



# Hessischer Umwelt-Monitor

## Berichte, Fakten und Daten zur Umwelt

**03/2020**

24. Jahrgang



© Adobe Stock/David Brown

Gemeinsam herausgegeben von dem  
Hessischen Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie  
und dem Hessischen Statistischen Landesamt

## Inhalt

Ultrafeine Partikel in der Außenluft – ein neues lufthygienisches Thema? . . . . .	3
A. Gewässerüberwachung in Hessen . . . . .	9
1. Hydrologische Daten nach Messstellen . . . . .	10
2. Gewässerbelastung nach Messstellen und Komponenten . . . . .	11
B. Die Luftqualität in Hessen . . . . .	14

Der „Hessische Umwelt-Monitor“ erscheint vierteljährlich.

Er wird gemeinsam herausgegeben von dem Hessischen Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie und dem Hessischen Statistischen Landesamt.

Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG)  
Rheingaustraße 186  
65203 Wiesbaden

Hessisches Statistisches Landesamt (HSL)  
Rheinstraße 35/37  
65175 Wiesbaden

Verantwortlich für den Inhalt: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie  
Telefon: 0611/6939-0  
Telefax: 0611/6939-555

Redaktion: HLNUG Franziska Vogt    Telefon: 0611/6939-307

Layout: HLNUG Nadine Senkpiel

Titelbild: Kondensstreifen © Adobe Stock/David Brown

Nachdruck, auch in Auszügen, nur mit genauer Quellenangabe bei Einsendung eines Belegexemplares gestattet.



Das HLNUG auf Twitter:  
[https://twitter.com/hlnug\\_hessen](https://twitter.com/hlnug_hessen)

# Ultrafeine Partikel in der Außenluft - ein neues lufthygienisches Thema?

DIANA ROSE & STEFAN JACOBI

## Einleitung

An über 35 Messstationen verteilt über ganz Hessen überwacht das HLNUG kontinuierlich die Luftqualität in unserem Bundesland. Dies geschieht nach den rechtlichen Vorgaben der 39. Bundesimmissionschutzverordnung (BImSchV). Zu den untersuchten Schadstoffen zählen zum Beispiel Feinstaub oder Stickstoffoxide. Für sie existieren EU-weite Grenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit.

Die Partikelmassenkonzentrationen der Feinstaubfraktionen  $PM_{10}$  (Partikeldurchmesser  $< 10 \mu m$ ) und  $PM_{2,5}$  (Partikeldurchmesser  $< 2,5 \mu m$ ) sind deutschlandweit rückläufig – die dafür geltenden Grenzwerte werden in Hessen seit Jahren eingehalten. Seit einiger Zeit jedoch rückt zunehmend der sogenannte Ultrafeinstaub (UFP) in den Fokus. Diese besonders kleinen Feinstaubteilchen stellen ein potentiell höheres gesundheitliches Risiko dar, da sie aufgrund ihrer geringen Größe tief in die Lunge eindringen können, von wo aus sie auf den menschlichen Organismus wirken können. Bisher existieren jedoch zu wenige Studien, die die Effekte der ultrafeinen Partikel epidemiologisch untersuchen, so dass weder Empfehlungen für gesundheitlich vertretbare Höchstmengen noch gesetzlich einzuhaltende Grenzwerte vorliegen (OHLWEIN et al., 2018).

Auch ohne rechtliche Verpflichtung sieht das HLNUG die Notwendigkeit die Immissionsbelastung durch

UFP zu erfassen und zu dokumentieren – auch um damit die Untersuchung möglicher gesundheitlicher Auswirkungen zu erlauben. Die Wirkungsforschung, die Grundlage für gesundheitliche Empfehlungen und rechtliche Vorgaben ist, ist auf valide Information über die Immissionsbelastung angewiesen. Ohne rechtliche Vorgaben bleibt der Umfang von Immissionsuntersuchungen aber häufig stark eingeschränkt. Die aufgenommenen Messungen sollen einen Beitrag dazu leisten, die Bewertung ultrafeiner Partikel auf eine solide wissenschaftliche Basis zu stellen.

Ultrafeine Partikel stammen sowohl aus natürlichen als auch aus anthropogenen (vom Menschen verursachten) Quellen. Wie bei vielen anderen Luftschadstoffen, ist die Emission ultrafeiner Partikel zumeist mit Verbrennungsprozessen verbunden. Sie werden dabei entweder direkt freigesetzt (primäre Partikel) oder entstehen aus gasförmigen Vorläufersubstanzen (sekundäre Partikel). Da der Verdacht bestand, dass auch der Flugbetrieb eine bedeutende Quelle für ultrafeine Partikel sein könnte, wurden mehrere Messstellen in der Umgebung des Frankfurter Flughafens mit Ultrafeinstaub-Messgeräten ausgerüstet. Der Verdacht hat sich inzwischen bestätigt. Welche wesentlichen Erkenntnisse sich aus den Messungen ergeben und wie das HLNUG das Thema Ultrafeinstaub zukünftig begleitet, soll in diesem Beitrag erläutert werden.

## Messung von ultrafeinen Partikeln

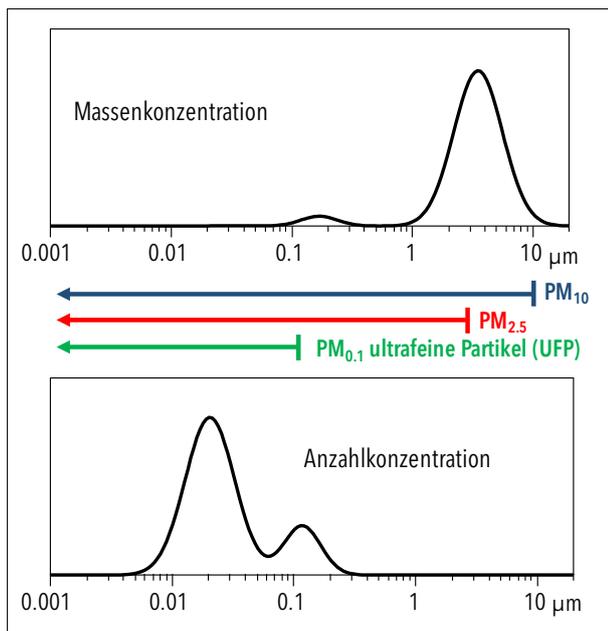
Feinstaub im Allgemeinen bezeichnet kleinste, luftgetragene, feste oder flüssige Partikel in unserer Atmosphäre. Diese Partikel sind in Form, Größe und in ihren Inhaltsstoffen sehr verschieden.

Anhand ihres aerodynamischen Durchmessers werden Partikel – abgekürzt PM (*engl.: particulate matter*) – unterhalb von 10  $\mu\text{m}$  in drei Größenkategorien unterteilt:

**Feinstaub  $\text{PM}_{10}$**  – Partikel kleiner als 10  $\mu\text{m}$ ,

**Feinstaub  $\text{PM}_{2,5}$**  – Partikel kleiner als 2,5  $\mu\text{m}$  und

**Ultrafeinstaub (UFP oder  $\text{PM}_{0,1}$ )** – Partikel kleiner als 100 Nanometer (entspricht  $< 0,1 \mu\text{m}$ ).



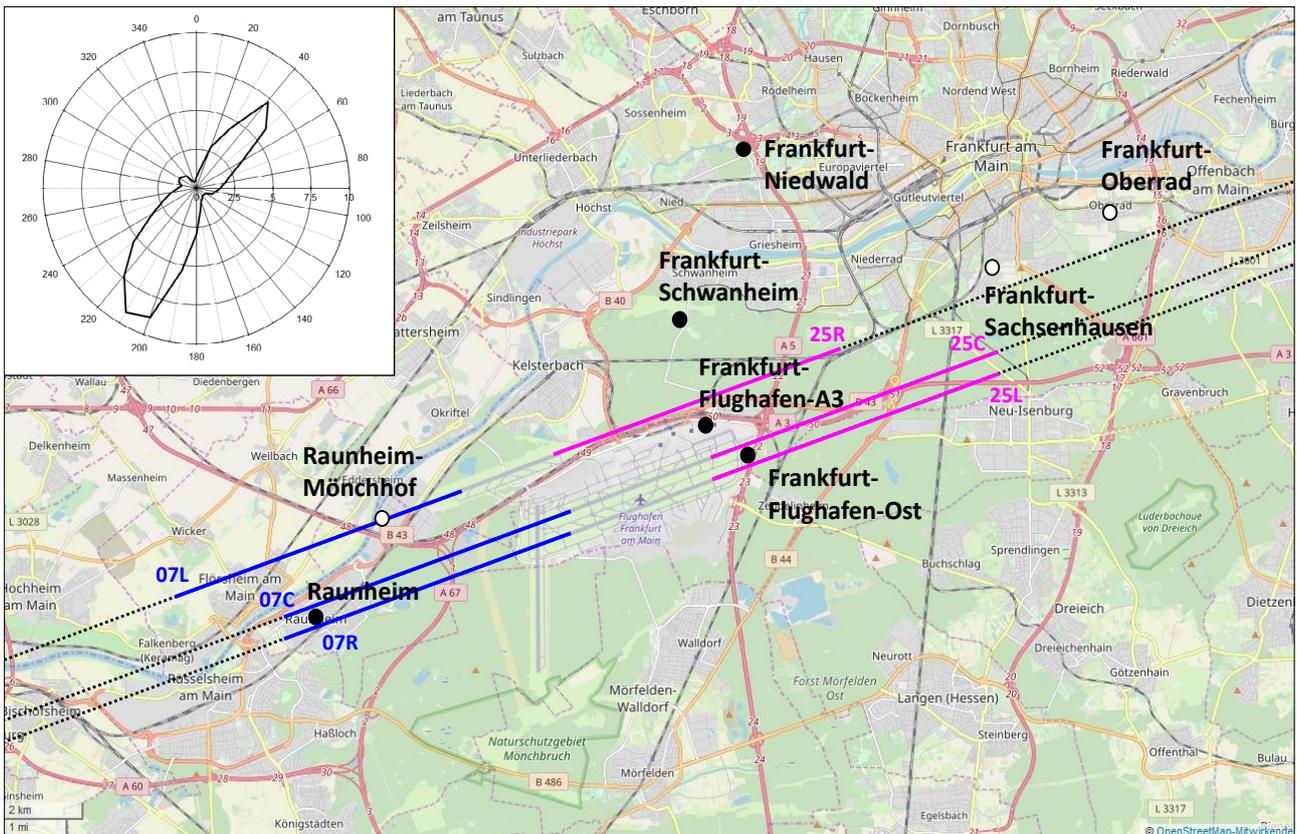
**Abb. 1:** Schematische Darstellung einer typischen Massen- und Anzahlgrößenverteilung von atmosphärischen Partikeln im städtischen Gebiet. Die Feinstaubfraktionen  $\text{PM}_{10}$  und  $\text{PM}_{2,5}$  bezeichnen alle Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser kleiner als 10  $\mu\text{m}$  bzw. 2,5  $\mu\text{m}$  und werden als Massenkonzentration angegeben. Ultrafeine Partikel (kleiner 0,1  $\mu\text{m}$ ) liegen zwar in hoher Anzahl vor, tragen aber aufgrund ihrer geringen Größe kaum zur Massenkonzentration  $\text{PM}_{10}$  und  $\text{PM}_{2,5}$  bei. Je kleiner die Partikel sind, desto tiefer können sie in die Lunge eindringen. Damit nimmt ihr Potential, einen Effekt auf die Gesundheit zu haben, zu.

Die Belastung der Luft mit  $\text{PM}_{10}$  und  $\text{PM}_{2,5}$  wird als Masse der Partikel pro Luftvolumen gemessen. Gesetzlich vorgegeben ist, dass zum Schutz der menschlichen Gesundheit im Jahresmittel 40 Mikrogramm pro Kubikmeter Luft ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) bei  $\text{PM}_{10}$  und 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  bei  $\text{PM}_{2,5}$  nicht überschritten werden dürfen. Zusätzlich darf für  $\text{PM}_{10}$  zum Schutz vor kurzfristiger Einwirkung ein Tagesmittelwert von 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  nicht häufiger als 35-mal im Kalenderjahr überschritten werden.

Ultrafeine Partikel werden zwar prinzipiell bei der  $\text{PM}_{10}$ - und  $\text{PM}_{2,5}$ -Messung mit erfasst, ihr Anteil an der Partikelmasse ist jedoch aufgrund ihrer geringen Größe vernachlässigbar (Abb. 1). Zum Vergleich: bei gleicher Dichte besitzen eine Million 100 Nanometer-Partikel die gleiche Masse wie ein einziges 10  $\mu\text{m}$ -Partikel. Möchte man das Vorkommen von UFP untersuchen, so muss man deren Anzahlkonzentration bestimmen. Dafür geeignete Messmethoden sind derzeit noch nicht genormt und wurden bisher hauptsächlich zu Forschungszwecken angewendet. Außerdem existieren keine Grenzwerte für UFP. Aus diesen Gründen werden die ultrafeinen Partikel von den Ländermessnetzen im Rahmen der gesetzlich vorgeschriebenen Luftqualitätsüberwachung nicht gesondert erfasst.

Seit einigen Jahren wird die Messung von UFP trotzdem in manchen Ländermessnetzen aufgegriffen, damit eine breitere Datenbasis zum Zweck eines allgemeinen Informationsgewinns geschaffen wird. In Hessen konzentrieren sich die UFP-Messungen besonders darauf, den Einfluss des Flughafens Frankfurt auf die Luftqualität in der Region zu beurteilen. In internationalen Studien wurde gezeigt, dass Flugzeugtriebwerke große Mengen an besonders kleinen ultrafeinen Partikeln emittieren (STACEY, 2018). Damit können in der Nähe von Flughäfen erhöhte Anzahlkonzentrationen von UFP auftreten, wie zum Beispiel in Los Angeles und Amsterdam beobachtet wurde (HUDDA et al., 2014, KEUKEN et al., 2015).

Die UFP-Messungen in Hessen begannen im September 2015. Seitdem wurden an insgesamt 8 Standorten im Umfeld des Frankfurter Flughafens UFP-Messstellen eingerichtet (Abb. 2). Die Standorte wurden so gewählt, dass man einerseits ableiten



**Abb. 2:** Standorte der Messstellen, an denen das HLNUG kontinuierlich messende Geräte zur Untersuchung ultrafeiner Partikel betreibt, sowie Flugrouten beim Anflug auf den Flughafen (gepunktete Linien). Die Anflugrichtung wird abhängig von den Windbedingungen von der Deutschen Flugsicherung vorgegeben. An den Standorten mit weißer Markierung wird die Gesamtkonzentration gemessen, an denen mit schwarzer Markierung die Größenverteilung. In der linken oberen Ecke ist die mittlere relative Häufigkeit (in %) der Windrichtung, gemessen an der Messstation des Deutschen Wetterdienstes am Flughafen Frankfurt, dargestellt (DWD Climate Data Center, Stations-ID 1420; Zeitraum 09/2017 – 02/2019). Karte: © OpenStreetMap-Mitwirkende; [www.openstreetmap.org](http://www.openstreetmap.org)

kann, inwiefern auf dem Flughafengelände freigesetzte Partikel mit dem Wind ins Umland transportiert werden. Andererseits soll festgestellt werden, ob auch Emissionen, die von den Flugzeugen im An- und Abflug emittiert werden, am Boden nachweisbar sind. Im hier vorliegenden Artikel wurden nur die Daten der Standorte Raunheim, Frankfurt-Flughafen-A3, Frankfurt-Schwanheim und Frankfurt-Sachsenhausen betrachtet, da der Messzeitraum an den anderen Standorten bisher zu kurz für eine Auswertung ist.

Zur physikalischen Charakterisierung der ultrafeinen Partikel setzt das HLNUG zwei verschiedene Messmethoden ein:

Die Gesamtpartikelanzahlkonzentration, also die Anzahl aller Partikel innerhalb eines bestimmten Luft-

volumens (Partikel pro Kubikzentimeter), wird mit einem Kondensationspartikelzähler (*CPC*, engl. *condensation particle counter*) gemessen. Vorteil dieser Methode ist, dass die Partikelkonzentration in einer hohen zeitlichen Auflösung (Sekundenwerte) detektiert werden kann. Nachteil ist jedoch, dass man keinerlei Informationen über die Größe der einzelnen Partikel erhält.

Die Anzahlgrößenverteilung der Partikel wird mit einem Partikelgrößenpektrometer (*SMPS*, engl. *Scanning Mobility Particle Sizer*) gemessen. In einem Durchlauf über ca. 5 min wird die Anzahlkonzentration, d. h. die Partikelanzahl pro Kubikzentimeter Luftvolumen ( $1/\text{cm}^3$ ) in 108 Größenkanälen von ca. 10 nm bis 500 nm bestimmt. Anhand der Anzahlgrößenverteilung lässt sich ablesen, in welcher Menge (Anzahl pro Luftvolumen) die Partikel bestimmter

Größen in der Luft vorhanden sind. Anhand der Form der Verteilung lassen sich Rückschlüsse auf dominierende Partikelquellen ziehen. Nachteil dieses Messverfahrens ist die schlechtere Zeitauflösung gegenüber dem CPC.

Eine Übersicht, über welchen Zeitraum mit welchem Messgerät an welchem Standort gemessen wird, ist in Tab. 1 zu finden.

**Tab. 1:** Details zu den an den verschiedenen Standorten betriebenen Messungen ultrafeiner Partikel, sowie mittlere Anzahlkonzentration im angegebenen Partikelgrößenbereich. Mit einem SMPS wird die Größenverteilung und mit einem CPC die Gesamtkonzentration der Partikel gemessen.

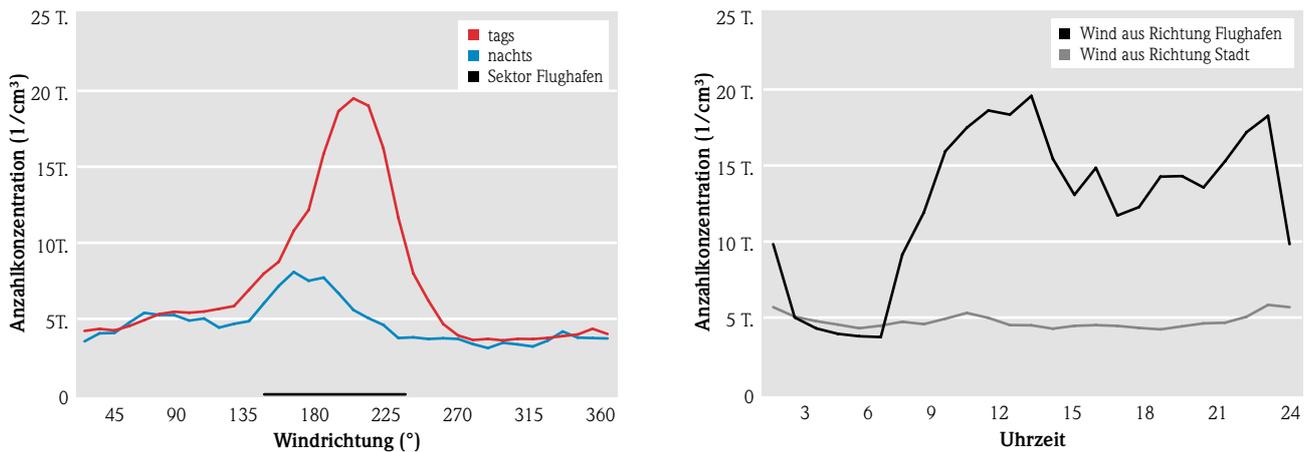
Standort	Gerätetyp	Größenbereich	Messzeitraum	Mittelungszeitraum	Mittelwert (1/cm <sup>3</sup> )
Frankfurt-Schwanheim	SMPS	10–500 nm	seit 10/2017	01.10.17–31.12.18	7885
Frankfurt-Flughafen-A3	SMPS	10–500 nm	08/2018 bis 02/2019	02.08.18–25.02.19	32664
Frankfurt-Sachsenhausen	CPC	7 nm–2,2 µm	seit 10/2018	01.10.18–28.02.19	9709
Raunheim	SMPS	10–500 nm	seit 09/2017	01.09.17–31.12.18	8613
Frankfurt-Oberrad	CPC	7 nm–2,2 µm	seit 03/2019	–	–
Frankfurt-Flughafen-Ost	SMPS	10–500 nm	seit 03/2019	–	–
Frankfurt-Niedwald	SMPS	10–500 nm	seit 04/2019	–	–
Raunheim-Mönchhof	CPC	7 nm–2,5 µm	seit 10/2019	–	–

## Ergebnisse aus den Messungen

Die Ergebnisse der Messungen zeigen, dass das Gelände des Flughafens eine bedeutende Quelle für UFP in der Umgebung ist. Emissionen, die beim Betrieb auf dem Flughafengelände bodennah freigesetzt werden, z. B. von Flugzeugtriebwerken bei der Abfertigung sowie beim Starten, Landen, Rollen, etc., werden mit dem Wind in die Umgebung transportiert und führen dort zu stark erhöhten Konzentrationen an UFP während der Betriebszeiten des Flughafens. Dies macht sich an allen Standorten dadurch bemerkbar, dass stark erhöhte Partikelkonzentrationen auftreten, sobald der Wind aus Richtung des Flughafens weht. Der betreffende Windrichtungsbereich ist scharf abgegrenzt; sobald der Wind nur geringfügig aus dem Sektor Flughafen herausdreht, sinkt die Konzentration auf einen Bruchteil. An allen Standorten tritt außerdem bei Wind aus Richtung des Flughafens ein markanter Tagesgang der Partikelkonzentration auf. An allen Wochentagen steigt die Konzentration kurz nach 5 Uhr innerhalb einer Stunde auf ein Vielfaches des nächtlichen Wertes, bleibt den ganzen Tag auf einem hohen Niveau und fällt gegen 23 Uhr relativ schnell wieder auf das nächtliche Minimum

zurück. Dieser Verlauf ähnelt den Betriebszeiten des Flughafens. Die Windabhängigkeit sowie der Tagesgang der Anzahlkonzentration der Partikel ist in Abb. 3 am Beispiel Frankfurt-Schwanheim gezeigt. Die Ergebnisse an den anderen Standorten können unter <https://www.hlnug.de/?id=12083> eingesehen werden.

Die höchste mittlere Anzahlkonzentration tritt am Standort Frankfurt-Flughafen-A3 auf (33 000 Partikel pro cm<sup>3</sup>). Sie liegt dort bezogen auf denselben Größenbereich (10–500 nm) etwa viermal so hoch wie in Frankfurt-Schwanheim (7 900 Partikel pro cm<sup>3</sup>) oder Raunheim (8 600 Partikel pro cm<sup>3</sup>). An diesen Standorten ist im Mittel mindestens die Hälfte der Partikel kleiner als 30 nm. Die mittleren Konzentrationen am Standort in Frankfurt-Sachsenhausen sind vergleichbar mit denen in Raunheim oder Frankfurt-Schwanheim, weisen aber aufgrund des abweichenden Messbereichs etwas höhere Werte auf (9 700 Partikel pro cm<sup>3</sup>, im Größenbereich 7 nm–2,2 µm). Die mittleren Konzentrationen im Umfeld des Frankfurter Flughafens sind in etwa vergleichbar mit Werten, die



**Abb. 3:** Windrichtungsabhängigkeit und Tagesgang der mittleren Anzahlkonzentration der Partikel im Größenbereich 10–500 nm am Standort Frankfurt-Schwanheim. Oben: Während der Betriebszeiten des Flughafens (rote Linie) steigt die Konzentration stark an, sobald der Wind aus Richtung des Flughafens weht. In der Nacht dagegen variiert die Konzentration nur wenig mit der Windrichtung (blaue Linie). Unten: Bei Wind aus Richtung des Flughafens (schwarze Linie) ist die Konzentration während der Betriebszeiten des Flughafens (5–23 Uhr) stark erhöht. Bei Wind aus Richtung des Stadtgebiets variiert die Konzentration nur wenig über den Tag (graue Linie).

typischerweise im städtischen Hintergrund gemessen werden (BIRMILI et al., 2015).

An allen Standorten treten auch bei Wind aus der Richtung, in der sich Flugzeuge im Landeanflug auf den Flughafen befinden, im Mittel signifikant höhere Partikelkonzentrationen als bei Wind aus Sektoren ohne Einfluss des Flugbetriebs auf. Diese sind jedoch in Raunheim und Frankfurt-Sachsenhausen ca. 30–40 % und an den Standorten Flughafen-A3 und Schwanheim mehr als 60 % niedriger als die Konzentrationen bei Wind direkt aus Richtung des Flughafengeländes. In Raunheim und Frankfurt-Sachsenhausen tritt bei dieser Windrichtung ebenfalls ein markanter Tagesgang mit starkem Anstieg um kurz nach 5 Uhr und schnellem Abfall gegen 23 Uhr auf, dieser ist jedoch schwächer ausgeprägt, als bei Wind direkt aus Richtung des Flughafengeländes.

An zahlreichen Standorten nahe des Flughafengeländes wurden unterhalb der Anfluglinien zusätzliche Kurzzeitmessungen durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Messungen deuten darauf hin, dass kein allgemein gültiger Zusammenhang zwischen Überflügeignissen und Konzentrationsspitzen besteht, auch nicht in geringem Abstand zum Flughafen, d. h. bei geringen Überflughöhen (weniger als 100 m über Grund). Nur an einem Standort folgte bei einer Messung – unter bestimmten Bedingungen – auf fast jeden Überflug mit etwas Verzögerung ein kurzzeitiger,

starker Anstieg der Partikelkonzentration. An den anderen Standorten traten zwar Konzentrationsspitzen auf, diese konnten jedoch nicht eindeutig auf einzelne Überflügeignisse zurückgeführt werden.

Auch an den kontinuierlichen Messstationen Raunheim und Frankfurt-Sachsenhausen, die sich beide fast senkrecht unterhalb der Anfluglinie befinden, lässt sich anhand der bislang vorgenommenen Auswertungen keine Kausalität zwischen einzelnen Überflügeignissen und kurzzeitigen Konzentrationsspitzen am Boden nachweisen. Die Ergebnisse an den beiden Standorten weisen jedoch darauf hin, dass die Gesamtheit der Anflüge unterhalb einer bestimmten Flughöhe einen Beitrag zu einer generellen Erhöhung der UFP-Konzentration am Boden leistet.

Diese Befunde zeigen, dass der Flugbetrieb eine bedeutende Quelle für ultrafeine Partikel darstellt, die zu erhöhten Konzentrationen in der Umgebung führt. Das Gebiet, auf dem ultrafeine Partikel aus Flugzeugtriebwerken freigesetzt werden, die dann auch Auswirkungen auf die bodennahen UFP-Konzentrationen haben können, beschränkt sich nicht nur auf das Flughafengelände selbst, sondern erstreckt sich auch entlang der Anfluglinien, nach erster Schätzung bis zu einem Abstand von etwa 7–8 km vom Aufsetzpunkt. Auf dieser Fläche werden große Mengen an UFP entweder bodennah (auf dem Flughafengelände) oder auf geringen Flughöhen

(unterhalb etwa 400 m) emittiert, die anschließend auch von Wirbelschleppen zum Boden verfrachtet werden können (entlang der Anflugkorridore). Mit dem Wind werden sie dann in die Umgebung transportiert, so dass dort bodennah signifikant erhöhte Konzentrationen gemessen werden können. So sind nach bisheriger Erkenntnislage nicht die Gebiete von erhöhten UFP-Konzentrationen betroffen, die direkt unterhalb der Einflugschneisen liegen, sondern vielmehr die Regionen, die sich in der Abluft des

Flughafens inklusive der Anflugkorridore unterhalb einer Flughöhe von ca. 400 m befinden. Dabei sind die Beiträge an ultrafeinen Partikeln, die direkt vom Flughafengelände ausgehen, größer als die, die von den Anflugkorridoren ausgehen. Aufgrund der beiden Hauptwindrichtungen Süd-Südwest sowie Nordost, sind somit vor allem das Stadtgebiet Frankfurt sowie Gemeinden südwestlich des Flughafens (z. B. Kreis Groß-Gerau) von erhöhten UFP-Konzentrationen durch den Flugbetrieb betroffen.

## Ausblick

Das HLNUG wird die Messungen ultrafeiner Partikel fortsetzen und auch erweitern. Es soll weiter untersucht werden, bis zu welcher Entfernung vom Flughafen sich der Einfluss des Flugbetriebs in den UFP-Konzentrationen am Boden widerspiegelt. Außerdem soll der Beitrag durch An- und Abflüge besser quantifiziert werden. Zukünftig sind auch noch Messungen an weiteren Standorten in Erwägung zu ziehen. Diese sollen sich an der wachsenden Erkenntnislage orientieren und das Ziel haben, möglichst umfassende und räumlich differenzierte Informationen über Zusammenhänge zwischen Flugbetrieb in der Luft, Bodenbetrieb und UFP-Immissionen zu erhalten.

Ultrafeine Partikel können aufgrund ihrer geringen Größe besonders tief in die Lunge eindringen. In welchem Ausmaß gesundheitliche Risiken von Ultrafeinstäuben ausgehen, kann zum jetzigen Zeitpunkt nicht ausreichend beurteilt werden, da es u. a. noch

an epidemiologischen Studien mangelt, anhand derer man die Gesundheitseffekte von UFP belegen und quantifizieren könnte. Die vorliegenden Messergebnisse und fortlaufend weiter erfolgende Messungen sollen auch einen Beitrag dazu leisten, solche Wirkungszusammenhänge wissenschaftlich untersuchen zu können.

Die Messungen ultrafeiner Partikel durch das HLNUG sind eingebunden in eine Gesamtstrategie des Landes Hessen. Darin greift außerdem das Forum Flughafen und Region (FFR) das Thema ultrafeine Partikel als zusätzlichen Schwerpunkt auf. Neben der Identifikation von Minderungsmöglichkeiten soll die Untersuchung von eventuellen gesundheitlichen Auswirkungen durch ultrafeine Partikel vorangebracht werden.

## Literatur

- BIRMILI et al. (2015) Atmospheric aerosol measurements in the German Ultrafine Aerosol Network (GUAN) -Part III: Black Carbon mass and particle number concentrations 2009–2014, *Gefahrst. Reinh. Luft*, 75(11/12), 479–488, 2015.
- HUDDA, N., GOULD, T., HARTIN, K., LARSON, T.V. & FRUIN, S.A. (2014): Emissions from an International Airport Increase Particle Number Concentrations 4-fold at 10 km Downwind. – *Environ. Sci. Technol.*, **48**: 6628–6635.
- KEUKEN, M.P., MOERMAN, M., ZANDVELD, P., HENZING, J.S. & HOEK, G. (2015): Total and size-resolved particle number and black carbon concentrations in urban areas near Schiphol airport (the Netherlands). – *Atmos. Environ.*, **104**: 132–142.
- OHLWEIN, S., HOFFMANN, B., KAPPELER, R., KUTLAR JOSS, M. & KÜNZLI, N. (2018): Health Effects of Ultrafine Particles – Systematic literature search and the potential transferability of the results to the German setting. – *Umwelt & Gesundheit*, **05/2018**, Umweltbundesamt.
- STACEY, B. (2018): Measurement of ultrafine particles at airports: A review. – *Atmos. Environ.*, 198: 463–477.

## Hessischer Umwelt-Zahlenspiegel

### A. Gewässerüberwachung in Hessen

Gewässeruntersuchungen sind Grundlage für die ordnungsgemäße Bewirtschaftung der Gewässer sowie den Schutz der Gewässer als Bestandteil des Naturhaushaltes. Zunehmende Ansprüche an die ober- und unterirdischen Gewässer erfordern einen umfassenden Gewässerschutz mit einer laufenden Überwachung der Gewässer. Die Bereitstellung der hierfür benötigten quantitativen und qualitativen Daten bedingt die Einrichtung von umfangreichen Messnetzen.

In Hessen werden betrieben/untersucht:

<b>108</b>	Pegel an oberirdischen Gewässern zur Erfassung des Wasserstandes und daraus abgeleitet des Abflusses
<b>75</b>	Niederschlagsmessstellen
<b>7</b>	Messstellen zur kontinuierlichen Erfassung der Beschaffenheit oberirdischer Gewässer
<b>251</b>	Messstellen zur stichprobenhaften Erfassung der Beschaffenheit oberirdischer Gewässer
<b>94</b>	Messstellen zur stichprobenhaften Erfassung der Beschaffenheit von Seen
<b>910</b>	Grundwassermessstellen zur Erfassung des Wasserstandes sowie 67 Quellschüttungsmessstellen, davon
<b>351</b>	Grundwassermessstellen zur Erfassung der Wasserbeschaffenheit
<b>&gt; 1 200</b>	operative Messstellen (gemäß EU-WRRL) zur Erfassung von Fischen, Fischnährtieren, Algen und/oder Wasserpflanzen in Fließgewässern

Für alle Messstellen hat das HLNUG gemäß § 57 Hessisches Wassergesetz die Aufgabe, die quantitativen und qualitativen Gewässerdaten zu erfassen, zu sammeln, fortzuschreiben und fallweise zu veröffentlichen. Die Daten werden nach unterschiedlichen Gesichtspunkten und mit verschiedenen Techniken erfasst und in die jeweiligen Datenbanken eingestellt. Die der Erfassung des Wasserstandes an den Fließgewässern dienenden **Pegel** sind zum Großteil (97) über Einrichtungen zur Datenfernübertragung mit einer zentralen Datenbank verbunden. Damit stehen die Daten zeitnah zur Verfügung. Bei Überschreitung eines vorgegebenen Wasserstandes wird automatisch eine Hochwasserwarnung an die für den Hochwasserwarndienst zuständigen Behörden abgegeben. Die Öffentlichkeit kann sich auch über das Internet (<http://www.hlnug.de>) über die Wasserstände hessischer Gewässer informieren.

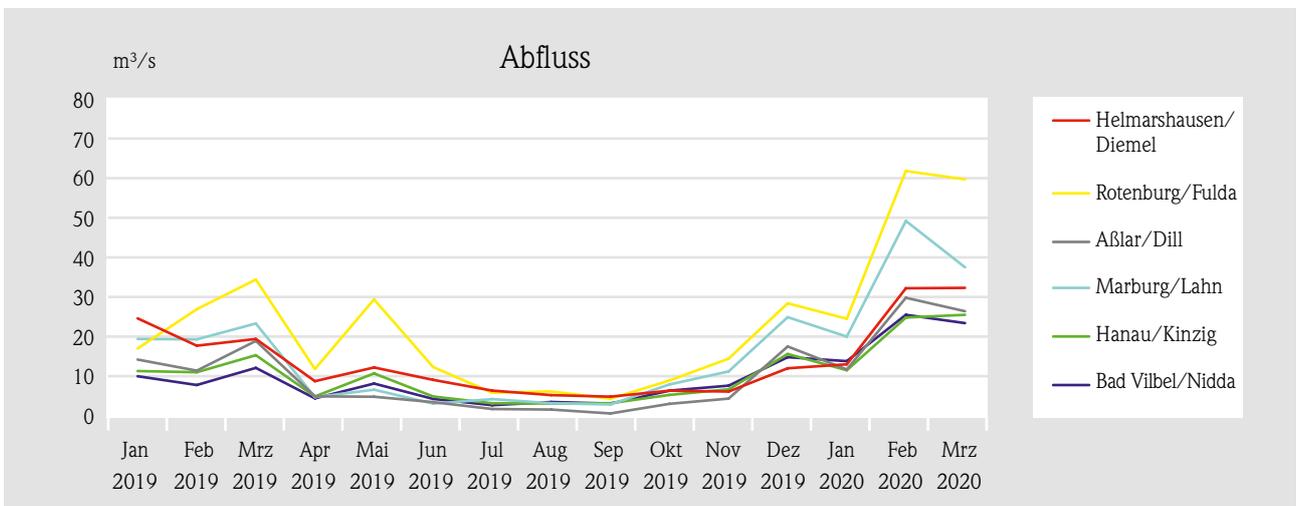
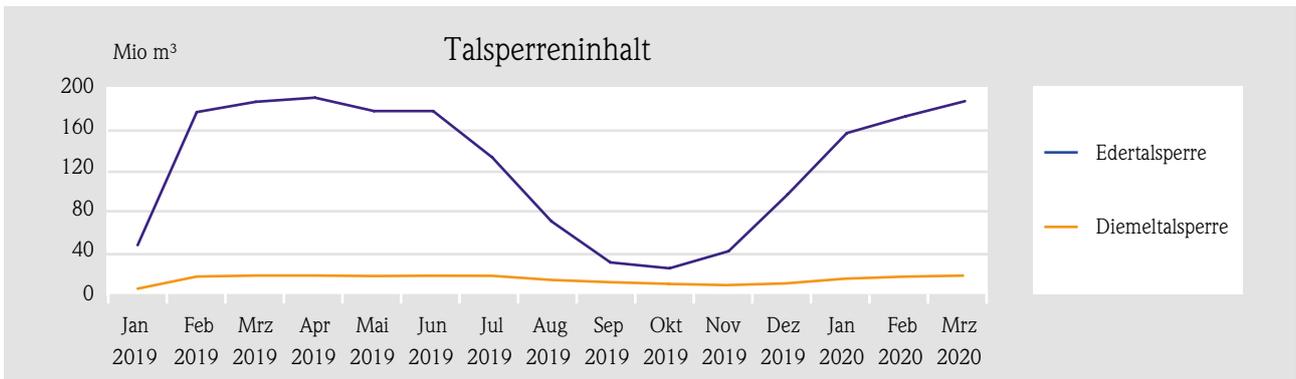
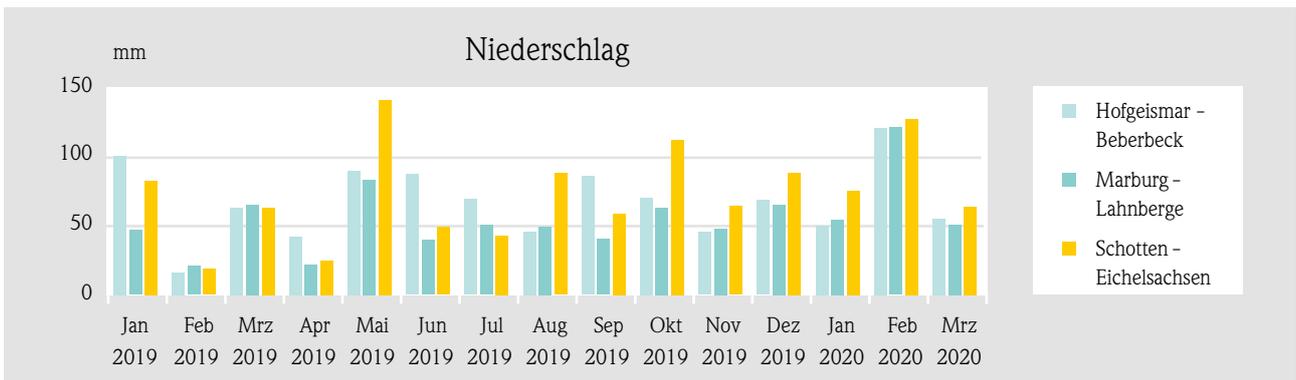
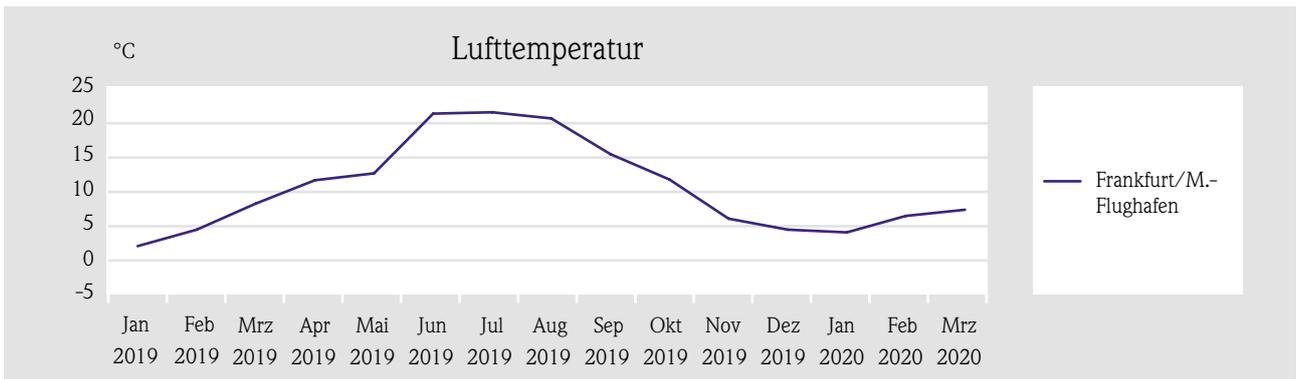
Die **Niederschlagshöhen** werden an den 75 Messstellen des landeseigenen Niederschlagsmessnetzes ermittelt. Derzeit sind 50 Messstellen mit Datenfernübertragung ausgerüstet, deren Werte digital in eine zentrale Datenbank übermittelt werden. Dort stehen sie u. a. für Hochwasservorhersagemodelle und für die Internetdarstellung zur Verfügung.

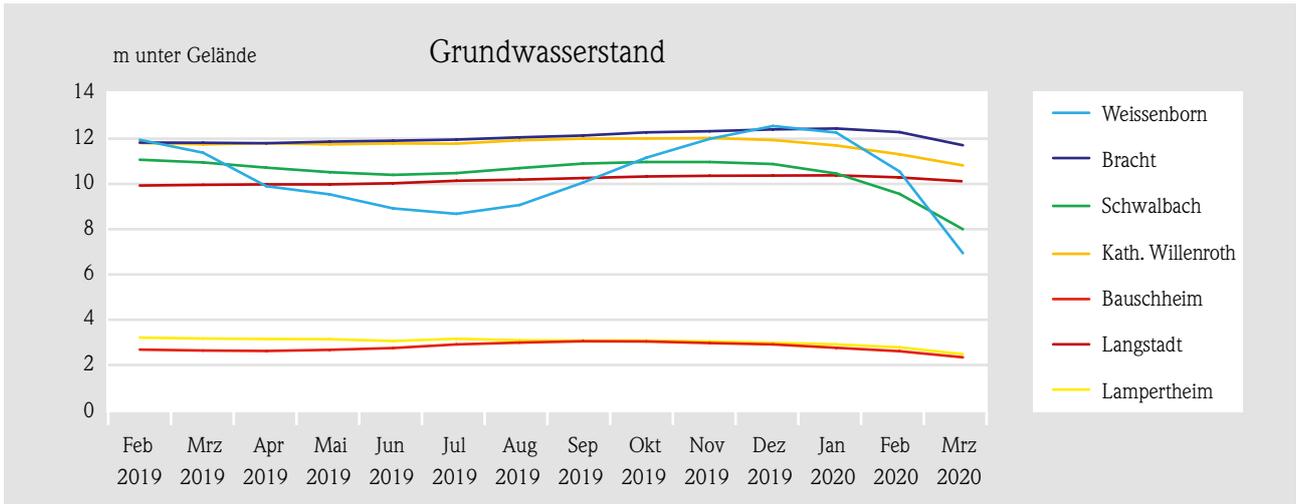
Die **Überwachung der Gewässerbeschaffenheit und die Bewertung des chemischen Zustands** gemäß der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL) in Hessen erfolgt an den größeren Gewässern in Hessen wie Main, Nidda, Kinzig, Werra, Lahn, Fulda und wegen der besonderen Belastungssituation im Schwarzbach (Ried) durch Messstationen. Hier werden physikalisch messbare Parameter kontinuierlich, d. h. minütlich bzw. halbstündlich registriert und es wird kontinuierlich Probenwasser für die spätere chemische Analyse entnommen. Um den chemischen Zustand auch der kleineren Gewässer zu erfassen, werden darüber hinaus an 251 Messpunkten sowohl umfangreiche physikalische als auch quantitative und qualitative chemische Untersuchungen durchgeführt. Diese Messstellen liefern zwar eine geringere Informationsdichte als die Messstationen, umfassen dafür aber ein dichtes Messstellennetz, das gleichmäßig über die Fläche Hessens verteilt ist und je nach Situation bei negativer Entwicklung der Güte einzelner Gewässer bzw. in deren Teileinzugsgebieten regional durch zusätzliche Messstellen verdichtet werden kann.

Die Beschaffenheit von Seen wird an 94 Messstellen überwacht. Die Bewertung des ökologischen Zustands gemäß EU-WRRL erfolgt in erster Linie anhand der im Gewässer vorkommenden Fauna und Flora. Die Einzelergebnisse dieser Untersuchungen sind unter <http://wrrl.hessen.de> einsehbar. Sowohl hier als auch unter <http://www.flussgebiete.hessen.de> sind zahlreiche weitere Informationen zur Umsetzung der EU-WRRL zu finden. Ziel der Gewässerüberwachung ist somit einerseits Langzeitwirkungen zu beobachten, andererseits kurzfristige Änderungen der Gewässerbeschaffenheit frühzeitig zu erkennen.

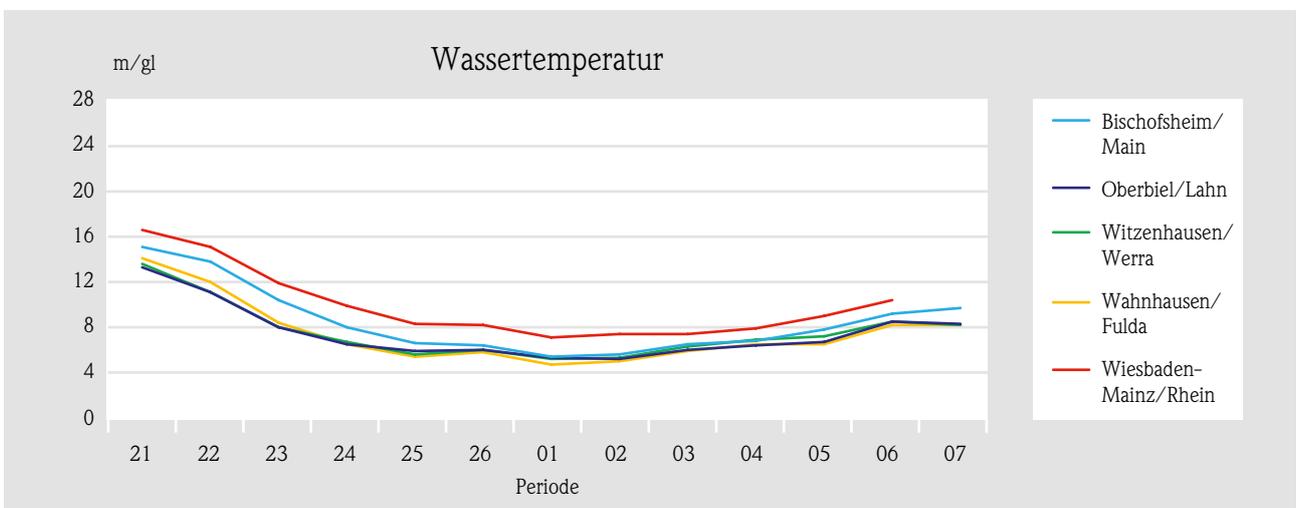
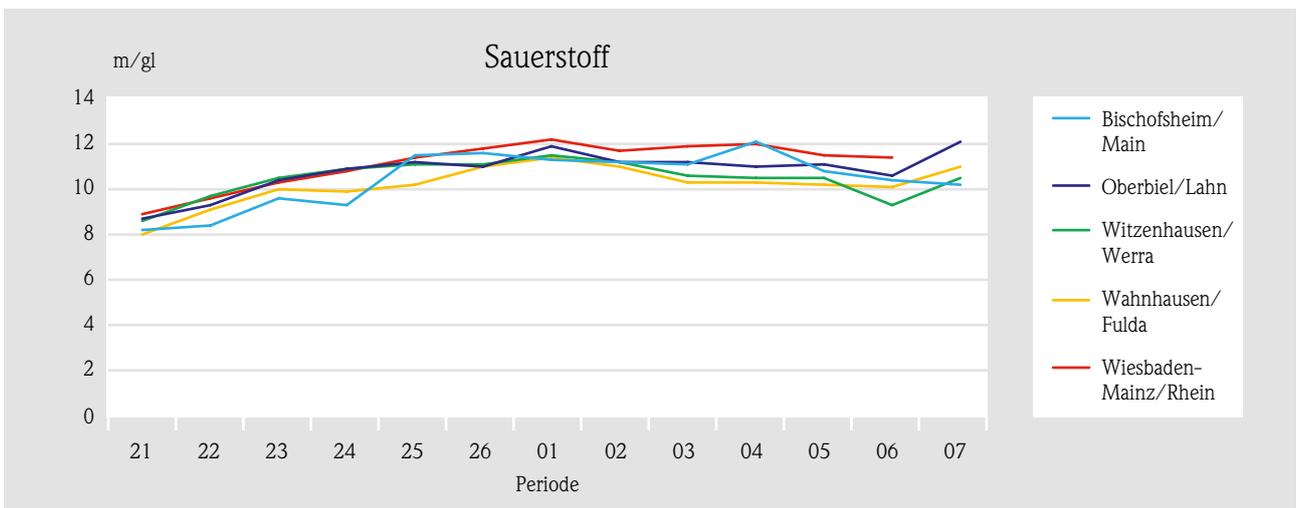
Der quantitative **Grundwassermessdienst** wird im Auftrag der Regierungspräsidien von Beobachtern vorgenommen, die überwiegend im Wochenturnus Einzelmessungen im Hinblick auf Grundwasserstand und Quellschüttung durchführen. Nur in einigen Fällen werden überall dort, wo aus hydrogeologischen Gründen der Grundwasserspiegel in Beobachtungsröhren oder die Schüttung von Quellen starken Schwankungen unterworfen sind, die entsprechenden Messgrößen kontinuierlich mittels konventioneller Schreibgeräte und/oder mittels Datenlogger registriert. Aus 351 Grundwassermessstellen und Quellen werden Proben genommen. Die chemische Analyse dient der Bewertung des Ist-Zustandes der Grundwasserbeschaffenheit und der Prognose der zukünftigen Entwicklung unter dem Einfluss anthropogener Wirkfaktoren.

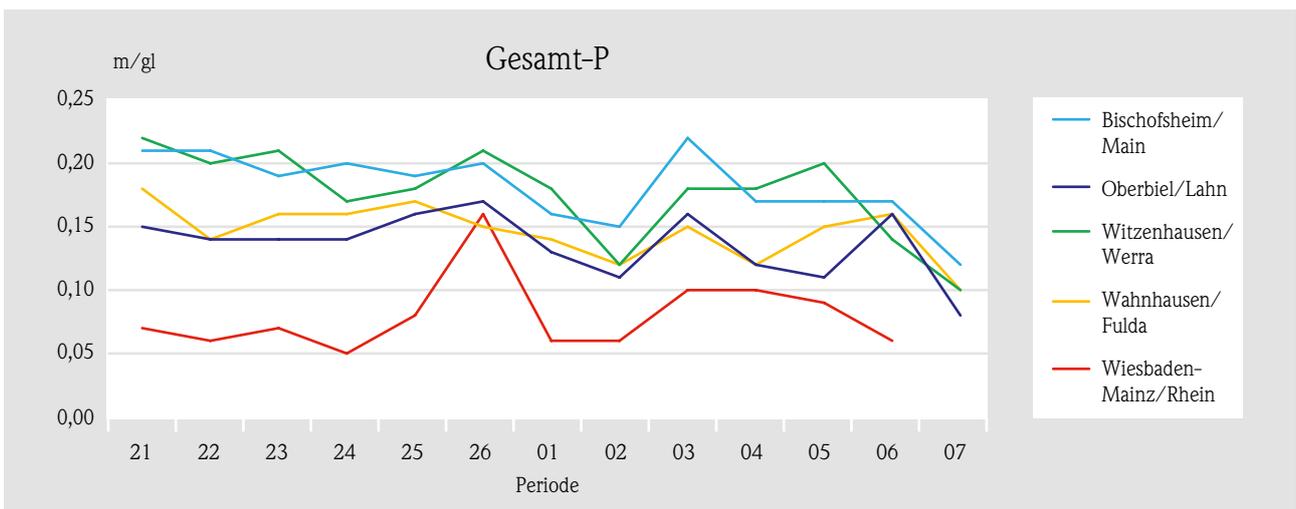
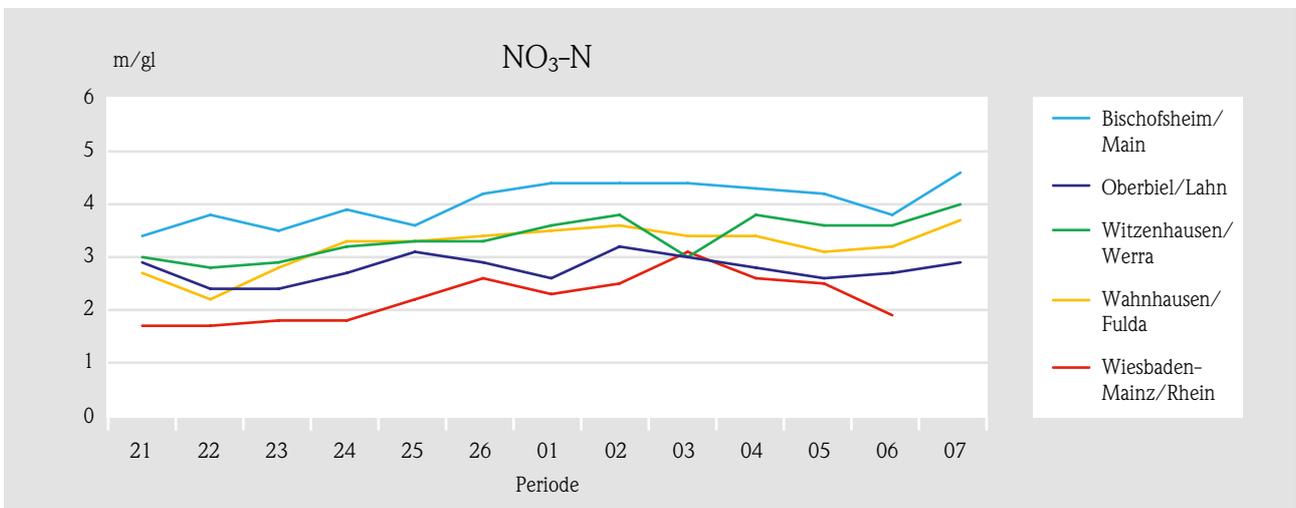
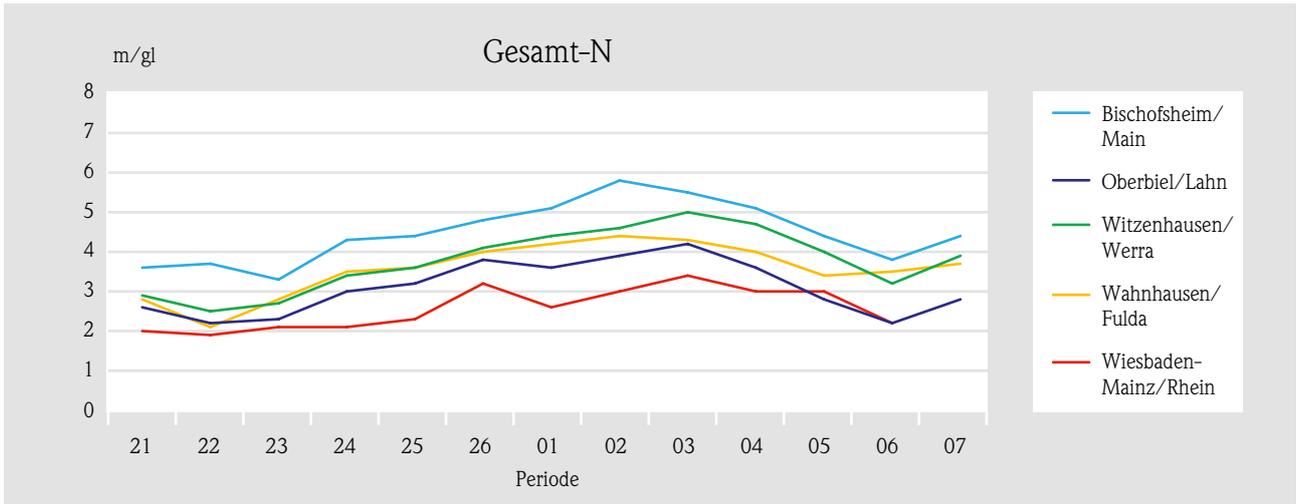
## 1. Hydrologische Daten nach Messstellen





## 2. Gewässerbelastung nach Messstellen und Komponenten





\* Periode

21	22	23	24	25	26	01	02	03	04	05	06	07
07.10.19	21.10.19	04.11.19	18.11.19	02.12.19	16.12.19	30.12.19	13.01.20	27.01.20	10.02.20	24.02.20	09.03.20	23.03.20

## Messwerte Wasser



<http://www.hlnug.de/?id=473>

Wir überwachen die Gewässer in Hessen. Viele gewässerkundliche Messstellen, sowie Sondermessprogramme und die Daten Dritter liefern die notwendigen Informationen. Die aufbereiteten Daten dieses gewässerkundlichen Datenpools stellen wir Ihnen auf unserer Homepage aktuell zur Verfügung. Dort können Sie sich über Wasserstände, Durchfluss, Wassertemperatur, Grundwasser, Niederschlag, Abfluss- und Wasserstandsvorhersagen sowie über physikalische, chemische und biologische Gewässergüte-Parameter informieren.

## B. Die Luftqualität in Hessen

Zur kontinuierlichen Überwachung der Luftqualität betreibt das Hessische Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) ein landesweites Messnetz mit rund 35 Luftmessstationen. Die Verpflichtung zur landesweiten Immissionsüberwachung ergibt sich aus den EG-Luftqualitätsrichtlinien, welche durch die 39. BImSchV (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen) in deutsches Recht umgesetzt sind, und durch das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) selbst, das seit 1974 die rechtliche Grundlage für die Luftreinhaltung in Deutschland, so auch in Hessen, darstellt.

Die automatisierten Stationen des Luftmessnetzes sind mit Analysegeräten für gasförmige Schadstoffkomponenten und für Feinstaub, und mit Messgeräten zur Erfassung meteorologischer Einflussgrößen ausgestattet. Die ermittelten Daten werden direkt an die Messnetzzentrale im Hessischen Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie nach Wiesbaden übertragen. Von dort aus werden die Daten über verschiedene Medien wie z. B. Info-Telefon, Videotext und Internet zeitnah veröffentlicht, damit sich Interessierte aktuell informieren können.

Darüber hinaus dienen die Messdaten der landesweiten Überwachung der Luftqualität und sind eine wesentliche Grundlage für die hessische Luftreinhalteplanung, deren Ziel das Erreichen und Einhalten anspruchsvoller Luftqualitätsziele ist.

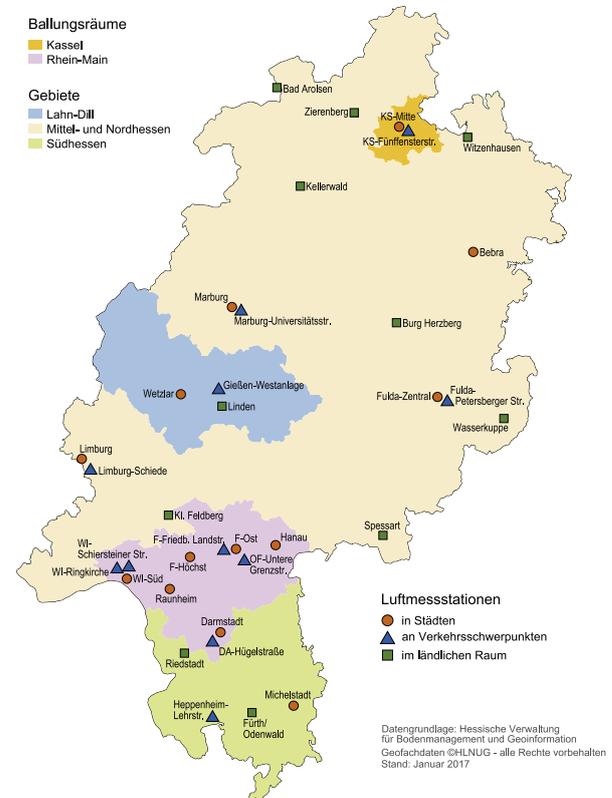
### Aktuelle Informationen zur Luftqualität erhält man über folgende Medien:

- Info-Telefon des HLNUG: 0611/6939-666 (Ansage)
- Videotext des HR 3: Hessentext: Tafeln 160–168 (akt. Messwerte), Tafeln 174–178 (Wetterdaten)
- Internet: <http://www.hlnug.de>

Die Messstationen sind entsprechend ihrer Standortcharakteristik in drei Gruppen unterteilt:

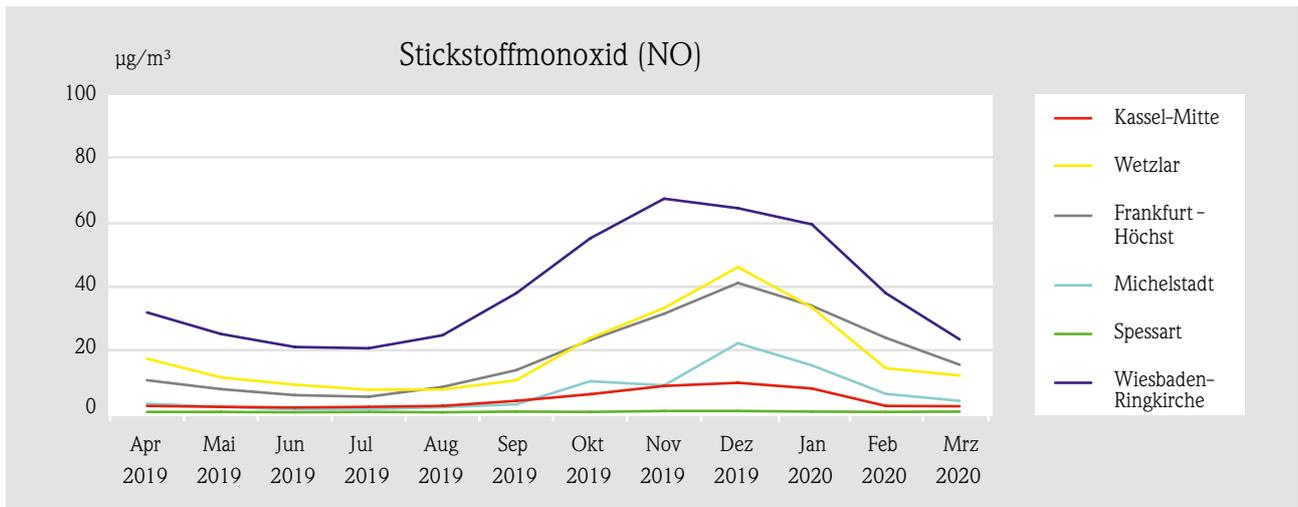
●	Luftmessstationen in Städten
▲	Luftmessstationen an Verkehrsschwerpunkten
■	Luftmessstationen im ländlichen Raum

Sowohl die Aufteilung Hessens in Ballungsräume und Gebiete nach 39. BImSchV als auch die Standorte der Luftmessstationen sind der folgenden Übersichtskarte zu entnehmen.

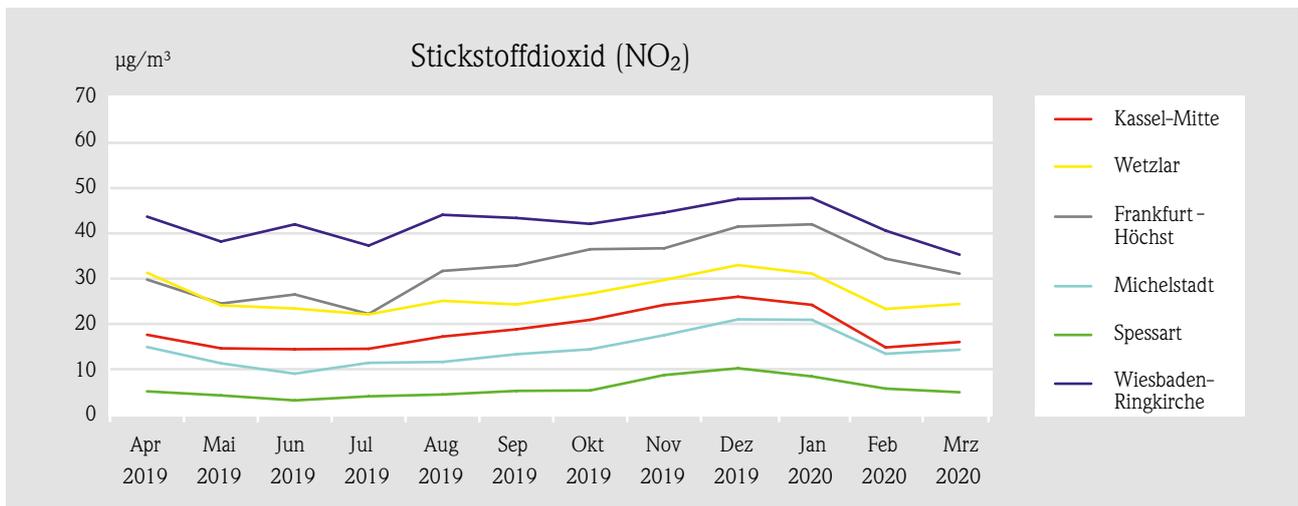


Für die Komponenten Stickstoffmonoxid (NO), Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>), Ozon (O<sub>3</sub>), Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>), Feinstaub (PM<sub>10</sub>) und Feinstaub (PM<sub>2,5</sub>), Benzol/Toluol/Xylol (BTX), Kohlenmonoxid (CO) und Lufttemperatur sind auf den folgenden Seiten je eine Verlaufsgrafik und eine Tabelle der Monatsmittelwerte für den zurückliegenden Zeitraum von zwölf Monaten dargestellt. Mittels dieser Darstellungen lässt sich pro Komponente ein vollständiger Jahresgang verfolgen. In den Darstellungen sind die Konzentrationswerte der Luftschadstoffe jeweils in der Einheit „Mikrogramm pro Kubikmeter Luft“ (µg/m<sup>3</sup>) angegeben. Für Kohlenmonoxid (CO) gilt die Einheit „Milligramm pro Kubikmeter Luft“ (mg/m<sup>3</sup>). Die gemessenen Feinstaubfraktionen PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub> beinhalten Partikel mit einem Durchmesser kleiner oder gleich 10 bzw. 2,5 Mikrometer (µm).

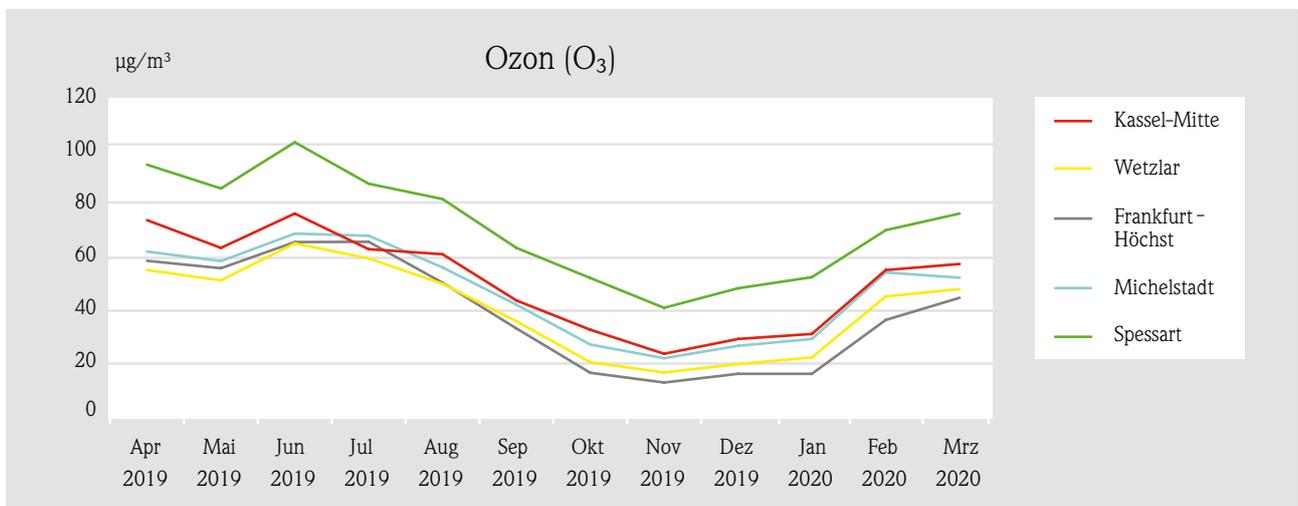
Monatsmittelwerte – Stickstoffmonoxid (NO) in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$



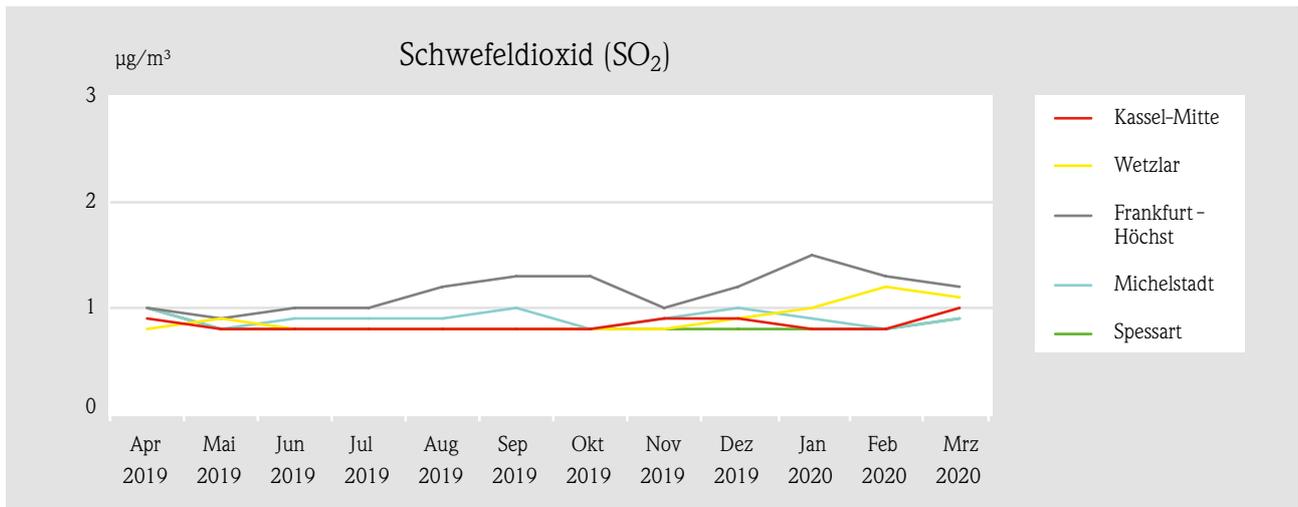
Monatsmittelwerte – Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$



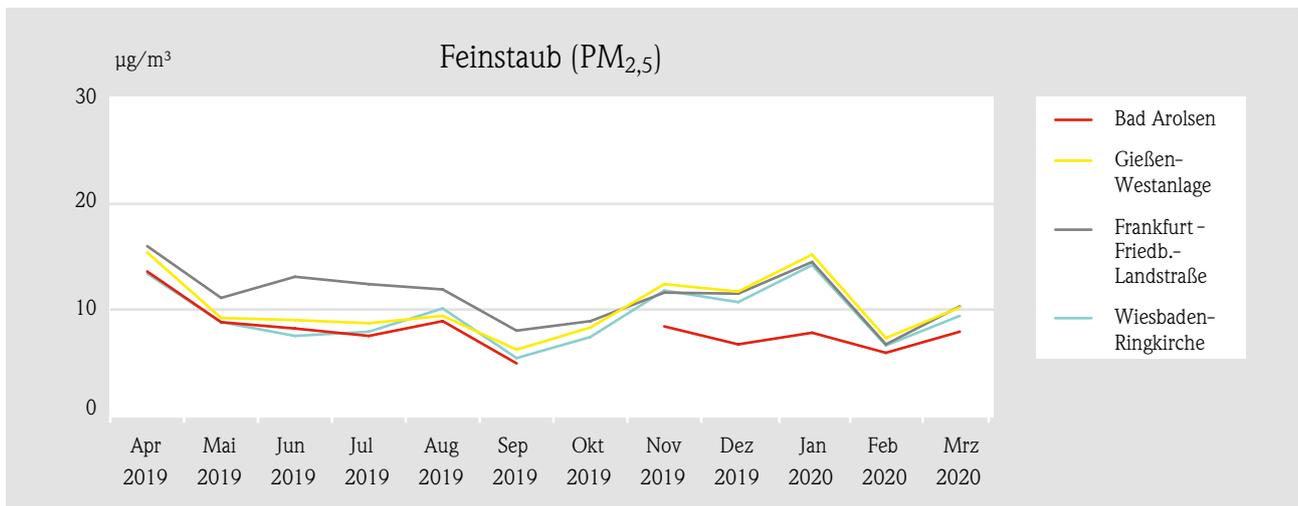
Monatsmittelwerte – Ozon (O<sub>3</sub>) in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$



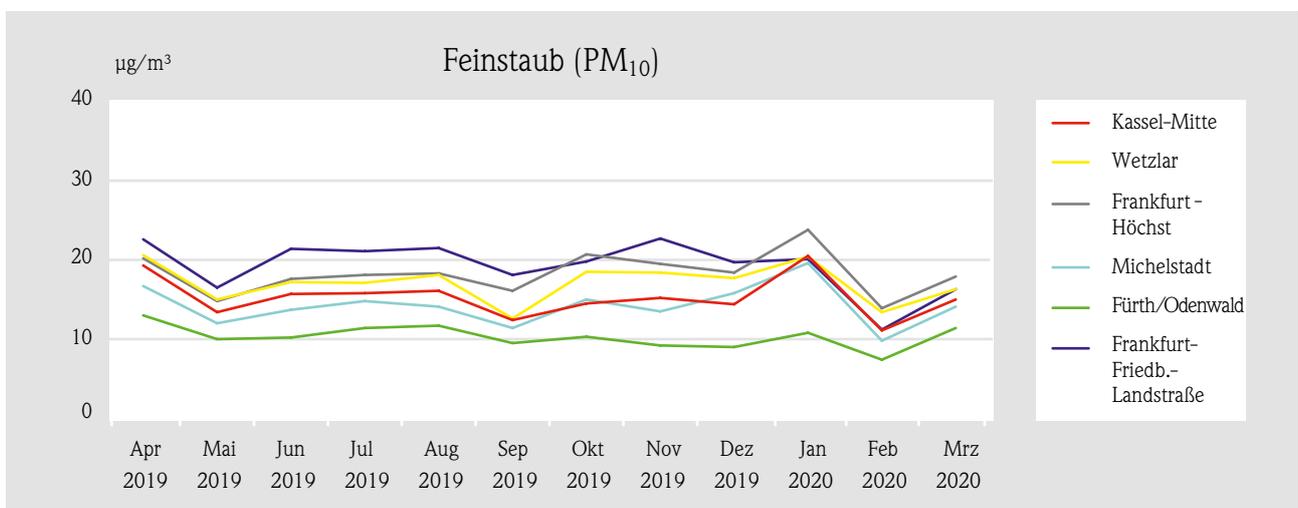
Monatsmittelwerte – Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>) in µg/m<sup>3</sup>



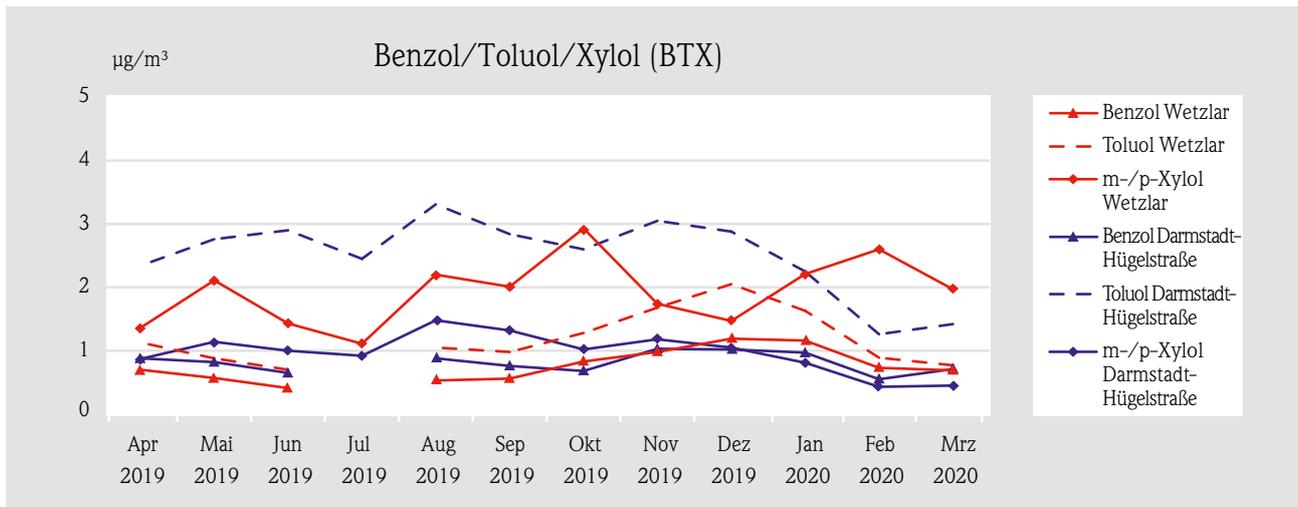
Monatsmittelwerte – Feinstaub (PM<sub>2,5</sub>) in µg/m<sup>3</sup>



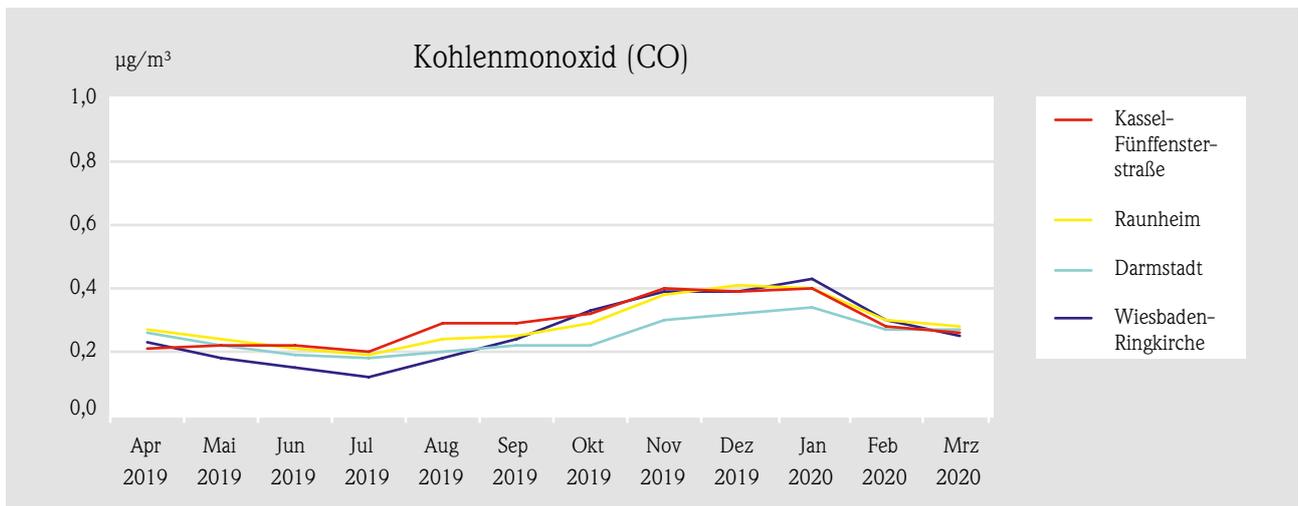
Monatsmittelwerte – Feinstaub (PM<sub>10</sub>) in µg/m<sup>3</sup>



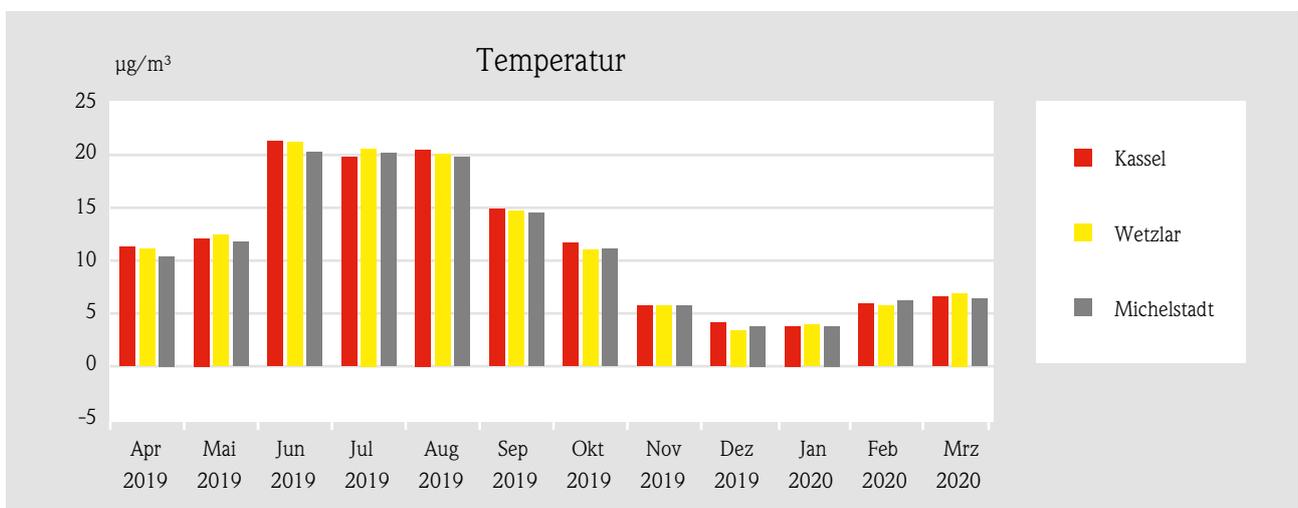
Monatsmittelwerte – Benzol/Toluol/Xylol (BTX) in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Monatsmittelwerte – Kohlenmonoxid (CO) in  $\text{mg}/\text{m}^3$



Lufttemperaturen an drei hessischen Messstationen: Monatsmittelwerte – Temperatur in  $^{\circ}\text{C}$



## Messwerte Luft



<http://www.hlnug.de/?id=445>

Saubere Luft ist von grundlegender Bedeutung für Menschen, Tiere und Pflanzen. Das HLNUG betreibt ein landesweites Messnetz mit über 35 Luftmessstationen und ist zuständig für die Beurteilung der Luftqualität in Hessen. Auf unseren Luftmesswerte-Seiten werden die ermittelten Daten zeitnah veröffentlicht. Dort können Sie sich über die aktuellen Messwerte von Ozon, Stickstoffoxiden, Feinstaub und anderen Luftschadstoffen informieren sowie Recherchen zu diesen Daten durchführen.