

/Biomonitoring

Umwelt am Flughafen München

Verbindung Leben

M



Inhalt

Mithilfe von Pflanzen als lebende Indikatoren ermittelt der Münchner Airport, ob sich der Flughafenbetrieb auf die Qualität von Gemüse und Futterpflanzen auswirkt.

Einleitung

- 3 Vorwort
- 5 Einführung
- 6 Zahlen und Fakten
- 8 Wie gelangen Schadstoffe in die Umwelt?

Mehr als zehn Jahre Biomonitoring

- 10 Luftgütemessungen
- 12 Biomonitoring und Depositionsuntersuchungen
- 18 Ergebnisse des Biomonitorings und der Depositionsuntersuchungen
- 35 Zusammenfassung

Anhang

- 36 Rechtliche und fachliche Rahmenbedingungen
- 39 Anlagen
- 48 Glossar
- 50 Quellen
- 51 Impressum



Vorwort

Sie gilt Dame und Herr,

der Münchner Flughafen zählt zu den verkehrsreichsten Luftverkehrsdrehscheiben Europas mit Flugverbindungen zu über 266 Zielen in aller Welt. Im Jahr 2017 stiegen die Fluggastzahlen um 2,3 Millionen auf einen neuen Höchstwert von 44,6 Millionen. Der Flughafen München gehört mit rund 35.000 Beschäftigten in 550 Unternehmen zu den größten Arbeitsstätten Bayerns. Der Flughafen München ist »Bayerns Tor zur Welt« - vielfach ausgezeichnet und ein Standortfaktor erster Güte, der für die Menschen in der Region für Einkommen und soziale Sicherheit sorgt.

Der Luftverkehr hat aber auch Auswirkungen auf die Umwelt. Als Flughafenbetreiber sind wir uns der Verantwortung für den Umwelt- und Klimaschutz bewusst und haben deshalb Nachhaltigkeit als ein zentrales Ziel in unserer Unternehmensstrategie verankert. Wir engagieren uns für ein ehrgeiziges Klimaschutzprogramm, das weit über die gesetzlichen und behördlichen Anforderungen hinausgeht: Bis zum Jahr 2030 werden wir ein CO₂-neutraler Airport sein und investieren dafür 150 Millionen Euro.

Schon seit mehr als zehn Jahren betreibt die Flughafen München GmbH das engste Biomonitoring-Messnetz aller europäischen Flughäfen. Außerdem führen wir chemisch-physikalische Luftgütemessungen in kontinuierlicher Folge durch. Wir setzen Pflanzen als lebende Indikatoren ein und ermitteln mit Biomonitoring, ob durch den Flughafenbetrieb mögliche Auswirkungen auf Gemüse und Futterpflanzen feststellbar sind.

Die von unabhängigen Instituten durchgeführten Untersuchungen der letzten Jahre belegen, dass keine gesundheitsgefährdenden Belastungen vom Flughafenbetrieb ausgehen und der Anbau von Nahrungsmitteln im Umfeld des Flughafens München unbedenklich ist.



Dr. Michael Kerkloh
Vorsitzender der Geschäftsführung
und Arbeitsdirektor



Andrea Gebbeken
Geschäftsführerin
Commercial und Security



Thomas Weyer
Geschäftsführer
Finanzen und Infrastruktur

» Die Luftqualität in der Nachbarschaft
des Flughafens ist gut. «

Umweltabteilung Flughafen München GmbH





Einführung

Der Flughafen München weiß um seine Verantwortung für die Menschen in der Flughafenregion und die Qualität der Umwelt, in der sie leben. Deshalb stellt das Umweltmanagement der Flughafen München GmbH (FMG) nicht nur sicher, dass gesetzliche und behördliche Auflagen eingehalten werden, sondern nimmt mit zahlreichen Untersuchungsprogrammen und Maßnahmen eine Vorreiterrolle im Umweltschutz ein. So betreibt die FMG unter anderem ein vielfältiges Luftgütemessprogramm, das weit über Branchenstandards hinausreicht.

Beim Biomonitoring helfen Pflanzen und Gemüse als lebende »Messgeräte«, die Auswirkungen von Luftschadstoffen auf Mensch und Umwelt in der Airport-Region zu untersuchen. Bereits 2006 hat die Flughafen München GmbH mit Biomonitoring begonnen, um der Frage nachzugehen, ob der Betrieb des Flughafens München Auswirkungen auf die Qualität der in seiner Nachbarschaft angebauten Futter- und Lebensmittel hat. Seitdem hat der Flughafen durchschnittlich 4-mal jährlich 35 Parameter an 12 bis 28 Messpunkten untersucht und insgesamt rund 32.000 Messwerte erhoben.

Das Biomonitoring belegt seitdem, ebenso wie die chemisch-physikalischen Luftgütemessungen und das seit 2008 durchgeführte Honigmonitoring, dass die Luftqualität im Bereich des Flughafens München ebenso gut ist, wie in Gegenden ohne Flughafenbetrieb.



Zahlen und Fakten



Messdaten und Berichte sind auf den Internetseiten des Flughafens München veröffentlicht.
www.munich-airport.de/biomonitoring-88353

Der Flughafen München ist der erste Flughafen in Europa, der für seine Qualität als »5-Star-Airport« ausgezeichnet wurde. Nicht nur bei der Kundenzufriedenheit, auch im Bereich Umwelt leistet der Flughafen München überdurchschnittlich viel. So muss auch die Qualität und Dichte der Luftgütemessungen am Flughafen München keinen Vergleich scheuen.

Auf dem rund 15 Quadratkilometer großen Flughafengelände befinden sich zwei stationäre Messstationen zur Beurteilung der Luftgüte, ergänzt durch eine mobile Station, die auf Wunsch von Gemeinden im Umland eingesetzt werden kann. Alle drei Messstationen entsprechen den hohen Anforderungen des Lufthygienischen Landesüberwachungssystems Bayern (LÜB) des Bayerischen Landesamts für Umwelt (LfU). Zum Vergleich: Das LfU überwacht die Luftgüte in Bayern auf rund 70.000 Quadratkilometern mit 54 stationären Messstationen und einer mobilen Messstation ^①.

Noch eindrucksvoller ist das Verhältnis beim Biomonitoring. Für die Dauerbeobachtung mit aktivem [➤] Biomonitoring betreibt das LfU sieben Messpunkte in ganz Bayern ^②. Der Flughafen München hingegen überwacht sein Umland mit zwölf eigenen Biomonitoring-Messpunkten und zusätzlich in einem Referenzgebiet. Er unterhält damit das engmaschigste Biomonitoring-Messnetz aller Flughäfen in Europa. Pro Jahr liefern 240 Graskulturen und 36 Grünkohlexponate rund 1.700 Messdaten zu Luftschadstoffen und deren Auswirkungen. Gras und Grünkohl als [➤] Bioindikatoren zeigen, ob und in welchem Maß Luftschadstoffe in die Umwelt und in die Nahrungskette gelangen.

Die Messdaten der stationären Luftgütemessstationen, die Berichte zu den Messkampagnen der mobilen Luftgütemessstation, die Jahresberichte zum [➤] Honigmonitoring sowie die Berichte zum Biomonitoring belegen, dass die Luftqualität am und um den Flughafen München gut ist.

① ②

siehe Quellen-
nachweis S. 50

[➤] Biomonitoring
[➤] Bioindikatoren
[➤] Honigmonitoring
 siehe Glossar S. 48-49





5 Star Airport



rund

405.000

Flugbewegungen



rund

35.000

Beschäftigte
am Campus



rund

340.000

Anwohner



Biomonitoring:

Jährlich liefern

276

Bioindikatoren

rund

1.700

Werte

zu Luftschadstoff-
wirkungen



2 stationäre
Luftgütemess-
stationen

1 mobile

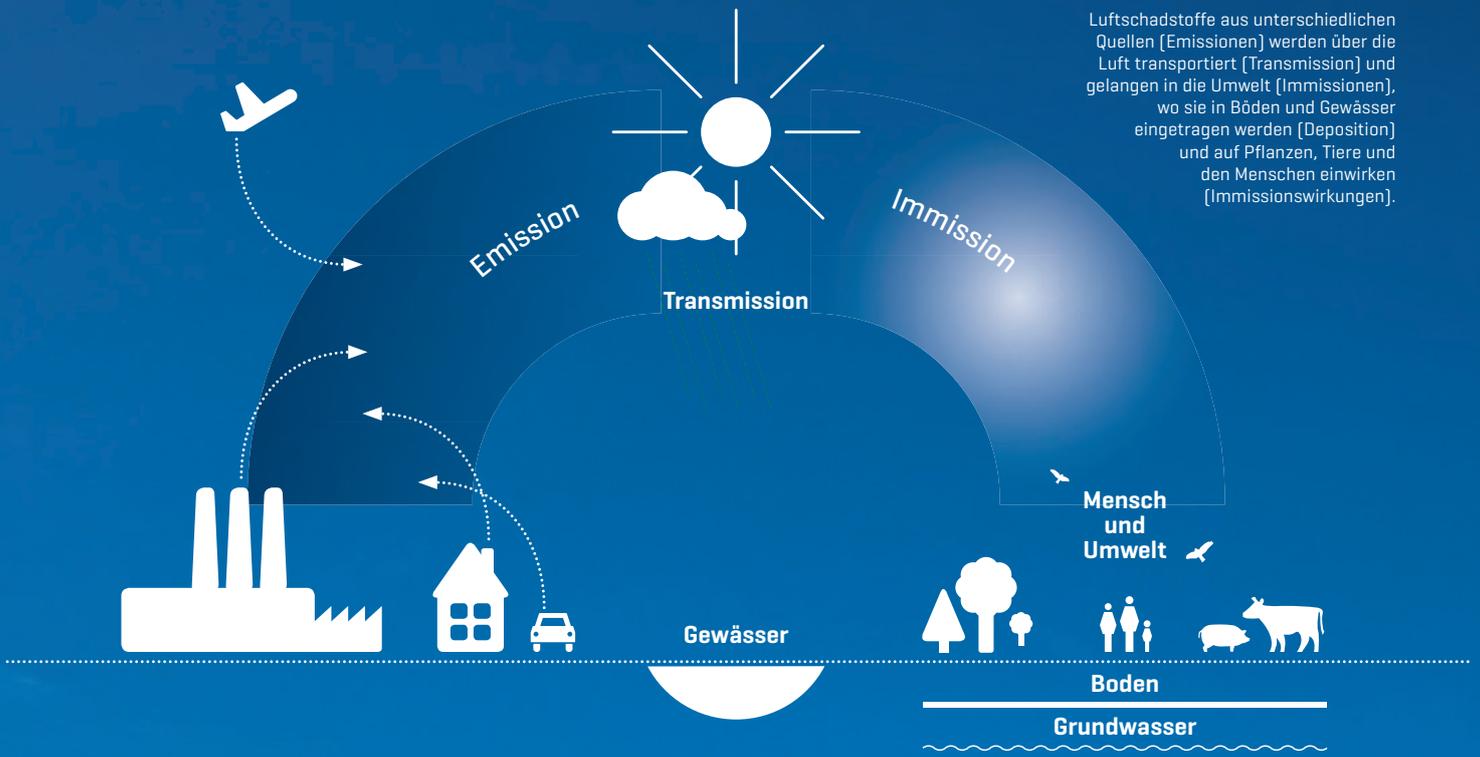
Luftgütemess-
station



**12 Bio-
monitoring-
Messpunkte**

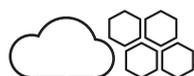


**3 Honig-
monitoring-
Messpunkte**



Luftschadstoffe aus unterschiedlichen Quellen (Emissionen) werden über die Luft transportiert (Transmission) und gelangen in die Umwelt (Immissionen), wo sie in Böden und Gewässer eingetragen werden (Deposition) und auf Pflanzen, Tiere und den Menschen einwirken (Immissionswirkungen).





Wie gelangen Schadstoffe in die Umwelt?

Von der Sahara über das Stadtgebiet München bis zum Flughafen

Als ↗ **Emission** wird die Freisetzung von Schadstoffen in die Umwelt bezeichnet. Typische Emissionsquellen sind Kraftwerke, Heizungen, Industrie, Landwirtschaft und der Verkehr ^③.

Die emittierten Stoffe werden über die Luft verfrachtet, verdünnt, durchmischt und teilweise umgewandelt. Diese Vorgänge beschreibt der Fachbegriff ↗ **Transmission**.

Unter ↗ **Immission** versteht man die Konzentration von Luftschadstoffen an ihrem »Wirkort«, also zum Beispiel in der Umgebungsluft von Menschen, Tieren und Pflanzen ^⑧. Wo und wie die Luftschadstoffe in die Umwelt eingetragen werden, hängt neben der Konzentration von ihren Eigenschaften, der Witterung, dem Gelände, der Vegetation und weiteren Faktoren ab.

Die Ablagerung von Schadstoffen in der Umwelt, zum Beispiel der Eintrag in Böden und Gewässer, wird auch ↗ **Deposition** genannt.

Wie Immissionen sich in Pflanzen und Tieren anreichern und wie sie auf die Lebewesen wirken, wird durch den Begriff ↗ **Immissionswirkungen** erläutert.

Beim Betrieb eines Flughafens werden Emissionen nicht nur durch Flugzeuge verursacht. Auch der Zubringerverkehr, die Energieerzeugung auf dem Flughafengelände und die Abfertigung von Flugzeugen setzen Luftschadstoffe frei.

Für die Luftgüte in der Region ist nicht nur der Flughafen verantwortlich, sondern auch die Industrie und Landwirtschaft, der Straßenverkehr und die Haushalte spielen eine Rolle. Beispielsweise entstehen bei der Verbrennung von Holz, Kohle oder Ölprodukten unter anderem die organischen Schadstoffe ↗ **PAK** [polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe]. Laut Umweltbundesamt ^③ stammen in Deutschland mehr als 80 Prozent der PAK-Emissionen von Kleinf Feuerungsanlagen in Haushalten und weit weniger als ein Prozent aus dem Flugverkehr. Zusätzlich zu den lokalen Quellen gelangen Luftschadstoffe außerdem aus weit entfernten Gebieten in die Region, je nach Wetterlage vom Stadtgebiet München oder sogar aus der Sahara ^⑤.

^③ ^⑧ ^⑤

siehe Quellen-
nachweis S. 50

↗ **Emission**
↗ **Transmission**
↗ **Immission**
↗ **Deposition**
↗ **Immissionswirkungen**
↗ **PAK**

siehe Glossar S. 48-49



Luftgütemessungen



Fazit:

Die Beurteilungswerte der 39. BImSchV ^⑥ werden eingehalten, und die Ergebnisse zeigen, dass der Flughafen München die Luftqualität in der Region nicht in nennenswertem Umfang beeinflusst.

Die Ergebnisse des Biomonitorings ^{⑦⑨} unterschreiten aktuell sämtliche Höchstgehalte und belegen, dass ein wesentlicher Einfluss des Luftverkehrs nicht festgestellt werden kann.



siehe Quellen-
nachweis S. 50

➔ Akkumulation
➔ Höchstgehalte
siehe Glossar S. 48-49

Um die Luftqualität in der Flughafenregion zu überwachen, führt die Flughafen München GmbH umfangreiche Messprogramme durch:

Immissionsmessungen

Seit 1991 misst der Flughafen München mit technischen Analysegeräten kontinuierlich Immissionen. Seit 2014 kommt zusätzlich eine eigene mobile Luftgütemessstation in den Gemeinden des Umlands zum Einsatz. Als erster deutscher Airport ermittelt der Flughafen München damit auch Immissionen außerhalb seines Zauns.

Immissionsmessungen erfassen den Summeneffekt sämtlicher Schadstoffquellen des Untersuchungsraums – überlagert von der Grundbelastung des Ballungsraums München und der natürlichen Hintergrundkonzentration in der Atmosphäre. Diese vielfältigen Einflüsse erlauben keinen Rückschluss von den Ergebnissen der Immissionsmessungen auf die konkreten Anteile einzelner Quellen.

Die Beurteilung von Immissionen erfolgt anhand der 39. Bundes-Immissionsschutzverordnung (BImSchV) ^⑥.

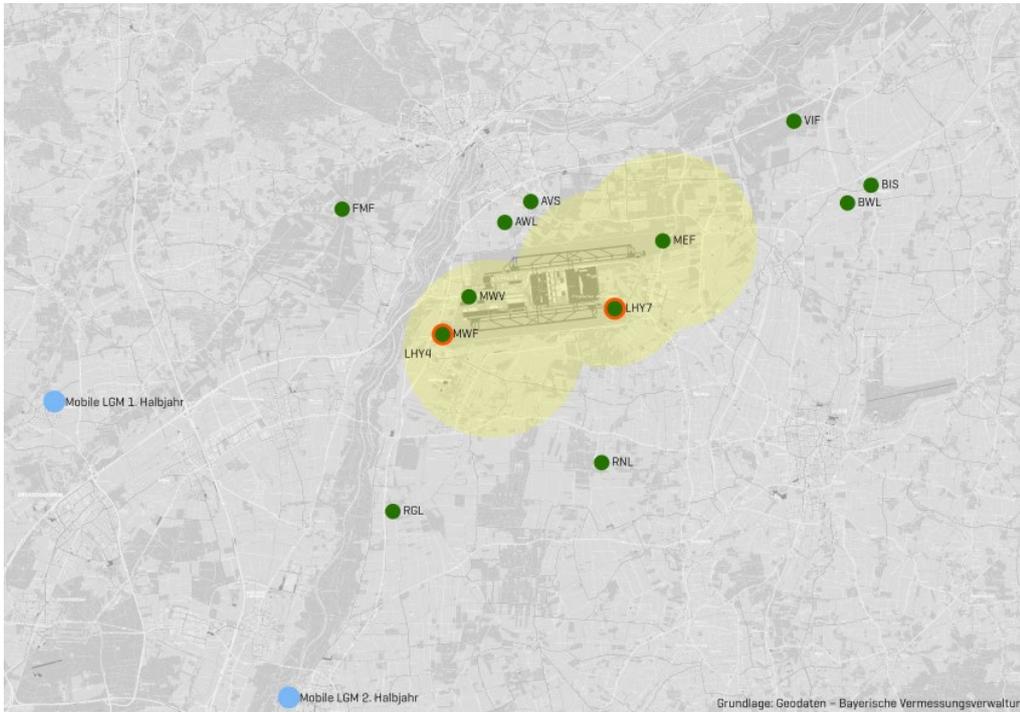
Biomonitoring

Mit Biomonitoring ^{⑦⑧⑨⑫} nimmt sich der Flughafen München der Fragen seiner Nachbarn an, ob und in welchem Maß sich Luftschadstoffe auf die landwirtschaftliche und gärtnerische Nutzung im Umland auswirken.

Neben Stoffen, die sich partikelförmig in der Umwelt ablagern, erfasst das Biomonitoring auch gasförmige Stoffe und Schwebstaub. Diese Stoffe können von lebenden Organismen aufgenommen und im Körper gesammelt werden [➔ Akkumulation]. Sie können sich in der Nahrungskette anreichern und auf diesem Weg schließlich auf den Menschen wirken.

An einer Vielzahl von Messpunkten werden seit 2006 Untersuchungen mit lebenden »Messgeräten« [Bioindikatoren] durchgeführt: Graskulturen als Futtermittel und Grünkohl als direkt vom Menschen verzehrtes Gemüse werden auf Schwermetalle, anorganische Spurenstoffe [kurz: Metalle] und auf polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) analysiert. Zur Beurteilung dienen ➔ Höchstgehalte für Futter- und Lebensmittel.

Luftgütemessungen des Flughafens München, Beispieljahr 2016



- Stationäre Luftgütemessstation
- Mobile Luftgütemessstation
- Biomonitoring und Depositionsuntersuchung
- »Flugwolken« der Bienenvölker des Flughafens

Depositionsmessungen

Depositionsmessungen erfassen Luftschadstoffe, die als Staub oder über Niederschläge in Böden, Vegetation und Gewässer gelangen ⁽²⁾. Mit Depositionssammlern (Bergerhoff-Verfahren ⁽¹⁰⁾) wird im Umfeld des Flughafens der Eintrag von Metallen erfasst, die sich im Staub partikelförmig auf Flächen ablagern. Seit 2006 begleiten diese Depositionsmessungen das Biomonitoring.

Honigmonitoring

Das 2008 gestartete Honigmonitoring ist ein freiwilliger, orientierender Umweltservice der FMG, der die Immissionswirkungsmessungen ergänzt. Das Honigmonitoring betrachtet die ganze Produktionskette - von der Vitalität der Bienenvölker bis zur Qualität von Pollen, Wachs und Honig, um lückenlos eventuelle

Schadstoffe aufzuspüren. Wie beim Biomonitoring werden Metalle und PAK untersucht. Damit begegnet der Flughafen München Bedenken, Luftschadstoffe könnten den Honig aus dem Umfeld beeinträchtigen.

Die Ergebnisse des Honigmonitorings werden anhand einschlägiger Verordnungen des Lebensmittelrechts beurteilt.



Fazit:

Das Ergebnis der Depositionsmessungen zeigt, dass die gesetzlichen Immissions- und Bodenschutzwerte, die die Depositionsraten pro Fläche begrenzen, in der Regel deutlich unterschritten werden.

Im Jahr 2017 bestätigten die Ergebnisse erneut: Der Flughafenbetrieb beeinträchtigt weder Pollen, Wachs noch Honig aus dem Umfeld. Honig aus der Münchner Airport-Region ist vielmehr von hoher Qualität. Der unter dem Label »Feiner Flughafenhonig aus der Airfolgsregion« abgefüllte Honig ist unbedenklich für den Verzehr.



Biomonitoring und Depositionsuntersuchungen

» [...] »Nur durch zeit- und raumbezogene Untersuchungen an Organismen (Biomonitoring) ist die geforderte Kontrolle möglich«^⑧.

Immissionswirkungsmessungen mit lebenden »Messgeräten« sind genauso zuverlässig wie technische Messungen, liefern aber zusätzliche Aussagen. Biomonitoring- und Bergerhoff-Verfahren zur Depositionsuntersuchung sind seit Jahrzehnten erprobt. Richtlinien des VDI [Verein Deutscher Ingenieure] und Europäische Normen [DIN EN] regeln die Anwendung.

Über die Eignung von Biomonitoring führt die einschlägige Richtlinie für »Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Pflanzen« aus:

»Die mittels biologischer Messverfahren gewonnenen Wirkungsdaten unterscheiden sich grundsätzlich von physikalisch-chemischen Messdaten der Luftschadstoffkonzentration oder Depositionsraten und von Schätzwerten aus Modellierungen. Wirkungsuntersuchungen sind durch technische Messungen und modellhafte Ableitungen nicht zu ersetzen.«

Gemeint ist hier die Kontrolle, ob der im Bundes-Immissionsschutzgesetz [BImSchG] geforderte Schutz von Menschen, Tieren und Pflanzen vor schädlichen Umwelteinwirkungen gewährleistet ist ^⑧.

Biomonitoring ist somit ein wertvolles Instrumentarium, mit dem die Auswirkungen von Immissionen auf lebende Organismen direkt gemessen und die Gefährdung der Schutzgüter Pflanze, Tier und Mensch direkt bewertet werden können.

Verfahrensstandards

Standardisierte Graskultur

Vor der Ausbringung ins Freiland werden standardisierte Graskulturen gemäß Richtlinie VDI 3957/2 ^⑦ unter gleichartigen Bedingungen im Gewächshaus vorkultiviert. Anschließend beginnt die [➤] Exposition an den Messpunkten im Umfeld des Flughafens von Mai bis September, und zwar im vierwöchigen Wechsel. Nach der Ernte untersuchen Labormitarbeiter die Pflanzen auf Schadstoffgehalte.

Für die Metallanalysen verwenden sie Proben der Monate Mai, Juli und September von jedem Messpunkt. Das Material der Intervalle Juni und August wird für etwaig erforderliche Nachuntersuchungen zurückgestellt.

Für die PAK-Analysen benötigt das Labor Mischproben der Monate Mai, Juni, Juli und Einzelproben der Monate August und September. So erkennt man saisonale Effekte bei den PAK-Immissionswirkungen – zum Beispiel den Beginn der Heiztätigkeit im September.

Grünkohlexposition

Gemäß Richtlinie VDI 3957/3 ^⑨ wird auch Grünkohl standardisiert im Gewächshaus vorgezogen. Die für kalte Witterungsbedingungen besonders geeigneten Grünkohlexponate nehmen im Oktober und November den Platz der Graskulturen ein. Nach acht Wochen im Freien geht es ins Labor zur Analyse auf Metall- sowie PAK-Gehalte.

^⑦ ^⑧ ^⑨

siehe Quellen-
nachweis S. 50

[➤] Exposition

siehe Glossar S. 48-49

Übersicht Erhebungszeiträume

Verfahren	Jan.	Feb.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.
Graskulturexposition					Serie 1	Serie 2	Serie 3	Serie 4	Serie 5				
Graskulturanalysen					Grasmischprobe Gras 1 – 3			Gras 4	Gras 5				
Grünkohlexposition und -analysen										Grünkohl			
Bergerhoff- Sammlung und -Analyse	Serie 1	Serie 2	Serie 3	Serie 4	Serie 5	Serie 6	Serie 7	Serie 8	Serie 9	Serie 10	Serie 11	Serie 12	Serie 13

Bergerhoff-Verfahren

Zur Ermittlung der Schadstoffdeposition aus der Luft in den Boden werden gemäß Richtlinie VDI 4320/2 (10) ganzjährig Sammler aufgestellt. Diese erfassen in 13 Messintervallen von jeweils vier Wochen partikelförmige trockene und nasse Niederschläge. Die Proben werden gemäß Richtlinie VDI 2267/15 (11) laboranalytisch auf die gleichen Metalle wie beim Biomonitoring untersucht. Sie liefern Erkenntnisse über die Gesamtmenge an Staubniederschlag. Quecksilber wird in den Depositionsproben nicht analysiert, da das eingesetzte Bergerhoff-Verfahren Quecksilber nicht vollständig erfassen kann.

Bewertungsgrundlagen

Das Ziel der Luftreinhaltung ist gemäß Bundes-Immissionsschutzgesetz: »Menschen, Tiere und Pflanzen, den Boden, das Wasser, die Atmosphäre sowie Kultur- und sonstige Sachgüter vor schädlichen Umwelteinwirkungen zu schützen und dem Entstehen schädlicher Umwelteinwirkungen vorzubeugen« (4).

Für die Bewertung des Biomonitorings und der Depositionsuntersuchungen können folgende Bewertungsgrundlagen herangezogen werden:

- Futtermittelverordnung [FuttMV] (14)
- Richtlinienreihe VDI 2310 (15)
- Verordnung [EG] Nr. 1881/2006: (22) Festsetzung der Höchstgehalte für bestimmte ↗ Kontaminanten in Lebensmitteln in Verbindung mit Verordnungen [EU] Nr. 420/2011 und Nr. 2015/1005 (16) und Verordnung [EU] Nr. 488/2014 (23)
- RHmV (17) : Höchstmengen der Rückstands-Höchstmengenverordnung in Verbindung mit Verordnung [EG] Nr. 396/2005 über Höchstgehalte an Pestizidrückständen in oder auf Lebensmittel- und Futtermitteln (18)
- Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft [TA Luft] (19)
- Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung [BBodSchV] (20)

(4) (10) (11) (14) (15) (16)
(17) (18) (19) (20) (22) (23)

siehe Quellen-
nachweis S. 50

↗ Kontaminant
siehe Glossar S. 48-49

Übersicht Beurteilungsgrundlagen Biomonitoring und Depositionsuntersuchungen

Verfahren	Beurteilung	Bezug
Standardisierte Graskultur als Stellvertreter für pflanzliche Tierfuttermittel	FuttMV: Höchstgehalte unerwünschter Stoffe	Einzelwertüberschreitung
	Richtlinienreihe VDI 2310: Maximale ↗ Immissions-Werte zum Schutz der landwirtschaftlichen Nutztiere und zur Sicherung der Unbedenklichkeit der von diesen Tieren gewonnenen Lebensmittel	Überschreitung des Mittelwerts über die Vegetationszeit
Grünkohlexposition als Stellvertreter für Gemüse- Lebensmittel des Menschen	EU-Verordnungen: Verordnung (EG) Nr. 1881/2006: Höchstgehalte für bestimmte Kontaminaten in Lebensmitteln Verordnung (EU) Nr. 420/2011, 2015/1005 und Nr. 488/2014: spezifisch für Blei und Cadmium in Blattkohl und Blattgemüse-Lebensmittel	Einzelwertüberschreitung
	RHmV: Höchstmengen der Rückstands-Höchst- mengenverordnung in Verbindung mit Verordnung (EG) Nr. 396/2005: über Höchstgehalte an Pestizidrück- ständen in oder auf Lebens- und Futtermitteln	Einzelwertüberschreitung
Bergerhoff-Verfahren als Depositionsraten-Mess- verfahren von Metallen und Gesamtstaubniederschlag	TA Luft: Immissionswerte zum »Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch die Deposition von luftverun- reinigenden Stoffen, einschließlich [...] schädlichen Bodenveränderungen«	jährliche Depositionsrate
	BBodSchV: »zulässige zusätzliche jährliche Frachten an Schadstoffen über alle Wirkungspfade« für Schwermetalle	jährliche Depositionsrate

Übersicht Beurteilungswerte Biomonitoring und Depositionsuntersuchungen

Stoff	Beurteilungswerte						
	für Futtermittel zum Vergleich mit standardisierter Graskultur			für Blattkohl- und -gemüselebensmittel		für Depositionen	
	Höchstgehalte gemäß Futtermittelverordnung	Maximale Immissions-Werte gemäß Richtlinienreihe VDI 2310		Höchstgehalte gemäß Verordnung (EU) Nr. 420/2011, 2015/1005 und 488/2014	Höchstmengen gemäß RHMV mit VO (EG) Nr. 396/2005	Immissionswerte gemäß TA Luft	zulässige Frachten gemäß BBodSchV
		für Rinder	für Schafe				
	in Milligramm pro Kilogramm [mg/kg] bezogen auf 88 % Trockenmasse			in mg/kg bezogen auf Frischmasse		in Mikrogramm pro Quadratmeter und Tag [$\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$] bezogen auf ein Jahr	
					Staub in Gramm pro Quadratmeter und Tag [$\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$] bezogen auf ein Jahr		
Aluminium [Al]	-	500	500	-	-	-	-
Antimon [Sb]	-	-	-	-	-	-	-
Arsen [As]	2	2	2	-	-	4	-
Bismut [Bi]	-	-	-	-	-	-	-
Blei [Pb]	30	0,9-1,3 ¹⁾	4-6 ²⁾	0,3	-	100	110
Cadmium [Cd]	1	0,6	0,6	0,2	-	2	1,6
Chrom [Cr]	-	50	50	-	-	-	82
Eisen [Fe]	-	-	-	-	-	-	-
Kalzium [Ca]	-	-	-	-	-	-	-
Kobalt [Co]	-	-	-	-	-	-	-
Kupfer [Cu]	-	40-100	10-20	-	10-50	-	100
Mangan [Mn]	-	-	-	-	-	-	-
Molybdän [Mo]	-	10	50	-	-	-	-
Nickel [Ni]	-	50	50	-	-	15	27
Quecksilber [Hg]	0,1	0,1	0,05	-	0,01-0,02 ³⁾	*	*
Thalium [Tl]	-	2	0,5	-	-	2	-
Titan [Ti]	-	-	-	-	-	-	-
Vanadium [V]	-	-	10	-	-	-	-
Zink [Zn]	-	500	300	-	-	-	330
Staub						0,35	-

* da das eingesetzte Bergerhoff-Verfahren Quecksilber in der Deposition nicht vollständig erfassen kann, wird Quecksilber nicht analysiert

¹⁾ gilt nur für Rinder unter 6 Monate

²⁾ gilt nur für Schafe/Ziegen unter 6 Monate

³⁾ untere analytische Bestimmungsgrenzen

Messpunkte und Messnetz

Biomonitoring und begleitende Depositionsmessungen werden seit 2006 kontinuierlich bei Attaching, Berglern, Eichenried, Gaden, Hallbergmoos, Pulling, Schwaig, im Freisinger Moos, Notzingermoos, Schwaigermoos, Viehlaßmoos sowie auf dem und rund um das Flughafengelände durchgeführt. Die Biomonitoring-Messpunkte repräsentieren typische Standorte: Flughafenbetrieb am Rollfeld, an den Start- und Landebahnen, im Überflug, in landwirtschaftlich genutzten Gebieten, im Einflussbereich von Kfz-Verkehr sowie Siedlungen mit Verkehr und häuslichen Feuerungen. Ein Teil der Messpunkte befindet sich in oder nahe bei Landschaftsschutzgebieten.

Das Messnetz bezweckt die Unterscheidung von Flughafenbetrieb, Kfz-Verkehr, Siedlungseinflüssen und landwirtschaftlicher Aktivität als potenziellen Quellen einerseits und quellenfernem Hintergrund andererseits. Zwei Messpunkte, etwa acht bis zehn Kilometer südlich des Flughafens, sowie zusätzliche Messpunkte bei Aichach dienen als Referenz. Dieses Referenzgebiet bei

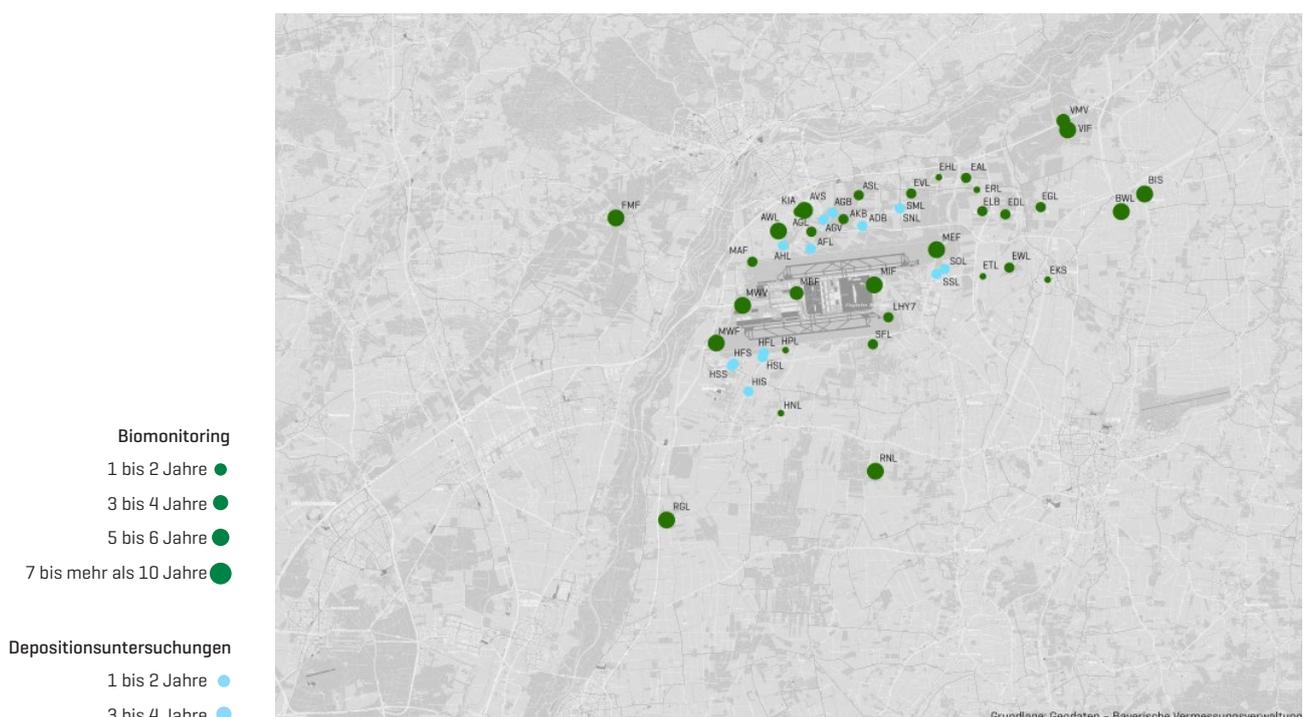
Aichach weist ähnliche regionalklimatische Gegebenheiten, eine ähnliche geografische Höhe und eine vergleichbare Nähe zu einem Ballungsraum auf, steht aber nicht unter dem Einfluss des Flughafenbetriebs.

Die Karte gibt einen Überblick über Messpunkte und -dauer für Biomonitoring und Depositionsuntersuchungen (dunkelgrün) und weitere Messpunkte, an denen zeitweise Depositionsuntersuchungen stattfanden (hellblau). Die Größe der Punkte steht für die Messdauer: je größer, desto länger der Zeitraum. Das beständig betriebene Messnetz im Umfeld des Flughafens München wird also bedarfsweise um zusätzliche Messpunkte ergänzt.

Im Lauf der Jahre mussten einzelne Messpunkte verlegt werden, wenn sich die Standortverhältnisse oder die Nutzung und Verfügbarkeit der Grundstücke geändert hatten. Seit 2008 zählt das kontinuierliche Messnetz 28 Messpunkte für Biomonitoring und Depositionsuntersuchungen. 2010 kamen 15 weitere Depositionsmesspunkte dazu. Die Untersuchungen der Jahre 2009

➔ Hintergrund
siehe Glossar S. 48-49

Übersicht Messpunkte Biomonitoring und Depositionsuntersuchungen 2006 bis 2017



und 2010 gingen als Erfassung des Istzustands in das landwirtschaftliche Beweissicherungsverfahren ein, das im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens für den Bau der dritten Start- und Landebahn durchgeführt wurde. Seit 2011 – nach dem Abschluss der Beweissicherung – arbeitet das Messnetz wieder mit seinem ursprünglichen Umfang. Mit seinen zwölf Messpunkten in der Region um den Flughafen übertrifft es deutlich die Anforderungen, die die Richtlinie VDI 3957/10 ¹² an Messnetze für emittentenbezogenes Biomonitoring stellt.

Untersuchungsumfang

In den Graskulturen werden 19 Metalle und 16 PAK-Verbindungen dreimal jährlich, in den Grünkohlpflanzen einmal jährlich untersucht. Die breite Stoffauswahl geht weit über den üblichen Umfang beim emittentenbezogenen Biomonitoring hinaus. In Bergerhoff-Sammlern werden 13-mal jährlich die Einträge von 18 Metallen und der Gesamtstaubniederschlag bestimmt. Die Stoffauswahl ist mit dem LfU abgestimmt und entspricht weitgehend der Dauerbeobachtung in Bayern ¹³.

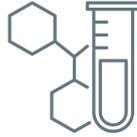
¹² ¹³

siehe Quellen-
nachweis S. 50

Untersuchungsumfang des Biomonitorings von Immissionswirkungen mit Graskultur und Grünkohl und der begleitenden Depositionsmessungen

Untersuchungsumfang	Immissionswirkungsmessungen mit Graskultur und Grünkohl	begleitende Depositionsmessungen
Messwerte pro untersuchtem Stoff pro Messjahr und Messpunkt	3 Graskultur-Stoffgehalte 1 Grünkohl-Stoffgehalt	13 Bergerhoff-Einträge
untersuchte Stoffe	<p>Metalle:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Aluminium · Antimon · Arsen · Bismut · Blei · Cadmium · Chrom · Eisen · Kalzium · Kobalt · Kupfer · Mangan · Molybdän · Nickel · Quecksilber · Thallium · Titan · Vanadium · Zink <p>PAK: 16 nach US Umweltbehörde (EPA) als »prioritäre Schadstoffe« definierte PAK-Einzelverbindungen einschließlich Benzo[a]pyren</p>	<p>Metalle:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Aluminium · Antimon · Arsen · Bismut · Blei · Cadmium · Chrom · Eisen · Kalzium · Kobalt · Kupfer · Mangan · Molybdän · Nickel · Thallium · Titan · Vanadium · Zink <p>Gesamtstaubniederschlag</p>
Messbereich	<p>Metalle: Milligramm pro Kilogramm bezogen auf 100 % Trockenmasse [mg/kg TM]</p> <p>PAK: Mikrogramm pro Kilogramm bezogen auf 100 % Trockenmasse [µg/kg TM]</p>	<p>Metalle: Mikrogramm pro Quadratmeter und Tag [µg/(m²*d)]</p> <p>Staub: Gramm pro Quadratmeter und Tag [g/(m²*d)]</p> <p><i>jeweils bezogen auf ein Jahr</i></p>

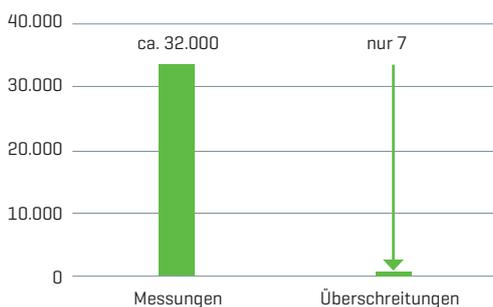




Ergebnisse des Biomonitorings und der Depositionsuntersuchungen

Ergebnisse des Biomonitorings

Beim Biomonitoring des Flughafens München werden pro Messintervall und Messpunkt in den Bioindikatoren 35 Stoffe analysiert. Das ergibt im kontinuierlichen Messnetz jährlich mehr als 2.000 Werte. Im Zeitraum 2006 bis 2017 lieferte also das Biomonitoring – zusammen mit den nicht durchgängig untersuchten Standorten – insgesamt rund 32.000 Werte zu Immissionswirkungen. Bei den rund 32.000 Messungen wurde nur in sieben Fällen einer der Beurteilungswerte überschritten.



Als Beurteilungswerte für die Graskulturergebnisse dienen für zwölf Stoffe Höchstgehalte gemäß Futtermittelverordnung⁽¹⁴⁾ und Maximale Immissions-Werte gemäß Richtlinienreihe VDI 2310⁽¹⁵⁾: Aluminium, Arsen, Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Molybdän, Nickel, Quecksilber, Thallium, Vanadium und Zink. Für die Grünkohlergebnisse können Höchstgehalte beziehungsweise Höchstmengen gemäß EU-Verordnungen für vier dieser Stoffe zur Beurteilung herangezogen werden: Blei, Cadmium, Kupfer und Quecksilber. Das ist auch der Grund, weshalb diese vier Metalle im Jahr 2017 exemplarisch für die immense Anzahl an Ergebnissen abgebildet werden. Vollständig sind die Ergebnisse des Biomonitorings 2006 bis 2017 in Jahresberichten dokumentiert.

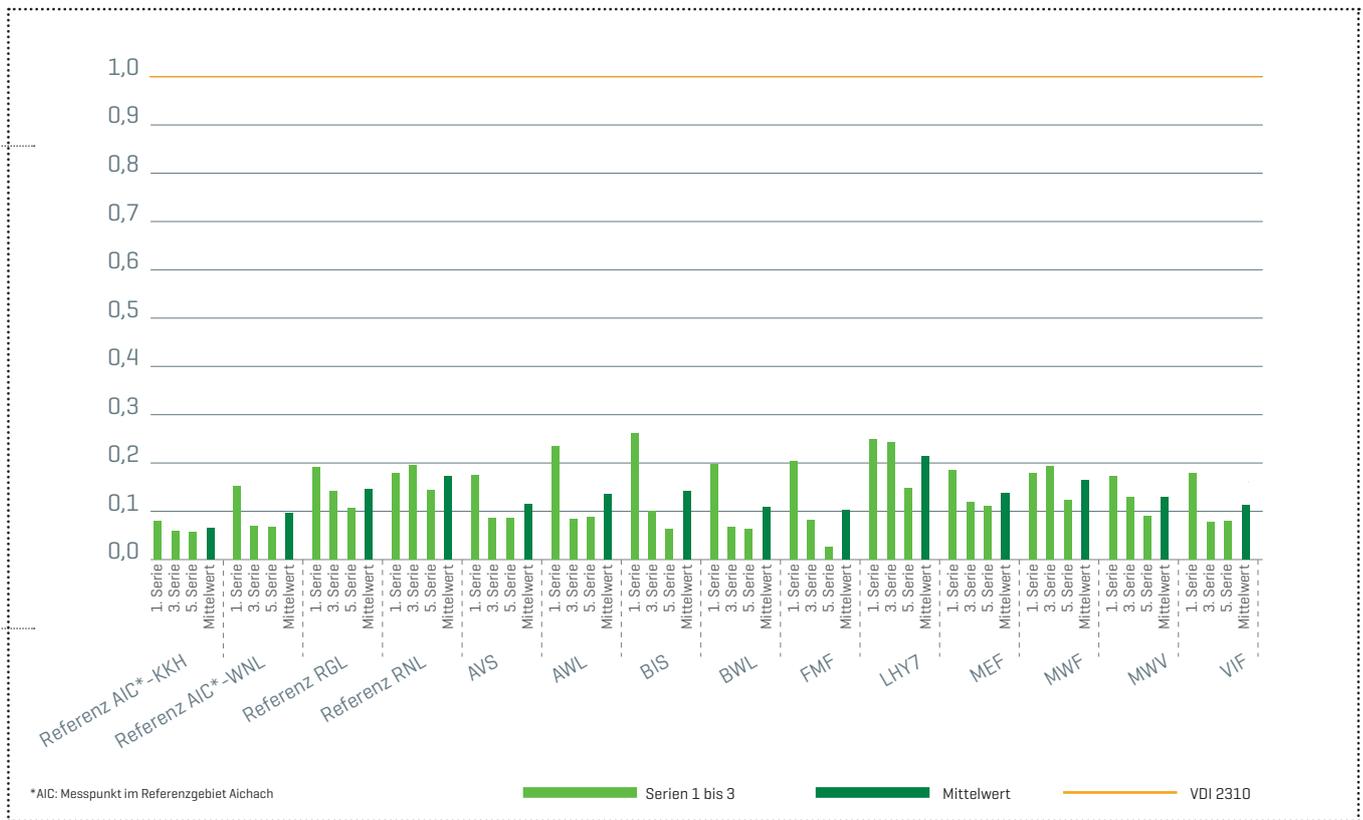


Weitere Informationen im Internet unter www.munich-airport.de/biomonitoring-88353

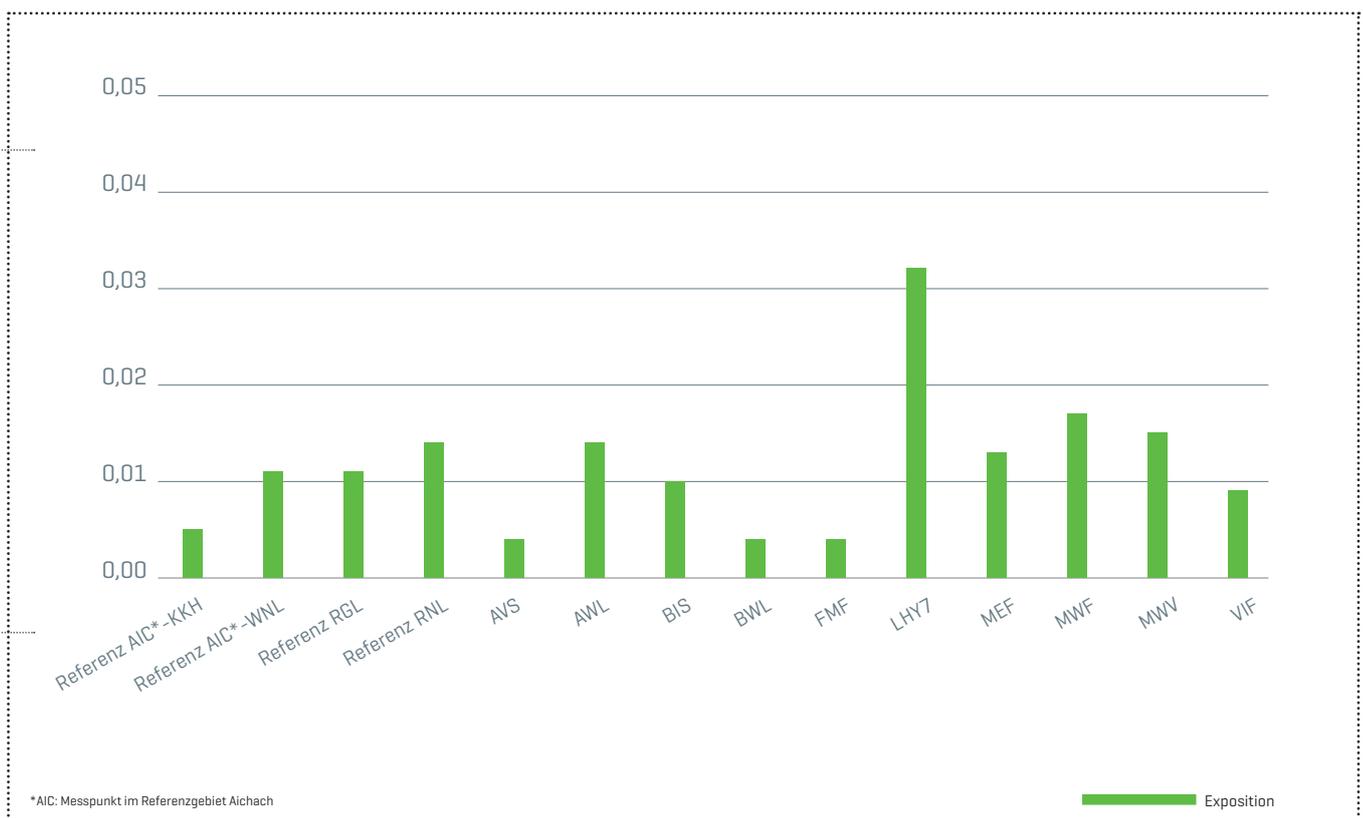
⁽¹⁴⁾ ⁽¹⁵⁾

siehe Quellenachweis S. 50

Standardisierte Graskulturen 2017 – Blei [mg/kg TM]



Grünkohl 2017 – Blei [mg/kg Frischmasse]



Cadmium in Gras

Beurteilungswerte für Futtermittel

Höchstgehalt [FuttMV]:
1,14 mg/kg bezogen auf 100 % TM;
Max. Immissions-Wert [VDI 2310]:
0,68 mg/kg bezogen auf 100 % TM

Bestimmungsgrenze:
0,01 mg/kg TM

Das Beispiel zeigt die Ergebnisse des Biomonitorings 2017 für Cadmium in Graskulturen. Für den Vergleich wurden die Beurteilungswerte auf 100 % Trockenmasse [TM] umgerechnet.

Standardisierte Graskulturen 2017 – Cadmium [mg/kg TM]



Der Höchstgehalt der Futtermittelverordnung [FuttMV] ⁽¹⁴⁾ von 1,14 mg/kg TM wird **nur zu 4 % ausgeschöpft** und die Maximalen Immissions-Werte gemäß VDI 2310 ⁽¹⁵⁾ von 0,68 mg/kg TM **werden deutlich unterschritten**.

Cadmium in Grünkohl

Beurteilungswert für Lebensmittel

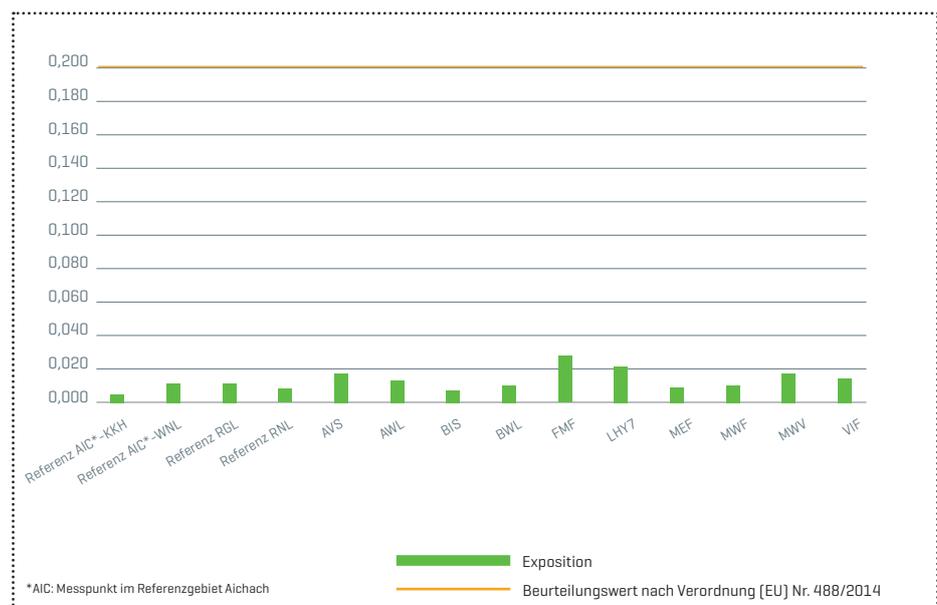
Höchstgehalt [Verordnung (EU) Nr. 488/2014] 0,2 mg/kg bezogen auf Frischmasse

Bestimmungsgrenze:
0,01 mg/kg TM

Die Analyse der Bioindikatorproben basiert auf Frischmasse. Für den Vergleich mit den Lebensmittel-Beurteilungswerten wurden die Grünkohl-Messwerte in Frischmasse umgerechnet.

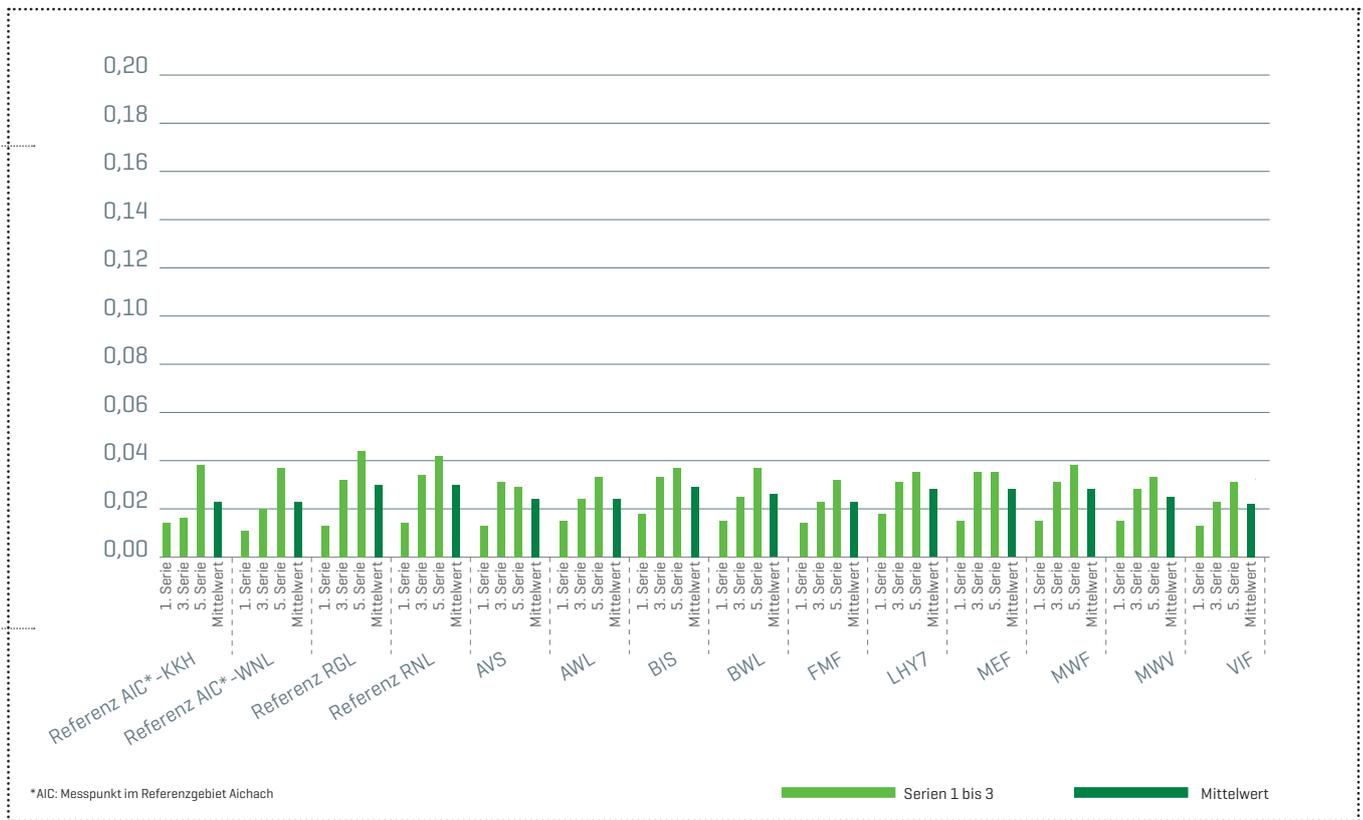
Hinweis: Der Bioindikator Grünkohl wird ungewaschen analysiert. Der Höchstgehalt hingegen gilt für gewaschene Blattkohl-Lebensmittel.

Grünkohl 2017 – Cadmium [mg/kg Frischmasse]

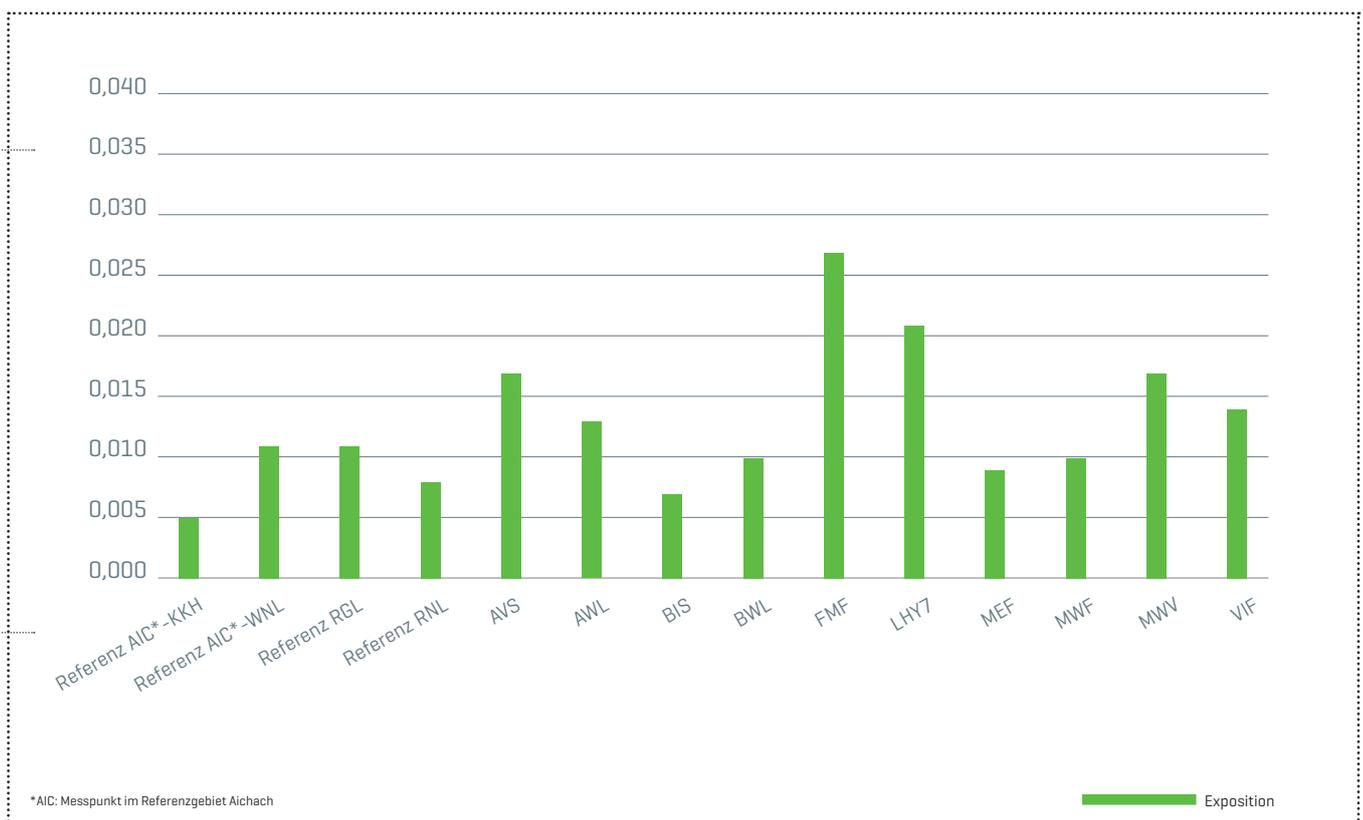


Der Cadmiumgehalt in Grünkohl **liegt deutlich unter** dem Höchstgehalt für Blattkohl-Lebensmittel [0,2 mg/kg bezogen auf Frischmasse]. ⁽²³⁾

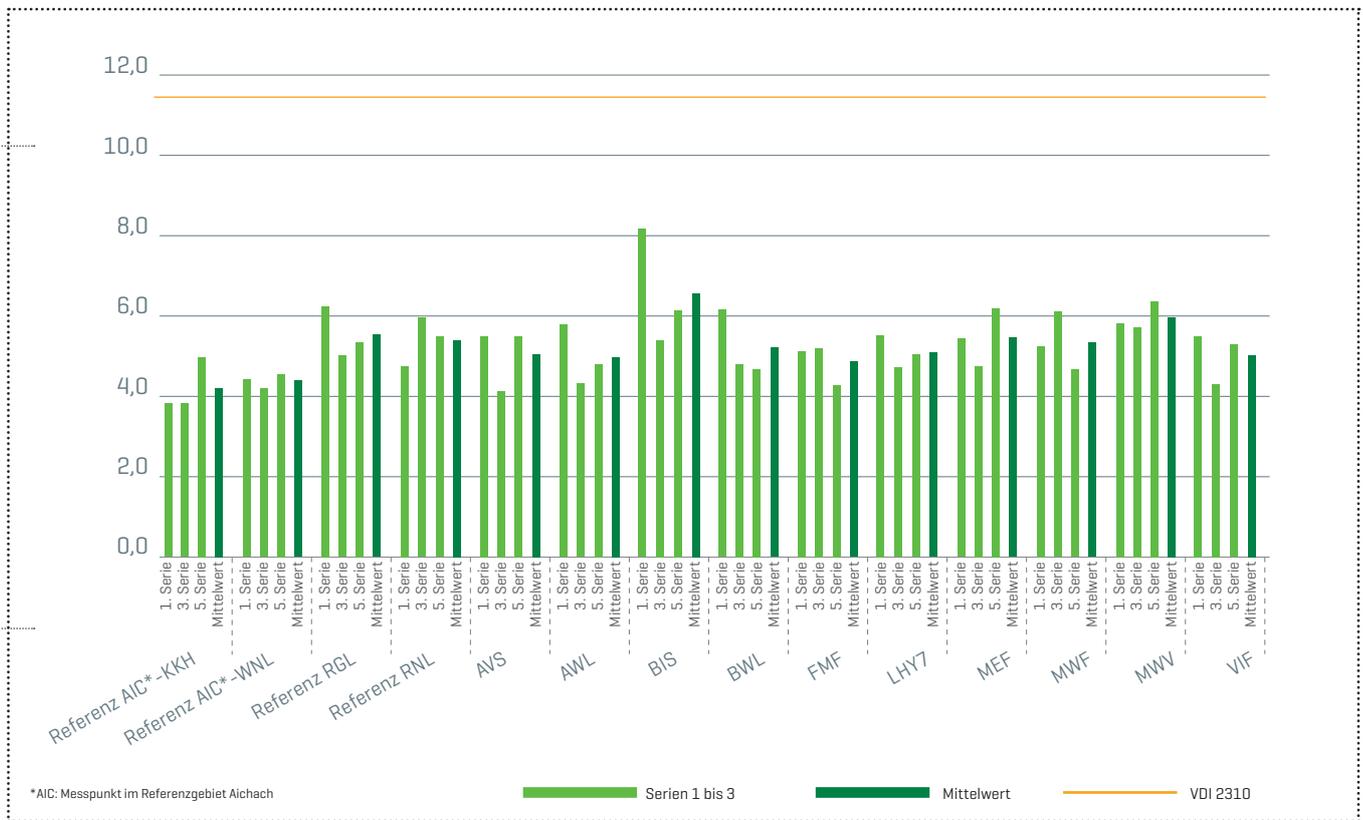
Standardisierte Graskulturen 2017 – Cadmium [mg/kg TM]



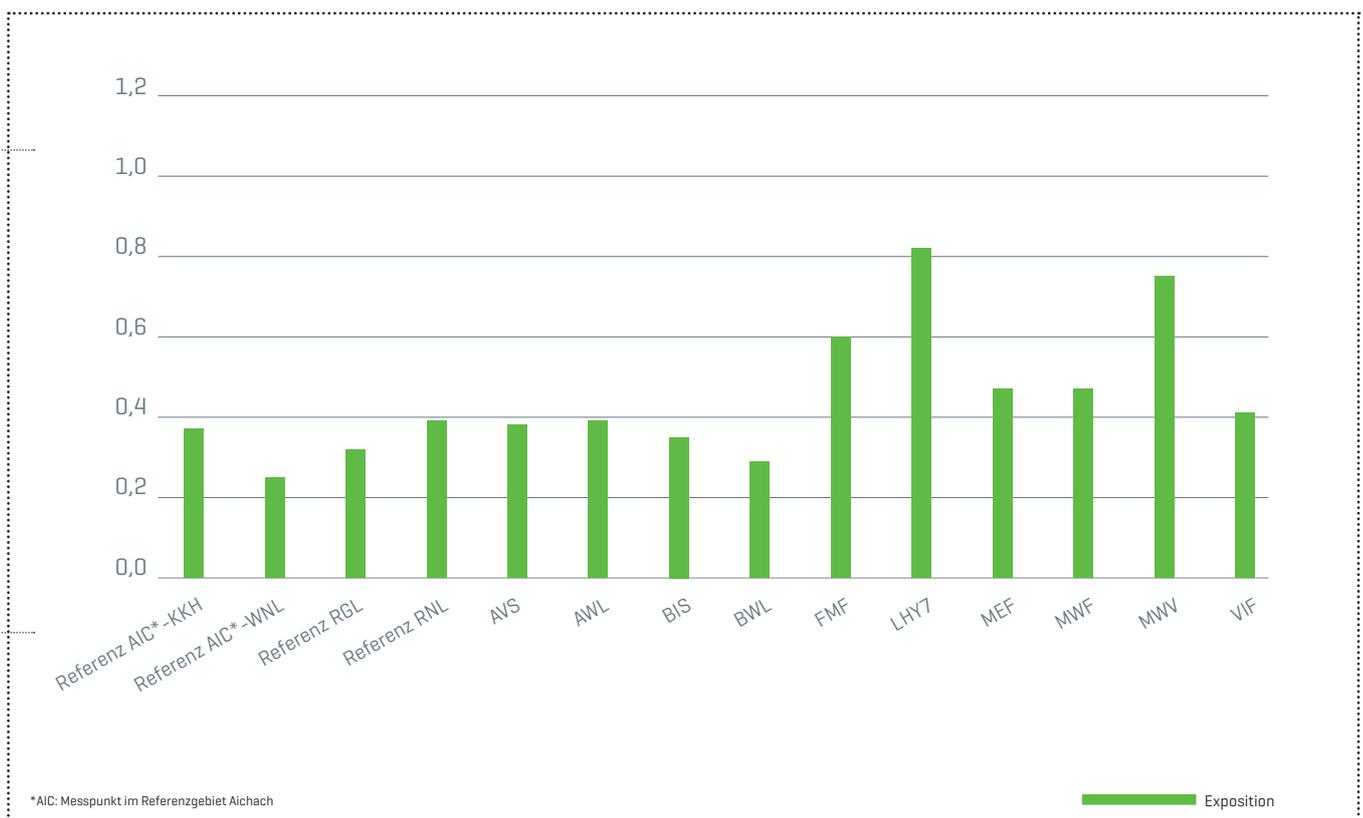
Grünkohl 2017 – Cadmium [mg/kg Frischmasse]



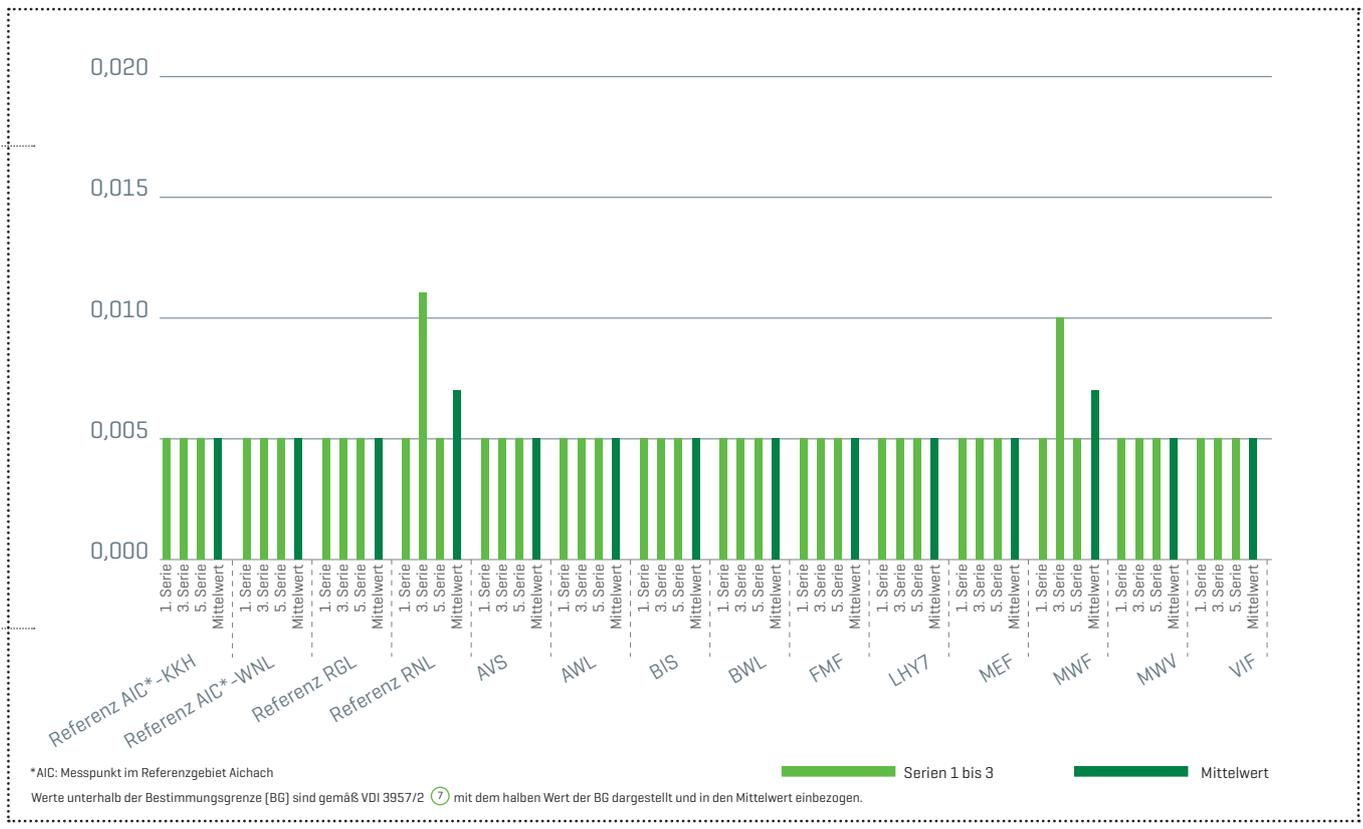
Standardisierte Graskulturen 2017 – Kupfer [mg/kg TM]



Grünkohl 2017 – Kupfer [mg/kg Frischmasse]



Standardisierte Graskulturen 2017 – Quecksilber (mg/kg TM)



Bewertung der Graskultur-Untersuchungen seit 2006

Als Beurteilungswerte für die Graskulturergebnisse können für zwölf Stoffe Höchstgehalte gemäß Futtermittelverordnung und Maximale Immissions-Werte gemäß Richtlinienreihe VDI 2310 ¹⁴¹⁵ dienen: Aluminium, Arsen, Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Molybdän, Nickel, Quecksilber, Thallium, Vanadium und Zink. Für die Grünkohlergebnisse können Höchstgehalte beziehungsweise Höchstmengen gemäß EU-Verordnungen für vier dieser Stoffe zur Beurteilung herangezogen werden: Blei, Cadmium, Kupfer und Quecksilber.

Der Bewertung der Ergebnisse mit Graskulturen als Futtermittelvertreter seien folgende Hinweise vorangeschickt (vgl. Übersichten über die Beurteilungswerte für Biomonitoring und Depositionsuntersuchungen): Für einige Stoffe liegen sowohl Höchstgehalte gemäß FuttMV ¹⁴ als auch Maximale Immissions-Werte gemäß Richtlinienreihe VDI 2310 ¹⁵ vor. Die Höchstgehalte sind auf Einzelwerte und die Maximalen Immissions-Werte auf die langfristige Schadstoffaufnahme und damit auf Graskultur-Mittelwerte über die Vegetationszeit zu beziehen. Maximale Immissions-Werte fallen strenger aus als die in der Futtermittelverordnung gesetzlich festgelegten Höchstgehalte ¹⁵. Maximale Immissions-Werte, die für Futtermittel für Schafe abgeleitet wurden, unterscheiden sich teilweise von denen für Rinder-Futtermittel ¹⁵.

- **Aluminium:** Die mit standardisierter Graskultur ermittelten rund 170 Aluminium-Mittelwerte über die Vegetationszeit lagen alle unter dem Maximalen Immissions-Wert, der für Schafe und Rinder gleich abgeleitet ist.
- **Arsen:** Die rund 700 Arsengehalte in Graskulturen lagen alle unter dem Höchstgehalt gemäß FuttMV. Ebenfalls unterschritten alle rund 220 Mittelwerte über die Vegetationszeit den Maximalen Immissions-Wert, der für Schafe und Rinder gleichermaßen gilt.
- **Blei:** Die insgesamt rund 700 analysierten Bleigehalte unterschritten den Höchstgehalt für Futtermittel. Im Jahr 2010 überschritt ein einziger Bleigehalt geringfügig den Maxi-

malen Immissions-Wert für Futtermittel von Rindern. Da der heranzuziehende Mittelwert über die Vegetationszeit den Beurteilungswert unterschritt – ebenso wie alle weiteren rund 220 Blei-Mittelwerte seit 2006 – ist eine Beeinträchtigung der landwirtschaftlichen Produktion nicht zu befürchten.

- **Cadmium:** Die rund 700 Cadmiumgehalte unterschritten alle den Höchstgehalt gemäß FuttMV. Auch alle rund 220 Mittelwerte über die Vegetationszeit unterschritten den Maximalen Immissions-Wert, der für Schafe wie für Rinder in gleicher Höhe abgeleitet ist.
- **Chrom:** Die rund 220 Chrom-Mittelwerte über die Vegetationszeit unterschritten alle den Maximalen Immissions-Wert für Futtermittel für Schafe und Rinder.
- **Kupfer:** Der strenge Maximale Immissions-Wert, der gemäß VDI 2310 für Kupfer für die Schaf-Futtermittel gilt, wurde von sieben der insgesamt rund 220 Mittelwerte über die Vegetationszeit überschritten: im Jahr 2007 an den Messpunkten MIF und MWV und im Jahr 2008 an den Messpunkten MIF, MWF, MWV, RNL und MBF. Die Beschreibung der Messpunkte finden sich in den Anlagen im Kapitel »Messpunkte«. Die auf Rinder-Futtermittel bezogenen Maximalen Immissions-Werte wurden auch hier stets klar eingehalten. Aus der räumlichen Verteilung der betroffenen Messpunkte war kein Zusammenhang mit dem Flughafenbetrieb abzuleiten.
- **Molybdän:** Alle rund 220 Mittelwerte über die Vegetationszeit, die für Molybdän in Graskultur ermittelt wurden, unterschritten den Maximalen Immissions-Wert für Schaf-Futtermittel und ebenso den für Rinder-Futtermittel.
- **Nickel:** Auch der Maximale Immissions-Wert für Nickel für Futtermittel für Schafe und Rinder wurde von den 220 Mittelwerten über die Vegetationszeit eingehalten.
- **Quecksilber:** Jeder der rund 700 Quecksilbergehalte aus den Graskulturen unterschritt den Höchstgehalt für Futtermittel. Auch die Maximalen Immissions-Werte für Schaf- und Rinder-Futtermittel wurden von den Quecksilber-Mittelwerten ausnahmslos unterschritten.

¹⁴ ¹⁵

siehe Quellen-nachweis S. 50

- **Thallium:** Thallium war trotz höchst empfindlicher Analysenmethoden nicht auffindbar. Die Maximalen Immissions-Werte für Schaf- und Rinder-Futtermittel wurden somit weit unterschritten.
- **Vanadium:** Bei vielen der rund 700 Vanadium-Analysen in den letzten mehr als zehn Jahren lag das Ergebnis unterhalb der Bestimmungsgrenze. Der Maximale Immissions-Wert für Futtermittel für Schafe, der als Beurteilungswert herangezogen werden kann, wurde stets eingehalten.
- **Zink:** Die rund 220 Zink-Mittelwerte über die Vegetationszeit lagen alle unter den Maximalen Immissions-Werten, die für Schafe und Rinder in unterschiedlicher Höhe abgeleitet sind.

Alle rund 2.800 in standardisierten Graskulturen analysierten Gehalte von Arsen, Blei, Cadmium und Quecksilber unterschreiten also die in der Futtermittelverordnung festgelegten Höchstgehalte.

Aus insgesamt rund 8.000 Einzelanalysen ermittelte Mittelwerte über die Vegetationszeit für Aluminium, Arsen, Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Molybdän, Nickel, Quecksilber, Thallium, Vanadium und Zink unterschreiten die in der Richtlinienreihe VDI 2310 empfohlenen Maximalen Immissions-Werte – mit Ausnahme von sieben für Kupfer. Diese sieben von rund 220 Kupfer-Mittelwerten, bei denen der empfohlene Maximale Immissions-Wert für Schaf-Futtermittel erreicht wurde, traten an Messpunkten auf, an denen keine Schafhaltung betroffen ist, beispielsweise am Besucherpark, nahe dem Autobahnzubringer zum Flughafen oder an einem  Referenzmesspunkt.

Hinweise auf potenzielle Beeinträchtigungen der landwirtschaftlichen Produktion durch aus der Luft stammende Einträge sind insgesamt nicht abzuleiten. Weitere Stoffe weisen sehr geringe Gehalte auf beziehungsweise sind trotz empfindlicher Analysenverfahren teilweise nicht auffindbar, beispielsweise Antimon und manche PAK-Verbindungen.

Bewertung der Grünkohl-Untersuchungen seit 2006

Für den Vergleich der Ergebnisse mit dem Bioindikator Grünkohl können Höchstgehalte nach Europäischem Lebensmittelrecht dienen ⁽¹⁶⁾ ⁽²³⁾, die für Blei und Cadmium in Blattkohl und Blattgemüse festgelegt sind. Für Kupfer und Quecksilber können Höchstmengen gemäß RHmV zur Beurteilung herangezogen werden ⁽¹⁷⁾. Zu beachten ist, dass ungewaschene Grünkohlpflanzen gemäß VDI 3957/3 ⁽⁹⁾ analysiert, Gemüse-Lebensmittel aber vor dem Verzehr gewaschen werden. Der Vergleich der Stoffgehalte in Grünkohl mit Höchstgehalten beziehungsweise Höchstmengen nach Europäischem Lebensmittelrecht fällt seit 2006 positiv aus.

- **Blei:** Die in insgesamt rund 200 Grünkohlproben bestimmten Bleigehalte unterschritten alle den Höchstgehalt für Blattkohl-Lebensmittel.
- **Cadmium:** Alle rund 200 analysierten Cadmiumgehalte unterschritten den Höchstgehalt für Blattkohl-Lebensmittel.
- **Kupfer:** Die rund 180 bestimmten Kupfergehalte unterschritten alle die Höchstmengen in Gemüse-Lebensmitteln.
- **Quecksilber:** Bezieht man die rund 180 in Grünkohl analysierten Quecksilbergehalte auf die jeweilige Frischmasse der Proben und vergleicht sie mit den Höchstmengen in Gemüse-Lebensmitteln, wird auch der strengere Höchstmengenwert eingehalten: 0,01 mg/kg Frischmasse. Das Ergebnis aus dem Vergleich mit den Verordnungen: Die Gehalte im Bioindikator Grünkohl lagen unterhalb dieser Beurteilungswerten und liefern keine Hinweise auf eine Gefährdung des Menschen durch den Verzehr von Blattgemüse.

Für die rund 770 in Grünkohl analysierten Gehalte von Blei, Cadmium, Kupfer und Quecksilber kann die Gefährdung des Menschen über den Verzehr ausgeschlossen werden. Weitere Stoffe weisen sehr geringe Gehalte auf oder sind trotz empfindlicher Analysenverfahren teilweise nicht auffindbar, beispielsweise Antimon oder die PAK-Verbindung Dibenzo[ah]anthracen.



Weitere Informationen im Internet unter www.munich-airport.de/biomonitoring-88353

⁽⁹⁾ ⁽¹⁶⁾ ⁽²³⁾

siehe Quellen-nachweis S. 50

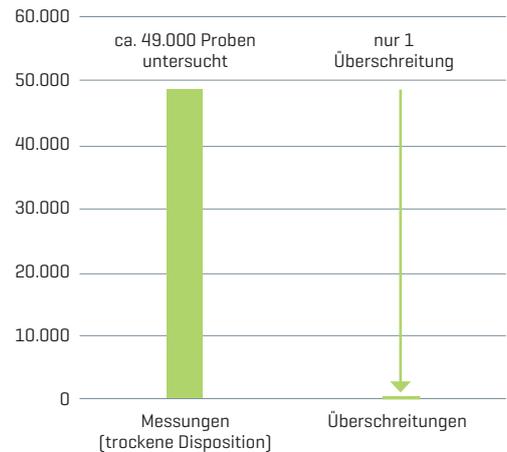
 Referenzmesspunkt
siehe Glossar S. 48-49

Ergebnisse der Depositionsuntersuchungen



Weitere Informationen
im Internet unter
[www.munich-airport.de/
biomonitoring-88353](http://www.munich-airport.de/biomonitoring-88353)

Nachfolgend werden Ergebnisse der Depositionsuntersuchungen illustriert. Bei jedem der 13 Messintervalle pro Jahr werden je Messpunkt die Einträge von 18 Metallen und von Gesamtstaub mit dem Bergerhoff-Verfahren bestimmt. Das sind jährlich rund 3.000 Depositionswerte im kontinuierlichen Messnetz. Bis 2017 wurden damit insgesamt rund 49.000 Einzelergebnisse aus den Depositionsuntersuchungen gewonnen. Daraus liegen rund 3.700 Jahresmittelwerte vor. Nur in einem Fall wurde ein Beurteilungswert überschritten.



Depositionsergebnisse für Blei

Beurteilungswerte für Deposition

↗ Immissionswert (TA Luft):

100 $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$;

↗ zulässige zusätzliche

Frachten (BBodSchV):

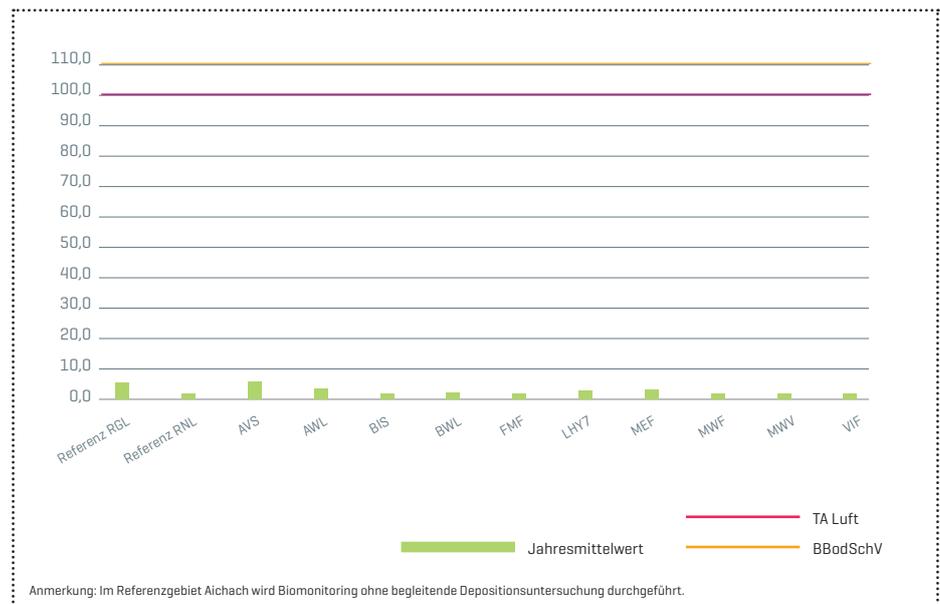
110 $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$

Bestimmungsgrenze:

0,05 $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$

Das Beispiel zeigt die Ergebnisse der Depositionsmessungen von Blei aus dem Messjahr 2017. Die Säulen stellen die Jahresmittelwerte dar. Sie können mit Beurteilungswerten verglichen werden, die sich auf Depositionsraten pro Jahr beziehen.

Deposition 2017 – Blei [$\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$]



Die im Umfeld des Flughafens München gemessene Bleideposition **unterschreitet deutlich den Immissionswert** zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen gemäß TA Luft (19) [100 $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$] und die zulässigen zusätzlichen jährlichen Frachten über alle Wirkungspfade gemäß BBodSchV (20) [110 $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$]: Die Beurteilungswerte werden nur zu **rund 5 % ausgeschöpft**.

(19) (20)

siehe Quellennachweis S. 50

↗ zulässige zusätzliche Frachten

↗ Immissionswert

siehe Glossar S. 48-49

Für jeden Stoff errechnet sich aus den 13 Messungen pro Jahr die jährliche Depositionsrate. Die jährlichen Depositionsraten von Arsen, Blei, Cadmium, Nickel, Thallium und Gesamtstaub können anhand gesetzlicher Immissionswerte gemäß TA Luft beurteilt werden ⁽¹⁹⁾. Zur Bewertung der jährlichen Depositionsraten von Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer und Zink dienen zusätzlich Bodenschutzwerte gemäß BBodSchV ⁽²⁰⁾.

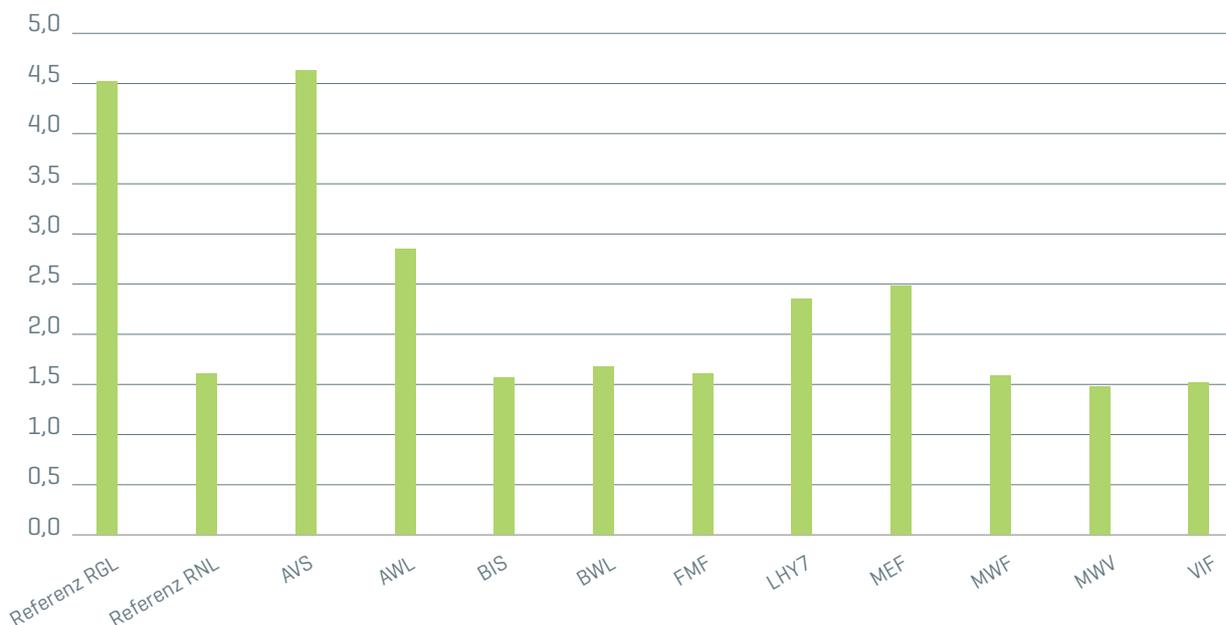
Stellvertretend für alle Proben werden nachfolgend die Ergebnisse für Blei, Cadmium und Kupfer im Jahr 2017 dargestellt, da für

diese Stoffe auch beim Biomonitoring mit Graskultur und Grünkohl der Vergleich mit Beurteilungswerten möglich ist [vgl. Abbildungsbeispiele von Graskultur- und Grünkohl-Ergebnissen aus dem Messjahr 2017]. Das eingesetzte Bergerhoff-Verfahren kann Quecksilber nicht vollständig erfassen. Es wurde daher in Depositionsproben nicht analysiert. Die rund 49.000 Depositionswerte und die daraus ermittelten jährlichen Depositionsraten 2006 bis 2017 sind in den Jahresberichten »Biomonitoring und Depositionsuntersuchungen im Umfeld des Flughafens München« dokumentiert.

⁽¹⁹⁾ ⁽²⁰⁾

siehe Quellen-
nachweis S. 50

Deposition 2017 – Blei [$\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$]



Anmerkung: Im Referenzgebiet Aichach wird Biomonitoring ohne begleitende Depositionsuntersuchung durchgeführt.

Jahresmittelwert

Depositionsergebnisse für Cadmium

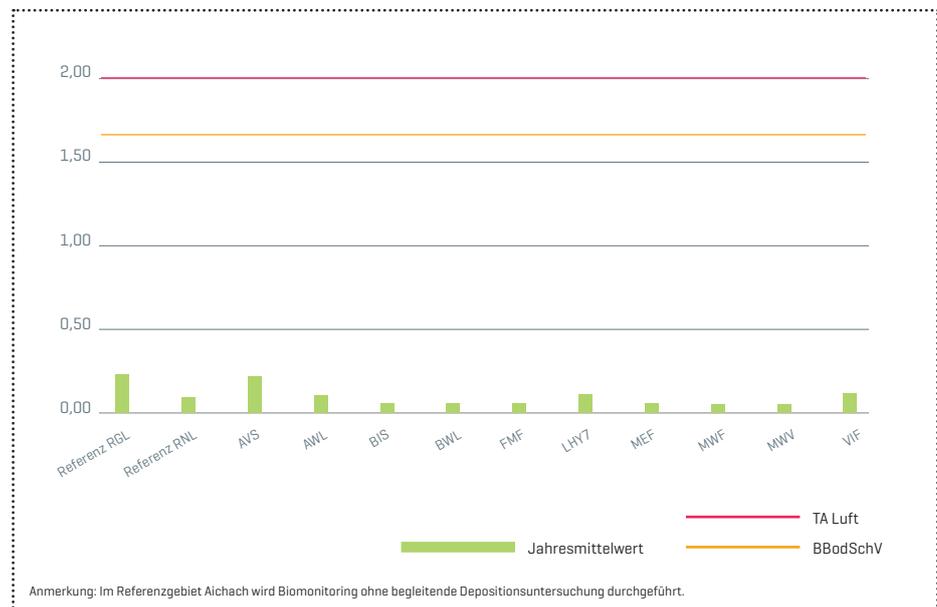
Beurteilungswerte für Deposition

Immissionswert (TA Luft):
 $2 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$;
 zulässige zusätzliche Frachten (BBodSchV):
 $1,6 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$

Bestimmungsgrenze:
 $0,02 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$

Das Beispiel zeigt die Ergebnisse der Depositionsmessungen von Cadmium aus dem Messjahr 2017. Die Säulen stellen die Jahresmittelwerte dar. Sie können mit Beurteilungswerten verglichen werden, die sich auf Depositionsraten pro Jahr beziehen.

Deposition 2017 – Cadmium [$\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$]



Die im Umfeld des Flughafens München gemessene Cadmiumdeposition **unterschreitet deutlich den Immissionswert** zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen gemäß TA Luft ⁽¹⁹⁾ [$2 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$] und die zulässigen zusätzlichen jährlichen Frachten über alle Wirkungspfade gemäß BBodSchV ⁽²⁰⁾ [$1,6 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$]; Die Beurteilungswerte werden nur zu **rund 12 % bzw. 15 % ausgeschöpft**.

Depositionsergebnisse für Kupfer

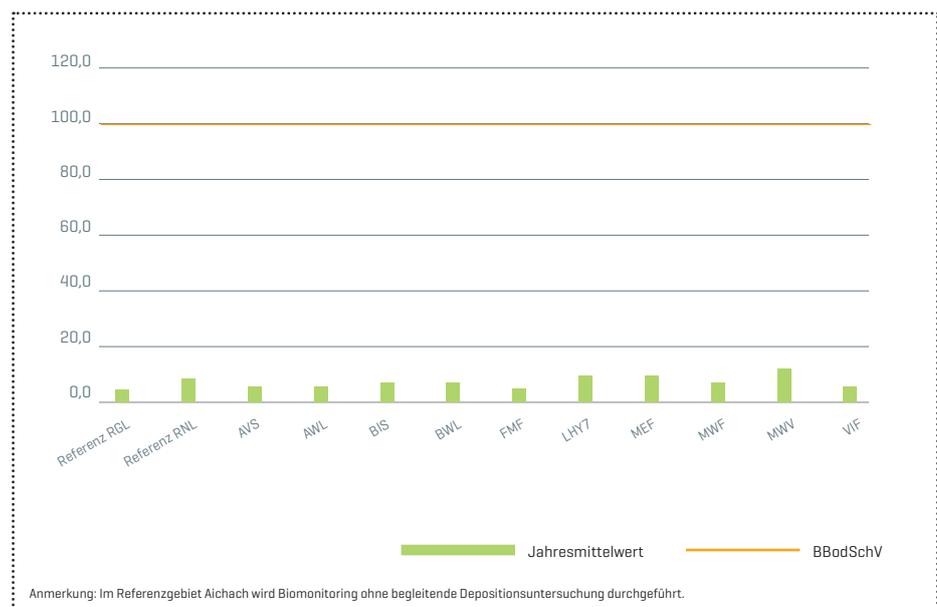
Beurteilungswerte für Deposition

zulässige zusätzliche Frachten (BBodSchV):
 $100 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$

Bestimmungsgrenze:
 $0,1 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$

Das Beispiel zeigt die Ergebnisse der Depositionsmessungen von Kupfer aus dem Messjahr 2017. Die Säulen stellen die Jahresmittelwerte dar. Sie können mit Beurteilungswerten verglichen werden, die sich auf Depositionsraten pro Jahr beziehen.

Deposition 2017 – Kupfer [$\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$]

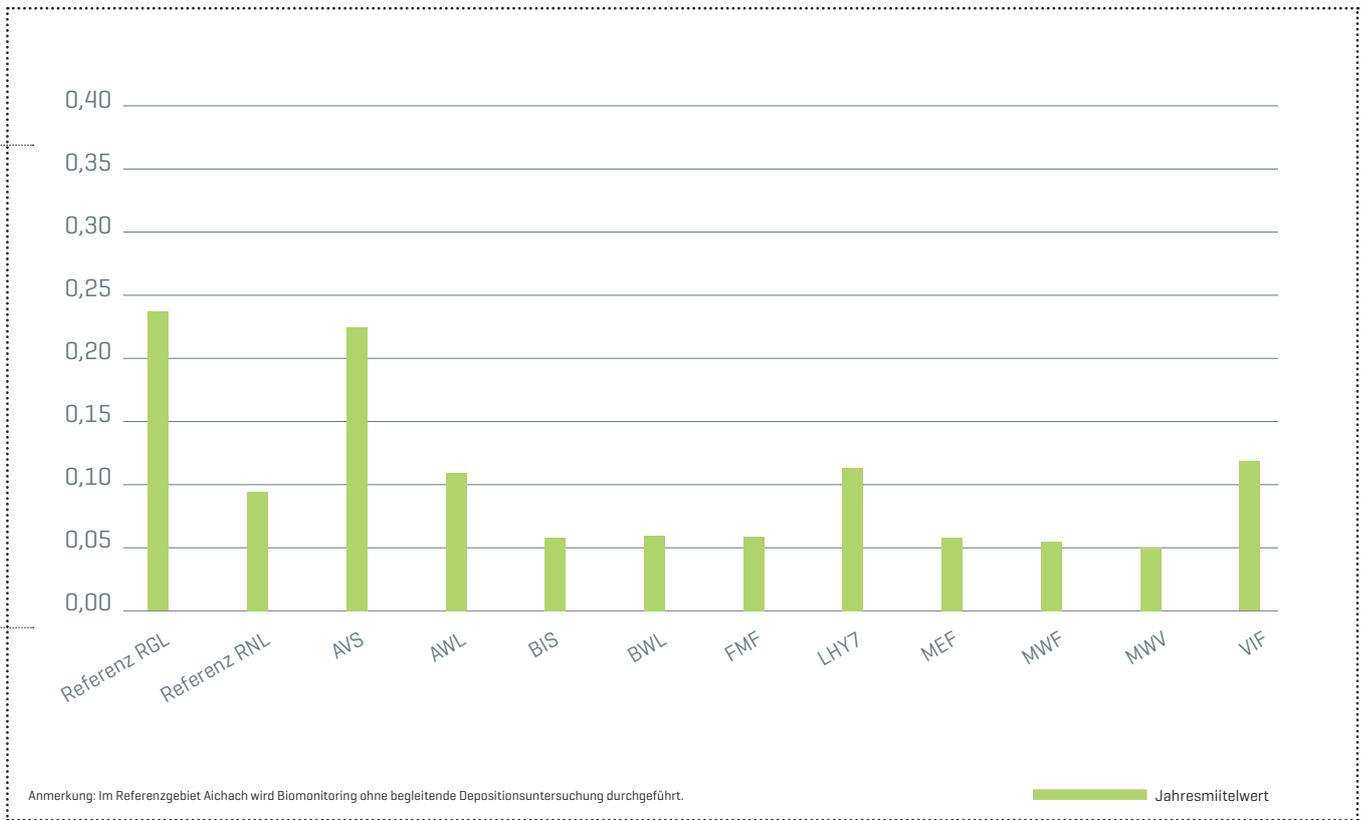


Die im Umfeld des Flughafens München gemessene Kupferdeposition **unterschreitet deutlich den Immissionswert** zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und die zulässigen zusätzlichen jährlichen Frachten über alle Wirkungspfade gemäß BBodSchV ⁽²⁰⁾ [$100 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$]; Die Beurteilungswerte werden nur bis zu **rund 13 % ausgeschöpft**.

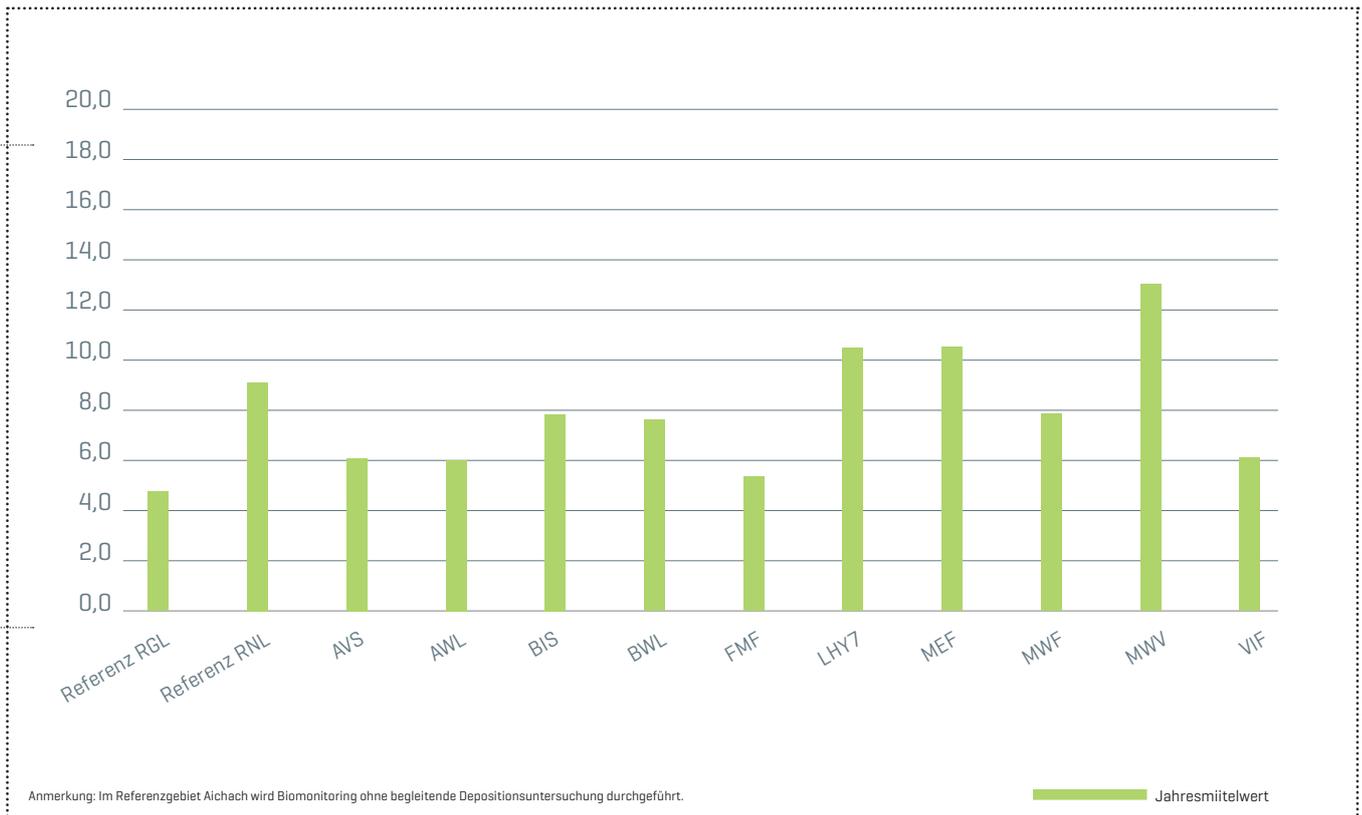
⁽¹⁹⁾ ⁽²⁰⁾

siehe Quellennachweis S. 50

Deposition 2017 – Cadmium [$\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$]



Deposition 2017 – Kupfer [$\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$]





Bewertung der Depositionsuntersuchungen seit 2006

Die Ergebnisse der Depositionsuntersuchungen von acht Metallen und vom Gesamtstaubniederschlag können mit Immissionswerten zum »Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch die Deposition von luftverunreinigenden Stoffen, einschließlich [...] schädlichen Bodenveränderungen« gemäß TA Luft¹⁹ und mit zulässigen zusätzlichen jährlichen Frachten gemäß BBodSchV²⁰ beurteilt werden. Die Metalle sind Arsen, Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Thallium und Zink [vgl. Übersichten über die Beurteilungswerte für Biomonitoring und Depositionsuntersuchungen]. Für Blei, Cadmium und Nickel liegen beide Beurteilungswerte vor. Sie beziehen sich auf Depositionsraten pro Jahr. Diese werden als Jahresmittelwerte aus den 13 Messintervallen pro Jahr ermittelt. Seit 2016 liegen somit aus etwa 2.700 einzelnen Depositionsmessungen pro Stoff jeweils rund 220 Jahresmittelwerte vor.

19 20

siehe Quellen-
nachweis S. 50

- **Arsen:** Die rund 210 Arsen-Jahresmittelwerte lagen unter dem Immissionswert gemäß TA Luft – mit einer einzigen Ausnahme. Am Messpunkt AGL wurde im Jahr 2009 der Beurteilungswert überschritten. Der gemessene Arsengehalt des Staubniederschlags entsprach dabei aber dem natürlichen, von menschlichen Aktivitäten unabhängigen [geogenen] Arsengehalt im dortigen Boden. Der TÜV folgerte dazu in seiner zusammenfassenden Bewertung: »... jedoch sind schädliche Bodenveränderungen auszuschließen, da die Arsenkonzentration des Staubniederschlags genauso hoch ist wie die geogene Arsen-Vorbelastung des Bodens«.
- **Blei:** Die Jahresmittelwerte für Blei lagen alle unter dem Immissionswert gemäß TA Luft und unter dem Beurteilungswert für die zulässigen zusätzlichen jährlichen Frachten gemäß BBodSchV.
- **Cadmium:** Die Jahresmittelwerte für Cadmium unterschritten alle die Beurteilungswerte: den Immissionswert gemäß TA Luft



Zusammenfassung:

Der Flughafen München betreibt ein umfassendes Luftgütemessprogramm, um die Qualität der Luft zu untersuchen und die Ergebnisse für die Menschen in der Region transparent zu machen. Dazu gehört seit nun mehr als zehn Jahren auch das engste Biomonitoring-Messnetz aller europäischen Flughäfen.

Wie die chemisch-physikalischen Luftgütemessungen, so belegen auch das Biomonitoring mit den begleitenden Depositionsuntersuchungen und das Honigmonitoring, dass die Luftqualität am und um den Flughafen München gut ist:

- Die Luftkonzentrationswerte an den Messstationen halten die Beurteilungswerte der 39. BImSchV (6) zum Schutz der menschlichen Gesundheit ein.
- Die jährlichen Depositionsraten, die im Umfeld des Flughafens München gemessen werden, unterschritten in der Regel

deutlich die in der TA Luft festgesetzten Immissionswerte zum Schutz des Bodens vor Schadstoffeinträgen (19) und die Beurteilungswerte für zulässige zusätzliche Frachten gemäß BBodSchV (20).

- Die Ergebnisse des Biomonitorings zeigen: Die als Beurteilungswerte dienenden Höchstgehalte für Futter- und Lebensmittel nach Europäischem Recht werden unterschritten. Ein nennenswerter Einfluss des Luftverkehrs auf die Region ist nicht festzustellen.
- Die Ergebnisse des Biomonitorings korrespondieren mit denen des Honigmonitorings: Pollen, Wachs und Honig aus dem Umfeld des Flughafen München – ebenfalls auf Metalle und PAK geprüft – werden nicht vom Flughafenbetrieb beeinträchtigt. »Feiner Flughafenhonig aus der Airfolgsregion« ist hochwertig und unbedenklich für den Verzehr.

und die zulässigen zusätzlichen jährlichen Frachten gemäß BBodSchV, die in gleicher Höhe festgelegt sind.

- **Chrom:** Die Jahresmittelwerte der Chromdeposition unterschritten alle den Wert für die zulässigen zusätzlichen jährlichen Frachten, der hinsichtlich Zusatzbelastung von Böden gemäß BBodSchV festgelegt ist.
- **Kupfer:** Die Jahresmittelwerte der Kupferdeposition lagen alle unter dem Beurteilungswert für die zulässigen zusätzlichen jährlichen Frachten gemäß BBodSchV.
- **Nickel:** Die Jahresmittelwerte der Nickeldeposition hielten den Immissionswert gemäß TA Luft und somit auch die weniger strengen, zulässigen zusätzlichen jährlichen Frachten gemäß BBodSchV ein.
- **Thallium:** Die Jahresmittelwerte für Zink lagen alle unter dem Immissionswert gemäß TA Luft zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen.
- **Zink:** Die Jahresmittelwerte aller Zink-Depositionsmessungen lagen unterhalb der zulässigen zusätzlichen jährlichen Frachten gemäß BBodSchV.

- **Gesamtstaub:** Die Jahresmittelwerte für den Gesamtstaubniederschlag unterschritten alle deutlich den Immissionswert, der gemäß TA Luft dem »Schutz vor erheblichen Belästigungen oder erheblichen Nachteilen durch Staubniederschlag« dient.

Die Ergebnisse, die mit insgesamt rund 17.000 Analysen von Depositionsproben auf Arsen, Blei, Cadmium, Nickel, Thallium und Gesamtstaub erzielt wurden, ergaben nur eine einzige Überschreitung der Immissionswerte gemäß TA Luft (19). Auch bei dieser durch den Arsenmittelwert am Messpunkt AGL im Messjahr 2009 verursachten Überschreitung sind aus der Luft stammende Einträge nicht abzuleiten und schädliche Bodenveränderungen nicht zu befürchten. Ebenso halten die gemessenen Depositionsraten 2006 bis 2017 die Beurteilungswerte hinsichtlich Zusatzbelastung von Böden gemäß BBodSchV (20) ein – »zulässige zusätzliche jährliche Frachten an Schadstoffen« für Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel und Zink.

(6) (19) (20)

siehe Quellen-
nachweis S. 50



Rechtliche und fachliche Rahmenbedingungen

Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) ⁴

Gemäß § 1 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes ist es Zweck des Gesetzes »Menschen, Tiere und Pflanzen, den Boden, das Wasser, die Atmosphäre sowie Kultur- und sonstige Sachgüter vor schädlichen Umwelteinwirkungen zu schützen und dem Entstehen schädlicher Umwelteinwirkungen vorzubeugen«. Dem trägt die Ermittlung von Schadstoffwirkungen mittels Biomonitoring unmittelbar Rechnung.

Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) ²⁰

Die Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) beinhaltet für Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Quecksilber und Zink »zulässige zusätzliche jährliche Frachten an Schadstoffen über alle Wirkungspfade«. Nach § 11 Abs. 1 der BBodSchV gilt: »Werden die in Anhang 2 Nr. 4.1 festgesetzten Vorsorgewerte bei einem Schadstoff überschritten, ist insoweit eine Zusatzbelastung bis zur Höhe der in Anhang 2 Nr. 5 festgesetzten jährlichen Frachten des Schadstoffes zulässig. Dabei sind die Einwirkungen auf den Boden über Luft und Gewässer sowie durch unmittelbare Einträge zu beachten.« Für den Fall, dass die jährlichen Depositionsraten die »zulässigen Frachten« gemäß BBodSchV überschreiten, ist zur weiteren Abklärung eine Ursachenanalyse durchzuführen.

Futtermittelverordnung (FuttMV) ¹⁴

Die Futtermittelverordnung und die entsprechenden Rechtsakte der europäischen Kommission bilden den rechtsverbindlichen Rahmen für die Überwachung unerwünsch-

ter Stoffe, die in oder auf Futtermitteln eine potenzielle Gefahr für die Gesundheit von Mensch oder Tier oder für die Umwelt darstellen oder die tierische Erzeugung beeinträchtigen können. Eine Überschreitung der gesetzlich festgelegten Höchstgehalte unerwünschter Stoffe führt zum Verbot der Verwendung und des Inverkehrbringens des Futtermittels. Bezüglich der Probenahme ist gemäß Verordnung (EG) 152/2009 eine Partie des Futtermittels mit einheitlichen Merkmalen zu charakterisieren.

Bei Überschreitungen des Höchstgehalts unerwünschter Stoffe in der standardisierten Graskultur beim Biomonitoring empfiehlt sich aus Vorsorgegründen eine Beprobung und Analyse des standortumgebenden Grünlandaufwuchses. Entsprechend der im Rahmen der Futtermittelüberwachung partiebezogenen Beprobung und Bewertung ist hierbei bereits die Überschreitung eines Graskultur-Einzelwertes hinreichend, um die Notwendigkeit einer ergänzenden Untersuchung des Aufwuchs zu begründen.

Richtlinienreihe VDI 2310 für »Maximale Immissions-Werte« ¹⁵

»Maximale Immissions-Werte« stellen eine Sachverständigenäußerung der VDI-Kommission Reinhaltung der Luft dar und fassen den aktuellen Kenntnisstand als Entscheidungshilfen u.a. für die Ableitung gesetzlicher Normen zusammen. Die Maximalen Immissions-Werte dienen dem Schutz der landwirtschaftlichen Nutztiere und der Sicherung der Unbedenklichkeit der von diesen Tieren gewonnenen Lebensmittel. Die Ableitung der Maximalen Immissions-Werte erfolgt aus langfristigen Versuchen zur

⁴ ¹⁴ ¹⁵ ²⁰
siehe Quellen-
nachweis S. 50

Ermittlung von Dosis-Zeit-Wirkungs-Beziehungen bei Nutztieren. Nach dem gegenwärtigen Stand führen die den MID-Werten entsprechende Schadstoffmengen auch nach langfristiger Aufnahme nicht zu Beeinträchtigungen der Gesundheit und der Leistungsfähigkeit der Tiere sowie zu keiner bedenklichen Kontamination der von diesen Tieren gewonnenen Lebensmittel, sodass Schädigungen der menschlichen Gesundheit nach dem Verzehr dieser Lebensmittel nicht zu befürchten sind.

Bei Überschreitungen der VDI-Höchstmengenregelungen in der Graskultur empfiehlt sich aus Vorsorgegründen eine Beprobung und Analyse des standortumgebenden Grünlandaufwuchses. Da sich die MDI-Werte auf die »langfristige« Schadstoffaufnahme beziehen, ist hierbei jedoch der über die Vegetationszeit gemittelte Anreicherungs-wert in der Graskultur der Prüfung der Notwendigkeit einer ergänzenden Untersuchung des Aufwuchs zugrunde zu legen.

Rückstands-Höchstmengenverordnung in Verbindung mit Verordnung [EG] Nr. 396/2005 ¹⁷ ¹⁸

Lebensmittel, welche die in der Verordnung über Höchstmengen an Rückständen von Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmitteln, Düngemitteln und sonstigen Mitteln in oder auf Lebensmitteln (RHmV) festgesetzten Höchstmengen überschreiten, dürfen nicht in gewerbsmäßigen Verkehr gebracht werden. Verordnung [EG] Nr. 396/2005 des Europäischen Parlaments und des Rats vom 23. Februar 2005 über Höchstgehalte an Pestizidrückständen in oder auf Lebens- und Futtermitteln pflanz-

lichen und tierischen Ursprungs und zur Änderung der Richtlinie 91/414/EWG des Rats »setzt die Pestizidrückstände fest, die in tierischen und pflanzlichen Lebens- und Futtermitteln höchstens enthalten sein dürfen« ²¹. Dies dient dem Schutz der Gesundheit von Mensch und Tier. Diese Rückstandshöchstgehalte umfassen auch »einen allgemeinen Höchstwert, der immer dann gilt, wenn kein spezifischer Rückstandshöchstgehalt festgesetzt wurde [ein >Standardhöchstwert< von 0,01 mg/kg].« ²¹

Beim Biomonitoring werden für Vergleiche der Schadstoffgehalte in Grünkohl, neben Höchstgehalten für Kontaminanten in Lebensmitteln gemäß Verordnungen [EU] Nr. 420/2011, Nr. 2015/1005 ¹⁶ und Nr. 488/2014 ²³, auch Höchstmengen nach RHmV in Verbindung mit der Verordnung [EG] Nr. 396/2005 herangezogen.

Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft [TA Luft] ¹⁹

Die Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft [TA Luft] ist eine aufgrund von § 48 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes erlassene Allgemeine Verwaltungsvorschrift. Sie »dient dem Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen und der Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, um ein hohes Schutzniveau für die Umwelt insgesamt zu erreichen«.

Die TA Luft beinhaltet unter anderem Immissionswerte für Staubniederschlag und für Schadstoffdepositionen von Arsen, Blei, Cadmium, Nickel, Quecksilber und Thallium,

¹⁶ ¹⁷ ¹⁸ ¹⁹ ²¹ ²³

siehe Quellen-nachweis S. 50

bei deren Unterschreitung »der Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch die Deposition von luftverunreinigenden Stoffen, einschließlich der Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen« sichergestellt ist.

Für den Fall, dass die mit dem Bergerhoff-Verfahren im Umfeld des Flughafens München ermittelten Depositionsraten pro Jahr die »Immissionswerte« gemäß TA-Luft überschreiten, ist zur weiteren Abklärung eine Ursachenanalyse durchzuführen.

VERORDNUNG (EG) Nr. 1881/2006 DER KOMMISSION vom 19. Dezember 2006 zur Festsetzung der Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln ⁽²²⁾

Als Kontaminant gilt jeder Stoff, der einem Lebensmittel nicht absichtlich hinzugefügt wird, aber als Rückstand zum Beispiel bei der Gewinnung, Fertigung oder als Verunreinigung durch die Umwelt im Lebensmittel vorhanden ist. Kontaminanten sind als unerwünschte Stoffe anzusehen. Um einen wirksamen Schutz der öffentlichen Gesundheit sicherzustellen, dürfen Erzeugnisse mit einem Gehalt an Kontaminanten, der über dem jeweils zulässigen Höchstgehalt liegt, nicht in den Verkehr gebracht werden. Die Höchstgehalte werden grundsätzlich nach dem Minimierungsgebot festgelegt, d.h. so niedrig wie unter den gegebenen Produktionsbedingungen und nach guter landwirtschaftlicher Praxis möglich, aber niemals höher als toxikologisch vertretbar.

Die Höchstgehalte beziehen sich hierbei auf die Frischmasse einer jeweils aus mehreren Stichproben gebildeten Mischprobe. Die Festsetzung der Höchstgehalte berücksichtigt stets toxikologische Expositionsgrenzwerte, die Sicherheitsfaktoren beinhalten, sodass bei einer gelegentlichen Überschreitung der Höchstgehalte keine gesundheitliche Gefährdung des Verbrauchers zu erwarten ist. Die Verordnung [EG] Nr. 1881/2006 und ihre Fortschreibungen in Verordnung [EG] Nr. 629/2008 und Verordnungen [EU] Nr. 835/2011, Nr. 2015/1005 sowie Nr. 2015/1933 setzen Höchstgehalte für unterschiedliche Lebensmittel fest, Verordnungen [EU] Nr. 420/2011, Nr. 2015/1005 ⁽¹⁶⁾ und Nr. 488/2014 ⁽²³⁾ auch spezifisch für Blei und Cadmium in Blattkohl und Blattgemüse.

Für den Fall, dass die für Lebensmittel festgesetzten Höchstmengen in den untersuchten Grünkohlpflanzen überschritten werden und Gesundheitsgefährdungen nicht ausgeschlossen werden können, sind zur weiteren Abklärung Kontrolluntersuchungen an gärtnerischen und landwirtschaftlichen Nutzpflanzen in der Standortumgebung angezeigt.

⁽¹⁶⁾ ⁽²²⁾ ⁽²³⁾

siehe Quellen-
nachweis S. 50

Anlagen

Übersicht Messpunkte für Biomonitoring und Depositionsmessungen in der Flughafenregion

Messpunkt	Lage des gemeinsamen Biomonitoring- und Depositionsmesspunktes	Kurzbeschreibung der Luftsituation	Zeitraum
AWL	0,5 km westlich Attaching	landwirtschaftlich genutztes Umfeld	2006-2017
BIS	innerhalb Berglern	im Siedlungsbereich, Kfz-Verkehr [innerorts, Stopp/Go]	2006-2017
BWL	0,7 km westlich Berglern	landwirtschaftlich genutztes Umfeld	2006-2017
FMF	1 km nördlich von Pulling im Landschaftsschutzgebiet [LSG] »Freisinger Moos«	landwirtschaftlich genutztes Umfeld, im Flugrouten-Bereich	2006-2017
KIA	innerhalb Attaching	im Siedlungsbereich, landwirtschaftlich genutztes Umfeld	2006-2008
AVS	im Ortsgebiet Attaching	Kfz-Verkehr [innerorts], im Siedlungsbereich	2006-2017
MEF	Ostende nördliche Start- und Landebahn	im Flugrouten-Bereich, landwirtschaftlich genutztes Umfeld	2006-2017
MIF	bei Luftmessstation nahe den östlichen Flughafen-Vorfeldern	Flugzeug-Rollverkehr, Kfz-Verkehr [fließend]	2006-2013
LHY7	im Sicherheitsbereich des Flughafens, ca. 750 m Abstand zur Startbahn Süd	Flugzeug-Rollverkehr	2012-2017
MWF	Westende der südlichen Start- und Landebahn	im Flugrouten-Bereich	2006-2017
MWV	bei Gleisanlagen innerhalb des westlichen Flughafenbereichs	Kfz-Verkehr [fließend], im Nahbereich Bahnlinie	2006-2017
RGL	9,5 km südwestlich des Flughafens im LSG »südliches Hallbergmoos«	landwirtschaftlich genutztes Umfeld	2006-2017
RNL	7 km südlich des Flughafens im Notzinger Moos bei Eichenried	landwirtschaftlich genutztes Umfeld	2006-2017
VIF	0,2 km südlich Bundesautobahn 92 im Bereich Viehlaßmoos	landwirtschaftlich genutztes Umfeld, im Flugrouten-Bereich	2006-2017
VMV	an Bundesautobahn 92 im Naturschutzgebiet [NSG] »Viehlaßmoos«	im Flugrouten-Bereich, Kfz-Verkehr [fließend]	2006-2011
EKS	im Ortsgebiet von Eitting	im Ortsgebiet von Eitting	2014
MBF	Besucherpark innerhalb des Flughafens	Flugzeug-Rollverkehr, Kfz-Verkehr [fließend]	2007-2011
SFL	0,5 km südlich Start- und Landebahn im NSG »Oberdinger Moos«	im Flugrouten-Bereich, landwirtschaftlich genutztes Umfeld	2007-2010
MAF	südwestlich Attaching	im Flugrouten-Bereich, landwirtschaftlich genutztes Umfeld	2008-2010
ADB*			2008-2010
AFL*			2008-2010
AGB*			2008-2010
AGV*			2008-2010
AHL*			2008-2010
HFL*			2008-2010
HFS*			2008-2010
HIS*			2008-2010
HSL*			2008-2010
HSS*			2008-2010
SML*			2008-2009
SOL*			2008-2010
SSL*			2008-2010
AKB	südöstlich von Attaching	landwirtschaftlich genutztes Umfeld	2008-2011
EAL	nordöstlich Eitinger Moos	landwirtschaftlich genutztes Umfeld	2008-2011
EDL	Eitinger Weiher	im Flugrouten-Bereich, landwirtschaftlich genutztes Umfeld	2008-2011
EGL	Eitinger Gutbrod-Weiher	im Flugrouten-Bereich, landwirtschaftlich genutztes Umfeld	2008-2011
EVL	Eitinger Moos	landwirtschaftlich genutztes Umfeld	2008-2011
EWL	westlich Eitting	landwirtschaftlich genutztes Umfeld	2008-2011
ASL	östlich Badesees Stoiber-Mühle	landwirtschaftlich genutztes Umfeld	2008-2011
AGL	Siedlungsrand von Attaching	Siedlungsbereich, landwirtschaftlich genutztes Umfeld	2008-2011
SNL	westlich Eitingermoos	landwirtschaftlich genutztes Umfeld	2008-2011
ELB	westlich Grünschwaige	landwirtschaftlich genutztes Umfeld	2009-2011
HNL	östlich Hallbergmoos	landwirtschaftlich genutztes Umfeld, untergeordnete Siedlung, Verkehr	2010-2011
HPL	nordöstlich Hallbergmoos, südlich Flughafenzaun	landwirtschaftlich genutztes Umfeld, im Flugrouten-Bereich	2010-2011
EHL	nördliche Grünschwaige	landwirtschaftlich genutztes Umfeld	2010-2011
ERL	westliche Grünschwaige	landwirtschaftlich genutztes Umfeld, Kfz-Verkehr [fließend]	2010-2011
ETL	westlich Eitting	landwirtschaftlich genutztes Umfeld	2010-2011

*Übersicht Messpunkte für ausschließlich Depositionsmessungen





WELKE BESCHÜTZUNG
LITTLE ABSTAND HALTEN
BMW

Übersichtskarten 2006 und 2007

Biomonitoring und Depositionsuntersuchung 2006



Biomonitoring und Depositionsuntersuchung 2007



Übersichtskarten 2010 und 2011

Biomonitoring und Depositionsuntersuchung 2010



Biomonitoring und Depositionsuntersuchung 2011



Übersichtskarten 2012 und 2013

Biomonitoring und Depositionsuntersuchung 2012



- Biomonitoring
- Depositionsuntersuchungen

Biomonitoring und Depositionsuntersuchung 2013



- Biomonitoring
- Depositionsuntersuchungen

Übersichtskarten 2014 und 2015

Biomonitoring und Depositionsuntersuchung 2014



Biomonitoring und Depositionsuntersuchung 2015



Übersichtskarten 2016 und 2017

Biomonitoring und Depositionsuntersuchung 2016



- Biomonitoring
- Depositionsuntersuchungen

Biomonitoring und Depositionsuntersuchung 2017



- Biomonitoring
- Depositionsuntersuchungen

Glossar

Akkumulation	Anreicherung von Stoffen	Hintergrund	Quellenferner Bereich ohne unmittelbaren Einfluss lokaler Emissionen ¹²
Bioindikator	Organismus, der Umweltbedingungen und deren Veränderungen anzeigen kann; Überbegriff für Akkumulationsindikator, Reaktionsindikator und Zeigerorganismus ⁸	Höchstgehalt	Das EU-Lebensmittelrecht hat für bestimmte Kontaminanten in verschiedenen Lebensmitteln Höchstgehalte in Verordnung [EG] Nr. 1881/2006 ²¹ 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« ²¹ . Die Futtermittelverordnung setzt Höchstgehalte für unerwünschte Stoffe in Futtermitteln fest ¹⁴ , s. a. Tabelle Seite 15.
Biomonitoring	Nutzung biologischer Systeme (Organismen oder Organismengemeinschaften) zur räumlichen und zeitlichen Überwachung von Umweltveränderungen ⁸ <ul style="list-style-type: none"> • aktives Biomonitoring: Bioindikatoren werden unter genormten Bedingungen in der Umwelt aufgestellt, um die aktuelle Luftgütesituation zu erfassen • passives Biomonitoring: Bioindikatoren werden an ihrem natürlichen Standort untersucht oder beprobt 	Honigmonitoring	Orientierender Umweltservice, der Umweltuntersuchungen mit Rückstandsuntersuchungen des Lebensmittels Honig ergänzt; Pollen und Wachs eingeschlossen
Deposition	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.	Immission	Einwirkung unerwünschter Stoffe auf die Umwelt
Emission	Freisetzung von Schadstoffen in die Umwelt	Immissionswert	Die TA Luft legt Immissionswerte zum »Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch die Deposition von luftverunreinigenden Stoffen, einschließlich [...] schädlichen Bodenveränderungen« und für Gesamtstaub zum »Schutz vor erheblichen Belästigungen oder erheblichen Nachteilen durch Staubbiederschlag« ¹⁹ fest. Sie sind auf die jährliche Depositionsrate zu beziehen. Sie dienen als Grundlage zur Bewertung der Ergebnisse der Depositionsuntersuchungen, s. a. Seite 14, 15 [Tabelle].
Emittent	Quelle unerwünschter Stoffe (z. B. Verkehr, Industrie, Hausfeuerungsanlagen, Landwirtschaft)		
Exposition	Aufstellen von Bioindikatoren in der Umwelt für einen festgelegten Zeitraum		

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) ^⑧ , s. a. Seite 8, 9, 12, 17, 19, 30	PAK	Chemische Verbindungsgruppe schwer abbaubarer, organischer Schadstoffe, die aus zwei bis sieben Ringen von Kohlenstoff- und Wasserstoffatomen bestehen und in Fetten und Ölen gut löslich sind; aufgrund ihrer Häufigkeit und Umweltrelevanz sind 16 dieser polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe nach US Umweltbehörde EPA als »prioritäre Schadstoffe« definiert.
Kontaminant	Als Kontaminant gilt jeder Stoff, der einem Lebensmittel nicht absichtlich hinzugefügt wird, aber als Rückstand z. B. der Gewinnung, Fertigung oder als Verunreinigung durch die Umwelt im Lebensmittel vorhanden ist.	Referenzmesspunkt	Messpunkt außerhalb des unmittelbaren Emittentenumfelds, der die typische Hintergrundsituation repräsentiert
Maximaler Immissions-Wert	In der Richtlinienreihe VDI 2310 ^⑮ werden für unerwünschte Stoffe in Futtermitteln Maximale Immissions-Werte empfohlen (im Unterschied zu Immissionswerten gemäß TA Luft ^⑲ , die für die Deposition gelten). Sie sind aus langfristigen Versuchen zur Ermittlung von Dosis-Zeit-Wirkungsbeziehungen bei Nutztieren abgeleitet. Sie dienen dem Schutz der landwirtschaftlichen Nutztiere und der Sicherung der gesundheitlichen Unbedenklichkeit von Lebensmitteln, die von diesen Tieren gewonnen werden. Sie können zusätzlich zu Höchstgehalten der Futtermittelverordnung ^⑭ als Beurteilungswerte für die Bewertung der Gras- kulturergebnisse beim Biomonitoring herangezogen werden, s. a. Seite 14, 15 (Tabelle), 19, 20, 22, 24, 26, 28, 29, 36	Transmission	Unerwünschte Stoffe werden in der Luft transportiert, verdünnt und durchmischt und unterliegen zum Teil physikalischen und chemischen Umwandlungsprozessen.
		Zulässige zusätzliche Frachten	»Zulässige zusätzliche jährliche Frachten an Schadstoffen über alle Wirkungspfade« für Schwermetalle sind gemäß BBodSchV ^⑳ auf die jährliche Depositionsrate zu beziehen. Zusätzlich zu Immissionswerten gemäß TA Luft können sie als Grundlage zur Bewertung der Ergebnisse der Depositionsuntersuchungen dienen ^⑲ , s. a. Seite 14, 15, (Tabelle) 31, 32, 33, 35, 36

Quellen

Kartenmaterial-Grundlage: Geodaten – Bayerische Vermessungsverwaltung; 831/17.

1 LfU Bayern

Immissionsmessungen LÜB – Lufthygienisches Landesüberwachungssystem Bayern. [Online] 14. 08 2017. <https://www.lfu.bayern.de/luft/immissionsmessungen/index.htm>.

2 LfU Bayern

Schadstoffe aus der Luft – Einträge und Wirkungen. [Online] 14. 08 2017. https://www.lfu.bayern.de/luft/schadstoffe_luft/index.htm.

3 UBA

Persistente organische Schadstoffe – Emissionsentwicklung 1990-2014. Luftschadstoff-Emissionen in Deutschland. [Online] 14. 08 2017. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/luftbelastung/luftschadstoff-emissionen-in-deutschland>.

4 BImSchG, Bundes-Immissionsschutzgesetz

Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge. Neugefasst durch Bek. v. 17.5.2013 I 1274 ; in der aktuell gültigen Fassung

5 DWD

Wetterlexikon – Saharastaub. [Online] [Zitat vom: 2017. 08 17.] <http://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?lv2=102248&lv3=102384>.

6 39. BImSchV

39. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen). s.l.: BGBl. I S. 1065, 2. August 2010. 2; in der aktuell gültigen Fassung

7 Richtlinie VDI 3957, Blatt 2

Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Pflanzen (Biomonitoring). Verfahren der standardisierten Graskultur. Düsseldorf: VDI, 2016.

8 Richtlinie VDI 3957, Blatt 1

Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Pflanzen (Biomonitoring). Grundlagen und Zielsetzungen. Düsseldorf: VDI, 2014.

9 Richtlinie VDI 3957, Blatt 3

Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Pflanzen (Biomonitoring). Verfahren der standardisierten Exposition von Grünkohl. Düsseldorf: VDI, 2008.

10 Richtlinie VDI 4320, Blatt 2

Messung atmosphärischer Depositionen – Bestimmung des Staubniederschlags nach der Bergerhoff-Methode. Düsseldorf: VDI, 2012.

11 Richtlinie VDI 2267, Blatt 15

Stoffbestimmung an Partikeln in der Außenluft – Messen der Massenkonzentration von Al, As, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, K, Mn, Ni, Pb, Sb, V, Zn als Bestandteile des Staubniederschlags mit Hilfe der Massenspektrometrie [ICP-MS]. Düsseldorf: VDI, 2005.

12 Richtlinie VDI 3957, Blatt 10

Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Pflanzen (Bioindikation); Emittentenbezogener Einsatz pflanzlicher Bioindikatoren. Düsseldorf: VDI, 2004.

13 LfU Bayern

Lufthygienischer Jahresbericht 2015. Augsburg: LfU, 2016.

14 FuttMV

Futtermittelverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 29. August 2016 [BGBl. I S. 2004]; in der aktuell gültigen Fassung

15 Richtlinie VDI 2310, Blatt 1

Maximale Immissions-Werte – Zielsetzung und Bedeutung der Richtlinienreihe 2310. Düsseldorf: VDI 2010

16 VO (EU), Nr. 420/2011 und Nr. 2015/1005

VERORDNUNG (EU) Nr. 420/2011 DER KOMMISSION vom 29. April 2011 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 zur Festsetzung der Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln. Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 111, S.3 vom 20.4.2011.

VERORDNUNG (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.

17 RHmV

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 21.10.1999. 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]. 1999.

18 VO (EG), Nr. 396/2005

Verordnung Nr. 396/2005 des EUROPÄISCHEN PARLAMENTS und des RATS 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. zuletzt geändert durch Verordnung (EG) Nr. 256/2009 der KOMMISSION vom 23. März 2009. 2005.

19 TA Luft

Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz [Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft]. vom 24. Juli 2002 [GMBl. 2002 S. 511].

20 BBodSchV

Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 12. Juli 1999 [BGBl. I S. 1554]; in der aktuell gültigen Fassung

21 EUR-Lex zu VO (EU), Nr. 396/2005

EUR-Lex. Access to european law - Pestizidrückstände in Lebens- und Futtermitteln. [Online] [Zitat vom: 04. 12 2017.] <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=LEGISUM%3A121289>;

22 VO (EG), Nr. 1881/2006

Verordnung zur Festsetzung der Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln vom 19. Dezember 2006, Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 364, S.5 vom 20.12.2006.

23 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. 2014.

Impressum

Herausgeber

Flughafen München GmbH
Postfach 23 17 55
85326 München
www.munich-airport.de

Verantwortlich

Dr. Josef Schwendner
Leiter Recht, Gremien,
Compliance und Umwelt
Hans-Joachim Bues
Leiter Unternehmenskommunikation

Fachliche Leitung

Hermann Blomeyer
Leiter Projektteam Kapazitäten
und Umwelt
Hans-Peter Melzl

Fachliche Begleitung

UMW Umweltmonitoring

Text

Projektteam Kapazität und
Umwelt – Team Klima, Luft, Boden

Redaktion

Corporate Media

Gestaltung

© SPARKS CONSULTING

Fotos und Grafiken

Flughafen München GmbH
Bernhard Huber
Dr. Monica Wäber

Druck

Senser Druck GmbH

Papier

Circle Offset white
100 % Altpapier

Nehmen Sie Kontakt auf

Für Fragen und Anregungen
zum Thema Biomonitoring steht
Ihnen gerne zur Verfügung:
Hans-Peter Melzl
Telefon: +49 89 975 404 60
E-Mail: hans-peter.melzl@munich-airport.de

1. Auflage

Januar 2019



