



Hessischer Umwelt-Monitor

Berichte, Fakten und Daten zur Umwelt

01/2022

26. Jahrgang



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

Inhalt

Geowissenschaftliche Begleitung der Radonstrategie Hessen zur Ausweisung von Radonvorsorgegebieten	3
A. Gewässerüberwachung in Hessen	11
1. Hydrologische Daten nach Messstellen	12
2. Gewässerbelastung nach Messstellen und Komponenten	13
B. Die Luftqualität in Hessen	16

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: © Adobe Stock/Francesco Scatena

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



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

Geowissenschaftliche Begleitung der Radonstrategie Hessen zur Ausweisung von Radonvorsorgegebieten

ROUWEN LEHNÉ, TATJANA LAUPENMÜHLEN, HEINER HEGGEMANN, LENA JEDMOWSKI

Einleitung

Geogenes Radongas liefert neben terrestrischer und kosmischer Strahlung einen Beitrag zur natürlichen Strahlenexposition. In Deutschland beläuft sich die durch Radonexposition verursachte durchschnittliche Dosis auf 1,1 Millisievert pro Jahr (Bundesamt für Strahlenschutz 2016), was mehr als 50 % der mittleren natürlichen Strahlungsexposition entspricht. Für Menschen ist das Radongas nicht direkt schädlich, die Exposition geht von den Radonzerfallsprodukten mit kurzer Halbwertszeit wie den radioaktiven Alphastrahlern Wismut (Bi-210, Bi-214) und Polonium (Po-210, Po-214) aus. Diese können sich nach dem Zerfall des Radongases an feste oder flüssige Schwebeteilchen in der Luft anheften und so in den Atemtrakt des Menschen gelangen (Bundesamt für Strahlenschutz 2016) oder aber der Radonzerfall erfolgt im Atemtrakt und beaufschlagt die Lunge direkt. Die beim Alphazerfall freiwerdenden Teilchen sind energiereich. Sie können Zellen des Lungengewebes schädigen und infolgedessen Lungenkreberkrankungen verursachen.

Während sich die Radongaskonzentration im Freien an der Atmosphärenluft schnell durch Verdünnung/Vermischung auf völlig unbedenkliche Werte reduziert, kann sich Radon in geschlossenen Räumen signifikant aufkonzentrieren. Die Radonkonzentration in Innenräumen hängt von einer Vielzahl von Faktoren wie z. B. Bauart, Baumaterial, Gebäudebeschaffenheit oder Bewohnerverhalten (Gebäudelüftung und Heizverhalten) ab (URBAN et al. 1985).

Die EU-Richtlinie 2013/59/Euratom, welchen der europäischen Harmonisierung des Strahlenschutzes dient sowie ein Fortschreiben der wissenschaftlichen Erkenntnisse im Strahlenschutz zum Ziel hat, enthält u. a. Regelungen, die dem Schutz vor der Exposition durch Radon dienen. Diese Richtlinie ist mit dem Strahlenschutzgesetz (StrlSchG) und der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) zum 31.12.2018 vollständig in nationales Recht umgesetzt worden.

Gemäß §§ 124 und 126 StrlSchG betragen die Referenzwerte für die über das Jahr gemittelte Radonaktivitätskonzentration in der Luft in Aufenthaltsräumen sowie an Arbeitsplätzen (in Innenräumen) 300 Becquerel pro Kubikmeter. Bei den Referenzwerten handelt es sich ausdrücklich nicht um Grenzwerte!

§ 121 Abs. 1 StrlSchG verpflichtet die zuständige Behörde (in Hessen das HMUKLV), Gebiete festzulegen in denen „... erwartet wird, dass die über das Jahr gemittelte Radon-222-Aktivitätskonzentration in der Luft in einer beträchtlichen Zahl von Gebäuden mit Aufenthaltsräumen oder Arbeitsplätzen den o. g. Referenzwert nach § 124 oder § 126 StrlSchG überschreitet.“ (sogenannte Radonvorsorgegebiete). Zwei Jahre nach Inkrafttreten der Strahlenschutzverordnung muss die Festlegung der Radonvorsorgegebiete auf Grundlage einer wissenschaftlich basierten Methode und innerhalb der in dem Land bestehenden Verwaltungsgrenzen (für Hessen voraussichtlich die Landkreise) erfolgt sein (§ 153 Abs. 1, 3 StrlSchV).

Um für die Festlegung der Radonvorsorgegebiete für Hessen eine ausreichend belastbare Datengrundlage zu schaffen, hat sich das Land im Einvernehmen mit dem Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) entschieden, über bereits existierende Messwerte hinaus zusätzliche Radonbodenluftmessungen durchzuführen. Die Erhebung neuer Daten obliegt den Bundesländern und wird in Hessen vom Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUKLV) verantwortet. Diese Messkampagne der Radonaktivitätskonzentration in der Bodenluft wird zukünftig Teil einer umfassenden, für Hessen angepassten Strategie zum Umgang mit den langfristigen Risiken der Exposition durch Radon (Hessische Landesradonstrategie) werden, die der § 122 Abs. 4 StrlSchG fordert.

Entstehung und Verfügbarkeit von geogenem Radon

Radon wird dauerhaft in Gesteinen und Böden, die über einen Anteil an radioaktiven Elementen wie Uran und Thorium verfügen, gebildet. Im Prinzip stellen dabei alle Gesteine und Böden natürliche Radonquellen dar, da diese in unterschiedlichen Konzentrationen Uran und Radium enthalten. Gute Radonlieferanten sind saure magmatische Gesteine, wie Granite oder Rhyolithe. Bei den Mineralen haben beispielsweise Apatit, Zirkon und Monazit Uran eingelagert (KEMSKI et al. 2012, MILITZER et al. 2017). Der Weg vom Bildungsort bis in die freie Atmosphäre erfolgt in mehreren Schritten.

Das Austreten von Radon aus dem Kristallgitter von Mineralien in den Porenraum des Bodens wird als Emanation bezeichnet. Die Bewegung von Radon entlang von Rissen und Kapillaren sowie im Porenraum der Böden heißt Migration und erfolgt diffusiv oder durch advektiven Transport mit anderen Bodenfluiden. Da Radon-222 mit ca. 3,8 Tagen die längste Halbwertszeit vorweist, hat es auch die größte Migrationsweite und kann so in die obersten Bodenschichten vordringen und aus dem Boden in die Atmosphäre austreten. Dieser Prozess wird als Exhalation bezeichnet.

Messkampagne der Radonbodenluft in Hessen

Geogenes Radon in Hessen

Die bisherigen Messwerte von Radon in der Bodenluft in Hessen variieren zwischen < 10 und 156 Kilobecquerel pro Kubikmeter (Umweltatlas Hessen). Die höchsten Radonaktivitätskonzentrationen wurden über den kristallinen Gesteinen (Granit) des Odenwaldes gemessen. Mittlere Werte im Bereich der devonisch-karbonischen Sedimentgesteine des Schiefergebirges und geringste Werte über den Basalten des Vogelsberges. Die Werte spiegeln die geogenen Radonaktivitätskonzentrationen von Hessen wider (MILITZER et al. 2017), welche im Vergleich mit anderen Bundesländern als gering bis mittel eingestuft werden können (KEMSKI et al. 1998). Eine Sonderstellung nehmen tektonische

Störungen ein und hier insbesondere die östliche Haupttrandverwerfung des Oberrheingrabens. Messungen von Radon in Boden- und Raumluft in der Umgebung dieser Störungszone im Raum Darmstadt zeigen sehr hohe Messwerte von bis zu 300 Kilobecquerel pro Kubikmeter in der Bodenluft und 21 Kilobecquerel pro Kubikmeter in der Raumluft (HOPPE et al. 2015, KUHN et al. 2015, LEHNÉ et al. 2017). Zur kontinuierlichen Detektion der Radonemanation und -exhalation sowie der damit in Verbindung stehenden geodynamischen Prozesse betreibt das HLNUG zusammen mit der TU Darmstadt direkt an der Haupttrandverwerfung eine geowissenschaftliche Messstation.

Beschreibung der Radonbodenluft-Messkampagne in Hessen

Mit den derzeit vorliegenden Daten zur Radonaktivitätskonzentration in der Bodenluft in Hessen lässt sich eine rechtssichere Festlegung der Radonvorsorgegebiete nicht gewährleisten.

Um diese Festlegung für Hessen vornehmen zu können, hat sich das HMKLV entschieden, eine Messkampagne zur Radonaktivitätskonzentration in der Bodenluft durchzuführen, um auf diesem Wege ein statistisch repräsentatives, belastbares Bild der Radonsituation für ganz Hessen zu erhalten.

Unter Berücksichtigung der vorliegenden Informationen zu geogenem Radon in und außerhalb von Hessen unterstützt die Abteilung Geologie und Boden des HLNUG die Umsetzung der Arbeiten mit der Auswahl von zunächst 750 Messpunkten nach geowissenschaftlichen Gesichtspunkten. Bei der Auswahl der Lage der Messpunkte wird vorausgesetzt, dass es „geologische Großeinheiten“ gibt, in denen die zu erwartende Radonaktivitätskonzentration bei Bodenluftmessungen in einem vergleichbaren Bereich liegt. Für Hessen wurden durch das HLNUG neun solcher Großeinheiten definiert (Abb. 1).

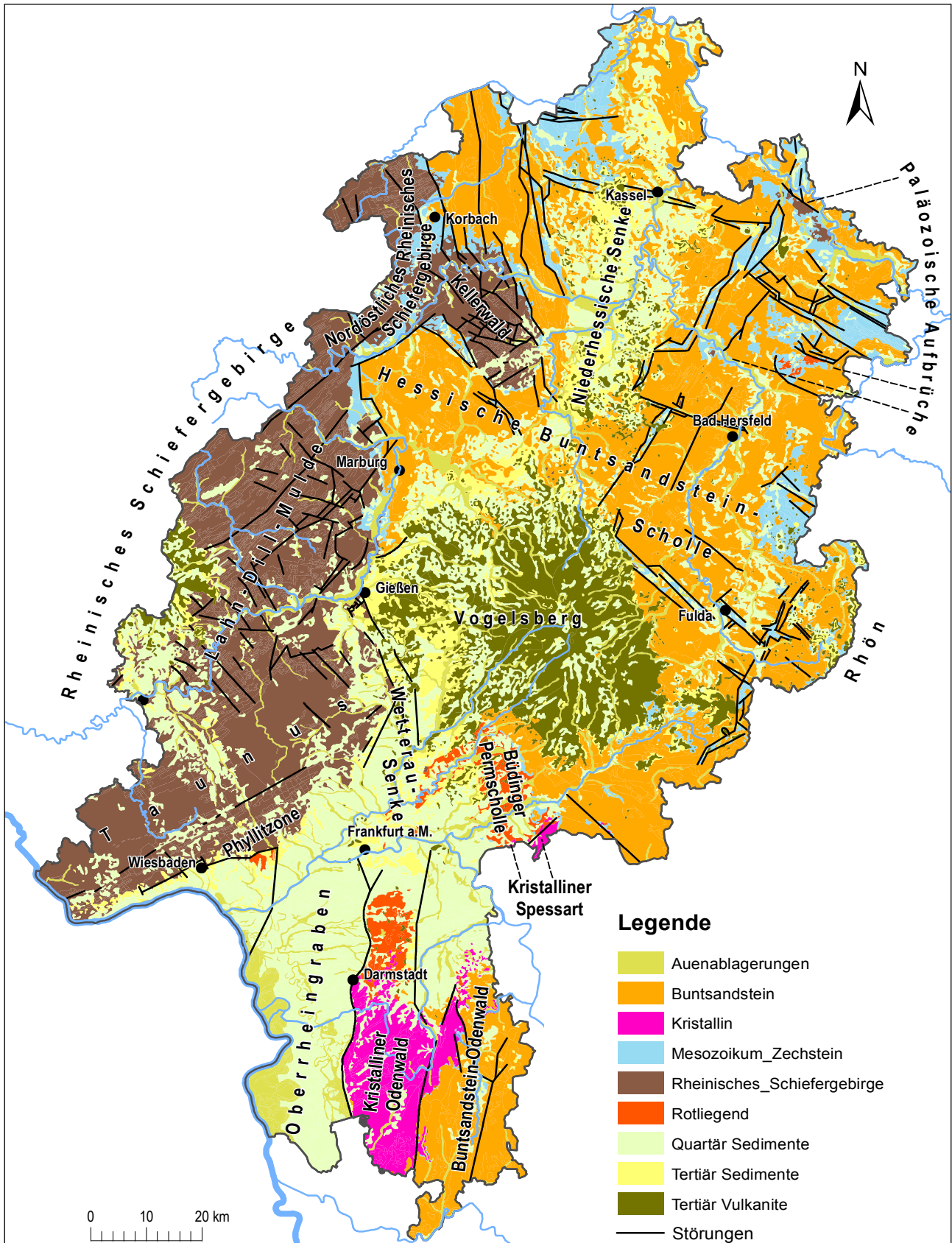


Abb. 1: Für Hessen definierte geologische Großeinheiten. Dabei wird angenommen, dass das durchschnittliche Radonpotential innerhalb einer Großeinheit homogen, über die verschiedenen Großeinheiten hinweg jedoch heterogen ist (Geologie nach Geologischer Übersichtskarte 1:300 000)

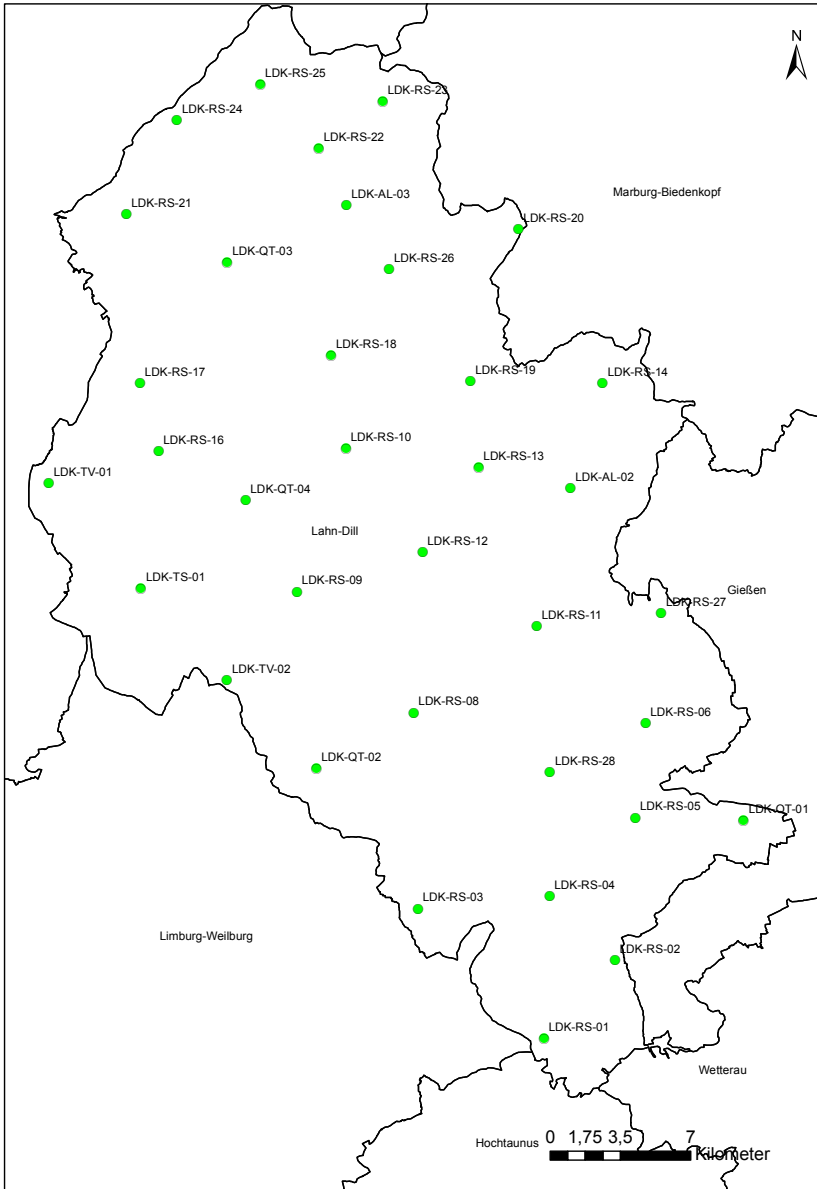


Abb. 2: Flächendeckende Verteilung der 27 Messpunkte innerhalb des Landkreises Lahn-Dill. Hierbei werden die festgelegten Exklusionskriterien „Grabbarkeit“, „Bodenfeuchtigkeit“ und „tektonische Störungen“ beachtet. Benennung der Messpunkte: z. B. LDK-RS-04 – LDK=Lahn-Dill-Kreis, RS=Geologischer Großraum Rheinisches Schiefergebirge, 04=Nummerierung der Messpunkte innerhalb einer Geologie.

Die Messpunkte werden in diesem Verfahren dann so ausgewählt, dass sie einer statistisch reproduzierbaren Verteilung auf die definierten geologischen Großeinheiten sowie die Flächenverteilung dieser in den Landkreisen entsprechen. Die Anzahl der Messungen innerhalb eines Landkreises richtet sich nach den Flächenanteilen der definierten geologischen Großeinheiten im Landkreis (Tab. 1).



Abb. 3: Testmessung der THM im Gelände. Hier zu sehen ist der Bohrvorgang für die anschließende Radonbodenluftmessung. Im Hintergrund ist das Rotameter zu sehen, welches den Volumenstrom des Radongases misst.

Die Verteilung von 37 Messpunkten (MP) z. B. im Lahn-Dill Kreis (Abb. 2) ist beispielsweise folgendermaßen gewählt worden: 2 MP quartäre Talsedimente, 4 MP quartäre Sedimente, 1 MP tertiäre Sedimente, 2 MP tertiäre Vulkanite und 28 MP in paläozoischen Sedimenten des Rheinischen Schiefergebirges.

Bei der Bestimmung der Lage der Messpunkte werden weiterhin die Exklusionskriterien „Grabbarkeit“,

„Bodenwasserhaushalt“ und „tektonische Störungen“ berücksichtigt.

Die so bestimmten Messpunkte (inkl. eines räumlichen Puffers als mögliches Ausweichgebiet für jeden Messpunkt) werden in Kartenform aufbereitet und der Technischen Hochschule Mittelhessen (THM) übergeben. Die THM ist vom HMUKLV mit der Durchführung der Radonbodenluftmessungen beauftragt. Sie organisiert, leitet und führt die auf fünf Jahre angelegte Messkampagne in eigener Verantwortung selbstständig durch. Die Messungen der Radonaktivitätskonzentration in der Bodenluft er-

folgt nach Stand von Wissenschaft und Technik auf Grundlage der Normen der DIN ISO 11665 11 VDE 0493-1-6661(2017-01-00) beschriebenen Verfahren. Neben der Radonaktivitätskonzentration der Bodenluft in einem ca. 1 m tiefen Bohrloch werden auch das entnommene Luftvolumen, die Gaspermeabilität des Bodens und die Kohlendioxidkonzentration der angesaugten Bodenluft gemessen (Abb. 3). Begleitend werden Wetterdaten, Koordinaten des Messpunktes, Datum/Uhrzeit erfasst. Die erhobenen Messwerte werden gesammelt und anschließend von der THM an das BfS zur Weiterverarbeitung übergeben.

Tab. 1: Die statistische Verteilung von 750 Messpunkten auf die Fläche der definierten geologischen Großeinheiten innerhalb der jeweiligen Landkreise sowie die Flächenverteilung der Landkreise

Messstelle	Auen- ablagerungen	Bunt- sandstein	Kristallin	Rheinisches Schiefer- gebirge	Rotliegend	quartäre Sedimente	tertiäre Sedimente	tertiäre Vulkanite	Mesozoikum Zechstein	
Kreisfreie Stadt Darmstadt			1		1	3				5
Kreisfreie Stadt Frankfurt am Main	1					7	1			9
Kreisfreie Stadt Offenbach am Main						1	1			2
Landeshauptstadt Wiesbaden	1			2		3	1			7
Bergstraße	6	4	9			8				27
Darmstadt-Dieburg	2	1	5		1	12				21
Groß-Gerau	5					11				16
Hochtaunuskreis	1			11		4				16
Main-Kinzig-Kreis	5	20	1		2	10	3	8	2	51
Main-Taunus-Kreis	1			2		4	1			8
Odenwaldkreis	1	16	3			1				21
Offenbach	1				2	10				13
Rheingau-Taunus-Kreis	1			22		5	1			29
Wetteraukreis	5	2		4	2	13	4	9		39
Gießen	3			5		7	6	9		30
Lahn-Dill-Kreis	2			28		4	1	2		37
Limburg-Weilburg	1			13		9	2	1		26
Marburg-Biedenkopf	5	13		16		7	2	1	2	46
Vogelsbergkreis	5	11				10	3	24		53
Kreisfreie Stadt Kassel	1	1				1	1			4
Fulda	3	28				7	1	4	6	49
Hersfeld-Rotenburg	3	28			1	4			3	39
Kassel	3	20				11	4	1	8	47
Schwalm-Eder-Kreis	6	21		2		14	7	4	2	56
Waldeck-Frankenberg	4	23		29		3			7	66
Werra-Meißner-Kreis	3	19		1		3			10	36
Summe	69	207	18	135	8	172	39	63	39	750

Aktueller Stand der Arbeiten

Auswahl von Messpunkten

Bisher wurden durch das HLNUG in 22 Landkreisen 580 Messpunkte nach den oben beschriebenen Kriterien festgelegt und an die THM Gießen übergeben. Dabei handelt es sich um die Landkreise Hochtaunus (16), Hersfeld-Rotenburg (40), Lahn-Dill-Kreis (38), Vogelsbergkreis (53), Limburg-Weilburg (26), Schwalm-Eder-Kreis (55), Rheingau-Taunus-Kreis (29), Wetteraukreis (38), Werra-Meißner (36) Marburg-Biedenkopf (46), Main-Kinzig-Kreis (51), Offenbach (13), Darmstadt-Dieburg (21), Kreisfreie Stadt Offenbach am Main (2), Bergstraße (27), Waldeck-Frankenberg (36 von 65), Groß-Gerau (16), Kreisfreie

Stadt Kassel (4), Odenwaldkreis (21), Landeshauptstadt Wiesbaden (7), Kreisfreie Stadt Frankfurt am Main (9) und die Kreisfreie Stadt Darmstadt (5). Um die Radonbodenluftmessungen noch flexibler an die jeweiligen Wetterverhältnisse anpassen zu können werden mittlerweile zusätzlich auch weit verstreute Messpunkte in einzelnen geologischen Groseinheiten bestimmt und zur Verfügung gestellt, so zum Beispiel 22 zusätzliche Messpunkte für die Groseinheiten Auenablagerungen, Tertiäre Sedimente, Rotliegend, die in den Landkreisen Rheingau-Taunus, Wetterau, Werra-Meißner und Marburg-Biedenkopf.

Geowissenschaftliche Interpretation der Ergebnisse und Weiterentwicklung der Methode

Zur Überprüfung und Optimierung der geowissenschaftlichen Begleitung der Radonstrategie Hessen werden alle Messergebnisse durch das HLNUG in ein GIS überführt und dort mit anderen Geofachdaten verschnitten. Derzeit liegen für 407 Lokationen Messwerte vor, die von 2010 Bq/m³ bis über 100 000 Bq/m³ schwanken.

Die geowissenschaftliche Interpretation erfolgt nun unter Berücksichtigung der dokumentierten Randbedingungen (Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Bodenfeuchte) sowie entnommener Bodenprofile, die langfristig archiviert werden. Insbesondere der Boden (Permeabilität, Bodenfeuchte) sowie die Lufttemperatur haben einen großen Einfluss auf die gemessenen Radonkonzentrationen und müssen damit im Sinne der Herstellung einer Vergleichbarkeit von Messergebnissen adäquat berücksichtigt werden.

Begleitende/Ergänzende Arbeiten zur Radonbodenluft-Messkampagne

Neben den reinen Bodenluftmessungen gehen die gemeinsamen Bemühungen von HMUKLV, HLNUG und THM zur Optimierung der Messkampagne der Radonaktivitätskonzentration in Hessen (Bestimmung der Hessischen Radonsituation) weiter. Es wird versucht im Rahmen der geowissenschaftlichen Landesaufnahme eine Vertiefung des Kenntnisstandes insbesondere im Bereich der Themen Radonmigration entlang tektonischer Störungen, Witterungseinflüsse und bodenphysikalische Einflussfaktoren auf Radonmigration zu erhalten.

So werden für die Dokumentation des jeweiligen Bodenprofils an den Messlokalationen Bohrkerne mit einem Durchmesser von 40 mm entnommen und im HLNUG in der Abteilung G bodenkundlich aufgenommen und in eine Datenbank überführt (Abb. 4).

Zusätzlich hat die Abteilung Immissionsschutz im HLNUG in Fürth im Odenwald eine Station zur Dauerbeobachtung von Radon in der Bodenluft eingerichtet, die zugleich die Bodenfeuchte kontinuierlich erfasst und an eine vom HLNUG betriebene Wetterstation gekoppelt ist.

Sie misst die Radonaktivitätskonzentration der Bodenluft analog zu den landesweiten Messungen in einer Tiefe von 1 Meter.

Unabhängig vom meteorologischen Geschehen ist die Migration und Emanation von Radon in der Bodenluft vom vorhandenen Boden abhängig. Die Dauerbeobachtungsstation liefert Ergebnisse für einen bestimmten Boden mit spezifischen Eigenschaften.

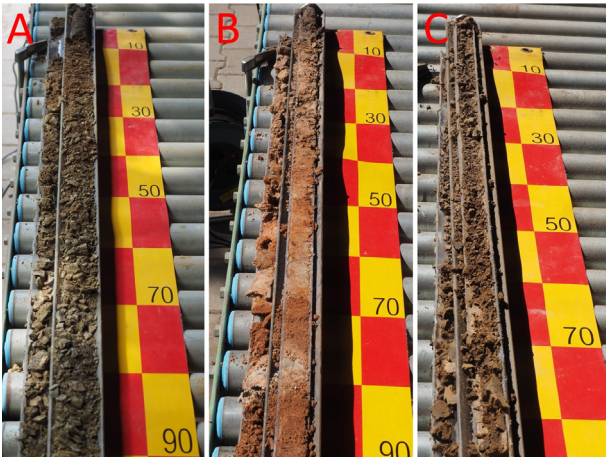


Abb. 4: Zur bodenkundlichen Beschreibung geöffnete Bohrkerne. A: Braunerde aus lössführendem Grusschluff über Lehmgrus über Tonschiefer (Unterdevon); B: Pseudogley-Braunerde aus lössarmen Sand über Lehm aus Sand- u. Tonstein (Mittlerer Buntsandstein); C: Kolluvisol aus Lehmschluff über Löss (Pleistozän)

Aufgrund der Vielfalt der Böden soll untersucht werden, ob sich die gewonnenen Aussagen auch auf andere Böden übertragen lassen oder ob es meteorologische Effekte gibt, die sich nicht auf alle Böden gleich auswirken. Um die Aussagekraft der gewonnenen Ergebnisse zu erhöhen, sollen Dauermessstellen an weiteren Standorten mit unterschiedlichen Böden (und damit auch unterschiedlicher Radonquellstärke) eingerichtet werden. So wird derzeit eine zweite

Radondauerbeobachtungsstation geplant. Neben dem Betrieb der Station zur Radondauerbeobachtung sowie der geowissenschaftlichen Messstation an der östlichen Haupttrandverwerfung des Oberrheingraben zur Erforschung des Zusammenhangs von Radon und Tektonik (www.gemoda.darmstadtium.de) initiiert und begleitet die Abteilung G des HLNUG in Kooperation mit der Technischen Universität Darmstadt (TUD) auch studentische Abschlussarbeiten (MSc und BSc) zu den Themen. Seit 2012 wurden so bereits 14 Projektarbeiten erfolgreich durchgeführt, die wertvolle neue Erkenntnisse zum Thema geogenes Radon in Hessen geliefert haben, u. a. mehrere 100 zusätzliche Radonbodenluftmessungen, aufgezeigte Zusammenhänge zwischen der gemessenen Radonaktivitätskonzentration und Tektonik sowie Witterungsverhältnissen und der Variabilität von Radonaktivitätskonzentrationen bei Wiederholungsmessungen. Weitere Arbeiten widmen sich auch der Untersuchung von Radon und Uran im Grundwasser im Kontext der umgebenden Geologie.

Für die Stadt Darmstadt soll weiterhin eine Radonstadtkarte entstehen und in ein 3D Informationssystem zum oberflächennahen Untergrund im Stadtgebiet integriert werden. Dazu wird auch ein vom HLNUG in Kooperation mit der TUD für den Betrachtungsraum erstelltes geologisches 3D-Modell konsultiert (LEHNÉ et al. 2016).

Literaturverzeichnis

- Bundesamt für Strahlenschutz (2016): Radon – ein kaum wahrgenommenes Risiko. – Strahlenschutz Konkret: 8 p.; Berlin (Bundesamt für Strahlenschutz).
- HOPPE, A., KOŠŤÁK, B., KUHN, G., LEHNÉ, R., SIMONS, U. & STEMBERK, J. (2015): Rezente Bewegungen an den Haupttrandverwerfungen im Nördlichen Oberrheingraben. – Jahresberichte und Mitteilungen des Oberrheinischen Geologischen Vereins: 97: 321–332, DOI: 10.1127/jmoghv/97/0014; Stuttgart.
- KEMSKI, J., SIEHL, A., STEGEMANN, R. & VALDIVIA-MANCHEGO, M. (1998): Mapping the geogenic radon potential in Germany using GIS-techniques. – in: BARNET, I., NEZNAL, M. (Hrsg.): Radon investigations in Czech Republic VII and the fourth International Workshop on the Geological aspects of radon risk mapping: 45–52.
- KEMSKI, J., SIEHL, A. & VALDIVIA-MANCHEGO, M. (1998): Das geogene Radon-Potential in Deutschland. – in: WINTER, M., HENRICHS, K., DOERFEL, H. (Hrsg): Radioaktivität in Mensch und Umwelt, **FS-98-98-T**: 297–403; Köln (TÜV Rheinland).
- KEMSKI, J., KLINGEL, R., SIEHL, A., NEZNAL, M. & MATOLIN, M. (2012): Erarbeitung fachlicher Grundlagen zur Beurteilung der Vergleichbarkeit unterschiedlicher Messmethoden zur Bestimmung der Radonbodenluftkonzentration. – Vorhaben 3609S10003: **Band 2**, Sachstandsbericht „Radonmessungen in der Bodenluft – Einflussfaktoren, Messverfahren, Bewertung“, Im Auftrag

- des Bundesamtes für Strahlenschutz: 122 p.; Berlin (Bundesamt für Strahlenschutz).
- KUHN, G., LEHNÉ, R. & HOPPE, A. (2015): Radon measurement along faults in the Upper Rhine Graben with standardized methods – in: MERKEL, B.J. & ARAH, A. [Eds.] (2015) Uranium – Past and Future Challenges. – Proceedings of the 7th International Conference on Uranium Mining and Hydrogeology: 821–828, DOI 10.1007/978-3-319-11059-2_95.
- LEHNÉ, R., KUHN, H., HEGGEMANN, H. & HOSELMANN, C. (2016): A geological 3D-information system for subsurface planning in urban areas – case study Darmstadt (Germany). – Tagungsband 3rd European Meeting on Geological Modelling 2016, 16.–17. Juni 2016: 58–59; Wiesbaden.
- LEHNÉ, R., MILITZER, A., HEGGEMANN, H. & REISCHMANN, T. (2017): Radon anomalies in the northern Upper Rhine Graben (Germany) as a result of recent geodynamic processes. – In: TOLLEFSEN, T., CINELLI, G. & DE CORT, M., (eds): 2nd International Workshop on the European Atlas of Natural Radiation: Book of Abstracts, 34, EUR 28820 EN, Publications Office of the European Union, ISBN 978-92-79-74131-9, doi:10.2760/72011, JRC108701; Luxembourg.
- MILITZER, A., LEHNÉ, R., REISCHMANN, T. & NESBOR, H.-D. (2017): Natural Th, U, and K concentrations in bedrocks of major geological units in Hesse (Germany). – In: TOLLEFSEN, T., CINELLI, G. & DE CORT, M., (eds): 2nd International Workshop on the European Atlas of Natural Radiation: Book of Abstracts, 38, EUR 28820 EN, Publications Office of the European Union, ISBN 978-92-79-74131-9, doi:10.2760/72011, JRC108701; Luxembourg.
- URBAN, M., WICKE, A. & KIEFER, H. (1985): Bestimmung der Strahlenbelastung der Bevölkerung durch Radon und dessen kurzlebige Zerfallsprodukte in Wohnhäusern und im Freien. – KfK-Bericht 3805; Karlsruhe.
- Umweltatlas Hessen. [<http://atlas.umwelt.hessen.de/atlas/>; Stand: 30.10.2019]

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:

108	Pegel an oberirdischen Gewässern zur Erfassung des Wasserstandes und daraus abgeleitet des Abflusses
75	Niederschlagsmessstellen
7	Messstellen zur kontinuierlichen Erfassung der Beschaffenheit oberirdischer Gewässer
251	Messstellen zur stichprobenhaften Erfassung der Beschaffenheit oberirdischer Gewässer
94	Messstellen zur stichprobenhaften Erfassung der Beschaffenheit von Seen
910	Grundwassermessstellen zur Erfassung des Wasserstandes sowie 67 Quellschüttungsmessstellen, davon
351	Grundwassermessstellen zur Erfassung der Wasserbeschaffenheit
> 1 200	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.

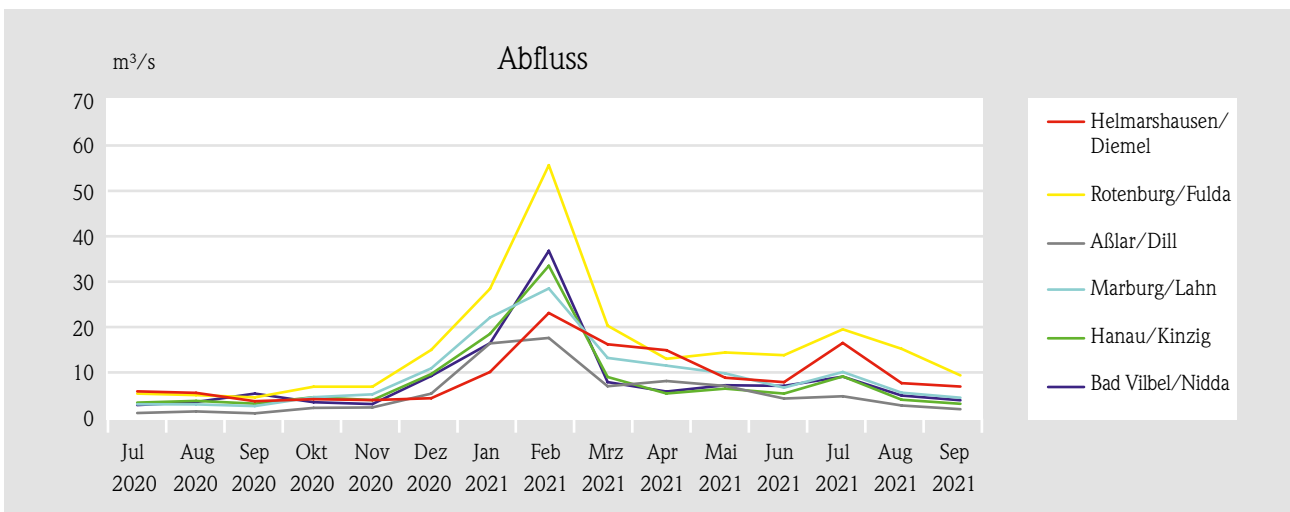
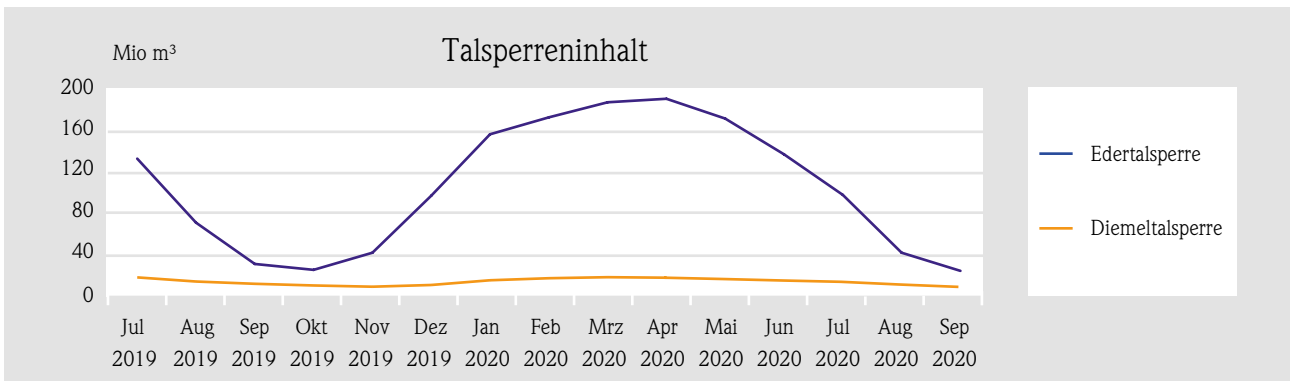
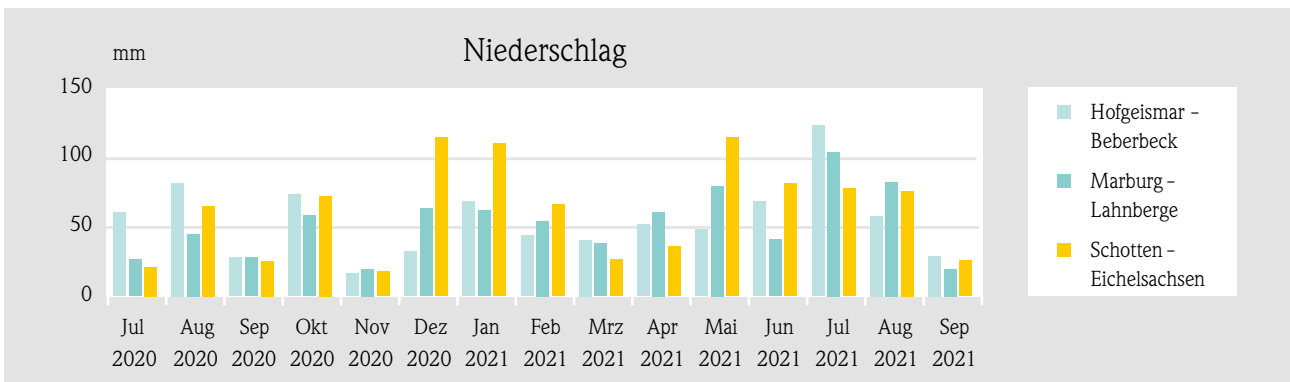
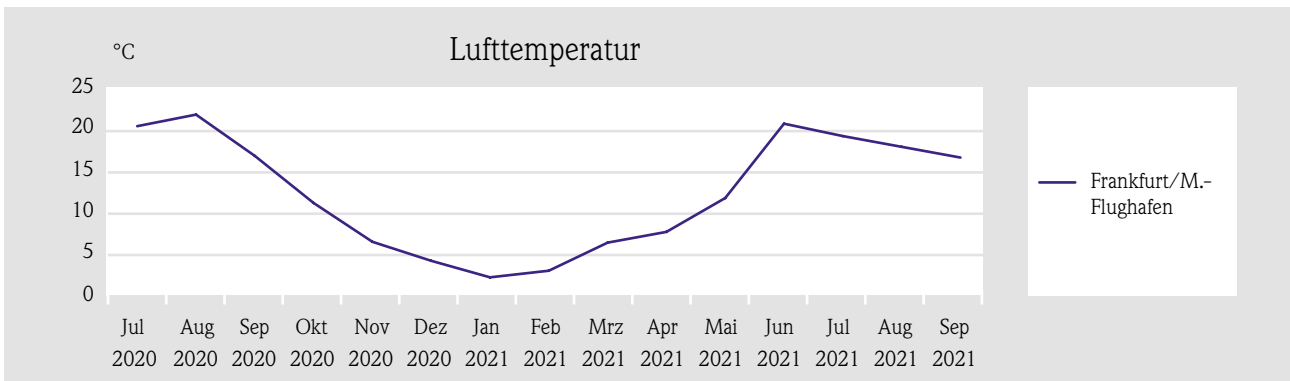
Die **Niederschlagshöhen** werden an den 75 Messstellen des landeseigenen Niederschlagsmessnetzes ermittelt. Derzeit sind 50 Messstellen mit Datenfernübertragung ausgerüstet, deren Werte digital in eine zentrale Datenbank übermittelt werden. Dort stehen sie u. a. für Hochwasservorhersagemodelle und für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

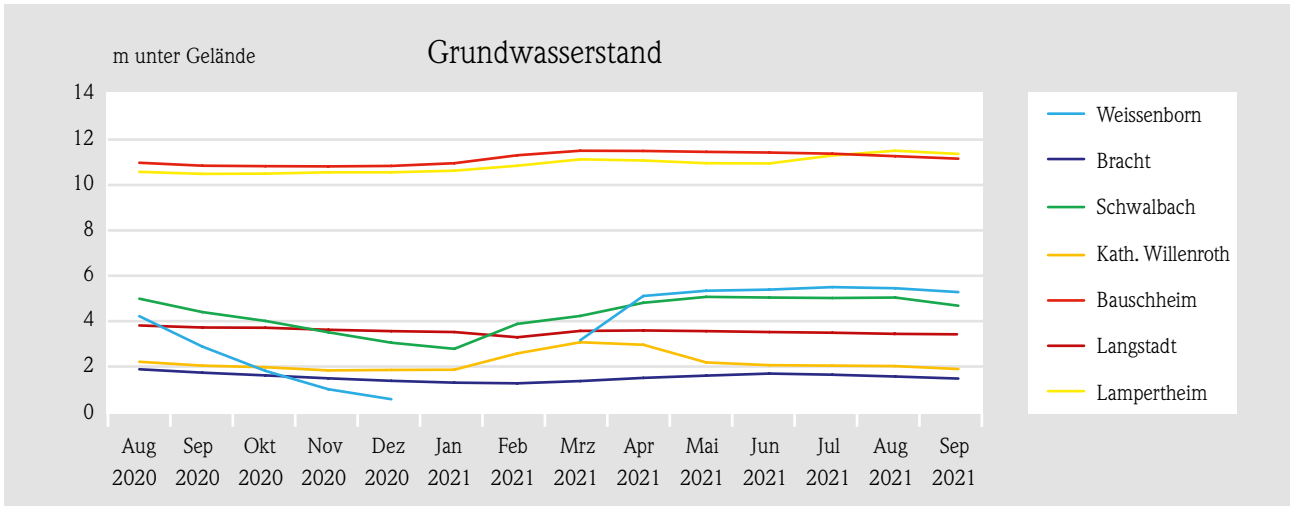
Die **Überwachung der Gewässerbeschaffenheit und die Bewertung des chemischen Zustands** gemäß der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL) in Hessen erfolgt an den größeren Gewässern in Hessen wie Main, Nidda, Kinzig, Werra, Lahn, Fulda und wegen der besonderen Belastungssituation im Schwarzbach (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 Messstellen-netz, 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.

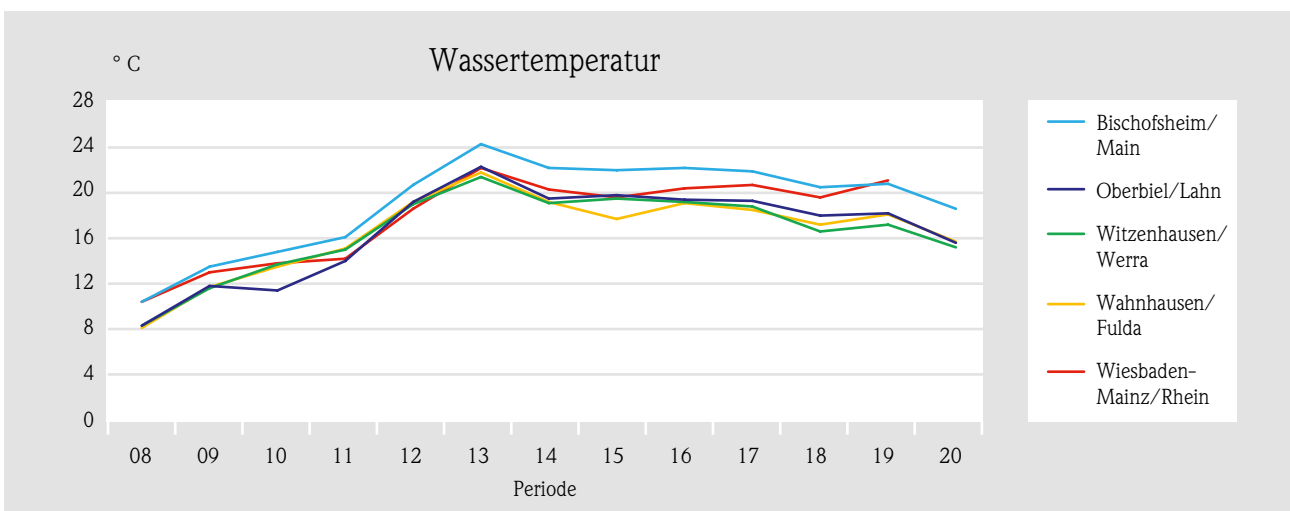
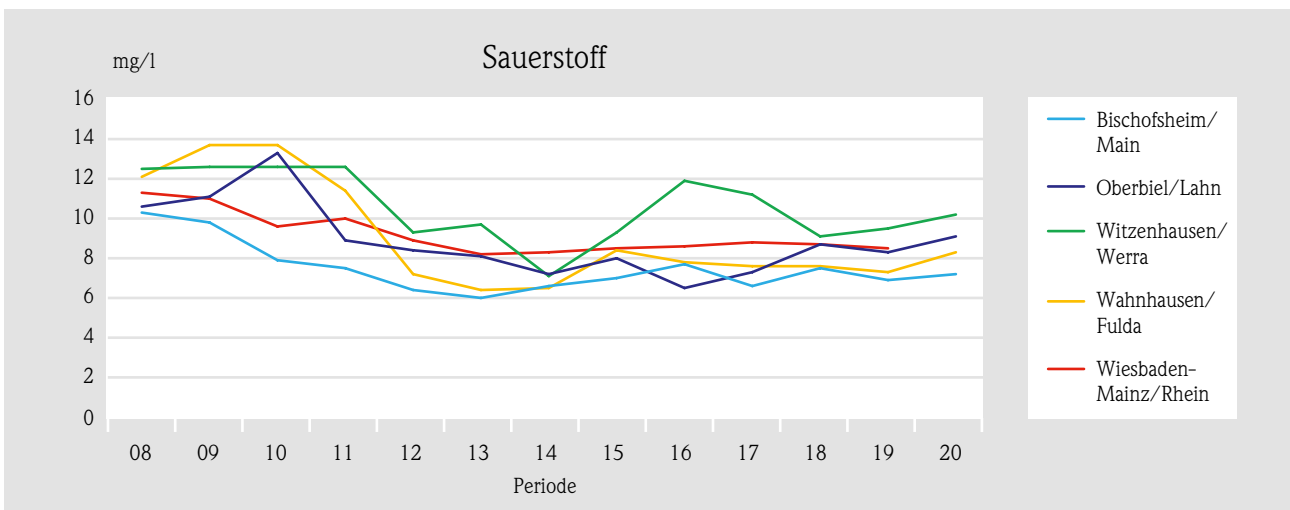
Der quantitative **Grundwassermessdienst** wird im Auftrag der Regierungspräsidien von Beobachtern vorgenommen, die überwiegend im Wochenturnus Einzelmessungen im Hinblick auf Grundwasserstand und Quellschüttung durchführen. Nur in einigen Fällen werden überall dort, wo aus hydrogeologischen Gründen der Grundwasserspiegel in Beobachtungsrohren 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.

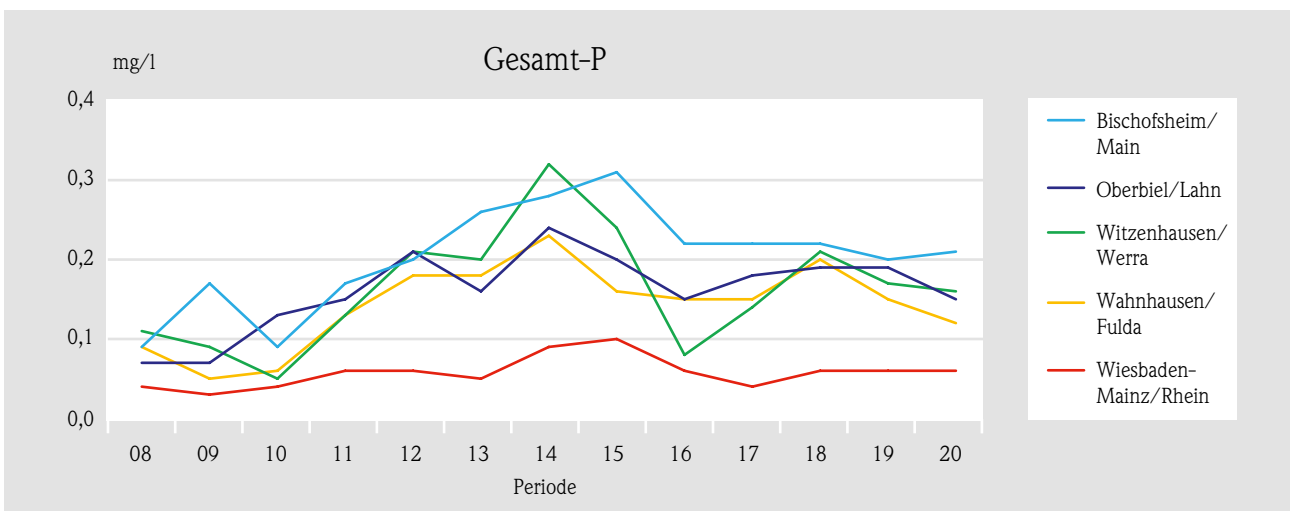
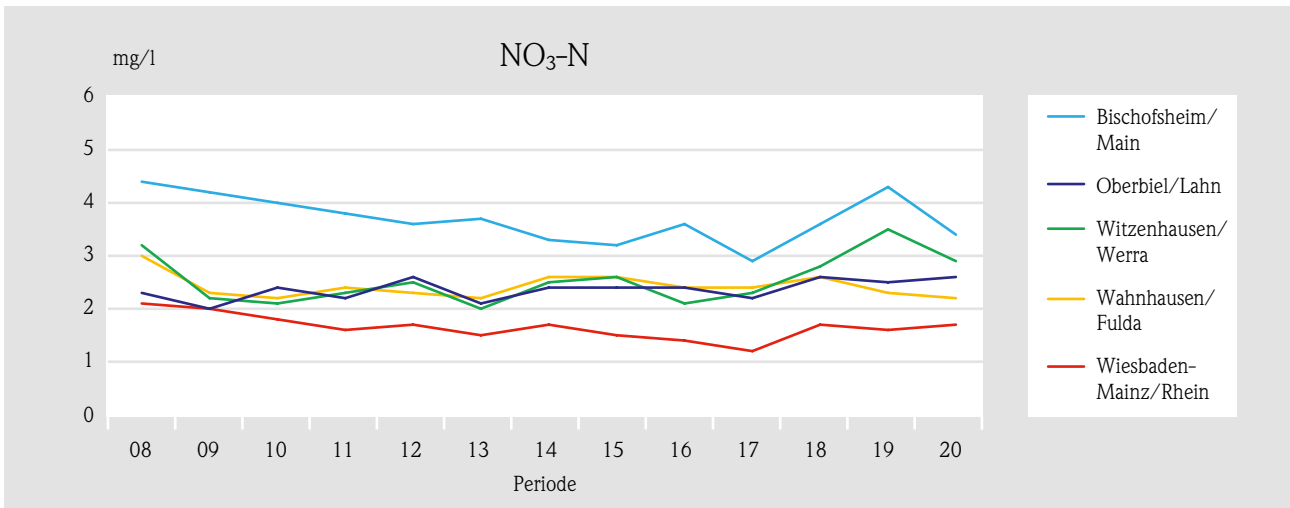
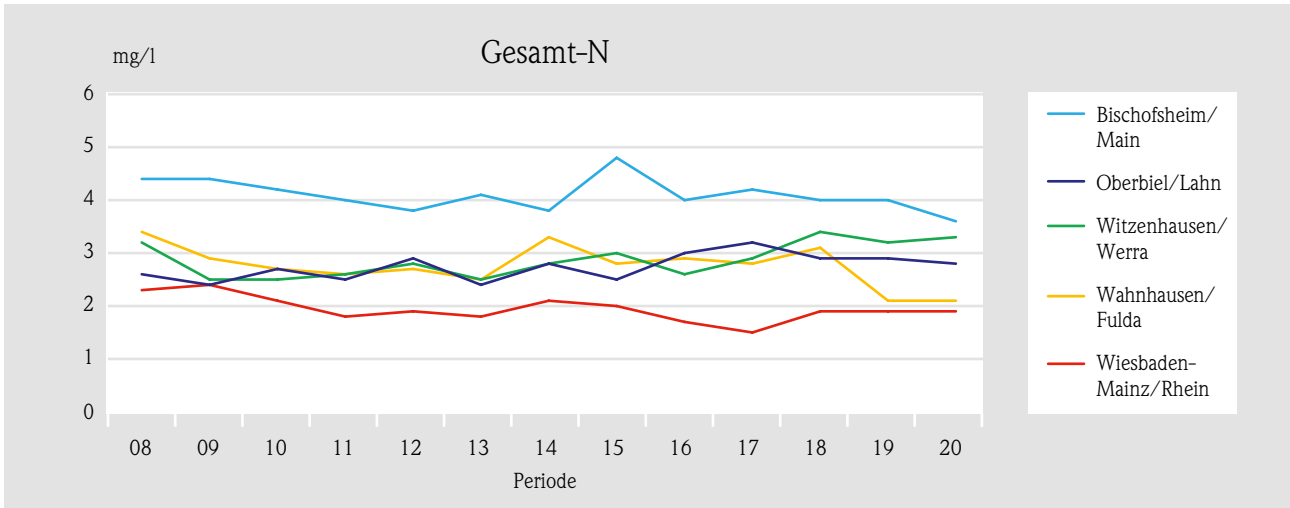
1. Hydrologische Daten nach Messstellen





2. Gewässerbelastung nach Messstellen und Komponenten





* Periode

08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
05.04.21	19.04.21	03.05.21	17.05.21	31.05.21	14.06.21	28.06.21	12.07.21	26.07.21	09.08.21	23.08.21	06.09.21	20.09.21

Messwerte Wasser



<http://www.hlnug.de/?id=10>

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 Gewässergüteparameter 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.

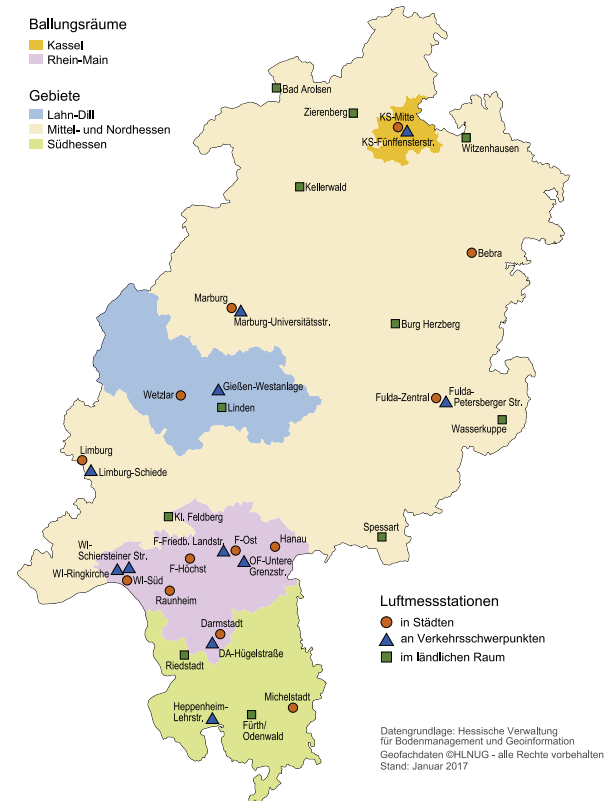
Aktuelle Informationen zur Luftqualität erhält man über folgende Medien:

- Info-Telefon des HLNUG: 0611/6939-666 (Ansaage)
- 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:

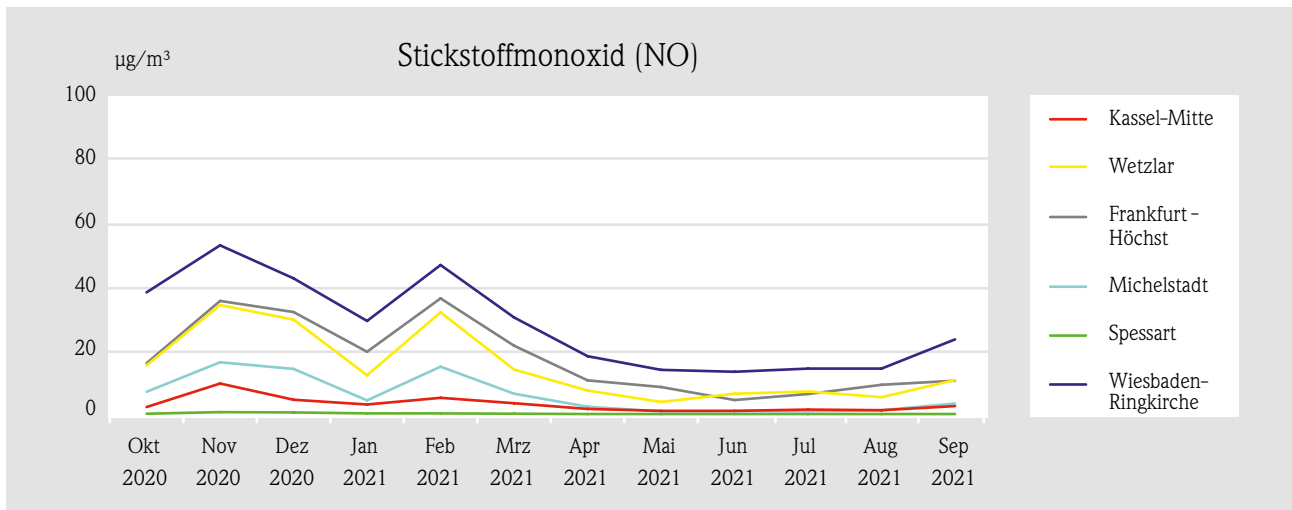
●	Luftmessstationen in Städten
▲	Luftmessstationen an Verkehrsschwerpunkten
■	Luftmessstationen im ländlichen Raum

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

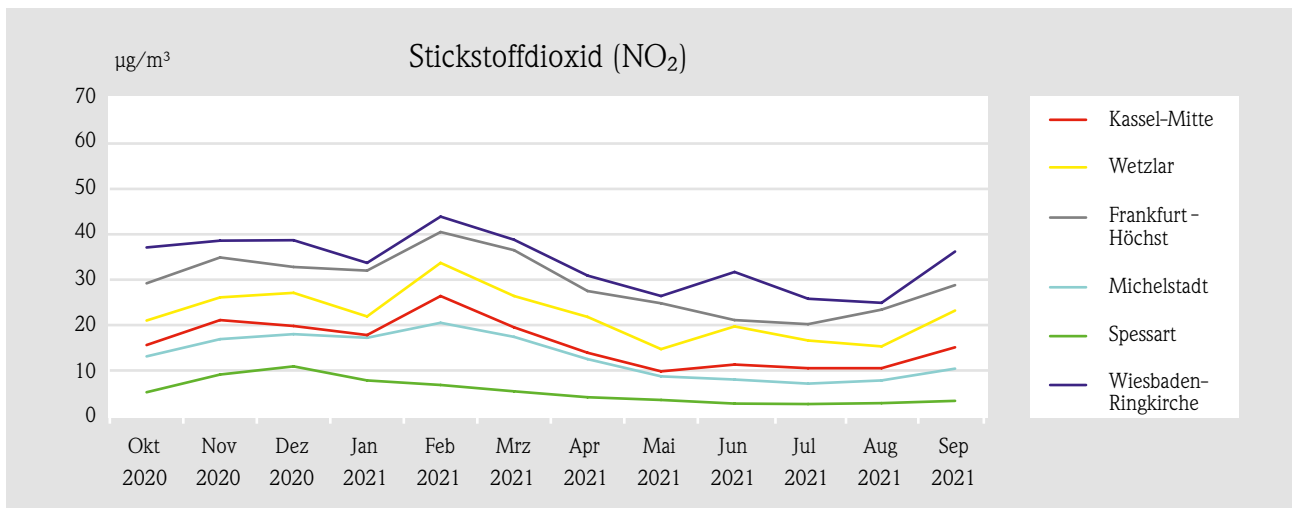


Für die Komponenten Stickstoffmonoxid (NO), Stickstoffdioxid (NO₂), Ozon (O₃), Schwefeldioxid (SO₂), Feinstaub (PM₁₀) und Feinstaub (PM_{2,5}), Benzol/Toluol/Xylol (BTX), Kohlenmonoxid (CO) und Lufttemperatur sind auf den folgenden Seiten je eine Verlaufsgrafik und eine Tabelle der Monatsmittelwerte 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/m³) angegeben. Für Kohlenmonoxid (CO) gilt die Einheit „Milligramm pro Kubikmeter Luft“ (mg/m³). Die gemessenen Feinstaubfraktionen PM₁₀ und PM_{2,5} beinhalten Partikel mit einem Durchmesser kleiner oder gleich 10 bzw. 2,5 Mikrometer (µm).

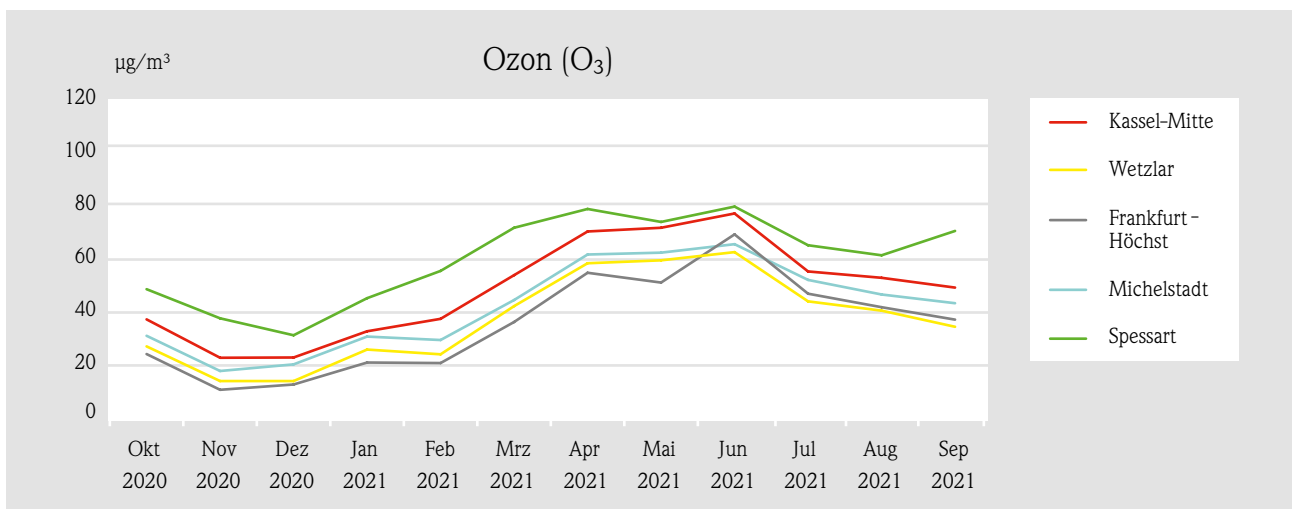
Monatsmittelwerte – Stickstoffmonoxid (NO) in $\mu\text{g}/\text{m}^3$



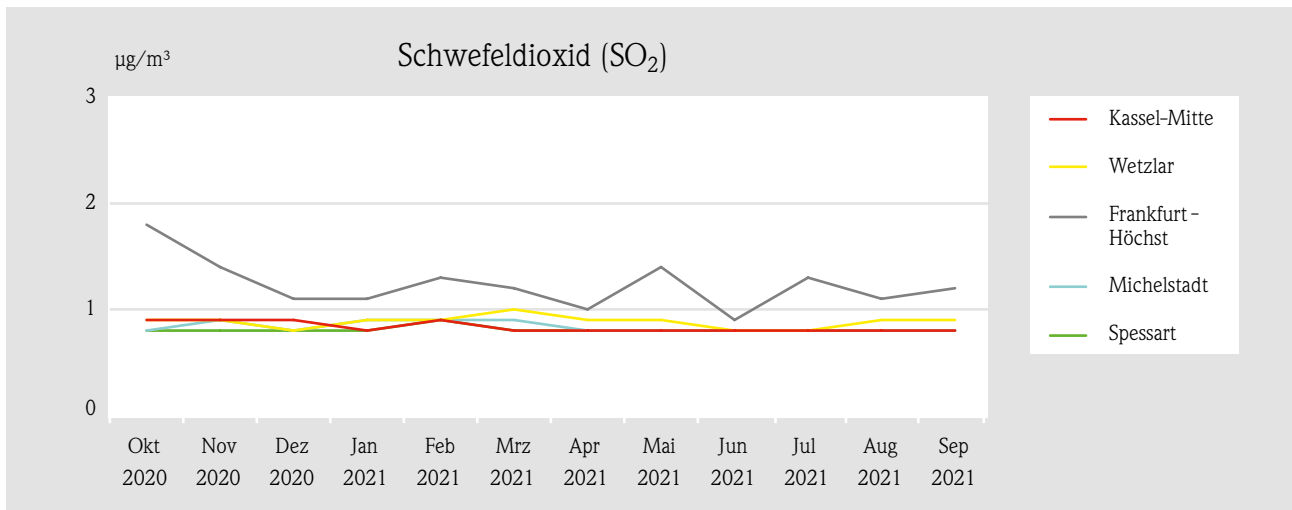
Monatsmittelwerte – Stickstoffdioxid (NO₂) in $\mu\text{g}/\text{m}^3$



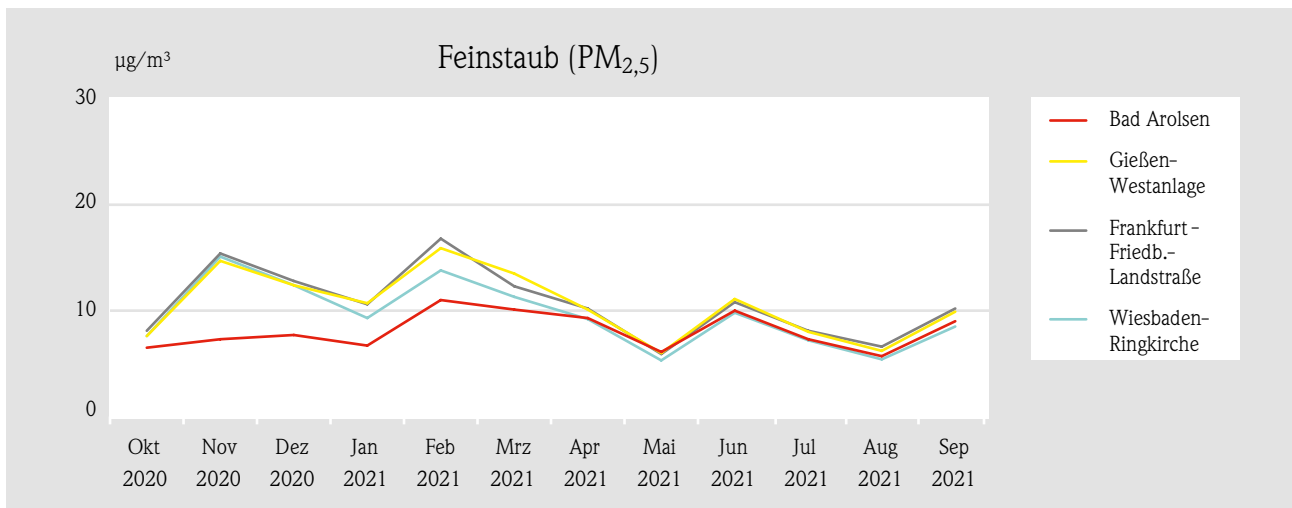
Monatsmittelwerte – Ozon (O₃) in $\mu\text{g}/\text{m}^3$



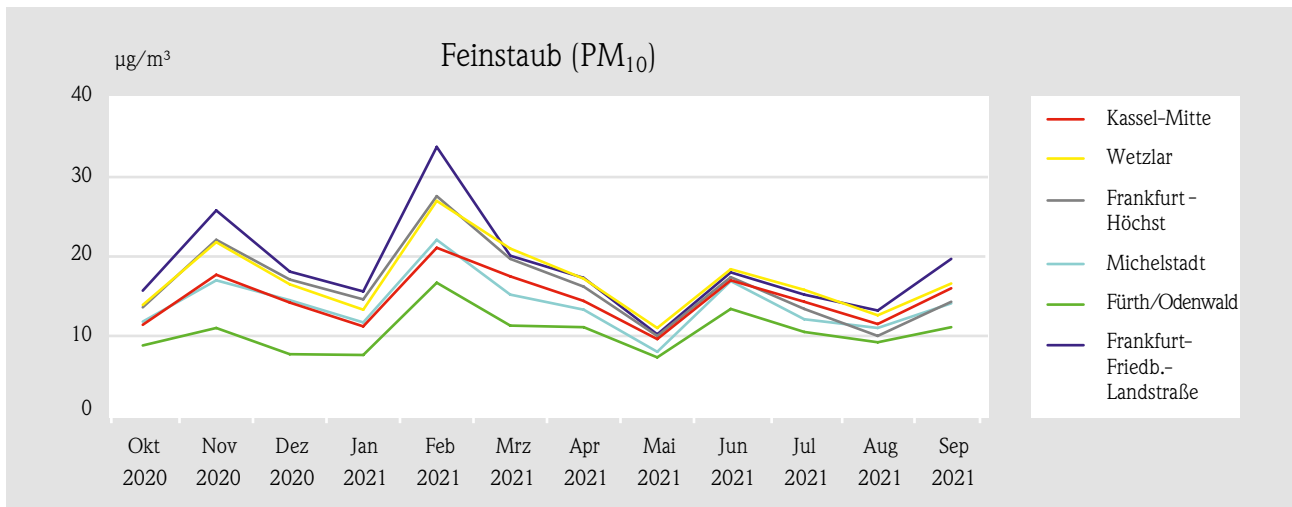
Monatsmittelwerte – Schwefeldioxid (SO₂) in µg/m³



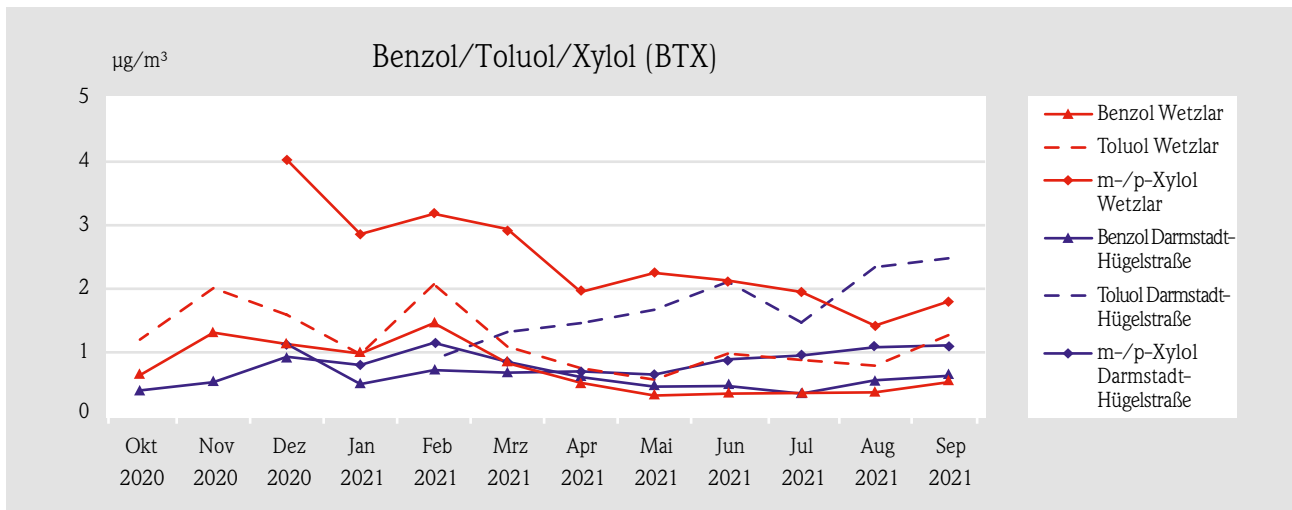
Monatsmittelwerte – Feinstaub (PM_{2,5}) in µg/m³



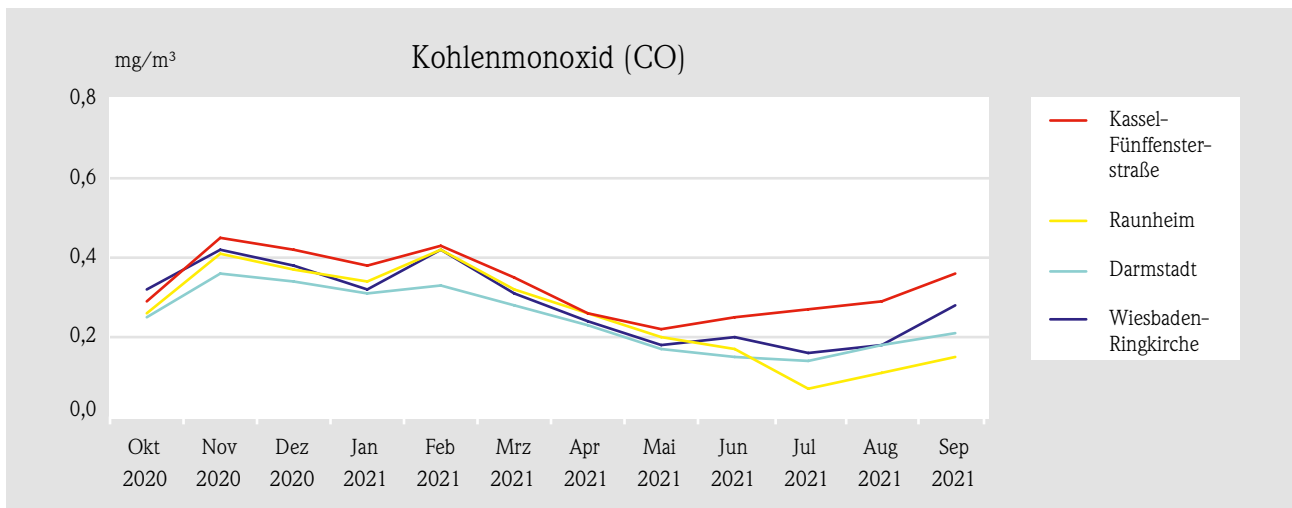
Monatsmittelwerte – Feinstaub (PM₁₀) in µg/m³



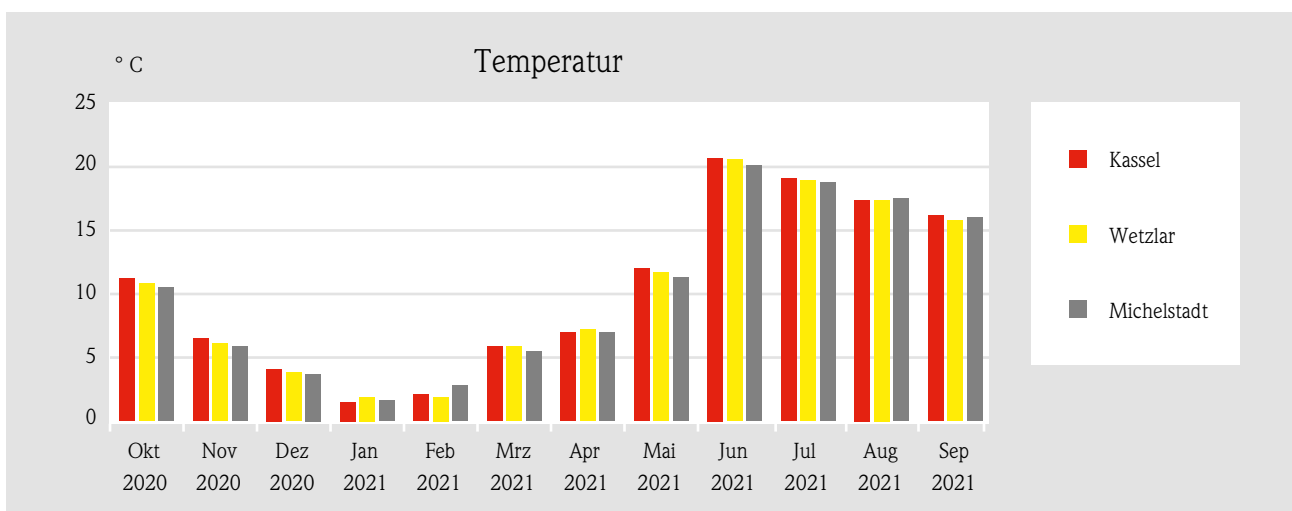
Monatsmittelwerte – Benzol/Toluol/Xylol (BTX) in $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Monatsmittelwerte – Kohlenmonoxid (CO) in mg/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.