



Lufthygienischer Jahresbericht 2021



Lufthygienischer Jahresbericht 2021

Wiesbaden, November 2022

Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Impressum

Lufthygienischer Jahresbericht 2021

Bearbeitung: Dr. Florian Ditas, Nicolai Föll, Alexander Gorgischeli, Charlotte Matthias, Dr. Diana Rose,
Daniel Schwarzloh, Katja Wucher

Titelbild: Katja Wucher

Layout: Nadine Senkpiel

Herausgeber:

Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie
Postfach 3209, 65022 Wiesbaden

Telefon: 0611 6939-0

Telefax: 0611 6939-555

www.hlnug.de

Das HLNUG auf Twitter:

https://twitter.com/hlnug_hessen

Version	Veröffentlicht	Bemerkung
1.0	November 2022	

Diese Broschüre wurde mit FSC-Zertifizierung gedruckt.

Inhalt

Impressum	2
Vorwort	4
1 Einleitung	5
2 Überwachung der Luftqualität in Hessen	6
2.1 Kontinuierliche Messungen	6
2.2 Diskontinuierliche Messungen mittels Passivsammler	7
2.3 Schwermetalle im Feinstaub PM ₁₀	7
2.4 Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) im Feinstaub PM ₁₀	8
2.5 Indikator für die durchschnittliche Exposition von Feinstaub PM _{2,5} (AEI)	8
2.6 Messprogramm für den Staubbiederschlag und seine Inhaltsstoffe	8
2.7 Messprogramm für ultrafeine Partikel	9
3 Immissionswerte nach 39. BImSchV, TA Luft und Luftgüteleitlinien der WHO	10
3.1 Grenz-, Ziel- und Schwellenwerte sowie kritische Werte nach 39. BImSchV	10
3.2 Immissionswerte nach TA Luft	11
3.3 Immissionsrichtwerte nach Luftgüteleitlinien der WHO	11
4 Witterung	12
5 Stickstoffdioxid (NO₂), Stickstoffmonoxid (NO) und Stickoxide (NO_x)	13
5.1 Kenngrößen	13
5.2 Immissionsbeurteilung	16
6 Ozon (O₃)	17
6.1 Kenngrößen	17
6.2 Immissionsbeurteilung	18
7 Benzol, Toluol, Xylol (BTX)	19
7.1 Kenngrößen	19
7.2 Immissionsbeurteilung	20
8 Schwefeldioxid (SO₂), Kohlenmonoxid (CO)	21
8.1 Kenngrößen	21
8.2 Immissionsbeurteilung	22
9 Partikel	22
9.1 Feinstaub PM ₁₀ , Feinstaub PM _{2,5} sowie Ruß	22
9.2 Inhaltsstoffe im Feinstaub PM ₁₀ : Schwermetalle	27
9.3 Inhaltsstoffe im Feinstaub PM ₁₀ : PAK	30
9.4 Staubbiederschlag	31
10 Interessantes aus dem Berichtsjahr: Ultrafeine Partikel im Rhein-Main-Gebiet	35
11 Qualitätssicherung	37
12 Details zu den Luftmessstellen und -gebieten	38
12.1 Tabellarische Übersicht	38
12.2 Kartenübersicht	43

Vorwort



Liebe Leserin, lieber Leser,

saubere Luft ist von grundlegender Bedeutung für den Schutz und die Gesunderhaltung von Menschen, Tieren und Pflanzen. Aber auch Materialien, wie z. B. empfindliche Fassaden von Baudenkmalen, können durch Schadstoffe in der Luft

angegriffen werden. Die nachhaltige Sicherstellung einer guten Luftqualität in Annäherung an die natürliche Zusammensetzung der bodennahen Atmosphäre ist deshalb eine wichtige Aufgabe.

Die rechtliche Grundlage der Luftreinhaltung bildet in Deutschland das 1974 in Kraft getretene Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG), in welchem auch die EU-Luftqualitätsrichtlinien umgesetzt sind, die heute europaweit die Anforderungen an die Beurteilung der Luftqualität und die Luftreinhalteplanung festlegen. Eine länderübergreifende großräumige Strategie hat sich als sinnvoll erwiesen, denn Luft – und somit auch verschmutzte Luft – kennt keine Grenzen. Die ständige Überwachung der Luftqualität in Hinblick auf die Einhaltung von Grenzwerten wird in erster Linie durch den Betrieb von kontinuierlich arbeitenden Luftmessnetzen in den europäischen Ländern gewährleistet.

Das Hessische Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) betreibt ein landesweites Messnetz mit weit über 30 Luftmessstationen und ist zuständig für die Beurteilung der Luftqualität in Hessen. Die automatisierten Stationen sind mit Analysegeräten für gasförmige Schadstoffkomponenten und für Feinstaub sowie mit Messgeräten zur Erfassung

meteorologischer Einflussgrößen ausgestattet. Die ermittelten Daten werden direkt an die Messnetzzentrale im HLNUG nach Wiesbaden übertragen. Von dort aus werden die Daten über verschiedene Medien zeitnah veröffentlicht, damit sich Interessierte aktuell informieren können. Des Weiteren führt das HLNUG auch diskontinuierliche Messungen mit Hilfe von Passivsammlern durch. Ergänzt werden die Messdaten durch die Analyse von Schwermetallen und polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) im Feinstaub PM_{10} . Ebenso wird der Staubbiederschlag hinsichtlich des Masseintrags und der daran gebundenen Inhaltsstoffe untersucht. Die Messdaten sind eine wesentliche Grundlage für die hessische Luftreinhalteplanung, deren Ziel das Erreichen und Einhalten anspruchsvoller Luftqualitätsstandards ist.

Zu Jahresbeginn wird in einem Kurzbericht zeitnah über die Ergebnisse der kontinuierlichen Messungen aus dem Vorjahr informiert. Die auf kontinuierlichen Messungen beruhenden Jahresmittelwerte werden für Stickstoffdioxid (NO_2) und Benzol (C_6H_6) um Daten aus der Messung mit Passivsammlern, für Feinstaub $PM_{2,5}$ um Daten aus der gravimetrischen Erfassung ergänzt. Im vorliegenden Lufthygienischen Jahresbericht werden sämtliche Ergebnisse und Auswertungen zur Überwachung der Luftqualität in Hessen umfassend dargestellt.

Den Lufthygienischen Jahres**kurz**bericht sowie den nun vorliegenden ausführlichen Lufthygienischen Jahresbericht finden Sie auch auf der Internetseite des HLNUG.

A handwritten signature in black ink that reads "Thomas Schmid". The signature is fluid and cursive, with a large initial 'T'.

Prof. Dr. Thomas Schmid
Präsident des Hessischen Landesamtes für Naturschutz,
Umwelt und Geologie

1 Einleitung

Der vorliegende Bericht informiert über die Überwachung der Luftqualität in Hessen im Jahr 2021. Er enthält die Darstellung der wichtigsten Kenngrößen zur Immissionsbeurteilung. Des Weiteren werden die Ergebnisse aus den Messprogrammen für Feinstaub PM_{10} und seinen Inhaltsstoffen sowie dem Messprogramm zum Staubbiederschlag und seinen Inhaltsstoffen berichtet. Darüber hinaus wird die Belastung durch ultrafeine Partikel im Rhein-Main-Gebiet erörtert.

Die Beurteilung der lufthygienischen Situation basiert auf den Grenz-, Ziel- und Schwellenwerten der 39. BImSchV, einer Verordnung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG), in der die EG-Luftqualitätsrichtlinien umgesetzt sind. Demnach ist das Land Hessen in Gebiete und Ballungsräume aufzuteilen. Zurzeit sind dies: Rhein-Main und Kassel (Ballungsräume) sowie Südhessen, Lahn-Dill und Mittel- und Nordhessen (Gebiete). Werden in diesen Gebieten oder Ballungsräumen die Immissionsgrenzwerte überschritten, müssen Luftreinhaltepläne aufgestellt werden.

Weiterhin werden Basisdaten für die Beurteilung der lufthygienischen Vorbelastung im Rahmen von Genehmigungsverfahren ermittelt und in diesem Bericht dargestellt. Hier werden als Beurteilungsgrundlagen für den Staubbiederschlag und seine Inhaltsstoffe die Immissionswerte der TA Luft herangezogen.

Im September 2021 hat die WHO (Weltgesundheitsorganisation) neue Luftgüteleitlinien veröffentlicht. Sie enthalten Richtwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit. Zum Erreichen der teilweise sehr anspruchsvollen Richtwerte wurden für einige Schadstoffe Zwischenziele, so genannte Interim Targets, definiert. Richtwerte sind nicht rechtsverbindlich. Da sie aber in der bevorstehenden Überarbeitung der europäischen Luftqualitätsrichtlinie berücksichtigt werden, finden im HLNUG erste Betrachtungen der hessischen Messwerte unter dem Aspekt der neuen WHO-Richtwerte statt. Die WHO veröffentlicht ihre Luftgüteleitlinien (air quality guidelines) auf ihrer Homepage <https://www.who.int>.

Die zeitliche Verzögerung des Lufthygienischen Jahresberichts aufgrund der aufwändigeren Inhaltsstoffuntersuchungen der Feinstaub- und Staubbiederschlagsproben wird durch die Veröffentlichung eines „Jahreskurzberichts“ mit den wesentlichen Ergebnissen des kontinuierlichen Luftmessnetzes zu Beginn des Jahres aufgefangen.

Die aktuellen Messergebnisse (nicht abschließend geprüft) sowie Werte aus dem Zeitraum der jeweils 20 letzten Jahre finden Sie im Messdatenportal auf der Internetseite des HLNUG unter <https://www.hlnug.de/daten>.

2 Überwachung der Luftqualität in Hessen

Das Hessische Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie betreibt ein landesweit ausgerichtetes Messnetz zur gebietsbezogenen Überwachung und Beurteilung der Luftqualität. Dazu werden sowohl kontinuierliche als auch diskontinuierliche Messverfahren eingesetzt.

Die Messung der Luftschadstoffe im kontinuierlichen Verfahren erfolgt in den Messstationen mit automatisierten Analysatoren. Die Messplatzanforderung für diese Geräte macht es in der Regel erforderlich, eine Luftmessstation als begehbaren thermostatisierten Laborraum auszulegen. Jede Messstation setzt sich aus dem Probenahmesystem, den einzelnen Messgeräten mit Kalibriereinheit und der Stationselektronik zusammen. Die Mess- und Kalibrierverfahren sind jeweils komponentenspezifisch. Eingesetzt werden rein physikalische Messverfahren, da diese Verfahren wartungsfreundlich sind. Die Stationselektronik steuert die Messstation und verwaltet die Messwerte. Der Stationsrechner fragt die Messwerte in kurzen Sekundenabständen ab (in der Regel alle 5 Sekunden) und berechnet daraus die Halbstundenmittelwerte; diese werden anschließend in die Messnetzzentrale des HLNUG übertragen. Dort werden die Daten überprüft, gespeichert und weiterverarbeitet.

Bei den diskontinuierlichen Messverfahren erfolgt die Probenahme über eine definierte Zeitdauer, die abhängig von der zu untersuchenden Kompo-

te ist. Der Messwert liegt demnach als Mittelwert über den Probenahmezeitraum vor. Die Probenahme kann zum Beispiel über einen Filter erfolgen, durch den für eine bestimmte Zeitdauer die Luft angesaugt wird. Auf diesem Weg können Feinstaub PM_{10} und Feinstaub $PM_{2,5}$ erfasst werden. Nach der gravimetrischen Bestimmung der Feinstaubmasse können im Labor weitere Analysen der Inhaltsstoffe stattfinden. Auch bei der Staubbiederschlagsmessung, bei der sich Staub in Sammelgefäßen ablagert, werden nachfolgend Laboranalysen zur Bestimmung der Inhaltsstoffe des Staubbiederschlags durchgeführt. Ein weiteres diskontinuierliches Messverfahren stellt der Einsatz von Passivsammelern dar. Hierbei diffundiert die Luft an ein Sorbens (z. B. Aktivkohle). Im Anschluss findet im Labor eine chemische Analyse des Schadstoffgehalts statt. Diese Vorgehensweise eignet sich für die Bestimmung von gasförmigen Luftschadstoffen wie Stickstoffdioxid (NO_2) und Benzol, Toluol und m-/p-Xylol (BTX).

Detaillierte Informationen sowie Kartendarstellungen zu den einzelnen Messstellen und Messgebieten (Staubbiederschlag) sind am Ende des Berichts aufgeführt.

Unter dem Begriff einer „Messstation“ ist die besondere Form einer „Messstelle“ zu verstehen, die einen klimatisierten Container für den Betrieb kontinuierlich laufender Analysatoren für eine größere Anzahl verschiedener Schadstoffe voraussetzt.

2.1 Kontinuierliche Messungen

Im Jahr 2021 wurden insgesamt 39 kontinuierliche Immissionsmessstationen unterhalten: 17 Stationen im städtischen Hintergrund, 11 Stationen im ländlichen Hintergrund und 11 Stationen an Verkehrsschwerpunkten. Die Luftmessstationen sind zur Erfassung verschiedener meteorologischer Größen sowie folgender Komponenten ausgerüstet: Schwefeldioxid (SO_2), Kohlenmonoxid (CO), Stickstoffmonoxid (NO), Stickstoffdioxid (NO_2), Benzol, Toluol und m-/p-Xylol (BTX), Ozon (O_3), Feinstaub PM_{10} , Feinstaub $PM_{2,5}$ und Ruß.

Die meteorologischen Parameter dienen dazu, die für die Entstehung und die Ausbreitung von Luftverunreinigungen bedeutsamen meteorologischen Bedingungen zu erfassen. Gemessen werden Windrichtung und -geschwindigkeit, Temperatur, relative Feuchte, Luftdruck, Globalstrahlung und Niederschlag.

Im Jahresbericht werden nur die Messwerte der Stationen dargestellt, die mindestens ein Kalenderjahr in Betrieb sind. Messstellen, die nicht zur gebietsbezogenen Beurteilung der Luftqualität herangezogen werden, sind im Bericht in kursiver Schreibweise dargestellt.

2.2 Diskontinuierliche Messungen mittels Passivsammler

Neben den Messungen mit kontinuierlich arbeitenden Analysatoren hat sich seit einigen Jahren ein diskontinuierliches Messverfahren, das Passivsammelverfahren, als verlässliche Methode für die Erhebung der mittleren Konzentration von Stickstoffdioxid (NO_2), aber auch von Benzol, Toluol und m-/p-Xylol (BTX) erwiesen.

Das Verfahren beruht auf der Diffusion des Gases auf ein geeignetes Material (Sorbens) und der nachträglichen chemischen Analyse der Probe im Labor zum Nachweis der aufgenommenen Masse des Luftschadstoffes. Nach dem zu Grunde liegenden physikalischen Prinzip kann auf seine Außenluftkonzentration im Probenahmezeitraum geschlossen werden. Um die Gleichwertigkeit der so ermittelten Werte mit dem kontinuierlichen Referenzmessverfahren zu gewährleisten, werden fortlaufend auch Parallelmessungen an ausgewählten Messstationen des Luftmessnetzes durchgeführt.

Passivsammler benötigen, im Gegensatz zu kontinuierlich messenden Geräten, keine Stromversorgung. Als vergleichsweise einfaches und preiswertes Verfahren kann damit eine größere Anzahl von Messstellen in der Fläche realisiert werden. Ein weiterer Vorteil ist der geringe Platzbedarf. Deshalb sind mehrere verkehrsbezogene Stationen des Luftmessnetzes Hessen, in denen u. a. aus Platzgründen kein kontinuierlich messender BTX-Analysator eingesetzt werden kann, mit Passivsammlern zur BTX-Messung ausgerüstet. Der Nachteil des Passivsammler-Verfahrens liegt in der begrenzten zeitlichen Auflösung (ein Monat). Für die Ermittlung eines Jahresmittelwertes hat sich das Verfahren jedoch bewährt.

Auf Grund der zahlreichen NO_2 -Messungen kann es zu sehr ähnlich lautenden Bezeichnungen von Messstationen und Passivsammler-Messstellen kommen. In der zusammenfassenden Tabelle „Geräteausstattung der Luftmessstellen, Jahr des Messbeginns“ ist explizit gekennzeichnet, welche Messstellen bei welchen Komponenten mit Passivsammlern arbeiten.

2.3 Schwermetalle im Feinstaub PM_{10}

Zur Erfassung der Schwermetallbelastung im Feinstaub PM_{10} führt das HLNUG Messungen mit diskontinuierlichen Verfahren durch. Im Jahr 2021 wurden an insgesamt 16 Messstellen Staubprobensammler betrieben. 12 Messstellen liegen im städtischen Hintergrund, 3 im ländlichen Hintergrund und 1 an einem Verkehrsschwerpunkt. Die gesammelten Staubproben wurden anschließend auf 13 Schwermetalle untersucht. In diesem Bericht werden allerdings nur die Messergebnisse der Komponenten näher beschrieben, für die ein Grenz- oder Zielwert in der 39. BImSchV vorgegeben ist, dies sind Arsen, Blei, Cadmium und Nickel.

Aufgrund der geringeren zeitlichen Abdeckung von 122 Proben im Jahr werden die im Rahmen dieser Untersuchungen gleichzeitig gravimetrisch erhobenen PM_{10} -Messwerte für die Beurteilung der PM_{10} -Belastung nicht mit herangezogen und daher auch nicht in diesem Bericht aufgeführt. Nur die Messstellen Wetzlar Im Köhlersgarten und Aßlar

Klein-Altenstädten weisen eine vollständige Abdeckung eines Jahreskollektives auf und erlauben damit die Beurteilung bezüglich der Einhaltung der PM_{10} -Grenzwerte. Die Ergebnisse dieser beiden Messstellen werden im Kapitel „Feinstaub PM_{10} , Feinstaub $\text{PM}_{2,5}$ sowie Ruß“ dokumentiert.

Die Schwermetallkonzentration im Feinstaub PM_{10} wird auf Basis der Analyse von 60 Proben pro Jahr und Messstelle ermittelt, dabei wird eine gleichmäßige Verteilung der Probenahmetage über die Wochentage und das Jahr festgelegt. Die Probenanzahl reicht für die Beurteilung der Schwermetallbelastung aus, da für die genannten Komponenten die in der 39. BImSchV jeweils vorgeschriebenen unteren Beurteilungsschwellen unterschritten werden. Auch hier weisen die Messstellen Wetzlar Im Köhlersgarten und Aßlar Klein-Altenstädten eine Besonderheit auf. Hier erfolgt eine tägliche Probenahme und eine anschließende Bestimmung der Konzentration aus Wochenmischproben.

2.4 Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) im Feinstaub PM₁₀

Nach der 39. BImSchV sind bestimmte polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) als Bestandteile der PM₁₀-Fraktion zu erfassen. Im hessischen PAK-Messprogramm wurden deshalb im Jahr 2021 an 10 Messstellen in einem diskontinuierlichen Verfahren Proben zur Analyse dieser PAK genommen. 5 dieser Messstellen haben Verkehrsbezug, 4 überwachen die PAK-Belastung im städtischen Hintergrund. Eine weitere Messstelle im ländlichen Raum dient als Vergleichsstandort. Zur Probenahme wird Umgebungsluft durch einen Filter gesaugt, wobei sich die in der Luft enthaltenen Partikel auf dem Fil-

ter abscheiden. Die Staubproben werden im Labor auf PAK analysiert. Die Messungen der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe Benzo[a]pyren (BaP), Benzo[a]anthracen (BaA), Benzo[b,j,k]fluoranthren (BF [b+j+k]), Dibenzo[a,h]anthracen (DBA) und Indeno[1,2,3-cd]pyren (INP) erfolgen demnach als Bestandteile der PM₁₀-Staubfraktion. Benzo[a]pyren dient als Leitkomponente für die Immissionsbelastung durch polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe. Deshalb wurde für diese Komponente in der 39. BImSchV ein Zielwert festgelegt.

2.5 Indikator für die durchschnittliche Exposition von Feinstaub PM_{2,5} (AEI)

Mit der EU-Richtlinie für Luftqualität und saubere Luft in Europa wird als zusätzliches lufthygienisches Ziel die Reduzierung der durchschnittlichen deutschlandweiten PM_{2,5}-Exposition angestrebt. Die Verfolgung dieses Ziels wird mit Hilfe des „nationalen Indikators für die durchschnittliche Exposition“ (Average Exposure Indicator – AEI) beobachtet. Der AEI wird als Mittelwert über 3 Jahre und über alle für die Beobachtung dieser Größe in Deutschland ausgewählten 36 Messstellen im städtischen Hintergrund berechnet. Zum ersten Mal wurde der AEI aus den Messungen der Jahre 2008, 2009 und 2010 gebildet. Ausgehend von diesem „Startwert“ soll die PM_{2,5}-Konzentration

bis 2020 um einen bestimmten Prozentsatz reduziert werden. Das Reduktionsziel hängt von der Höhe des Startwertes ab. Der Startwert liegt für Deutschland bei 16,4 µg/m³. Den Anforderungen der 39. BImSchV entsprechend musste diese Konzentration bis 2020 um 15 % verringert werden. Darüber hinaus darf der Indikator für die durchschnittliche PM_{2,5}-Exposition ab 2015 den Wert von 20 µg/m³ nicht mehr überschreiten. Als Beitrag Hessens an der Ermittlung des AEI werden Messungen an 3 Stationen durchgeführt. Die Daten werden dort mit dem gravimetrischen Referenzmessverfahren (DIN EN 12341) erfasst.

2.6 Messprogramm für den Staubbiederschlag und seine Inhaltsstoffe

Als Staubbiederschlag (Deposition) wird die Gesamtablagerung von Stoffen bezeichnet, die als trockene oder nasse Deposition aus der Atmosphäre auf Oberflächen wie Böden, Pflanzen, Gebäude oder Gewässer gelangt. Mit dem Bergerhoff-Verfahren wird die Ge-

samtdeposition des Staubbiederschlags messpunktbezogen ermittelt. Monatlich wird zunächst die Masse des Staubbiederschlags erfasst. Dieser wird im Labor zusätzlich auf seine Inhaltsstoffe analysiert. Für die Inhaltsstoffanalysen werden jeweils 6 Monate zu

Halbjahresmischproben zusammengefasst. Das Komponentenspektrum umfasst Antimon, Arsen, Blei, Cadmium, Chrom, Kobalt, Eisen, Nickel, Vanadium, Kupfer, Mangan, Thallium und Zink. Im Jahr 2021 wurde der Staubniederschlag in 7 Messgebieten an insgesamt 220 Messpunkten ermittelt. Das Messraster in diesen Messgebieten weist regulär eine Maschen-

weite von 1 km × 1 km auf. Zur Beurteilung werden die Jahresmittelwerte der Messpunkte herangezogen. Die Bewertung der Immissionssituation erfolgt auf Basis der TA Luft, die für einige der Komponenten Immissionswerte vorgibt. Zur weiteren Charakterisierung der Situation in den Messgebieten werden in diesem Bericht die Gebietsmittelwerte dargestellt.

2.7 Messprogramm für ultrafeine Partikel

Als ultrafeine Partikel (UFP) beziehungsweise Ultrafeinstaub werden alle Partikel mit einem Durchmesser kleiner als 100 Nanometer (nm) bezeichnet. Sie stellen eine Teilmenge des Feinstaubes dar, tragen aber aufgrund ihrer geringen Größe kaum zur Massenkonzentration der Feinstaubfraktionen PM_{10} oder $PM_{2,5}$ bei. Ultrafeinstaub ist in den letzten Jahren vor allem durch mögliche gesundheitliche Auswirkungen in

den Fokus geraten, gesetzliche Vorgaben zur Überwachung oder gar Grenzwerte gibt es jedoch nicht. Das HLNUG beschäftigt sich seit 2015 mit dem Thema ultrafeine Partikel, da insbesondere der Flughafen Frankfurt als eine wichtige Quelle für Ultrafeinstaub in der Rhein-Main-Region näher untersucht werden soll.

3 Immissionswerte nach 39. BImSchV, TA Luft und Luftgüteleitlinien der WHO

3.1 Grenz-, Ziel- und Schwellenwerte sowie kritische Werte nach 39. BImSchV

Beim Vergleich der Messwerte mit den Grenzwerten und anderen Werten nach der 39. BImSchV ist die

kaufmännische Rundung nach DIN 1333 zu berücksichtigen.

Tab. 1: Grenzwerte, Zielwerte, Schwellenwerte und kritische Werte nach 39. BImSchV

Komponente	Mittelungszeitraum	Grenzwert	Schutzziel	Bemerkungen
Schwefeldioxid (SO ₂)	Stunde	350 µg/m ³ dürfen nicht öfter als 24-mal im Kalenderjahr überschritten werden	Gesundheit	
	Tag	125 µg/m ³ dürfen nicht öfter als 3-mal im Kalenderjahr überschritten werden	Gesundheit	
	Kalenderjahr	20 µg/m ³	Vegetation	kritischer Wert, emissionsfern ¹⁾
	Winterhalbjahr (01.10.–31.03.)	20 µg/m ³	Vegetation	kritischer Wert, emissionsfern ¹⁾
Stickstoffdioxid (NO ₂)	Stunde	200 µg/m ³ dürfen nicht öfter als 18-mal im Kalenderjahr überschritten werden	Gesundheit	
	Kalenderjahr	40 µg/m ³	Gesundheit	
Stickstoffoxide (NO _x)	Kalenderjahr	30 µg/m ³	Vegetation	kritischer Wert, emissionsfern ¹⁾
Feinstaub PM ₁₀	Tag	50 µg/m ³ dürfen nicht öfter als 35-mal im Kalenderjahr überschritten werden	Gesundheit	
	Kalenderjahr	40 µg/m ³	Gesundheit	
Feinstaub PM _{2,5}	Kalenderjahr	25 µg/m ³	Gesundheit	
Benzol (C ₆ H ₆)	Kalenderjahr	5 µg/m ³	Gesundheit	
Kohlenmonoxid (CO)	höchster Achtstundenmittelwert pro Tag	10 mg/m ³	Gesundheit	
Ozon (O ₃)	Stunde	180 µg/m ³	Gesundheit	Informationsschwelle
	Stunde	240 µg/m ³	Gesundheit	Alarmschwelle
	höchster Achtstundenmittelwert pro Tag	120 µg/m ³ dürfen an höchstens 25 Tagen im Kalenderjahr überschritten werden, gemittelt über 3 Jahre	Gesundheit	Zielwert
	AOT40	18 000 µg/m ³ ×h, gemittelt über 5 Jahre	Vegetation	Zielwert
Blei ²⁾	Kalenderjahr	0,5 µg/m ³	Gesundheit	Grenzwert
Arsen ²⁾	Kalenderjahr	6 ng/m ³	Gesundheit, Umwelt	Zielwert
Cadmium ²⁾	Kalenderjahr	5 ng/m ³	Gesundheit, Umwelt	Zielwert
Nickel ²⁾	Kalenderjahr	20 ng/m ³	Gesundheit, Umwelt	Zielwert
Benzo[<i>a</i>]pyren ³⁾	Kalenderjahr	1 ng/m ³	Gesundheit, Umwelt	Zielwert

Abkürzung:

AOT40: accumulated exposure over a threshold of 40 ppb; Summe der Differenzen zwischen 1-h-Werten über 80 µg/m³ (40 ppb) und dem Wert 80 µg/m³ im Zeitraum 8–20 Uhr von Mai bis Juli

Erläuterungen:

¹⁾ Messung mehr als 20 km entfernt von Ballungsräumen oder 5 km von Bebauung, Industrie oder Bundesfernstraßen

²⁾ als Gesamtgehalt in der PM₁₀-Fraktion

³⁾ als Marker für polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)

NO_x: NO + NO₂ (als NO₂)

PM₁₀: Feinstaub (Particulate Matter), Durchmesser < 10 µm **PM_{2,5}:** Feinstaub (Particulate Matter), Durchmesser < 2,5 µm

höchster Achtstundenmittelwert pro Tag: aus stündlich gleitenden Achtstundenmittelwerten

3.2 Immissionswerte nach TA Luft

Tab. 2: Immissionswerte für den Staubbiederschlag und seine Inhaltsstoffe nach TA Luft

Komponente	Mittelungszeitraum	Immissionswert	Schutzziel
Staubbiederschlag	Kalenderjahr	0,35 g/m ² ×d	Schutz vor erheblichen Belästigungen oder erheblichen Nachteilen durch Staubbiederschlag
Arsen	Kalenderjahr	4 µg/m ² ×d	Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch die Deposition luftverunreinigender Stoffe, einschließlich der Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen
Blei	Kalenderjahr	100 µg/m ² ×d	
Cadmium	Kalenderjahr	2 µg/m ² ×d	
Nickel	Kalenderjahr	15 µg/m ² ×d	
Thallium	Kalenderjahr	2 µg/m ² ×d	
Quecksilber	Kalenderjahr	1 µg/m ² ×d	

3.3 Immissionsrichtwerte nach Luftgüteleitlinien der WHO

Tab. 3: Richtwerte und Interim Targets der WHO für PM_{2,5}, PM₁₀, O₃, NO₂, SO₂ und CO

Komponente	Einheit	Mittelungszeitraum	WHO Interim Target				WHO Richtwert
			1	2	3	4	
Feinstaub PM _{2,5}	µg/m ³	Kalenderjahr	35	25	15	10	5
		Tag ¹⁾	75	50	37,5	25	15
Feinstaub PM ₁₀	µg/m ³	Kalenderjahr	70	50	30	20	15
		Tag ¹⁾	150	100	75	50	45
Ozon (O ₃)	µg/m ³	Peak Season ²⁾	100	70	-	-	60
		max. tägl. Achtstundenmittel ¹⁾	160	120	-	-	100
Stickstoffdioxid (NO ₂)	µg/m ³	Kalenderjahr	40	30	20	-	10
	µg/m ³	Tag ¹⁾	120	50	-	-	25
	µg/m ³	Stunde	-	-	-	-	200
Schwefeldioxid (SO ₂)	µg/m ³	Tag ¹⁾	125	50	-	-	40
Kohlenmonoxid (CO)	mg/m ³	Tag ¹⁾	7	-	-	-	4
		max. tägl. Achtstundenmittel	-	-	-	-	10
		Stunde	-	-	-	-	35

¹⁾ 99. Perzentil (d. h. bis zu 3 Überschreitungstage pro Jahr werden nicht berücksichtigt)

²⁾ Mittelwert des täglichen maximalen Achtstundenmittelwert von Ozon innerhalb der sechs aufeinander folgenden Monate mit der höchsten Ozonkonzentration (hier: April bis September)

4 Witterung

In dieser Publikation stellen wir aktuelle Umweltdaten dar, die zur aktuellen Referenzperiode 1991–2020 in Bezug gesetzt werden. Dies ermöglicht Vergleiche mit den derzeitigen Klimabedingungen. Für die Interpretation langfristiger Klimaänderungen ist dieser Vergleich nicht geeignet. Um Effekte des Klimawandels zu berücksichtigen, empfiehlt die WMO (World Meteorological Organization) einen Bezug auf die Referenzperiode 1961–1990. Da sich das Klima auch bei uns in Hessen schon heute geändert hat, sind sowohl die aktuellen Messungen als auch die hier verwendete aktuelle Referenzperiode teilweise bereits durch den Klimawandel beeinflusst. Unter <https://www.hlnug.de/?id=20538> finden Sie einige Beispiele für Vergleiche zwischen verschiedenen Referenzperioden und welche Unterschiede sich daraus ergeben. Für die Betrachtung der Witterung im zurückliegenden Jahr ist die aktuelle Referenzperiode jedoch gut geeignet.

Im Jahr 2021 war es in Hessen im Vergleich zum aktuellen langjährigen Mittelwert der Jahre 1991–2020 mit einer Abweichung von $-0,3^{\circ}\text{C}$ etwas zu kühl. Nach einem deutlich zu kalten April und Mai lag der Juni fast 3°C über dem langjährigen Durchschnitt. Im weiteren Jahresverlauf bewegten sich die Monatswerte im Bereich der langjährigen Mittelwerte.

Den Niederschlagsverhältnissen nach war 2021 insgesamt ein durchschnittliches Jahr. Bei genauerer Betrachtung zeigen sich aber nach einem durchschnittlichen Jahresbeginn deutliche Abweichungen. Von Mai bis August gab es jeweils große Niederschlagsmengen, während sich die Folgemonate September bis Dezember durch ein Niederschlagsdefizit auszeichneten.

Die Sonnenscheindauer lag 2021 in der Summe nur wenig unter dem langjährigen Mittel. Die Monate Februar und März waren außerordentlich sonnig. Auch im Juni und im September gab es überdurchschnittlich viel Sonnenstunden. Dahingegen waren die Monate Mai, Juli und August deutlich zu trüb.

Beurteilungsgrundlage sind die Datenerhebungen des Deutschen Wetterdienstes.

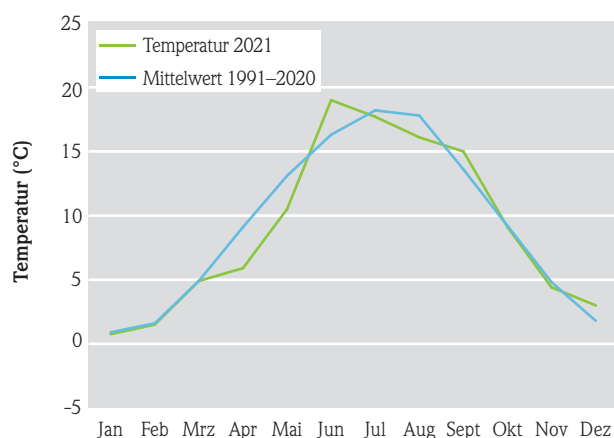


Abb. 1: Temperatur in Hessen, Datenquelle: Deutscher Wetterdienst

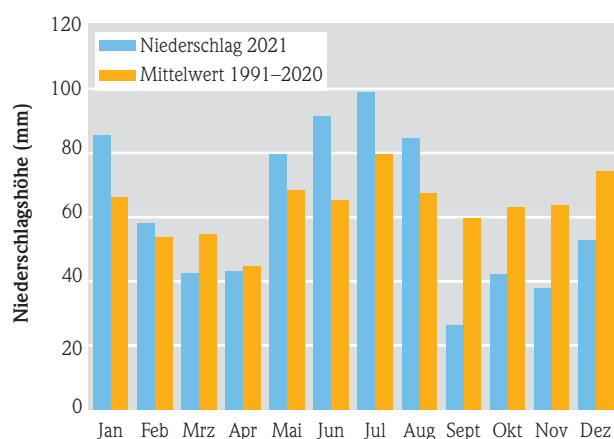


Abb. 2: Niederschlagshöhe in Hessen, Datenquelle: Deutscher Wetterdienst

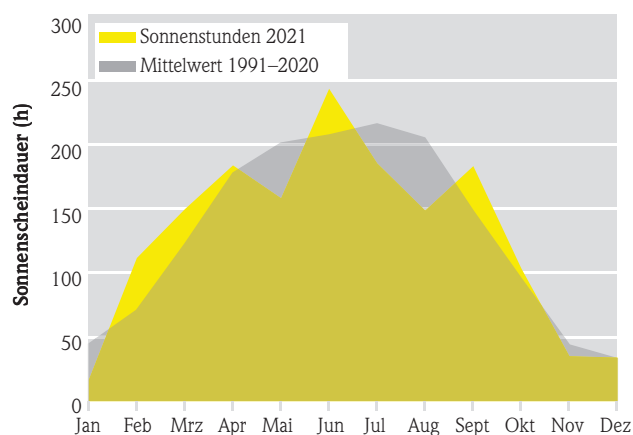


Abb. 3: Sonnenscheindauer in Hessen, Datenquelle: Deutscher Wetterdienst

5 Stickstoffdioxid (NO₂), Stickstoffmonoxid (NO) und Stickoxide (NO_x)

5.1 Kenngrößen

Tab. 4: Einhaltung/Überschreitung der Grenzwerte im Jahr 2021 für NO₂ und NO_x sowie Jahresmittelwerte für NO

Komponente	Stickstoffdioxid (NO ₂)			Stickstoffmonoxid (NO)	Stickoxide (NO _x)
Einheit	µg/m ³			µg/m ³	µg/m ³
Mittelungszeitraum	Stunde	Kalenderjahr	Stunde	Kalenderjahr	Kalenderjahr ¹⁾
Grenzwert	200	40			30 ¹⁾
Zulässige Überschreitungen/Jahr	18				
Messstelle	Anzahl	Wert	max. Wert	Wert	Wert
Alsfeld I		24,8			
Alsfeld III		22,7			
Bad Arolsen	0	6,5	42,1	0,6	7,1
Bebra	0	13,2	69,2	3,8	18,9
Bensheim Nibelungenstraße		30,9			
Burg Herzberg	0	5,7	34,3	0,5	5,7
Darmstadt	0	17,1	113,5	4,2	23,6
Darmstadt Heinrichstraße		29,0			
Darmstadt Hügelstraße	0	27,5	136,3	17,8	54,7
Darmstadt Hügelstraße I		40,2			
Flörsheim	0	19,7	80,2	6,2	29,1
Frankfurt Am Erlenbruch I		34,8			
Frankfurt Am Erlenbruch II		34,3			
Frankfurt Battonnstraße		36,5			
Frankfurt Friedberger Landstraße	0	31,2	139,7	17,5	58,1
Frankfurt Gotenstraße		29,3			
Frankfurt Hochstraße		37,1			
Frankfurt-Höchst	0	29,5	125,5	17,8	56,8
Frankfurt Kasinostraße		29,5			
Frankfurt Königsteiner Straße I		27,5			
Frankfurt Königsteiner Straße II		29,5			
Frankfurt-Lerchesberg		15,0			
Frankfurt Mainkai		31,9			
Frankfurt Mainzer Landstraße		38,8			
Frankfurt Ost	0	24,6	107,9	11,6	42,3
Frankfurt Pforzheimer Straße		31,3			
Frankfurt-Riedberg	0	20,4	99,8	6,3	
Frankfurt-Riederwald		20,7			
Frankfurt Römerberg		22,6			
Frankfurt-Schwanheim	0	16,6	81,1	5,1	24,2
Fulda Petersberger Straße	0	27,9	103,6	24,1	64,8
Fulda Zentral	0	16,7	82,3	5,9	25,7
Fürth/Odenwald	0	6,2	44,6	0,5	6,5
Gießen Johannette-Lein-Gasse		20,9			

Komponente	Stickstoffdioxid (NO ₂)			Stickstoffmonoxid (NO)	Stickoxide (NO _x)
Einheit	µg/m ³			µg/m ³	µg/m ³
Mittelungszeitraum	Stunde	Kalenderjahr	Stunde	Kalenderjahr	Kalenderjahr ¹⁾
Grenzwert	200	40			30 ¹⁾
Zulässige Überschreitungen/Jahr	18				
Messstelle	Anzahl	Wert	max. Wert	Wert	Wert
Gießen Westanlage	0	31,9	119,3	30,0	77,8
Hanau	0	20,2	103,5	6,4	30,0
Heppenheim Lehrstraße	0	23,5	103,1	16,1	48,1
Kassel Fünffensterstraße	0	29,6	98,0	21,7	62,9
Kassel Mitte	0	16,0	92,7	3,4	21,1
Kellerwald	0	4,6	40,8	0,5	5,0
Kleiner Feldberg	0	5,0	42,2	0,5	5,2
Limburg	0	18,9	82,7	10,5	34,8
Limburg Diezer Straße		25,7			
Limburg Frankfurter Straße		34,3			
Limburg Schiede	0	32,5	145,1	35,7	87,2
Limburg Schiede I		39,9			
Limburg Schiede II		28,6			
Linden	0	12,9	57,2	3,3	17,6
Marburg	0	17,9	89,0	6,7	28,1
<i>Marburg Bahnhofstraße</i>		30,8			
Marburg Universitätsstraße	0	25,2	93,6	14,4	47,2
Marburg Universitätsstraße I		29,1			
Michelstadt	0	13,1	68,9	5,5	21,5
<i>Mörfelden</i>	0	13,0	84,0	3,5	18,0
Offenbach Bieberer Straße		30,1			
Offenbach Mainstraße		35,5			
Offenbach Untere Grenzstraße	0	28,3	149,8	21,5	61,3
Offenbach Untere Grenzstraße I		36,5			
Raunheim	0	21,5	99,9	9,5	36,0
Riedstadt	0	13,7	75,6	2,9	18,0
Rüsselsheim Rugby-Ring		30,3			
Schlangenbad-Wambach Schwalbacher Straße		27,6			
Spessart	0	5,0	32,4	0,5	5,3
Wasserkuppe	0	3,6	32,9	0,5	4,0
Wetzlar	0	22,4	98,0	14,1	44,0
Wetzlar Linsenbergsstraße		17,5			
Wiesbaden Ringkirche	0	33,4	137,0	26,7	74,3
Wiesbaden Schiersteiner Straße	0	34,6	118,7	30,1	80,8
Wiesbaden Süd	0	20,8	99,1	7,0	31,5
Witzenhausen/Wald	0	4,4	36,5	0,5	4,8
Zierenberg	0	5,6	38,9	0,5	6,0

Erläuterungen:

¹⁾ „kritische Werte“ (Grenzwerte) zum Schutz der Vegetation abseits anthropogener Quellen, Abstandskriterium in Hessen nicht erfüllt
 Darstellung von Grenzwertüberschreitungen (39. BImSchV): in der Farbe „rot“

Kursiv: Messstellen, die nicht zur gebietsbezogenen Beurteilung der Luftqualität herangezogen werden

■ Luftmessstellen im städtischen Hintergrund ■ Luftmessstellen im ländlichen Hintergrund ■ Luftmessstellen an Verkehrsschwerpunkten

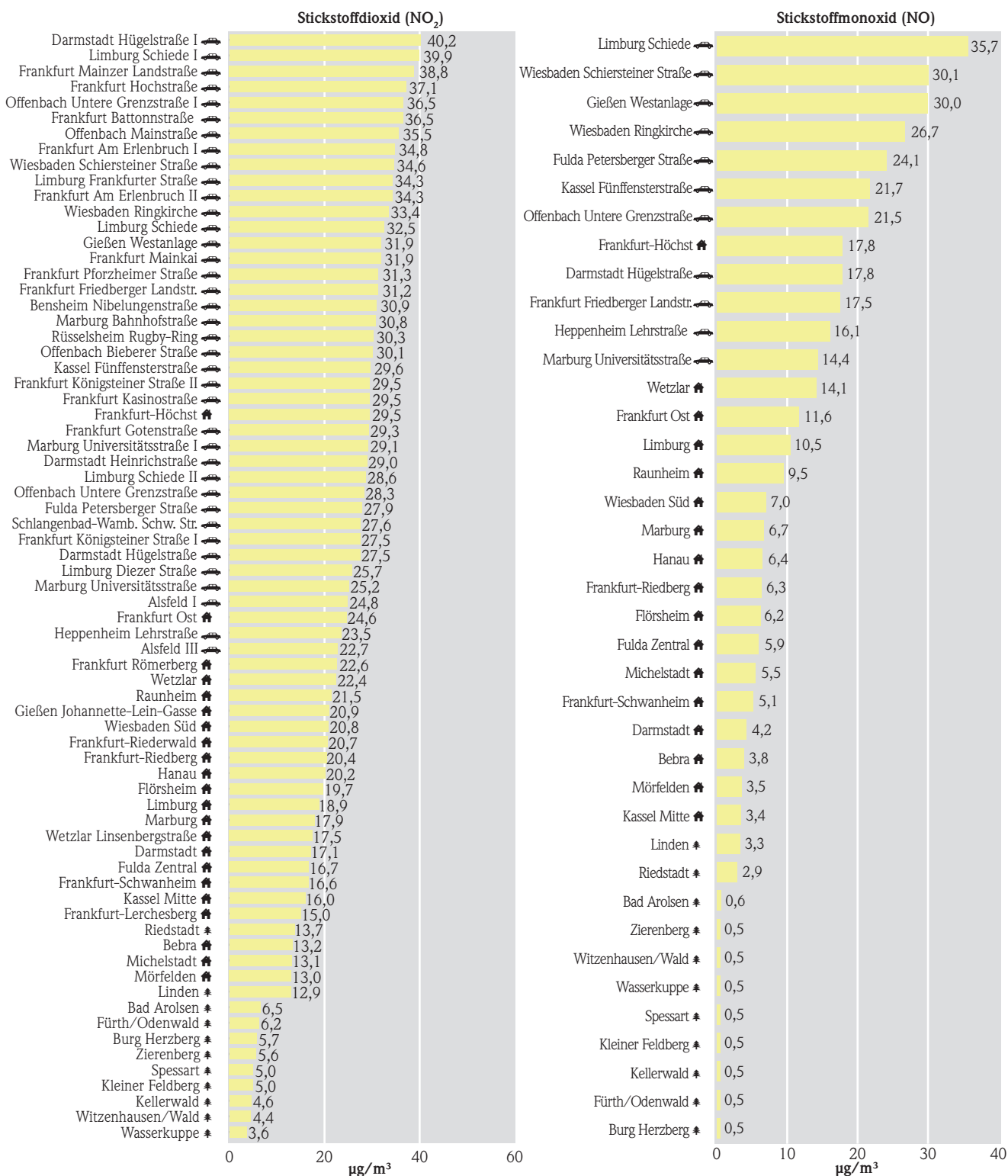


Abb. 4: Jahresmittelwerte 2021, Stickstoffdioxid und Stickstoffmonoxid (absteigend sortiert)

Erläuterungen:

Darstellung von Grenzwertüberschreitungen (39. BImSchV) als rote Balken

Luftmessstellen im städtischen Hintergrund
 Luftmessstellen im ländlichen Hintergrund
 Luftmessstellen an Verkehrsschwerpunkten

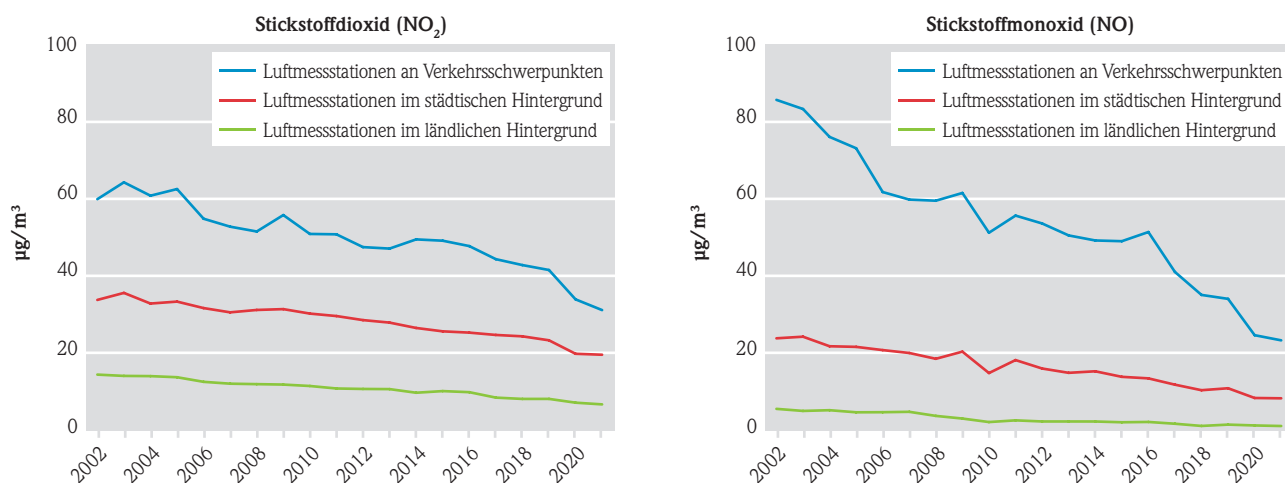


Abb. 5: Zeitreihen der Jahresmittelwerte 2002–2021 an Messstellen für Stickstoffdioxid und Stickstoffmonoxid. Für die Ermittlung der Jahresmittelwerte wurde ein arithmetisches Mittel über alle Luftmessstellen gleichen Charakters (Verkehrsschwerpunkte, städtischer Hintergrund, ländlicher Hintergrund) in ganz Hessen gebildet. Dabei wurden die Werte aller im jeweiligen Jahr verfügbaren Messstellen, die zur Beurteilung der Luftqualität herangezogen werden, in der Berechnung verwendet.

5.2 Immissionsbeurteilung

Die höchste Immissionsbelastung durch NO und NO₂ wird regelmäßig an den verkehrsbezogenen Messstellen registriert, da der Straßenverkehr Hauptverursacher ist. An Messstellen im städtischen Hintergrund liegt der Jahresmittelwert durchschnittlich um 40 % niedriger. Bedingt durch die geringe atmosphärische Verweilzeit von NO und die relativ große Entfernung zu den Quellgebieten sind die emissionsfernen Standorte wie Wasserkuppe, Witzenhausen/Wald, Kellerwald oder Kleiner Feldberg am geringsten durch NO, aber auch NO₂ belastet, der Wert für das Jahresmittel beträgt dort nur rund ein Fünftel des an verkehrsbezogenen Messstellen erfassten Jahresmittelwerts.

Im Jahr 2021 wurden erstmals in ganz Hessen die Grenzwerte für Stickstoffdioxid eingehalten. An der Messstelle Darmstadt Hängelstraße I wurde mit 40,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ der höchste Jahresmittelwert erfasst, der aufgrund der kaufmännischen Rundung den NO₂-Langzeitgrenzwert von 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ damit gerade noch einhält.

Sämtliche NO₂-Stundenwerte liegen an allen Messstellen deutlich unter 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Zulässig wäre eine Anzahl von 18 Überschreitungen dieses Schwellenwerts. Der Kurzzeitgrenzwert wird demnach sehr gut eingehalten.

Die Messdaten belegen, dass die konsequente Luftreinhalteplanung Erfolge zeigt. Außerdem trugen eine

stetige Erneuerung der Fahrzeugflotte und die Tatsache, dass bedingt durch die Corona-Pandemie auch im vergangenen Jahr weniger Fahrten durchgeführt wurden, zu diesem positiven Ergebnis bei.

Auch wenn die vollständige Einhaltung der gültigen Grenzwerte eine sehr positive Entwicklung in der Belastung durch Stickstoffdioxid abbildet, ergibt sich bei der Gegenüberstellung mit den empfohlenen Richtwerten, die die Weltgesundheitsorganisation WHO zum Schutz der Gesundheit entwickelt hat, ein etwas anderes Bild. Zwar wurden die Empfehlungen zum Stundenmittelwert, für den von der WHO ein Richtwert von 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ formuliert wird, im Jahr 2021 in Hessen umfänglich erreicht. Die Empfehlungen für den Tagesmittelwert wurden jedoch von 77 % der hessischen Messstellen für NO₂ überschritten. Die Einhaltung des zum Schutz der Gesundheit empfohlenen Richtwerts von 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ für das Jahresmittel konnten sogar an 87 % der Messstellen nicht erreicht werden. Selbst das anspruchsvollste Zwischenziel (Interim Target) von 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, das die WHO für den Jahresmittelwert von NO₂ formuliert hat, wurde noch an zwei Dritteln der hessischen Messstellen überschritten. Davon betroffen sind nicht nur die Messstellen mit Verkehrsbezug, sondern auch solche im städtischen Hintergrund. Es ist deshalb unerlässlich, Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität insbesondere in Städten konsequent fortzuführen.

6 Ozon (O₃)

6.1 Kenngrößen

Tab. 5: Einhaltung/Überschreitung von Ziel- oder Schwellenwerten im Jahr 2021 für O₃ sowie maximale Stunden- und Achtstundenmittelwerte

Komponente	Ozon (O ₃)					
Einheit	µg/m ³			µg/m ³ ×h	µg/m ³	
Mittelungszeitraum	Stunde	Stunde	höchster Achtstundenmittelwert pro Tag ¹⁾	AOT40 ²⁾	Stunde	8 Stunden
Ziel-/Schwellenwert	180	240	120	18 000		
Zulässige Überschreitungen/Jahr			25			
Messstelle	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Wert	max. Wert	max. Wert
Bad Arolsen	0	0	23	14 672	148,7	142,1
Bebra	0	0	14	12 612	152,8	133,7
Burg Herzberg	0	0	26	15 301	132,8	123,4
Darmstadt	0	0	18	14 632	166,7	151,7
Frankfurt-Höchst	0	0	12	11 077	170,6	154,1
Frankfurt Ost	0	0	13	12 287	158,9	150,6
Frankfurt-Riedberg	0	0	7*	*	168,3	161,1
Frankfurt-Schwanheim	0	0	20	16 498**	172,7	161,6
Fulda Zentral	0	0	14	13 349	141,7	132,4
Fürth/Odenwald	0	0	32	16 338	161,8	152,8
Hanau	0	0	19	17 472	156,5	147,4
Kassel Mitte	0	0	15	13 348	169,6	153,6
Kellerwald	0	0	21	14 385	149,8	140,5
Kleiner Feldberg	6	0	34	20 085	188,6	173,3
Limburg	0	0	19	14 370	179,9	167,2
Linden	2	0	26	15 994	226,0	159,0
Marburg	0	0	17	13 388	164,5	154,9
Michelstadt	0	0	18	16 528	171,2	151,8
Mörfelden	2	0	10*	*	194,6	164,8
Raunheim	3	0	24	16 942	195,8	168,9
Riedstadt	3	0	22	17 331	202,9	165,3
Spessart	0	0	32	17 037	144,8	136,7
Wasserkuppe	0	0	42	21 212	159,5	151,4
Wetzlar	0	0	8	7 169	174,3	155,4
Wiesbaden Süd	0	0	26	15 105	179,3	159,2
Witzenhausen/Wald	0	0	29	15 260	151,8	139,6
Zierenberg	0	0	18	11 773	144,9	134,4

Abkürzungen:

AOT40: accumulated exposure over a threshold of 40 ppb; Summe der Differenzen zwischen Stundenmittelwerten über 80 µg/m³ (40 ppb) und dem Wert 80 µg/m³ im Zeitraum 8–20 Uhr von Mai bis Juli

Erläuterungen:

¹⁾ Mittelwert über 3 Jahre (2019–2021), ersatzweise über mind. 1 Jahr

²⁾ Mittelwert über 5 Jahre (2017–2021), ersatzweise über mind. 3 Jahre

* Werte nur aus 1 Jahr vorhanden ** Werte nur aus 4 Jahren vorhanden

Darstellung von Zielwertüberschreitungen (39. BImSchV): in der Farbe „rot“

Kursiv: Messstellen, die nicht zur gebietsbezogenen Beurteilung der Luftqualität herangezogen werden

■ Luftmessstellen im städtischen Hintergrund ■ Luftmessstellen im ländlichen Hintergrund

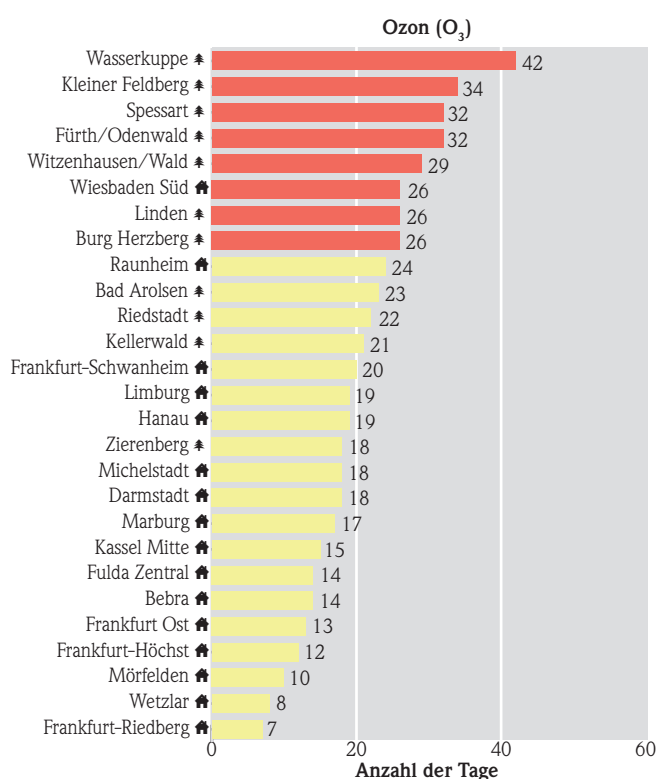


Abb. 6: Anzahl der Tage, an denen der höchste Achtstundenmittelwert (über 3 Jahre) den Wert von $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ überschreitet, 2021, Ozon (absteigend sortiert)

Erläuterungen:

Darstellung von Zielwertüberschreitungen (39. BImSchV) als rote Balken

🏠 Luftmessstellen im städtischen Hintergrund

🌳 Luftmessstellen im ländlichen Hintergrund

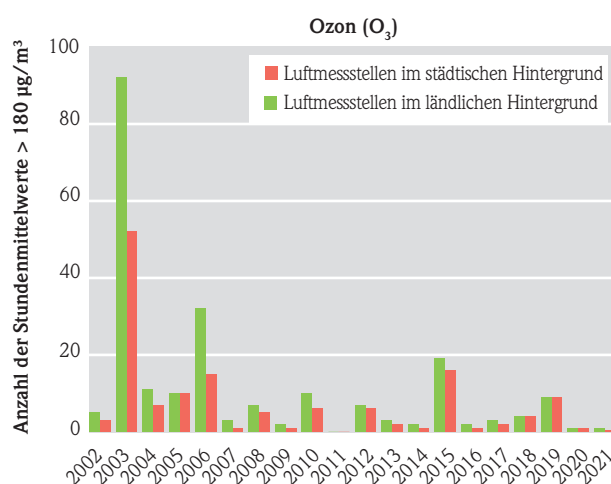


Abb. 7: Zeitreihe der Anzahl der Stundenmittelwerte $> 180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pro Jahr als Mittelwert über alle verfügbaren Messstellen gleichen Typs, 2002–2021, Ozon

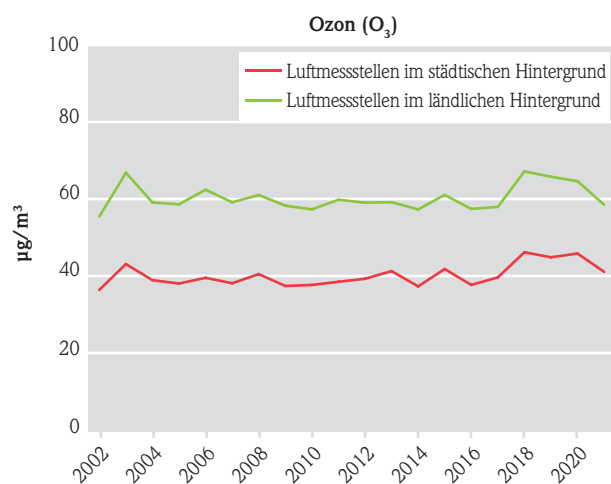


Abb. 8: Zeitreihe der Jahresmittelwerte für Ozon, 2002–2021. Für die Ermittlung der Jahresmittelwerte wurde ein arithmetisches Mittel über alle Luftmessstellen gleichen Charakters (städtischer Hintergrund, ländlicher Hintergrund) in ganz Hessen gebildet. Dabei wurden die Werte aller im jeweiligen Jahr verfügbaren Messstellen, die zur Beurteilung der Luftqualität herangezogen werden, in der Berechnung verwendet.

6.2 Immissionsbeurteilung

Grundlage der Bewertung der Ozonbelastung sind Zielwerte. Aus juristischer Sicht sind Zielwertüberschreitungen zwar nicht mit Grenzwertverletzungen gleichzusetzen, sie machen aber deutlich, dass es anzustreben ist, die Ozonbelastung weiter unter die Zielwerte zu senken.

Da Ozon in Anwesenheit von ausreichend intensiver UV-Strahlung aus verschiedenen Vorläufergasen (z. B.

Stickoxide, flüchtige organische Verbindungen) gebildet wird, treten erhöhte Ozonkonzentrationen nur in den Sommermonaten auf. Aus diesem Grund ist für Ozon kein Schwellenwert festgelegt, der sich auf den Jahresmittelwert bezieht. Stattdessen existiert einerseits ein Zielwert für das maximale Achtstundenmittel eines Tages sowie eine Informations- und Alarmschwelle, die sich auf Stundenmittelwerte bezieht (vgl. Tabelle 1). Die Ozonkonzentration erreicht vor

allein in den Jahren vermehrt hohe Werte, in denen es im Sommer zu langanhaltenden sehr sonnigen und heißen Perioden kommt. Bedingt durch die Höhenlage und dadurch vermehrte UV-Strahlung sowie die dort geringeren Konzentrationen ozonzerstörender Substanzen weisen die Stationen in Mittelgebirgslagen und die Waldstationen typischerweise höhere Ozonwerte auf als die Stationen in Städten.

Witterungsbedingt war die Ozonbelastung im Jahr 2021 eher mäßig. Sämtliche Spitzenwerte traten im Monat Juni auf, der von hohen Temperaturen und einer überdurchschnittlichen Sonneneinstrahlung geprägt war. Die meisten Messstationen erreichten Mitte Juni ihren maximalen Achtstundenmittelwert.

In diesem Zeitraum wurde auch die Informationsschwelle von $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$, bei deren Überschreitung ein erster Hinweis auf erhöhte Ozonkonzentrationen an die Bevölkerung ergeht, an rund 20 % der Stationen, die Ozon erfassen, mindestens 1-mal überschritten. Jedoch blieb es insgesamt bei einer mäßigen Anzahl von Überschreitungen. An der Station Kleiner Feldberg, die Messstelle mit der höchsten Anzahl von Überschreitungen der Informationsschwelle, wurde der Wert an 6 Tagen knapp überschritten. Die definierte Alarmschwelle für Ozon von $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als Stundenmittelwert wurde 2021 an keiner Station überschritten. Der höchste Stundenmittelwert wurde 2021 an der Station Linden mit $226,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ erreicht.

Die zulässige Anzahl von 25 Überschreitungen des maximalen Achtstundenmittelwerts pro Tag von $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, gemittelt über 3 Jahre, konnte an rund einem Drittel der Stationen nicht eingehalten werden. An der Messstation Wasserkuppe kam es zu 42 Überschreitungstagen. Der höchste Wert für das Achtstundenmittel wurde 2021 an der Station Kleiner Feldberg mit $173,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen.

Die Einhaltung des AOT40-Zielwerts, mit dem ein besserer Schutz der Vegetation erreicht werden soll, wurde an 2 Messstellen nicht erreicht.

Die Häufigkeit der Spitzenkonzentrationen (Stundenmittel $> 180 \mu\text{g}/\text{m}^3$) hat in den letzten Jahren zwar abgenommen, aber die Jahresmittelwerte sind auf etwa gleichem Niveau geblieben. Dies liegt daran, dass zusätzlich zum selteneren Auftreten der Spitzenkonzentrationen auch geringe Ozonkonzentrationen seltener und mittelhohe stattdessen häufiger auftreten.

Einer der von der WHO in ihrer Luftgüteleitlinie 2021 veröffentlichten empfehlenden Richtwerte für Ozon bezieht sich auf das höchste tägliche Achtstundenmittel, er beträgt $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Der andere Richtwert, „Peak Season“, in Höhe von $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$, betrachtet den Mittelwert des höchsten täglichen Achtstundenmittels innerhalb der 6 aufeinanderfolgenden Monate mit den höchsten Ozonkonzentrationen. Beide Richtwerte wurden von allen hessischen Luftmessstationen, die die Ozonbelastung erfassen, überschritten.

7 Benzol, Toluol, Xylol (BTX)

7.1 Kenngrößen

Tab. 6: Einhaltung/Überschreitung des Grenzwerts für Benzol im Jahre 2021 sowie Jahresmittelwerte für Toluol und m-/p-Xylol (BTX)

Komponente	Benzol	Toluol	m-/p-Xylol
Einheit	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Mittelungszeitraum	Kalenderjahr	Kalenderjahr	Kalenderjahr
Grenzwert	5		
Darmstadt Hängelstraße	0,70	1,96	0,85
Frankfurt Friedberger Landstraße	1,39	2,71	1,13
Fulda Petersberger Straße	0,73	2,01	1,32

Komponente	Benzol	Toluol	m-/p-Xylol
Einheit	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Mittelungszeitraum	Kalenderjahr	Kalenderjahr	Kalenderjahr
Grenzwert	5		
Gießen Westanlage	1,14	1,89	1,26
Heppenheim Lehrstraße	1,07	1,98	1,12
Kassel Fünffensterstraße	1,20	2,20	1,45
Limburg	0,75	1,16	0,80
Marburg Universitätsstraße	0,91	1,54	0,96
Offenbach Untere Grenzstraße	1,00	2,06	1,30
Wetzlar	0,72	1,13	2,17
Wiesbaden Ringkirche	1,04	2,76	1,49

Erläuterungen:

■ Messstellen im städtischen Hintergrund ■ Messstellen an Verkehrsschwerpunkten

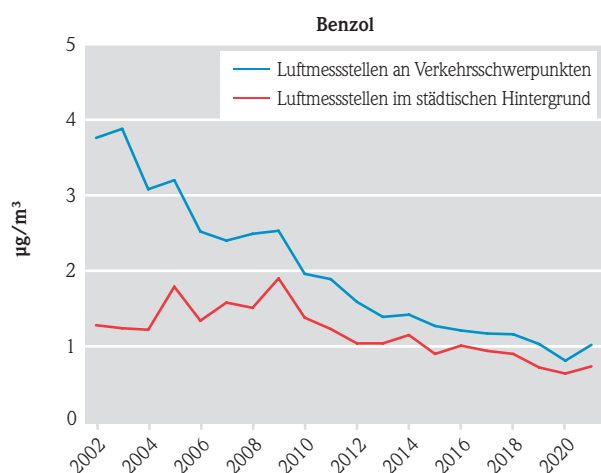


Abb. 9: Zeitreihen der Jahresmittelwerte 2002–2021 an Messstellen für Benzol. Für die Ermittlung der Jahresmittelwerte wurde ein arithmetisches Mittel über alle Luftmessstellen gleichen Charakters (Verkehrsschwerpunkte, städtischer Hintergrund) in ganz Hessen gebildet. Dabei wurden die Werte aller im jeweiligen Jahr verfügbaren Messstellen, die zur Beurteilung der Luftqualität herangezogen werden, in der Berechnung verwendet.

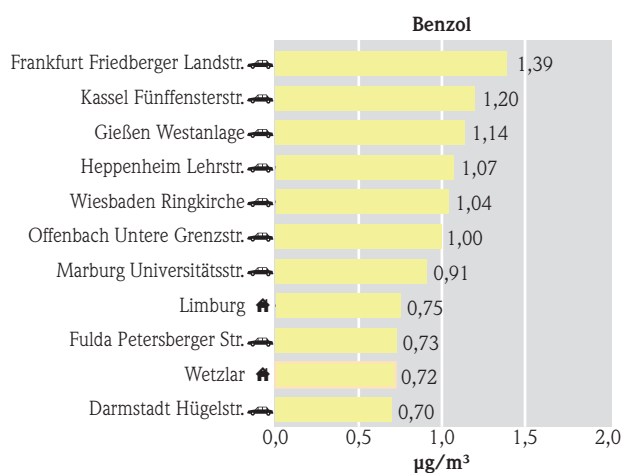


Abb. 10: Jahresmittelwerte 2021, Benzol (absteigend sortiert)

Erläuterung:

- Luftmessstellen im städtischen Hintergrund
 ■ Luftmessstellen an Verkehrsschwerpunkten

7.2 Immissionsbeurteilung

In den letzten 3 Jahren bewegten sich die Jahresmittelwerte der Schadstoffe Benzol, Toluol und m-/p-Xylol auf vergleichbarem, niedrigen Niveau. Die niedrigsten Werte wurden im Jahr 2020 erreicht, was vermutlich auf das geringere Verkehrsaufkommen wegen der Corona-Pandemie zurückzuführen ist. In 2021 sind die Werte im Vergleich zum Vorjahr leicht auf das Niveau vor der Corona-Pandemie an-

gestiegen. Der Grenzwert für Benzol von $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel wird an allen Messstellen mit Abstand sicher eingehalten. Während die Belastung insbesondere an Verkehrsschwerpunkten Anfang der 2000er Jahre noch kontinuierlich stark gesunken ist, hat sich der Abfall in der letzten Dekade aufgrund der inzwischen deutlich niedrigeren Konzentrationswerte verlangsamt.

8 Schwefeldioxid (SO₂), Kohlenmonoxid (CO)

8.1 Kenngrößen

Tab. 7: Einhaltung/Überschreitung der Grenzwerte für SO₂ und CO im Jahr 2021

Komponente	Schwefeldioxid (SO ₂)						Kohlenmonoxid (CO)
Einheit	µg/m ³						mg/m ³
Mittelungszeitraum	Stunde	Stunde	Tag	Tag	Kalenderjahr ¹⁾	Winterhalbjahr ¹⁾	höchster Achtstundenmittelwert pro Tag
Grenzwert	350		125		20 ¹⁾	20 ¹⁾	10
Zulässige Überschreitungen/Jahr	24		3				
Messstelle	Anzahl	max. Wert	Anzahl	max. Wert	Wert	Wert	max. Wert
Darmstadt	0	8,9	0	2,0	0,8	0,9	0,57
Darmstadt Hügelstraße							1,13
Flörsheim	0	8,4	0	2,3	0,9	0,9	
Frankfurt Friedberger Landstraße							1,28
Frankfurt-Höchst	0	18,1	0	3,8	1,2	1,3	
Frankfurt-Riedberg	0	9,4	0	2,3	0,9	0,9	0,68
Frankfurt-Schwanheim	0	11,1	0	2,9	1,0	1,0	0,72
Fulda Petersberger Straße							1,31
Gießen Westanlage							1,01
Hanau	0	11,2	0	2,0	0,9	0,9	
Heppenheim Lehrstraße							0,82
Kassel Fünfensterstraße							1,05
Kassel Mitte	0	3,8	0	1,5	0,8	0,9	
Kellerwald	0	16,7	0	2,9	0,8	0,8	
Limburg Schiede							1,22
Linden	0	3,8	0	1,5	0,8	0,8	0,59
Marburg Universitätsstraße							0,99
Michelstadt	0	6,0	0	1,6	0,8	0,8	
Mörfelden	0	6,2	0	1,9	0,8	-	0,72
Offenbach Untere Grenzstraße							4,51
Raunheim	0	10,5	0	2,3	0,9	0,9	0,99
Wasserkuppe	0	7,0	0	1,9	0,8	0,8	
Wetzlar	0	11,9	0	2,6	0,9	0,9	
Wiesbaden Ringkirche							0,93
Wiesbaden Süd	0	10,8	0	2,0	0,9	0,9	

Erläuterungen:

¹⁾ Grenzwerte zum Schutz der Vegetation abseits anthropogener Quellen, Abstandskriterium in Hessen nicht erfüllt (Wintermittel: 01.10.20–31.03.21)

Kursiv: Messstellen, die nicht zur gebietsbezogenen Beurteilung der Luftqualität herangezogen werden

■ Luftmessstellen im städtischen Hintergrund ■ Luftmessstellen im ländlichen Hintergrund ■ Luftmessstellen an Verkehrsschwerpunkten

8.2 Immissionsbeurteilung

Die Jahresmittelwerte der Schadstoffe Schwefeldioxid und Kohlenmonoxid bewegen sich wie in den vergangenen Jahren auf einem niedrigen Niveau und liegen weit unterhalb der Grenzwerte. Bei Schwefeldioxid wurde der Grenzwert für das Jahresmittel und das Wintermittel zu maximal 7 % ausgeschöpft. Die Grenzwerte für das Stundenmittel und das Tagesmittel, für die eine bestimmte Anzahl Überschreitungen pro Jahr zulässig sind, wurden in keinem Fall überschritten.

Der höchste Wert für das maximale Achtstundenmittel für Kohlenmonoxid wurde 2021 am 28. Oktober an der Messstation Offenbach Untere Grenzstraße

gemessen. Grund dafür war eine Baustelle. Mit einer Konzentration von 4,51 mg/m³ wird der Grenzwert von 10 mg/m³ dennoch bei weitem nicht ausgeschöpft. Bei allen anderen Messstellen wurden Werte bis maximal 1,31 mg/m³ ermittelt, dies entspricht einem Achtel des Grenzwertes.

Die zum Schutz der Gesundheit empfohlenen Richtwerte der WHO für Schwefeldioxid (Tagesmittel 40 µg/m³) und Kohlenmonoxid (Stundenmittel 35 mg/m³, Tagesmittel 4 mg/m³ und max. tägl. Achtstundenmittel 10 mg/m³) konnten problemlos eingehalten werden.

9 Partikel

9.1 Feinstaub PM₁₀, Feinstaub PM_{2,5} sowie Ruß

9.1.1 Kenngrößen

Bei Feinstaub PM₁₀ handelt es sich um Partikel, deren aerodynamischer Durchmesser kleiner 10 µm ist. Bei Feinstaub PM_{2,5} ist der aerodynamische Durch-

messer kleiner 2,5 µm. Rußmessungen beziehen sich auf die PM₁₀-Fraktion.

Tab. 8: Einhaltung/Überschreitung der Grenzwerte im Jahr 2021 für PM₁₀ und PM_{2,5} sowie Jahresmittelwerte für Ruß

Komponente	PM ₁₀			PM _{2,5}		Ruß
Einheit	µg/m ³			µg/m ³		µg/m ³
Mittlungszeitraum	Tag	Kalenderjahr	Tag	Kalenderjahr	Tag	Kalenderjahr
Grenzwert	50	40		25		
Zulässige Überschreitungen/Jahr	35					
Messstelle	Anzahl	Wert	max. Wert	Wert	max. Wert	Wert
Aßlar-Klein-Altenstädten	0	13,1	47,6			
Bad Arolsen	1	10,9	70,0	8,1	30,2	
Bebra	1	14,8	55,0			
Darmstadt	3	13,2	89,3	8,8	31,9	
Darmstadt Hängelstraße	3	14,3	116,5	9,3	39,2	

Komponente	PM ₁₀			PM _{2,5}		Ruß
Einheit	µg/m ³			µg/m ³		µg/m ³
Mittelungszeitraum	Tag	Kalenderjahr	Tag	Kalenderjahr	Tag	Kalenderjahr
Grenzwert	50	40		25		
Zulässige Überschreitungen/Jahr	35					
Messstelle	Anzahl	Wert	max. Wert	Wert	max. Wert	Wert
Frankfurt Friedberger Landstraße	5	18,4	105,0	10,5	38,7	
Frankfurt-Höchst	4	15,7	102,8	10,4	37,9	
Frankfurt Ost	3	17,6	93,2	9,6	38,5	
<i>Frankfurt-Riedberg</i>	2	13,6	89,7	8,9	32,5	
<i>Frankfurt-Schwanheim</i>	2	13,4	86,5	8,9	33,0	0,7
Fulda Petersberger Straße	2	15,7	72,4	10,6	35,5	
Fulda Zentral	2	13,3	65,9			
Fürth/Odenwald	2	10,4	90,1			
Gießen Westanlage	2	15,7	83,3	10,5	33,7	
Hanau	2	15,5	70,6			
Heppenheim Lehrstraße	2	13,7	103,5	9,4	36,3	
Kassel Fünfensterstraße	4	20,2	84,8			
Kassel Mitte	1	14,5	63,1	8,7	28,1	
Kellerwald	1	10,3	63,9			
Kleiner Feldberg	2	8,6	72,3			
Limburg	1	14,9	55,2			
Limburg Schiede	5	18,5	77,9			
Marburg	1	12,8	69,4	9,1	29,3	
Marburg Universitätsstraße	2	13,8	75,6	9,5	30,7	
Michelstadt	2	13,7	73,7			
<i>Mörfelden</i>	2	12,9	87,8	8,4	32,4	
Offenbach Untere Grenzstraße	8	20,4	92,7			
Raunheim	2	14,2	84,7	9,8	33,4	1,1
Riedstadt	2	14,6	81,3			
Wasserkuppe	2	7,5	71,1			
Wetzlar	2	16,9	70,8			
Wetzlar Im Köhlersgarten	1	16,5	61,5			
Wiesbaden Ringkirche	2	14,6	93,6	9,3	35,0	1,3
Wiesbaden Schiersteiner Straße	4	17,1	112,6	11,0	39,7	
Wiesbaden Süd	2	14,7	109,0	8,2	36,1	0,8
Witzenhausen/Wald	1	9,5	64,7			
Zierenberg	1	10,1	64,8			

Erläuterungen:

Darstellung von Grenzwertüberschreitungen (39. BImSchV): in der Farbe „rot“

Kursiv: Messstellen, die nicht zur gebietsbezogenen Beurteilung der Luftqualität herangezogen werden

■ Luftmessstellen im städtischen Hintergrund ■ Luftmessstellen im ländlichen Hintergrund ■ Luftmessstellen an Verkehrsschwerpunkten

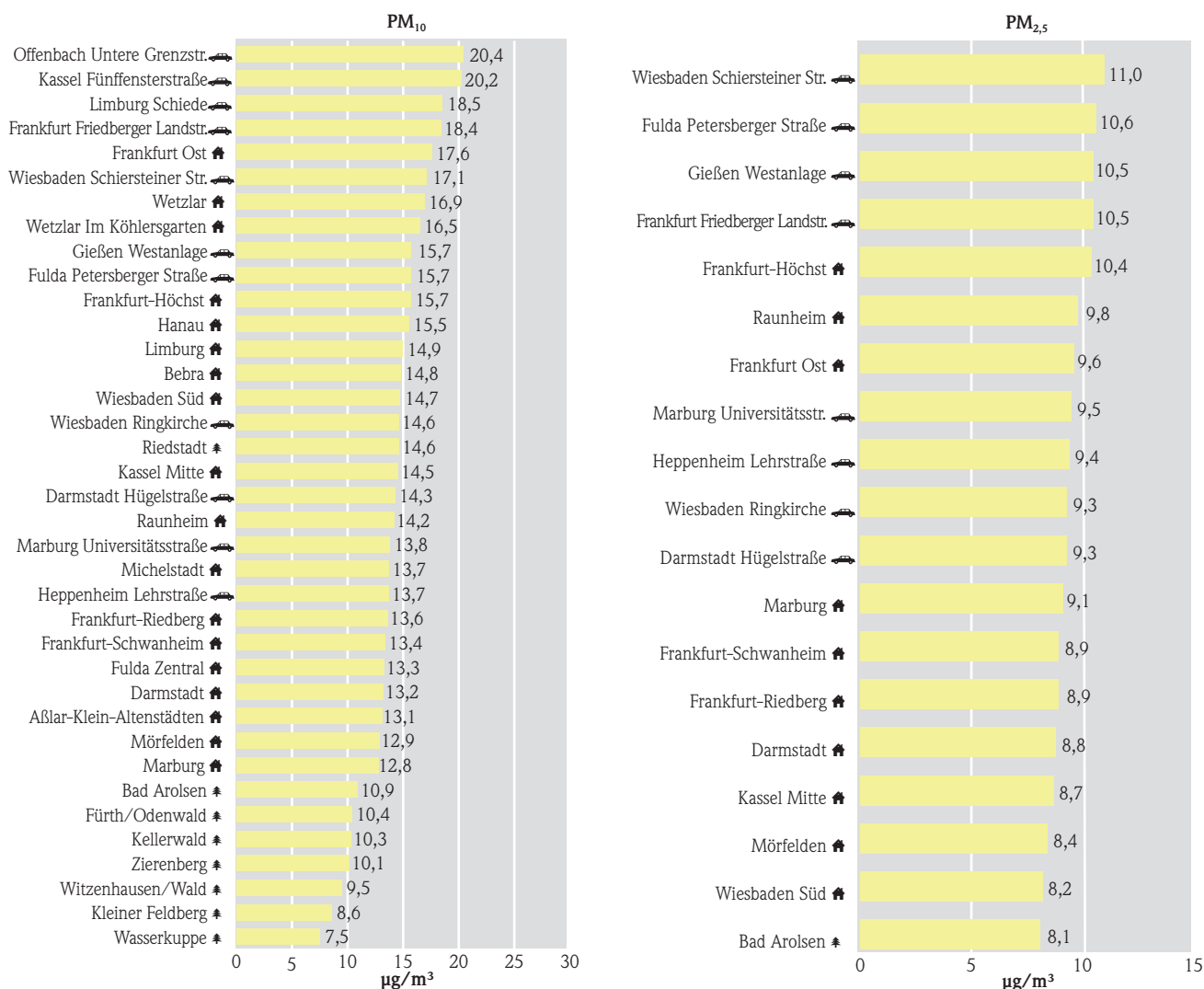


Abb. 11: Jahresmittelwerte 2021, Feinstaub PM₁₀ und Feinstaub PM_{2,5} (absteigend sortiert)

Erläuterungen:

🏠 Luftmessstellen im städtischen Hintergrund 🌳 Luftmessstellen im ländlichen Hintergrund

🚗 Luftmessstellen an Verkehrsschwerpunkten

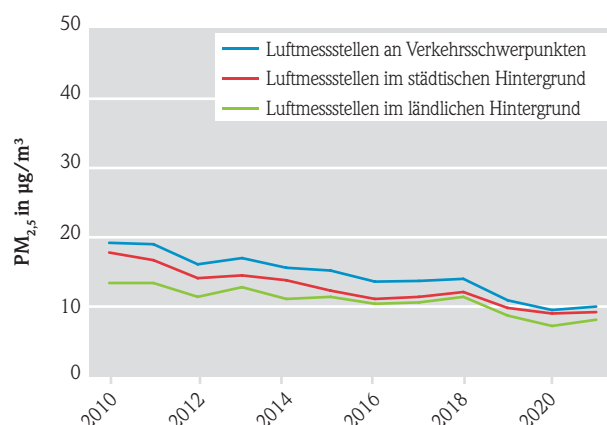
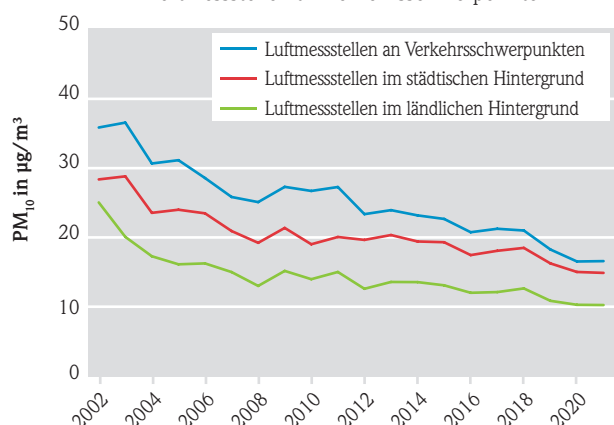


Abb. 12: Zeitreihen der Jahresmittelwerte 2002–2021, Feinstaub PM₁₀ und Feinstaub PM_{2,5}. Für die Ermittlung der Jahresmittelwerte wurde ein arithmetisches Mittel über alle Messstellen gleichen Charakters (Verkehrsschwerpunkte, städtischer Hintergrund, ländlicher Hintergrund) in ganz Hessen gebildet. Dabei wurden die Werte aller im jeweiligen Jahr verfügbaren Messstellen zur Berechnung herangezogen.

9.1.2 Indikator für die durchschnittliche Exposition von Feinstaub PM_{2,5} (AEI)

Der AEI (Average Exposure Indicator) als nationaler Indikator wird als Mittelwert über 3 Jahre und über alle für die Beobachtung dieser Größe in Deutschland ausgewählten 36 Messstellen im städtischen Hintergrund berechnet. Als Beitrag Hessens an der Ermittlung des AEI werden Messungen an den 3 Stationen Frankfurt Ost, Kassel Mitte und Wiesbaden Süd durchgeführt.

Der Startwert (Mittel über 2008–2010 über alle Stationen) lag bezogen auf die 3 hessischen Stationen bei 17,3 µg/m³, der für das Reduktionsziel bis 2020 entscheidende bundesweite Mittelwert lag bei 16,4 µg/m³. Aus den Anforderungen der Luftqualitätsrichtlinie ergab sich daraus ein Reduktionsziel

von 15 %. Der Endwert (Mittel über 2018–2020 über alle Stationen) lag in Hessen bei 10,2 µg/m³ und bundesweit bei 11 µg/m³. Das entspricht einem Rückgang der bundesweiten PM_{2,5}-Belastung um ca. 33 % (in Hessen 41 %). Damit konnte das Ziel, innerhalb von 10 Jahren die durchschnittliche Exposition gegenüber PM_{2,5} im städtischen Hintergrund um 15 % zu verringern, deutlich übererfüllt werden. Der aktuelle Endwert der Reduktion (Mittel über 2019–2021 über alle Stationen) lag in Hessen bei 9,1 µg/m³ und bundesweit nach vorläufigen Daten bei ca. 10 µg/m³. Das entspricht einem Rückgang der bundesweiten PM_{2,5}-Belastung um ca. 39 % (in Hessen 47 %).

Tab. 9: Jahresmittelwerte der PM_{2,5}-Konzentration zur Ermittlung des Average Exposure Indicator (AEI)

Jahr	Frankfurt Ost	Kassel Mitte	Wiesbaden Süd
	Jahresmittel in µg/m ³	Jahresmittel in µg/m ³	Jahresmittel in µg/m ³
2008	16,3	15,2	16,8
2009	18,5	16,5	18,6
2010	18,7	16,8	18,0
2011	17,6	15,7	16,8
2012	15,1	13,5	13,8
2013	15,6	13,8	14,1
2014	14,2	14,0	13,1
2015	12,0	13,0	12,0
2016	11,6	11,2	10,5
2017	12,2	11,4	10,7
2018	12,6	11,8	11,5
2019	10,6	9,7	9,5
2020	9,4	8,3	8,1
2021	9,6	8,7	8,2

9.1.3 Immissionsbeurteilung

Feinstaub PM₁₀:

Nur geringfügig höher als im Vorjahr bewegen sich die Konzentrationswerte für Feinstaub PM₁₀ weiterhin auf einem niedrigen Niveau. Mit Jahresmit-

telwerten zwischen ca. 14 bis 20 µg/m³ rangieren überwiegend die verkehrsbezogenen Standorte bei Feinstaub PM₁₀ an der Spitze. Aufgrund einer rela-

tiv homogenen räumlichen Verteilung können aber auch im städtischen Hintergrund Jahresmittelwerte im Bereich von bis zu $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gefunden werden. Dabei sind bei Jahresmittelwerten von $16,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an der Messstelle Wetzlar sowie $16,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an der Messstelle Wetzlar Im Köhlersgarten der Einfluss industrieller Quellen mit in Betracht zu ziehen. Der Langzeitgrenzwert für Feinstaub PM_{10} von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Jahresmittelwert) wurde an allen hessischen Luftmessstellen deutlich unterschritten.

Der gesetzlich vorgeschriebene PM_{10} -Kurzzeitgrenzwert wurde im Jahr 2021 an keinem der Standorte überschritten. Die Anzahl der Überschreitungen des PM_{10} -Tagesmittelwerts von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ lag jeweils weit unter dem Grenzwert von zulässigen 35 Überschreitungen.

Da der Hauptteil der Feinstaubemissionen zumindest in Stadtgebieten aus dem Straßenverkehr stammt, spricht die beobachtete Entwicklung dafür, dass die Einträge aus dieser Quelle grundsätzlich rückläufig sind. Mit 8 Überschreitungstagen kam es an der verkehrsbezogenen Messstation Offenbach Untere Grenzstraße am häufigsten zu Tagesmittelwerten über der Marke von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Im letzten Jahrzehnt gab es somit in Hessen keinerlei Überschreitung des Feinstaub-Grenzwerts für die kurzfristige Belastung. Vergleicht man die Ergebnisse jedoch mit den von

der WHO entwickelten aktuellen Empfehlungen für den Tagesmittelwert, haben 24 % der Messstellen den Richtwert für PM_{10} im Jahr 2021 nicht erreicht.

Der Einfluss bestimmter Wetterlagen sowie atmosphärische Ferntransporte spielen bei der Feinstaubkonzentration eine weitaus größere Rolle als mögliche Auswirkungen des verringerten Verkehrsaufkommens in der Corona-Pandemie. Im Februar 2021 stiegen die PM_{10} -Werte über mehrere Tage hinweg stark an, als bedingt durch die in diesem Zeitraum vorherrschende Wetterlage Saharastaub nach Hessen, insbesondere in das Rhein-Main-Gebiet, gelangte. Dieses Ereignis spiegelt sich in den Tagesmittelwerten wider: die maximalen Tagesmittelwerte des Jahres wurden an allen Messstellen für den 25. Februar ermittelt. An der Spitze stand dabei die Messstelle Darmstadt Hängelstraße mit einem Tagesmittelwert von $116,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Am darauf folgenden Tag beendete ein Wetterwechsel die Situation und die Konzentrationswerte fielen alle rasch wieder ab.

Der von der WHO zum Schutz der Gesundheit empfohlene Richtwert für das Jahresmittel PM_{10} ist mit $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ deutlich anspruchsvoller als der aktuell gültige Grenzwert und wurde 2021 in Hessen an einem Drittel der Messstellen überschritten. Die Einhaltung des Richtwerts von $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für den Tagesdurchschnitt wurde an rund einem Viertel der Messstellen nicht erreicht.

Feinstaub $\text{PM}_{2,5}$:

Auch die Feinstaubbelastung $\text{PM}_{2,5}$ war im Jahr 2021 etwas höher als im Vorjahr, bewegt sich aber weiterhin auf niedrigem Niveau. Der Grenzwert für $\text{PM}_{2,5}$ von $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel wurde an allen Messstationen mit Werten von maximal $11,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sicher eingehalten.

Die räumliche Verteilung dieser Messgröße ist vergleichsweise homogen. An verkehrsbezogenen Messstationen werden dabei die höchsten Werte erreicht. Sowohl im städtischen Hintergrund sowie an verkehrsnahen Messstellen erfasste Konzentrationen von Feinstaub $\text{PM}_{2,5}$ stellen einen Anteil von ungefähr 60 % der PM_{10} -Konzentration dar.

Während die maximalen Tagesmittelwerte beim Feinstaub PM_{10} , an allen Messstellen durch den Eintrag des Saharastaubs bedingt im Februar lagen, traten die maximalen Tagesmittelwerte für Feinstaub $\text{PM}_{2,5}$

nicht nur im Februar auf, sondern auch auf Grund der Wetterlage zum Beispiel im Dezember.

Während der gesetzliche Grenzwert nach 39. BImSchV für $\text{PM}_{2,5}$ problemlos eingehalten werden kann, zeigt sich beim Vergleich mit den aktuellen Empfehlungen der WHO deutlicher Verbesserungsbedarf. Die in der Luftgüteleitlinie genannten Richtwerte zum Jahresmittel ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) und zum Tagesmittel ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wurden an allen hessischen Luftmessstellen, an denen Feinstaub $\text{PM}_{2,5}$ erfasst wird, überschritten. Teilweise kam es auch zu Überschreitungen des jeweiligen Zwischenziels, welches dem Richtwert am nächsten liegt (Interim Target 4). Beim 4. Zwischenziel für das Jahresmittel ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) kam es an 4 Messstellen zu Überschreitungen, das 4. Zwischenziel für das Tagesmittel mit einem Wert von $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ konnte sogar von mehr als der Hälfte der Messstellen für $\text{PM}_{2,5}$ nicht eingehalten werden.

Ruß:

In den 1990er Jahren in Deutschland noch gesetzlich reguliert, sollte die Erhebung von Ruß durch die Einführung EU-weiter Grenzwerte für Feinstaub PM₁₀ mit abgedeckt werden. Im Jahr 2012 wurde Dieselruß von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) als Karzinogen der Klasse 1 eingestuft. Nach zwischenzeitlicher Einstellung (im Jahr 2005) werden

in Hessen seit dem Jahr 2013 wieder Rußmessungen an einigen Luftmessstationen durchgeführt. Den Messungen zufolge hat sich die Immissionsbelastung durch Ruß seit dem Jahr 2013 nahezu halbiert. Im Jahr 2021 wurde im Jahresmittel verkehrsnah eine Konzentration von 1,3 µg/m³ und im städtischen Hintergrund von ca. 0,9 µg/m³ gemessen.

9.2 Inhaltsstoffe im Feinstaub PM₁₀: Schwermetalle

9.2.1 Kenngrößen

Tab. 10: Einhaltung/Überschreitung der Grenz- und Zielwerte im Jahr 2021 für Schwermetalle im Feinstaub PM₁₀

Komponente	Arsen	Blei	Cadmium	Nickel
Einheit	ng/m ³	µg/m ³	ng/m ³	ng/m ³
Mittelungszeitraum	Kalenderjahr	Kalenderjahr	Kalenderjahr	Kalenderjahr
Immissionswert	6	0,5	5	20
Messstelle	Zielwert	Grenzwert	Zielwert	Zielwert
Aßlar-Klein-Altenstädten	0,29	0,003	0,10	1,0
Darmstadt	0,29	0,003	0,07	0,6
Frankfurt-Griesheim	0,27	0,003	0,08	0,7
Frankfurt-Höchst	0,31	0,003	0,08	0,8
Frankfurt Mitte	0,26	0,003	0,08	1,0
Frankfurt Ost	0,30	0,003	0,08	1,0
Hanau Mitte	0,41	0,003	0,09	1,3
Kassel Mitte	0,25	0,002	0,09	0,8
Kleiner Feldberg	0,14	0,001	0,04	0,4
Linden	0,24	0,003	0,08	0,6
Raunheim	0,28	0,003	0,08	0,7
Riedstadt	0,29	0,003	0,09	0,6
Wetzlar-Hermannstein	0,52	0,004	0,16	2,8
Wetzlar Im Köhlersgarten	1,02	0,016	0,57	8,6
Wiesbaden Ringkirche	0,35	0,003	0,07	1,0
Wiesbaden Süd	0,38	0,003	0,08	0,7

Erläuterungen:

Darstellung von Grenzwertüberschreitungen (39. BImSchV): in der Farbe „rot“

Darstellung von Zielwertüberschreitungen (39. BImSchV): kursiv in der Farbe „rot“

Luftmessstellen im städtischen Hintergrund Luftmessstellen im ländlichen Hintergrund Luftmessstellen an Verkehrsschwerpunkten

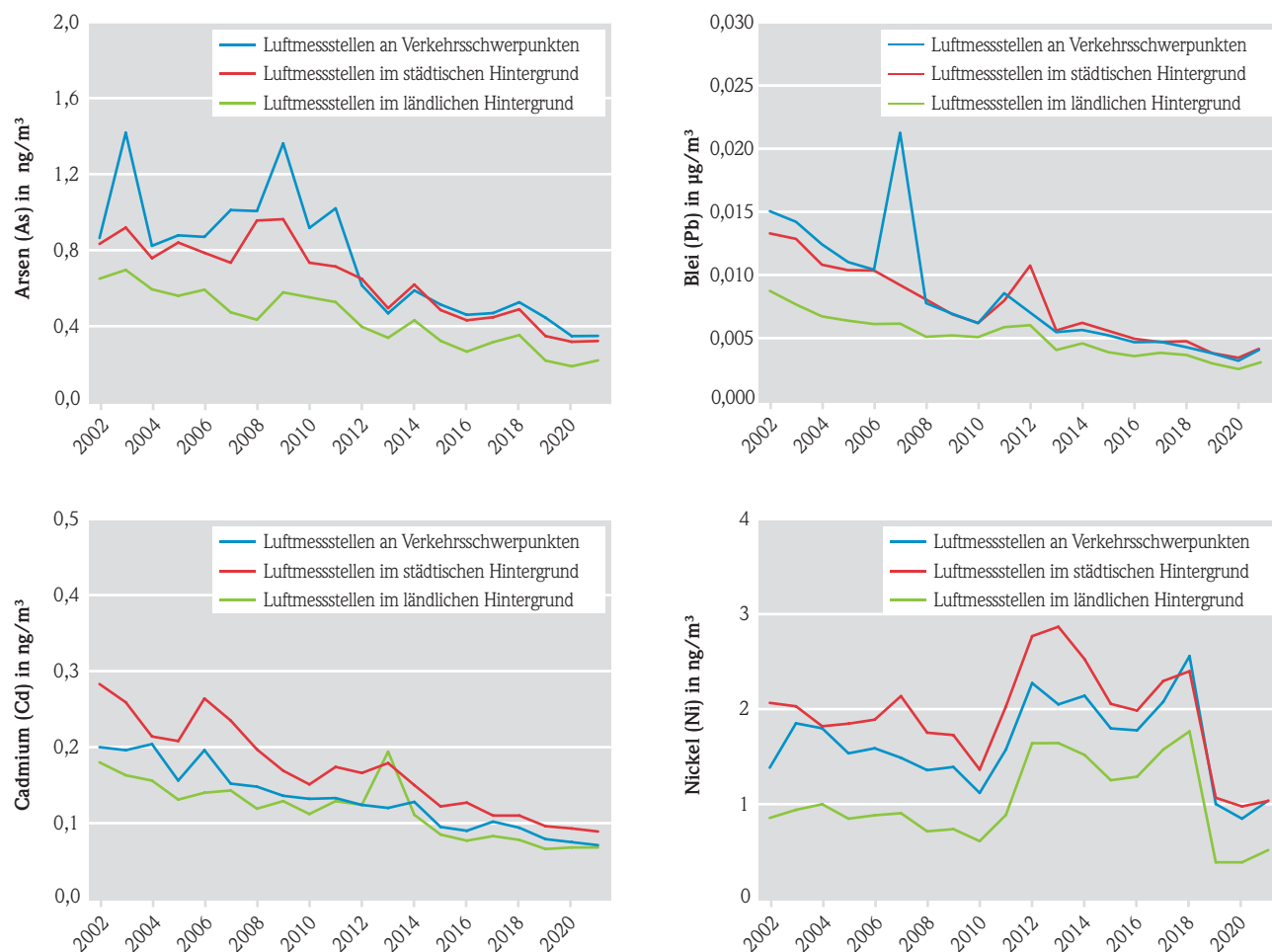


Abb. 13: Zeitreihen der Jahresmittelwerte 2002-2021, Schwermetalle als Bestandteil des Feinstaubs PM₁₀. Für die Ermittlung der Jahresmittelwerte wurde ein arithmetisches Mittel über alle Messstellen gleichen Charakters (Verkehrsschwerpunkte, städtischer Hintergrund, ländlicher Hintergrund) in ganz Hessen gebildet. Dabei wurden die Werte aller im jeweiligen Jahr verfügbaren Messstellen zur Berechnung herangezogen. Die industriell beeinflusste Messstelle Wetzlar Im Köhlersgarten wird in der Darstellung nicht berücksichtigt.

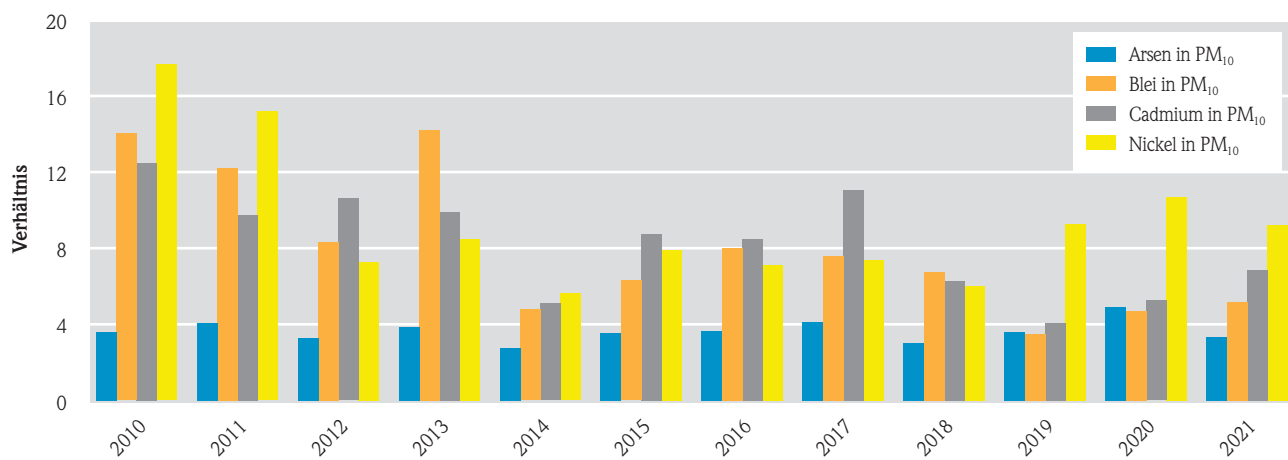


Abb. 14: Verhältnis der Immissionsbelastung am Standort Wetzlar Im Köhlersgarten zum Mittel über alle anderen hessischen Messstellen (auf Basis von Jahresmittelwerten), Schwermetalle als Bestandteil des Feinstaubs PM₁₀

9.2.2 Immissionsbeurteilung

Die Grenz- und Zielwerte für Arsen, Blei, Cadmium und Nickel in PM_{10} werden auch im Jahr 2021 sicher eingehalten. An der durch benachbarte industrielle Quellen belasteten Messstelle Wetzlar Im Köhlersgarten wurden verhältnismäßig hohe Konzentrationen im Vergleich zu den anderen Messstellen erfasst. Haupteinflussgrößen der Schwermetallbelastung stellen Industrie und Feuerungsanlagen dar. Allerdings ist auch der Verkehr als eine mögliche Einflussquelle zu benennen.

Im Vergleich zum Vorjahr wurden bei nahezu allen Messstellen ein ähnliches bis leicht erhöhtes Konzentrationsverhältnis für Arsen, Nickel und Blei ermittelt, während für Cadmium an manchen Messstellen etwas niedrigere Konzentrationen auftraten. An der Messstelle Wetzlar Im Köhlersgarten lag die Konzentration dagegen höher als im letzten Jahr.

Die Abbildungen zeigen die langfristigen Trends der Immissionsbelastung für die einzelnen Schwermetalle im Feinstaub PM_{10} in Zeitreihen von 2002 bis 2021 an. Hierzu wurden die Messergebnisse aller Messstellen – mit Ausnahme von Wetzlar Im Köhlersgarten – mit gleichem Charakter über das arithmetische Mittel zu einem Wert für das jeweilige Jahr zusammengefasst.

Aufgrund der Nähe der Messstelle Wetzlar Im Köhlersgarten zur metallverarbeitenden Industrie werden diese Messergebnisse in einer gesonderten Abbildung betrachtet. Diese Abbildung zeigt für jedes Jahr das Verhältnis der Werte von Wetzlar Im Köhlersgarten zum Wert gemittelt über alle anderen hessischen Messstellen.

Im Überblick ist ein negativer Trend und damit einhergehend eine geringer werdende Belastung über die Jahre vor allem für **Arsen**, **Cadmium** und **Blei** zu beobachten. Einzelne Stationen weisen in einzelnen Jahren etwas erhöhte Werte auf.

Für **Nickel** ist dieser Trend jedoch nicht so eindeutig. Während zwischen 2000 und 2010 die Nickelkonzentrationen leicht sanken, wurden in den Jahren 2012 und 2013 wieder bedeutend höhere Werte an allen Messstellen beobachtet. Dieser Höhepunkt deutet auf einen häufigeren Einsatz von Nickel und Nickellegierungen ab dem Jahr 2011 hin. Der starke Rückgang der Nickelkonzentration in 2019 ist zumindest teilweise auch labortechnisch begründet. Die notwendige Berücksichtigung erhöhter Nickelgehalte im Filtermaterial (Blindwerte) führte zu einem größeren Anteil an Einzelwerten unterhalb der analytischen Nachweisgrenze und in der Folge auch zu sehr niedrigen Ergebnissen für die Jahresmittelwerte.

9.3 Inhaltsstoffe im Feinstaub PM₁₀: PAK

9.3.1 Kenngrößen

Tab. 11: Einhaltung/Überschreitung des Zielwerts für BaP im Feinstaub PM₁₀ im Jahr 2021 sowie Jahresmittelwerte für polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)

Komponente	BaP	BaA	BF [b+j+k]	DBA	INP
	Benzo[a]pyren	Benzo[a]-anthracen	Benzo[b,j,k]-fluoranthen	Dibenzo[a,h]-anthracen	Indeno[1,2,3-cd]pyren
Einheit	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³
Mittelungszeitraum	Kalenderjahr	Kalenderjahr	Kalenderjahr	Kalenderjahr	Kalenderjahr
Zielwert	1				
Frankfurt Höhenstraße	0,22	0,18	0,22	0,04	0,35
Frankfurt Palmengarten	0,17	0,11	0,17	0,03	0,27
Fulda Petersberger Straße	0,23	0,17	0,22	0,04	0,33
Fulda Künzeller Straße	0,30	0,18	0,22	0,04	0,40
Heppenheim Lehrstraße	0,47	0,32	0,34	0,06	0,57
Kassel Fünffensterstraße	0,24	0,17	0,19	0,03	0,30
Kleiner Feldberg	0,03	0,04	0,04	0,01	0,05
Raunheim	0,27	0,17	0,23	0,04	0,37
Wetzlar	0,51	0,30	0,36	0,07	0,58
Wiesbaden Ringkirche	0,18	0,15	0,16	0,03	0,24

Erläuterungen:

Luftmessstellen im städtischen Hintergrund Luftmessstellen im ländlichen Hintergrund Luftmessstellen an Verkehrsschwerpunkten

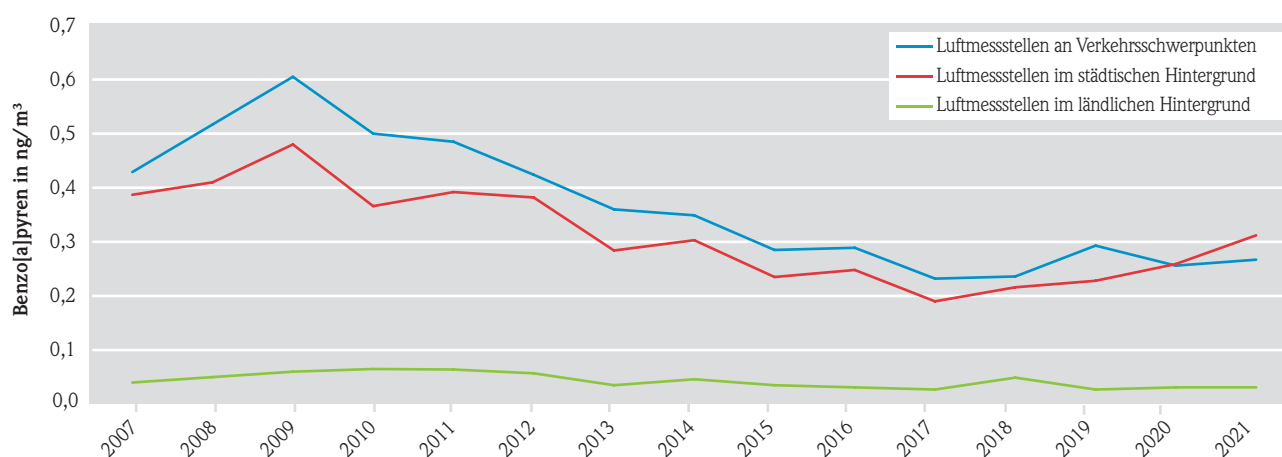


Abb. 15: Zeitreihe der Jahresmittelwerte 2007–2021, Benzo[a]pyren als Bestandteil des Feinstaubs PM₁₀. Für die Ermittlung der Jahresmittelwerte wurde ein arithmetisches Mittel über alle Messstellen gleichen Charakters (Verkehrsschwerpunkte, städtischer Hintergrund, ländlicher Hintergrund) in ganz Hessen gebildet. Dabei wurden die Werte aller im jeweiligen Jahr verfügbaren Messstellen zur Berechnung herangezogen.

9.3.2 Immissionsbeurteilung

Für Benzo[a]pyren (BaP) wird auch im Jahr 2021 der Zielwert an allen Stationen sicher eingehalten. Selbst der höchste Jahresmittelwert von $0,51 \text{ ng/m}^3$, erhoben an der Station Wetzlar, unterschreitet den Zielwert von 1 ng/m^3 deutlich. An der emittentenfern gelegenen Station Kleiner Feldberg wurde mit $0,03 \text{ ng/m}^3$ der niedrigste Wert erfasst.

Verkehrsbezogene Messstellen liefern in der Regel höhere Messwerte als Messstellen im städtischen oder ländlichen Hintergrund. Dieser Trend hat sich für das Jahr 2021 allerdings umgedreht, was daran liegt, dass die Werte an den Messstellen Ringkirche und Kassel Fünffensterstraße im Vergleich zum Vorjahr deutlich zurückgegangen bzw. gleichgeblieben sind, während an allen anderen Standorten die Werte deutlich gestiegen sind. Tendenziell wurden im Jahr 2021 im Vergleich zum Vorjahr höhere Messwerte ermittelt.

Als Messstelle im ländlichen Hintergrund weist die Messstation Kleiner Feldberg über Jahre hinweg die niedrigsten Messwerte auf. Ein Messwert von $0,03 \text{ µg/m}^3$ wird hier schon über Jahre beobachtet. Dieser Messwert liegt nahe der Nachweisgrenze der Analyseverfahren. Dies bedeutet, dass eine Detektion einer möglichen weiteren Abnahme der Messwerte mit Hilfe des gegenwärtigen Verfahrens nicht möglich ist. Bei den anderen beiden Stationsklassen lässt sich über den gesamten Zeitraum bis 2017 ein allgemeiner Rückgang der BaP-Konzentration beobachten. Seit 2017 jedoch scheint dieser Abwärtstrend unterbrochen zu sein.

Das sich für dieses Jahr abzeichnende Bild könnte ein Zusammenspiel der meteorologischen Schwankungen und eine Auswirkung der Pandemie sein. Eine weitere Vermutung für die erhöhten Messwerte vor allem in städtischen Gebieten könnte die vermehrte Nutzung von Holzfeuerungsanlagen sein. Wie sich die Konzentrationen in den nächsten Jahren weiterentwickeln, bleibt zu beobachten.

9.4 Staubbiederschlag

9.4.1 Kenngrößen

Die nachfolgende Tabelle stellt die Ergebnisse der Staubbiederschlagsmessungen für das Jahr 2021 zusammen. Die Gebietsmittelwerte werden aus den Mittelwerten der Einzelpunktanalysen des jeweiligen Messgebiets berechnet, wobei der Auswertung für den Staubbiederschlag im Idealfall 12 Messwerte je Messpunkt (monatliche Analyse) zugrunde liegen. Der Jahresmittelwert der Schwermetalldepositionen setzt sich dagegen aus 2 Werten je Messpunkt (halbjährliche Mischprobenanalyse) zusammen. Nähere Informationen zu den einzelnen Messgebieten können der entsprechenden Tabelle im Kapitel 12 entnommen werden.

Die nachfolgenden Abbildungen beschreiben die zeitliche Entwicklung der Depositionsraten für Staubbiederschlag sowie der Schwermetalle Arsen, Blei, Cadmium und Nickel im Zeitraum von 2002 bis 2021. Für das Element Thallium wird auf eine Trenddarstellung verzichtet, da die ermittelten Konzentrationen in der Regel unterhalb der Nachweisgrenze des angewandten Messverfahrens liegen. Im Messgebiet Gießen werden Schwermetalle erst ab dem Jahr 2005 erfasst, sodass dort für die Vorjahre nur Ergebnisse für den Staubbiederschlag ohne die Inhaltsstoffe vorliegen. Die Erfassung der Depositionen im Sondermessgebiet Wetzlar erfolgt ebenfalls erst ab dem Jahr 2005.

Tab. 12: Jahresmittelwerte des Staubbiederschlags und dessen Inhaltsstoffe im Jahr 2021

Messgebiet	Komponente	Immissionswert TA Luft	Einheit	punktweise Auswertung		Gebietsmit- telwert
				Minimum	Maximum	
Gießen	Staubniederschlag	350	mg/m ² ×d	37,50	78,40	53,84
	Arsen	4	µg/m ² ×d	0,12	0,35	0,22
	Blei	100	µg/m ² ×d	1,61	2,85	2,27
	Cadmium	2	µg/m ² ×d	0,05	0,15	0,09
	Nickel	15	µg/m ² ×d	1,73	5,69	2,6
	Thallium	2	µg/m ² ×d	0,01	0,02	0,01
Hünfelden	Staubniederschlag	350	mg/m ² ×d	42,9	103,60	65,17
	Arsen	4	µg/m ² ×d	0,17	0,49	0,31
	Blei	100	µg/m ² ×d	1,27	2,62	1,64
	Cadmium	2	µg/m ² ×d	0,04	0,17	0,08
	Nickel	15	µg/m ² ×d	1,07	2,10	1,45
	Thallium	2	µg/m ² ×d	0,01	0,04	0,02
Kassel	Staubniederschlag	350	mg/m ² ×d	35,5	183,80	62,87
	Arsen	4	µg/m ² ×d	0,17	1,09	0,32
	Blei	100	µg/m ² ×d	1,66	36,13	4,89
	Cadmium	2	µg/m ² ×d	0,06	0,75	0,13
	Nickel	15	µg/m ² ×d	1,38	17,26	3,27
	Thallium	2	µg/m ² ×d	0,01	0,03	0,01
Ulrichstein	Staubniederschlag	350	mg/m ² ×d	33,00	134,30	68,11
	Arsen	4	µg/m ² ×d	0,15	0,41	0,2
	Blei	100	µg/m ² ×d	1,25	2,47	1,56
	Cadmium	2	µg/m ² ×d	0,06	0,22	0,1
	Nickel	15	µg/m ² ×d	1,26	10,61	2,99
	Thallium	2	µg/m ² ×d	0,01	0,01	0,01
Untermain	Staubniederschlag	350	mg/m ² ×d	20,20	341,70	85,2
	Arsen	4	µg/m ² ×d	0,08	2,01	0,4
	Blei	100	µg/m ² ×d	1,38	18,50	4,19
	Cadmium	2	µg/m ² ×d	0,03	0,47	0,14
	Nickel	15	µg/m ² ×d	1,48	29,19	4,09
	Thallium	2	µg/m ² ×d	0,01	0,09	0,02
Wetzlar	Staubniederschlag	350	mg/m ² ×d	29,30	168,70	75,26
	Arsen	4	µg/m ² ×d	0,18	0,80	0,38
	Blei	100	µg/m ² ×d	1,40	6,98	2,57
	Cadmium	2	µg/m ² ×d	0,06	0,57	0,18
	Nickel	15	µg/m ² ×d	1,61	13,64	4,75
	Thallium	2	µg/m ² ×d	0,01	0,05	0,02
Wiesbaden	Staubniederschlag	350	mg/m ² ×d	32,30	423,70	108,31
	Arsen	4	µg/m ² ×d	0,24	5,98	0,77
	Blei	100	µg/m ² ×d	2,34	26,80	5,6
	Cadmium	2	µg/m ² ×d	0,07	0,45	0,15
	Nickel	15	µg/m ² ×d	1,32	18,84	3,11
	Thallium	2	µg/m ² ×d	0,01	0,30	0,05
Wetzlar Sonder- messgebiet	Staubniederschlag	350	mg/m ² ×d	42,20	83,80	61,35
	Arsen	4	µg/m ² ×d	0,30	0,91	0,64
	Blei	100	µg/m ² ×d	1,79	3,90	2,68
	Cadmium	2	µg/m ² ×d	0,07	0,30	0,17
	Nickel	15	µg/m ² ×d	4,93	35,57	17,78
	Thallium	2	µg/m ² ×d	0,01	0,02	0,01

Erläuterung:

Darstellung von Überschreitungen eines Immissionswerts nach TA Luft in der Farbe „rot“

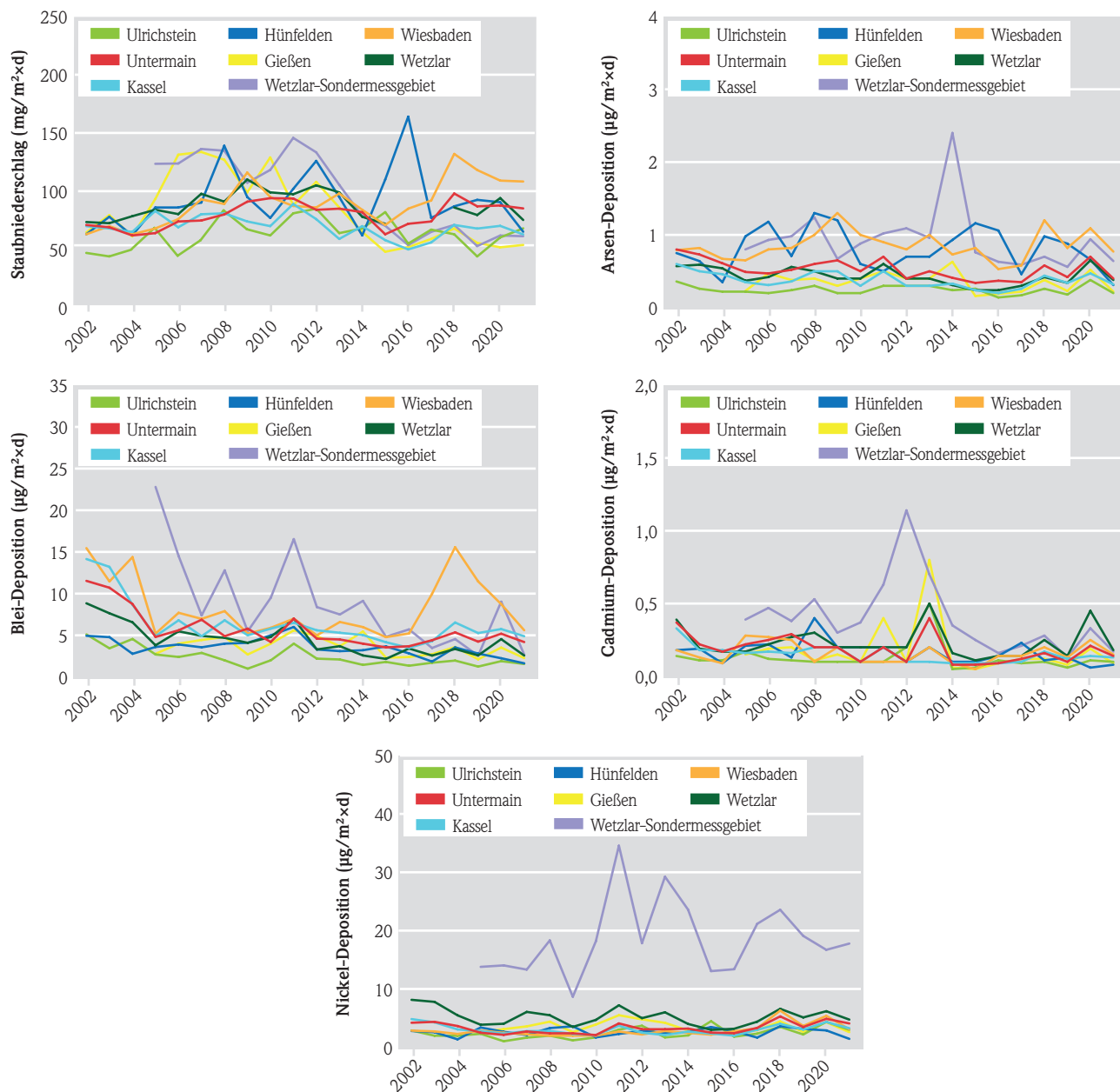


Abb. 16: Zeitreihen der mittleren Belastung durch Staubbiederschlag und dessen Inhaltsstoffe 2002–2021

9.4.2 Immissionsbeurteilung

Die Immissionssituation wird auf Basis der in der TA Luft für Staubbiederschlag, Arsen, Blei, Cadmium,

Nickel und Thallium vorgeschriebenen Immissionswerte beurteilt.

Staubbiederschlag:

Der für die Einzelpunktbelastung vorgeschriebene Immissionswert für Staubbiederschlag wird im Jahr 2021 an 1 der hessischen Beurteilungspunkte über-

schritten. Der maximal ermittelte Wert beträgt $423,7 \text{ mg}/\text{m}^2 \times \text{d}$ und wurde – wie im vergangenen Jahr – im Messgebiet Wiesbaden auf dem Betriebs-

hof der ELW gemessen. Im Vergleich zum Vorjahr ist der Wert gesunken. Der niedrigste Einzelpunktwert wurde mit $20,2 \text{ mg/m}^2 \times \text{d}$ im Messgebiet Untermain (städtischer Hintergrund) ermittelt. Bei Betrachtung der Gebietsmittelwerte weist das Messgebiet Wiesbaden mit $108,3 \text{ mg/m}^2 \times \text{d}$ den höchsten Wert auf. In Relation zu den übrigen Messgebieten verbleibt Wiesbaden damit, trotz sinkender Tendenz, auf

einem höheren Niveau. Mit Ausnahme der Messgebiete Ulrichstein und Gießen weisen alle weiteren Gebiete einen Rückgang gegenüber dem Vorjahr auf. Am deutlichsten zeigt sich die Abnahme der Staubdeposition im Messgebiet Hünfelden. Hier ist der Gebietsmittelwert im Vergleich zum Vorjahr um $25,3 \text{ mg/m}^2 \times \text{d}$ gesunken.

Arsen:

Der vorgeschriebene Immissionswert für Arsen wird im Jahr 2021 an 1 Beurteilungspunkt in Hessen überschritten. Die maximal gemessene Arsendeposition beträgt $5,98 \text{ µg/m}^2 \times \text{d}$ und wurde – wie beim Staubniederschlag – im Messgebiet Wiesbaden auf dem Betriebshof der ELW gemessen. Der niedrigste Wert für die Arsendeposition wurde mit $0,08 \text{ µg/m}^2 \times \text{d}$

im Messgebiet Untermain ermittelt. Den höchsten Gebietsmittelwert weist das Messgebiet Wiesbaden ($0,77 \text{ µg/m}^2 \times \text{d}$) auf. Im Vergleich zum Vorjahr ist bei der Arsendeposition in allen Messgebieten ein leichter Rückgang zu verzeichnen. Dies stellt allerdings keinen langfristigen Trend dar, sondern liegt im Bereich der jährlichen Schwankungen.

Blei:

Der Immissionswert für Blei wird im Jahr 2021 an keinem der hessischen Beurteilungspunkte überschritten. Die maximal gemessene Bleideposition beträgt $36,13 \text{ µg/m}^2 \times \text{d}$ und wurde im Messgebiet Kassel in unmittelbarer Nähe des Müllheizkraftwerks Kassel gemessen. Der niedrigste Wert für die Bleideposition wurde mit $1,25 \text{ µg/m}^2 \times \text{d}$ im Messgebiet Ulrichstein ermittelt. Bei Betrachtung der Gebietsmittelwerte weist Wiesbaden mit $5,6 \text{ µg/m}^2 \times \text{d}$ den

höchsten Wert auf. Nachdem in den Jahren 2017 bis 2019 die Werte für dieses Messgebiet stark angestiegen waren, lässt sich seit 2020 ein Abwärtstrend erkennen. Die Messergebnisse für das Jahr 2021 sind wieder auf dem Niveau von 2016 angesiedelt. Auch im Sondermessgebiet Wetzlar sind nach einer Konzentrationsspitze im Jahr 2020 die Werte wieder auf das Niveau von 2019 gefallen.

Cadmium:

Der Immissionswert für Cadmium wird im Jahr 2021 an keinem der hessischen Beurteilungspunkte überschritten. Die maximal gemessene Cadmiumdeposition wurde mit $0,75 \text{ µg/m}^2 \times \text{d}$ an einem Messpunkt im Messgebiet Kassel ermittelt. Der Wert geht wie im Jahr zuvor aus einer erhöhten Cadmiumdeposition

im ersten Halbjahr hervor. Die geringste Cadmiumdeposition betrug $0,03 \text{ µg/m}^2 \times \text{d}$ und wurde an einem Messpunkt im Messgebiet Untermain erfasst. Bei Betrachtung der Gebietsmittelwerte weist das Messgebiet Wetzlar mit $0,18 \text{ µg/m}^2 \times \text{d}$ den höchsten Wert auf.

Nickel:

Der für die Einzelpunktbelastung vorgeschriebene Immissionswert für Nickel wird im Jahr 2021 an 6 der hessischen Beurteilungspunkte überschritten. Die maximal gemessene Nickeldeposition wurde mit $35,57 \text{ µg/m}^2 \times \text{d}$ im Sondermessgebiet Wetzlar ermittelt. Außerdem wird der Immissionswert an einem weiteren Punkt in diesem Messgebiet ($16,82 \text{ µg/m}^2 \times \text{d}$) überschritten. An dieser Stelle sei

darauf hingewiesen, dass die Sondermesspunkte in Wetzlar der besseren Erfassung von Depositionen in einem Gebiet mit ausgeprägter industrieller Aktivität dienen und somit gegenüber den anderen Messgebieten eine besondere Charakteristik aufweisen. Ebenso stellt der Beurteilungspunkt auf dem Betriebshof der ELW ($18,84 \text{ µg/m}^2 \times \text{d}$) in Wiesbaden einen Standort mit spezieller Charakteristik

dar. Weitere Überschreitungen sind im Messgebiet Untermain ($24,59 \mu\text{g}/\text{m}^2 \times \text{d}$ und $29,19 \mu\text{g}/\text{m}^2 \times \text{d}$) und in Kassel ($17,26 \mu\text{g}/\text{m}^2 \times \text{d}$) zu verzeichnen. Der niedrigste Wert für die Nickeldeposition wurde mit

$1,07 \mu\text{g}/\text{m}^2 \times \text{d}$ im Messgebiet Hünfelden ermittelt. Der Gebietsmittelwert im Sondermessgebiet Wetzlar überschreitet auch im Jahr 2021 mit $17,78 \mu\text{g}/\text{m}^2 \times \text{d}$ den vorgeschriebenen Immissionswert.

Thallium:

Der Immissionswert für Thallium wird im Jahr 2021 an keinem der hessischen Beurteilungspunkte überschritten. Die maximal gemessene Thalliumdeposition wurde mit $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^2 \times \text{d}$ in der Dyckerhoffstraße in Wiesbaden ermittelt. Im Vergleich zum Vorjahr ist der Maximalwert um etwa $0,15 \mu\text{g}/\text{m}^2 \times \text{d}$ gesunken.

Insgesamt betrachtet ist der Wert dennoch als leicht erhöht anzusehen, da die ermittelten Depositionsraten für Thallium in Hessen üblicherweise so gering sind, dass die Ergebnisse unterhalb der Nachweisgrenze des angewandten Messverfahrens liegen.

10 Interessantes aus dem Berichtsjahr: Ultrafeine Partikel im Rhein-Main-Gebiet

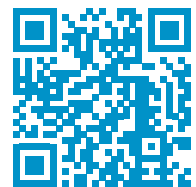
In diesem Beitrag werden einige Ergebnisse des aktuellen Berichts zur Luftqualität in Bezug auf ultrafeine Partikel (siehe Kap. 2.7) dargestellt (4. Bericht zur Untersuchung der regionalen Luftqualität auf ultrafeine Partikel im Bereich des Flughafens Frankfurt).

In der folgenden Abbildung wird ein Überblick über die Ergebnisse bisheriger kontinuierlicher UFP-Messungen seit 2017 gezeigt. Die Balken stellen dabei den Konzentrationsbereich von 50 % der jeweiligen Messungen dar; 25 % der Messungen weisen niedrigere und 25 % höhere Konzentrationswerte auf. Es wird hierbei zwischen Messungen während des Flugbetriebs und bei Wind aus Richtung des Flughafensektors (orange) sowie Messungen bei allen anderen Bedingungen unterschieden (blau). Der blaue Balken gibt damit eine stationstypische Hintergrundkonzentration an, während der orange Balken ein Maß für die UFP-Konzentration unter dem Einfluss des Flugbetriebs darstellt. Eine Unterscheidung in die Zeiträume vor und während der Covid-19-Pandemie wird in dieser Kurzzusammenfassung nicht unternommen. Die genauen Standorte und Messzeiträume können dem ausführlichen Bericht entnommen werden.

Erwartungsgemäß ist gegenüber der Hintergrundkonzentration der Einfluss durch den Flugbetrieb am größten an den Messstellen in unmittelbarer Nähe

zum Flughafengelände. So steigt beispielsweise unter dem Einfluss des Flugbetriebs die UFP-Konzentration an der Station Flughafen-A3 um etwa das Vierfache an, von ca. 14 000 für den stationstypischen Hintergrund auf etwa 68 000 Partikel pro cm^3 . Ein ebenfalls auffällig hoher Unterschied zwischen der UFP-Belastung im Hintergrund und bei Einfluss durch den Flugbetrieb ist an den Stationen in F-Schwanheim und Raunheim sichtbar. In Raunheim steigt die UFP-Konzentration im Mittel von knapp 7 000 auf ca. 14 000 Partikel pro cm^3 bei entsprechendem Einfluss durch den Flugbetrieb. Für F-Schwanheim ergibt sich ein Anstieg von knapp 6 000 auf etwa 17 000 Partikel pro cm^3 . Insgesamt ist an allen Messstellen eine erhöhte UFP-Konzentration feststellbar, wenn der Wind zu Zeiten des Flugbetriebs aus Richtung des Flughafens weht.

Im Rahmen der UFP-Messungen konnte den spezifischen Emissionen, die mit dem Flugverkehr am Frankfurter Flughafen zusammenhängen, ein charakteristischer „Fingerabdruck“ zugeordnet werden. Diese typischen Eigenschaften beziehen sich vor allem auf die Form der Partikelanzahl-Größenverteilung (ausgeprägtes Maximum zwischen 10–30 nm) und dem entsprechenden zeitlichen und



Link zum vollständigen Bericht

windrichtungsabhängigen Auftreten. Dieser typische „Fingerabdruck“ kann an allen bisherigen HLNUG-Messstationen mit größen aufgelösten Messungen eindeutig identifiziert und auch von anderen Quellen, wie beispielsweise dem Kfz-Verkehr, unterschieden werden.

Der Einfluss des Flugbetriebs an einer bestimmten Station ist umso größer, je häufiger sich diese im Einflussbereich des Flugbetriebs befindet und je geringer die Distanz zwischen Station und Flughafen- gelände ist. Aus parallelen UFP-Messungen entlang der Hauptwindrichtung geht hervor, dass selbst an der 14 km weit entfernten Messstation in Frankfurt- Riedberg der Einfluss der Emissionen aus dem Flug- verkehr nachweisbar ist, wenn auch in deutlich ge-

ringerer Konzentration. Bei Wind aus südwestlichen Richtungen sind somit vermutlich weite Teile des Frankfurter Stadtgebiets von diesen Emissionen be- troffen. Es ist davon auszugehen, dass die Ergebnisse auch auf andere weniger häufige Windverhältnisse übertragbar sind.

Aufbauend auf den Ergebnissen des HLNUG führt das Forum Flughafen und Region (FFR) eine umfas- sende Untersuchung der Belastung durch UFP und deren potenziell gesundheitlicher Wirkung in der Rhein-Main-Region durch. Dieser mehrjährige Pro- zess startet 2022 zunächst mit der Durchführung der Belastungsstudie sowie Vorbereitungen für die Wir- kungsstudie. Weitere Informationen sind hier zu fin- den: <https://www.hlnug.de/?id=14862>.

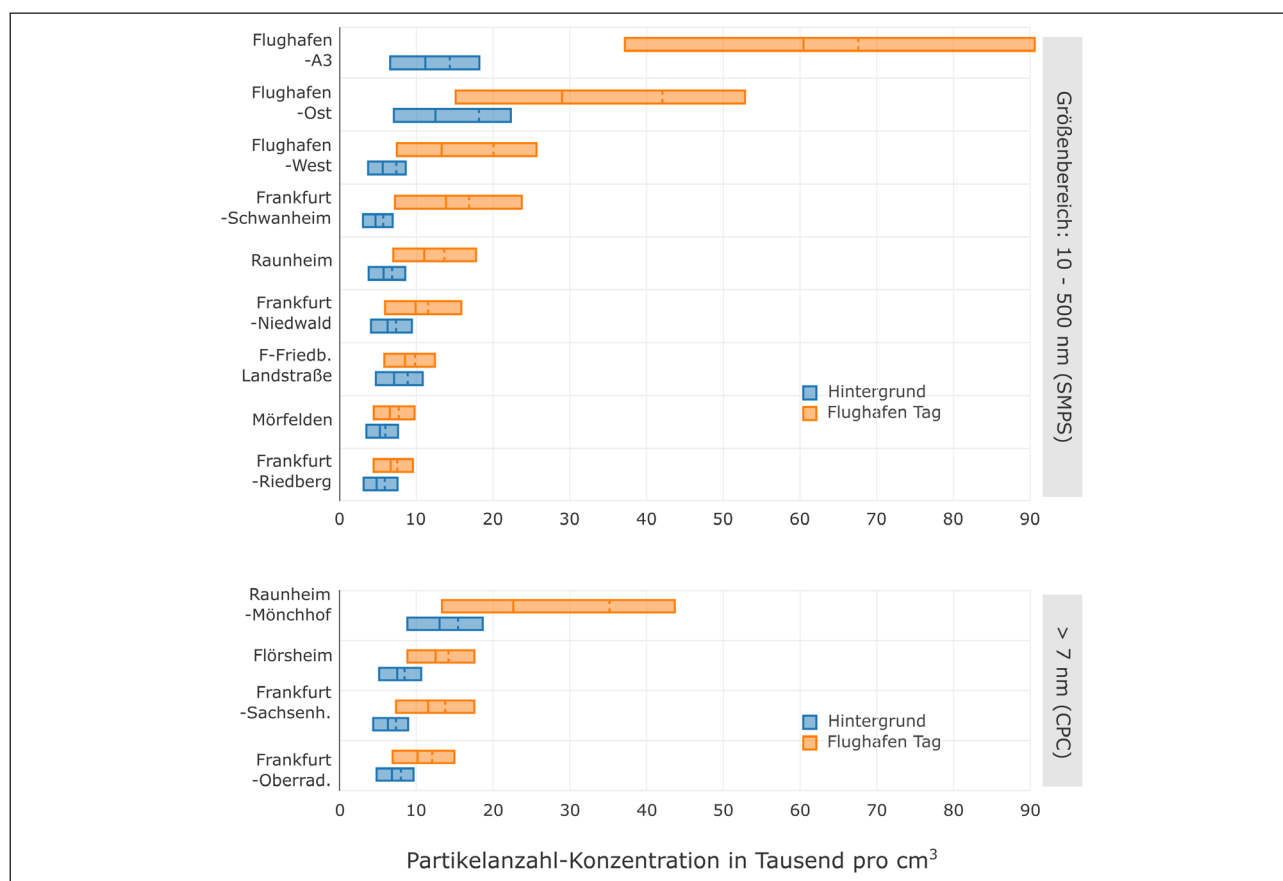


Abb. 17: Boxplots über die Konzentration bisheriger UFP-Messungen seit September 2017. Die Boxen spannen jeweils den Interquartilsabstand auf. Das bedeutet, 25 % der Messwerte liegen höher und 25 % niedriger als der angegebene Bereich. Der senkrechte durchgezogene Strich innerhalb der Boxen kennzeichnet den Median, der unterbrochene Strich den arithmetischen Mittelwert. Orange Boxen markieren Messungen bei Wind aus Richtung Flughafen und zu den Betriebszeiten des Flughafens zwischen 5–23 Uhr. Blaue Boxen fassen alle anderen Messungen zusammen und charakterisieren den stationstypischen Hintergrund. An den unterschiedlichen Messstellen werden unterschiedliche Messgeräte eingesetzt, die sich in ihrem Messbereich unterscheiden. Die SMPS-Messungen beziehen sich auf den Größenbereich zwischen 10–500 nm, die CPC-Messungen auf > 7 nm. Die Grafik bezieht sich auf die jeweiligen unterschiedlichen Messzeiträume der Messstationen und beinhaltet somit sowohl Zeiträume vor als auch während der Covid-19-Pandemie.

11 Qualitätssicherung

Die Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH (DAkkS) hat dem Hessischen Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (Dezernat I2 Luftreinhaltung, Immissionen – Rheingastr. 186, 65203 Wiesbaden) die Kompetenz nach DIN EN ISO/IEC 17025 zugesprochen, Prüfungen in folgenden Bereichen durchzuführen:

- Ermittlung von gasförmigen anorganischen und organisch-chemischen Luftinhaltsstoffen bei Immissionen
- Ausgewählte Prüfungen von partikelförmigen und an den Partikeln adsorbierten chemischen Verbindungen bei Immissionen
- Meteorologische Messungen zur Immissionsüberwachung
- Prüfungen zur Qualitätssicherung von Messeinrichtungen zur kontinuierlichen Überwachung der Immissionen
- Modul Immissionsschutz

Das HLNUG hat ein effektives Qualitätsmanagementsystem gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 eingeführt und ist seit 11.02.2008 akkreditiert. Der international anerkannte Kompetenznachweis wurde durch die Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH (DAkkS) mehrfach bestätigt und durch die aktuelle Akkreditierungsurkunde vom 18.10.2022 dokumentiert (D-PL-14551-01).



Deutsche
Akkreditierungsstelle
D-PL-14551-01-00

Die Tabelle stellt nur einen Auszug dar; der komplette Akkreditierungsumfang (Urkunde und Anlage) ist über folgende Internetseite einsehbar: www.hlnug.de/?id=8768. Bei einem Teil der im vorliegenden Bericht dokumentierten Untersuchungen kommt es zu einer Zweiteilung. Die Probenahme und Betreuung der Probenahmesysteme sowie die spätere Plausibilitätsprüfung werden vom HLNUG durchgeführt. Die Analyse von Passivsammlern auf Benzol und NO₂ sowie die Analyse auf polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und anorganischer Inhaltsstoffe (insbesondere Schwermetalle) im Feinstaub PM₁₀ und in der Deposition werden von beauftragten Laboren durchgeführt. Diese Labore sind ihrerseits ebenfalls nach DIN EN ISO/IEC 17025 als Prüflabor akkreditiert. Die Akkreditierungen sind unter folgenden Internetseiten einzusehen:

- <https://www.passam.ch>
- <https://www.aneco.de>

Tab. 13: Übersicht der Messverfahren und Normen

Komponente	Messverfahren	Norm
SO ₂	Ultraviolett(UV)-Fluoreszenz	DIN EN 14212:2012
CO	Nicht-dispersive Infrarot-Photometrie (NDIR)	DIN EN 14626:2012
NO/NO ₂	Chemilumineszenz Passivsammler	DIN EN 14211:2012 DIN EN 16339:2013
O ₃	Ultraviolett(UV)-Photometrie	DIN EN 14625:2012
BTX	Gaschromatographie Passivsammler	DIN EN 14662-3:2016 DIN EN 14662-5:2005
PM ₁₀ /PM _{2,5}	Radiometrie/Nephelometrie, Optische Verfahren Gravimetrie	DIN EN 16450:2017 DIN EN 12341:2014
Staubinhaltsstoffe Schwermetalle, PAK	Massenspektroskopie Gaschromatographie	DIN EN 14902:2005 DIN EN 15549:2008
Deposition	Bergerhoff-Verfahren	VDI 4320 Blatt 2:2012 VDI 2267 Blatt 2:2019
Ruß	Transmission/Reflexion	Akkreditiertes Hausverfahren SOP I2 P03: 2022

12 Details zu den Luftmessstellen und -gebieten

12.1 Tabellarische Übersicht

Tab. 14: Standorte und Charakteristika der Luftmessstellen

Messstelle	Code ¹⁾	Messstellentyp	Höhe (m) ²⁾	Längen-grad ³⁾	Breiten-grad ³⁾	Klassifizierung
Alsfeld I	DEHE143	Passivsammler	274	9°16'13"	50°45'09"	städtisches Gebiet, Verkehr
Alsfeld III	DEHE152	Passivsammler	269	9°16'19"	50°45'10"	städtisches Gebiet, Verkehr
Aßlar-Klein-Altenstädten	DEHE164	Inhaltsstoffe PM ₁₀	220	8°27'47"	50°34'41"	städtisches Gebiet, Hintergrund
Bad Arolsen	DEHE046	Messstation	343	8°55'41"	51°25'51"	ländliches Gebiet, Hintergrund
Bebra	DEHE032	Messstation	204	9°48'00"	50°58'12"	städtisches Gebiet, Hintergrund
Bensheim Nibelungenstraße	DEHE133	Passivsammler	112	8°37'23"	49°40'57"	städtisches Gebiet, Verkehr
Burg Herzberg	DEHE039	Messstation	491	9°27'33"	50°46'13"	ländliches Gebiet, Hintergrund
Darmstadt	DEHE001	Messstation	158	8°39'52"	49°52'20"	städtisches Gebiet, Hintergrund
Darmstadt Heinrichstraße	DEHE138	Passivsammler	143	8°38'54"	49°51'55"	städtisches Gebiet, Verkehr
Darmstadt Hügelstraße	DEHE040	Messstation	158	8°39'13"	49°52'10"	städtisches Gebiet, Verkehr
Darmstadt Hügelstraße I	DEHE132	Passivsammler	157	8°39'11"	49°52'09"	städtisches Gebiet, Verkehr
Flörsheim	DEHE161	Messstation	93	8°25'43"	50°01'08"	städtisches Gebiet, Hintergrund
Frankfurt Am Erlenbruch I	DEHE139	Passivsammler	101	8°43'50"	50°07'49"	städtisches Gebiet, Verkehr
Frankfurt Am Erlenbruch II	DEHE140	Passivsammler	101	8°44'18"	50°07'52"	städtisches Gebiet, Verkehr
Frankfurt Battonnstraße	DEHE136	Passivsammler	99	8°41'14"	50°06'44"	städtisches Gebiet, Verkehr
Frankfurt Friedberger Landstraße	DEHE041	Messstation	119	8°41'30"	50°07'28"	städtisches Gebiet, Verkehr
Frankfurt Gotenstraße	DEHE156	Passivsammler	106	8°32'22"	50°06'41"	städtisches Gebiet, Verkehr
Frankfurt-Griesheim	DEHE053	Inhaltsstoffe PM ₁₀	98	8°36'12"	50°05'43"	städtisches Gebiet, Hintergrund
Frankfurt Hochstraße	DEHE151	Passivsammler	104	8°40'24"	50°06'55"	städtisches Gebiet, Verkehr
Frankfurt-Höchst	DEHE005	Messstation	103	8°32'33"	50°06'06"	städtisches Gebiet, Hintergrund
Frankfurt Höhenstraße	DEHE036	Inhaltsstoffe PM ₁₀	122	8°42'00"	50°07'26"	städtisches Gebiet, Verkehr
Frankfurt Kasinostraße	DEHE157	Passivsammler	100	8°32'59"	50°06'10"	städtisches Gebiet, Verkehr
Frankfurt Königsteiner Straße I	DEHE154	Passivsammler	107	8°32'13"	50°06'42"	städtisches Gebiet, Verkehr
Frankfurt Königsteiner Straße II	DEHE155	Passivsammler	109	8°32'07"	50°06'48"	städtisches Gebiet, Verkehr
Frankfurt-Lerchesberg	DEHE162	Passivsammler	138	8°40'58"	50°04'52"	städtisches Gebiet, Hintergrund
Frankfurt Mainkai	DEHE144	Passivsammler	95	8°41'03"	50°06'33"	städtisches Gebiet, Verkehr
Frankfurt Mainzer Landstraße	DEHE158	Passivsammler	97	8°39'50"	50°06'38"	städtisches Gebiet, Verkehr
Frankfurt Mitte	DEHE056	Inhaltsstoffe PM ₁₀	103	8°41'01"	50°06'38"	städtisches Gebiet, Hintergrund
Frankfurt Ost	DEHE008	Messstation	100	8°44'46"	50°07'31"	städtisches Gebiet, Hintergrund
Frankfurt Palmengarten	DEHE096	Inhaltsstoffe PM ₁₀	105	8°39'23"	50°07'32"	städtisches Gebiet, Hintergrund
Frankfurt Pforzheimer Straße	DEHE146	Passivsammler	100	8°39'46"	50°06'15"	städtisches Gebiet, Verkehr
Frankfurt-Riedberg	DEHE159	Messstation	140	8°38'05"	50°10'22"	städtisches Gebiet, Hintergrund
Frankfurt-Riederwald	DEHE145	Passivsammler	99	8°43'57"	50°07'56"	städtisches Gebiet, Hintergrund
Frankfurt Römerberg	DEHE141	Passivsammler	100	8°40'56"	50°06'37"	städtisches Gebiet, Hintergrund
Frankfurt-Schwanheim	DEHE135	Messstation	94	8°34'34"	50°04'31"	vorstädtisches Gebiet, Hintergrund
Fulda Künzeller Straße	DEHE097	Inhaltsstoffe PM ₁₀	280	9°41'45"	50°32'33"	städtisches Gebiet, Hintergrund
Fulda Petersberger Straße	DEHE059	Messstation	277	9°41'05"	50°33'00"	städtisches Gebiet, Verkehr
Fulda Zentral	DEHE134	Messstation	271	9°40'48"	50°32'46"	städtisches Gebiet, Hintergrund
Fürth/Odenwald	DEHE028	Messstation	484	8°49'02"	49°39'12"	ländliches Gebiet, Hintergrund

Messstelle	Code ¹⁾	Messstellentyp	Höhe (m) ²⁾	Längen-grad ³⁾	Breiten-grad ³⁾	Klassifizierung
Gießen Johannette-Lein-Gasse	DEHE137	Passivsammler	162	8°40'16"	50°35'07"	städtisches Gebiet, Hintergrund
Gießen Westanlage	DEHE061	Messstation	162	8°40'06"	50°35'02"	städtisches Gebiet, Verkehr
Hanau	DEHE011	Messstation	108	8°55'17"	50°08'08"	städtisches Gebiet, Hintergrund
Hanau Mitte	DEHE054	Inhaltsstoffe PM ₁₀	107	8°55'34"	50°07'49"	städtisches Gebiet, Hintergrund
Heppenheim Lehrstraße	DEHE063	Messstation	110	8°38'31"	49°38'35"	städtisches Gebiet, Verkehr
Kassel Fünfensterstraße	DEHE049	Messstation	179	9°29'28"	51°18'43"	städtisches Gebiet, Verkehr
Kassel Mitte	DEHE013	Messstation	181	9°29'00"	51°18'51"	städtisches Gebiet, Hintergrund
Kellerwald	DEHE060	Messstation	483	9°01'54"	51°09'17"	ländlich regional, Hintergrund
Kleiner Feldberg	DEHE052	Messstation	811	8°26'45"	50°13'18"	ländliches Gebiet, Hintergrund
Limburg	DEHE044	Messstation	128	8°03'39"	50°22'59"	städtisches Gebiet, Hintergrund
Limburg Diezer Straße	DEHE098	Passivsammler	132	8°03'13"	50°23'04"	städtisches Gebiet, Verkehr
Limburg Frankfurter Straße	DEHE101	Passivsammler	143	8°04'13"	50°22'59"	städtisches Gebiet, Verkehr
Limburg Schiede	DEHE131	Messstation	122	8°03'35"	50°23'11"	städtisches Gebiet, Verkehr
Limburg Schiede I	DEHE099	Passivsammler	122	8°03'34"	50°23'10"	städtisches Gebiet, Verkehr
Limburg Schiede II	DEHE100	Passivsammler	122	8°03'32"	50°23'15"	städtisches Gebiet, Verkehr
Linden	DEHE042	Messstation	172	8°41'03"	50°31'58"	ländliches Gebiet, Hintergrund
Marburg	DEHE030	Messstation	182	8°46'09"	50°48'15"	städtisches Gebiet, Hintergrund
Marburg Bahnhofstraße	DEHE163	Passivsammler	186	8°46'17"	50°49'02"	städtisches Gebiet, Verkehr
Marburg Universitätsstraße	DEHE062	Messstation	190	8°46'13"	50°48'25"	städtisches Gebiet, Verkehr
Marburg Universitätsstraße I	DEHE142	Passivsammler	191	8°46'12"	50°48'25"	städtisches Gebiet, Verkehr
Michelstadt	DEHE045	Messstation	209	9°00'07"	49°40'21"	städtisches Gebiet, Hintergrund
Mörfelden	DEHE160	Messstation	99	8°33'57"	49°57'53"	städtisches Gebiet, Hintergrund
Offenbach Bieberer Straße	DEHE103	Passivsammler	109	8°46'33"	50°06'08"	städtisches Gebiet, Verkehr
Offenbach Mainstraße	DEHE104	Passivsammler	102	8°46'22"	50°06'25"	städtisches Gebiet, Verkehr
Offenbach Untere Grenzstraße	DEHE116	Messstation	108	8°47'05"	50°06'05"	städtisches Gebiet, Verkehr
Offenbach Untere Grenzstraße I	DEHE102	Passivsammler	107	8°47'04"	50°06'05"	städtisches Gebiet, Verkehr
Raunheim	DEHE018	Messstation	90	8°27'05"	50°00'37"	städtisches Gebiet, Hintergrund
Riedstadt	DEHE043	Messstation	87	8°31'00"	49°49'30"	ländlich stadtnah, Hintergrund
Rüsselsheim Rugby-Ring	DEHE111	Passivsammler	92	8°25'27"	49°59'44"	städtisches Gebiet, Verkehr
Schlangenbad-Wambach Schwalbacher Straße	DEHE153	Passivsammler	348	8°05'53"	50°06'30"	städtisches Gebiet, Verkehr
Spessart	DEHE026	Messstation	502	9°23'57"	50°09'51"	ländlich regional, Hintergrund
Wasserkuppe	DEHE051	Messstation	931	9°56'09"	50°29'51"	ländliches Gebiet, Hintergrund
Wetzlar	DEHE020	Messstation	152	8°30'02"	50°34'01"	städtisches Gebiet, Hintergrund
Wetzlar-Hermannstein	DEHE057	Inhaltsstoffe PM ₁₀	183	8°29'42"	50°34'40"	städtisches Gebiet, Hintergrund
Wetzlar Im Köhlersgarten	DEHE095	Inhaltsstoffe PM ₁₀	161	8°29'31"	50°34'31"	städtisches Gebiet, Industrie
Wetzlar Linsenbergsstraße	DEHE105	Passivsammler	164	8°29'30"	50°34'30"	städtisches Gebiet, Hintergrund
Wiesbaden Ringkirche	DEHE037	Messstation	145	8°13'49"	50°04'37"	städtisches Gebiet, Verkehr
Wiesbaden Schiersteiner Straße	DEHE112	Messstation	140	8°13'43"	50°04'19"	städtisches Gebiet, Verkehr
Wiesbaden Süd	DEHE022	Messstation	121	8°14'41"	50°03'01"	städtisches Gebiet, Hintergrund
Witzenhausen/Wald	DEHE024	Messstation	610	9°46'28"	51°17'30"	ländliches Gebiet, Hintergrund
Zierenberg	DEHE050	Messstation	489	9°16'16"	51°21'38"	ländliches Gebiet, Hintergrund

Erläuterungen:

¹⁾ **Code:** Stationscode Umweltbundesamt ²⁾ **Höhe (m):** Höhe über Normalnull ³⁾ **Koordinaten:** World Geodetic System 1984 (WGS 84)

Luftmessstellen im städtischen Hintergrund Luftmessstellen im ländlichen Hintergrund Luftmessstellen an Verkehrsschwerpunkten

Kursiv: Messstellen, die nicht zur gebietsbezogenen Beurteilung der Luftqualität herangezogen werden

Tab. 15: Geräteausstattung der Luftmessstellen, Jahr des Messbeginns

Messstelle	Schwefel-dioxid	Kohlen-monoxid	Stickstoff-monoxid	Stickstoff-dioxid	Benzol, Toluol m-/p-Xylol	Ozon	Feinstaub PM ₁₀	Feinstaub PM _{2,5}	Ruß	Schwermetalle im Feinstaub PM ₁₀	PAK im Feinstaub PM ₁₀
Alsfeld I				19**							
Alsfeld III				19**							
Aßlar-Klein-Altenstädten							17*			17	
Bad Arolsen			99	99		99	00	10			
Bebra			88	88		88	00				
Bensheim Nibelungenstraße				14**							
Burg Herzberg			11	11		11					
Darmstadt	77	77	77	77		84	00	20		02*	
Darmstadt Heinrichstraße				16**							
Darmstadt Hügelstraße		94	94	94	99		00	20			
Darmstadt Hügelstraße I				14**							
Flörsheim	21		21	21							
Frankfurt Am Erlenbruch I				16**							
Frankfurt Am Erlenbruch II				16**							
Frankfurt Battonnstraße				17**							
Frankfurt Friedberger Landstraße		93	93	93	96		01	10			
Frankfurt Gotenstraße				21**							
Frankfurt-Griesheim										02*	
Frankfurt Hochstraße				21**							
Frankfurt-Höchst	79		80	80		84	00	20		02*	
Frankfurt Höhenstraße											07*
Frankfurt Kasinostraße				21**							
Frankfurt Königsteiner Straße I				21**							
Frankfurt Königsteiner Straße II				21**							
Frankfurt-Lerchesberg				13**							
Frankfurt Mainkai				19**							
Frankfurt Mainzer Landstraße				21**							
Frankfurt Mitte										03*	
Frankfurt Ost			84	84		84	00	08*		01*	
Frankfurt Palmengarten											07*
Frankfurt Pforzheimer Straße				16**							
Frankfurt-Riedberg	21	21	21	21		21	21	21			
Frankfurt-Riederwald				16**							
Frankfurt Römerberg				17**							
Frankfurt-Schwanheim	18	18	18	18		18	18	18	18		
Fulda Künzeller Straße											08*
Fulda Petersberger Straße		06	06	06	06		06	10			07*
Fulda Zentral			17	17		17	17				
Fürth/Odenwald			87	87		87	03				
Gießen Johannette-Lein-Gasse				15**							
Gießen Westanlage		06	06	06	08**		06	10			
Hanau	77		77	77		92	00				
Hanau Mitte										02*	

Messstelle	Schwefel- dioxid	Kohlen- monoxid	Stickstoff- monoxid	Stickstoff- dioxid	Benzol, Toluol m-/p-Xylol	Ozon	Feinstaub PM ₁₀	Feinstaub PM _{2,5}	Ruß	Schwerme- talle im Fein- staub PM ₁₀	PAK im Fein- staub PM ₁₀
Heppenheim Lehrstraße		15	06	06	06**		06	10			07*
Kassel Fünffensterstraße		99	99	99	99**		00				07*
Kassel Mitte	08		08	08		08	08	08*		08*	
Kellerwald	06		06	06		06	06				
Kleiner Feldberg			92	92		92	10			01*	01*
Limburg			98	98	11**	98	00				
Limburg Diezer Straße				09**							
Limburg Frankfurter Straße				09**							
Limburg Schiede		15	15	15			15				
Limburg Schiede I				09**							
Limburg Schiede II				09**							
Linden	95	95	95	95		95				01*	
Marburg			88	88		88	00	20			
Marburg Bahnhofstraße				19**							
Marburg Universitätsstraße		06	06	06	08**		06	10			
Marburg Universitätsstraße I				19**							
Michelstadt	09		99	99		99	00				
Mörfelden	21	21	21	21		21	21	21			
Offenbach Bieberer Straße				09**							
Offenbach Mainstraße				09**							
Offenbach Untere Grenzstraße		13	13	13	14**		13				
Offenbach Untere Grenzstraße I				09**							
Raunheim	76	76	79	79		82	00	18	13	02*	02*
Riedstadt			96	96		96	00			01*	
Rüsselsheim Rugby-Ring				11**							
Schlangenbad-Wambach Schwalbacher Straße				21**							
Spessart			86	86		86					
Wasserkuppe	00		00	00		00	00				
Wetzlar	79		79	79	04	92	00				07*
Wetzlar-Hermannstein										02*	
Wetzlar Im Köhlersgarten							08*			08*	
Wetzlar Linsenbergstraße				09**							
Wiesbaden Ringkirche		92	91	91	95		00	10	13	01*	07*
Wiesbaden Schiersteiner Straße			11	11			11	19			
Wiesbaden Süd	77		77	77		82	00	08*	15	01*	
Witzenhausen/Wald			83	83		83	04				
Zierenberg			13	13		13	13				

Erläuterungen:

* Erhebung gravimetrisch; Anmerkung: Vor dem Jahr 2000 wurde Schwebstaub als Gesamtstaub gemessen.

**Erhebung mit Passivsammlern

Luftmessstellen im städtischen Hintergrund Luftmessstellen im ländlichen Hintergrund Luftmessstellen an Verkehrsschwerpunkten

Kursiv: Messstellen, die nicht zur gebietsbezogenen Beurteilung der Luftqualität herangezogen werden

Tab. 16: Geräteausstattung der Luftmessstationen (Meteorologie), Jahr des Messbeginns

Messstation	Wind- richtung	Wind- geschwin- digkeit	Temperatur	Relative Feuchte	Luftdruck	Global- strahlung	Nieder- schlag
Bad Arolsen	00	00	99	99	04	99	
Bebra	88	88	88	88			
Burg Herzberg	11	11	11	11	11		11
Darmstadt	03	03	03	03	03		
Flörsheim	21	21					
Frankfurt-Höchst	04	04	04	04			
Frankfurt Ost	84	84	84	84	99		
Frankfurt-Riedberg	21	21					
Frankfurt-Schwanheim	18	18	18	18	18		
Fulda Zentral	17	17	17	17			
Fürth/Odenwald	87	87	87	87	90	87	87
Hanau			77	77	03		
Kassel Mitte	08	08	08	08	08	08	
Kellerwald	06	06	06	06	06	06	06
Kleiner Feldberg	76	76	98	98		98	
Limburg	98	98	98	98			99
Linden	96	96	96	96	07	99	
Marburg	04	04	04	04			
Michelstadt	99	99	99	99		99	
Mörfelden	21	21	21	21	21		
Raunheim	81	81	77	77			
Riedstadt	96	96	96	96	04	96	
Spessart	86	86	86	86	91	86	86
Wasserkuppe	00	00	00	00	11	00	02
Wetzlar	82	82	81	81	83	90	03
Wiesbaden Süd	82	82	84	84	01		
Wiesbaden Ringkirche			14	14	14		
Witzenhausen/Wald	83	83	83	83	92	84	83
Zierenberg	13	13	13	13	13	13	13

Erläuterungen:

Luftmessstellen im städtischen Hintergrund
 Luftmessstellen im ländlichen Hintergrund
 Luftmessstellen an Verkehrsschwerpunkten
Kursiv: Messstellen, die nicht zur gebietsbezogenen Beurteilung der Luftqualität herangezogen werden

Tab. 17: Beschreibung der Messgebiete für Staubbiederschlag und dessen Inhaltsstoffe

Mess- gebiete	Rechts- wert	Hochwert	Anzahl der Messpunkte	Größe des Messge- biets in km ²	Gebietsbeschreibung
Gießen	3476-3478	5603-5605	9	4	Stadtgebiet, teilweise Industrie
Hünfelden	3436-3438	5576-5578	9	4	ländliches, emissionsfernes Vergleichsmessgebiet (Intensivlandwirtschaft)
Kassel	3534-3538	5685-5689	21	13	Stadtgebiet, teilweise Industrie
Ulrichstein	3509-3511	5608-5610	9	4	ländliches, emissionsfernes Vergleichsmessgebiet (Grünland)
Untermain	3466-3500	5548-5557	111	73	Stadtgebiet, teilweise Industrie
Wetzlar	3462-3466	5602-5606	25	16	Stadtgebiet, teilweise Industrie
Wiesbaden	3443-3449	5543-5550	32	21	Stadtgebiet, teilweise Industrie
Wetzlar Son- dermessgebiet	3464-3464	5603-5605	4	0,25	Stadtgebiet, überwiegend Industrie

Erläuterung:

Die Messpunkte der jeweiligen Messgebiete liegen innerhalb der durch die oben genannten Rechts- und Hochwerte begrenzten Flächen

12.2 Kartenübersicht

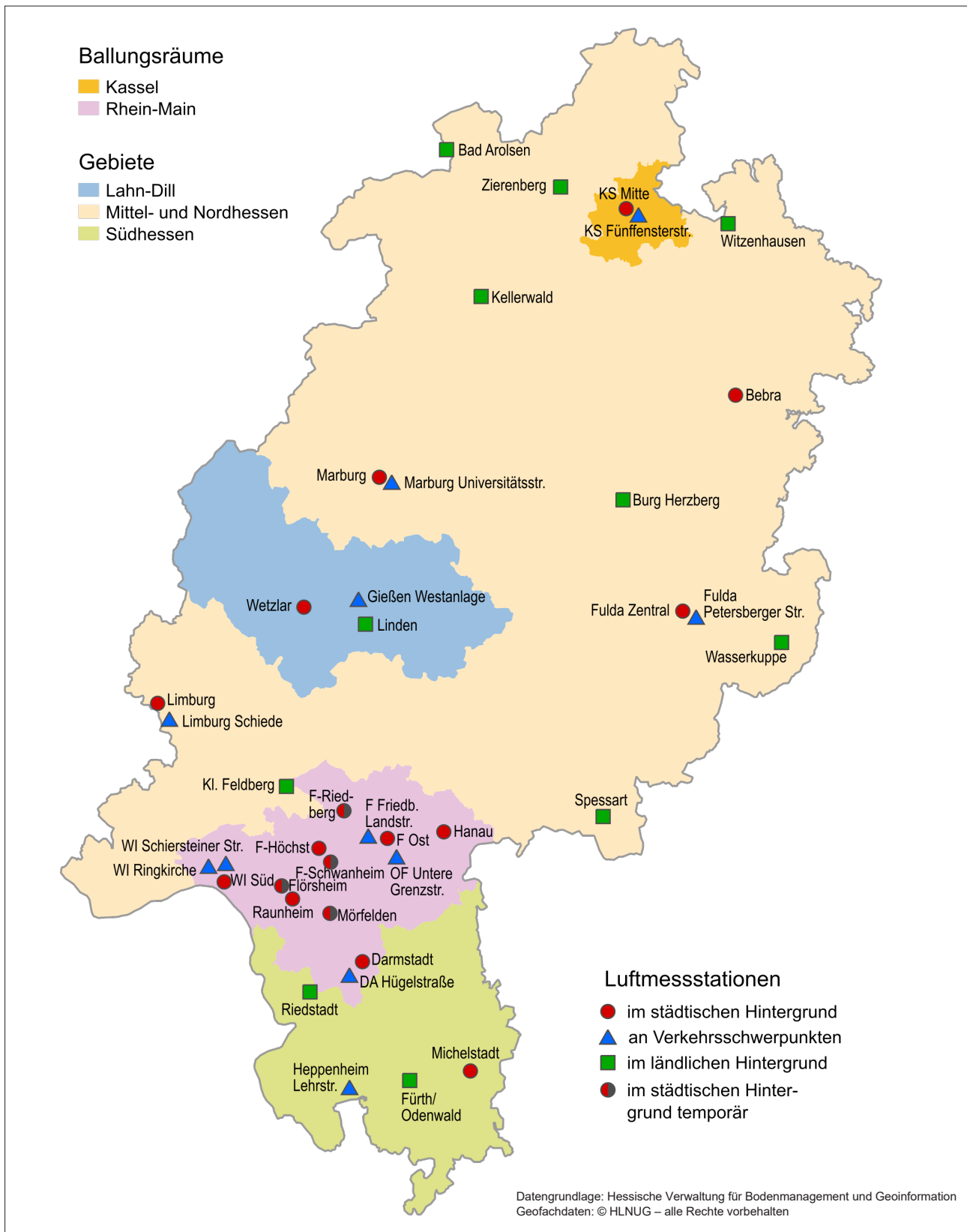


Abb. 18: Hessisches Messnetz zur kontinuierlichen Überwachung der Luftqualität, einschließlich Messstationen, an denen zusätzlich auch Messverfahren zur gravimetrischen Erfassung von Feinstaub $PM_{2,5}$ oder Passivsammler zur Messung von BTX betrieben werden. (Stand 2021)

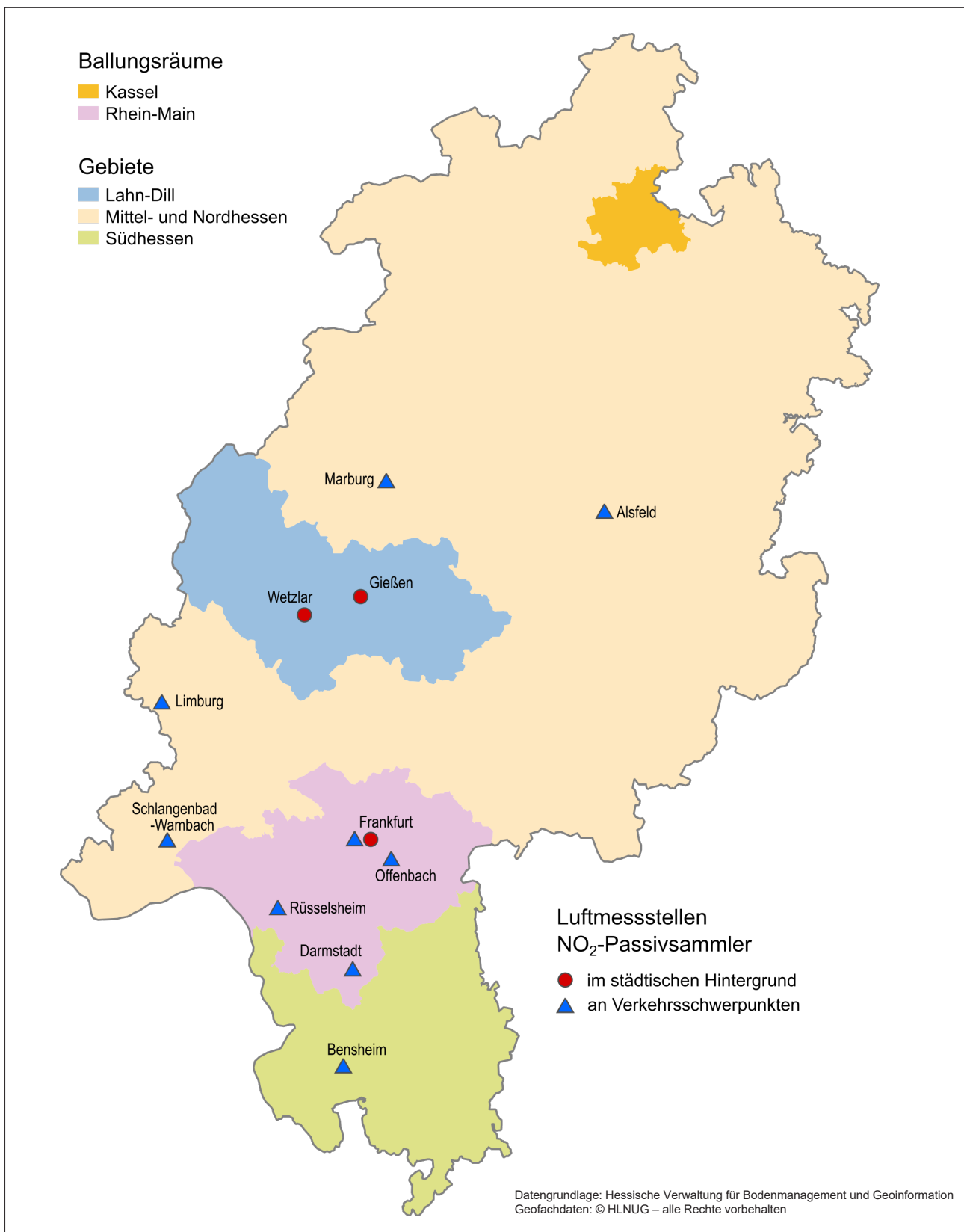


Abb. 19: Luftmessstellen mit NO₂-Passivsammllern (Stand 2021). In einzelnen Städten werden mehrere Passivsammllern eingesetzt, Details sind der Tabelle zur Geräteausstattung der Luftmessstellen zu entnehmen.

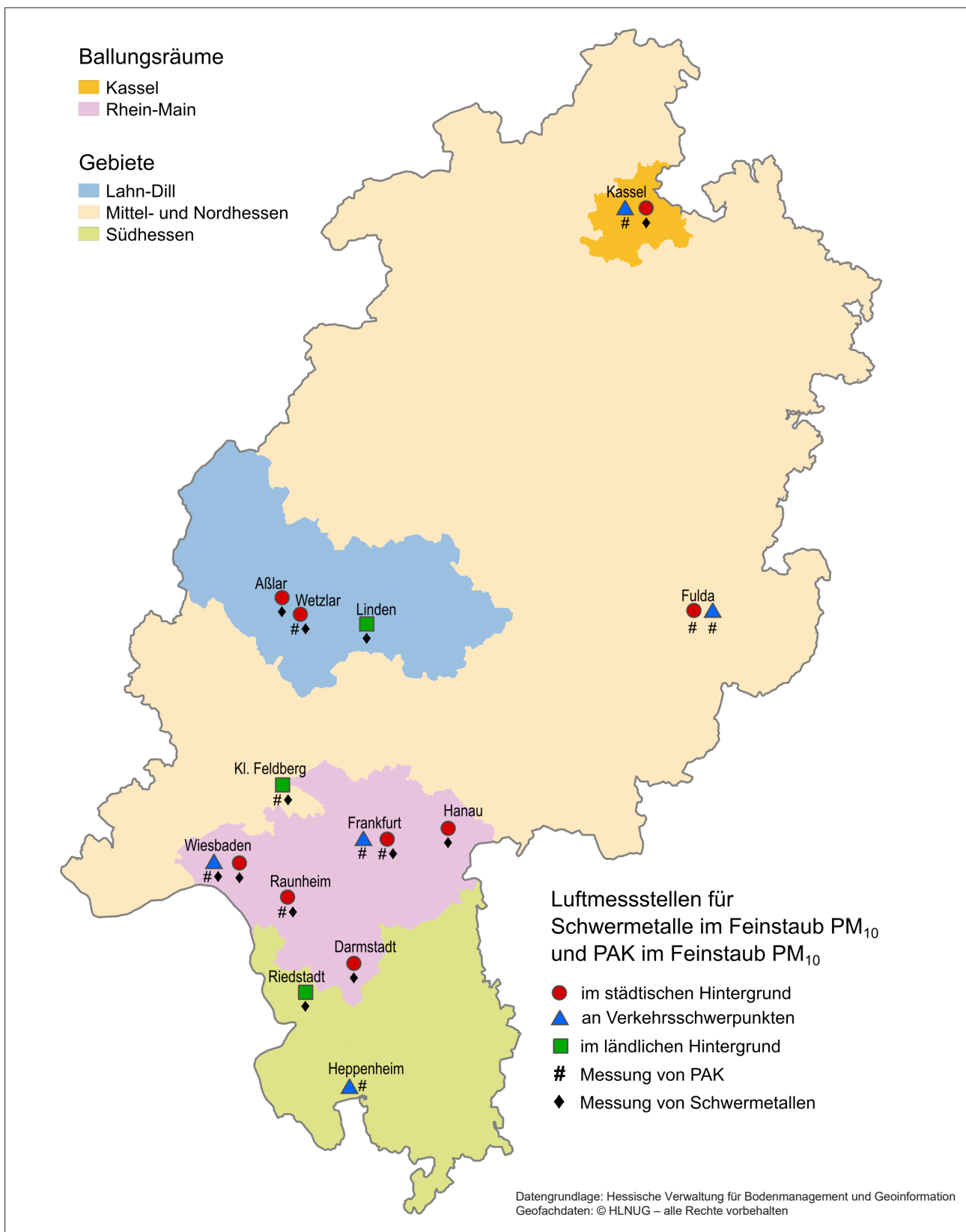


Abb. 20: Hessisches Messnetz zur Erfassung von Schwermetallen sowie von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) im Feinstaub PM_{10} (Stand 2021). In einzelnen Städten gibt es mehrere Messstellen zur Erfassung von Schwermetallen bzw. PAK im Feinstaub PM_{10} , Details sind der Tabelle zur Geräteausstattung der Luftmessstellen zu entnehmen.

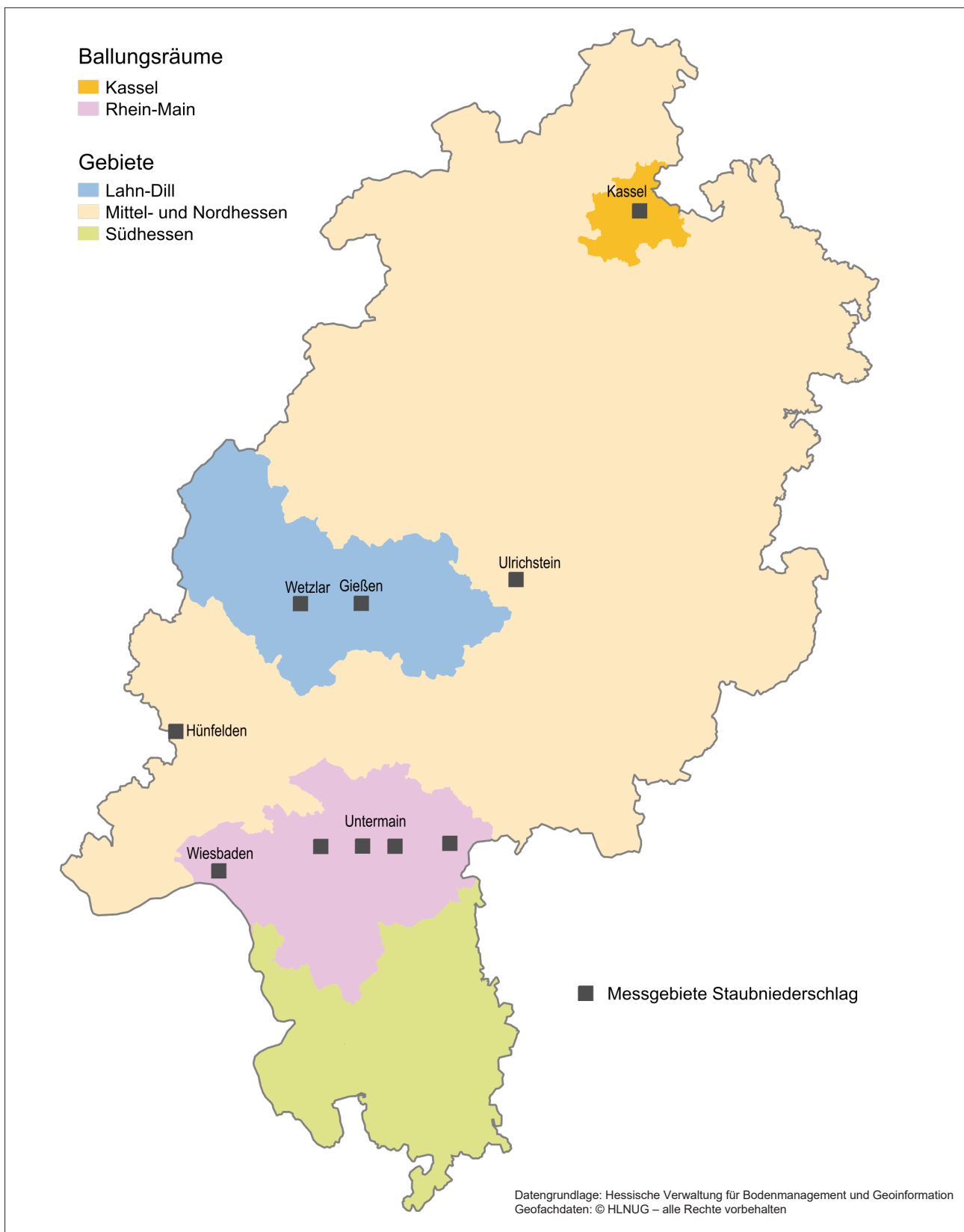


Abb. 21: Messgebiete zur Erfassung des Staubbiederschlags in Hessen (Stand 2021)

Publikation der Messergebnisse

- Messnetzberichte (Lufthygienischer Tages-, Monatskurz-, Monats-, Jahreskurz- und Jahresbericht) im Internet: <https://www.hlnug.de/themen/luft/luftqualitaet/luftmessnetz/messnetzberichte>
- Messdaten im Internet: <https://www.hlnug.de/messwerte/datenportal/luftmessnetz>
- Videotext – Hessischer Rundfunk – Hessentext: Tafeln 160 bis 168 (aktuelle Messwerte)
Tafeln 174 bis 178 (Wetterdaten)

Gesetzliche Grundlagen

- Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa in Verbindung mit der Richtlinie (EU) 2015/1480 der Kommission vom 28. August 2015
- Richtlinie 2004/107/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 15. Dezember 2004 über Arsen, Kadmium, Quecksilber, Nickel und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe in der Luft in Verbindung mit der Richtlinie (EU) 2015/1480 der Kommission vom 28. August 2015
- Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen – 39. BImSchV) in der Fassung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1341)
- Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) in der Fassung vom 18. August 2021 (GMBI. 2021 Nr. 48 – 54, S. 1050)
- Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz, BImSchG) in der Fassung vom 8. Juli 2022 (BGBl. I S. 1050).



Hessisches Landesamt für
Naturschutz, Umwelt und Geologie
Für eine lebenswerte Zukunft

www.hlnug.de



Das HLNUG auf Twitter:
https://twitter.com/hlnug_hessen