel 0).

Tabelle 1.5-1: Qualitätsvorgaben für die Honiggewinnung

Verordnung	Qualitätsvorgaben für die Honiggewinnung
HonigV 2004	Honigverordnung vom 16. Januar 2004 (BGBl. I S. 92), zuletzt geändert durch Artikel 10 der Verordnung vom 5. Juli 2017 (BGBl. I S. 2272)
HonigRL	Richtlinie 2001/110/EG DES RATES vom 20. Dezember 2001 über Honig - Honig-Richtlinie
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)
RHmV 1999	Verordnung über die Höchstmengen an Rückständen von Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmitteln, Düngemitteln und sonstigen Mitteln in oder auf Lebensmitteln und Tabakerzeugnissen – Rückstands-Höchstmengenverordnung in der Neufassung vom 21. Oktober 1999 (BGBl. I S. 2082), zuletzt geändert durch Verordnung zur Begrenzung von Kontaminanten in Lebensmitteln (KmV 2010) und zur Änderung oder Aufhebung anderer lebensmittelrechtlicher Vorschriften vom 19. März 2010 (BGBl. I S. 286)
Verordnung Nr. 2015/1005	VERORDNUNG (EU) 2015/1005 DER KOMMISSION vom 25. Juni 2015 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 bezüglich der Höchstgehalte für Blei in bestimmten Lebensmitteln; hier: Blei in Honig (siehe Tabelle 1.5-2)
Verordnung Nr. 2018/73	VERORDNUNG (EU) 2018/73 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; hier: Quecksilberverbindungen in Honig und sonstigen Imkereierzeugnissen (siehe Tabelle 1.5-2)
VO (EWG) Nr. 2377/1990	Verordnung zur Schaffung eines Gemeinschaftsverfahrens für die Festsetzung von Höchstmengen für Tierarzneimittelrückstände in Nahrungsmitteln tierischen Ursprungs – Verordnung des Rates vom 26. Juni 1990 (ABl. Nr. L 224, S. 1), zuletzt geändert durch Art. 1 ÄndVO (EG) 582/2009 vom 3. Juli 2009 (ABl. L 175 S. 5)

Die Partnerimker des Flughafen 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).

Umweltverschmutzung, der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln in der Landwirtschaft und nicht fachgerechte Maßnahmen im Betriebsablauf einer Imkerei könnten Ursachen für Rückstände in den Bienenprodukten sein (Bogdanov 2006). 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 regelmäßig von der LWG-Honiganalytik hinsichtlich Qualität (gemäß HonigV) und von der Landesanstalt für Bienenkunde Hohenheim auf Rückstände von Varroaziden und Pestiziden (gemäß RHmV in Verbindung mit VO (EWG) 2377/1990) untersuchen (vgl. Kapitel 1.4 und siehe Kapitel 0).

1.5.2 Beurteilungswerte des Lebensmittelrechts

Honig gilt als naturreines Lebensmittel. Pollen wird von Menschen als Nahrungsergänzungsmittel genutzt. Lebensmittel-**Höchstgehalte** gem. EU-Verordnungen begrenzen zum Schutz der menschlichen Gesundheit den Gehalt unerwünschter Stoffe in Lebensmitteln auf toxikologisch vertretbare Werte.

Spezifisch für Honig gilt für Blei ein Höchstgehalt von 0,1 mg/kg OS (VO (EU) Nr. 2015/1005). Für Quecksilberverbindungen gilt ein Höchstgehalt von 0,01 mg/kg OS für Honig und sonstige Imkereierzeugnisse, der auch auf Pollen angewendet werden kann (Summe der Quecksilberverbindungen: ausgedrückt als Quecksilber; gemäß VO (EU) Nr. 2018/73 in Änderung der Verordnung (EG) Nr. 396/2005). Auf Pollen können Höchstgehalte für Leitsubstanzen der PAK angewendet werden, die für spezielle Nahrungsergänzungsmittel, „die „Kittharz, Gelée Royale⁷ [...] enthalten“, gelten (VO (EU) Nr. 2015/1933).

Tabelle 1.5-2: In diesem Bericht direkt herangezogene Beurteilungswerte

Stoff	in mg/kg Originalsubstanz (OS) gem. VO (EU) Nr. 2015/1005, 2018/73, 2015/1933
Blei	0,10 für Honig
Quecksilber	0,01 für Honig und sonstige Imkereierzeugnisse
Benzo[a]pyren	0,01 für Nahrungsergänzungsmittel die „Kittharz, Gelée Royale enthalten, auf Pollen anwendbar
Summe PAK4	0,05 für Nahrungsergänzungsmittel die „Kittharz, Gelée Royale enthalten, auf Pollen anwendbar

Anmerkung: Der Höchstgehalt für Blei in Honig ist seit 2016 mit 0,1 mg/kg sehr streng angesetzt. Der Rat der EU hatte im Jahr 2000 noch einen zehnfach höheren Wert von 1 mg/kg vorgeschlagen (Byrne 2000). In Österreich gilt ein Aktionswert von 0,25 mg/kg in Honig (ÖBMG 2015). Dieser Aktionswert ist, obwohl er der höchst vorsorglichen Risikominderung dient, mit 0,25 mg/kg höher, als der seit 2016 europaweit gültige Höchstgehalt zur Begrenzung auf ein toxikologisch vertretbares Maß.

⁷ Kittharz wird auch Propolis genannt und besteht aus Baumharz, das die Bienen zum Abdichten in den Stock bringen. Gelée Royale, auch Weisel- oder Königinnenfuttersaft, wird als Drüsensekret von den Ammenbienen hergestellt. Eine Bienenlarve wird zur Königin, wenn sie damit in den ersten drei Larvenstadien aufgezogen wird.

1.5.3 Hilfsweise herangezogene Beurteilungswerte des Lebensmittelrechts

Hinsichtlich der hier untersuchten Metalle definiert Verordnung (EU) Nr. 1881/2006 mit Nr. 629/2008, VO (EU) Nr. 420/2011, Nr. 488/2014 und Nr. 2015/1006 Höchstgehalte für die Kontaminanten Arsen, Blei, Cadmium und Quecksilber, jeweils für viele unterschiedliche Lebensmittel, zum Teil auch für Nahrungsergänzungsmittel.

Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 mit VO (EU) Nr. 420/2011, Nr. 835/2011 und Nr. 2015/1933 ermöglichen die Einordnung von PAK mittels Höchstgehalten für die Leitsubstanzen Benzo[a]pyren (BaP) sowie BaP, Benzo[a]anthracen, Benzo[b]fluoranthren und Chrysen als Summenwert PAK4. Sie gelten für einige im Wesentlichen fetthaltige Lebensmittel. Honig und Pollen sind darin nicht genannt (vgl. Kapitel 1.5.2). Die Definition des Summenwertes PAK4 dient dazu, dass die Menge an PAK auch in Proben kontrolliert werden kann, in denen sich kein BaP nachweisen lässt, aber andere PAK vorhanden sind. Laut VO (EU) Nr. 835/2011 gilt: „Konzentrationsuntergrenzen werden unter der Annahme berechnet, dass sämtliche Werte für die vier Stoffe, die unterhalb BG [Bestimmungsgrenze] liegen, null sind.“

Spezifisch für Honig sind, außer für Blei gemäß VO (EU) Nr. 2015/1005 (vgl. Tabelle 1.5-2) aktuell keine Höchstgehalte definiert. Der Rat der EU hatte im Jahr 2000 einen Wert von 0,1 mg/kg für Cadmium als Höchstgehalt für Honig vorgeschlagen (Byrne 2000). Dieser Vorschlag ist allerdings nicht als Höchstgehalt in die Verordnung übernommen worden. Da keine PAK-Höchstgehalte spezifisch für Honig existieren, können die Wertespanssen anderer Lebensmittel hier nur orientierend hilfsweise betrachtet werden (siehe Tabelle 1.5-3: Wertespanssen für andere Lebensmittel durch Kleinschrift gekennzeichnet).

Bei der Bewertung des Honigmonitorings am Flughafen München wird Pollen orientierend als Nahrungsergänzungsmittel eingeordnet.

1.5.4 Nur in Österreich gültige Aktionswerte für Honig

Gemäß Österreichischem Bundesministerium für Gesundheit⁸ sind bei Überschreitung von Aktionswerten in Honig die Ursachen zu prüfen und Maßnahmen zur Verbesserung durchzuführen. Der vorsorgliche **Aktionswerte** – für Cadmium 0,05 mg/kg – gilt nur in Österreich (ÖBMG 2015). Er wird beim Honigmonitoring des Münchner Flughafens orientierend herangezogen (siehe Tabelle 1.5-3).

1.5.5 Zusammenstellung der Beurteilungswerte sowie von Daten über das Vorkommen von Stoffen in Lebensmitteln

Der **Höchstgehalt 0,1 mg/kg für Blei in Honig** (VO (EU) Nr. 2015/1005) kann direkt auf die Bleigehalte der Honigproben aus dem Honigmonitoring angewendet werden.

Ebenso ist der **Höchstgehalt 0,01 mg/kg für Quecksilberverbindungen in Honig und sonstigen Imkereierzeugnissen** (VO (EU) Nr. 2018/73) direkt anwendbar.

⁸ Gemäß Österreichischem Bundesministerium für Gesundheit, Erlass BMGFJ-75210/0022-IV/B/7/2008 mit BMG-75210/0011-II/B/13/2012 sowie BMG-75210/0013-II/B/13/2015 mit BMG-75210/0036-II/B/13/2015

Der **Höchstgehalt 10 µg/kg Benzo[a]pyren** (0,001 mg/ entspricht 10 Mikrogramm/kg µg/kg) sowie der **Höchstgehalt 50 µg/kg PAK4**, beide für bestimmte Nahrungsergänzungsmittel (VO (EU) Nr. 2015/1993) können **auf die Stoffgehalte in Pollenproben angewendet** werden (vgl. Tabelle 1.5 2).

Die Höchstgehalte des deutschen Lebensmittelrechts, die für andere Lebensmittel gelten, können bei den Ergebnisdarstellungen hilfsweise herangezogen werden, um die Stoffgehalte in Pollen und Honig zu beurteilen (siehe Tabelle 1.5-3). Es darf nicht außer Acht gelassen werden, dass:

- sie für andere Lebensmittel gültig sind, die andersartige Eigenschaften besitzen,
- Lebensmittelprüfungen im Sinne des Lebensmittelrechts teilweise andere, auf die individuellen Eigenschaften der Lebensmittel abgestimmte Analyseverfahren anwenden und
- Vorgaben nicht anwendbar sind, die sich auf Säuglinge beziehen, da Säuglinge keinen Honig verzehren sollen.

Daten über das Vorkommen von Stoffen u. a. in Pollen und Honig wurden in aktuellen Studien der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) und den Europäischen Informationszentrum für Lebensmittel (EUFIC) aus zahlreichen internationalen Untersuchungen zusammengetragen. Die dort angegebenen Mittelwerte der Stoffgehalte geben eine Orientierung, welche Gehalte beim Honigmonitoring als „normal“ und welche als „hoch“ gelten können. Wenn keine Daten über das Vorkommen der Stoffe in Pollen und Honig verfügbar sind, können hilfsweise mittlere Gehalte in Nahrungsergänzungsmitteln (NEM) und anderen Lebensmitteln betrachtet werden. Die Beurteilungswerte sind in Tabelle 1.5-4 aufgeführt, ergänzt durch Stoffgehalte, die aus Verzehrempfehlungen für Nahrungsergänzungsmittel und andere Lebensmittel abgeleitet sind und nachrangig der Orientierung dienen können:

- aus vorgeschlagenen Höchstmengen für Mineralstoffe in der Tagesration von Einzelprodukten laut Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin (BgVV) und
- Schätzwerten für eine angemessene Zufuhr der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE).

Tabelle 1.5-3: Hilfsweise herangezogene Beurteilungswerte des Lebensmittelrechts sowie Aktionswerte

Stoff	Spannen der Höchstgehalte in mg/kg OS Spannen lt. VO (EG) Nr. 1881/2006, Nr. 629/2008, VO (EU) Nr. 420/2011, 835/2011, 488/2014, 2015/1006, 2015/1933	Aktionswerte in mg/kg OS <i>(ÖBMG 2015)</i>
Arsen	0,10 - strengster Wert für Reis für Säuglings- und Kleinkindernahrung* bis zu 0,30 - höchster Wert für Reiswaffeln, Reiskracker und Reiskuchen	-
Blei	0,02 - strengster Wert z. B. für Säuglingsnahrung* bis zu 3,00 - für Nahrungsergänzungsmittel: orientierend für Pollen	-
Cadmium	0,005 - strengster Wert für flüssige Säuglingsnahrung auf Kuhmilchbasis* 1,00 - für Nahrungsergänzungsmittel: orientierend für Pollen 3,00 - höchster Wert für Nahrungsergänzungsmittel aus Seetang	<i>0,05 für Honig (kein deutsches Recht)</i>
Benzo[a]pyren	0,001 - strengster Wert z. B. für Säuglingsnahrung* bis zu 0,010 – best. Nahrungsergänzungsmittel: orientierend f. Pollen	-
Summe PAK4	0,001 - strengster Wert z. B. für Säuglingsnahrung* bis zu 0,050 – best. Nahrungsergänzungsmittel: orientierend f. Pollen	-

Kleinschrift: für Pollen und Honig nur hilfsweise orientierend, da für andersartige Lebensmittel gültig;

*: Höchstgehalte für Säuglingsnahrung sind auch nicht hilfsweise orientierend für Honig anwendbar, da Säuglinge laut ärztlichen Empfehlungen keinen Honig verzehren sollten; für Quecksilber ist seit 2018 ein Höchstgehalt für Honig und Pollen festgelegt

Tabelle 1.5-4: Zusammenstellung aktueller Daten über das Vorkommen von Stoffen und von Beurteilungswerten für Pollen, Honig, Nahrungsergänzungsmittel und andere Lebensmittel

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	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 (VO1881/2006 ff. für nicht algenbasierte NEM)	0,1 Höchstgehalt (VO2015/1005)	0,02 - 3,0 (VO 1881/2006 ff.)
Cadmium (Cd)	0,073 - 0,077 ¹⁾ (EFSA 2012)	0,0036 - 0,014 ¹⁾ (EFSA 2012)	1,0 (VO 488/2014, nicht algen-basierte NEM)	0,05 (ÖBMG 2015, Aktionswert)	0,005 - 3,0 (VO 1881/2006 ff.)
Chrom (Cr)	-	0,0002-0,0003 in Hering & Rind, 0,002-0,003 in Tomaten & getrocknete Datteln 0,1 in Paranüssen (EUFIC 2015)	6 umgerechnet aus Höchstmenge 0,06 mg/Tag je NEM-Produkt (BgVV 2002), – bei Verzehr von 0,01 kg NEM/Tag –	-	-
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 2017) 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)	0,1 (VO1881/2006, 420/2011, nicht algenbasierte NEM)	0,01 Höchstgehalt (VO 2018/73) auch für Pollen	0,1 - 1,0 (VO1881/2006 ff., 1,0 in bestimmtem 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)	-	0,001 - 0,006 BaP 0,001 - 0,035 PAK4 (VO 835/2011 ff.)

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

*: Blütenhonige; **: nicht spezifizierte Honige;

PAK4: BaP, Benzo[a]anthracen, Benzo[b]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.

Tabelle 1.5-5: Übersicht der beim Honigmonitoring untersuchten Parameter und der für die Beurteilungswerte relevanten Verordnungen (erstellt v. Flughafen München GmbH; ergänzt)

Stoff/Verordnung	Richtlinie 2001/110/EG "Honigverordnung"	VO (EWG) 2377/90 "Festlegung Höchstmengen für Tierarzneimittelrückstände"	VO (EG) 208/2005 "Fortschreibung von EG (VO) 466/2001 PAK"	VO (EG) 396/2005 "Höchstgehalte an Pestizidrückständen"	VO (EG) 1881/2006 "Festsetzung bestimmter Kontaminanten-Höchstgehalte für Lebensmittel"	VO (EU) 2018/73 „Fortschreibung von VO (EG) 629/2008, VO (EG) 1881/2006 und RHmV“	VO (EU) 420/2011 "Fortschreibung von VO (EG) 1881/2006"	VO (EU) 835/2011 "Fortschreibung von VO (EG) 1881/2006 für PAK"	VO (EU) 488/2014 "Fortschreibung von VO (EG) 1881/2006 für Cadmium"	VO (EU) 1005/2015 "Fortschreibung von VO (EG) 1881/2006 für Blei"	VO (EU) 1933/2015 "Fortschreibung von VO (EG) 1881/2006 für PAK"	VO (EU) 1006/2015 "Fortschreibung von VO (EG) 1881/2006 für Arsen"
Antimon												
Arsen												X
Blei					»	»	»			X		
Cadmium					»	»	»		X			
Chrom												
Kupfer												
Quecksilber					»	X	«					
Eisen												
Nickel												
Zink												
Phenanthren (PHE)												
Pyren (PYR)												
Anthracen (ANT)												
Dibenzo[a,h]anthracen (DBahA)												
Fluoranthren (FLU)												
Benzo[k]fluoranthren (BkF)												
Indeno[1,2,3,cd]pyren (INP)												
Benzo[g,h,i]perylene (BghiP)												
Benzo[a]pyren (BaP)		»		»			»	X				X
Benzo[a]anthracen (BaA)								X				X
Benzo[b]fluoranthren (BbF)								X				X
Chrysen (CHR)								X				X
Naphthalin (NAP)												
Acenaphtylen (ACY)												
Acenaphten (ACE)												
Fluoren (FLE)												
PAK, Einzelverbindungen		»		»			(X)					
PAK4, s.o. BaP, BaA, BbF, CHR								X				X

Gelb: wird zur Bewertung verwendet;
[X]: Nennung, aber keine Definition des Höchstgehaltes;
>>: Höchstgehalt der VO wurde durch nachfolgende Verordnung abgeändert;
<<: Höchstgehalt der VO nicht relevant für das Honigmonitoring

2 Standorte und Proben

2.1 Standorte der Bienenvölker



Bild 2.1-1: „Flugwolken“ (dunkelgrün) der Bienenvölker – schematisch

Bild 2.1-2: Standorte der Bienenvölker 2008-2019

Übersicht Referenzgebiet Aichach und Umfeld des Flughafens, Karte Copyright: FMG

Referenzgebiet Aichach (links im Bild) und Umfeld des Flughafens München (rechts im Bild) für das Honigmonitoring 2008 (orangefarbige „Flugwolken“), für das Honigmonitoring ab 2009 (hellblaue Umrandung), neu ab 2016 (mittelblau) und ab 2018 (dunkelblau)

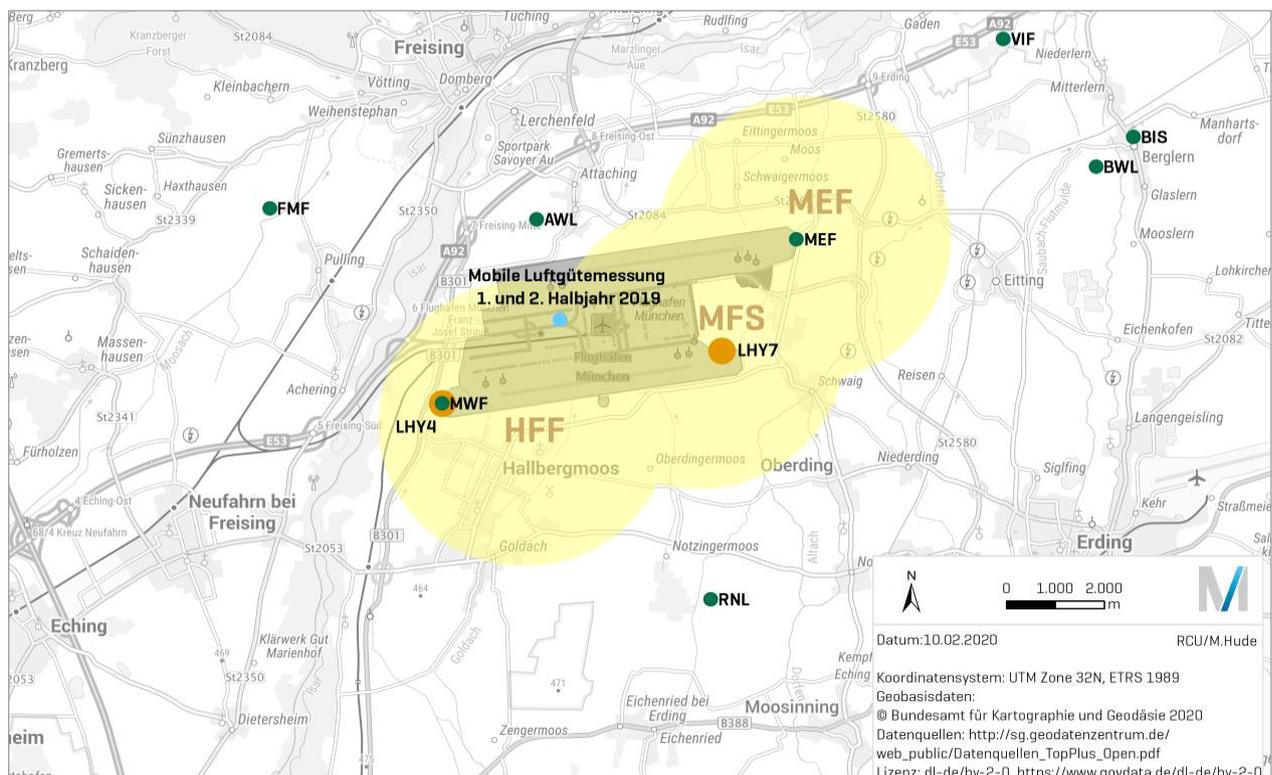


Bild 2.1-3: Honigmonitoring im Kontext der Luftgütemessungen des Flughafens München 2018

- Flugwolke der Bienenvölker des Flughafens ● stationäre Luftgütemessstation in 2018,
- mobile Luftgütemessstation, ● Biomonitring und Depositionsuntersuchung; Karte Copyright: FMG

2.1.1 Untersuchungsgebiet



Bild 2.1-4: Bienenvölkerstandort HFF

Die Standorte im Jahr 2019 im Untersuchungsgebiet am Zaun des Flughafens München waren:

- HFF an der Süd-Start-/Landebahn nahe Helfenbrunn / Mariabrunn (siehe Titel- und Bild 2.1-4, Copyright Foto: Hermann Hölzl) mit 4 Bienenvölkern,



Bild 2.1-5: Bienenvölkerstandort MEF

- MEF am östlichen Ende der nördlichen Start- und Landebahn (siehe Bild 2.1-5, Copyright Foto: Bruno Willing) mit 6 Bienenvölkern (MEF ersetzte 2016 den Standort HFT, der 2012 bis 2015 nahe FMG-Verwaltung/ Tankstelle in der Mitte des Flughafenareals gelegen war).



Bild 2.1-6: Bienenvölkerstandort MFS

- MFS seitlich, nahe östlichem Ende der südlichen Start- und Landebahn (siehe Titel- und Bild 2.1-6; Copyright Foto: Markus Strutz) mit 6 Bienenvölkern (MFS wurde 2018 neu errichtet und 2019 fortgeführt; der langjährige Standort MIF pausiert).

2.1.2 Referenzgebiet

Im **Referenzgebiet** Aichach wurden wie in den Vorjahren Proben von Bienenvölkern von drei Standorten untersucht:

- AKO bei Klingen-Obermauerbach, nahe Mauerbach, mit 4 Bienenvölkern
- ASI bei Sulzbach industrienah, mit 6 Bienenvölkern, und
- AAI siedlungsnah bei Aichach, mit 12 Bienenvölkern.

2.2 Pollen-, Wachs- und Honigproben

Im Jahr 2019 wurden Pollen-, Wachs und Honigproben der **Trachten** Früh- und Sommertracht von HFF, MEF, MFS und AIC auf Metall- und PAK-Gehalte analysiert.

Wie im Vorjahr wurden drei Pollen-Stichproben pro Standort und Tracht zu einer Mischprobe vereint (Ausnahme Aichach). Die Pollen-Stichproben (vgl. Bild 2.2-1) wurden 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. Die Pollenfallen (vgl. Bild 2.2-2) bestehen einheitlich aus Kunststoff-Lochplatten. Pollen aus dem Referenzgebiet Aichach stammte wie in den Vorjahren vom Einzelstandort AAI nahe der Stadt Aichach („FT-AIC“ 3 Stichproben, „ST-AIC“ 2 Stichproben).



Bild 2.2-1: Flughafen-Bienenstöcke mit Pollenfallen vor den Fluglöchern

(Copyright Foto: Bruno Willing)



Bild 2.2-2: Flughafen-Pollenernte

(Copyright Foto: Markus Strutz)

Ab 2013⁹ wurden ausschließlich Waben aus

⁹ Die Wachsproben des Honigmonitorings waren in den ersten Untersuchungsjahren Proben unterschiedlicher Wachsarten. Auf Basis der ersten Ergebnisse konzentrierte sich die Wachsprobenahme 2012 auf Honigwaben mit Mittelwänden. Die darin gemessenen Stoffgehalte hatten keinen erkennbaren Einfluss auf die Stoffgehalte im eingelagerten Honig. So konnten ab 2013 ausschließlich

Wildbau untersucht, ab 2014 an den verschiedenen Standorten auch weitestgehend gleichzeitig mit der jeweiligen Tracht von den Bienen gebildete und etwa gleich lang im Stock verbliebene Drohnenwaben. Zur Gewinnung dieser Wachsproben hängten die Imker wieder jeweils einen leeren Rahmen an gleicher Position in den Stock. Diesen nahmen die Bienen für den Drohnenwabenbau an und zogen darin z. T. die Drohnenbrut auf. Die Standardisierung soll vermeiden, dass unterschiedlich lange den Umwelteinflüssen ausgesetzte Waben unterschiedliche Stoffgehalte, insbesondere PAK-Gehalte, aufweisen¹⁰. Wildbauwaben vor der Bebrütung bzw. unbebrütete Waben sind hell (siehe Bild 2.2-3), nach der Bebrütung und dem Drohnenschlupf dunkel (siehe Bild 2.2-4). Bei den Proben aus Aichach handelte es sich um Mischproben aller drei Standorte.



Bild 2.2-3: Drohnenwabe unbebrütet – Wildbau-Wachsprobe MFS-ST beispielhaft aus dem Jahr 2018



Bild 2.2-4: Drohnenwabe nach dem Drohnenschlupf – Wildbau-Wachsprobe HFF-FT 2019

Honigproben, die auf Metall- und PAK-Gehalte analysiert wurden, wurden direkt nach dem Schleudern und Sieben in handelsübliche Gläser abgefüllt (nicht erhitzt und cremig gerührt). Das Untersuchungsergebnis ist so einem Bienenvölkerstandort und ihrem Fluggebiet während der jeweiligen Trachtperiode zuzuordnen. Nur bei den Proben aus dem Referenzgebiet Aichach handelte es sich um Mischproben aller drei dortigen Standorte: Diese Analysenergebnisse repräsentieren daher die Situation im Referenzgebiet. Die Frühtrachthonige der Standorte MEF und MFS 2019 entsprachen der Sortenbezeichnung „Frühtrachthonig“, vom Standort HFF „Blütenhonig“, die aus Aichach stammten hauptsächlich von Löwenzahn-, Obst- sowie Rapsblüten. Die Sommertrachthonige waren im Wesentlichen Blüten- und Lindenhonige, aus Aichach mit Anteil Honigtau-



Bild 2.2-5: Honigprobe MEF-FT 2019

Wildbau-Waben untersucht werden vgl. Tabelle 1.2-1).

¹⁰ Bei einer nur wenige Tage alten Jungfernwachsprobe könnten wegen der kurzen Exposition gegenüber Luftschadstoffen geringere Stoffgehalte erwartet werden als bei einer mehrere Wochen exponierten Drohnenwabe. Aufgrund einer besonderen Situation für die Betreuung des Standorts HFF waren die Drohnenwaben dort zwar nicht kürzer aber später exponiert: Die Frühtracht (FT)-Wabe startete am 18.5. und wurde am 3.7.2019, dem Ende der dortigen Frühtracht, aus dem Stock entfernt. Die Sommertracht (ST)-Drohnenwabe wurde am 1.7. eingehängt und am 30.7.2019 herausgenommen – insgesamt später als an den anderen Standorten am Flughafen.

honig (Waldhonig).

Tabelle 2.2-1 stellt die Pollen-, Wachs- und Honigproben aus dem Honigmonitoring des Flughafen München 2019 dar. Die untersuchten Luftschadstoffe und Methoden in Kapitel 5 beschrieben.

Tabelle 2.2-1: Pollen-, Wachs- und Honigproben für das Honigmonitoring 2019

Honigmonitoring - 2019 Pollen-, Wachs- und Honigproben					
Probe	Bienenvölkerstandort	Tracht	Pollen	Wachs	Honig
HFF- FT	Flughafen westlich an der Südbahn	Anfang Mai - Anf. Juli	3 Stichproben aus Kunststoff-Pollenfalle: 29.6., 1.7., 3.7.2019	Wildbau: Drohnenwabe 18.5.-3.7.2019 (6 Wochen): braun, honigfrei	3.7.2019 geschleudert, goldfarben, flüssig, klar
MEF- FT	Flughafen östliches Ende der Nordbahn	Anf. April - Ende Mai	3 Stichproben aus Kunststoff-Pollenfalle: 18.5., 23.5., 29.5.19	Wildbau: Drohnenwabe 20.4.-23.5.2019 (5 Wo.): dunkelbraun, mit Honigresten	30.5.18 geschleudert, beige, zähflüssig, Trüb
MFS- FT	Flughafen östlich an der Südbahn	Anf. April - Ende Mai	3 Stichproben aus Kunststoff-Pollenfalle: 18.5., 23.5., 29.5.19	Wildbau: Drohnenwabe 20.4.-23.5.2019 (5 Wo.): dunkelbraun, mit Honigresten	30.5.18 geschleudert, beige, zähflüssig, Trüb
AIC- FT	Referenzgebiet Aichach: Aichach, Mauerbach, Sulzbach	Mitte April - Ende Mai	3 Stichproben aus Kunststoff-Pollenfalle: 23.-24.4., 18.-19.5., 26.-27.5.2019	Wildbau: Mischprobe, Drohnenwaben ca. April-Mai (6 Wochen), gemischt braun, honigfrei	Mischprobe, Ende Mai geschleudert, goldgelb bis bräunlich, zähflüssig, trüb
HFF- ST	Flughafen westlich an der Südbahn	Mitte Juli - Ende Juli	3 Stichproben aus Kunststoff-Pollenfalle: 25.7., 27.7., 30.7.19	Wildbau: Drohnenwabe 1.-30.7.2019 (4 1/2 Wochen): dunkelbraun, honigfrei	28.5.-17.7.2019, dunkel goldgelb, flüssig, klar
MEF- ST	Flughafen östliches Ende der Nordbahn	Anf. Juni - Mitte Juli	3 Stichproben aus Kunststoff-Pollenfalle: 9.6., 19.6., 30.6.2019	Wildbau: Drohnenwabe 25.5.-8.7.2019 (6 Wo.): dunkelbraun, Honigreste	1.6.-12.7.2019, goldgelb, flüssig, leicht trüb
MFS- ST	Flughafen östlich an der Südbahn	Anf. Juni - Mitte Juli	3 Stichproben aus Kunststoff-Pollenfalle: 9.6., 19.6., 30.6.2019	Wildbau: Drohnenwabe 25.5.-5.7.19 (5 1/2 Wo.): beige-dunkelbraun, Honigreste	31.5.-13.7.2019, goldgelb, flüssig, klar
AIC- ST	Referenzgebiet Aichach: Aichach, Mauerbach, Sulzbach	Anf. Juni - Ende Juli	2 Stichproben aus Kunststoff-Pollenfalle: 4.-5.8., 7.-8.8.2019	Wildbau: Mischprobe, Drohnenwaben Anfang Juni bis Mitte Juli (ca. 6 Wochen): gemischt braun, honigfrei	Mischprobe, Ende Juli geschleudert, kupferfarben, flüssig, klar

FT: Frühtracht; ST: Sommertracht
HFF, MEF, MFS (seit 2018, löst MIF ab): rural flughafennah, unmittelbar am Flughafenzaun; AIC: 3 Standorte rural- bis suburban-flughafenfernes Referenzgebiet
Pollenproben je nach Blütenspektrum unterschiedlich zusammengesetzt: 2019 Mischproben aus je drei Einzelproben je Standort und Tracht (AIC: 3/2 v. 1 Standort)

3 Ergebnisse 2019

3.1 Vitalitätserhebung

Bienen reagieren empfindlich auf viele Schadstoffe und Störungen ihrer Lebensbedingungen. Deshalb wird beim Honigmonitoring auch 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 2019 sind in Anhang A (Kapitel 9: Tabelle 9.1-1 und Tabelle 9.1-2) zusammengefasst. Deutliche Unterschiede zwischen der Vitalität der untersuchten Bienenvölker flughafennah und im Referenzgebiet Aichach konnten wie in den Vorjahren nicht festgestellt werden.

Anders als 2018 war die Überlebensrate nach der Überwinterung 2019 unterschiedlich: Die Flughafenbienenvölker MFS und MEF überlebten vollständig, während von den vier Völkern am Flughafenstandort HFF zu Ende der Saison 2018 nur eines 2019 an den Start gehen konnte. An den drei Aichacher Standorten waren die Überlebensraten ebenfalls unterschiedlich: 100%, 92% und 75%. Die Stärke der Bienenvölker und der Brut entwickelte sich an den flughafennahen Standorten HFF, MEF und MFS recht unterschiedlich – war aber insgesamt nicht schlechter als flughafenfern im Referenzgebiet Aichach zu beurteilen (siehe Tabelle 3.1-1; im Vorjahr fielen diese Parameter vergleichbar aus).

Tabelle 3.1-1: Ergebnisse der Vitalitätserhebung der Früh- (FT) und Sommertracht (ST) 2019

Vitalität 2019: Parameter	Standort HFF		Standort MFS		Standort MEF		Referenzgebiet Aichach		
	Früh- / Sommertracht	FT	ST	FT	ST	FT	ST	FT	ST
Überleben nach Winter		25%		100%		100%		100% / 92% / 75%	
Stärke der Bienenvölker (laut Imkern): Entwicklung besetzter Waben	spät -> 3.7.19: 20->6	gut: 20->25	gut: 10->20	gut: 20->18	mittel: 10->19	mittel: 19->20	schlecht: durchschnittlich 16->21	sehr gut: durchschnittl. 24->37	
Entwicklung der Brut: Zunahme der Brutwaben	+100%	+/-0%	+50%	-17%	+71%	+/-0%	durchschnittl. +11%	durchschn.- +19%	
Durchschnittliche Honigmenge pro Volk	22 kg	6,3 kg	13 kg	11 kg	14 kg	8 kg	8 kg / 5 kg / 8 kg	25 kg / 29 kg / 20 kg	
Honig pro Wabe x Anzahl Honigwaben	1,1 kg x 20	0,3 kg x 20	1,6 kg x 8	1,6 kg x 6	1,9 kg x 7	2,0 kg x 4	1,4/ 1,0/ 1,3 kg x 6/ 5/ 6	1,4/1,5/1,3kg x 18/ 20/ 15	
Schwerpunkt des Blütenpollenspektrums	Strauchblüten, Rosengewächse, Raps	Sonnenblumen, Strauchblüten, Rosengewächse, Linde, Klee	Raps, Kreuzblütler, Rosengewächse, Weide	Kreuzblütler, Rosengewächse, Weide	Kreuzblütler, Weide	Wildblumen	Löwenzahn, Obstblüten, Raps	Waldhonig, Linde, Akazie	

Die Honigmenge stellt ein Ergebnis aus Sammelaktivität, Blütenangebot und Volksstärke dar. Die Referenzbienen produzierten 2019 nur durchschnittlich 7 kg Frühtracht-Honig pro Volk bei 1,0–1,3 kg pro Wabe, aber 25 kg Sommertracht-Honig pro Volk bei 1,3–1,5 kg pro Wabe. Die Flughafenbienen produzierten an MFS, MEF und HFF 13 kg, 14 kg und 22 kg Frühtracht-Honig pro Volk, aber nur 10 kg, 8 kg und 6 kg Sommertracht-Honig pro Volk. Die Honigmengen im Gesamtjahr unterscheiden sich also nicht deutlich

3.2 Qualitätsuntersuchungen

Die Flughafenhonige sind gemäß Anforderungen der deutschen Honigverordnung und des deutschen Imkerbunds auf allgemeine Qualitätsvorgaben geprüft (vgl. Kapitel 1.5.1). Dem später unter der Kennzeichnung „Feiner Flughafenhonig aus der Airfolgsregion“ 2019 abgefüllten Honig wurde von amtlicher Kontrollstelle bescheinigt:

- honigtypischer Geruch und Geschmack der Sorten Frühtrachthonig bzw. Blütenhonig und der Sorten Sommertracht-, Blüten-, bzw. Lindenhonig,
- einwandfreie Qualität hinsichtlich untersuchter sensorischer, chemisch-physikalischer und mikroskopischer Qualitätsmerkmale,
- entsprechend Anforderungen der deutschen Honigverordnung (HonigV 2004, zuletzt geändert 2017).

In Anhang B ist exemplarisch das Prüfergebnis auf diese allgemeinen Qualitätsvorgaben für Sommertrachthonig vom Standort MEF dargestellt (siehe Bild 10.1-1).

Um einen breiten Qualitätsnachweis für das Produkt Flughafenhonig zu erhalten, wurden die Früh- und Sommertrachthonige auf Varroabekämpfungsmittel- und Pestizidrückstände untersucht. Keines der 19 untersuchten Varroabekämpfungsmittel und Pestizide war in den Proben nachweisbar. Der Honig erfüllte somit hinsichtlich Rückstandsanalysen auf Varroabekämpfungsmittel und Pestizide die gesetzlichen Bestimmungen nach RHmV 1999 mit Verordnung (EWG) 2377/90. In Anhang B ist exemplarisch das Prüfergebnis für Frühtrachthonig vom Standort HFF dargestellt (siehe Bild 10.1-1).

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 diese Anreicherungen als Bioindikator als **Immissionswirkungen** an (VDI 3957 Blatt 1, 2014). Wachs und Honig sind hingegen von den Bienen hergestellte Produkte. 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 und sollten sich besser in Wachs einlagern, als in eiweißreichen Pollen oder zuckerreichen Honig. Dies sind Faktoren, die die Stoffgehalte der Proben beeinflussen.

In Honigproben lagen 2019 die Metallgehalte deutlich niedriger als im Wachs und im Pollen¹¹ (auf 100% normiert, in Bild 3.3-1). In Pollenproben wurden die vergleichsweise höchsten Metallgehalte gefunden – wie in den Vorjahren. Das entspricht der Erwartung, da Pollen direkt Immissionseinflüssen der Umwelt unterliegt, während die Bienen bei der Herstellung von Wachs und Honig als „Filter“ wirken.

Die ebenfalls durchweg niedrigen PAK-Gehalte lagen in den Pollenproben nicht wie bislang geringfügig niedriger, sondern tendenziell höher als in den Wachsproben (siehe Bild 3.3-1). Die Ursache liegt in den saisonal bedingt, vergleichsweise höheren PAK-Gehalten in Frühtrachtpollen (siehe Kapitel 3.5). In Honigproben wurden tendenziell niedrigere PAK-Gehalte gefunden. Spezifische Einflüsse dürften dafür verantwortlich sein:

- Pollen unterliegt den Immissionseinflüssen direkt, bei Wachs und Honig wirken Filtereffekte;
- Wachs kann die lipophile Stoffgruppe der PAK am besten anreichern.

Die Stoffgehalte im Pollen lagen wie in den Vorjahren im niedrigen natürlichen Bereich (siehe Kapitel 3.4 ff.). Sie können von vielfältigen äußeren Faktoren beeinflusst werden, beispielsweise von:

- der Art der gesammelten Blütenpollen,
- deren Exposition gegenüber Schadstoffquellen wie Verkehr und Hausbrand und
- der Witterung während der Sammelperiode sowie
- Einflüssen der Probenahme (vgl. Kapitel 2.2).

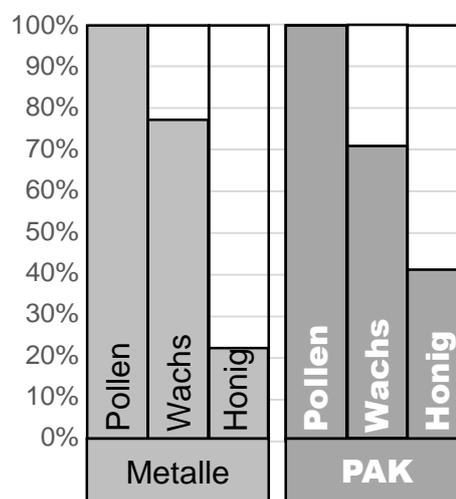


Bild 3.3-1: Prozentuale Anteile der Stoffgehalte in Pollen, Wachs und Honig

Anteile im Bild auf 100% normiert; hier beispielhaft für das Jahr 2019 gezeigt

¹¹ Es handelt sich um eine orientierende, nicht statistisch repräsentative Betrachtung. Da die Standorte keine systematischen Unterschiede zueinander zeigen, wurden – anders als in den Vorjahren – nicht nur die Werte aus dem Referenzgebiet betrachtet, sondern von allen Standorten. Die Abstufungen bestätigen die Ergebnisse der Vorjahre – mit Ausnahme von PAK-Gehalten in Pollen, aufgrund vergleichsweise höherer Gehalte in Frühtrachtpollen (siehe Kapitel 3.5). Die Betrachtung von Metallen bezieht sich auf solche, die analytisch auffindbar sind (Chrom, Eisen, Kupfer, Nickel, Zink) und klammert „Werte“ kleiner Bestimmungsgrenze aus.

3.4 Metallgehalte

Zunächst werden Blei, Cadmium und Quecksilber betrachtet. Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 mit VO (EU) Nr. 2015/1005 legt einen Höchstgehalt spezifisch für Blei in Honig fest und VO (EU) Nr. 2018/73 einen Höchstgehalt spezifisch für Quecksilber in Honig und sonstigen Imkereierzeugnissen (vgl. Tabelle 1.5-3). Außerdem definieren VO (EG) Nr. 629/2008, VO (EU) Nr. 420/2011 und Nr. 488/2014 für diese Kontaminanten Höchstgehalte für unterschiedliche andere Lebensmittel (vgl. Tabelle 1.5-3).

Bleigehalte in Pollen waren mit 0,067 mg/kg **Originalsubstanz (OS)** bis 0,28 mg/kg OS unauffällig.

In Wachsproben lagen die Bleigehalte zwischen 0,034 mg/kg OS nahe der Bestimmungsgrenze und bis 0,09 mg/kg OS und einmalig vergleichsweise höher bei 0,68 mg/kg OS (HFF-FT, s. Tabelle 3.4-1).

In Honigproben lagen die Bleigehalte kleiner Bestimmungsgrenze (<0,025 mg/kg OS) und einmal bei 0,042 mg/kg OS (AIC-FT) im Referenzgebiet Aichach – damit unter dem Höchstgehalt für Blei in Honig von 0,10 mg/kg OS gemäß VO (EU) Nr. 2015/1005.

Cadmiumgehalte in Pollen waren niedrig: Sie lagen zwischen 0,020 mg/kg OS und 0,053 mg/kg OS, in einem engen, für pflanzliche Nahrungsergänzungsmittel typischen Bereich (vgl. Tabelle 1.5-4).

In Wachs reichten die Cadmiumgehalte von 0,0029 mg/kg OS nahe der BG bis rund 0,02 mg/kg OS an den Standorten MEF (FT) und AIC (FT, ST).

In Honig konnte Cadmium wie in den beiden Vorjahren nur im Referenzgebiet aufgefunden werden: 0,0027 mg/kg OS nahe der BG und 0,0086 µg/kg OS.

Quecksilber wurde wie in allen Vorjahren bei einer Bestimmungsgrenze von 0,013 mg/kg OS in Pollen, Wachs und Honig nicht aufgefunden (siehe Tabelle 3.4-1). In Pollen und Honig lagen die Quecksilbergehalte damit unter dem Höchstgehalt von 0,01 mg/kg OS gemäß VO (EU) Nr. 2018/73.

Tabelle 3.4-1: Blei-, Cadmium- und Quecksilbergehalte in Pollen, Wachs und Honig 2019

Stoffgehalt 2019		Blei		Cadmium		Quecksilber	
		mg/kg OS		mg/kg OS		mg/kg OS	
		Frühtracht	Sommertracht	Frühtracht	Sommertracht	Frühtracht	Sommertracht
Pollen	AIC Referenz	0,067	0,066	0,027	0,020	<0,013	<0,013
	MFS	0,280	0,476	0,027	0,025	<0,013	<0,013
	HFF	0,168	0,288	0,028	0,053	<0,013	<0,013
	MEF	0,090	0,236	0,032	0,033	<0,013	<0,013
Wachs	AIC Referenz	0,093	0,044	0,0190	0,0210	<0,013	<0,013
	MFS	0,059	0,069	0,0029	0,0052	<0,013	<0,013
	HFF	0,678	0,034	0,0082	0,0042	<0,013	<0,013
	MEF	0,041	0,048	0,0240	0,0150	<0,013	<0,013
Honig	AIC Referenz	0,042	<0,025	0,0027	0,0086	<0,013	<0,013
	MFS	<0,025	<0,025	<0,0025	<0,0025	<0,013	<0,013
	HFF	0,04	<0,025	<0,0025	<0,0025	<0,013	<0,013
	MEF	<0,025	<0,025	<0,0025	<0,0025	<0,013	<0,013
	Höchstgehalt	Blei	0,10	Cadmium	*)	Quecksilber	0,01

Höchstgehalte: Blei VO(EU) 2015/1005, Quecksilber 2018/73 *): and. Lebensm. VO(EU) 1881/2006, 629/2008, 420/2011, 488/2014

Für Antimon (Sb), Chrom (Cr) und Nickel (Ni) sind keine Höchstgehalte für Lebensmittel definiert. Für Arsen (As) sind in VO (EU) Nr. 2015/1006 seit 2016 Höchstgehalte für Lebensmittel aus Reis festgelegt. Arsen ist wie Antimon ökotoxikologisch relevant. Ebenso sind es die Spurenelemente Chrom und Nickel, die in kleinen Mengen essenziell für den Menschen sind (siehe Kapitel 5.1).

Antimon konnte im aktuellen Messjahr wie schon 2018 bei einer Bestimmungsgrenze von 0,013 mg/kg OS in Pollen, Wachs und Honig nicht aufgefunden werden (siehe Tabelle 3.4-2).

Arsengehalte lagen in den Pollenproben erneut in einem engen, für Pollen niedrigen Wertebereich (vgl. Kapitel 1.5.5, Tabelle 1.5-4) unter und nahe der Bestimmungsgrenze bis 0,046 mg/kg OS.

In Wachs lagen die Arsengehalte in einem engen Bereich nahe der Bestimmungsgrenze: <0,013 mg/kg OS bis 0,027 mg/kg OS (siehe Tabelle 3.4-2).

In Honigproben lagen die Arsengehalte unterhalb BG: <0,013 mg/kg OS.

Chromgehalte lagen in den Pollenproben zwischen 0,027 mg/kg OS und 0,12 mg/kg OS (siehe Tabelle 3.4-2), im für Nahrungsmittel und Nahrungsergänzungsmittel üblichen Bereich (vgl. Kapitel 1.5.5, Tabelle 1.5-4).

In Wachs aus dem Umfeld des Münchner Airports und dem Referenzgebiet Aichach wurde Chrom in einem Bereich von 0,038 mg/kg OS bis 0,16 mg/kg OS gefunden.

In Honig lagen die Chromgehalte überwiegend unterhalb BG: <0,025 mg/kg OS, in Frühtrachthonig vom Standort MFS bei 0,067 mg/kg OS und vom Standort MEF bei 0,29 mg/kg OS.

Tabelle 3.4-2: Arsen-, Antimon-, Chrom- und Nickelgehalte in Pollen, Wachs und Honig 2019

Stoffgehalt 2019		Antimon		Arsen		Chrom		Nickel	
		mg/kg OS		mg/kg OS		mg/kg OS		mg/kg OS	
		Frühtracht	Sommertracht	Frühtracht	Sommertracht	Frühtracht	Sommertracht	Frühtracht	Sommertracht
Pollen	AIC Referenz	<0,013	<0,013	0,019	<0,013	0,109	0,027	0,28	0,26
	MFS	<0,013	<0,013	0,018	0,041	0,116	0,069	0,63	0,37
	HFF	<0,013	<0,013	0,031	0,046	0,100	0,072	0,39	0,26
	MEF	<0,013	<0,013	0,016	0,040	0,080	0,100	0,44	0,52
Wachs	AIC Referenz	<0,013	<0,013	0,019	<0,013	0,079	0,054	0,21	1,30
	MFS	<0,013	<0,013	0,018	0,027	0,061	0,077	0,03	0,15
	HFF	<0,013	<0,013	0,026	0,013	0,157	0,038	0,13	0,12
	MEF	<0,013	<0,013	0,013	0,019	0,078	0,090	0,58	0,23
Honig	AIC Referenz	<0,013	<0,013	<0,013	<0,013	<0,025	<0,025	0,78	0,70
	MFS	<0,013	<0,013	<0,013	<0,013	0,067	<0,025	0,05	<0,025
	HFF	<0,013	<0,013	<0,013	<0,013	<0,025	<0,025	<0,025	0,05
	MEF	<0,013	<0,013	<0,013	<0,013	0,290	<0,025	0,03	<0,025

Höchstgehalt für Arsen für andere Lebensmittel definiert VO(EU) 1881/2006, 2015/1006

Nickelgehalte in Pollen nahmen einen engen niedrigen Bereich, zwischen 0,26 mg/kg OS und 0,63 mg/kg OS ein (siehe Tabelle 3.4-2).

In Wachs reichten die Nickelgehalte von 0,03 mg/kg OS (MFS-FT), bis 1,3 mg/kg OS (AIC-ST).

In Honig wurde Nickel nur teilweise aufgefunden: jeweils einmal an den flughafenbezogenen Standorten MFS, HFF und MEF nahe der Bestimmungsgrenze (BG: 0,025 mg/kg OS) sowie in den Honigen aus dem Referenzgebiet Aichach mit 0,78 bzw. 0,70 mg/kg OS. Letztere liegen höher als der aktuelle Durchschnitt (EFSA 2014, vgl. Kapitel 1.5.5, Tabelle 1.5-4), aber im üblichen unbedenklichen Bereich auch anderer Honiguntersuchungen (Yazgan et al. 2006).

Eisen (Fe), Kupfer (Cu) und Zink (Zn) sind essenzielle Spurenelemente. Für sie sind keine Höchstgehalte für Lebensmittel definiert. Aktuelle Vergleichswerte finden sich in Kapitel 1.5.5 (Tabelle 1.5-4).

Eisengehalte lagen in Pollen mit 13 mg/kg OS bis 61 mg/kg OS niedrig wie in den Vorjahren, aber höher als in Wachs mit 0,3 mg/kg OS bis 1,0 mg/kg OS - mit einer Ausnahme: 36 mg/kg OS. Dieser Wert in Sommertrachtwachs vom Standort MEF ragt zwar aus den Wachsergebnisse 2019 heraus. Er ist aber nicht ungewöhnlich: Wachsgehalte lagen auch in früheren Jahren teilweise bei Werten um 30 mg/kg OS, z.B. 2011 in Wachs vom Standort HFF oder 2013 an den Standorten MIF und HFF.

In Honig lagen die Eisengehalte zwischen 0,23 mg/kg OS und 1,7 mg/kg OS (siehe Tabelle 3.4-3).

Kupfergehalte lagen insgesamt niedrig (vgl. Tabelle 1.5-4): in Pollen 6,5 mg/kg OS bis 9,3 mg/kg OS sowie in Wachs mit 0,5 mg/kg OS bis 6,3 mg/kg OS vergleichsweise höher als in Honig mit 0,08 mg/kg OS bis 0,82 mg/kg OS (siehe Tabelle 3.4-3).

Zinkgehalte zeigten folgende, etwas andere Abstufung, die auch in den Vorjahren beobachtet wurde: Der enge Wertebereich in Pollen, mit 33 mg/kg OS bis 90 mg/kg OS (siehe Tabelle 3.4-3) überschneidet sich mit dem Wertebereich in Wachs, der zwischen 5,8 mg/kg OS und 67 mg/kg OS lag, während Zink in Honig mit 0,27 mg/kg OS bis 2,5 mg/kg OS niedrigere Gehalte zeigte.

Tabelle 3.4-3: Eisen-, Kupfer- und Zinkgehalte in Pollen, Wachs und Honig 2019

Stoffgehalt 2019		Eisen		Kupfer		Zink	
		mg/kg OS		mg/kg OS		mg/kg OS	
		Frühtracht	Sommertracht	Frühtracht	Sommertracht	Frühtracht	Sommertracht
Pollen	AIC Referenz	53	13	6,5	7,3	33	39
	MFS	53	31	7,2	7,8	66	90
	HFF	61	24	8,3	9,3	59	56
	MEF	45	36	9,0	9,1	42	48
Wachs	AIC Referenz	0,8	0,5	1,2	4,4	57	67
	MFS	0,4	0,4	0,5	1,9	5,8	23
	HFF	1,0	0,3	1,4	3,5	27	37
	MEF	36	0,8	6,3	4,3	50	57
Honig	AIC Referenz	1,04	1,13	0,79	0,82	1,51	2,51
	MFS	0,51	0,23	0,08	0,17	0,27	0,57
	HFF	0,50	0,36	0,19	0,34	0,62	0,91
	MEF	1,68	0,27	0,08	0,22	0,27	0,62

3.5 PAK-Gehalte

Die 16 polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (16 EPA-PAK) sind in Kapitel 5.1 beschrieben. Sie wurden in den Proben mit höchst empfindlichen und langjährig erprobten Verfahren im Ultraspurenbereich detektiert. Die analytische Bestimmungsgrenze (BG) lag bei 0,1 µg/kg OS. Dennoch waren die schwerer flüchtigen PAK-Verbindungen v. a. in den Honigproben nur teilweise auffindbar.

Ergebnisse kleiner Bestimmungsgrenze gehen mit 50 % des Zahlenwerts der Bestimmungsgrenze in die Summen der 12 schwerer flüchtigen PAK und aller 16 EPA-PAK ein, um diese Summen berechnen zu können. Sie sind in den nachfolgenden Darstellungen enthalten und in den Einzelwertetabellen (siehe Kapitel 11: Anhang C) als 50 % des Zahlenwerts der BG in Kleinschrift gekennzeichnet (Tabelle 11.1-1 bis Tabelle 11.3-1). Das Vorgehen entspricht den einschlägigen Richtlinien für Biomonitoring (VDI 3957 Blatt 2, 2016 und VDI 3957 Blatt 3, 2008).

Für die Summe PAK4 gilt hingegen laut VO (EU) Nr. 835/2011: „Konzentrationsuntergrenzen werden unter der Annahme berechnet, dass sämtliche Werte für die vier Stoffe, die unterhalb BG liegen, null sind.“ Daher gehen „Werte <BG“ der vier PAK Benzo[a]pyren, Benzo[a]anthracen, Benzo[b]fluoranthren und Chrysen nicht in die PAK4 ein.

Hinweis: PAK-Gehalte sind in der Einheit µg (Mikrogramm) dargestellt. Ein Mikrogramm pro Kilogramm entspricht einem Tausendstel Milligramm pro Kilogramm: 1 µg/kg = 0,001 mg/kg.

Tabelle 3.5-1: PAK-Gehalte in Pollen, Wachs und Honig 2019

Stoffgehalt 2019		Summe 16 EPA-PAK		PAK4		Benzo[a]pyren BaP	
		µg/kg OS		µg/kg OS		µg/kg OS	
		Frühtracht	Sommertracht	Frühtracht	Sommertracht	Frühtracht	Sommertracht
Pollen	AIC Referenz	26	12	1,9	0,3	0,29	<0,1
	MFS	28	15	1,7	0,7	0,23	0,12
	HFF	25	17	1,9	0,7	0,34	0,12
	MEF	34	14	2,1	1,0	0,31	0,12
	Höchstgehalt	16PAK	-	PAK4	50	BaP	10
Wachs	AIC Referenz	18	16	1,2	0,4	0,13	<0,1
	MFS	17	17	1,0	1,1	0,10	0,15
	HFF	12	12	0,8	0,6	<0,1	<0,1
	MEF	17	13	1,2	1,2	0,14	0,18
Honig	AIC Referenz	7,8	14,2	0	0	<0,1	<0,1
	MFS	9,1	5,5	0	0	<0,1	<0,1
	HFF	10,3	7,0	0	0	<0,1	<0,1
	MEF	7,9	7,4	0	0	<0,1	<0,1

µg (Mikrogramm): 0,001 mg
 PAK4: Summe von BaP, Benzo[a]anthracen, Benzo[b]-fluoranthren, Chrysen, berücksichtigt "Werte" kleiner Bestimmungsgrenze mit null
 PAK4- und BaP-Höchstgehalte: für bestimmte Nahrungsergänzungsmittel gemäß VO (EU) 2015/1933, auf Pollen anwendbar
 PAK4- und BaP-Höchstgehalte für andere Lebensmittel definiert nach VO(EG) Nr. 1881/2006 mit VO(EU) Nr. 835/2011 und 420/2011

Summengehalte der 16 EPA-PAK in Pollen lagen im Referenzgebiet Aichach bei 26 µg/kg OS für die Frühtracht und 12 µg/kg OS für die Sommertracht. Der Wertebereich überschneidet sich wie in den beiden Vorjahren mit den Bereichen in Pollenproben flughafennaher Standorte:

- 25–34 µg/kg OS in Frühtracht-Pollenproben bzw.
- 14–17 µg/kg OS in Sommertracht-Pollenproben (vgl. Tabelle 3.5-1).

Die PAK-Gehalte im Pollen zeigen niedrigere Sommertrachtgehalte im Vergleich zur Frühtracht. Ähnliche saisonale Unterschiede wurden auch im Vergleichsgebiet der Berliner Flughäfen und in aktuellen Biomonitorings dokumentiert (Wäber und Pompe 2019; z. B. Biomonitorings am Flughafen München). Der Betrieb von häuslichen Kleinf Feuerungsanlagen bzw. Kraftwerken zu Heizzwecken kann eine saisonale PAK-Quelle im Frühjahr sein. Die Heizungsquellen könnten höhere Frühjahrsgehalte – insbesondere in einem vergleichsweise kalten Mai wie 2019 – bedingen, während sie für die Sommertracht-Sammelperiode nicht relevant sind. Insgesamt entsprechen die Gehalte erneut einem niedrigen, für andersartige pflanzliche Umweltproben geltenden Bereich¹².

Die Summengehalte der 16 EPA-PAK in Wachsproben lagen im Referenzgebiet Aichach bei 18 µg/kg OS und 16 µg/kg OS. Der Wertebereich überschneidet sich mit dem für Früh- und Sommertracht-Wachsproben der Standorte am Flughafen München: bei 12 µg/kg OS bis 17 µg/kg OS (vgl. Tabelle 3.5-1). Er lag insgesamt wie Sommertracht-Pollen, vergleichbar mit 2018 und niedriger als 2017.

Die Summengehalte der 16 EPA-PAK in Honig überschneiden sich mit dem Bereich der Sommertracht-Pollenergebnisse und Wachsergebnisse (vgl. Tabelle 3.5-1): Im Referenzgebiet Aichach und am Flughafen lagen sie zwischen 5,5 und 14 µg/kg OS.

Summengehalte der PAK4 lagen in Pollen aus dem Referenzgebiet Aichach und an Flughafen bezogenen Standorten bei:

- 1,7–2,1 µg/kg OS in Frühtracht-Pollenproben bzw.
- 0,3–1,0 µg/kg OS in Sommertracht-Pollenproben.

Die Summengehalte der PAK4 nahmen in Wachs – ebenfalls standortunabhängig – in Früh- und Sommertrachtproben vergleichbare Werte zwischen 0,4 µg/kg OS und 1,2 µg/kg OS ein, vergleichbar mit Sommertracht-Pollen.

Die Summengehalte der PAK4 in Honig lagen 2019 wie 2018 sämtlich bei null (vgl. Tabelle 3.5-1).

Benzo[a]pyren-Gehalte reichten von:

- 0,23–0,34 µg/kg OS in Frühtracht-Pollenproben bzw.
- <0,1–0,12 µg/kg OS in Sommertracht-Pollenproben.

In Wachs lagen die BaP-Gehalte vergleichbar mit Sommertracht-Pollen: <0,1 –0,18 µg/kg OS, während in Honig die BaP-Gehalte wie stets <0,1 µg/kg OS waren (kleiner BG; vgl. Tabelle 3.5-1).

¹² Im ländlichen bayerischen Hinterland sind 2005 bis 2014 im ungewaschenen Bioindikator Grünkohl gemäß VDI 3957 Blatt 3 (2008) 16 EPA-PAK-Gehalte zwischen 74 µg/kg OS und rund 250 µg/kg OS im gemessen worden und im ländlichen Hinterland in Nordrhein-Westfalen im gewaschenen, verzehrfertig aufbereiteten Grünkohl 16 EPA-PAK-Gehalte zwischen 16 µg/kg OS und 65 µg/kg OS (BayLfU 2017).

Die Anteile der PAK-Verbindungen an der Summe der 16 EPA-PAK werden nachfolgend in Pollen und in Wachs betrachtet, da darin die 16 PAK-Verbindungen ganz überwiegend analytisch bestimmbar waren. In den Honigproben waren hingegen nur die vier leichter flüchtigen PAK sowie Phenanthren, Anthracen, Fluoranthen und Pyren analytisch auffindbar (siehe Kapitel 11: Anhang C, Tabelle 11.3-1).

In den Pollenmischproben waren 2018 nur geringfügige, nicht durchgängig niedrigere PAK-Gehalte in den Sommertrachtproben (ST) als in Frühtrachtproben (FT) beobachtet worden. Im Jahr 2019 war der saisonale Unterschied auch unter Berücksichtigung der anzunehmenden Messunsicherheit – die bei jeder, auch technischen Messung auftritt – deutlich (siehe Bild 3.5-1). In den Vorjahren hatte sich der saisonale Unterschied nivelliert.

Den höchsten Anteil an der Summe der 16 EPA-PAK im Pollen nahm wieder Phenanthren ein – in den Frühtrachtproben noch deutlicher als in den Sommertrachtproben. Die PAK-Einzelverbindungen waren mit Ausnahme von Dibenz[a,h]anthracen (< BG: 0,01 µg/kg OS) und teilweise Indeno[1,2,3-c,d]pyren (meist < BG) überwiegend analytisch auffindbar.

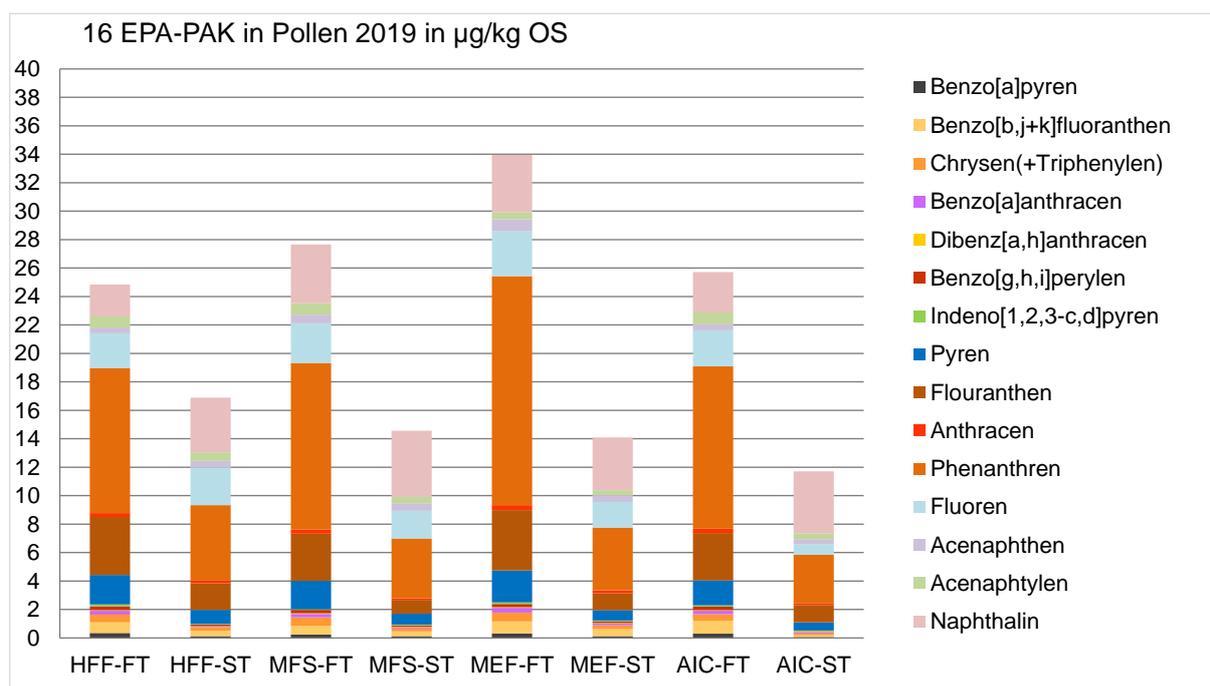


Bild 3.5-1: Anteile der PAK-Verbindungen an der Summe der 16 EPA-PAK in Pollen 2019

Die untersuchten Drohnenwaben waren während der Trachten jeweils rund sechs Wochen exponiert, etwas abweichend MFS- und MEF-FT: 4,5 Wochen. Am Standort HFF waren es zeitversetzt ab Mitte Mai bis Anfang Juli 6,5 Wochen für die Frühtracht und im Juli 4,5 Wochen für die Sommertracht. Die Wachsproben zeigten an zwei der vier Standorte tendenziell niedrigere PAK-Gehalte in den Sommertrachtproben als in denen der Frühtracht (vgl. Bild 3.5-2). Hier nivelliert sich der saisonale Unterschied unter Berücksichtigung der anzunehmenden Messunsicherheit. Unterschiede zwischen PAK-Anteilen in Proben vom Flughafen München (HFF, MFS und MEF) und PAK-Anteilen in Proben aus dem Refe-

renzgebiet Aichach (AIC) traten nicht auf. Die höchsten Anteile nahmen das leichtflüchtige Naphthalin ein und das schwerer flüchtige Phenanthren. Diese Ergebnisse bestätigten die Ergebnisse der Vorjahre seit 2014 mit Drohnenwachsproben. In den Frühtrachtproben der Standorte MFS, MEF und AIC waren die Naphthalin-Anteile geringfügig höher als in den Sommertrachtproben.

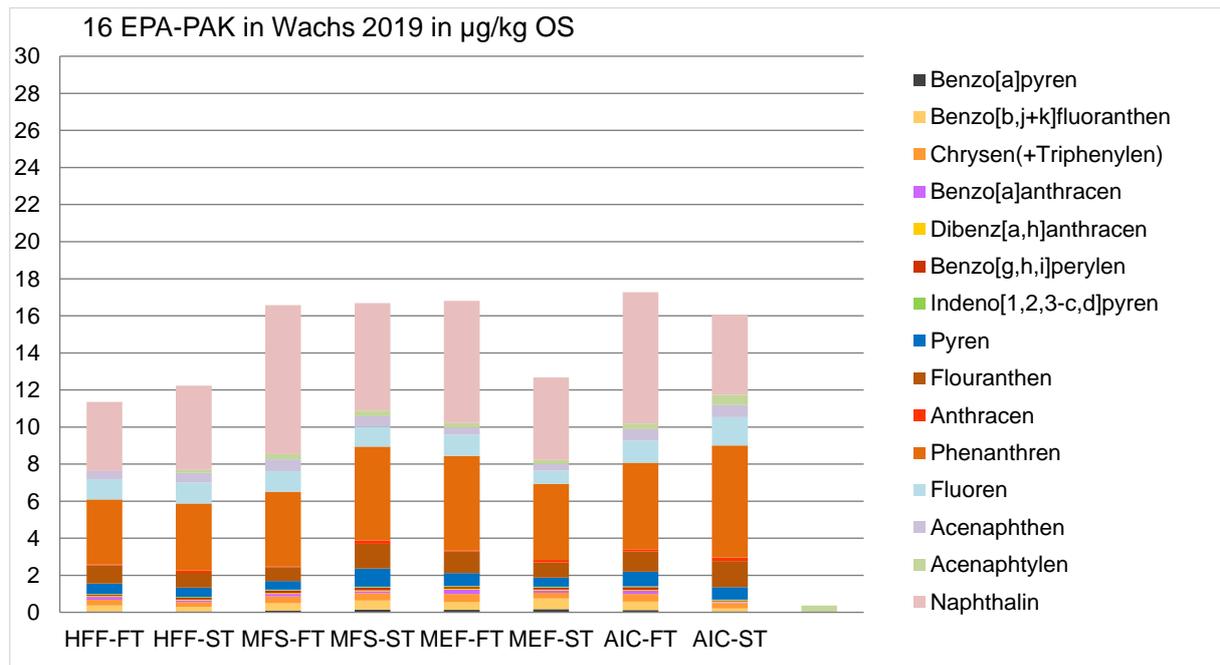


Bild 3.5-2: Anteile der PAK-Verbindungen an der Summe der 16 EPA-PAK in Wachs 2019

4 Bewertung der Ergebnisse 2019

Die flughafennahen Bienenvölker waren wie in den Vorjahren vergleichbar vital wie die Bienenvölker im Referenzgebiet Aichach (vgl. Kapitel 3.1 und Kapitel 9: Anhang A). Die produzierte Honigmenge hängt von der Sammelaktivität und der Volksstärke, aber auch vom Blütenangebot ab. Sie war 2017 und 2018 am Flughafen geringer als im Referenzgebiet. In den Jahren davor waren die Honigmengen vergleichbar, am Flughafen zum Teil höher. Im aktuellen Jahr produzierten die Referenzbienen 32 kg pro Volk, die Flughafenbienen produzierten an MFS, MEF und HFF 23 kg, 22 kg und 28 kg Frühtracht-Honig pro Volk.

Die Flughafenhonige waren hinsichtlich sensorischer, chemisch-physikalischer und mikroskopischer Merkmale erneut von einwandfreier Qualität und frei von Varroazid- und Pestizidrückständen (vgl. Kapitel 3.2, siehe Kapitel 0: Anhang B).

Nachfolgend erfolgt die Bewertung der Metall- und PAK-Gehalte in Pollen, Wachs und Honig

- im Vergleich der flughafenbezogenen Standorte mit dem Referenzgebiet Aichach,
- im Vergleich mit hilfsweise herangezogenen Beurteilungswerten (siehe Kapitel 4.1) und
- orientierend mit Daten über das Vorkommen der Stoffe in Pollen, Honig und anderen Lebensmitteln aus aktuellen internationalen Untersuchungen (Mittelwert) und aus Verzehrempfehlungen (vgl. Tabelle 1.5-4), zudem
- anhand des Vergleichs mit anderen Airports und weiteren Untersuchungen (siehe Kapitel 4.2).

4.1 Bewertung der Metall- und PAK-Ergebnisse

Blei- und Cadmiumgehalte in Pollenproben unterschritten die zur Beurteilung hilfsweise herangezogenen Höchstgehalte für Nahrungsergänzungsmittel weit (vgl. Tabelle 1.5-3, siehe Tabelle 4.1-1, Bild 4.1-1 für Blei, Bild 4.1-4 für Cadmium). Die Bleigehalte in Pollen waren erneut niedriger als in pflanzlichen Nahrungsergänzungsmitteln übliche Mengen, die bei durchschnittlich rund 0,6 mg/kg OS liegen (EFSA 2010, vgl. Tabelle 1.5-4). Cadmiumgehalte in Pollen waren auch niedriger als Gehalte, die für pflanzliche Nahrungsergänzungsmittel üblich sind: durchschnittlich rund 0,08 mg/kg OS (EFSA 2012). Quecksilber lag in Pollen kleiner Bestimmungsgrenze 0,013 mg/kg OS und damit unter dem Höchstgehalt für Honig und sonstige Imkereierzeugnisse von 0,01 mg/kg (VO (EU) Nr. 2018/73). Für pflanzliche Nahrungsergänzungsmittel ist ein Gehalt von 0,5 mg/kg OS üblich (EFSA 2012a; vgl. Tabelle 1.5-4).

In Wachs waren die Blei-, Cadmium und Quecksilbergehalte – wie die Gehalte im Pollen – als niedrig zu werten (vgl. Tabelle 3.4-1, siehe Bild 4.1-2 für Blei): Bleigehalte zwischen 0,034 mg/kg OS und 0,0931 mg/kg OS sowie einmal 0,68 mg/kg OS, Cadmiumgehalte zwischen 0,0029 mg/kg OS und 0,024 mg/kg OS und Quecksilbergehalte stets unter der Bestimmungsgrenze von 0,013 mg/kg OS.

In Honig lagen die Gehalte von Blei unterhalb der analytischen Bestimmungsgrenze von 0,025 mg/kg OS, mit Ausnahme von Frühtrachthonigen aus Aichach und vom Standort HFF mit jeweils 0,04 mg/kg OS (vgl. Tabelle 3.4-1, siehe Bild 4.1-3). Der seit 2016 festgelegte, strenge Höchstgehalt von

0,1 mg/kg OS für Blei in Honig (VO (EU) Nr. 2015/1005) ist in allen Fällen unterschritten (siehe Bild 4.1-3). Cadmium lag in Honig unterhalb der analytischen Bestimmungsgrenze von 0,0025 mg/kg OS, mit Ausnahme von Frühtrachthonigen aus Aichach mit 0,0027 mg/kg OS und 0,0086 mg/kg OS. Die Gehalte von Cadmium in Honig lagen deutlich unterhalb des nur in Österreich geltenden Aktionswerts von 0,05 mg/kg (vgl. Tabelle 3.4-1 und Tabelle 1.5-3).

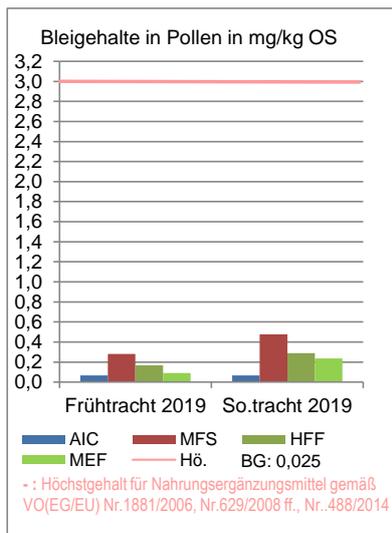


Bild 4.1-1: Bleigehalte in Pollen

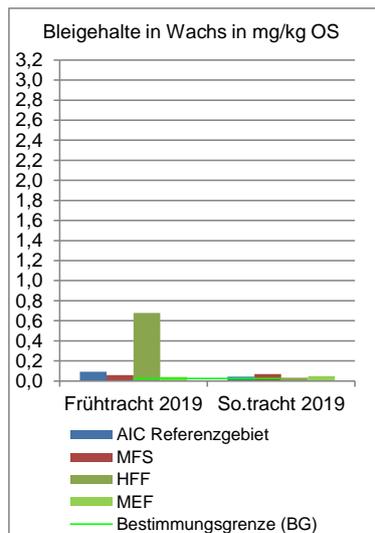


Bild 4.1-2: Bleigehalte in Wachs

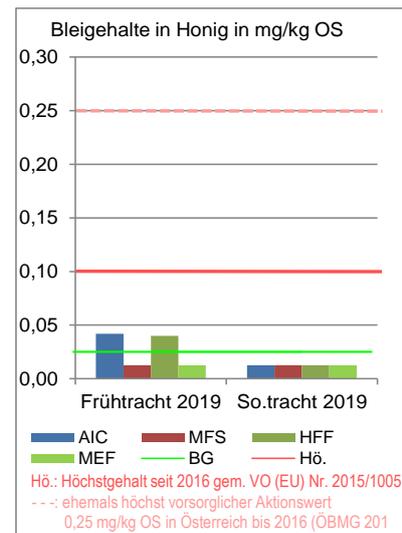


Bild 4.1-3: Bleigehalte in Honig

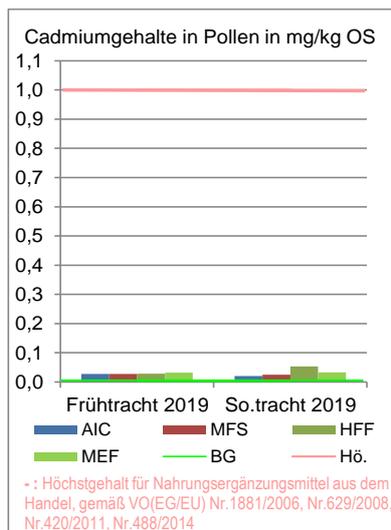


Bild 4.1-4: Cadmiumgehalte in Pollen

Legende: AIC: Mischproben von 3 Standorten, Pollen vom Standort: AAI; BG: Bestimmungsgrenze; Werte kleiner BG sind mit 50 % des Zahlenwerts der BG dargestellt, entsprechend Richtlinien für Biomonitoring (VDI 3957 Blatt 2, 2016 und VDI 3957 Blatt 3, 2008)

Höchstgehalte:

- Honig: seit 2016 für Blei in Honig gemäß Verordnung (EU) Nr. 2015/1005 (Bild 4.1-3: hellrote Linie);

weitere Höchstgehalte, festgesetzt gemäß VO (EG) Nr. 1881/2006 mit Nr. 629/2008, VO (EU) Nr. 420/2011 und Nr. 488/2014 für die Kontaminanten Blei und Cadmium für unterschiedliche Lebensmittel, auch für Nahrungsergänzungsmittel:

- Pollen wird orientierend als Nahrungsergänzungsmittel eingeordnet.

Blei: Die Spanne der Höchstgehalte gemäß VO (EG) Nr. 1881/2006 ff. in anderen Lebensmitteln reicht von 0,02 mg/kg OS für Säuglingsnahrung bis 3 mg/kg OS für Nahrungsergänzungsmittel;

- für Pollen wird 3 mg/kg hilfsweise betrachtet (Bild 4.1-1: rosa Linie).
- für Honig ist dem spezifischen Höchstgehalt von 0,1 mg/kg (Bild 4.1-3: hellrote Linie) zum Vergleich der weniger strenge, obwohl höchst vorsorgliche Aktionswert von 0,25 mg/kg gegenübergestellt, der in Österreich bis 2016 galt (ÖBMG 2015; Bild 4.1-3: rosa gestrichelt);

Cadmium: Die Spanne der Höchstgehalte gemäß o. g. VO in anderen Lebensmitteln reicht von 0,005 mg/kg OS für ganz bestimmte Säuglingsnahrung bis 3 mg/kg OS für Nahrungsergänzungsmittel aus Seetang.

- Für Pollen wird hilfsweise der Höchstgehalt 1 mg/kg OS für handelsübliche Nahrungsergänzungsmittel betrachtet (Bild 4.1-4: rosa Linie).

Cadmiumgehalte in Honig unterschritten die Spanne der hilfsweise orientierend herangezogenen Beurteilungswerte (vgl. Tabelle 1.5-3). Dabei ist zu beachten, dass die besonders strengen Höchstgehalte für Säuglingsnahrung auch nicht hilfsweise zur Orientierung anwendbar sind, da Säuglinge laut ärztlichen Empfehlungen keinen Honig verzehren sollten. Quecksilber lag erneut sämtlich unterhalb der analytischen Bestimmungsgrenze und damit unter dem Höchstgehalt für Honig und sonstige Imkereierzeugnisse von 0,01 mg/kg (VO (EU) Nr. 2018/73).

Zwischen flughafennahen und -fernen Standorten zeigten sich wie in den Vorjahren keine systematischen Unterschiede bei Blei-, Cadmium- und Quecksilbergehalten. Im Jahr 2019 tendenziell niedrigere Bleigehalte in Pollen aus dem Referenzgebiet Aichach stehen einem mit den flughafenbezogenen Standorten vergleichbaren langjährigen Mittelwert (Median) gegenüber. Der langjährige Vergleich der flughafenbezogenen Standorte mit dem Referenzgebiet Aichach zeigt: Ein Einfluss des Flughafenbetriebs auf die sehr niedrigen Rückstände dieser drei Kontaminanten ist nicht feststellbar.

Für ökotoxikologisch relevantes Antimon, ebenso wie für die Spurenelemente Chrom, Nickel, Eisen, Kupfer und Zink, sind keine Höchstgehalte für Lebensmittel definiert. Nur für dem Antimon ähnliches Arsen sind seit 2016 Höchstgehalte für Lebensmittel aus Reis festgelegt (VO (EU) Nr. 2015/1006): Im Jahr 2019 waren die Rückstände dieser Metalle in allen Probenarten als niedrig zu bewerten. Dies zeigt der Vergleich mit aktuellen Daten über das Vorkommen der Stoffe und mit Beurteilungswerten (vgl. Tabelle 1.5-4).

In Tabelle 4.1-1 können die Ergebnisse für **Pollen** im Umfeld des Flughafen München mit Referenzgebiet Aichach mit dem Höchstgehalt für Quecksilber in Honig und Imkereierzeugnissen und mit aktuellen internationalen Daten über Stoffgehalte in Pollen verglichen werden (schwarze Schrift für Arsen in Pollen: laut EFSA 2014), sowie hilfsweise orientierend mit aktuellen Daten, Verzehrempfehlungen und Höchstmengen in Nahrungsergänzungsmitteln (NEM) und anderen Lebensmitteln (graue Schrift; EFSA 2010, 2012, 2012a; VO (EG) Nr. 1881/2006, VO (EU) Nr. 420/2011 und Nr. 488/2014; BgVV 2002).

In Tabelle 4.1-2 können die Ergebnisse für **Honig** mit den gültigen Höchstgehalten für Blei und Quecksilber und mit aktuellen, internationalen Daten über Stoffgehalte in Honig verglichen werden (EFSA 2012, 2012a und 2014), sowie hilfsweise orientierend mit dem nur in Österreich geltenden Aktionswert für Cadmium in Honig (ÖBMG 2015) und mit aktuellen Daten, Höchstgehalten und Verzehrempfehlungen für andere Lebensmittel (VO (EG) Nr. 1881/2006, VO (EU) Nr. 420/2011 und Nr. 2015/1006, EFSA 2010 und 2015a, EUFIC 2015, BgVV 2002, DGE 2017).

Die Metallergebnisse entsprechen im Wesentlichen denen der Vorjahre. Wie für Blei, Cadmium und Quecksilber ist auch für die Gehalte der weiteren sieben Metalle in Pollen, Wachs und Honig kein Einfluss des Flughafenbetriebs feststellbar.

Tabelle 4.1-1: Stoffgehalte in Pollen 2019 im Vergleich (in mg/kg OS: Originalsubstanz)

Stoffe in Pollen mg/kg OS	Flughafen München (MUC) und Referenzgebiet (AIC) 2019 (Frühtracht: FT, Sommertracht: ST)	Mittelwerte ¹⁾ aus aktuellen Daten über das Vorkommen von Stoffen in Pollen und in Nahrungsergänzungsmitteln (NEM) (vgl. Tabelle 1.5-4)	Beurteilungswerte auch hilfsweise herangezogene: Höchstgehalte für Nahrungsergänzungsmittel / andere Lebensmittel und aus Verzehrempfehlungen abgeleitete Werte (vgl. Tabelle 1.5-4)
Antimon (Sb)	<0,013	-	-
Arsen (As)	<0,013 - 0,046	0,37 - 0,38 (EFSA 2014)	0,10–0,30 Höchstgehalte für Lebensmittel aus Reis (VO 2015/1006)
Blei (Pb)	0,090 - 0,48 MUC 0,067 ; 0,066 AIC	0,62 - 0,64 (EFSA 2010)	3,0 Höchstgehalt für andere NEM (VO 1881/2006 ff.)
Cadmium (Cd)	0,020 - 0,052	0,07 - 0,08 (EFSA 2012)	1,0 Höchstgehalt für andere NEM (VO 488/2014)
Chrom (Cr)	0,027 - 0,12	-	6 umgerechnet aus Höchstmenge 0,06 mg/Tag je NEM-Produkt (BgVV 2002), bei Verzehr von 0,01 kg NEM/Tag ²⁾
Eisen (Fe)	45 - 61 Frühtracht 13 - 36 Som.tracht	-	-
Kupfer (Cu)	6,5 - 9,3	-	100 umgerechnet aus Höchstmenge 1 mg/Tag je NEM-Produkt (BgVV 2002), bei Verzehr von 0,01 kg NEM/Tag ²⁾
Nickel (Ni)	0,26 - 0,63	3,8 - 3,9 (EFSA 2014)	-
Quecksilber (Hg)	<0,013	0,50 - 0,51 (EFSA 2012a)	0,01 Höchstgehalt für Honig und sonstige Imkereierzeugnisse (VO 2018/73)
Zink (Zn)	33 - 90	-	500 umgerechnet aus Höchstmenge 5 mg/Tag je NEM-Produkt (BgVV 2002), bei Verzehr von 0,01 kg NEM/Tag ²⁾
16 EPA-PAK	0,025-0,034 FT 0,012-0,017 ST	-	-
Summe PAK4	0,0017-0,0021 FT 0,0003-0,0010 ST	-	0,05 Höchstgehalt für Nahrungsergänzungsmittel* (VO 2015/1933)
Benzo[a]-pyren	0,00023-0,00034 FT <0,0001-0,00012 ST	-	0,01 Höchstgehalt für Nahrungsergänzungsmittel* (VO 2015/1933)

Bestimmungsgrenzen (BG) von Lebensmitteluntersuchungen sind aufgrund anderer analytischer Verfahren z. T. geringer, während die Ermittlung der BG durch akkreditierte Labore für die FMG aktuellen Normen entspricht ¹⁾: aus unterer (LB: lower bound) bis oberer Grenze (UB: upper bound) des arithmetischen Mittelwerts (aMW); PAK4: BaP, Benzo[a]anthracen, Benzo[b]fluoranthren, Chrysen (wenn <BG gehen sie in PAK4 mit Wert „0“ ein); wenn tendenzielle Unterschiede: flughafennahe MUC-Standorte getrennt dargestellt vom Referenzgebiet AIC; Nahrungsergänzungsmittel (NEM)*: Kittharz und Gelee Royale enthaltend, schwarze Schrift: für Pollen bzw. auf Pollen anwendbar; graue Schrift: für andere NEM; Kleinschrift: für andersartige Lebensmittel;²⁾ entspricht ca.5 Teelöffeln Pollen

Tabelle 4.1-2: Stoffgehalte in Honig 2019 im Vergleich (in mg/kg OS: Originalsubstanz)

Stoffe in Honig mg/kg OS	Flughafen München (MUC) und Referenzgebiet (AIC) 2019 (Frühtracht: FT, Som.tracht: ST)	Mittelwerte ¹⁾ aus aktuellen Daten über das Vorkommen von Stoffen in Honig, in Zuckerprodukten/and. Lebensmitteln (vgl. Tabelle 1.5-4)	Beurteilungswerte, auch hilfsweise herangezogene: Höchstgehalte für Lebensmittel / Nahrungsergänzungsmittel (NEM) (vgl. Tabelle 1.5-4) und aus Verzehrempfehlungen abgeleitete Werte (vgl. Tabelle 1.5-4)
Antimon (Sb)	<0,013	-	-
Arsen (As)	<0,013	0,029 - 0,032* 0,013 - 0,02** (EFSA 2014)	0,10 – 0,30 Höchstgehalte-Spanne für Lebensmittel aus Reis (VO 2015/106)
Blei (Pb)	<0,025-0,042	0,034 - 0,06 (EFSA 2010)	0,1 Höchstgehalt für Honig (VO 2015/1005)
Cadmium (Cd)	<0,0025 (MUC) 0,0027 ; 0,0086 (AIC)	0,004 - 0,014 (EFSA 2012)	0,005*** - 3,0 Höchstgehalte-Spanne für andere Lebensmittel und NEM (VO 1881/2006 ff.) <i>0,05 Aktionswert (ÖBMG 2015, kein deutsches Recht)</i>
Chrom (Cr)	<0,0025-0,067; einmal 0,29 (MFS-FT)	0,1 z. B. in Paranüssen (EUFIC 2015)	6 umgerechnet aus Höchstmenge 0,06 mg/Tag je NEM-Produkt (BgVV 2002), bei Verzehr von 0,01 kg NEM/Tag (10 g: ca. 2 Teelöffel Honig)
Eisen (Fe)	0,23 - 1,68	-	-
Kupfer (Cu)	0,08-0,34 (MUC) 0,79 ; 0,82 (AIC)	-	1 - 1,5 mg/Tag als Schätzwert für die angemessene tägliche Zufuhr (DGE 2017); 1,3 - 1,5 mg/Tag laut EFSA (2015a)
Nickel (Ni)	<0,025-0,05(MUC) 0,78 ; 0,70 (AIC)	0,14 - 0,16 (EFSA 2014)	-
Quecksilber (Hg)	<0,013	0,0005 - 0,0048 (EFSA 2012a)	0,01 Höchstgehalt für Honig und sonstige Imkereierzeugnisse (VO 2018/73)
Zink (Zn)	0,27-0,91 (MUC) 1,51 ; 2,51 (AIC)	-	7-10 mg/Tag als Empfehlung für die gesamte tägliche Zufuhr (BgVV 2002)
16 EPA-PAK	0,0055 - 0,0142	-	-
Summe PAK4	0	-	0,001 - 0,035 Höchstgehalte-Spanne für andere Lebensmittel (VO 835/2011)
Benzo[a]-pyren	<0,0001	-	0,001 - 0,006 Höchstgehalte-Spanne für andere Lebensmittel (VO 835/2011)

Bestimmungsgrenzen (BG) von Lebensmitteluntersuchungen sind z. T. geringer, aufgrund anderer analytischer Verfahren, die Ermittlung der BG durch akkreditierte Labore für die FMG entspricht hingegen aktuellen Normen; wenn tendenzielle Unterschiede: flughafennahe MUC-Standorte getrennt dargestellt vom Referenzgebiet AIC; ¹⁾: aus unterer (LB: lower bound) bis oberer Grenze (UB: upper bound) des arithmetischen Mittelwerts (aMW); *: Blütenhonige; **: unspezifizierte Honige; PAK4: BaP, Benzo[a]anthracen, Benzo[b]fluoranthren, Chrysen (wenn <BG gehen sie in PAK4 mit Wert „0“ ein); schwarze Schrift: für Honig; *kursiv: Aktionswert, nicht in Deutschland gültig*; graue Schrift: für andere zuckerähnliche Lebensmittel; Kleinschrift: für andersartige Lebensmittel; ***: die besonders strengen Höchstgehalte für Säuglingsnahrung sind auch nicht hilfsweise zur Orientierung anwendbar, da Säuglinge laut ärztlichen Empfehlungen keinen Honig verzehren sollten

Die Summengehalte der vier PAK Benzo[a]pyren, Benzo[a]anthracen, Benzo[b]fluoranthren und Chrysen (PAK4) reichten in Pollen von 0,3 µg/kg OS bis 2,1 µg/kg OS (vgl. Tabelle 4.1-1) und lagen damit weit unter dem gemäß VO (EU) Nr. 2015/1933 für spezielle Nahrungsergänzungsmittel festgelegten Höchstgehalt von 50 µg/kg OS. Dieser gilt unter anderem für Nahrungsergänzungsmittel die die Bienenprodukte „Kittharz, Gelée Royale [...] enthalten“, (vgl. Tabelle 1.5-2; Bild 4.1-5: hellrote Linie).

Die Summengehalte der PAK4 in Wachs lagen mit 0,4 µg/kg OS bis 1,2 µg/kg OS im gleichen Bereich wie Pollen (vgl. Tabelle 3.5-1, siehe Bild 4.1-6 für PAK4 und Bild 4.1-9 für Benzo[a]pyren BaP).

Die PAK-Gehalte in Honig waren – wie in den Vorjahren – tendenziell noch niedriger als in Pollen und Wachs (vgl. Bild 3.3-1). Wie in Pollen waren sie auch in Honig unbedenklich für den Verzehr: Die Summengehalte PAK4 lagen in Honig bei 0 µg/kg OS (siehe Bild 4.1-7) und somit auch Benzo[a]pyren <0,1 µg/kg OS (siehe Bild 4.1-10). Folglich wurden in den Honigen die in Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 mit VO (EU) Nr. 420/2011, Nr. 835/2011 und Nr. 2015/1933 für andere Lebensmittel zulässigen und hier hilfsweise orientierend angewendeten Höchstgehalte für PAK4 und für BaP weit unterschritten (in Bild 4.1-7 rosa Linie für PAK4 und in Bild 4.1-10 graue Linie für BaP).

Die Summenwerte der 16 EPA-PAK in Sommertracht-Pollen waren flughafennah und -fern mit 12 µg/kg OS bis 17 µg/kg OS mit 2018 vergleichbar und noch niedriger als 2017. Die Summengehalte der 16 EPA-PAK in Frühtracht-Pollen waren flughafennah und -fern gleichermaßen saisonal bedingt höher: 25 µg/kg OS bis 34 µg/kg OS. Die Summengehalte der 12 schwerer flüchtigen PAK zeigten analog saisonale Unterschiede: in Frühtracht-Pollen rund 19–25 µg/kg OS und in Sommertracht-Pollen rund 6–9 µg/kg OS (vgl. Tabelle 3.5-1 und siehe Tabelle 11.1-1 in Kapitel 11.1 im Anhang C). Bei der Betrachtung der Summengehalte der 16 PAK, 12 PAK und der PAK4 mit BaP ist kein Unterschied zwischen den Standorten festzustellen (siehe Bild 4.1-5 für PAK4).

Die Summengehalte der 16 EPA-PAK in Wachs waren an allen Standorten sehr niedrig. In den sechs Wachsproben von flughafennahen Standorten lagen die Summengehalte der 16 EPA-PAK in Früh- und Sommertracht zwischen 12 µg/kg OS und 17 µg/kg OS, in den zwei Wachsproben aus dem Referenzgebiet Aichach vergleichbar bei 18 µg/kg OS und 16 µg/kg OS (vgl. Bild 3.5-2). Die Summengehalte der 12 schwerer flüchtigen PAK lagen an den flughafennahen Standorten und im Referenzgebiet zwischen rund 6 µg/kg OS und 9 µg/kg OS (vgl. Tabelle 3.5-1 und siehe Tabelle 11.2-1 in Kapitel 11.2 im Anhang C). Die Gehalte in den Wachsproben waren 2019 und 2018 niedriger als in den Jahren davor. Für Wachs wird, wie für Pollen, kein Unterschied zwischen flughafenbezogenen Standorten und Referenzgebiet deutlich (siehe Bild 4.1-5 und Bild 4.1-6). Beim Vergleich der PAK-Gehalte in Frühtracht- mit denen in Sommertracht-Wachsproben ergaben sich wie 2018 ebenfalls keine Unterschiede.

In Honigen von flughafennahen Standorten und aus dem Referenzgebiet Aichach lagen die 16 EPA-PAK-Gehalte mit 5,5 µg/kg OS bis rund 14 µg/kg OS im niedrigen Bereich, ohne systematischen Unterschied zwischen flughafennahen Standorten und Referenzgebiet oder zwischen Frühtracht- und Sommertrachthonigen (siehe Bild 4.1-3 und vgl. Tabelle 4.1-2 und Tabelle 3.5-1).

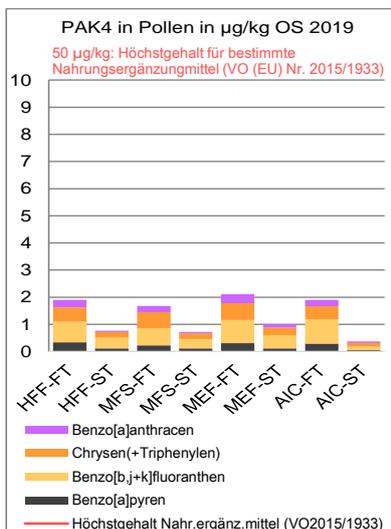


Bild 4.1-5: PAK4-Gehalte in Pollen

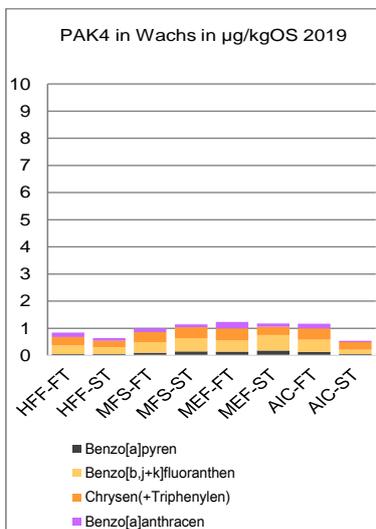


Bild 4.1-6: PAK4-Gehalte in Wachs

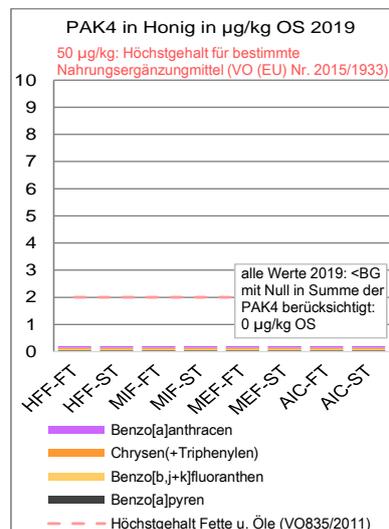


Bild 4.1-7: PAK4-Gehalte in Honig

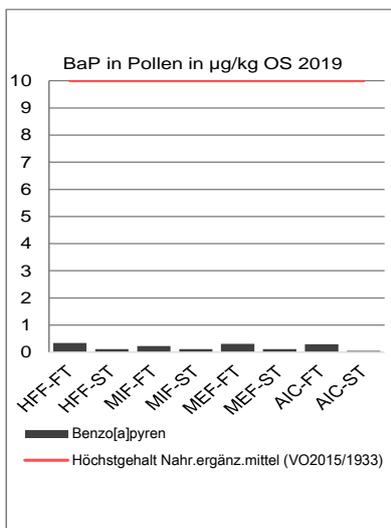


Bild 4.1-8: Benzo[a]pyren-Gehalte in Pollen

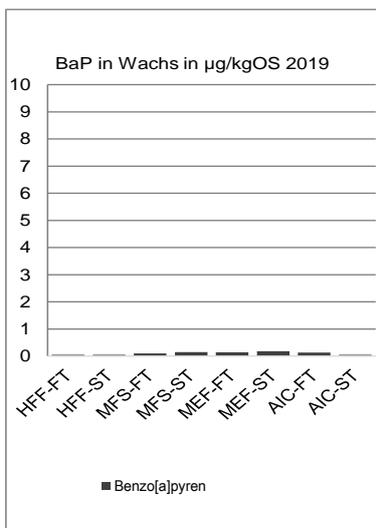


Bild 4.1-9: Benzo[a]pyren-Gehalte in Wachs

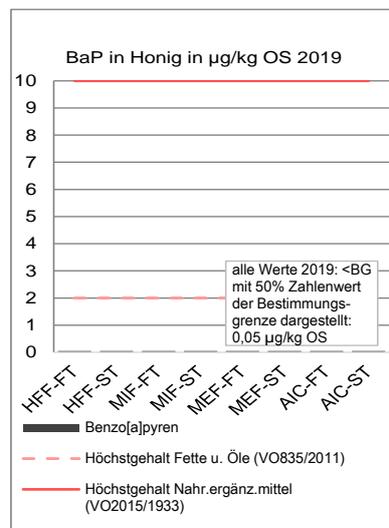


Bild 4.1-10: Benzo[a]pyren-Gehalte in Honig

Legende: AIC: Mischproben von 3 Standorten, nur Pollen von 1 Standort: AAI; Werte kleiner Bestimmungsgrenze sind mit 50 % des Zahlenwerts der BG dargestellt (lt. VDI 3957 Blatt 2, 3), gehen nicht in PAK4 ein Für PAK4 und Benzo[a]pyren definiert Verordnung (EU) Nr. 2015/1933 Höchstgehalte für bestimmte Nahrungsergänzungsmittel, die auf Pollen angewendet werden können: 50 µg/kg OS für PAK4, 10 µg/kg OS für BaP.

Für PAK4 und BaP definieren VO (EU) Nr. 835/2011, Nr. 420/2011 und Nr. 2015/1933 Höchstgehalte für einige, im Wesentlichen fetthaltige Lebensmittel und Nahrungsergänzungsmittel; da keine Höchstgehalte spezifisch für Honig existieren, können die Wertespans nur hilfswise orientierend betrachtet werden (vgl. Tabelle 1.5-3):

- für PAK4 von 1 µg/kg OS für Säuglingsnahrung – wobei Säuglinge lt. ärztlichen Empfehlungen keinen Honig verzehren sollen – über 10 µg/kg OS für Fette und Öle (rosa gestrichelte Linie im Bild für PAK4 in Honig) bis 50 µg/kg OS für bestimmte Nahrungsergänzungsmittel;
- für BaP reicht die Spanne von 1 µg/kg OS für Säuglingsnahrung – wobei Säuglinge lt. ärztlichen Empfehlungen keinen Honig verzehren sollen – über 2 µg/kg OS für Fette und Öle (rosa gestrichelte Linie im Bild für BaP in Honig) bis 10 µg/kg OS für bestimmte Nahrungsergänzungsmittel (rosa Linie).

Die PAK-Ergebnisse zusammengefasst:

- Die PAK-Gehalte waren in den Frühtracht- und Sommertrachtproben aller Probenarten sehr niedrig.
- Die Summehalte der 16 EPA-PAK, 12 schwerer flüchtigen EPA-PAK und PAK4 in Pollen-, Wachs- und Honigproben von flughafenbezogenen Standorten unterscheiden sich nicht von den Ergebnissen aus dem Referenzgebiet. Geringe Unterschiede, die sich zwischen flughafennahen und -fernen Standorten bei PAK-Gehalten in Pollen- und Wachsproben in den Jahren vor 2018 andeuteten, nivellierten sich in Anbetracht der stoffspezifischen Spannweiten.
- Im Jahr 2019 wurden saisonale Unterschiede zwischen vergleichsweise höheren PAK-Gehalten in Frühtracht-Pollenproben als in Sommertracht-Pollenproben deutlich. Saisonale PAK-Quellen im Frühjahr sind häusliche Kleinf Feuerungsanlagen und Kraftwerksbetrieb zu Heizzwecken. Sie könnten die höheren Frühjahrswerte bedingen, während diese Quellen während der Sommertracht-Sammelperiode nicht relevant sind. Geringe Unterschiede, die sich für saisonale Unterschiede in den Vorjahren andeuteten, nivellierten sich in Anbetracht der stoffspezifischen Spannweiten.
- Insgesamt ist aus dem Vergleich verschiedener Standorte um den Flughafen München und im Referenzgebiet Aichach wie in den Vorjahren kein relevanter Einfluss des Flughafenbetriebs auf die in seiner Nachbarschaft ansässigen Bienenvölker und die von ihnen produzierten Naturprodukte Pollen, Bienenwachs und Honig abzuleiten.

4.2 Vergleich mit anderen Airports und weiteren Untersuchungen

Von anderen Flughäfen¹³ und weiteren Untersuchungen liegen Vergleichswerte vor:

- aus dem Bienenmonitoring im Umfeld der Berliner Flughäfen Schönefeld/BER (SXF) und Tegel (TXL) 2019, bei dem Vitalitätsuntersuchungen und Rückstandsanalysen von Pollen, Wachs und Honig auf Metalle und PAK seit 2011 verfahrensgleich¹⁴ durchgeführt werden (s. Kapitel 4.2.1),
- aus dem Honigmonitoring am Flughafen Bremen, bei dem Rückstandsanalysen von Honig auf Blei, Cadmium, Quecksilber und PAK 2017 und 2018 verfahrensgleich¹⁵ durchgeführt werden
- und aus einem Forschungsprojekt am Airport Frankfurt/Main 2006 bis 2008 (Fraport 2009) Vitalitätsuntersuchungen und Rückstandsanalysen von Pollen und Honig auf Metalle und PAK
- sowie aus weiteren Untersuchungen, die in jüngerer Vergangenheit in Deutschland und Europa durchgeführt wurden (siehe Kapitel 4.2.2).

¹³ Vom Flughafen Bremen sind Honigmonitoring-Daten aus dem Jahr 2017-2018 veröffentlicht (Quelle im Internet: https://www.bremen-airport.com/fileadmin/user_upload/Umwelt/Lebensraum_Flughafen/BRE2018_Honigmont-FT-ST_Kurzbericht_UMW20190516.pdf, Stand 22.1.2020). Von Honigmonitoring-Untersuchungen anderer deutscher Verkehrsflughäfen – außer den Berliner Flughäfen – sind aktuell keine Untersuchungsdaten veröffentlicht.

¹⁴ mit gleicher Methodik von den gleichen ausführenden Experten (Ausnahme: dortige Honiganalysen bis 2014, die von einem anderen externen Labor vorgenommen wurden)

¹⁵ mit gleicher Methodik von den gleichen ausführenden Experten (Ausnahme: dortige Honiganalysen bis 2014, die von einem anderen externen Labor vorgenommen wurden)

4.2.1 Vergleich mit Bienenmonitoring im Umfeld der Flughäfen Berlin Schönefeld und Berlin Tegel 2019

Das „Bienenmonitoring im Umfeld der Flughäfen Schönefeld/BER und Berlin Tegel“ 2011 bis 2019 ist die aktuellste Untersuchung, die für unmittelbare Vergleiche herangezogen werden kann. Das dortige Untersuchungsgebiet kann aufgrund der übereinstimmenden Methodik als Vergleichsgebiet betrachtet werden. Die Ergebnisse sind im Internet publiziert (Wäber und Pompe 2019 und mündliche Mitteilung Flughafen Berlin Brandenburg GmbH, siehe Kapitel 8.5).

Die Bienenvölker an den Flughäfen Schönefeld (BER, in 2019 BMF statt BKB) und Tegel (TXL) wiesen wie in den Vorjahren keine abweichende Entwicklung wie die flughafenfernen Völker in der Schorfheide (BRS) auf. Alle Bienenvölker produzierten vergleichbar viel Honig pro Honigwabe.

Tabelle 4.2-1: Vergleich mit Bienenmonitoring im Umfeld der Berliner Flughäfen 2019

Stoffgehalte [mg/kg OS]	Antimon	Arsen	Blei	Cadmium	Chrom	Eisen	Kupfer	Nickel	Quecksilber	Zink	16 EPA-PAK	PAK4
Pollen 2019												
Flughafen München mit Referenzgebiet Aichach	<0,013	0,016-0,046	0,066-0,48	0,020-0,053	0,027-0,12	13-61	6,5-9,3	0,26-0,63	<0,013	33-90	0,012-0,034	0,0003-0,0021
Flugh Berlin Schönefeld u. Tegel mit Ref.standort	<0,013-0,081	<0,013-0,040	0,08-1,09	0,022-0,105	0,05-0,38	-	7,5-14,3	0,46-0,84	<0,013	39-207	0,022-0,093	0,0019-0,0176
Wachs 2019												
Flughafen München mit Referenzgebiet Aichach	<0,013	<0,013-0,027	0,034-0,68	0,0029-0,024	0,038-0,16	0,3-36	0,5-6,3	0,03-1,3	<0,013	5,8-67	0,012-0,018	0,0004-0,0012
Flugh Berlin Schönefeld u. Tegel mit Ref.standort	<0,013-0,015	<0,013	<0,025-0,13	<0,0025-0,0033	<0,025-0,15	-	0,09-2,04	<0,025-0,10	<0,013	0,8-14,3	0,025-0,056	0,0010-0,0029
Honig 2019												
Flughafen München mit Referenzgebiet Aichach	<0,013	<0,013	<0,025-0,042	<0,0025-0,0086	<0,025-0,29	0,23-1,68	0,06-0,33	<0,025-0,78	<0,013	0,27-2,51	0,0055-0,0142	0
Flugh Berlin Schönefeld u. Tegel mit Ref.standort	<0,013	<0,013	<0,025	<0,0025	<0,025-0,11	-	0,08-0,50	<0,025-0,071	<0,013	0,18-0,70	0,0091-0,0160	0

Hinsichtlich Stoffgehalten kommt das Bienenmonitoring der Berliner Flughäfen im Wesentlichen zu vergleichbaren Ergebnissen wie das Honigmonitoring am Flughafen München (vgl. Kapitel 3.3):

- In Pollen wurden unauffällige Metallgehalte gemessen, ohne Standortunterschiede. Lediglich für Chrom deuten sich Standortunterschiede an: insbesondere in Tegel (TXL) tendenziell, wenn auch nicht durchgängig höhere Werte als flughafenfern (BRS), die es weiter zu beobachten gilt. Bei den 16 EPA-PAK deuteten sich im Vergleichsgebiet erneut geringfügige Standortabstufungen an, mit niedrigsten Ergebnissen am Referenzstandort Schorfheide (BRS), die sich unter Einbezug der Messunsicherheit allerdings aufheben. Deutlicher sind die saisonalen Unterschiede: Niedrigere Werte in den Sommertracht- als in den Frühtrachtproben weisen v.a. an den Standorten TXL und BER auf Feuerungsanlagen zu Heizzwecken hin.
- In Wildbau-Wachs wurden unauffällige Metallgehalte gemessen, ohne systematische Standortunterschiede. Hinsichtlich 16 EPA-PAK-Gehalten in Wachs wurden wie beim Münchner

Honigmonitoring keine Standortunterschiede deutlich. Vielmehr wurden am urbanen Standort TXL seit 2017 PAK-Gehalte im Wachs vergleichbar mit denen am Referenzstandort BRS gemessen. Anders als für PAK-Gehalte in Pollen werden 2019 in beiden Monitorings keine saisonalen Unterschiede für PAK-Gehalte in Wachs offensichtlich.

- In Honig waren die Metall- und PAK-Gehalte unauffällig niedrig. In keinem Flughafen-Monitoring von Honig wurden Standortunterschiede deutlich.
- Die Höhe der Stoffgehalte in Pollen, Wachs und Honig beider Untersuchungen sind aktuell im Wesentlichen vergleichbar (siehe Tabelle 4.2-1). Die PAK-Gehalte in Pollen fallen im Umfeld des Münchner Flughafens allerdings tendenziell niedriger aus als im Vergleichsgebiet.
- Ein Einfluss des Flughafenbetriebs auf die Bienenvölker, auf Pollen, Bienenwachs und Honig kann in beiden Untersuchungen wie in den Vorjahren nicht abgeleitet werden.

4.2.2 Vergleich mit anderen Airports und weiteren Untersuchungen

Hinsichtlich Vitalität der Bienenvölker bestanden auch beim Forschungsprojekt des Fraport 2006–2008¹⁶ wie beim Bienenmonitoring im Umfeld der Berliner Flughäfen seit 2011 keine Unterschiede zwischen Bienenvölkern unmittelbar am Flughafen und flughafenfern.

Der Vergleich mit den Honiguntersuchungen auf Blei-, Cadmium-, Quecksilber- und PAK-Gehalte am Bremen Airport 2017 und 2018 kommt zu vergleichbaren Ergebnissen wie das aktuelle Honigmonitoring am Flughafen München. Der Vergleich mit anderen Airports und mit weiteren Untersuchungen ergibt ein positives Resultat: Die Ergebnisse aus dem Honigmonitoring am Flughafen München sind gut vergleichbar und liegen zum Teil am unteren Ende der Wertespannen anderer Untersuchungen (siehe Tabelle 4.2-2).

Herauszustellen ist, dass andernorts abhängig von der Lage von Bienenstandorten und ihrer Exposition gegenüber Luftschadstoffen erhöhte PAK-Gehalte in Honig gemessen werden konnten (Lambert et al. 2012) bzw. ein Zusammenhang zwischen PAK-Gehalten in Böden und Blüten und PAK-Gehalten in Honig hergestellt werden konnte (Ciemniak et al. 2013). Damit ist belegt, dass sich Standortunterschiede in Honigen darstellen können.

¹⁶ Die Fraport AG unterstützte 2006 bis 2008 ein Forschungsprojekt, in dem am Flughafen Frankfurt, von einem Ballungsraumstandort (Niederursel) und einem Referenzstandorte (im Taunus) Proben von Honig, Pollen und Moosen auf Metalle und PAK analysiert und die Vitalität der Bienenvölker untersucht wurden (Fraport 2009).

Tabelle 4.2-2: Vergleich von Stoffgehalten in Pollen, Wachs und Honig

Stoffgehalte (mg/kg OS)	Antimon	Arsen	Blei	Cadmium	Chrom	Eisen	Kupfer	Nickel	Quecksilber	Zink	16 EPA-PAK	PAK4
Untersuchungen	Pollen											
Flughafen München mit Referenzgebiet Aichach seit 2008	<0,013-0,24 <0,013-0,10	<0,013-0,053 0,013-0,023	<0,025-0,5* 0,034-0,35	<0,01-0,89 0,014-0,58	<0,025-1,16 0,027-0,30	24-90 13-90	5,9-14 3,9-14	0,1-2,4 0,2-1,9	<0,05/<0,013 <0,05/<0,013	30-90 30-72	0,013-0,101 0,001-0,038	0-0,0067 0-0,0048
Flughafen Berlin Schönefeld seit 2011	<0,013-0,057	<0,013-0,032	<0,1-1,1	0,022-0,29	0,09-0,37	-	5,9-10	0,34-1,9	<0,05/<0,013	28-48	0,010-0,093	0,0011-0,021
Kiekebusch Flughafen 2013-2018; > Vorfeld SXF 2019	<0,013-0,039	<0,013-0,06	<0,1-0,67	0,03-0,10	0,07-0,53	-	7,4-11	0,16-1,2	<0,05/<0,013	30-48	0,021-0,142	0,0026-0,039
Flughafen Berlin Tegel seit 2017	<0,013-0,081	<0,013-0,06	0,13-0,44	0,021-0,05	0,04-0,32	-	7,3-14	0,42-0,85	<0,05/<0,013	46-62	0,056-0,119	0,0088-0,019
Ref.standort Schorfheide seit 2012	<0,013-0,066	<0,013-0,041	0,14-1,24	0,023-0,08	0,04-0,27	-	7,2-14	0,12-1,0	<0,05/<0,013	48-207	0,012-0,088	0,0011-0,013
Fraport 2006-08 (2009, abgelesen)	-	0,025-0,10	0,25-0,40	0,13-0,36	-	-	-	-	-	-	ca. 0,030-0,400	-
Niederursel	-	0,025-0,08	0,15-0,37	0,10-0,25	-	-	-	-	-	-	ca. 0,050-0,220	-
Referenzstandort Taunus	-	0,02-0,20	0,15-0,23	0,08-0,13	-	-	-	-	-	-	ca. 0,040-0,200	-
Polen; landwirt. Nutzung (Roman 2009)	-	<0,025, 0,036 TM	0,8; 0,49 TM	0,23; 0,27 TM	-	-	-	-	0,004 TM	-	-	-
Finnland; Industrie, Stadt, Referenz(Fakizadeh & Lodenius 2000)	-	-	<0,2-0,37 TM	0,01-0,04 TM	-	44-110 TM	6,8-19 TM	-	-	29-44 TM	-	-
Frankreich; div. Standorte (Lambert et al., 2012 f. PAK4-Mediane, 2012a f. Blei)	-	-	0,004-0,80	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0016-0,004 straßennah, 0,0007-0,0013
Südpolen; div. Standorte (Formicki et al. 2013)	-	-	1,2; 2,5	0,026-0,092	-	106-169	-	4,1-8,4	-	75-159	-	-
Untersuchungen	Widwachs (einheitlich seit 2013)											
Flughafen München mit Referenzgebiet Aichach seit 2008	<0,013-0,14 <0,05/<0,013	<0,013-0,12 <0,013-0,027	<0,025-0,75 0,044-0,13	<0,0025-0,06 0,01-0,035	<0,025-0,65 0,052-0,085	0,3-36 0,5-21	0,08-6,3 <0,1-10,3	<0,025-3,3 <0,025-2,2	<0,05/<0,013 <0,05/<0,013	<0,5-70 1,5-75	0,012-0,156 0,015-0,080	0,0005-0,053 0,0004-0,008
Flughafen Berlin Schönefeld seit 2011	<0,05/<0,013	<0,013-0,014	<0,025-0,072	<0,0025-0,022	<0,025-0,14	-	0,17-0,93	<0,025-0,43	<0,05/<0,013	0,6-72	0,044-0,244	0,002-0,069
Kiekebusch Flughafen 2013-2018; > Vorfeld SXF 2019	<0,05/<0,013	<0,05/<0,013	0,026-0,12	<0,0025-0,015	0,035-0,15	-	0,15-1,3	0,03-0,32	<0,05/<0,013	0,7-27	0,070-0,208	0,002-0,005
Flughafen Berlin Tegel seit 2017	<0,013-0,015	<0,013	<0,025-0,060	<0,0025	<0,025-0,049	-	0,10-2,0	<0,025-0,12	<0,013	1,4-5,5	0,049-0,126	0,002-0,007
Ref.standort Schorfheide seit 2012	<0,05/<0,013	<0,05/<0,013	<0,025-0,060	<0,0025-0,015	<0,025-0,13	-	0,09-0,49	<0,025-0,39	<0,05/<0,013	3,8-52	0,025-0,116	0,002-0,006
Untersuchungen	Honig											
Flughafen München mit Referenzgebiet Aichach seit 2008	<0,05/<0,013 <0,05/<0,013	<0,013-0,018 <0,05/<0,013	<0,025-0,2 <0,025-0,13	<0,01/<0,0025 <0,0025-0,007	<0,025-0,29 <0,025-0,20	0,3-11 0,3-5,9	<0,06-2,7 0,05-0,95	<0,025-1,9 <0,025-0,9	<0,05/<0,013 <0,05/<0,013	0,12-17 0,34-3,2	0,006-0,134 0,004-0,116	0-0,0008 0-0,0005
Flughafen Berlin Schönefeld seit 2011	<0,05/<0,013	<0,05/<0,013	<0,1/<0,025	<0,01/<0,0025	<0,025-0,11	-	0,09-0,44	<0,025-0,06	<0,05/<0,013	0,10-0,54	0,012-0,067	0-0,0004
Kiekebusch Flughafen 2013-2018; > Vorfeld SXF 2019	<0,013-0,017	<0,05/<0,013	<0,1/<0,025	<0,01/<0,0025	<0,025-0,041	-	0,05-0,24	<0,1/<0,025	<0,05/<0,013	<0,1-0,43	0,010-0,038	0-0,0002
Flughafen Berlin Tegel seit 2017	<0,013	<0,013	<0,025	<0,0025	<0,025-0,029	-	0,11-0,59	<0,025	<0,013	0,18-1,39	0,014-0,022	0-0,0004
Ref.standort Schorfheide seit 2012	<0,05/<0,013	<0,05/<0,013	<0,1/<0,025	<0,01/<0,0025	<0,1/<0,025	-	<0,025-0,22	<0,1/<0,025	<0,05/<0,013	0,17-1,3	0,009-0,045	0
Flughafen Bremen 2017-2018	-	-	<0,025-0,035	<0,0025	-	-	-	-	<0,013	-	0,0071-0,0139	0
Referenzstandort Flughafen Bremen	-	-	<0,025-0,026	<0,0025	-	-	-	-	<0,013	-	0,0088-0,0260	0
Fraport 2006-08 (2009, abgelesen)	-	<0,01-0,05	0,09-0,20	<0,001-0,01	-	-	-	-	-	-	0,005-0,020	-
Niederursel	-	<0,01-0,25	0,08-0,65	<0,001-0,01	-	-	-	-	-	-	0,003-0,020	-
Referenzstandort Taunus	-	<0,01-0,20	0,08-0,20	<0,001-0,013	-	-	-	-	-	-	0,003-0,030	-
Hintergrund (Bogdanov. Literaturstudie 2006)	-	-	0,01-1,8	0,03-2,1	-	-	-	0,001-3,2	0,0005-0,003	-	-	-
Deutschland, diverse Standorte (Yazgan et al. 2006); Durchschnittswerte "im Mittel"	-	-	0,81 im Mittel	0,23 im Mittel	0,1 im Mittel	-	0,9 im Mittel	0,3 im Mittel	-	1,1 im Mittel	-	-
Frankreich; div. Standorte (Lambert et al., 2012 f. PAK4-Mediane, 2012a f. Blei)	-	-	0,04-0,38	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0000002- 0,0000005 ländlich wie verkehrsnah; 0,0000024 Schiffsverkehr
Südpolen; div. Standorte (Formicki et al. 2013)	-	-	0,06-0,13	0,001-0,007	-	8-24	-	1,2-4,2	-	1,7-6,0	-	-
Rumänien, div. Standorte (Dobrinas et al. 2006)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0006-0,665	-
Westpolen; div. Standorte (Ciemniak et al. 2013)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	max. 0,00024 BaP

TM: bezogen auf Trockenmasse; der Wassergehalt in Pollen ist laut LWG mit ca. 20 % anzusetzen

zu Pollen: *Blei lag in einem Ausnahmefall bei 3,1 mg/kg OS

zu Honig: *Blei lag nur bis 2008 nur an nicht aktuellen Flughafen bezogenen Standorten vereinzelt über 0,1 mg/kg, sowie in einer Ausnahme 2016: 0,2 mg/kg OS

zu Bienenmonitoring im Umfeld des Flughafen Berlin Schönefeld: Kupfer und Quecksilber seit 2015 untersucht, 16 EPA-PAK dort im Jahr 2012 ohne Naphthalin

5 Stoffe und Methoden

5.1 Analyisierte Stoffe

Tabelle 5.1-1: Untersuchte 10 Metalle

Beim Honigmonitoring untersuchte Metalle				
Antimon (Sb)	Blei (Pb)	Chrom (Cr)	Kupfer (Cu)	Quecksilber (Hg)
Arsen (As)	Cadmium (Cd)	Eisen (Fe)	Nickel (Ni)	Zink (Zn)

Antimon (Sb) stammt unter anderem aus dem Kfz-Verkehr: Abrieb aus Bremsbelägen und Reifenabrieb sind als Quelle für Einträge in die Umwelt gesichert (Dietl et al. 1998, Wäber et al. 1998, Krapp und Peichl 2015). Antimon wird als krebserregend eingestuft (Savory & Wills 1984; Dietl et al. 1998). Höchstgehalte in Lebensmitteln sind nicht festgelegt.

Arsen (As) kann ebenso wie Blei, Cadmium, Nickel und Quecksilber aus der Emission fossiler Brennstoffe stammen, zum Beispiel aus der Verbrennung von Kohle (Siewers und Herpin 1998, Rentz und Martel 1998), aber auch aus industriellen Produktionsprozessen, Müllverbrennung und Düngereanwendungen (BayLfU 2009). Hohe Arsengehalte in den Böden des Erdinger, Freisinger und Dachauer Moores sind eine geogene Besonderheit. Dieses geogene (aus der Erde stammende) Arsen kann durch Erdbewegungen bei landwirtschaftlicher Aktivität und Bautätigkeit in die Luft gelangen. Arsen hat wie Antimon ökotoxikologische Bedeutung, weshalb in VO (EU) Nr. 2015/1006 seit 2016 für Reis-Lebensmittel – nicht für Honig – Höchstgehalte von 0,1–0,3 mg/kg festgesetzt sind (vgl. Tabelle 1.5-3). Arsen in Nahrungsergänzungsmitteln auf Pollenbasis liegt laut Europäischer Behörde für Lebensmittelsicherheit EFSA (2014) bei Gehalten von im Mittel 0,38 mg/kg OS und in Blütenhonig im Mittel bei 0,03 mg/kg OS (vgl. Kapitel 1.5.5, Tabelle 1.5-4).

Blei (Pb) stammte bis etwa 1995 noch aus dem Kfz-Verkehr (Verbrennung bleihaltigen Kraftstoffs). Heute wird Blei unter anderem für die Herstellung von Akkumulatoren benötigt. Blei gelangt, neben der Kohleverbrennung (Rentz und Martel 1998), vornehmlich aus früheren Einträgen wieder in die Umwelt (Umweltatlas Hessen 2005), auch über Bodenbearbeitung sowie über Mineraldünger und Klärschlamm (UBA 2014a). Bleiverbindungen liegen in der Außenluft überwiegend an Partikel gebunden vor und werden aus der Luft durch trockene und nasse Depositionen in die Umwelt eingetragen. Die wichtigste Aufnahmequelle für den Menschen ist die Nahrung. Aufgrund der Anreicherung von Blei über die Nahrungskette versucht man heute den Bleigehalt in der Umwelt zu reduzieren (Umweltatlas Hessen 2005). Aufgrund der ökotoxikologischen Bedeutung von Blei gelten Höchstgehalte für diverse Lebensmittel. Für Nahrungsergänzungsmittel gilt als Höchstgehalt 3 mg/kg (VO (EG) Nr. 1881/2006 mit Nr. 629/2008). Für Honig hatte der Rat der EU vormals einen Höchstgehalt von 1 mg/kg für Honig vorgeschlagen (Byrne 2000) und das Österreichische Bundesministerium für Gesundheit einen vorsorglichen Aktionswert von 0,25 mg/kg OS erlassen (2012 und 2015). Seit 2016 gilt EU weit für Blei in Honig der Höchstgehalt 0,1 mg/kg (VO (EU) Nr. 2015/1005; vgl. Tabelle 1.5-3).

Cadmiumquellen sind vornehmlich Kfz-Verkehr, Kohleverbrennung (Rentz und Martel 1998), Zinkverhüttung und Kunstdüngereinsatz (z. B. Merian 1984). Aufgrund seiner ökotoxikologischen Bedeutung hatte der Rat der EU auch für Cadmium (Cd) vormals einen Wert von 0,1 mg/kg OS für Honig vorgeschlagen (Byrne 2000). Die EU hat z. B. einen Höchstgehalt in Nahrungsergänzungsmitteln von

1 mg/kg OS für Cadmium erlassen (VO (EG) Nr. 1881/2006 mit VO (EU) Nr. 629/2008 und Nr. 488/2014; vgl. Kapitel 1.5.3, Tabelle 1.5-3) und das österreichische Bundesministerium für Gesundheit einen Aktionswert für Honig von 0,05 mg/kg OS (ÖBMG 2015; vgl. Kapitel 1.5.4, Tabelle 1.5-3).

Chrom (Cr) gelangt unter anderem durch industrielle Anwendungen (Stahlherstellung) und den Kfz-Verkehr (z. B. aus Bremsbelägen) in die Umwelt (Merian 1984, 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). Das Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin (BgVV, 2002) gibt im Rahmen einer Verzehrempfehlung eine Zufuhr von 0,06 mg als Höchstmenge der Tagesration je Nahrungsergänzungsmittelprodukt an. Umgerechnet entspräche das einer Höchstmenge von ca. 6 mg/kg OS in Pollen, wenn man einen Verzehr von 0,01 kg, also 10 g Pollen¹⁷ als Nahrungsergänzungsmittel pro Tag zugrunde legt (vgl. Kapitel 1.5.5, Tabelle 1.5-4). Typische Gehalte von Chrom in Lebensmitteln reichen von im Mittel 0,0002 mg/kg OS (Rindfleisch) bis 0,1 mg/kg OS (Paranüsse), so die Ergebnisse des Europäischen Informationszentrums für Lebensmittel über Nahrungsquellen von Chrom (EUFIC 2015; vgl. Tabelle 1.5-4).

Kupfer (Cu) stammt, neben industriellen Prozessen, vornehmlich aus Kfz-Verkehr als anthropogener (von menschlicher Aktivität herrührender) Quelle: aus Bremsbelag- und Reifenabrieb (Peichl et al. 1994, Falkensteiner 1997, Dietl et al. 1998). Kupfer ist als Spurenelement lebensnotwendig. Es besitzt andererseits auch ökotoxische Eigenschaften. Das BgVV (2002) im Rahmen seiner Verzehrempfehlungen die Zufuhr von 1,0 mg als Höchstmenge für die Tagesration je Nahrungsergänzungsmittelprodukt an, was umgerechnet einem Gehalt in Pollen von rund 100 mg/kg OS entspräche, wenn man zugrunde legt, dass man davon 0,01 kg pro Tag verzehrt. Die Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE 2017) und die EFSA (2015a) empfehlen bis rund 1,5 mg Kupfer pro Tag als gesamte tägliche Zufuhr über die Nahrung.

Eisen (Fe) gilt neben Zink als Indikator für den geogenen wie anthropogenen Staubeintrag. Eisen ist das wichtigste Gebrauchsmetall überhaupt und ein wichtiges Spurenelement für Organismen (im Blutfarbstoff Hämoglobin enthalten). Höchstgehalte in Lebensmitteln sind nicht festgelegt.

Nickel (Ni) stammt z. B. aus Bergbau, industriellen Prozessen und Kfz-Verkehr (Abrieb aus Bremsbelägen) (Rentz und Martel 1998, Merian 1984, Schinner 1989). 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. Typische Gehalte von Nickel liegen im Mittel in pflanzlichen Nahrungsergänzungsmitteln um 3,9 mg/kg OS und in Honig um 0,15 mg/kg OS (EFSA 2014, vgl. Kapitel 1.5.5, Tabelle 1.5-4).

Quecksilber (Hg, in partikel- und gasförmiger Form) kann aus der Müllverbrennung und Verbrennung fossiler Brennstoffe allgemein stammen (Greenwood und Von Burg in Merian 1984, Wäber 1996, Wäber und Peichl 1996, Rentz und Martel 1998, UBA 2014). 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; vgl. Kapitel 1.5.3, Tabelle 1.5-3). Seit 2018 gilt ein Höchstgehalt für Quecksilberverbindungen von 0,01 mg/kg OS für Honig und sonstige Imkereierzeugnisse (VO (EU) Nr. 2018/73 in Änderung der Verordnung (EG) Nr. 396/2005).

Zink (Zn) gilt wie Eisen als Indikator für den geogenen wie anthropogenen Staubeintrag. Anthropogene Quellen für seinen Eintrag in die Umwelt können Korrosionsschutz, Reifen und Bremsen, Straßenbelag und Düngemiteleintrag in der Landwirtschaft sein (Hüffmeyer 2007). Einerseits ist Zink ein

¹⁷ 10 g Pollen entsprechen einer Menge von etwa 5 Teelöffeln

wichtiges Spurenelement für den Menschen, andererseits kann es negativ auf Gewässer und Ökosysteme wirken (Hüffmeyer 2007). Das BgVV (2002) empfiehlt eine tägliche Zufuhr von 7 bis 10 mg Zink in der menschlichen Ernährung (vgl. Kapitel 1.5.5, Tabelle 1.5-4). In Grünkohl als Gemüselebensmittel lagen in den letzten 10 Jahren in Nordrhein-Westfalen typische Schwellengehalte für die Hintergrundbelastung mit Zink bei 4,4 mg/kg OS (Hombrecher et al. 2015).

Tabelle 5.1-2: Untersuchte 16 EPA-PAK

4 leichter flüchtige PAK	12 schwerer flüchtige PAK	PAK4 (VO (EU) Nr. 835/2011)
Naphthalin (NAP) Acenaphtylen (ACY) Acenaphthen (ACE) Fluoren (FLE)	Phenanthren (PHE) Pyren (PYR) Anthracen (ANT) Dibenzo[a,h]anthracen (DBahA) Fluoranthen (FLU) Benzo[k]fluoranthen (BkF) Indeno[1,2,3,cd]pyren (INP) Benzo[g,h,i]perylene (BghiP) Benzo[a]pyren (BaP) Benz[a]anthracen (BaA) Benzo[b]fluoranthen (hier mit Benzo[j]); (BbjF) Chrysen (mit Triphenylen analysiert: CHR+TRI)	Benzo[a]pyren (BaP) Benz[a]anthracen (BaA) Benzo[b]fluoranthen Chrysen (CHR)

Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) sind organische 2- bis 7-Ringverbindungen (mehrere 100 Verbindungen). Sie gelangen aus unvollständiger Verbrennung organischer Materialien in die Umwelt: z. B. aus Kraftstoffverbrennung im Verkehr, Kokserzeugung, häuslichen Kleinf Feuerungsanlagen (sogenannter Hausbrand) und Kraftwerken (z. B. Levsen et al. 1990, UBA 2016). Die hier untersuchten 16 PAK wurden entsprechend VDI-Richtlinie 3957 Blatt 3 (2008) und nach US Environmental Protection Agency (EPA610) berücksichtigt (vgl. Tabelle 5.1-2). „Die PAK werden in unterschiedlicher Zusammensetzung emittiert und dabei zumeist an feinste, besonders lungengängige Staub- und Rußpartikel adsorbiert“ (unveröffentlichte Untersuchung des TÜV, zitiert in Wäber 1999). Als stark krebserregend gelten z. B. Benzo[a]pyren, Benzo[b]fluoranthen, Benzo[j]fluoranthen, Benzo[k]fluoranthen und Indeno[1,2,3-cd]pyren (Streit 1991, Meek et al. 1994). Der Rat der EU gibt für PAK-Rückstände in Honig keine Höchstgehalte vor. Höchstgehalte für Benzo[a]pyren (BaP) und PAK4 (Summe von BaP, Benzo[a]anthracen, Benzo[b]fluoranthen und Chrysen) als Leitsubstanzen der PAK sind in VO (EU) Nr. 835/2011 im Wesentlichen für fetthaltige Nahrungsmittel definiert. 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 (vgl. Kapitel 1.5.3, Tabelle 1.5-2).

5.2 Analysenverfahren

Die Pollen-, Wachs- und Honigproben wurden wie in den Vorjahren für die Metallbestimmung unter Hochdruck mit konzentrierter Salpetersäure bis zur vollständigen Mineralisierung aufgeschlossen. Die Metallbestimmungen erfolgten aus der Aufschlusslösung nach DIN EN 15763 mit ICP-MS (Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma) gegen externe Kalibrierung mit Matrix angepassten Standards. Dabei wurden folgende Bestimmungsgrenzen (BG) eingehalten:

Tabelle 5.2-1: Analytische Bestimmungsgrenzen für Metalle und PAK 2019

Analytische Bestimmungsgrenzen 2019	As	Cd	Cu	Cr	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	0,025	0,025	0,013	0,1	0,1

Die Bestimmung der 16 ausgewählten EPA-PAK 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 analytischen Bestimmungsgrenzen betrug für Pollen, Wachs und Honig 0,1 µg/kg OS (vgl. Tabelle 5.2-1).

5.3 Messunsicherheit

Jedes Messverfahren ist mit einer Messunsicherheit behaftet. Der Wert der betrachteten Messgröße kann nicht beliebig exakt bestimmt werden. Das Ergebnis einer Messung ist vielmehr stets eine Lage-schätzung für den wahren Wert und die Messunsicherheit gibt an, in welchem Wertebereich der Messwert um diesen wahren Wert streut (VDI 4280 Blatt 1 zu DIN V ENV 13005).

Bei allen technischen und biologischen Messungen gibt es vielfältige, teilweise schwer bestimmbare Ursachen für die Abweichung des Messwertes vom wahren Wert. Sie können in zufälligen und systematischen Fehlern liegen. Bei der Verfahrensdurchführung beim Honigmonitoring wird größter Wert auf die Qualität gelegt (Wäber et al. 2016). Trotzdem lassen sich nicht alle Einflussfaktoren auf die Messunsicherheit eliminieren oder eingrenzen. Die Messunsicherheit ist spezifisch für den jeweiligen untersuchten Stoff, schon aufgrund seiner typischen Eintragsformen in die Umwelt.

Speziell für Honig haben weder das Deutsche Institut für Normung (DIN) noch der Verein Deutscher Ingenieure (VDI) bisher Normen oder Richtlinien veröffentlicht, denen Angaben zu Genauigkeit und Messunsicherheit zu entnehmen wären. Um die Messunsicherheiten für die untersuchten Stoffe beim Honigmonitoring abzuschätzen, können Standards für ähnliche Untersuchungen hilfsweise herangezogen werden.

Für die Abschätzung der Messunsicherheiten für Metalle kann Richtlinie VDI 3957 Blatt 2 (2016) für Biomonitoring mit standardisierten Graskulturen zur Orientierung dienen. Darin wird im Abschnitt über die verfahrensbedingte Gesamtunsicherheit als „wichtige Komponente der verfahrensbedingten Gesamtunsicherheit die gehaltsbezogene Spannweite der Stoffgehalte in Graskulturen [...] wie sie in parallel exponierten und getrennt aufgearbeiteten und analysierten Graskulturen ermittelt wurde“ gelis-

tet (VDI 3957/2, 2016). Die aus Reihen von Paralleluntersuchungen abgeleiteten, gehaltsbezogenen Spannweiten der Stoffgehalte betragen dort durchschnittlich:

- für Kupfer, Nickel und Zink rund $\pm 10 \%$,
- für Arsen, Blei und Cadmium, rund $\pm 15 \%$,
- für Antimon, Chrom und Quecksilber rund $\pm 30 \%$.

Sie können als Anhaltspunkte für die Abschätzung der Messunsicherheiten dienen.

Für PAK kann aufgrund der weitgehenden Übereinstimmung bei der Analytik die Norm DIN ISO 12884:2000-12 vergleichend zu Rate gezogen werden. Sie 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 ähnlichen Erfahrungswert gibt das Partnerlabor von UMW auf Basis langjähriger Erfahrung bei PAK-Analytik von Honigmonitoring- und Biomonitoring-Proben für die Messunsicherheit an: etwa $\pm 30 \%$.

Die Messunsicherheiten für Honig dürften etwas niedriger liegen als die oben genannten Werte. Die Messunsicherheiten für Pollen und Wachs dürften aufgrund der Proben-Inhomogenität hingegen im Rahmen der oben genannten Werte liegen.

Aufgrund der allgemeinen Messunsicherheit darf ein Messergebnis streng genommen nicht als exakter Zahlenwert interpretiert werden. Vielmehr definiert die aus der stoffspezifischen Messunsicherheit resultierende Spannweite einen Wertebereich, in dem der wahre Messwert liegt (BayLfU 2017).

Ein Beispiel: Bei einer Messunsicherheit von $\pm 30 \%$ beträgt für einen Messwert von 1 mg/kg OS die Spannweite des Messwertes $0,7$ bis $1,3 \text{ mg/kg}$. Dies ist, wenn Ergebnisse beurteilt und Standorte verglichen werden, zu berücksichtigen, auch wenn die Messergebnisse als Zahlenwerte bzw. Balkenhöhen in den Abbildungen dargestellt sind (vgl. Kapitel 3.4 bis 4.1 und siehe Kapitel 11 im Anhang).

6 Abkürzungen

AAI	Bienenvölkerstandort nahe Stadt Aichach für Pollenproben seit 2014
ACE	Acenaphthen
ACY	Acenaphtylen
AIC	Raum Aichach, Mischprobe der Bienenvölker im Raum Aichach
aMW	arithmetischer Mittelwert
ANT	Anthracen
As	Arsen
BaA	Benzo[a]anthracen
BaP	Benzo[a]pyren
BbJF+BkF	Benzo[b,j+k]fluoranthen
BG	analytische Bestimmungsgrenze
BghiP	Benzo[g,h,i]perylen
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	Fluoranthen
FMG	Flughafen München GmbH
Fraport	Fraport AG Frankfurt Airport Services Worldwide
GPC	Gelpermeationschromatographie
HFF	Bienenvölkerstandort an der Süd-Start-/Landebahn des Flughafen 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
KmV	Verordnung zur Begrenzung von Kontaminanten in Lebensmitteln
KW	Kalenderwoche
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 Flughafen München
MIF	Bienenvölkerstandort zwischen beiden Start-/Landebahnen des Flughafen 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
RHmV	Rückstands-Höchstmengenverordnung
RL	Richtlinie
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

7 Glossar

Aktionswerte:

nach österreichischem Recht erlassene, nicht in Deutschland geltende, höchst vorsorgliche Werte, bei deren Überschreitung die Ursachen zu prüfen und Maßnahmen zur Einhaltung durchzuführen sind; gemäß Österreichischem Bundesministerium für Gesundheit, Erlass BMGFJ-75210/0022-IV/B/7/2008 vom 14.1.2009, geändert durch BMG-75210/0011-II/B/13/2012 vom 7.8.2012 und Erlass BMG-75210/0013-II/B/13/2015 vom 18.5.2015, zuletzt geändert durch BMASGK-75210/0006-IX/B/13/2019 vom 5.7.2019

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, 2014)

Biomonitoring:

Nutzung biologischer Systeme (Organismen oder Organismengemeinschaften) zur räumlichen und zeitlichen Überwachung von Umweltveränderungen (VDI 3957 Blatt 1, 2014)

Emittent von Luftschadstoffen(-> *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, 2014)

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“. Für Stoffe, für die aktuell spezifisch für Pollen und Honig keine Höchstgehalte festgesetzt sind, können die für andere Lebensmittel geltenden Höchstgehalte hier nur hilfsweise als Beurteilungswerte herangezogen 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 wie Arsen, Antimon, Chrom, Eisen, Kupfer, Nickel 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

8 Literatur

8.1 Gesetzliche Grundlagen

HonigRL (2001): Richtlinie 2001/110/EG DES RATES vom 20. Dezember 2001 über Honig – Honig-Richtlinie. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L10 (12.1.2002), S. 47-52

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

Richtlinie zur Änderung der HonigV (2014): Richtlinie 2014/63/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 15. Mai 2014 zur Änderung der Richtlinie 2001/110/EG des Rates über Honig (Amtsblatt der Europäischen Union L164 (3.6.2014), S. 1-5

KmV (2010): Verordnung zur Begrenzung von Kontaminanten in Lebensmitteln (Kontaminanten-Verordnung - KmV) vom 19. März 2010 (BGBl. I S. 286, 287), die zuletzt durch Artikel 2 der Verordnung vom 24. November 2016 (BGBl. I S. 2656) geändert worden ist

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

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 BMASGK-75210/0006-IX/B/13/2019 vom 5.7.2019

RHmV (1999): Verordnung über die Höchstmengen an Rückständen von Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmitteln, Düngemitteln und sonstigen Mitteln in oder auf Lebensmitteln und Tabakerzeugnissen – Rückstands-Höchstmengenverordnung in der Neufassung vom 21. Oktober 1999 (BGBl. I S. 2082) zuletzt geändert durch

Verordnung zur Begrenzung von Kontaminanten in Lebensmitteln und zur Änderung oder Aufhebung anderer lebensmittelrechtlicher Vorschriften vom 19. März 2010 (BGBl. I S. 286)

VO (EWG) Nr. 2377/90 des Rates vom 26. Juni 1990 zur Schaffung eines Gemeinschaftsverfahrens für die Festsetzung von Höchstmengen für Tierarzneimittelrückstände in Nahrungsmitteln tierischen Ursprungs. Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 224, S. 1; zuletzt geändert durch Art. 1 ÄndVO (EG) 582/2009 vom 3. 7. 2009 (ABl. Nr. L 175 S. 5)

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 (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 (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

8.2 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 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 1:2014-09: Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Pflanzen (Biomonitoring); Grundlagen und Zielsetzung. Berlin: Beuth

VDI 3957 Blatt 2:2016-03: Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Pflanzen (Biomonitoring); Verfahren der standardisierten Graskultur. Berlin: Beuth

VDI 3957 Blatt 3:2008-12: Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Pflanzen (Bioindikation); 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

8.3 Literatur

- Alef, K., Fiedler, H., Hutzinger, O. (1994): Umweltmonitoring und Bioindikation – Ecoinforma'94. Umweltbundesamt Wien, ISBN 3 85457 183 6; darin z. B.: Peichl, L., Dietl, C., Reifenhäuser, W., Wäber, M.: Zusammenhang zwischen Metallanreicherung in der standardisierten Graskultur und dem Metalleintrag ermittelt nach Bergerhoff. S. 85-98
- Antonescu, C., Mateescu, C. (2001): Environmental Pollution and its Effects on Honey Quality. Institute for Beekeeping Research and Development, Bucharest, Romania
- BayLfU (2009): 30 Jahre Immissionsökologie am Bayerischen Landesamt für Umwelt. UmweltSpezial, Augsburg, 67 S.
- BayLfU (2017): PAK-Immissionswirkungen in Bayern – Langzeituntersuchung polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoffe mit Biomonitoring-Verfahren. UmweltSpezial, Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.), Augsburg, 86 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
- Bogdanov, S., Imdorf, A., Charriere, J.-D., Fluri, P., Kilchenmann, V. (2003): Qualität der Bienenprodukte und die Verschmutzungsquellen. Schweizerisches Zentrum für Bienenforschung (Hrsg.), Bern (CH)
- Bogdanov, S. und Kilchenmann V. (2005): Die Qualität des Bienenwachses: Rückstände. Schweizerisches Zentrum für Bienenforschung (Hrsg.), Bern (CH)
- Bogdanov, S., Haldimann, M., Luginbühl, W., Gallmann, P. (2007): Minerals in honey – environmental, geographical and botanical aspects. *Journal of Apicultural Research and Bee World* 46 (4) 269–275
- Bogdanov, S. und Kilchenmann V. (2009): Die Qualität des Bienenwachses: Rückstände. Schweizerisches Zentrum für Bienenforschung, Bern (CH) 2009, im Internet
- BVL (2008): Berichte zur Lebensmittelsicherheit 2007 - Lebensmittel-Monitoring. Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) (Hrsg.), Berlin
- Byrne, D. (2000): EC Commission Decision (draft) Amending Annex II to Council directive 92/118/EECb
- Cierniak, A.; Witczak, A.; Mocek, K. (2013): Assessment of honey contamination with polycyclic aromatic hydrocarbons. *Journal of Environmental Science and Health* 48 (11) Part B
- DGE (2017): Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. Deutsche Gesellschaft für Ernährung (Hrsg.), Quelle im Internet: <https://www.dge.de/wissenschaft/referenzwerte/kupfer-mangan-chrom-molybdaen/>, Stand 22.01.2020
- 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
- Dobrinasa, S.; Birghilaa, S.; Coatub V. (2008): Assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons in honey and propolis produced from various flowering trees and plants in Romania. *Journal of Food Composition and Analysis* 21 (1), S. 71-77
- 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.
- Erbilir, F., Erdogru, Ö. (2005) Determination of Heavy Metals in Honey in Kahramanmaraş City, Turkey Environmental Monitoring and Assessment 109, S. 181-187
- EUFIC (2015): Nahrungsquellen für Chrom. European Food Information Council (Hrsg.), Quelle im Internet: <http://www.eufic.org/article/de/page/FTARCHIVE/artid/Chrom-in-der-Nahrung/>, Stand 17.09.2017
- Fakhimzadeh, K. und Lodenius, M. (2000): Honey, Pollen and Bees as Indicator of Metal Pollution. Acta Universitatis Carolinae - Environmentalica 14, S. 13-20
- Falkensteiner, A. (1997): Vergleichende Untersuchung zur Erfassung der Schwermetallimmissionen im Großraum der Stadt Salzburg mit Hilfe von verschiedenen Methoden des aktiven Biomonitoring. Dissertation, Salzburg (A)
- 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
- Fraport (2009): Biomonitoring am Flughafen Frankfurt – Bienen überwachen Standortqualität. Fraport (Hrsg.) Spektrum Umwelt 8/2009, Frankfurt/Main 12 S., Quelle im Internet, vgl. Kapitel 8.5
- Hembrock-Heger, A., Hombrecher, K., Leisner, J., Radermacher, L., Sievering, S., Gille, R., Huth, S., Wäber, M. (2015): Probenahme von Nahrungspflanzen zur Prüfung, ob selbst angebautes Gemüse nach immissionsbedingten Einträgen verzehrt werden darf. LANUV-Arbeitsblatt 31, ISSN 1864-8916, 39 S.
- 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.
- Hombrecher, K., Both, R., Müller-Uebachs, A., Schmidt, J., Radermacher, L. (2015): Immissionsbedingte Hintergrundbelastung von Pflanzen in NRW – Schwermetalle und organische Verbindungen. LANUV-Fachbericht 61, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (Hrsg.), Recklinghausen, 68 S.
- Krapp, M. und Peichl, L. (2015): Antimony deposition and accumulation in biomonitoring plants at a traffic affected site compared to rural sites in Bavaria / Germany. 3rd International Workshop on Antimony in the Environment, 6.-9.10.2015, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung, Leipzig
- Lambert, O., Veyrand, B., Durand, S., Marchand, P., Le Bizec, B., Piroux, M., Puyo, S., Thorin, C., Delbac, F., Pouliquen H. (2012): Polycyclic aromatic hydrocarbons: Bees, honey and pollen as sentinels for environmental chemical contaminants. Chemosphere 86 (1), S. 98-104
- Lambert, O., Piroux, M., Puyo, S., Thorin, C., Larhantec, M., Delbac, F., Pouliquen H. (2012a): Bees, honey and pollen as sentinels for lead environmental contamination. Environmental Pollution 170, S. 254-259
- Levsen, K., S. Behnert, B. Priess, M. Svoboda, H.D. Winkeler, J. Zietlow (1990): Organic compounds in precipitation. Chemosphere 21, S. 1037-1061

- Meek, M., Chan, P., Bartlett, S. (1994): Polycyclic aromatic hydrocarbons: Evaluation of risks to health from environmental exposure in Canada. *Environ. Carcinogen. & Ecotox. Rev.* C12 (2), S. 443-452
- Merian, E. (1984): *Metalle in der Umwelt*. Verlag Chemie, Weinheim: Greenwood et al., Meek et al.
- Peichl, L., Wäber, M., Reifenhäuser, W. (1994): Schwermetallmonitoring mit der standardisierten Graskultur im Untersuchungsgebiet München – Kfz-Verkehr als Antimonquelle? *UWSF-Z. Umweltchem. Ökotox.* 6 (2), S. 63-69
- Perugini, M., Di Serafino, G., Giacomelli, A., Medrzycki, P., Sabatini, A.G., Oddo, L.P., Marinelli, E., Amorena, M. (2009): Monitoring of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Bees (*Apis mellifera*) and Honey in Urban Areas and Wildlife Reserves Monitoring of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Bees (*Apis mellifera*) and Honey in Urban Areas and Wildlife Reserves. *J. Agric. Food Chem.* 57 (16), S. 7440–7444
- 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.
- Roman, A. (2009): Concentrations of Chosen Trace Elements of Toxic Properties in Bee Pollen Loads. *Polish J. of Environ. Stud.* 18 (2), S. 265-272
- Savory, J., R. Wills (1984): Arsen. *Metalle in der Umwelt (E. Merian, Hrsg.), Verlag Chemie, Weinheim*, S. 319-334
- Schinner, M. (1989): Blei-, Cadmium-, Zink- und Kupfer-Gehalte der Vegetation im Bereich der Großglockner Hochalpenstraße zwischen Heiligenblut und dem Hochtörl. *Struktur und Funktion von Grünlandökosystemen im Nationalpark Hohe Tauern. Zitiert in Hackner und Zecha (1997, unveröffentlicht). Landesregierung Salzburg (A)*
- Schwind, K.H., J. Hosseinpour, H. Fiedler, C. Lau, O. Hutzinger (1994): Bestimmung und Bewertung der Emissionen von PCDD/F, PAK und kurzkettigen Aldehyden in den Brandgasen von Kerzen. *UWSF – Z. Umweltchem. Ökotox.* 6, S. 243-246
- Streit, B. (1991): *Lexikon Ökotoxikologie*. VCH Weinheim
- UBA (2016): *Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe – Umweltschädlich! Giftig! Unvermeidbar?* Umweltbundesamt UBA-Hintergrund, Dessau-Roßlau, 26 S.
- 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 22.01.2020
- 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
- Umweltatlas Hessen (2005)*. Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (Hrsg.)
- Van der Steen, J.J.M. de Kraker, J., Grotenhuis, T. (2012): Spatial and temporal variation of metal concentrations in adult honeybees (*Apis mellifera* L.). *Environ Monit Assess.* 184 (7), S. 4119-4126
- Wäber, M. (1999): *Wirkkataster für das Land Salzburg - Ergebnisse der Bioindikationsuntersuchungen 1988 bis 1998*. O. Glaeser (Hrsg.), Amt der Salzburger Landesregierung, Salzburg
- Wäber, M. (1996): *Aktives Biomonitoring von Immissionswirkungen – Bewertung ausgewählter Methoden*. Forstliche Forschungsberichte 155, Weihenstephan
- Wäber, M., Pompe, F. (2019): *Bienenmonitoring im Umfeld der Flughäfen Berlin Schönefeld/BER und Berlin Tegel – Allgemeiner Teil für das Bienenmonitoring 2011 bis 2019 und Ergebnisteil 2011 bis 2019*. Flughafen Berlin Brandenburg GmbH (Hrsg.), Schönefeld (siehe Kap. 8.5)

- 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 Luftschadstoffen 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
- Wäber, M., C. Dietl, J. Köhler, L. Peichl (1998): Bioakkumulation und Deposition von Antimon, Blei und polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoff-Immissionen. UWSF-Z. Umweltchem. Ökotox. 10 (5), S. 276-280
- Wäber, M., Peichl L. (1996): Quecksilber – Erfassung von Immissionswirkungen – Biomonitoring mit der Standardisierten Graskultur: Eignungstest. UWSF – Z. Umweltchem. Ökotox. 8, Nr. 6, S. 307-311
- Yazgan, S., Horn, H., Isengard, H.-D. (2006): Honey as bio indicator by screening the heavy metal content of the environment. Deutsche Lebensmittel-Rundschau Nr.102/5, Behr's Hamburg, S. 192-194

8.4 Berichte zum Honigmonitoring der FMG

- Wäber, M und Pompe, F. (2018): Honigmonitoring am Flughafen München 2018. Flughafen München GmbH (Hrsg.), im Internet: https://www.munich-airport.de/_b/0000000000000007280527bb5d68cfe3/FMG_Honigmonitoring2018-Bericht.pdf, Stand: 13.01.2020
- Wäber, M. (2017): Honigmonitoring am Flughafen München 2017. Flughafen München GmbH (Hrsg.), im Internet: https://www.munich-airport.de/_b/0000000000000003370544bb5a3bb8d6/Honigmonitoring-2017.pdf, Stand: 13.01.2020
- Wäber, M. (2017): Honigmonitoring am Flughafen München 2016. Flughafen München GmbH (Hrsg.), im Internet: https://www.munich-airport.de/_b/0000000000000002025460bb5948c6e6/honigmonitoring-2016.pdf, Stand: 13.01.2020
- Wäber, M. (2016): Honigmonitoring am Flughafen München 2015. Flughafen München GmbH (Hrsg.), im Internet: https://www.munich-airport.de/_b/0000000000000000390107bb583c192c/honigmonitoring2015.pdf, Stand: 13.01.2020
- Wäber, M. (2015): Honigmonitoring am Flughafen München 2014. Flughafen München GmbH (Hrsg.), im Internet: https://www.munich-airport.de/_b/0000000000000000390136bb583c1930/honigmonitoring2014.pdf, Stand: 13.01.2020
- Wäber, M. (2014): Honigmonitoring am Flughafen München 2013. Flughafen München GmbH (Hrsg.), im Internet: https://www.munich-airport.de/_b/0000000000000000390166bb583c1937/honigmonitoring2013.pdf, Stand: 13.01.2020
- Wäber, M. (2013): Honigmonitoring am Flughafen München 2012 - Zusammenschau der Ergebnisse 2008-2012. UMW Umweltmonitoring, München.
- Wäber, M. (2012): Honigmonitoring am Flughafen München 2011 mit Schwerpunkt Wachsuntersuchung - mit Vergleichswerten des Flughafens Berlin Brandenburg. UMW Umweltmonitoring, München
- Wäber, M. (2011): Honig-Monitoring am Flughafen München 2010. UMW Umweltmonitoring, München
- Wäber, M. (2009): Honig- und Wachs-Monitoring am Flughafen München 2009. UMW Umweltmonitoring, München

Wäber, M. (2008): Honig-Monitoring in der Nachbarschaft des Flughafen München 2008. UMW Umweltmonitoring, München

8.5 Liste von Quellen im Internet

Biomonitoring und Depositionsuntersuchungen (Bergerhoff) in der Umgebung des Flughafens München - Zusammenfassende Dokumentation 2018. Flughafen München GmbH (Hrsg.), Berichte seit 2012 unter <https://www.munich-airport.de/biomonitoring-88353>, Stand 13.01.2020

Honigmonitoring – Pollen, Wachs und Honig auf dem Prüfstand. Flughafen München GmbH. <https://www.munich-airport.de/honigmonitoring-88383>, Stand 13.01.2020

Bienenmonitoring im Umfeld der Flughäfen Berlin Schönefeld/BER und Berlin Tegel. Flughafen Berlin Brandenburg GmbH (Hrsg.), Allgemeiner Teil für das Bienenmonitoring 2011 bis 2019: https://www.berlin-airport.de/de/_dokumente/unternehmen/umwelt/Bienenmonitoring---Allgemeiner-Teil-2019-_002_.pdf und Ergebnisteil 2011 bis 2019: https://www.berlin-airport.de/de/_dokumente/unternehmen/umwelt/Bienenmonitoring---Ergebnisse-2011-2019-_002_.pdf, Stand: 13.01.2020

Bienenmonitoring im Rahmen des freiwilligen Umwelt-Untersuchungsprogramms der Flughafen Berlin Brandenburg GmbH. <https://www.berlin-airport.de/de/unternehmen/umwelt/luft/bienenmonitoring/index.php>, Stand 13.01.2020

Bienen als Biodetektive. In Luft & Klima am Flughafen Hamburg. https://www.hamburg-airport.de/de/luft_und_klima.php, Stand 13.01.2020

Biomonitoring mit Bienen am Flughafen Dresden. <http://www.dresden-airport.de/Unternehmen/laerm-und-umweltschutz/biomonitoring.html>, Stand 13.01.2020

Biomonitoring mit Bienen am Flughafen Leipzig/Halle. <https://www.leipzig-halle-airport.de/unternehmen/flughafen-als-nachbar/laerm-und-umweltschutz/reinhaltung-der-luft-865.html>, Stand 13.01.2020

Biomonitoring mit Bienen am Flughafen Stuttgart. <https://www.flughafen-stuttgart.de/fairport-str/klimaschutz-ressourcen>, Stand 13.01.2020

Die Airport Bienen – Das Bienenprojekt des Flughafens Düsseldorf. <https://www.dus.com/de-de/konzern/nachbarn/umweltauswirkungen/luftqualitaet/bienenprojekt-d%C3%BCsseldorf-airport>, Stand 13.01.2020

Fraport (2009): Biomonitoring am Flughafen Frankfurt – Bienen überwachen Standortqualität. Fraport (Hrsg.) Spektrum Umwelt 8/2009, Frankfurt/Main 12 S. im Internet: <http://www.fraport.de/content/fraport/de/misc/binaer/nachhaltigkeit/stakeholder-dialog/sonstige-veroeffentlichungen/biomonitoring/jcr:content.file/file.pdf>, Stand 21.10.2015, zitiert in https://www.fraport.de/content/fraport/de/misc/binaer/unternehmen/verantwortung/publikationen/umwelt/umwelterklaerungen/umweltbericht_umwelterklaerung2008/jcr:content.file/umweltbericht_umwelterklaerung_2008.pdf (22.09.2018)

Honigmonitoring am Bremen Airport 2018. Flughafen Bremen GmbH (Hrsg.) <https://www.bremen-airport.com/umwelt/lebensraum-flughafen/>, Stand 13.01.2020

9 Anhang A: Vitalitätserhebungen 2019

9.1 Tabellarische Übersicht über die Vitalitätserhebungen 2019

Tabelle 9.1-1: Vitalität der Bienenvölker – Frühtracht 2019

	Frühtracht 2019											
Vitalität der Bienenvölker	HFF	IMFS	MEF	AIC - Aichach	AIC - Mauerbach	AIC - Sulzbach	HFF	IMFS	MEF	AIC - Aichach	AIC - Mauerbach	AIC - Sulzbach
Standort der Bienenvölker	4	6	6	12	4	6	4	6	6	12	4	6
Anzahl der Bienenvölker am Standort	3	0	0	1	1	0	3	0	0	1	1	0
Verluste an Bienenvölkern am Standort Winter davor	sehr hoch	keine	keine	normal	über dem Durchschnitt	weniger	sehr hoch	keine	keine	normal	über dem Durchschnitt	weniger
Verluste im Vergleich zu anderen Jahren/Völkern	Ableger aufgestellt	gut	durchschnittlich	normal	normal	normal	Ableger aufgestellt	gut	durchschnittlich	normal	normal	normal
Stärke der Völker am Standort zu Beginn der Tracht	gut	gut	mittel	schlecht	schlecht	schlecht	gut	gut	mittel	schlecht	schlecht	schlecht
Entwicklung der Bienenvölker bis zur Ernte der Tracht	gut	gut	mittel	schlecht	schlecht	schlecht	gut	gut	mittel	schlecht	schlecht	schlecht
Entwicklung im Vergleich zu anderen Jahren/Völkern	gut	gut	mittel	schlecht	schlecht	schlecht	gut	gut	mittel	schlecht	schlecht	schlecht
Datum Beginn	Anfang Mai	07.04. Honigraum aufgesetzt	07.04. Honigraum aufgesetzt	Mitte April	Mitte April	Mitte April	Anfang Mai	07.04. Honigraum aufgesetzt	07.04. Honigraum aufgesetzt	Mitte April	Mitte April	Mitte April
Datum Ende	03.07.2019	30.05. Honig geschleudert	30.05. Honig entnommen	Ende Mai Honig geschleudert	Ende Mai Honig geschleudert	Ende Mai Honig geschleudert	03.07.2019	30.05. Honig geschleudert	30.05. Honig entnommen	Ende Mai Honig geschleudert	Ende Mai Honig geschleudert	Ende Mai Honig geschleudert
Verlauf	gut	gut	mittel	sehr schlecht	sehr schlecht	sehr schlecht	gut	gut	mittel	sehr schlecht	sehr schlecht	sehr schlecht
Witterung während der Tracht, ogfs. Besonderheiten	k.a. möglich	Mai verregnet	Mai verregnet	Mitte April gut, Mitte April bis Mitte Mai sehr kalt	Mitte April gut, Mitte April bis Mitte Mai sehr kalt	Mitte April gut, Mitte April bis Mitte Mai sehr kalt	k.a. möglich	Mai verregnet	Mai verregnet	Mitte April gut, Mitte April bis Mitte Mai sehr kalt	Mitte April gut, Mitte April bis Mitte Mai sehr kalt	Mitte April gut, Mitte April bis Mitte Mai sehr kalt
Start-/Enddatum: Drohnenwabe	18.5.-03.07.2019	22.04. – 23.05.2019	20.04. – 23.05.2019	Mitte April - Ende Mai	Mitte April - Ende Mai	Mitte April - Ende Mai	18.5.-03.07.2019	22.04. – 23.05.2019	20.04. – 23.05.2019	Mitte April - Ende Mai	Mitte April - Ende Mai	Mitte April - Ende Mai
Bemerkungen zur Drohnenwabe	keine Brut mehr, gut	ausgebaut, bebrütet	bebrütet	schlecht bebrütet	schlecht bebrütet	schlecht bebrütet	keine Brut mehr, gut	ausgebaut, bebrütet	bebrütet	schlecht bebrütet	schlecht bebrütet	schlecht bebrütet
Honigerntenerge dieser Tracht am Standort in kg	65 kg	75 kg	81 kg	ca. 60 kg	ca. 30 kg	ca. 50 kg	65 kg	75 kg	81 kg	ca. 60 kg	ca. 30 kg	ca. 50 kg
durchschnittl. Entnommenge pro Volk am Standort in kg	15 kg, 20 kg, 30 kg	12,5 kg	13,5 kg	ca. 5 kg	ca. 8 kg	ca. 8 kg	15 kg, 20 kg, 30 kg	12,5 kg	13,5 kg	ca. 5 kg	ca. 8 kg	ca. 8 kg
durchschnittliche Anzahl der Honigwaben pro Volk	10+10/2	8	7	5	10	6	10+10/2	8	7	5	10	6
Entnommenge im Vergleich zu anderen Jahren/Völkern	gut	besser	weniger	sehr wenig	sehr wenig	sehr wenig	gut	besser	weniger	sehr wenig	sehr wenig	sehr wenig
Art und Größe der Magazine	Hofmann klein 24x37 cm	Hohenheimer Einfachbeule, Zander normal, Kaltbau	Zander im Kaltbau, 2 Brut- und 1 Honigraum	Zander	Zander	Zander	Hofmann klein 24x37 cm	Hohenheimer Einfachbeule, Zander normal, Kaltbau	Zander im Kaltbau, 2 Brut- und 1 Honigraum	Zander	Zander	Zander
Anzahl der Waben pro Magazin	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Art der Honigwaben	aus eigenem Wachskreislauf	aus eigenem Wachskreislauf	aus eigenem Wachskreislauf	aus eigenem Wachskreislauf	aus eigenem Wachskreislauf	aus eigenem Wachskreislauf	aus eigenem Wachskreislauf	aus eigenem Wachskreislauf	aus eigenem Wachskreislauf	aus eigenem Wachskreislauf	aus eigenem Wachskreislauf	aus eigenem Wachskreislauf
Entwicklung der Brutwaben während der Tracht	gut	gut	mittel	schlecht	schlecht	schlecht	gut	gut	mittel	schlecht	schlecht	schlecht
Brutwaben im Vergleich zu anderen Jahren/Völkern	gut	gut	mittel	schlecht	schlecht	schlecht	gut	gut	mittel	schlecht	schlecht	schlecht
Anzahl Brutwaben pro Volk bei Beginn	6	8	7	6	6	6	6	8	7	6	6	6
Anzahl Brutwaben pro Volk bei Ernte	12	12	12	6	7	7	12	12	12	6	7	7
Anzahl besetzter Waben pro Volk bei Beginn	20	10	10	16	16	16	20	10	10	16	16	16
Anzahl besetzter Waben pro Volk bei Ernte	6	20	19	20	22	22	6	20	19	20	22	22
Woraus stammt der eingebrachte Honig	Sträucher, Rosengewächse, wenig Raps	Raps, Kreuzblütler, Rosengewächse, Weide	Kreuzblütler, Weide, Wildblumen, Ahorn	Löwenzahn, Obst	Löwenzahn, Obst, Raps	Löwenzahn, Obst, Raps	Sträucher, Rosengewächse, wenig Raps	Raps, Kreuzblütler, Rosengewächse, Weide	Kreuzblütler, Weide, Wildblumen, Ahorn	Löwenzahn, Obst	Löwenzahn, Obst, Raps	Löwenzahn, Obst, Raps
mit welchen Parasiten waren die Bienen während der Tracht infiziert	Milben (= Varroa) mäßig	Varroa normaler Befall	Varroa normaler Befall	Milben / Viren nicht stark	Milben / Viren nicht stark	Milben / Viren nicht stark	Milben (= Varroa) mäßig	Varroa normaler Befall	Varroa normaler Befall	Milben / Viren nicht stark	Milben / Viren nicht stark	Milben / Viren nicht stark
Anwendung von Milbenmitteln (ob und welche)	Drohnen schneiden	Drohnenrahmen schneiden	Drohnenrahmen schneiden	Drohnen schneiden	Drohnen schneiden	Drohnen schneiden	Drohnen schneiden	Drohnenrahmen schneiden	Drohnenrahmen schneiden	Drohnen schneiden	Drohnen schneiden	Drohnen schneiden
1. Pollenproben – Datum	29.06.2019	18.05.2019	18.06.2019	23.-24.04.2019	23.-24.04.2019	23.-24.04.2019	29.06.2019	18.05.2019	18.06.2019	23.-24.04.2019	23.-24.04.2019	23.-24.04.2019
2. Pollenproben – Datum	01.07.2019	23.05.2019	23.05.2019	18.-19.05.2019	18.-19.05.2019	18.-19.05.2019	01.07.2019	23.05.2019	23.05.2019	18.-19.05.2019	18.-19.05.2019	18.-19.05.2019
3. Pollenproben – Datum	03.07.2019	29.05.2019	29.05.2019	25.-26.05.2019	25.-26.05.2019	25.-26.05.2019	03.07.2019	29.05.2019	29.05.2019	25.-26.05.2019	25.-26.05.2019	25.-26.05.2019

Tabelle 9.1-2: Vitalität der Bienenvölker – Sommertracht 2019

Vitalität der Bienenvölker		Sommertracht 2019						
Standort der Bienenvölker	HFF	MFS	MEF	AC - Aichach	AC - Mauerbach	AC - Suizbach		
Anzahl der Bienenvölker am Standort	4	6	6	12	4	6		
Stärke der Völker am Standort zu Beginn der Tracht	Ableger aufgestellt	gut	durchschnittlich	schlecht	schlecht	schlecht		
Entwicklung der Bienenvölker bis zur Ernte der Tracht	gut	gut	mittel	gut	sehr gut	sehr gut		
Entwicklung im Vergleich zu anderen Jahren/Völkern	gut	ähnlich	mittel	normal	über dem Durchschnitt	über dem Durchschnitt		
Datum Beginn	Mitte Juli	31.05.2019	01.06.19 Honigräum gegeben	Anfang Juni	Anfang Juni	Anfang Juni		
Datum Ende	30.07.2019	13.07. Honig geschleudert	12.07. Honig entnommen	Ende Juli	Ende Juli	Ende Juli		
Verlauf	nicht gut	gut	mittel	sehr gut	sehr gut	sehr gut		
Witterung während der Tracht, ggfs. Besonderheiten	k.a. möglich	Juni sehr warm	Juni sehr warm	sehr warm, kein Hagel/Sturm	sehr warm, kein Hagel/Sturm	sehr warm, kein Hagel/Sturm		
Start - Enddatum: Drohnenwabe	01.07.-30.07.2019	25.05 - 05.07.2019	25.05 - 08.07.2019	Anfang Juni bis Mitte Juli	Anfang Juni bis Mitte Juli	Anfang Juni bis Mitte Juli		
Bemerkungen zur Drohnenwabe	keine Brut mehr, schlecht	ausgebaut, bebrütet	bebrütet	bebrütet, Honig von Bienen ausschlecken lassen	bebrütet, Honig von Bienen ausschlecken lassen	bebrütet, Honig von Bienen ausschlecken lassen		
Honigermenge dieser Tracht am Standort in kg	19 kg	67 kg	48 kg	ca. 350 kg	ca. 80 kg	ca. 150 kg		
durchschnittl. Erntemenge pro Volk am Standort in kg	2 kg, 2,5 kg, 14,5 kg	11,2 kg	8 kg	ca. 29 kg	ca. 20 kg	ca. 25 kg		
durchschnittliche Anzahl der Honigwaben pro Volk	18	7	4	20	15	18		
Erntemenge im Vergleich zu anderen Jahren/Völkern	schlecht	besser	mehr	überdurchschnittlich	normal	überdurchschnittlich		
Art und Größe der Magazin	Hofmann klein 24 x 37 cm	Zander normal, Kaltbau	Zander im Kaltbau, 1 Brut- und 1 Honigräum	Zander	Zander	Zander		
Anzahl der Waben pro Magazin	10	10	10	10	10	10		
Art der Honigwaben	aus eigenem Wachskreislauf	aus eigenem Wachskreislauf	aus eigenem Wachskreislauf	aus eigenem Wachskreislauf	aus eigenem Wachskreislauf	aus eigenem Wachskreislauf		
Entwicklung der Brutwaben während der Tracht	gut	gut	mittel	sehr gut	gut	sehr gut		
Brutwaben im Vergleich zu anderen Jahren/Völkern	schlecht	gut	mittel	gut	durchschnittlich	durchschnittlich		
Anzahl Brutwaben pro Volk bei Beginn	6	12	10	9	7	7		
Anzahl Brutwaben pro Volk bei Ernte	6	10	10	9 (Anfang Juni)	9	9		
Anzahl besetzter Waben pro Volk bei Beginn	20	20	19	30	20	22		
Anzahl besetzter Waben pro Volk bei Ernte	15 + 10 / 12	18	20	40	30	40		
Woraus stammt der eingetragene Honig	Sonnenblumen, Sträucher, Rosengewächse, Linde, Klee	Wildblumen	Wildblumen	Waldhonig, Akazie, Linde	Waldhonig, Akazie	Waldhonig, Linde		
mit welchen Parasiten waren die Bienen während der Tracht	Milben (= Varroa) mäßig	Varose normaler Befall	Varose normaler Befall	Milben / Viren nicht stark	Milben / Viren nicht stark	Milben / Viren nicht stark		
Anwendung von Milbenmitteln (ob und welche)	Drohnen schneiden nicht mögl.	Drohnenrahmen schneiden	Drohnenrahmen schneiden	Drohnen schneiden	Drohnen schneiden	Drohnen schneiden		
1. Pollenproben - Datum	25.07.2019	09.06.2019	09.06.2019	-	-	-		
2. Pollenproben - Datum	27.07.2019	19.06.2019	19.06.2019	04.-05.08.2019	-	-		
3. Pollenproben - Datum	30.07.2019	30.06.2019	30.06.2019	07.-08.08.2019	-	-		
Besonderheiten	nach Gebäusaustümmung weiterhin relativ laut am Standort	weniger Pollen und mehr Honig im Vergleich zum Vorjahr	geringer Frühtracht-Polleneintrag, keine nennenswerte Tracht am Standort vorhanden, Umstellung auf 1 Brutraum zur Sommertracht	schlechtestes Honigfrühjahr (Imker imkert seit 23 Jahren); Sommertracht: Waldhonig von Nadelbäumen, lange Dauer der Waldtracht, wenig Milben	schlechtestes Honigfrühjahr (Imker imkert seit 23 Jahren); Sommertracht: Waldhonig von Nadelbäumen, lange Dauer der Waldtracht, wenig Milben	schlechtestes Honigfrühjahr (Imker imkert seit 23 Jahren); Sommertracht: Waldhonig von Nadelbäumen, lange Dauer der Waldtracht, wenig Milben		

10 Anhang B: Qualitätsuntersuchungen 2019

10.1 Darstellung der Qualitätsuntersuchungen 2019

Die Untersuchungsprotokolle für die Qualitäts- und Rückstandsuntersuchungen (vgl. Kap. 3.2) des Flughafenhonigs sind nachfolgend in Auszügen exemplarisch für die Standorte MEF und HFF dargestellt (siehe Bild 10.1-1 für MEF-Sommertrachthonig und Bild 10.1-2 für HFF-Frühtrachthonig).

Prüfbefund für Honig Nr. 207/19

Sensorische Beurteilung

Farbe:	dunkelgelb
Konsistenz:	flüssig, klar
Sauberkeit:	ohne Beanstandung
Geruch:	honigtypisch
Geschmack:	honigtypisch

Chemisch-physikalische Analysen

Wassergehalt (DIN/AOAC):	16,8	%
Invertase-Zahl (DIN/Siegenthaler):	211,1	U/kg
HMF (Winkler)		
Elektrische Leitfähigkeit:	0,56	mS/cm

Mikroskopische Analyse

Pollen <u>nektarliefernder</u> Pflanzen:	
Anzahl der ausgezählten Pollen:	500
Leitpollen ~ 16%:	
Begleitpollen 45-15%:	Büschelschön (Phacelia), Kreuzblütler (Cruciferae)
Einzelpollen < 15%:	Klee (Trifolium T.), Kreuzdorngewächse (Rhamnaceae)
Pollen <u>nektarloser</u> Pflanzen:	s. Anlage
Auslandspollen:	keine
Honigtaugelemente:	mittlere Mengen Algen, Sporen, Pilze
sonstige Sedimentbestandteile:	keine
Sorte:	Blütenhonig/ Blüten- und Phaceliahonig
Beurteilung: Die vorliegende Probe befindet sich analytisch im Grenzbereich zwischen den Sortenempfehlungen Blütenhonig und Blütenhonig mit Phaceliahonig. 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 10.1-1: Untersuchungsprotokoll Sommertrachthonig-Qualität Standort MEF 2019

Prüfbericht Nr. R 126/19 a Datum: 14.08.2019

Unsere Proben-Nr.: 126/19
 Produkt: Honig (flüssig)
 Ihre Kennung/ Bezeichnung: Flughafenhonig

Probeneingang: 10. Jul. 2019 Verpackung: Neutralglas 250 g
 Probenahme durch: Einsender/ Auftraggeber Verschlussicherung: nein
 Beginn - Ende der Untersuchung: 17. Jul. - 13. Aug 2019

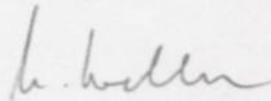
Prüfauftrag: Rückstandsanalyse

Analyt/en SOP P-1-001 (Z)	Ergebnis (µg/kg)	Analyt/en SOP P-1-008	Ergebnis (µg/kg)
Brompropylat	n.d.	Thymol	keine Analyse
Coumaphos	n.d.	Paradichlorbenzol	keine Analyse
Fluvalinat	n.d.		
Tetradifon	n.d.		
Acrinathrin	n.d.	Analyt/en SOP P-1-010	Ergebnis (µg/kg)
Chlorfenvinphos	n.d.	Acetamiprid	keine Analyse
Dimoxystrobin	n.d.	Cyprodinil	keine Analyse
Alpha-Cypermethrin	n.d.	Fonicamid	keine Analyse
Lambda-Cyhalothrin	n.d.	Thiacloprid	keine Analyse
Iprodion	n.d.	Tebuconazol	keine Analyse
Tolyfluanid	n.d.	Prothioconazol	keine Analyse
Beta-Cyfluthrin	n.d.	Metconazol	keine Analyse
Myclobutanil	n.d.	Thiophanat-methyl	keine Analyse
Deltamethrin	n.d.	Prochloraz	keine Analyse
Boscalid	n.d.	Pyraclostrobin	keine Analyse
Kresoxim-Methyl	n.d.	Fuopyram	keine Analyse
Esfenvalerat	n.d.		
Chlorpyrifos-methyl	n.d.	Analyt/en SOP P-1-005	Ergebnis (µg/kg)
Azoxystrobin	n.d.	N,N-Diethyl-m-toluamid (DEET)	keine Analyse
		Dimethylphenylformamid (DMF)	keine Analyse
		Dimethylanilin (DMA) / Amitraz	keine Analyse

(Z) akkreditiert nach DIN EN ISO/ IEC 17025

n.d. = keine Rückstände nachweisbar (nicht detektierbar) < Bestimmungsgrenze

Beurteilung:
 Der eingesandte Honig entspricht hinsichtlich der untersuchten Parameter den gesetzlichen Bestimmungen (RHmV v. 21.10.1999 in Verbindung mit VO (EWG) 2377/90).


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

Das *auszugsweise* Kopieren dieses Befunds ist nicht gestattet!

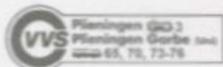
 <p>Pflanzungen GmbH Pflanzungen Garbe GmbH 70599 Stuttgart USt-ID-Nr. (VAT) DE 147 794 207</p>	<p>Dienstgebäude und Lieferanschrift: August-von-Hartmann-Str. 13 70599 Stuttgart USt-ID-Nr. (VAT) DE 147 794 207</p> <p>http://bienenkunde.uni-hohenheim.de</p>	<p>Telefon: (0711) 459-22662 Fax: -22233</p>	<p>Konto: Baden-Württembergische Bank, Stuttgart (BLZ 600 501 01) Konto-Nr. 2 560 108 IBAN: DE20 6005 0101 0002 5601 08 BIC-Code: SOLADESTXXX</p> <p style="text-align: right;">Seite 1 von 1</p>
---	---	---	---

Bild 10.1-2: Untersuchung auf Varroabekämpfungsmittel- und Pestizidrückstände - Protokoll für HFF-Frühtrachthonig 2019

11 Anhang C: Analysen auf PAK 2019

11.1 PAK-Analysen von Pollen 2019

Die tabellarische Darstellung der Metallanalysen von Pollen am Flughafen München mit Referenzgebiet Aichach findet sich in Kapitel 3.4, die der Einzelergebnisse der PAK-Analysen in Tabelle 11.1-1.

Tabelle 11.1-1: PAK-Analysen von Pollen 2019

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

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

Kleinschrift: 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

11.2 PAK-Analysen von Wachs 2019

Die tabellarische Darstellung der Metallanalysen von Wachs (Wildbau: Drohnenwaben) findet sich in Kapitel 3.4, die der Einzelergebnisse der PAK-Analysen in der nachfolgenden Tabelle 11.2-1.

Tabelle 11.2-1: PAK-Analysen von Wachs 2019

Honigmonitoring 2019: PAK in Wachs in µg/kg OS (Originalsubstanz)									
Standort - Früh- (FT), Sommertracht (ST)		HFF-FT	HFF-ST	MFS-FT	MFS-ST	MEF-FT	MEF-ST	AIC-FT	AIC-ST
PAK-Komponente	Abkürz.	Drohnenvaben 18.5.-3.7. (6,5Wo.)	Drohnenvaben 1.-30.7.(4,5 Wo.)	Drohnenvaben 20.4.-23.5.(4,5Wo.)	Drohnenvaben 25.5.-5.7. (6 Wo.)	Drohnenvaben 20.4.-23.5.(4,5Wo.)	Drohnenvaben 25.5.-8.7. (6,5Wo.)	Drohnenvaben 14.4.-30.5.(6,5Wo.)	Drohnenvaben 1.6.-15.7. (6 Wo.)
Naphthalin	NAP	3,7	4,5	8,0	5,8	6,6	4,5	7,1	4,3
Acenaphtylen	ACY	0,17	0,28	0,31	0,24	0,22	0,30	0,55	0,37
Acenaphthen	ACE	0,44	0,51	0,64	0,57	0,38	0,35	0,62	0,64
Fluoren	FLE	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	0,7	1,2	1,5
Phenanthren	PHE	3,5	3,6	4,0	5,1	5,1	4,1	4,7	6,0
Anthracen	ANT	0,05	0,13	0,05	0,18	0,05	0,14	0,12	0,20
Flouranthen	FLU	1,0	0,8	0,8	1,3	1,2	0,8	1,1	1,4
Pyren	PYR	0,57	0,50	0,46	0,97	0,69	0,49	0,78	0,67
Benzo[a]anthracen	BaA	0,16	0,10	0,13	0,10	0,23	0,13	0,17	0,05
Chrysen(+Triphenylen)	CHR(+TRI)	0,31	0,24	0,37	0,40	0,45	0,30	0,42	0,28
Benzo[b,j,k]fluoranthen	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)
 Kleinschrift: 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

11.3 PAK-Analysen von Honig 2019

Die tabellarische Darstellung der Metallanalysen von Honig findet sich in Kapitel 3.4, die der Einzelergebnisse der PAK-Analysen von Honig in der nachfolgenden Tabelle 11.3-1.

Tabelle 11.3-1: PAK-Analysen von Honig 2019

Honigmonitoring 2019: PAK in Honig in µg/kg OS (Originalsubstanz)										Höchstgehalte für andere Lebensmittel (VO (EU) 835/2011 ff.)
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	
Acenaphthylen	ACY	0,60	0,40	0,43	0,35	0,20	0,34	0,19	0,78	
Acenaphthen	ACE	0,17	0,10	0,19	0,05	0,17	0,05	0,17	0,27	
Fluoren	FLE	1,6	1,3	1,9	1,1	1,8	1,8	1,5	5,0	
Phenanthren	PHE	4,7	1,0	3,8	0,7	3,1	1,0	3,4	2,6	
Anthracen	ANT	0,19	0,18	0,32	0,16	0,23	0,21	0,18	0,76	
Flouranthen	FLU	0,36	0,11	0,35	0,05	0,28	0,10	0,32	0,20	
Pyren	PYR	0,19	0,05	0,20	0,05	0,17	0,05	0,19	0,13	
Benzo[a]anthracen	BaA	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Chrysen(+Triphenylen)	CHR(+TRI)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Benzo[b,j,k]fluoranthren	BbJF+BkF	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Benzo[a]pyren	BaP	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	1-10
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	1-50
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)
Kleinschrift: 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
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
graue Kleinschrift: Höchstgehalte für andere Lebensmittel (VO (EU) Nr. 835/2011 und 2015/1933), nicht für Honig definiert

Erstellt im Auftrag der Flughafen München GmbH
von

Dr. Monica Wäber (Projektleitung) und
Frank Pompe

UMW Umweltmonitoring
Wallbergstraße 13
82054 Sauerlach

www.umweltmonitoring.com

Sauerlach, im Februar 2020



Dr. Monica Wäber