



# Jahresbericht 2022

des Hessischen Landesamtes für Naturschutz, Umwelt und Geologie



Umwelt und Geologie

# **Jahresbericht 2022**

**des Hessischen Landesamtes  
für Naturschutz, Umwelt und Geologie**

Wiesbaden, 2023

# Impressum

ISSN 1610-496X

ISBN 978-3-89026-398-4

## **Jahresbericht 2022 des Hessischen Landesamtes für Naturschutz, Umwelt und Geologie**

Titelbild: - Menschen beim HLNUG (und Seite 7) © deSoto studios  
- Graureiher-Kolonien © Simon Thorn

Redaktion: Cornelia Löns-Hanna, Lars Möller, Dominik Opalka, Maximilian Steinbach,  
Franziska Vogt, Volker Zeisberger

Layout: Nadine Senkpiel

Herausgeber, © und Vertrieb:  
Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie  
Rheingaustraße 186  
65203 Wiesbaden

Telefon: 0611 69 39-111

Telefax: 0611 69 39-555

E-Mail: [vertrieb@hlnug.hessen.de](mailto:vertrieb@hlnug.hessen.de)

**[www.hlnug.de](http://www.hlnug.de)**

Das HLNUG auf Twitter:

**[https://twitter.com/hlnug\\_hessen](https://twitter.com/hlnug_hessen)**

Diese Broschüre wurde mit FSC-Zertifizierung gedruckt.

Nachdruck – auch auszugsweise – nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers.

# Inhalt

	Vorwort .....	5
	Organigramm .....	6
	Jahreschronik.....	8
	Fachbereiche / Internet .....	19
<b>W2</b>	ROLF LEONHARDT Konzeptvorschlag zur Auswahl von kommunalen Kläranlagen für den Ausbau mit einer 4. Reinigungsstufe zum Schutz der hessischen Gewässer.....	25
<b>W3</b>	CORNELIA LÖNS-HANNA Dürre und Trockenheit in Oberflächengewässern im Sommer 2022 .....	37
<b>W4</b>	HANNAH BUDDE, LAURA ECK, ANGELA PREIN Auswertung des Niedrigwassermessprogramms 2003 zur Abschätzung des Basisabflusses für die Quantifizierung der Grundwasserneubildung .....	47
<b>N2</b>	NIKLAS KRUMMEL Wildbienen- und Wespen-Monitoring in Hessen .....	59
<b>N2</b>	ANNIKA PLOENES Das Wolfszentrum Hessen .....	61
<b>N3</b>	JANINA KLUG & SIMON THORN Die Vogelschutzwarte im Zentrum für Artenvielfalt stellt sich vor .....	67
<b>N5</b>	JAN BERTHOLD & CHRISTINE THORN Naturschutzakademie & Freiwilligendienste – Netzwerk Bildung, Forschung & Praxis .....	73
<b>I1</b>	ANDRES HOY Das neue Klimaportal Hessen: Öffentlichkeitswirksame Visualisierung hessischer Klimadaten aus Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft.....	79
<b>I2</b>	MAXIMILIAN STEINBACH, KATJA WUCHER, FLORIAN DITAS & DIANA ROSE Erstmals alle Grenzwerte für Luftschadstoffe eingehalten – Ziel erreicht oder Ansporn für weitere Verbesserung der Luftqualität? .....	87
<b>I3</b>	JENS CORDES, BENNO STOFFELS, EGILL ANTONSSON & FURKAN SAKIS Emissionen aus kleinen Verbrennungsmotoren.....	93
<b>I4</b>	NORBERT VAN DER PÜTTEN Umgebungslärmkartierung geht mit neuen Rechenverfahren in die nächste Runde .....	101
<b>I5</b>	JÜRGEN WESTHOF & SABINE VANNESTÉ Das Fachzentrum Röntgen: Unser Beitrag für einen besseren Röntgenstrahlenschutz in Hessen .....	107

<b>G 2</b>	GABRIELE ADERHOLD, GISELLE MINOR, HEINZ-MARTIN MÖBUS & ANDREA WERNER Die Flutkatastrophe an der Ahr – Amtshilfe des HLNUG in Rheinland-Pfalz und frühgeschichtliche Hochwässer in Hessen .....	111
<b>G 3</b>	KATRIN LÜGGER, BENEDIKT KLEIN, NICO SCHUHMACHER & CHRISTIAN STEINICKE Bodenzustand hessischer Bach- und Flussauen – Belastungen der Auenböden der Diemel.....	119
<b>G 3</b>	VOLKER ZEISBERGER Werden PFAS in Böden durch biologische Prozesse mobilisiert? Ein einjähriger Laborversuch gibt Hinweise.....	131
<b>G 4</b>	JOHANN-GERHARD FRITSCHKE & SVEN RUMOHR Geothermische Erkundung in Baugebieten – eine Initiative des Landes Hessen .....	137
	Neues aus dem HLNUG.....	142

## Vorwort

Liebe Leserin, lieber Leser,



nach zweijähriger Pause halten Sie nun wieder einen HLNUG-Jahresbericht in den Händen. Dabei waren wir in den vergangenen zwei Jahren alles andere als untätig – im Gegenteil: Diese Zeit war für das Hessische Landesamt für Naturschutz, Umwelt und

Geologie eine ganz besondere. Damit meine ich nicht nur die Einschränkungen und sozialen Entbehrungen im Zuge der weltweiten Pandemie, die uns ja alle sehr gefordert haben. Es gab auch etwas zu feiern, nämlich unser 50. Jubiläum: 1971 war auf Erlass des damaligen Umweltministers die „Hessische Landesanstalt für Umwelt“ (HLfU) gegründet worden. Und schon 1946, also vor 75 Jahren, hatte die damalige Militärregierung die Errichtung eines „Hessischen Landesamts für Bodenforschung“ (HLfB) genehmigt, welches dann im Jahr 2000 mit der HLfU fusioniert wurde. Diese beiden runden Jahrestage galt es natürlich zu feiern – im Jahr 2021 war uns das pandemiebedingt allerdings nicht möglich, wir mussten unser Fest um ein Jahr verschieben. Allein unsere Festschrift wurde im Jubiläumsjahr fertiggestellt.

Vom 19. bis 23. Juli 2022 war es dann aber endlich so weit: Unter dem Jubiläumsmotto „Umwelt wirklich verstehen“ konnten wir unser Jubiläum begehen, mit einem Festakt im Biebricher Schloss in Wiesbaden und einer mehrtägigen Ausstellung zu all unseren Themen im Schlosspark. Dazu gab es ein breites Angebot an Exkursionen und Kinderaktionen. An dieser Stelle danke ich allen Kolleginnen und Kollegen, die dieses Fest durch Ihren Einsatz zu einem unvergesslichen Ereignis haben werden lassen.

Natürlich haben wir bei allem Feiern auch unsere fachlichen Aufgaben nicht vernachlässigt, schließlich sind wir nicht nur im gesetzlichen Auftrag, sondern auch mit viel Idealismus jeden Tag für die hessische

Umwelt im Einsatz. Getreu unserem Motto „Für eine lebenswerte Zukunft“ arbeiten im HLNUG aktuell an sechs Standorten 400 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter verschiedenster Disziplinen: Biologen, Geologen, Meteorologen, Chemiker, Physiker, Hydrologen, Ingenieure und viele mehr. Sie alle setzen sich jeden Tag engagiert und kompetent dafür ein, den Zustand von Natur und Umwelt in Hessen kontinuierlich zu verbessern.

In dem hier vorliegenden Jahresbericht für das Jahr 2022 möchten wir Ihnen wieder einen Überblick über die vielfältigen Aufgaben unserer Fachbereiche Wasser, Naturschutz, Luft, Lärm, Klimawandel und Anpassung, Strahlenschutz sowie Geologie geben.

Da ist zum einen der fortschreitende Klimawandel, der auch in Hessen längst angekommen ist und uns in vielen Bereichen beschäftigt: Hier finden Sie Texte zu den Themen „Dürre und Trockenheit“ sowie „Grundwasserneubildung“. In unserem neuen Klimaportal wird nun auch das Klima der Zukunft dargestellt. Mit dem neuen Zentrum für Artenvielfalt ist das HLNUG nun auch in diesem Bereich sehr breit aufgestellt – auch die Vogelschutzwarte und die Naturschutzakademie Hessen gehören jetzt dazu. Und auch das Thema Geothermie, also die Erdwärme und ihre Förderung, hat in Zeiten knapper Energieresourcen besonders an Bedeutung gewonnen.

Neben den hier kurz vorgestellten und vielen weiteren Themen informieren wir Sie im Jahresbericht 2022 auch über besondere Ereignisse, Neuigkeiten und Publikationen aus dem HLNUG.

Ich danke den Autorinnen und Autoren für ihre Beiträge und wünsche Ihnen eine interessante Lektüre.



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

# Organigramm

<b>PRÄSIDENT</b> Presse- und Öffentlichkeitsarbeit, Innenrevision				
<b>ABTEILUNG I</b> Immissions- und Strahlenschutz, Klimawandel	<b>ABTEILUNG N</b> Naturschutz	<b>ABTEILUNG W</b> Wasser	<b>ABTEILUNG G</b> Geologie und Boden, Geologischer Landesdienst	<b>ABTEILUNG Z</b> Zentrale Aufgaben
<b>DEZERNAT I1</b> Fachzentrum Klimawandel und Anpassung	<b>DEZERNAT N1</b> Lebensräume	<b>DEZERNAT W1</b> Gewässerökologie	<b>DEZERNAT G1</b> Geologische Grundlagen	<b>DEZERNAT Z1</b> Finanzen
<b>DEZERNAT I2</b> Luftreinhaltung: Immissionen	<b>DEZERNAT N2</b> Arten	<b>DEZERNAT W2</b> Gewässergüte	<b>DEZERNAT G2</b> Geologische Belange der Landesplanung, Georisiken	<b>DEZERNAT Z2</b> Organisation
<b>DEZERNAT I3</b> Luftreinhaltung: Emmissionen	<b>DEZERNAT N3</b> Staatliche Vogelschutzwarte	<b>DEZERNAT W3</b> Hydrologie, Hochwasserschutz	<b>DEZERNAT G3</b> Boden und Altlasten	<b>DEZERNAT Z3</b> Personal, Recht
<b>DEZERNAT I4</b> Lärm, Erschütterungen, Abfall, Luftreinhaltung: Anlagen	<b>DEZERNAT N4</b> Wildbiologische Forschungsstelle	<b>DEZERNAT W4</b> Hydrogeologie, Grundwasser	<b>DEZERNAT G4</b> Rohstoffgeologie	<b>DEZERNAT Z4</b> Informations-technik
<b>DEZERNAT I5</b> Strahlenschutz	<b>DEZERNAT N5</b> Naturschutzakademie, Freiwilligendienste			
	<b>DEZERNAT N6</b> Naturschutzdatenhaltung			

Stand: 2023



## Gründung des Zentrums für Artenvielfalt zum 1. Januar 2022

In Hessen gibt es einzigartige Natur, viele geschützte Arten und wertvolle Lebensräume. Um diese Vielfalt zu bewahren und zu fördern, wurde die vorhandene Kompetenz einzelner Fachbehörden im hessischen Naturschutz zum Jahresstart 2022 in einer Behörde gebündelt: Am 1. Januar 2022 nahm das hessische Zentrum für Artenvielfalt (ZfA) im Hessischen Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) seine Arbeit auf. Das ZfA übernimmt die Aufgaben der Abteilung Naturschutz des HLNUG, des Wolfszentrums Hessen, der Staatlichen Vogelschutzwarte, der Geschäftsführung des Lore-Steubing-Instituts, der Naturschutzakademie Hessen und einer Wildbiologischen Forschungsstelle des Landes. Diese Aufgaben sind über sechs Dezernate verteilt. Die Vorteile und Synergien der Zusammenarbeit liegen auf der Hand: So sind etwa die Daten der Staatlichen Vogelschutzwarte inzwischen in die landesweite Hessische Biodiversitätsdatenbank (HEBID) integriert, so dass Planungsträger, Behörden und Verbände in Hessen nur noch eine Anfrage an einer Stelle platzieren müssen, um alle in Hessen zur Verfügung stehenden Daten zu Tier- und Pflanzenarten und Lebensraumtypen und Biotopen zu erhalten. Durch gemeinsame Arbeitsgruppen, Projekte und Fachthemen findet künftig ein inhaltlicher Austausch zwischen den Mitarbeitenden

der verschiedenen Einheiten statt, der für alle anregend und inspirierend sein kann und neue übergreifende Konzepte hervorbringen wird. So wird die neue Landesfachbehörde für Naturschutz in Hessen künftig mit einer Stimme sprechen und sich damit auch am gesellschaftlichen Diskurs beteiligen.



Der Aufbau des neuen Zentrums für Artenvielfalt am HLNUG  
© HLNUG & stock.adobe.com (siehe Text in Grafik oben)



<https://www.hlnug.de/themen/naturschutz>

## Weltwassertag 2022: Wie geht es unserem Wasser?

Das Grundwasser ist eine lebensnotwendige Ressource – auch wenn wir es selten zu Gesicht bekommen. Der diesjährige Weltwassertag stand deshalb unter dem Motto: „Grundwasser – Der unsichtbare Schatz“.

Wie bereits in den Jahren vor der Corona-Pandemie veranstaltete das HLNUG gemeinsam mit dem Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz am 22. März

wieder einen Tag der offenen Tür an der Rheinwasser-Untersuchungsstation Mainz-Wiesbaden seitlich der Theodor-Heuss-Brücke. Mehrere Schulklassen und zahlreiche interessierte Bürgerinnen und Bürger informierten sich über Zweck und Funktionsweise der Messstation. Anhand von Postern und weiterem Informationsmaterial wurde anschaulich erklärt, wie es um die hessischen Gewässer bestellt ist und mit welchen

Methoden sie überwacht werden. Auf dem Außengelände des HLNUG in Wiesbaden-Biebrich drehte sich an diesem Tag derweil alles ums Thema Grundwasser. Die Fachleute des HLNUG vermittelten anhand verschiedener Aktionen viel Wissenswertes, etwa wie Verschmutzungen ins Grundwasser gelangen. Zwei Modelle luden zum selbständigen experimentieren ein, ein Erklärfilm zeigte, warum und wie eine Grundwasserprobe genommen wird. Eine solche konnte vor Ort auch real entnommen und im Anschluss untersucht werden. So wurde beim Weltwassertag am HLNUG der „unsichtbare Schatz“ zumindest vorübergehend sichtbar und begreifbar.



An einem Querschnitt-Modell wird deutlich, wie Verunreinigungen ins Grundwasser gelangen © HLNUG



<https://www.hlnug.de/themen/wasser/weltwassertag>

## Girls' Day: Junge Forscherinnen unterwegs mit dem HLNUG

Am 28. April 2022 fanden im Rahmen des Girls' Day im HLNUG wieder Aktionen für junge Nachwuchsforscherinnen statt. Anhand mehrerer Stationen wurden die verschiedenen Themen des HLNUG vorgestellt. Beim Besuch einer Luftmessstation etwa ging es darum, wie sauber die Luft ist, die wir täglich einatmen. Die Schülerinnen konnten dabei auch selber kleine Experimente durchführen. Ums Thema Wasser ging es bei einer Exkursion an den Wiesbadener Wellritzbach: Dort wurde mit Gummistiefeln, Kescher, Sieb und Handlupen nach Kleintieren gesucht. Dabei lernten die Mädchen viel über die gewässerökologische Arbeit des HLNUG, etwa nach welchen Kriterien die Gewässerqualität beurteilt wird. Auch das Thema Boden kam beim Girls' Day nicht zu kurz: Der Vormittag wurde dazu genutzt, die Eigenschaften von Böden zu untersuchen. Dabei wurden auch Regenwürmer und andere Tiere, die im Boden leben, erforscht. Eine weitere Gruppe wurde durch die Rheinwasseruntersuchungsstation Mainz-Wiesbaden geführt und konnte die MS

Burgund, das Mess- und Untersuchungsschiff des Landes Rheinland-Pfalz, besichtigen. An Bord konnten die Mädchen ebenfalls Experimente durchführen und allerhand über Gewässerschutz lernen.



Beim Girls' Day wurden verschiedene Themen des HLNUG präsentiert © HLNUG



<https://www.hlnug.de/ueber-uns/kennenlernen>

## 11. Hessischer Klimaempfang

Am 4. Mai 2022 konnte nach zwei Jahren Pause endlich wieder ein Hessischer Klimaempfang stattfinden: Über 300 Gäste aus Politik, Gesellschaft, Wis-

senschaft und Forschung folgten der Einladung des Hessischen Landesamtes für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) und des Hessischen Ministe-

riums für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUKLV) ins Schloss Biebrich in Wiesbaden. Durch das Programm führte Fernsehmoderator Thomas Ranft, Umweltministerin Priska Hinz erinnerte in ihrer Begrüßung an die Flutkatastrophe im Ahrtal und die desaströse Lage der Wälder in Hessen. HLNUG-Präsident Prof. Dr. Thomas Schmid brachte in seiner Begrüßung die Auswirkungen des Klimawandels für Hessen auf den Punkt. Gastredner Prof. Dr. Ottmar Edenhofer, Direktor und Chefökonom des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung (PIK) und Direktor des Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change (MCC) sprach über den Green Deal der EU, den Krieg in der Ukraine und die drängendsten Aufgaben der Weltgemeinschaft, um das Klima zu stabilisieren – eindringlich sein Appell: *„Wenn es uns nicht gelingt, in der nächsten halben Dekade einen globalen Kohleausstieg zu bewerkstelligen, werden wir die Tür zum 1,5-Grad-Ziel unwiderruflich zuschlagen.“* Seine Schlussworte – wie auch sein gesamter Vortrag – hinterließen bei den Gästen einen bleibenden Eindruck: *„Unsere Generation hat nicht den Luxus, erst die eine Krise zu lösen und dann die andere. Wir müssen*

*die Krise der europäischen Friedensordnung und die Klimakrise zugleich lösen. Das erfordert Intelligenz und Mut – und ich traue uns diesen Mut und diese Intelligenz zu!“* Alle Reden des Abends sind über den YouTube-Kanal des HLNUG abrufbar.



Prof. Dr. Ottmar Edenhofer, Direktor und Chefökonom des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung (PIK), bei seinem Vortrag auf dem 11. Hessischen Klimaempfang © DeSoto Studios



<https://www.youtube.com/playlist?list=PLaXOcJ1eN6lIjKZAxEZ8Sw-EfkHM0aZbJ>

## Stadtklimaspazierring Wiesbaden

Der Klimawandel ist in unseren Städten besonders spürbar. Die sommerliche Hitze ist dort meist intensiver, Abhilfe bringen nur Pflanzen und Wasser in der Stadt oder kalte Luft aus dem Umland. Um die Besonderheiten des Stadtklimas zu beleuchten, hat das Fachzentrum Klimawandel und Anpassung am HLNUG im Rahmen der 50-Jahr-Feier einen Stadtklimaspazierring durch Wiesbaden angeboten. Entlang des etwa zweistündigen Spaziergangs waren insbesondere die Temperaturunterschiede an verschiedenen Orten zu spüren. Anhand von fünf ausgewählten Stationen wurden die Auswirkungen des Klimawandels wie Hitze und Starkregen anschaulich erklärt und Möglichkeiten diskutiert, wie man sich gegen die veränderten Lebensbedingungen unter dem Klimawandel wappnen kann. Die notwendigen Veränderungen für Klimaanpassung und Klimaschutz bieten auch immer eine Chance für weitere Verbesserungen, um Städte und Gemeinden lebenswerter

zu gestalten. So ist es kein Wunder, dass alle Spaziergänge sehr individuelle und spannende Diskussionen hervorgebracht haben. Insgesamt zehnmal wurde der Spaziergang bereits angeboten. Interessierte, die das Stadtklima auf eigene Faust erkunden wollen, können die Broschüre zum Spaziergang verwenden und sich durch die fünf Stationen und viele Informationen leiten lassen.



[https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/klima/Stadtklimaspazierring/Broschuere\\_Stadtklimaspazierring\\_220531\\_Druck.pdf](https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/klima/Stadtklimaspazierring/Broschuere_Stadtklimaspazierring_220531_Druck.pdf)

## Klimawandel in der Praxis: KLIMPRAX

In seiner Reihe „KLIMPRAX – Klimawandel in der Praxis“ startete das Fachzentrum Klimawandel und Anpassung am HLNUG 2022 drei weitere Projekte: Im Projekt Gewerbegebiete – klimaangepasst und fit für die Zukunft werden Gewerbebestände unter die Lupe genommen, die oft besonders empfindlich auf Klimaänderungen wie Hitzebelastung, Starkregen und Sturm reagieren. Gewerbegebiete können durch Umgestaltung auch attraktive Orte im Stadtgefüge darstellen. Eine Maßnahme zum Erfolg ist die Umsetzung naturbasierter Lösungen zur Klimaanpassung.

Das Projekt KLIMPRAX Krisenvorbereitung wurde im Mai 2022 mit einem Kick Off-Workshop beworben, regelmäßig wird es von einem Begleitkreis beraten.

Eine gemeinsam mit dem HMUKLV abgehaltene Pressekonferenz am 07. November 2022 sowie das landesweite Seminar am 14. November 2022 gaben den Startschuss für die erste Übung zum Extremwetterzenario Hitze und Dürre, welches im Frühjahr 2023 zuerst im RP Kassel mit einem Landkreis, später aber auch in den anderen Regierungspräsidien mit je einem Landkreis geübt wird. Zwei weitere Extremwetterzenarien sollen im Laufe des Projektes geübt werden: Starkregen sowie Schnee/Sturm.

Das Projekt KLIMPRAX Stadtgrün verfolgt das Ziel, die Klimaresilienz von städtischem Grün zu verbessern, es robuster zu machen gegenüber dem Stadtklima der Zukunft. Gleichzeitig hat vitales Grün durch Verschattung und Verdunstungskühle einen günstigen Einfluss auf das Stadtklima.

Ein Projektbaustein ist die Beteiligung des Fachzentrums Klimawandel und Anpassung an Ausstellungs-

elementen der Landesgartenschau 2023 in Fulda (LGS). Positive Umsetzungsbeispiele können so ein breites Publikum erreichen und für die Bedeutung von Stadtgrün sensibilisieren.



<https://www.hlnug.de/themen/klimawandel-und-anpassung/projekte/klimprax-krisenvorbereitung>



Gewinnerkonzept für den Schaugarten Bauwerksbegrünung  
© A. Werner, A. Jeschek, Hochschule Geisenheim University



<https://www.hlnug.de/themen/klimawandel-und-anpassung/projekte/klimprax-stadtgruen>

## 50-Jahr-Feier des HLNUG

Im Jahr 2021 wegen Corona nicht durchführbar, war es 2022 dann endlich soweit: Das HLNUG feierte sein 50-jähriges Jubiläum. 1971 als Hessische

Landesanstalt für Umwelt (HLfU) gegründet, haben die Fachleute am HLNUG seit nunmehr fünf Jahrzehnten die hessische Umwelt im Blick: Wie sau-

ber ist die Luft, die wir atmen? Wie steht es um die Flüsse und Seen in Hessen? Und was können wir tun, um Insekten besser zu schützen? Antworten auf diese und noch viele weitere Fragen bot eine Ausstellung mit vielen Exponaten, Experimenten und Aktionen, die zwischen dem 19. und 23. Juli 2022 zahlreiche Besucherinnen und Besucher, aber auch viele Schulklassen und Kindergärten in den Schlosspark in Wiesbaden-Biebrich lockte. In fünf großen Pagodenzelten gab es zu den Themen Wasser, Luft und Klimawandel, Naturschutz, Geologie und Boden und vielen weiteren Umweltthemen für Jung und Alt allerhand zu lernen und zu entdecken. So konnte man etwa selber ausprobieren, wie bei einem Vulkan der Krater entsteht, den pH-Wert verschiedener Flüssigkeiten messen, bei einem Quiz verschiedene Arten von Lärm erraten oder im gläsernen Bach des HLNUG kleine Wassertiere entdecken. Die kleinen Gäste konnten auf einem „Entdeckerpass“ an jeder Station Stempel sammeln und bekamen am Ende eine Belohnung. Als Ergänzung zur Ausstellung gab es ein breites Angebot an Exkursionen in und um Wiesbaden: Dabei konnten sich Interessierte beispielsweise durch einen Steinbruch führen lassen, die verschiedenen Tiere in einem Gewässer kennenlernen, die Vögel in der Stadt und im Park bestaunen oder verstehen, wie der Klimawandel das Leben in der Stadt beeinflusst. Ein Festakt mit 400 geladenen Gästen am Abend des 19. Juli 2022 im Biebricher Schloss, rundete das Jubiläumsfest ab. Dabei wurde auch der neue Imagefilm des HLNUG präsentiert, der auf dem YouTube-Kanal des HLNUG abgerufen werden kann.



„Umwelt wirklich verstehen“ – darum ging es bei der Ausstellung zum 50. Jubiläum des HLNUG gerade auch für die kleinen Gäste © Franziska Vogt/HLNUG



[hlnug.de/50-jahre-hlnug/ausstellung](https://www.hlnug.de/50-jahre-hlnug/ausstellung)



[https://www.youtube.com/watch?v=RYUpax2\\_N8Qgruen](https://www.youtube.com/watch?v=RYUpax2_N8Qgruen)

## Online-Seminarreihe Radon in Hessen

Das Edelgas Radon ist vielen noch kein Begriff, dabei ist es nicht ungefährlich: Denn nach dem Rauchen ist Radon die zweithäufigste Ursache für Lungenkrebs. Das HLNUG und das Hessische Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUKLV) haben deshalb zur Aufklärung gemeinsam eine Online-Seminarreihe zum Thema Radon aufgelegt. Zwischen Oktober 2021 und Juni 2022 gab es im 14-tägigen Rhythmus Veranstaltungen, zu denen durchschnittlich jeweils 60

Teilnehmende zugeschaltet waren. Die Seminarinhalte deckten mit insgesamt 18 Vorträgen ein breites Themenspektrum ab und betrachteten Radon aus verschiedenen Blickwinkeln. Die Teilnehmenden erhielten vielfältige Informationen zu Radon, seiner Herkunft und Verbreitung in Hessen, dem Zusammenhang zwischen Radonkonzentration und dem geologischen Untergrund, zu rechtlichen Regelungen, den laufenden Messprogrammen, der Festsetzung von Radonvorsorgegebieten bis zu Informationen zu



Radon ist unsichtbar und geruchslos, aber eine häufige Ursache für Lungenkrebs © HLNUG

aktuellen Forschungsansätzen und dem Verbraucher- und Gesundheitsschutz. Die Vortragsinhalte können als PDF-Dateien auf der Homepage des HLNUG abgerufen werden.



[hlnug.de/geologie/online-seminar](https://hlnug.de/geologie/online-seminar)

## Radonsymposium

Am 6. Juli 2022 fand das erste Hessische Radonsymposium im Roncalli-Haus in Wiesbaden statt, das vom Hessischen Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) und dem Hessischen Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUKLV) veranstaltet wurde. Mehr als 130 Teilnehmerinnen und Teilnehmer fanden sich am Veranstaltungsort ein, so auch Staatsministerin Priska Hinz und HLNUG-Präsident Prof. Dr. Thomas Schmid, die Grußworte an die Anwesenden richteten, sowie Dr. Inge Paulini vom Bundesamt für Strahlenschutz, die in die Thematik einführte. In der Folge wartete das Radonsymposium mit zwölf Vorträgen und mehreren Informationsständen auf. Die Referentinnen und Referenten, allesamt Expertinnen und Experten auf Ihrem Gebiet, beleuchteten verschiedene Aspekte des Radons, von der Entstehung über aktuelle Forschungsarbeiten bis zum Gesund-

heits- und Verbraucherschutz. Ein besonderer Fokus wurde dabei auf den Zusammenhang von Geologie und Radon gerichtet.



Einführungsvortrag von Frau Dr. Inge Paulini, Präsidentin des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) © HLNUG



[hlnug.de/geologie/online-seminar/radon-symposium](https://hlnug.de/geologie/online-seminar/radon-symposium)

## Das Lore-Steubing-Institut (LSI) am HLNUG - ein wichtiges Bindeglied zwischen Wissenschaft und Naturschutzpraxis in Hessen

LSI Informationsabend für Abgeordnete des Landtages: Am Mittwoch, den 2. November 2022, stellten die hessische Umweltministerin Frau Hinz und

die Mitglieder des Verbunds das Lore-Steubing-Institut (LSI) und seine bundesweite Vorreiter-Rolle vor. Das LSI ist das im bundesweiten Vergleich

erste Institutionen-übergreifende Forschungsinstitut unter direkter Einbindung einer technisch-wissenschaftlichen Umweltbehörde, die sich im Geschäftsbereich des Hessischen Umweltministeriums befindet. Nach einer kurzen Begrüßung der hessischen Umweltministerin Priska Hinz und des Präsidenten des HLNUG sowie Geschäftsführendem Direktor des LSI Herr Prof. Dr. Schmid konnte die Funktion des LSI vorgestellt werden. Mit dem LSI wird das ökologische Fachwissen aller hessischen Forschungseinrichtungen systematisch und institutionell gebündelt und mit der hessischen Naturschutzpraxis verknüpft. Gemeinsam führen die Partner des LSI angewandte Forschungsprojekte zu in Hessen relevanten Naturschutz- und Biodiversitätsthemen durch, vermitteln Fachwissen zu Naturschutz und Biodiversität in öffentliche Bereiche Hessens und beraten die Politik. An kleinen Ständen wurden aktuelle Forschungsthemen der Forscherinnen und Forscher des Lore-Steubing-Instituts vorgestellt. Die

geförderten Projekte des LSI sind unter unten stehendem Link einsehbar.



Das Logo des Lore-Steubing-Instituts © HLNUG



<https://www.hlnug.de/themen/naturschutz/lore-steubing-institut>

## Forschungsbohrung Riedstadt-Erfelden

Im Auftrag des HLNUG wurde vom Sommer 2020 bis Herbst 2021 eine Forschungsbohrung im nördlichen Oberrheingraben bei Riedstadt-Erfelden ausgeführt. Mit der Bohrung sollen Fragen der geologischen und klimatischen Entwicklung der letzten rund fünf Millionen Jahre beantwortet werden. Weiterhin werden mit Hilfe von geophysikalischen Vermessungen des Bohrlochs und im Umfeld der Bohrung Untersuchungen zur Neotektonik im nördlichen Oberrheingraben stimuliert. Ursprünglich war eine Endtiefe von 500 Metern geplant. Technische Schwierigkeiten aufgrund der komplexen geologischen Verhältnisse haben aber die Tiefe auf 323 Meter beschränkt. Das Kernmaterial ist dennoch von sehr guter Qualität, so dass schon hunderte Proben genommen werden konnten und verschiedene Untersuchungen des Bohrkerns begonnen wurden. Um die wissenschaftliche Bearbeitung des Kerns zu koordinieren, wurden die Kerne im Bohrkernlager des HLNUG in Villmar-Aumenau ausgelegt und am 23. Juni 2022 erste Ergebnisse Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern von verschiedenen Universitäten, geologischen

Diensten und Forschungseinrichtungen vorgestellt und mit ihnen diskutiert.



a) Bohrplatz b) Bohrkern aus dem Tiefenbereich von 143 bis 144 m der Forschungsbohrung bei Riedstadt-Erfelden  
© Dr. Christian Hoselmann/HLNUG



[www.hlnug.de/themen/geologie/geologische-landesaufnahme/bohrung/bohrprogramm-hlug/2020](http://www.hlnug.de/themen/geologie/geologische-landesaufnahme/bohrung/bohrprogramm-hlug/2020)

## Wiesbadener Grundwassertag 2022

Seit 2014 gibt es jedes Jahr den „Wiesbadener Grundwassertag“ – 2022 stand er unter dem Motto „Der Zustand des Grundwassers nach 20 Jahren WRRL – Herausforderungen ohne Ende? – Die gute mengenmäßige und chemische Zukunft“. Um diese Ziele der Wasserrahmenrichtlinie zu erreichen, müssen künftige Herausforderungen wie Klimawandel und Demographie klar benannt und unter Berücksichtigung aller Handlungsoptionen neue integrale Lösungskonzepte gefunden werden. Auf dem Wiesbadener Grundwassertag am 13. September 2022 wurden dazu verschiedene Projekte und Ansätze vorgestellt und diskutiert. Begrüßt wurden die Teilnehmenden durch HLNUG-Präsident Prof. Dr. Thomas Schmid, im Anschluss daran wurde der Blick zunächst geweitet für die europäische Perspektive: „Was passiert in Brüssel?“ lautete der Titel des ersten Vortrags, der zweite stellte „Beste Practice“-Beispiele zur Trendumkehr in der Grundwasserverschmutzung vor. Es folgte ein Beispiel aus Dänemark, bei dem es darum ging, wie sich Nährstoffverluste aus der Landwirtschaft minimieren lassen. Eine Bestandsaufnahme aus Schleswig-Holstein ging der Frage nach, welche Spuren mehr als 20 Jahre Wasser-

rahmenrichtlinie im Grundwasser hinterlassen haben. Nach der Mittagspause richtete sich der Blick auf Hessen, zunächst ging es um die Frage „Wie steht es um das hessische Grundwasser?“, dann um regionale und kommunale Wasserkonzepte und zu guter Letzt auch um den Zustand der hessischen Fließgewässer. Wer die Vorträge nachlesen möchte, kann sie auf der HLNUG-Homepage herunterladen.



Das HLNUG bei der Arbeit: Hier wird eine Grundwasserprobe entnommen © Franziska Vogt/HLNUG



[hlnug.de/themen/wasser/veranstaltungen/wiesbadener-grundwassertag](https://hlnug.de/themen/wasser/veranstaltungen/wiesbadener-grundwassertag)

## Spurenstoffe im hessischen Ried - Erste Ergebnisveranstaltung

Das Hessische Ried trägt wesentlich zur Versorgung der Metropolregion Rhein-Main mit Trinkwasser bei. Wegen der hohen Siedlungsdichte beherbergt es jedoch auch Fließgewässer, die durch Abwasser und intensive Landwirtschaft belastet sind – über diese Gewässer können auch schädliche Spurenstoffe in das Grundwasser gelangen. Um sich darüber auszutauschen, wie sich dies unterbinden lässt, trafen sich im Juni 2021 erstmals fast 40 Verbände, Unternehmen und Kommunen zum Dialogforum „Spurenstoffe im Hessischen Ried“. Am 27. September 2022 fand dann öffentlich die erste Ergebnisveranstaltung des Dialogforums statt: Die Akteure trafen sich im Haus am Dom in Frankfurt in einzelnen Arbeitsgruppen und diskutierten das weitere Vorgehen. Die Ergebnisse der Arbeitsgruppen wurden anschließend Umweltmi-



Die Ergebnisse der Arbeitsgruppen wurden an Umweltministerin Priska Hinz übergeben © Rolf Leonhardt/HLNUG



[https://www.spurenstoff-dialog-hessen.de/hessisches-ried/aktuelles/meldungen/2022-09-27\\_Ergebnisveranstaltung.php](https://www.spurenstoff-dialog-hessen.de/hessisches-ried/aktuelles/meldungen/2022-09-27_Ergebnisveranstaltung.php)

nisterin Priska Hinz überreicht. Zu den insgesamt 22 Vorschlägen für Maßnahmen gehörte beispielsweise die Empfehlung, die Bevölkerung besser darüber aufzuklären, wie Arzneimittel richtig zu entsorgen sind. Erste Fortschritte im Hinblick auf die Elimination

von Spurenstoffen wurden bereits erzielt, beispielsweise durch den Ausbau der vierten Reinigungsstufe in Kläranlagen. In einer zweiten Phase werden nun einzelne Projektgruppen die Umsetzung der Maßnahmenvorschläge begleiten und beratend unterstützen.

## Hessen in Space und Fernerkundung am HLNUG

2022 fand zum ersten Mal die Konferenz „Hessen in Space“ der Landesregierung statt, zu der rund 175 Vertreterinnen und Vertreter aus dem Bereich Raumfahrt nach Frankfurt am Main gekommen waren. Die Konferenz soll zum Austausch und der Vernetzung der verschiedenen Raumfahrt-Akteure in Hessen beitragen. Neben dem Hessischen Ministerpräsidenten Boris Rhein und dem hessischen Raumfahrtkoordinator Prof. Dr.-Ing. Johann-Dietrich Wörner, der in seinem Vortrag u. a. satellitengestützte Auswertungen des HLNUG zeigte, waren auch prominente Gäste wie Astronaut Dr. Alexander Gerst anwesend.

Das HLNUG präsentierte auf der Konferenz satellitengestützte Auswertungen zu Umweltthemen. Um diese umsetzen zu können, hat das HLNUG eine Kompetenzstelle Fernerkundung geschaffen. Diese evaluiert, welche Möglichkeiten die Fernerkundung für den Umweltbereich bietet und steht dazu auch im Austausch mit weiteren Landesumweltämtern, aber auch Behörden des Bundes. Satellitendaten sind für die Aufgaben des HLNUG unabdingbar:

Um Situationen bewerten zu können, sind beispielsweise bei Hochwasserereignissen, aber auch bei der Beurteilung von Natur, Böden und weiteren Faktoren die Daten aus der Erdbeobachtung ein wichtiger Bestandteil der Arbeit.



Der Stand des HLNUG bei der Konferenz „Hessen in Space“  
© Mitja Wallauer/HLNUG



<https://www.hlnug.de/themen/fernerkundung>

## Die 6. Landesnaturschutztagung

Die diesjährige Landesnaturschutztagung am 6. November stand ganz im Zeichen der Vernetzung und Nutzung von Synergien: Zum einen ging es um die Bündelung und Stärkung des fachbehördlichen Naturschutzes in Hessen durch die Gründung eines Zentrums für Artenvielfalt im HLNUG. Dieses neue Zentrum stellte sich und seine vielfältigen Aufgaben vor: Wolfszentrum, Vogelschutzwarte, Naturschutz-

akademie, Lore-Steubing-Institut und alle weiteren Dezernate der bisherigen Abteilung Naturschutz am HLNUG – sie alle ziehen künftig gemeinsam an einem Strang mit dem großen Ziel, Hessens Artenvielfalt zu erhalten. HLNUG-Präsident Prof. Dr. Thomas Schmid formulierte es in seiner Begrüßung so: „Ob Roter Würfel-Dickkopffalter, Grünstieliger Streifenfarn oder Europäischer Ziegenmelker – so

*schillernd und vielfältig wie die Namen sind auch unsere Flora und Fauna in Hessen. Doch diese Vielfalt ist in Gefahr: Denn diese Arten sind wie unzählige weitere in Hessen gefährdet oder vom Aussterben bedroht. Wenn wir nichts dagegen unternehmen, droht ein Großteil unserer heimischen Arten zu verschwinden, und zwar unwiederbringlich.*“ Zahlreiche Vorträge und Redebeiträge bereicherten die Diskussion und den Austausch untereinander. Im Mittelpunkt stand die Herausforderung, wie dem Artensterben, auch in Hessen, effektiv begegnet werden kann. Welche Wege sind in dieser komplexen Gemengelage die richtigen? Was können wir von anderen lernen und woher bekommen wir neue Impulse? Diese und weitere Fragen diskutierten in Gießen rund 700 Naturschützerinnen und Naturschützer gemeinsam mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, Naturschutzverbänden, den hessischen Naturschutzverwaltungen und Ehrenamtlichen. *„Die Natur schützen können*

*wir nur gemeinsam,*“ so HLNUG-Präsident Schmid. *„Deshalb sind Austausch und Vernetzung so wichtig.“*



HLNUG-Präsident Prof. Dr. Thomas Schmid begrüßt die Teilnehmer der 6. Landesnaturschutztagung  
© Franziska Vogt/HLNUG

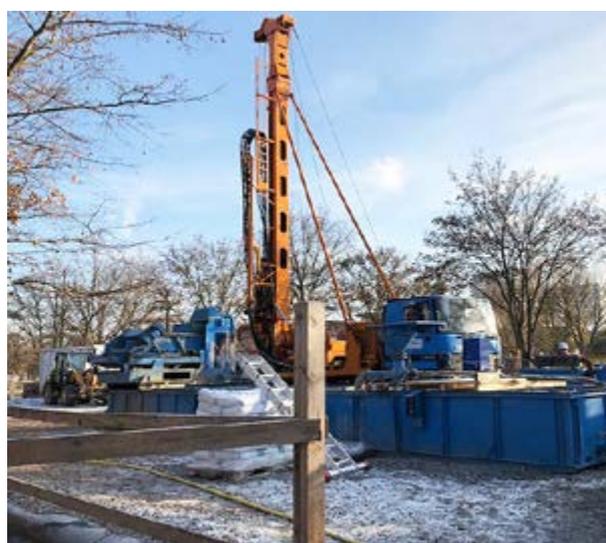


[hlnug.de/themen/naturschutz/veranstaltungen-und-ausstellungen/landesnaturschutztagung](https://hlnug.de/themen/naturschutz/veranstaltungen-und-ausstellungen/landesnaturschutztagung)

## Erdwärme für Frankfurt: Forschungsbohrung am Rebstockbad

Das Thema Erdwärme war im Jahr 2022 in aller Munde – der Angriffskrieg gegen die Ukraine und die Suche nach alternativen Energien als Reaktion auf den Klimawandel hatten das Interesse an der Geothermie deutlich gesteigert. Auch in Frankfurt am Main soll Geothermie in Zukunft eine größere Rolle spielen. Nachdem das HLNUG schon vor rund zehn Jahren eine geothermische Anomalie unterhalb der Stadt identifiziert hat, bei der davon auszugehen ist, dass schon in relativ geringer Tiefe sehr hohe Temperaturen zu erwarten sind, wurde im Rahmen der Geologischen Landesaufnahme eine Forschungsbohrung konzipiert. Sie soll etwa 700, maximal 800 Meter tief vordringen und neue Erkenntnisse über den Untergrund von Frankfurt zu Tage fördern. Die Stadt Frankfurt erhofft sich von der Bohrung Erkenntnisse darüber, inwiefern sich das Erdwärmepotenzial unterhalb von Frankfurt ausschöpfen und zum Heizen nutzen lässt.

Der Startschuss für die Bohrung fiel am 13. Dezember, bei einem gemeinsamen Pressetermin wurde das Projekt durch die beteiligten Partner vorgestellt: Die



Die Forschungsbohrung am Frankfurter Rebstockbad soll eine Tiefe von 800 Metern erreichen © Franziska Vogt/HLNUG



[hlnug.de/themen/geologie/erdwaerme-geothermie/mitteltiefe-geothermie/forschungsbohrung-frankfurt](https://hlnug.de/themen/geologie/erdwaerme-geothermie/mitteltiefe-geothermie/forschungsbohrung-frankfurt)

Stadt Frankfurt als Bauherrin, das HLNUG – verantwortlich für die wissenschaftliche Begleitung, das hessische Wirtschaftsministerium, welches die Bohrung finanziert, LandesEnergieAgentur Hessen (LEA) für die Organisation des Projekts und die BäderBe-

triebe Frankfurt GmbH, die das Grundstück zur Verfügung stellen. Sollte die geplante Tiefe tatsächlich erreicht werden, wäre das für Frankfurt ein neuer Rekord: Die bisher tiefste Bohrung im Stadtgebiet kam vor 150 Jahren auf 286 Meter.

## Zweites Treffen der Arbeitsgruppe Wolf in Hessen

Die Rückkehr der Wölfe nach Hessen ist ein großer Erfolg für den Naturschutz, sie führt jedoch auch zu Verunsicherung, vor allem bei Tierhaltern, und wirft zahlreiche Fragen auf: Wie lässt sich ein konfliktarmes Miteinander gestalten? Welche Schritte müssen im hessischen Wolfsmanagement unternommen werden? Welche Regelungen und Förderungen sind aus Sicht der Betroffenen sinnvoll und welche sollten angepasst werden? Um diese und weitere Fragen zu diskutieren und sich untereinander auszutauschen, wurde 2021 die Arbeitsgruppe (AG) Wolf in Hessen ins Leben gerufen. Das Gremium aus Vertreterinnen und Vertretern von Verbänden und Behörden aus den Bereichen Weidetierhaltung, Naturschutz, Landwirtschaft, Jagd und Tierschutz traf sich nach mehreren Treffen in Unterarbeitsgruppen nun zum zweiten Mal im Plenum, um nun gemeinsam über die erarbeiteten Vorschläge zu diskutieren. Beim ersten Treffen der AG Wolf waren drei Unterarbeitsgruppen zu den Themenbereichen „Prävention“, „Schadensregulierung“ sowie „Monitoring und Forschung“ definiert worden, die diese Fokusthemen dann über das Jahr diskutierten und Empfehlungen für das hessische Wolfsmanagement erarbeiteten. Unterstützt wurden sie dabei vom Hessischen Wolfszentrum und einer externen Moderatorin. Diese Empfehlungen wurden nun allen Mitgliedern der AG Wolf beim Treffen in Gießen vorgestellt, anschließend wurde darüber abge-

stimmt. Das Ergebnis wurde dokumentiert und in einem Bericht des Wolfszentrums Hessen am HLNUG an das Hessische Umweltministerium übergeben, wo die Empfehlungen nun auf ihre Umsetzbarkeit hin überprüft werden.



Wölfe kehren nach Hessen zurück und sorgen für Kontroversen  
© Dennis/stock.adobe.com



[hlnug.de/wolf](https://hlnug.de/wolf)

## Fachbereiche / Internet

### Radonkonzentration in Innenräumen

Das HLNUG sammelt Daten zur Radonkonzentration in erdberührenden Räumen (Erdgeschoss und Kellerräume) verbunden mit der Fragestellung, ob zwischen Radonkonzentrationen und dem geologischen Untergrund bzw. dem Verlauf von tektonischen Störungen Zusammenhänge bestehen. Aus diesem Grund stellen wir für Privatpersonen auf Anfrage sogenannte Radon-Exposimeter zur Verfügung. Das Radon-Exposimeter misst während eines Jahres die durchschnittliche Radonkonzentration am Ort der Auslage.



[www.hlnug.de/geologie/was-ist-radon/exposimetermessung-in-privaten-raeumen](http://www.hlnug.de/geologie/was-ist-radon/exposimetermessung-in-privaten-raeumen)

### Neufassung des Erdbebenkataloges des Landes Hessen

Der Hessische Erdbebenkatalog ist eine Zusammenstellung historischer und aktueller Informationen zu Erdbeben in Hessen und direkter Umgebung von Hessen. Er wird vom Hessischen Erdbebendienst geführt, regelmäßig aktualisiert und der Öffentlichkeit über den Geologie-Viewer unter [geologie.hessen.de](http://geologie.hessen.de) zur Verfügung gestellt. Der Katalog umfasst einen Zeitraum ab dem Jahr 838 und wird regelmäßig mit aktuellen Erdbeben aufgefüllt.



<https://www.hlnug.de/themen/geologie/erdbeben/erdbebenkatalog>

### Geologie Viewer

Der Geologie Viewer des HLNUG hat sich in den vergangenen Jahren zu einer von der Öffentlichkeit stark nachgefragten Anwendung entwickelt. Gleichzeitig wurde und wird das Angebot sukzessive erweitert. Im Sommer 2022 wurde so das Thema Radon integriert, das seither umfangreich und allgemeinverständlich zum aktuellen Kenntnisstand in Hessen informiert. Weiterhin wurde im Jahr 2022 die Anwendung, wie alle anderen Viewer des HLNUG auch, auf die aktuelle Version der Arbeitsumgebung map.apps umgestellt. Damit erscheint der Geologie Viewer nun in einem neuen Design. Auch wird die Darstellung der Inhalte auf verschiedenen Endgeräten (PC, Tablet, Smartphone) besser unterstützt. In der nächsten Entwicklungsstufe sollen die im Geologie Viewer verfügbaren Inhalte interoperabler (WMS, WFS) bereitgestellt werden.



[geologie.hessen.de](http://geologie.hessen.de)

## Bohranzeige-online 2.0

Die Bohranzeige-Online ist eine komfortable Webanwendung mit der Anzeigepflichtige ihre Bohranzeigen beim HLNUG melden können. Mit der aktuellen Version wurden wichtige Anforderungen des Geologiedatengesetzes aufgenommen, die von den Anzeigenden beachtet werden müssen. Ein übersichtliches Kartenwerkzeug ermöglicht die einfache Bestimmung des Bohrpunktes. Mit der fertig gestellten Bohranzeige erhalten die Anzeigenden eine Bestätigungs-E-Mail, in der ein Link zum Upload der Bohrergebnisse enthalten ist. Die vom HLNUG beauftragte Anwendung wurde zwischenzeitlich von anderen Bundesländern übernommen und um länderspezifische Anforderungen erweitert.



[bohranzeige-online.de](https://bohranzeige-online.de)

## Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen

Die Stoffgruppe der per- und polyfluorierten Alkylsubstanzen (PFAS, auch als PFC bezeichnet) ist von besonderer Relevanz, da diese Stoffe nicht bzw. nur unvollständig abbaubar sind und viele der PFAS bereits bei niedrigen Konzentrationen humantoxische Wirkungen zeigen. PFAS werden vielfältig und in hohen Mengen eingesetzt, beispielsweise für schmutzabweisende Textilien, in Imprägniermitteln (z. B. Steinbodenpflege, Daunen) und Farben sowie bei Spezialpapieren (z. B. fettdichten Papieren, Fotopapieren). Aus Altlastensicht sind die Anwendungsbereiche „Feuerlöschschäume/Löschübungsplätze“ und „Galvaniken“ von besonderer Bedeutung. PFAS sind überall anzutreffen, dies zeigen beispielsweise erhöhte PFAS-Konzentrationen im menschlichen Blut und in Wildschweinleber.



<https://www.hlnug.de/?id=14467>

## Online-Tool „Stadtgrün im Klimawandel“

Grüne Städte sind lebenswerter als Betonwüsten: Sie bieten Abkühlung, Erholung und Lebensraum für Menschen und Tiere. Um vor allem Städte und Gemeinden, aber auch Privatleute bestmöglich bei der Planung und Umsetzung zu unterstützen, wurde im HLNUG-Projekt KLIMPRAX Stadtgrün eine einfach anwendbare Online-Entscheidungshilfe für klimaresiliente Begrünung entwickelt. Im Herbst 2022 wurden die beiden Module „Klimaresiliente Baumarten finden“ und „Antworten, Informationen, Handlungshilfen“ freigeschaltet. Das Modul „Bauwerksbegrünung aussuchen“ folgt.



<https://www.hlnug.de/themen/klimawandel-und-anpassung/projekte/klimprax-stadtgruen/online-tool>

### Dürre-Webseite

Durch die zu trockenen Sommer 2018, 2019 und 2020 rückt das Thema Dürre in Deutschland immer mehr in den Blickpunkt der Öffentlichkeit. Das HLNUG hat deshalb im Frühjahr 2022 auf seiner Homepage eine neue Seite zum Thema Dürre eingerichtet. Dort finden Sie neben wissenswerten Informationen über Dürren (Auswirkungen, Maßnahmen, der Einfluss des Klimawandels) auch einen Überblick über die aktuelle Situation in Hessen.



<https://www.hlnug.de/themen/duerre>

### Saubere Luft in Hessen

Ein wesentlicher Aspekt für Gesundheit und Lebensqualität ist die Sauberkeit der Luft. Hessen konnte hier im vergangenen Jahr einen Erfolg vermelden: 2021 waren erstmals an allen Messstellen in Hessen alle gesetzlich vorgeschriebenen Grenzwerte eingehalten worden. Zu diesem erfreulichen Ergebnis kam der Lufthygienische Jahreskurzbericht, der im März 2022 vom HLNUG veröffentlicht wurde. Zu den gemessenen Schadstoffen gehören unter anderem Stickoxide, Feinstaub und Ozon.



[https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/luft/jahresberichte/2021/Lufthygienischer\\_Jahreskurzbericht\\_2021.pdf](https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/luft/jahresberichte/2021/Lufthygienischer_Jahreskurzbericht_2021.pdf)

### Bildungsprogramm der Naturschutzakademie Hessen

Die Naturschutzakademie in Hessen mit Sitz in Wetzlar hatte auch im Jahr 2022 ein umfassendes Bildungsprogramm anzubieten, das von den Teilnehmenden mit Begeisterung angenommen wurde. Von Artenkenntnis-Seminaren über Grundlagenvermittlung zu Feldbotanischen Themen oder Zertifikate für Obstbaumpflege bis hin zu der neuen Reihe „Naturschutz 2 Go“ mit wechselnden Themen – für alle Umwelt-Interessierten gab es zahlreiche Seminare, Workshops und Tagungen. Auch 2023 hat die NAK wieder einiges zu bieten.



<https://www.hlnug.de/themen/naturschutz/naturschutzakademie/bildungsprogramm>

### Graureiher-Monitoring mit der Drohne

Die Brutkolonien des Graureihers vom Boden aus mit dem Spektiv zu erfassen, war bisher gängige Praxis, aber nicht ganz einfach, da nicht alle Nester von unten zu sehen sind. Die Vogelschutzwarte Hessen hat deshalb ein neues Projekt ins Leben gerufen, bei dem die brütenden Vögel anhand einer Drohne von oben gefilmt werden. Die Aufnahmen werden anschließend am PC aufgewertet und die Nester gezählt. Das Ergebnis: Das Monitoring per Drohne ist etwa 30 Prozent erfolgreicher als die Zählung mit dem Spektiv.



<https://link.springer.com/article/10.1007/s40725-022-00175-w>

## Reges Interesse an Erdwärme in Hessen

Am 14. September 2022 veranstaltete das Hessische Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen (HMWEVW) gemeinsam mit dem Kompetenznetzwerk Geothermie Hessen, dem HLNUG und der LEA LandesEnergieAgentur Hessen das Geothermie-Forum Hessen 2022 als Hybride Veranstaltung unter dem Titel „Wärmewende mit Erdwärme gestalten“. Das Interesse an Erdwärme stieg im Verlauf des Jahres 2022 sprunghaft an: Die Verknappung von Energie im Zuge des Ukrainekriegs und die damit verbundenen gestiegenen Preise veranlassten viele Menschen zur Suche nach Alternativen. HLNUG-Experten beantworteten unzählige Anfragen zum Thema Erdwärme, daraus entstand schließlich ein FAQ für die Homepage. Zudem veranstaltete das HLNUG am 20. September 2022 das Fachgespräch „Erdwärmennutzung in Hessen“ als Hybridveranstaltung in der Stadthalle Idstein, wo in verschiedenen Fachvorträgen, auch von Mitarbeitenden des HLNUG, das Thema mit verschiedenen Perspektiven und Facetten beleuchtet wurde.



<https://www.lea-hessen.de/unternehmen/zu-geothermie-vernetzen/geothermie-forum-2022/>



<https://www.hlnug.de/themen/wasser/veranstaltungen/fachgesprach-erdwaerme>



<https://www.hlnug.de/presse/geothermie-in-hessen-1>

## Vorbereitung auf die Hitzebelastung: Der Hitzeviewer

Auch in Hessen ist die Belastung durch die Hitze im letzten Jahr deutlich zu spüren gewesen – und sie nimmt durch den Klimawandel zu. Damit Kommunen erste Maßnahmen treffen können, um sich und ihre Bürgerinnen und Bürger auf die Hitzebelastung vorzubereiten, hat das HLNUG 2022 seinen Hitzeviewer vorgestellt. Die Hitzekarten enthalten verschiedene Klimavariablen, die mithilfe von Satelliten und deren Sensoren z. B. die Landoberflächentemperatur abbilden. Erstellt hat sie die Kompetenzstelle für Fernerkundung in Zusammenarbeit mit dem Fachzentrum Klimawandel und Anpassung. Eine Vorstellung aller Karten, den Link zum Hitzeviewer und die zugehörige Broschüre finden Sie nebenstehend.



<https://www.hlnug.de/?id=22358>

## Strahlenschutzübung in Frankfurt am Main

Ein Passant findet mehrere Behälter mit einem Strahlenzeichen, er öffnet diese und wird vermeintlich kontaminiert – was ist in diesem Fall zu tun? Expertinnen und Experten des HLNUG haben dafür ein Übungsszenario entwickelt, das am 22. Oktober in Frankfurt am Main gemeinsam mit der Berufsfeuerwehr Frankfurt und Strahlenschutzfachkräften des Regierungspräsidiums Darmstadt umgesetzt wurde. Solche Vorfälle mit radioaktiven Stoffen kommen selten vor, deshalb



<https://www.hlnug.de/presse/pressemitteilung/strahlenschutzuebung-am-22102022-mit-der-berufsfeuerwehr-frankfurt-am-main>

müssen Behörden und Einsatzkräfte in Hessen Alarmierungswege und Einsatzpläne von Zeit zu Zeit testen. Nach der Übung konnte ein positives Fazit gezogen werden – die Zusammenarbeit verlief einwandfrei.

### Beste Wasserqualität in Hessischen Badeseen

Zwei Jahre lang gab es auch an den Badeseen Einschränkungen wegen der Corona-Pandemie, 2022 waren endlich wieder Lockerungen und unbeschwertes Badevergnügen möglich, auch hinsichtlich der Wasserqualität: Die von der EU-Kommission für das zurückliegende Jahr veröffentlichte Einstufung zeigte das bisher beste Ergebnis für die hessischen Badegewässer: 59 der 61 hessischen EU-Badegewässer wiesen eine „ausgezeichnete“ hygienische Badegewässerqualität auf, während die restlichen zwei eine „gute“ hygienische Qualität aufzeigten. Keiner der hessischen Badeseen wurde mit „ausreichend“ oder „mangelhaft“ bewertet. Die Badeseen wurden auch beprobt, obwohl einige wegen Corona später oder gar nicht öffneten.



<https://badeseen.hlnug.de>

### Das Insektensterben – Suche nach den Gründen

Warum sterben so viele Insekten? Um der Beantwortung dieser Frage ein Stück näher zu kommen, wurde am 12. November eine Tagung zum Thema Insektensterben in der Naturschutzakademie Hessen in Wetzlar abgehalten: Hochkarätige Referenten aus ganz Deutschland zeigten dort in Vorträgen – etwa zur Rettung der Bienen oder dem Insektenmonitoring – was bereits unternommen wird und wie vielfältig die Gründe für das Sterben der Insekten sind. Die Vorträge der Tagung können Sie auf dem YouTube-Kanal des HLNUG ansehen.



<https://www.hlnug.de/themen/naturschutz/tiere-und-pflanzen/insekten>



[https://www.youtube.com/playlist?list=PLaXOcJ1eN6lKV-IdoNcWdyY-0j\\_LYyBxKF](https://www.youtube.com/playlist?list=PLaXOcJ1eN6lKV-IdoNcWdyY-0j_LYyBxKF)

### Das muss ich melden! – neue Arten auf dem Vormarsch

Es war ein intensives Jahr für die Kolleginnen und Kollegen in der Abteilung Naturschutz, die sich mit den invasiven und neuen Arten beschäftigen. Zu Beginn des Sommers erreichten das HLNUG zahlreiche Meldungen zur Asiatischen Hornisse, dann auch zur Europäischen Gottesanbeterin, die sich immer mehr in Hessen etabliert. Im Spätsommer machte die Nosferatu-Spinne Schlagzeilen: Auch in Hessen wurden zahlreiche Exemplare der auffälligen, aber harmlosen Kräuseljagdspinne gemeldet. Zu wissen, wo solche Tierarten in Hessen vorkommen, ist für die Naturschutzarbeit elementar, deshalb sollten Beobachtungen, am besten mit Bild, immer an das HLNUG gemeldet werden.



<https://www.hlnug.de/themen/naturschutz/tiere-und-pflanzen/arten-melden/invasive-arten>



# Konzeptvorschlag zur Auswahl von kommunalen Kläranlagen für den Ausbau mit einer 4. Reinigungsstufe zum Schutz der hessischen Gewässer

W2

ROLF LEONHARDT

## Hintergrund

Anthropogene Spurenstoffe sind auch in hessischen Oberflächengewässern ubiquitär feststellbar. Da sie nachweislich ökotoxikologische Effekte auf Gewässerorganismen haben können (UBA 2018) und somit die Erreichung des guten ökologischen Zustands/Potenzials und des guten chemischen Zustands gemäß der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) erheblich gefährden bzw. verhindern, sind Maßnahmen

zur Verringerung der Spurenstoffkonzentrationen in den Gewässern vorzunehmen. Nicht nur zum Schutz der aquatischen Umwelt, sondern auch aus Vorsorgegründen zum Schutz der menschlichen Gesundheit ist entsprechender Handlungsbedarf gegeben. So finden sich Spurenstoffe bereits im Grund- und Rohwasser zur Trinkwasserversorgung in niedrigen und nicht therapeutischen Dosen (UBA 2016).

## Notwendigkeit der 4. Reinigungsstufe

Neben quellen- und anwendungsorientierten Maßnahmen zur Verringerung von Spurenstoffemissionen existieren mehrere nachgeschaltete Möglichkeiten, von denen im vorliegenden Konzeptentwurf auf den Ausbau von kommunalen Kläranlagen mit einer weiteren Reinigungsstufe zur Spurenstoffelimination eingegangen wird.

Das Verhindern eines Eintrags an der Quelle (beim Produzenten) sowie in der Anwendung (durch den Nutzer) wäre zwar am effizientesten, um bereits die Immissionen in den Wasserkreislauf zu unterbinden, jedoch kann aus verschiedenen Gründen auf weitergehende Reinigungsstufen bei ausgewählten kommunalen Kläranlagen nicht verzichtet werden. Zum einen ist bspw. nicht absehbar, dass gewässerrelevante Medikamentenwirkstoffe in Zukunft durch nachhaltige und ökologisch verträglichere Wirkstoffe substituiert werden und zum anderen ist aufgrund des demografischen Wandels in Mitteleuropa künftig ein weiter steigender Verbrauch von Pharmazeutika anzunehmen. So prognostiziert der Bundesverband der

Energie- und Wasserwirtschaft e. V. (BDEW) für das Jahr 2045 im Vergleich zum Jahr 2015 ein Wachstum des rezeptpflichtigen Humanarzneimittelverbrauchs um etwa 40–70 Prozent (BDEW 2017). Sofern also keine wirksamen Gegenmaßnahmen erfolgen, werden folglich auch die Arzneimittelbelastungen in den Gewässern zwangsläufig ansteigen.

In Folge des anthropogenen Klimawandels und dem dadurch bedingten häufiger auftretenden Trockenwetterabfluss werden diese Belastungen aufgrund des höheren Abwasseranteils in den Fließgewässern und der damit verbundenen Aufkonzentration von Spurenstoffen zusätzlich erhöht. Durch den Klimawandel verursachte sinkende Grundwasserstände können zudem eine erhöhte Infiltration von belastetem Oberflächenwasser in das Grundwasser zur Folge haben, sodass Spurenstoffe vermehrt die für die Trinkwasseraufbereitung bedeutsame Grundwasserbeschaffenheit beeinträchtigen (UHL et al. 2022). Auch vor diesem Hintergrund sind saubere Oberflächengewässer somit von immenser Bedeutung.

Für eine 4. Reinigungsstufe bei ausgewählten Kläranlagen sprechen weiterhin die folgenden Punkte (nicht abschließend):

- Aufgrund der Breitbandwirkung wird eine große Anzahl von Stoffen gut bis vollständig eliminiert.
  - Es werden auch Substanzen eliminiert, die derzeit nicht bekannt sind oder nicht gemessen werden.
  - Die ökotoxikologischen Effekte einiger Substanzen auf die aquatische Umwelt sind nicht oder nur unzureichend bekannt, sodass das Vorsorgeprinzip gelten muss.
  - Der gemäß der WRRL unzureichende ökologische und nicht gute chemische Zustand vieler Oberflächenwasserkörper erfordert eine konsequente Umsetzung effizienter Maßnahmen.
- Auch Trinkwasserversorger profitieren von der 4. Reinigungsstufe, da sie ansonsten selbst vermehrt in moderne Technologien zur Spurenstoffelimination investieren müssen.
  - Je nach Verfahren werden Synergieeffekte zur Reduktion weiterer gewässerrelevanter Parameter erzielt, zum Beispiel bezüglich Phosphor, Mikroplastik, antibiotikaresistenter Keime oder Viren.
  - Diverse Erfahrungswerte und Referenzen zu unterschiedlichen Verfahren liegen bereits in anderen Bundesländern und Staaten vor und beweisen die Eignung zur Verbesserung der Gewässerqualität.

## Gesetzliche Vorgaben

Bislang existieren in Deutschland keine gesetzlichen Vorgaben, die eine 4. Reinigungsstufe zur gezielten Spurenstoffentfernung an Kläranlagen vorschreiben. Jedoch bestehen auf verschiedenen Ebenen Konzepte und Richtlinien, bei denen für die Erreichung der Ziele eine 4. Reinigungsstufe erforderlich ist. In Oberflächengewässern überschreiten einige Spurenstoffe die Konzentrationen der in der Oberflächengewässerverordnung (OGewV 2016) gesetzlich vorgeschriebenen Umweltqualitätsnormen (UQN) bzw. deren Vorschläge. So wird beispielsweise die im Entwurf der neuen UQN-Richtlinie festgelegte UQN von 0,04 Mikrogramm pro Liter für das Analgetikum Diclofenac an einem Großteil der hessischen Oberflächenwassermessstellen teilweise um ein Vielfaches überschritten (HLNUG 2020). Durch die erwiesene stoffliche Verbesserung der Gewässerqualität mithilfe von 4. Reinigungsstufen würde somit ein wichtiger Beitrag zur Erreichung der Zielvorgaben der WRRL geleistet.

Das Umweltbundesamt fordert in seinem Positionspapier „Organische Mikroverunreinigungen in Gewässern – Vierte Reinigungsstufe für weniger Einträge“ (2015) „die Fortschreibung des Standes der Technik bei der Abwasserbehandlung und die Einführung weitergehender Abwasserbehandlungs-

verfahren (4. Reinigungsstufe) in den kommunalen Kläranlagen der Größenklasse 5 sowie kleinerer Kläranlagen, die in sensitive Gewässer einleiten“ (UBA 2015a). Zudem empfiehlt das Umweltbundesamt in „Empfehlungen zur Reduzierung von Mikroverunreinigungen in den Gewässern“ (2018) den Ausbau der bundesweit 230 Kläranlagen der Größenklasse (GK) 5 (> 100 000 Einwohnerwerte (EW)), die insgesamt etwa 50 Prozent der Jahresabwassermenge (JAM) in Deutschland behandeln (UBA 2018).

Während der European Green Deal der Europäischen Kommission vom 11.12.2019 im Null-Schadstoff-Ziel für eine schadstofffreie Umwelt vorsieht, dass bis zum Jahr 2050 die Spurenstoffemissionen erheblich reduziert werden müssen (Europäische Kommission 2021), wurde auf der 16. Rheinministerkonferenz am 13.02.2020 in Amsterdam beschlossen, „die Einträge von Mikroverunreinigungen in die Gewässer aus den kommunalen Abwassersammel- und Behandlungssystemen, Industrie und Gewerbe sowie Landwirtschaft“ bis zum Jahr 2040 im Vergleich zum Zeitraum 2016–2018 insgesamt um mindestens 30 Prozent zu reduzieren – „konsistent mit einer längerfristigen Ambition, die Verschmutzung im gesamten Rheineinzugsgebiet weiter zu verringern“ (Programm „Rhein 2040“; IKS 2020).

Aus dem Aktionsprogramm Wasser der Nationalen Wasserstrategie des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) vom Juni 2021 geht als Maßnahme ebenfalls hervor, dass mehr Kläranlagen mit einer 4. Reinigungsstufe nachgerüstet werden sollen (BMU 2021).

Auch in Bezug auf die Erreichung der Ziele der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL) ist eine Verringerung der Einträge von persistenten und mobilen Schadstoffen aus kommunalen Kläranlagen anzustreben, da diese mitverantwortlich für den unzureichenden Umweltzustand der deutschen Nord- und Ostseegebiete sind (UBA 2015a). Diese Bedeutung wird ebenfalls durch den Leitsatz 21 „Den Schutz der Meere starten wir bereits in Hessen“ im Leitbild der Nachhaltigkeitsstrategie des Landes Hessen vom 16.08.2020 hervorgehoben. Leitsatz 16 lautet „Unser Grundwasser ist frisch und sauber“ (HMUKLV 2020) – für dieses Ziel sind ebenfalls weniger Spurenstoffeinträge erforderlich.

Mit der derzeitigen Novellierung der EU-Kommunalabwasserrichtlinie werden bereits konkrete An-

forderungen und Vorgaben zur weitergehenden Reinigung an kommunalen Kläranlagen erwartet, die anschließend in nationales Recht umgesetzt werden müssen (Gwf Wasser/Abwasser (2022)).

Die verschiedenen genannten Strategien und Programme verdeutlichen, dass zur Erreichung der genannten Ziele Handlungsbedarf besteht und die Notwendigkeit von nachgeschalteten Maßnahmen, insbesondere dem Ausbau ausgewählter kommunaler Kläranlagen mit 4. Reinigungsstufen zur Spurenstoffelimination, gegeben ist. Zugleich wird es hierzu in Zukunft voraussichtlich konkrete Vorgaben geben.

Aus diesen Gründen stellt die Implementierung von weitergehenden Reinigungsstufen an ausgewählten kommunalen Kläranlagen in der Spurenstoffstrategie Hessisches Ried, die zum Ziel hat, die Spurenstoffeinträge in die Gewässer des Hessischen Rieds anhand von quellen- und anwendungsorientierten sowie nachgeschalteten Maßnahmen zu verringern, eine von sechs Kernmaßnahmen dar (HMUKLV 2018).

## Verfahren der 4. Reinigungsstufe

Zur Entfernung von Spurenstoffen in kommunalen Kläranlagen existieren verschiedene Verfahren, die sich in anderen Bundesländern (insbesondere in Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen) sowie der Schweiz bereits bewährt haben. Im Allgemeinen wird zwischen adsorptiven, oxidativen und physikalischen Verfahren unterschieden. Einen Überblick über die derzeit verfügbaren Verfahren zur Entfernung von Spurenstoffen aus dem Abwasser gibt schematisch die Abbildung 1. Die grün dargestellten Verfahren sind dabei bereits großtechnisch umgesetzt worden – auch Verfahrenskombinationen finden in der Praxis Anwendung (TRIEBSKORN 2017).

Mit adsorptiven Verfahren werden die aus dem Abwasser zu entfernenden Substanzen an die Oberfläche eines Festkörpers (Adsorbens) angelagert. Als Adsorbens kommt dabei Aktivkohle zum Einsatz, da sie eine sehr hohe spezifische Oberfläche aufweist, wodurch Spurenstoffe gut daran adsorbieren können. Es kann sowohl Pulveraktivkohle (PAK – gemahlene Kohle) als auch granuliert Aktivkohle (GAK – gebro-

chene Kohle) eingesetzt werden. Nach Beladung der Aktivkohle mit den Substanzen muss sie entweder reaktiviert oder ausgetauscht/erneuert werden, damit eine kontinuierliche Entfernung der Spurenstoffe sichergestellt wird (Kompetenzzentrum Mikroschadstoffe NRW 2018a).

Bei oxidativen Verfahren werden die Spurenstoffe mithilfe eines Oxidationsmittels (zumeist Ozon) chemisch verändert. Durch die Oxidation entstehen neue Substanzen und Transformationsprodukte mit anderen Eigenschaften und möglicherweise anderen toxikologischen Wirkungen. Die Spurenstoffe sollen bei der Ozonung soweit verändert werden, dass die entstandenen Produkte keine umweltschädlichen Wirkungen mehr aufweisen. Da die (ökotoxikologischen) Eigenschaften der neu entstandenen Substanzen jedoch oft nicht vollends bekannt sind, wird nach oxidativen Verfahren eine nachgeschaltete, biologisch aktive Stufe empfohlen, sodass Transformationsprodukte ebenso eliminiert werden (Kompetenzzentrum Mikroschadstoffe NRW 2018b).

Physikalische Verfahren, zu denen Membranverfahren wie die Ultra- oder Nanofiltration oder die Umkehrosmose zählen, haben sich bisher insbesondere aus Kostengründen (hoher Energieverbrauch) noch nicht in der Praxis der kommunalen Abwasserreinigung durchgesetzt. Jedoch wird hier, ebenso wie bei den Advanced Oxidation Processes (AOP), bei denen neben Ozon bspw. Ultraviolettstrahlung oder Wasserstoffperoxid

eingesetzt wird, derzeit intensiv geforscht (SEKIN 2016).

Die Verfahren bzw. Verfahrenskombinationen besitzen jeweils unterschiedliche Vor- und Nachteile und werden – zumeist im Rahmen einer Machbarkeitsstudie – je nach lokaler Gegebenheit, Abwasserbeschaffenheit, Zielsetzung und weiteren Faktoren ausgewählt.

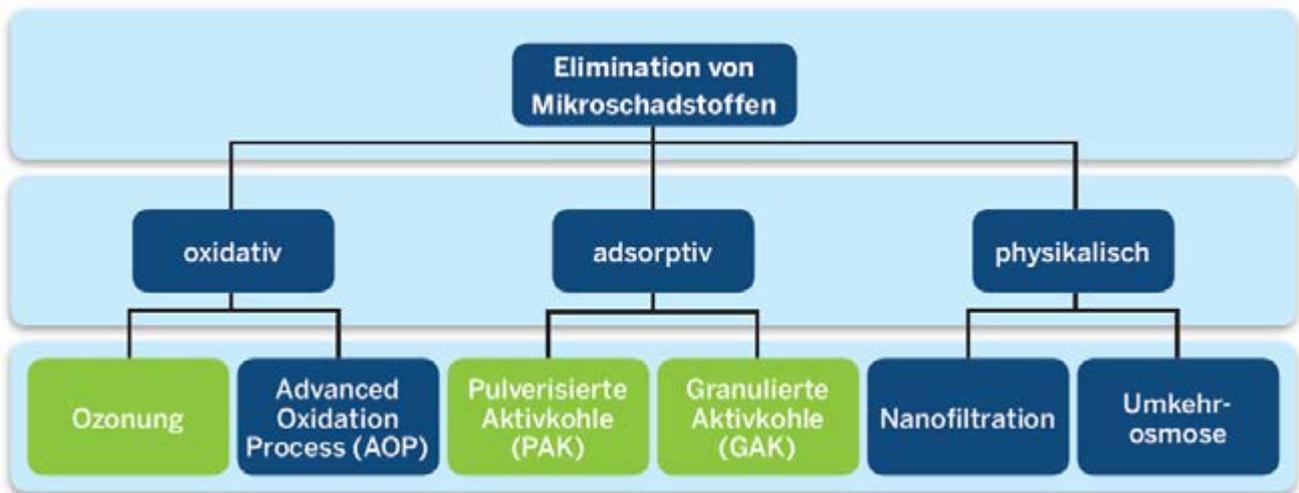


Abb. 1: Verfahren zur Spurenstoffelimination (Kompetenzzentrum Mikroschadstoffe NRW 2018a)

## Eliminationsleistungen

Die Eliminationsleistungen bezüglich der anthropogenen Spurenstoffe sind bei der 4. Reinigungsstufe in Kläranlagen unterschiedlich hoch, da die unterschiedlichen Verfahren der Spurenstoffelimination jeweils unterschiedlich effizient wirken und jede Substanz andere Eigenschaften aufweist. Im Allgemeinen werden mithilfe einer 4. Reinigungsstufe jedoch deutliche Verbesserungen für den Eintrag von Spurenstoffen in die Gewässer erzielt. Dieses wird in Abbildung 2 deutlich, in der die Eliminationsleistungen von fünf Kläranlagen vor und nach Erweiterung einer Adsorptionsstufe mit Pulveraktivkohle dargestellt sind. Es zeigt sich, dass nach dem Ausbau etwa 60 Prozent von 47 untersuchten Spurenstoffen mindestens zu 80 Prozent entfernt werden konnten, während vor dem Ausbau nur zirka 25 Prozent zu 80 Prozent eliminiert wer-

den konnten. Gleichzeitig ist der Anteil der schlecht entfernbaren Spurenstoffe nach dem Ausbau stark gesunken. Vergleichbare Ergebnisse wurden auch

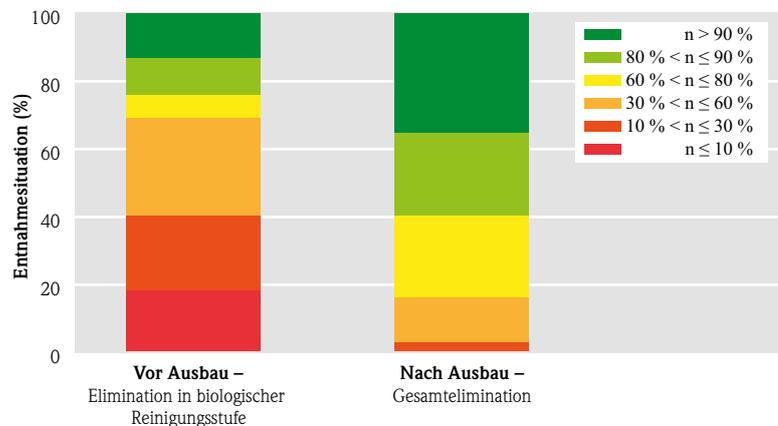


Abb. 2: Eliminationsleistungen von fünf Kläranlagen vor und nach Erweiterung um das sogenannte „Ulmer Verfahren“ (Adsorptionsstufe mit PAK) (RÖSLER und LAUNAY 2019)

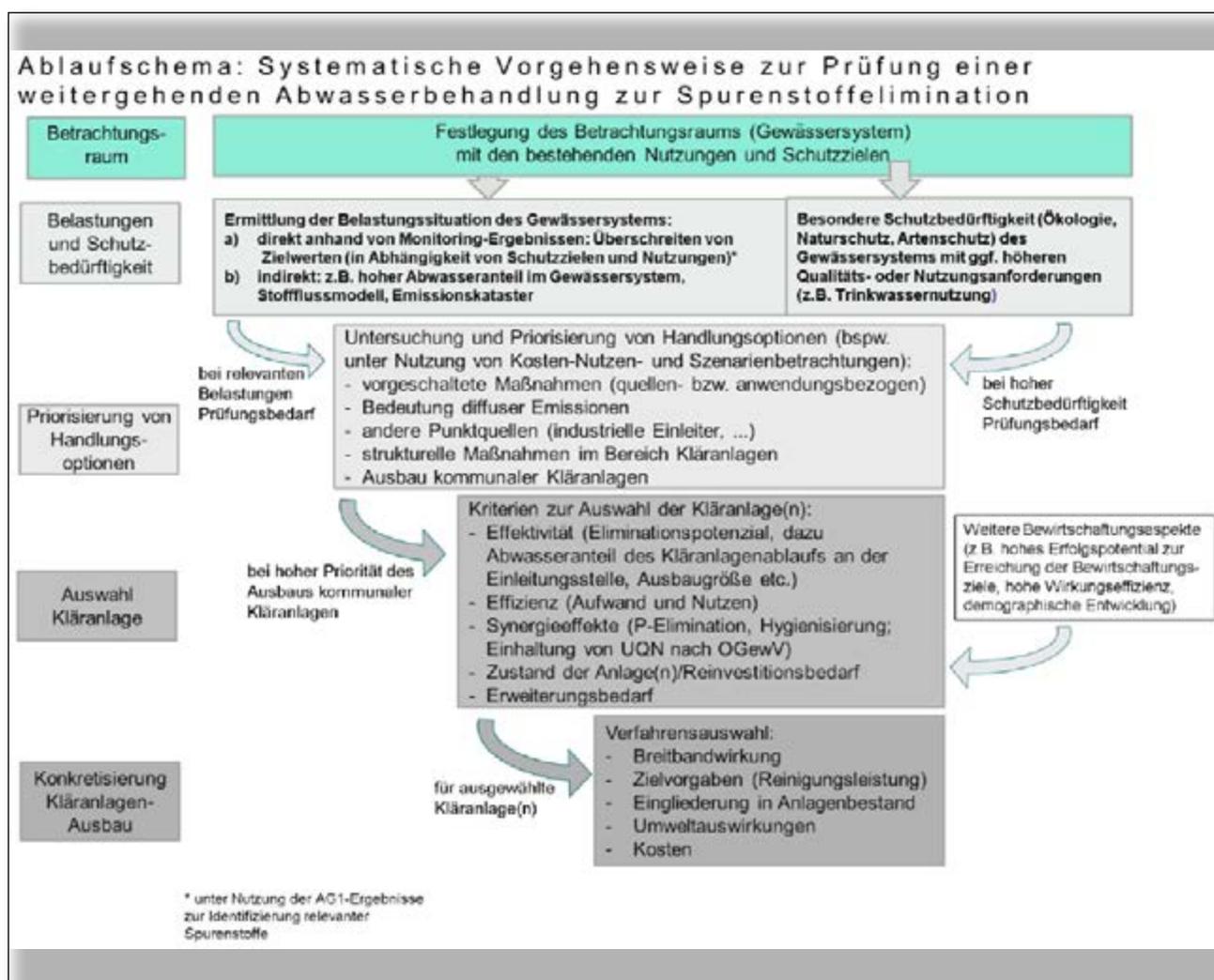
unter dem Einsatz von granulierter Aktivkohle zur Spurenstoffelimination erzielt, wie Pilotprojekte an der Kläranlage Langen im Hessischen Ried zeigten.

Kläranlagen, die eine Ozonung als 4. Reinigungsstufe betreiben, erzielen ebenfalls Eliminationsraten von im Mittel über 80 Prozent (VSA 2019).

## Orientierungsrahmen zur weitergehenden Abwasserbehandlung

Vom BMU wurde im Rahmen der Erarbeitung der Spurenstoffstrategie des Bundes ein Ablaufschema zur „systematischen Vorgehensweise zur Prüfung einer weitergehenden Abwasserbehandlung zur Spu-

renstoffelimination“ entwickelt (Abbildung 3), das als Orientierungsrahmen dienen und von den Bundesländern konkretisiert und umgesetzt werden soll (BMU 2019).



**Abb. 3:** Ablaufschema – systematische Vorgehensweise zur Prüfung einer weitergehenden Abwasserbehandlung zur Spurenstoffreduktion (BMU 2019)

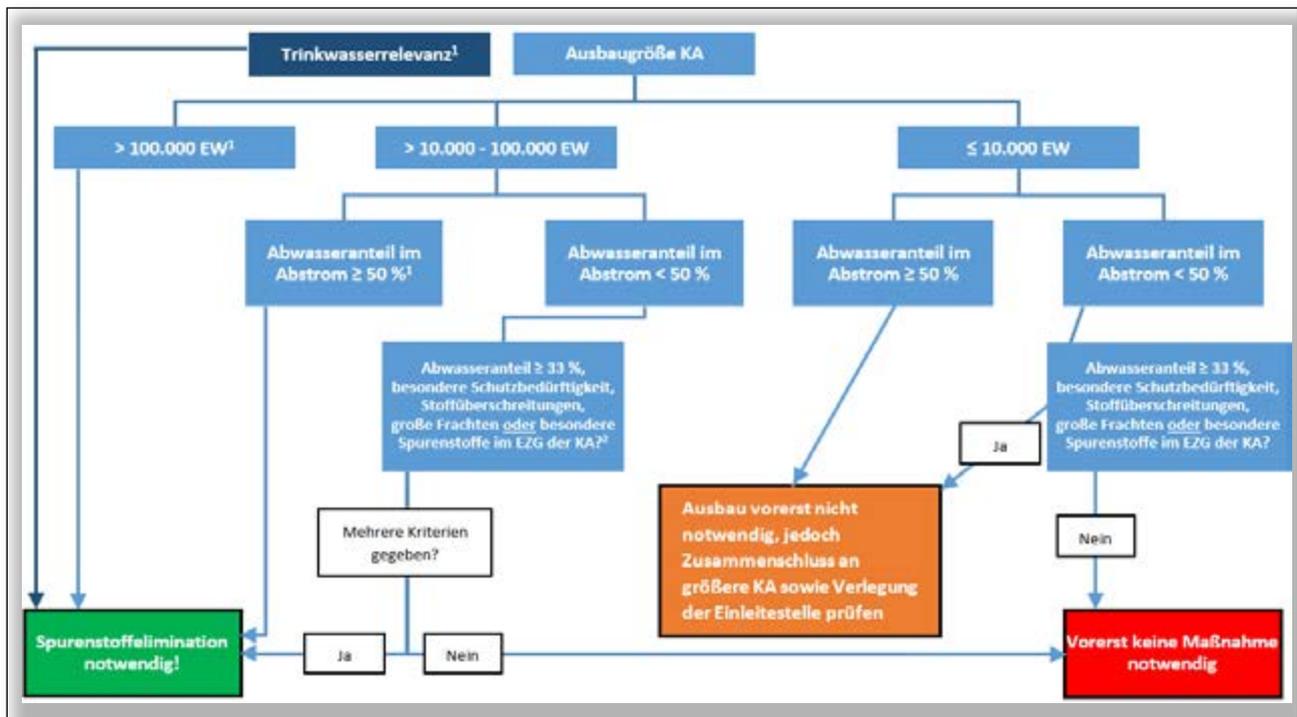
## Vorschlag zur Anwendung des Orientierungsrahmens in Hessen

Auf der Grundlage des Orientierungsrahmens des BMU wurden vom Hessischen Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) Überlegungen vorgenommen, wie ein Konzept zur Auswahl von kommunalen Kläranlagen für den Ausbau mit einer 4. Reinigungsstufe zum Schutz der hessischen Gewässer aussehen könnte (Abbildung 4). Bei der Erstellung des Konzeptvorschlages wurden die bereits existierenden Vorgehensweisen und Erfahrungen in anderen Bundesländern genutzt.

Im Folgenden wird der Vorschlag zur Entscheidungshilfe näher erläutert:

Generell wird in primäre und sekundäre Kriterien unterschieden. Während beim Vorhandensein mindestens **eines primären** Kriteriums ein Ausbau mit einer Reinigungsstufe zur Spurenstoffelimination erforderlich ist, müssen mindestens **zwei sekundäre** Kriterien vorhanden sein, damit eine Spurenstoffelimination notwendig wird.

Zunächst erfolgt eine Beurteilung der Trinkwasserrelevanz, die ein primäres Kriterium bildet, sodass beim Vorhandensein einer Trinkwasserrelevanz unabhängig von der Ausbaugröße der Kläranlage eine Spurenstoffelimination notwendig wird. Eine Trinkwasserrelevanz ist gegeben, wenn in dem durch eine Trinkwassergewinnungsanlage geförderten Grundwasser Spurenstoffe gefunden werden, die auf Abwasser zurückzuführen sind und durch eine oder mehrere Kläranlagen in ein Oberflächengewässer eingeleitet werden, aus dem Wasser in den Untergrund und damit das Grundwasser infiltriert. Zusätzlich ist als Hilfskriterium eine Trinkwasserrelevanz gegeben, wenn die Einleitstelle der Kläranlage in einem Wasserschutzgebiet (Trinkwasserschutzgebiet oder qualitativer Teil eines Heilquellenschutzgebietes) liegt oder die Entfernung von der Einleitstelle der Kläranlage zu einer flussabwärts gelegenen Gewinnungsanlage weniger als 10 km beträgt (MKULNV NRW 2012).



**Abb. 4:** Vorschlag für eine Entscheidungshilfe zur Ermittlung der Notwendigkeit einer Spurenstoffelimination an kommunalen Kläranlagen in Hessen.

<sup>1</sup> Primäres Kriterium, das einen Ausbau erfordert.

<sup>2</sup> Sekundäre Kriterien, die einen Ausbau erfordern, sofern mehrere Kriterien gegeben sind.

Sofern keine Trinkwasserrelevanz des Vorfluters vorliegt, wird eine Unterteilung der Kläranlagen nach Ausbaugrößen (Größenklassen) vorgenommen.

Damit die hohen Frachten, die von größeren Kläranlagen ausgehen, Berücksichtigung finden, sollten generell alle Kläranlagen über 100 000 EW (GK 5) mit einer Spurenstoffelimination ausgebaut werden (emissionsbasierter Ansatz). Das sind im Land Hessen derzeit 10 Kläranlagen, die mit einer Gesamtschmutzfracht von 3 665 000 EW bereits 35,2 Prozent des gesamten kommunalen Abwassers in Hessen klären. Die GK 5 bildet somit ein primäres Kriterium, das einen Ausbau erforderlich macht.

Bei Kläranlagen bis 100 000 EW werden die Abwasseranteile nach der Einleitstelle im Abstrom des Gewässers, in das eingeleitet wird, in die Entscheidung einbezogen, da der Abwasseranteil in der Regel mit der Belastung von Spurenstoffen korreliert. Der Abwasseranteil dient zur Priorisierung und Identifizierung von Schwerpunkten nach heutigen Erkenntnissen (BMU 2019). So sollen Kläranlagen über 10 000 EW bis 100 000 EW (GK 4) bei einem Abwasseranteil von mindestens 50 Prozent im Abstrom des Gewässers ebenfalls mit einer 4. Reinigungsstufe zur Spurenstoffelimination ausgebaut werden (immissionsbasierter Ansatz). Der maßgebende Abwasseranteil wird dabei aus dem Quotienten der Jahresabwassermenge (JAM) der jeweiligen Kläranlage und dem mittleren Niedrigwasserabfluss des Gewässers (MNQ) errechnet (JAM/MNQ). Hierbei ist der MNQ dem mittleren Abfluss (MQ) vorzuziehen, da dieser Wert als weniger schwankend gilt und realitätsnäher die tatsächliche Abflusssituation im Fließgewässer widerspiegelt. Zudem sollte mit niedrigen Abflüssen gerechnet werden, um zum einen höhere Abwasseranteile zu berücksichtigen und zum anderen auch den im Zuge des Klimawandels häufiger auftretenden Niedrigwasser- und Trockenwetterperioden gerecht zu werden. Einen allgemeingültigen Ansatz zur Herleitung eines entscheidungsrelevanten Abwasseranteils in einem Gewässersystem sowie an der jeweiligen Einleitungsstelle gibt es derzeit nicht (BMU 2019).

Bei Kläranlagen der GK 4 zählt somit auch ein entsprechender Abwasseranteil im Vorfluter von mindestens 50 Prozent als primäres Kriterium, das eine Implementierung der 4. Reinigungsstufe erfordert.

Wenn der Abwasseranteil im Vorfluter der Kläranlagen der GK 4 bei weniger als 50 Prozent liegt, müssen verschiedene sekundäre Kriterien überprüft werden, anhand derer festgelegt werden soll, ob auch hier ein Ausbau der Kläranlage erforderlich ist. Sofern **mehrere** (mindestens zwei) der folgenden sekundären Kriterien zutreffen, ist ein Ausbau anzustreben:

- Abwasseranteil von mindestens 33 Prozent im Abstrom des Vorfluters (KomS BW 2020)
- besondere Schutzbedürftigkeit des Gewässers:
  - Diese ist vorhanden, wenn das Gewässer innerhalb oder unmittelbar oberhalb eines Natura 2000 oder Naturschutzgebiets liegt – insbesondere dann, wenn relevante wassergebundene Arten oder Lebensraumtypen vorkommen (BMU 2019).
  - Auch die Lage einer Kläranlagen-Einleitstelle im quantitativen Teil eines Heilquellenschutzgebietes führt zu einer besonderen Schutzbedürftigkeit des Gewässers.
  - Ebenso stellen besondere Nutzungsanforderungen wie zum Beispiel Fischerei oder Brauchwassernutzung (aus dem Gewässer) eine Schutzbedürftigkeit des Gewässers dar (BMU 2019).
- Überschreitungen der PNEC (predicted no effect concentration = vorausgesagte höchste Konzentration, bis zu der kein Effekt auftritt) oder der UQN gemäß OGWV (2016) unter Berücksichtigung des Entwurfs der neuen UQN-Richtlinie im Einleitengewässer des Oberflächenwasserkörpers. Hierbei ist zu prüfen, inwiefern die Stoffe mit entsprechenden Überschreitungen mit einer 4. Reinigungsstufe eliminierbar sind.
- Große Frachten oder besondere Spurenstoffe im Einzugsgebiet der Kläranlage:
  - große Frachten: Sofern durch Infrastruktureinrichtungen oder Industrie-/ Gewerbegebiete große Frachten an Spurenstoffen in die Kläranlage bzw. die Gewässer emittiert werden, sollte dies ebenfalls ein Kriterium darstellen (KomS BW 2020).
  - besondere Spurenstoffe: Sofern Indirekteinleiter im Einzugsgebiet der Kläranlage existieren, deren Abwasser durch Spurenstoffe besonders

belastet ist, kann dies ein weiterer Grund für den Kläranlagenausbau mit einer Spurenstoffelimination sein. Dies ist insbesondere dann sinnvoll, wenn zum Beispiel mehrere Indirekteinleiter eine besondere Belastung mit Spurenstoffen verursachen. Zu betrachtende Indirekteinleiter können zum Beispiel medizinische Einrichtungen (Krankenhäuser, Arztpraxen etc.), Unternehmen der chemischen Industrie, metallverarbeitende Betriebe oder auch Textilveredelungsbetriebe sein (KomS BW 2020).

Wenn keines oder nur eines dieser Kriterien bei den Kläranlagen der GK 4 zutrifft, ist ein Ausbau vorerst nicht notwendig, kann aber dennoch durchgeführt werden, da jede Verringerung der Spurenstoffimmissionen in die Gewässer im Sinne des Gewässerschutzes begrüßenswert ist.

Insbesondere in der GK 4 sind detaillierte Einzelfallbetrachtungen unter Berücksichtigung von lokalen Gegebenheiten sinnvoll, da diese GK weder die sehr großen Kläranlagen, die in jedem Fall ausgebaut werden sollten, noch die kleineren Kläranlagen umfasst.

Bei Kläranlagen mit maximal 10 000 EW ist ein Ausbau aus Effizienzgründen und schlechterem Kosten-Nutzen-Verhältnis in der Regel **vorerst** nicht erforderlich, sofern keine Trinkwasserrelevanz gegeben ist. Jedoch sollte in den GK 1–3 (< 1 000–10 000 EW) sowohl bei einem Abwasseranteil von min-

destens 50 Prozent im Vorfluter als auch beim Vorkommen von mindestens einem der oben gelisteten Kriterien geprüft werden, ob als nachgeschaltete Maßnahme entweder ein Zusammenschluss der Kläranlage an eine größere Kläranlage, die mit einer Reinigungsstufe zur Spurenstoffelimination ausgestattet ist bzw. ausgebaut wird, möglich oder eine Verlegung der Einleitstelle in einen weniger sensitiven Vorfluter zielführend ist.

Sofern der Abwasseranteil im Vorfluter der Kläranlagen der GK 1–3 unter 50 Prozent beträgt und keines der entsprechenden Kriterien gegeben ist, sind vorerst keine nachgeschalteten Maßnahmen zur Verringerung von Spurenstoffeinträgen anzustreben.

In besonderen Einzelfällen (neben der Trinkwasserrelevanz bspw. die Einleitung in ein besonders sensibles bzw. schützenswertes Gewässer) kann jedoch auch in der GK 3 (5 001–10 000 EW) ein Ausbau sinnvoll sein und ist dementsprechend nicht auszuschließen.

Aus dem Rhein und dem Main wird Oberflächenwasser entnommen, um es zur Trink- und Brauchwassernutzung mehr oder weniger aufbereitet in den Untergrund zu infiltrieren. Somit kann ein weiteres, in der Entscheidungshilfe nicht aufgeführtes Kriterium die Lage einer Kläranlagen-Einleitstelle oder die Mündung eines mit Abwasser belasteten Vorfluters vor einer solchen Entnahmestelle sein.

## Hinweise & Diskussionspunkte

Grundsätzlich ist es wichtig zu betonen, dass es sich bei diesem Konzept um einen Vorschlag handelt, wie eine Auswahl von kommunalen Kläranlagen für den Ausbau mit einer 4. Reinigungsstufe vorgenommen werden könnte. Generell wird darauf hingewiesen, dass diese Anleitung als Hilfestellung bei der Auswahl dienen soll, Einzelfallbetrachtungen – insbesondere in der GK 4 (>10 000–100 000 EW) – sind jedoch sinnvoll und zu empfehlen.

Zu den unterschiedlichen genannten Kriterien zur Auswahl gibt es tieferegehende

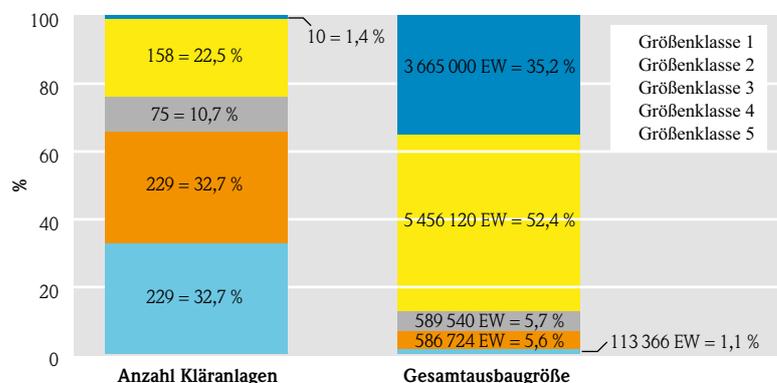


Abb. 5: Verhältnis der Anzahl der kommunalen Kläranlagen in Hessen zur Gesamtausbaugröße (Stand: 01.11.2022)

Hinweise und konkrete Diskussionspunkte, auf die an dieser Stelle jedoch nicht im Detail eingegangen werden kann.

Die Bedeutung der großen Kläranlagen zur notwendigen Frachtreduzierung ist jedoch hervorzuheben, denn die 168 Kläranlagen der GK 4 und 5 (Ausbaugröße größer 10 000 EW) decken bereits 87,6 Prozent der Gesamtausbaugröße der 701 hessischen kommunalen Kläranlagen ab (Abbildung 5). Daraus ergibt sich, dass die technische Ausstattung bzw. die Reinigungsleistung dieser 168 Kläranlagen von besonderer Bedeutung sind (HMUKLV 2021). Alleine die größte

hessische Kläranlage (Frankfurt am Main/Niederrad/Griesheim) mit 1 350 000 EW reinigt zirka 13 Prozent des gesamten kommunalen Abwassers Hessens. Zudem sind aufgrund von Kostendegression und der Komplexität der Verfahren die Kläranlagen der GK 4 und 5 zu bevorzugen – ebenso ist die Akzeptanz für einen Ausbau bei Betreibern und Kommunen in der Regel bei größeren Kläranlagen höher. Zur Förderung der Akzeptanz ist es allgemein sinnvoll, über die Zielsetzung und die Wirkungen einer weitergehenden Abwasserreinigung und den damit verbundenen finanziellen Aufwand zu informieren (BMU 2019).

## Fazit & Ausblick

Die Bedeutung der Erweiterung kommunaler Kläranlagen mit einer weiteren Reinigungsstufe zur Spurenstoffelimination ist in der Fachwelt unumstritten, um die aquatische Umwelt sowie die Grundwasserressourcen vor Spurenstoffbelastungen zu schützen und den guten chemischen und ökologischen Zustand in den Oberflächengewässern gemäß der WRRL zu erreichen.

Bei der Auswahl kommunaler Kläranlagen für den Bau einer 4. Reinigungsstufe bedarf es einer nachvollziehbaren Vorgehensweise – der Orientierungsrahmen der Spurenstoffstrategie des Bundes liefert die dafür notwendigen Rahmenbedingungen. Mit dem vorliegenden Vorschlag zur Anwendung des Orientierungsrahmens in Hessen kann in Abstimmung mit dem HMUKLV basierend auf den beim HLNUG vorliegenden Daten eine Auswahl von kommunalen Kläranlagen getroffen werden, die mittelfristig eine 4. Reinigungsstufe erhalten sollten.

Nach derzeitigem Stand werden durch das Land Hessen insgesamt sieben Kläranlagen im besonders sensiblen Hessischen Ried für den Ausbau mit einer 4. Reinigungsstufe finanziell gefördert.

Zugleich haben bereits über 30 Kläranlagenbetreiber in Hessen Überlegungen, Voruntersuchungen oder Machbarkeitsstudien im Hinblick auf eine 4. Reinigungsstufe durchgeführt. Während das Interesse und der Wille am Ausbau zumeist vorhanden sind, scheitert dieser jedoch aktuell häufig an fehlenden finan-

ziellen Mitteln der Kommunen. Daher erscheint die Schaffung eines weitergehenden finanziellen Anreizsystems erforderlich, sodass die Kommunen die notwendige Unterstützung erhalten.

Durch die derzeitige Novellierung der EU-Kommunalabwasserrichtlinie könnten sich zum einen bezüglich der Implementierung von 4. Reinigungsstufen an ausgewählten kommunalen Kläranlagen sowie deren Verfahrensüberwachung und zum anderen auch im Hinblick auf die Finanzierung entsprechender Maßnahmen (gegebenenfalls verursachergerechte Finanzierung durch erweiterte Herstellerverantwortung) bereits konkrete Anforderungen und Vorgaben ergeben, die anschließend rechtlich umgesetzt werden müssen. So sieht der aktuelle Entwurf der Europäischen Kommission vom 26.10.2022 vor, dass Kläranlagen mit mindestens 100 000 EW bis spätestens zum Jahr 2035 eine 4. Reinigungsstufe erhalten sollen – Kläranlagen zwischen 10 000 EW und 100 000 EW sollen bis zum Jahr 2040 ihr Abwasser weitergehend behandeln, sofern deren Spurenstoffemissionen ein Risiko für die Umwelt oder die menschliche Gesundheit darstellen. Somit ist der vorliegende Konzeptvorschlag konform mit dem Entwurf der Europäischen Kommission, die sowohl einen vorsorgenden als auch einen risikobasierten Ansatz empfiehlt (Europäische Kommission 2022).

Da die ersten kommunalen Kläranlagen Hessens ihre 4. Reinigungsstufe in diesem Jahr in Betrieb nehmen werden (Kläranlage Mörfelden-Walldorf

und Kläranlage Bickenbach), sind für deren Verfahrensüberwachung weiterhin plausible Vorgaben (Auswahl von Leitparametern, anhand derer eine Funktionskontrolle erfolgt) entsprechend der neuen EU-Kommunalabwasserrichtlinie dringend zu erarbeiten und mit den betroffenen Akteuren zu kommunizieren.

Der schrittweise Ausbau von ausgewählten hessischen Kläranlagen mit der 4. Reinigungsstufe wird durch das HLNUG als technisch-wissenschaftliche Fachbehörde insbesondere durch seine Beratungs-

funktion unterstützt und wissenschaftlich begleitet. So wird das HLNUG mit der Inbetriebnahme der ersten 4. Reinigungsstufen in diesem Jahr Evaluierungen bezüglich der Funktionstüchtigkeit (Reinigungsleistung, Verfahrensvergleiche, Kosten etc.) sowie der ökologischen und chemischen Auswirkungen auf die Fließgewässerbeschaffenheit der entsprechenden Vorfluter vornehmen. Weiterhin werden entsprechende Daten zu den in Hessen installierten 4. Reinigungsstufen zentral gesammelt, ausgewertet und für den fortschreitenden Ausbau nutzbar gemacht.

## Literaturverzeichnis

- BDEW (Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V.) (2017): Arzneimittelverbrauch im Spannungsfeld des demografischen Wandels – Die Bedeutung des wachsenden Medikamentenkonsums in Deutschland für die Rohwasserressourcen. Berlin. [[https://civity.de/asset/de/sites/3/2018/05/arzneimittelstudie\\_final\\_20171218.pdf](https://civity.de/asset/de/sites/3/2018/05/arzneimittelstudie_final_20171218.pdf); Stand: 02.11.2022]
- BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz) (2019): Ergebnisse der Phase 2 des Stakeholder-Dialogs „Spurenstoffstrategie des Bundes“ zur Umsetzung von Maßnahmen für die Reduktion von Spurenstoffeinträgen in die Gewässer. Bonn. [[https://www.bmu.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Binnengewasser/ergebnispapier\\_stakeholder\\_dialog\\_phase2\\_bf.pdf](https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Binnengewasser/ergebnispapier_stakeholder_dialog_phase2_bf.pdf); Stand: 02.11.2022]
- BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz) (2021): Nationale Wasserstrategie. Bonn. [[https://www.bmu.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Binnengewasser/langfassung\\_wasserstrategie\\_bf.pdf](https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Binnengewasser/langfassung_wasserstrategie_bf.pdf); Stand: 02.11.2022]
- BUND (Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland – BUND e.V.) (2017): Mikroschadstoffstrategie – Standpunkt BUND. Berlin. [[https://www.bund.net/fileadmin/user\\_upload\\_bund/publikationen/fluesse/fluesse\\_mikroschadstoffe\\_standpunkt.pdf](https://www.bund.net/fileadmin/user_upload_bund/publikationen/fluesse/fluesse_mikroschadstoffe_standpunkt.pdf); Stand: 02.11.2022]
- Europäische Kommission (2021): Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen – Auf dem Weg zu einem gesunden Planeten für alle. EU-Aktionsplan: „Schadstofffreiheit von Luft, Wasser, Boden“. Brüssel. [[https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:a1c34a56-b314-11eb-8aca-01aa75ed71a1.0003.02/DOC\\_1&format=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:a1c34a56-b314-11eb-8aca-01aa75ed71a1.0003.02/DOC_1&format=PDF); Stand: 02.11.2022]
- Europäische Kommission (2022): Proposal for a revised Urban Wastewater Treatment Directive. Brüssel. [[https://environment.ec.europa.eu/publications/proposal-revised-urban-wastewater-treatment-directive\\_en](https://environment.ec.europa.eu/publications/proposal-revised-urban-wastewater-treatment-directive_en); Stand: 02.11.2022]
- GWF Wasser/Abwasser (2022): Abwasser: EU-Kommission will Kommunalabwasserrichtlinie überarbeiten. Essen. [<https://gwf-wasser.de/branche/abwasser-eu-kommission-will-kommunalabwasserrichtlinie-ueberarbeiten/>; Stand: 02.11.2022]
- HLNUG (Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie) (2020): Veröffentlichung der Messergebnisse auf der Homepage. Wiesbaden. [<https://www.hlnug.de/themen/wasser/fließgewaesser/fließgewaesser-chemie/spurenstoffe/arzneimittel/aktuell>; Stand: 02.11.2022]

- HMUKLV (Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz) (2018): Spurenstoffstrategie Hessisches Ried. Wiesbaden. [[https://umwelt.hessen.de/sites/umwelt.hessen.de/files/2021-07/spurenstoffstrategie\\_hessisches\\_ried.pdf](https://umwelt.hessen.de/sites/umwelt.hessen.de/files/2021-07/spurenstoffstrategie_hessisches_ried.pdf)]; Stand: 02.11.2022]
- HMUKLV (Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz) (2020): Das Leitbild der Nachhaltigkeitsstrategie des Landes Hessen. Wiesbaden. [[https://www.hessen-nachhaltig.de/files/content/downloads/leitbild/NHS\\_Hessen\\_Leitbild\\_Broschuere\\_barrierefrei.pdf](https://www.hessen-nachhaltig.de/files/content/downloads/leitbild/NHS_Hessen_Leitbild_Broschuere_barrierefrei.pdf)]; Stand: 02.11.2022]
- HMUKLV (Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz) (2021): Beseitigung von kommunalen Abwässern in Hessen – Lagebericht 2020. Wiesbaden. [[https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/wasser/abwasser/kommunales\\_abwasser/Lageberichte/Lagebericht\\_Hessen\\_2020.pdf](https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/wasser/abwasser/kommunales_abwasser/Lageberichte/Lagebericht_Hessen_2020.pdf)]; Stand: 02.11.2022]
- IKSR (Internationale Kommission zum Schutz des Rheins) (2020): Programm „RHEIN 2040“. Der Rhein und sein Einzugsgebiet: nachhaltig bewirtschaftet und klimaresilient. 16. Rheinministerkonferenz, 13. Februar 2020. Amsterdam. [[https://www.iksr.org/fileadmin/user\\_upload/DKDM/Dokumente/Sonstiges/DE/ot\\_De\\_Programm\\_Rhein\\_2040.pdf](https://www.iksr.org/fileadmin/user_upload/DKDM/Dokumente/Sonstiges/DE/ot_De_Programm_Rhein_2040.pdf)]; Stand: 02.11.2022]
- Kompetenzzentrum Mikroschadstoffe NRW (2018a): Einsatz von Aktivkohle zur Wasser-/ Abwasserbehandlung. Köln. [[https://nrw-mikro.amit-services.de/fileadmin/user\\_upload/Downloads/Aktivkohle\\_FIN.pdf](https://nrw-mikro.amit-services.de/fileadmin/user_upload/Downloads/Aktivkohle_FIN.pdf)]; Stand: 02.11.2022]
- Kompetenzzentrum Mikroschadstoffe NRW (Nordrhein-Westfalen) (2018b): Einsatz von Ozon zur Wasser -/ Abwasserbehandlung. Köln. [[https://nrw-mikro.amit-services.de/fileadmin/user\\_upload/Downloads/Ozon\\_FIN.pdf](https://nrw-mikro.amit-services.de/fileadmin/user_upload/Downloads/Ozon_FIN.pdf)]; Stand: 02.11.2022]
- KomS BW (Kompetenzzentrum Spurenstoffe Baden-Württemberg) (2020): Leitfaden Machbarkeitsstudien zur Spurenstoffelimination auf komm. Kläranlagen. Stuttgart. [[https://koms-bw.de/cms/content/media/KomS-Leitfaden%20Machbarkeitsstudien\\_Stand%2009.2020\\_Web.pdf](https://koms-bw.de/cms/content/media/KomS-Leitfaden%20Machbarkeitsstudien_Stand%2009.2020_Web.pdf)]; Stand: 02.11.2022]
- MKULNV NRW (Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen) (2012): Mikroschadstoffe aus kommunalem Abwasser – Stoffflussmodellierung, Situationsanalyse und Reduktionspotenziale für Nordrhein-Westfalen. [[https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/forschung/wasser/klaeranlage\\_abwasser/Abschlussbericht%20Mikroschadstoffe\\_kompriert.pdf](https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/forschung/wasser/klaeranlage_abwasser/Abschlussbericht%20Mikroschadstoffe_kompriert.pdf)]; Stand: 02.11.2022]
- RÖßLER, A. und LAUNAY, M. (2019): Durchführung von Vergleichsmessungen zur Spurenstoffelimination beim Ausbau von Kläranlagen um eine 4. Reinigungsstufe – Abschlussbericht. Stuttgart. [[https://koms-bw.de/cms/content/media/2019\\_07\\_Abschlussbericht%20KomS\\_Vergleichsmessungen%20zur%20Spurenstoffelimination.pdf](https://koms-bw.de/cms/content/media/2019_07_Abschlussbericht%20KomS_Vergleichsmessungen%20zur%20Spurenstoffelimination.pdf)]; Stand: 02.11.2022]
- SEKIN, Ö. (2016): Masterarbeit Technische Universität Graz: Vierte Reinigungsstufe in kommunalen Abwasserreinigungsanlagen – Möglichkeiten, Bemessung, Kosten und Betriebserfahrungen für die weitergehende Behandlung von Abwasser. Graz (AT). [[https://www.tugraz.at/fileadmin/user\\_upload/Institute/SWW/3\\_Unterseite\\_Lehre/4\\_Masterarbeiten/MA\\_SEKIN.pdf](https://www.tugraz.at/fileadmin/user_upload/Institute/SWW/3_Unterseite_Lehre/4_Masterarbeiten/MA_SEKIN.pdf)]; Stand: 02.11.2022]
- TRIEBSKORN, R. (2017): Weitergehende Abwasserreinigung – Ein wirksames und bezahlbares Instrument zur Verminderung von Spurenstoffen und Keimen im Wasserkreislauf. Tübingen. [[https://koms-bw.de/cms/content/media/SchussenAktivplus%20Abwasserreinigung\\_20170404.pdf](https://koms-bw.de/cms/content/media/SchussenAktivplus%20Abwasserreinigung_20170404.pdf)]; Stand: 02.11.2022]
- UBA (Umweltbundesamt) (2014): Arzneimittel in der Umwelt – vermeiden, reduzieren, überwachen. Dessau-Roßlau. [[https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/01.08.2014\\_hintergrundpapier\\_arzneimittel\\_final\\_.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/01.08.2014_hintergrundpapier_arzneimittel_final_.pdf)]; Stand: 02.11.2022]

- UBA (Umweltbundesamt) (2015a): Organische Mikroverunreinigungen in Gewässern – Vierte Reinigungsstufe für weniger Einträge. Dessau-Roßlau. [[https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/organische\\_mikroverunreinigungen\\_in\\_gewassern\\_vierte\\_reinigungsstufe\\_0.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/organische_mikroverunreinigungen_in_gewassern_vierte_reinigungsstufe_0.pdf)]; Stand: 02.11.2022]
- UBA (Umweltbundesamt) (2015b): Mikroverunreinigungen und Abwasserabgabe. Dessau-Roßlau. [[https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte\\_26\\_2015\\_mikroverunreinigungen\\_und\\_abwasserabgabe\\_1.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_26_2015_mikroverunreinigungen_und_abwasserabgabe_1.pdf)]; Stand: 02.11.2022]
- UBA (Umweltbundesamt) (2016): Maßnahmen zur Verminderung des Eintrages von Mikroschadstoffen in die Gewässer – Phase 2. Dessau-Roßlau. [[https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/377/publikationen/mikroschadstoffen\\_in\\_die\\_gewasserphase\\_2.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/377/publikationen/mikroschadstoffen_in_die_gewasserphase_2.pdf)]; Stand: 02.11.2022]
- UBA (Umweltbundesamt) (2018): Empfehlungen zur Reduzierung von Mikroverunreinigungen in den Gewässern. Dessau-Roßlau. [[https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/uba\\_pos\\_mikroverunreinigung\\_final\\_bf.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/uba_pos_mikroverunreinigung_final_bf.pdf)]; Stand: 02.11.2022]
- UHL, A., HAHN, H.J., JÄGER, A., LUFTENSTEINER, T., SIEMENSMEYER, T., DÖLL, P., NOACK, M., SCHWENK, K., BERKHOFF, S., WEILER, M., KARWAUTZ, C. & GRIEBLER, C. (2022): Making waves: Pulling the plug – Climate change effects will turn gaining into losing streams with detrimental effects on groundwater quality, Water Research Volume 220. Landau. [<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043135422006029?via%3Dihub>]; Stand: 02.11.2022]
- VSA (Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute) (2019): Betrieb von Ozonanlagen auf ARA: Erkennen von kritischen Entwicklungen im Einzugsgebiet – Empfehlung. Glattbrugg (CH). [[https://micropoll.ch/wp-content/uploads/2020/06/191220\\_Interpretationshilfe\\_Betrieb\\_Ozonanlagen.pdf](https://micropoll.ch/wp-content/uploads/2020/06/191220_Interpretationshilfe_Betrieb_Ozonanlagen.pdf)]; Stand: 02.11.2022]

# Dürre und Trockenheit in Oberflächengewässern im Sommer 2022

W3

CORNELIA LÖNS HANNA



Abb. 1: Trockenfall am Pegel Rod an der Weil © RP Gießen

Im Sommer 2022 beherrschte das Thema Dürre und Trockenheit die Medien. In zahlreichen Presseartikeln und Fernsehsendungen aber auch auf wissenschaftlichen Fachtagungen wurde das Thema erläutert und dargestellt, wobei die Fragen: **„Trocknet Deutschland aus?“**, **„Haben wir bald zu wenig Trinkwasser?“** oder **„Was wird mit den Tieren und Pflanzen in den Bächen und Flüssen?“** im Vordergrund standen und mitunter Sorge in der Bevölkerung auslösten.

Im folgenden Beitrag wird auf die Witterung eingegangen, die zur Trockenheit führte, sowie auf die Wassermengen in Flüssen und Bächen in Hessen. Grundlage für die Betrachtung ist das hydrologische Messnetz (Pegel- und Niederschlagsmessnetz) des Landes Hessen, ergänzt durch Daten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) und der Wasserstraßen- und

Schiffahrtsverwaltung (WSV). Da die Niedrigwasserphase im Mai 2022 begann und sich über das Sommerhalbjahr hinzog, bezieht sich der Großteil der Auswertungen auf den Zeitraum Mai bis Oktober 2022. Ausgewertet wurden ungeprüfte Rohdaten, da wegen der Aktualität noch keine geprüften Daten vorliegen.

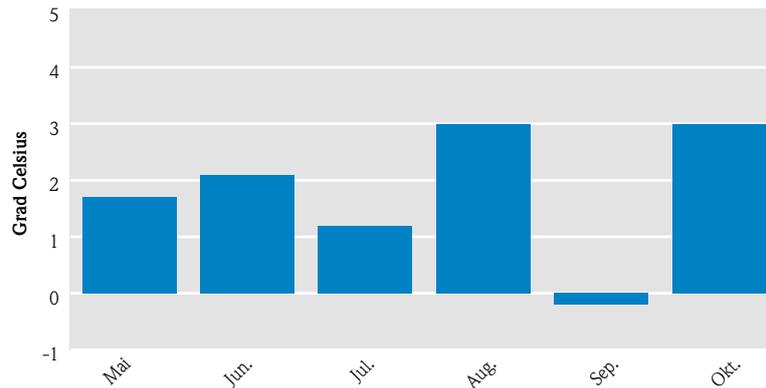
Zusammenfassend kann gesagt werden, dass es in den Sommermonaten 2022, abgesehen vom September, viel zu warm war. Erheblich zu trocken war es in den Monaten Mai bis August, sehr nass im September und etwas nasser als im Mittel im Oktober. Viele Gewässer führten über einen längeren Zeitraum Niedrigwasser oder fielen sogar ganz trocken (Abbildung 1). In einigen Kommunen wurde zeitweise die Entnahme aus Oberflächengewässern zu Bewässerungszwecken eingeschränkt.

## Witterung im Sommer 2022

### Lufttemperatur

In den Monaten Mai bis Oktober waren fünf von sechs Monaten zu warm. Die Abweichungen können Abbildung 2 entnommen werden. Insgesamt lag

der Mittelwert in diesem Zeitraum mit 16,5 °C um 1,8 Grad über dem Mittelwert der Referenzperiode 1991–2020 für diesen Zeitraum von 14,7 °C.

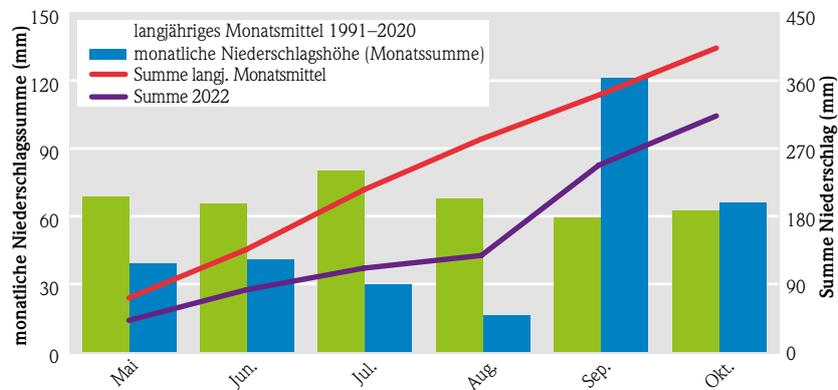


**Abb. 2:** Abweichung der monatlichen Lufttemperaturen in Hessen vom langjährigen monatlichen Mittel 1991–2020 im Sommerhalbjahr 2022

### Niederschlag

Die Sommermonate in Hessen waren gekennzeichnet durch geringe Niederschläge. Die Regenmengen der vier Monate Mai bis August lagen weit unter den Durchschnittswerten der Referenzwerte der Reihe 1991–2020. Erst im September regnete es wieder mehr, hier fiel sogar mehr als das Doppelte der mittleren Niederschlagsmenge. Im Oktober gab es leicht überdurchschnittliche Regenmengen.

Insgesamt konnte das Niederschlagsdefizit der Monate Mai bis August in den Monaten September und Oktober nicht ausgeglichen werden. Mit 313 mm fielen 91 mm weniger Regen als im langjährigen Mittel, das für den Zeitraum Mai bis Oktober 404 mm beträgt. Die monatlichen Niederschlagsmengen für Hessen sind Abbildung 3 zu entnehmen.



**Abb. 3:** Monatliche Niederschlagssummen in Hessen für Mai bis Oktober 2022 im Vergleich zum langjährigen Mittel

Aber nicht nur die Sommermonate 2022 waren zu trocken, auch in den letzten vier Jahren waren die Niederschlagsmengen unterdurchschnittlich. Besonders trocken war es im Jahr 2018 mit einem Defizit von 181 mm (24 Prozent zu wenig Regen) und 2020

mit einem Defizit von 101 mm (13 Prozent zu wenig). Im Jahr 2021 hingegen kann die Jahresniederschlagssumme mit 745 mm als nahezu ausgeglichen angesehen werden (Abbildung 4).

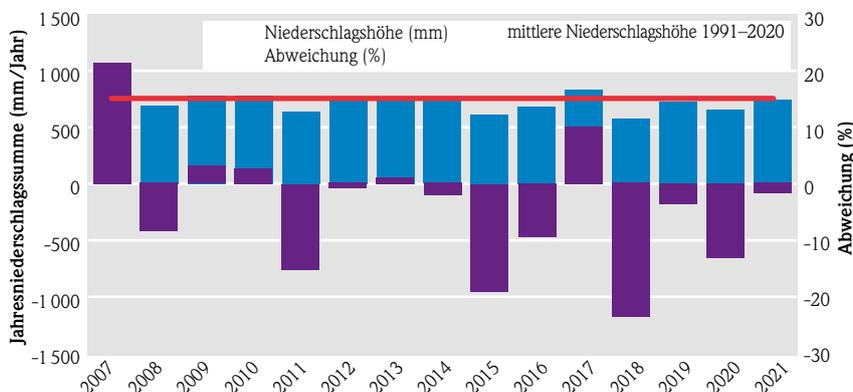


Abb. 4: Jahresniederschlagssummen und Abweichungen vom Mittelwert der Reihe 1991–2020 ab 2007

## Standardisierter Niederschlagsindex (SPI)

Eine Möglichkeit zur Beschreibung des Niederschlagsdefizits bietet der Standardisierte Niederschlagsindex SPI des DWD [1]. Dieser ist nach Angaben des Deutschen Wetterdienstes (DWD) einer der gebräuchlichsten klimatologischen Niederschlagsindizes zur Identifikation von Niederschlagsüberschüssen und -defiziten. Der SPI wird für verschiedene Zeitskalen, (monatlich, viertel-, halb- und ganzjährig) berechnet, wobei gleitende Niederschlagsmittel gebildet und im Kontext zu langjährigen Werten aus mindestens 30-jährigen gemessenen Zeitreihen betrachtet werden. Abbildung 5 kann entnommen werden, dass für weite Teile Hessens im Zeitraum Mai bis Oktober eine fast normale Situation bzw. leichte Dürre herrschte. Im Nordosten Hessens jedoch war es trockener, hier herrschte eine mäßige Dürre, vereinzelt kann im Betrachtungszeitraum auch von einer schweren Dürre gesprochen werden.

Legende Standardisierter Niederschlagsindex

SPI	Kategorien der Feuchtigkeitsverhältnisse
≥ 2.0	Extrem zu feucht
1.5 bis 2.0	Deutlich zu feucht
1.0 bis 1.5	Mäßig zu feucht
0.0 bis 1.0	Fast normal (etwas zu feucht)
-1.0 bis 0.0	Fast normal (leichte Dürre)
-1.5 bis -1.0	Mäßige Dürre
-2.0 bis -1.5	Schwere Dürre
≤ -2.0	Extreme Dürre

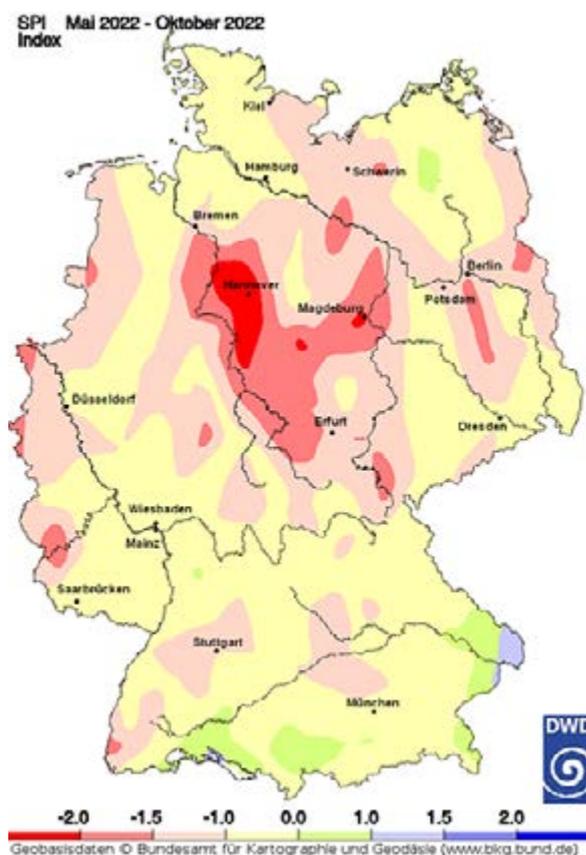


Abb. 5: Standardisierter Niederschlagsindex (SPI) für sechs Monate

## Flüsse und Bäche in Hessen

### Allgemeines

Als Niedrigwasser im Binnenbereich bezeichnet man nach DIN 4049-3 [2] den Zustand in einem oberirdischen Gewässer, bei dem der Wasserstand oder der Durchfluss einen bestimmten Schwellenwert erreicht oder unterschritten hat. Dieses Niedrigwasser ist grundsätzlich wetter- oder jahreszeitlich bedingt. Die regulären jahreszeitlichen Schwankungen werden mit dem mittleren Niedrigwasserdurchfluss (MNQ) bemessen, darunter herrscht ausgeprägtes Niedrigwasser.

Niedrigwasser und Dürre werden von der Öffentlichkeit erst in den letzten Jahren seit 2018 verstärkt in Hessen wahrgenommen. Es kam regional zu Einschränkungen, beispielsweise bei der Entnahme für Bewässerungszwecke. In den schiffbaren Gewässern führten Niedrigwasser zu Einschränkungen im Schifffahrtsbetrieb. So musste beispielsweise die Ladung verringert werden, um die Abladetiefe zu reduzieren. Dazu kam es regional zur Einstellung des Frachtschiff- oder Fährverkehrs.

Für die Beschreibung von Niedrigwasser werden verschiedene Kennwerte [nach 2 und 3] verwendet:

**NQ** bezeichnet den niedrigsten Durchfluss eines bestimmten Zeitraums.

**MNQ** bezeichnet den mittleren Niedrigwasserdurchfluss. Hierzu wird über einen festgelegten Zeitraum

(mindestens 30 Jahre) der Mittelwert aus dem jeweils niedrigsten Durchfluss eines jeden Jahres bestimmt.

**MNQ<sub>Monat</sub>** wird analog dem MNQ für jeden Monat gerechnet.

**NNQ** niedrigster je gemessener Durchflusswert.

**NM7Q** niedrigstes Niedrigwasser an 7 aufeinanderfolgenden Tagen.

**MW** mittlerer Wasserstand im betrachteten Zeitraum.

**MNW** mittlerer Niedrigwasserstand, Mittel der jeweils geringsten Durchflusswerte der Einzeljahre.

**NNW** niedrigster je gemessener Wasserstand.

In diesem Bericht wird von Niedrigwasser gesprochen, wenn der Durchflusswert im Gewässer unter MNQ liegt. Für die Auswertung hessischer Pegel werden Tagesmittelwerte des Vergleichszeitraums 1981–2010 herangezogen. Für die Betrachtung der Pegelraten der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung werden den Seiten der Bundesanstalt für Gewässerkunde [4] und der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung [5] Informationen entnommen.

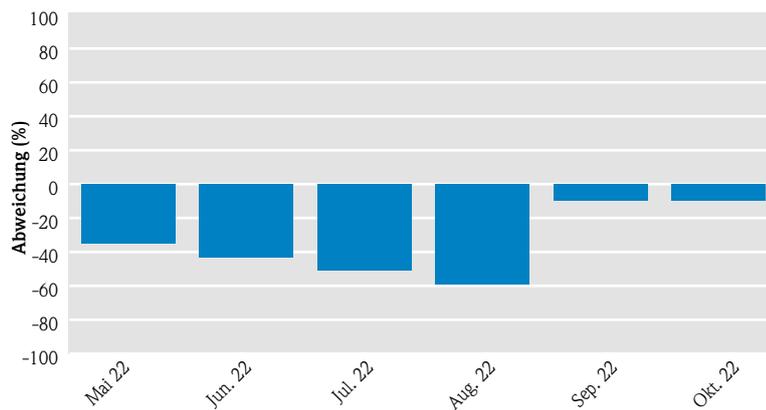
### Niedrigwasser in Hessen 2022

Die hessischen Gewässer wiesen im Sommer 2022 niedrige bis sehr niedrige Wasserstände und Durchflussmengen auf. Ursache waren die geringen Niederschlagsmengen vor allem im August in Verbindung mit hohen Lufttemperaturen. Aber auch die Wasserarmut der Vorjahre, insbesondere der Jahre 2018 und 2020 wirkte noch nach.

Im Mai führten die Gewässer zwei Drittel der sonst üblichen Wassermengen, bis August nahm die Wassereführung immer mehr ab, sodass in diesem Monat im Mittel nur noch ein Drittel der sonst üblichen Wassermengen die Gewässer durchfloss. Im Septem-

ber ging infolge der starken Regenfälle, die mehr als das Doppelte des Monatswerts betrug, die Niedrigwassersituation zurück. Jedoch lag sie immer noch bei nur 90 Prozent der für den Monat üblichen Wassermenge. Auch im Oktober wiesen die Fließgewässer trotz leicht überdurchschnittlicher Regenmengen noch 10 Prozent zu niedrige Durchflüsse auf (Abbildung 6).

Um das Ausmaß von Niedrigwasser und Dürre in oberirdischen Gewässern beurteilen zu können, muss sowohl die Dauer als auch die Intensität des Niedrigwassers betrachtet werden.



**Abb. 6:** Relative Abweichung des mittleren monatlichen Durchflusses vom Mittel 1981–2010. Die Darstellung beruht auf der regionalisierten Auswertung der Werte von 11 repräsentativen Pegeln.

Tabelle 1 kann die Entwicklung der Niedrigwassersituation im Laufe der Monate entnommen werden. Während im Mai noch 80 von 100 Pegeln keinen Niedrigwassertag aufwiesen, verschärfte sich die Lage über die Sommermonate. Im August gab es nur noch sieben Pegel, an denen es keinen Niedrigwassertag gab, im September waren nur noch drei Pegel ohne Niedrigwasser. (*Anm.: die Niederschläge setzten erst Ende der ersten Septemberwoche ein*). Fünf Pegel fielen zeitweise trocken.

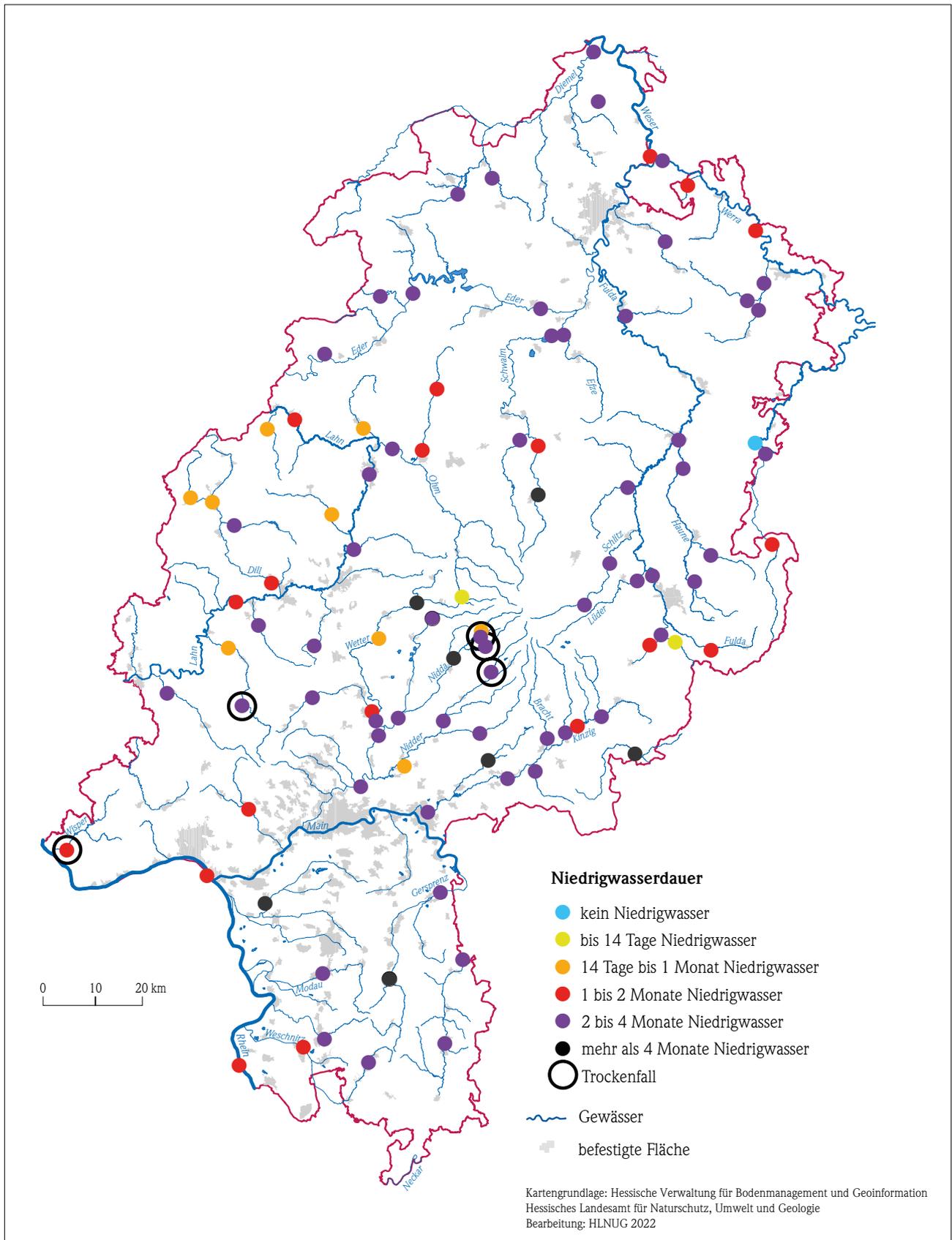
Abbildung 7 zeigt die Anzahl der Tage im Zeitraum Mai bis Oktober 2022, an denen an den jeweiligen Pegeln Niedrigwasser herrschte. Insgesamt gab es an mehr als der Hälfte der Pegel Niedrigwasser, das mehr als zwei Monate lang andauerte. Keinen Niedrigwassertag gab es im betrachteten Zeitraum an nur einem Pegel. Trockenster Sommermonat war der August, in dem 80 Pegel mehr als 2 Wochen von Niedrigwasser betroffen waren.

Abbildung 8 und 9 zeigen den Vergleich der Niedrigwassersituation 2022 mit der des Jahres 2018. In Abbildung 8 wird die Dauer der Niedrigwasserphase ausgewertet. Verglichen mit 2018 war die Niedrigwassersituation 2022 von Mai bis Oktober 2022 vergleichbar, so wiesen sowohl 2018 als auch 2022 59 Pegel zwischen zwei und vier Monaten Niedrigwasser auf, mehr als vier Monate Niedrigwasser gab es 2022 an neun Pegeln (2018: 10 Pegel).

In Abbildung 9 wird die Intensität des Niedrigwassers im Vergleich zum MNQ als Bruchteil dargestellt. Verglichen wird die Situation im Jahr 2022 mit der des Jahres 2018. Erkennbar ist, dass die Niedrigwasserphase im Jahr 2022 früher begann als 2018. Während im Mai 2018 noch der Großteil der Gewässer keinen Niedrigwassertag aufwies, trat im Jahr 2022 im Mai bereits an 20 Pegeln mindestens ein Tag mit Niedrigwasser auf. Im Oktober 2022 hingegen gab es verglichen mit 2018 weniger Niedrigwasser.

**Tab. 1:** Anzahl der Niedrigwassertage an Pegeln in Hessen im Jahr 2022 (Referenzzeitraum 1981 bis 2010)

Monat	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober
kein Niedrigwassertag	80	37	17	7	3	45
< 7 Tage Niedrigwasser	6	21	6	2	19	17
7 bis 14 Tage Niedrigwasser	9	12	10	4	39	15
> 14 Tage Niedrigwasser	5	29	65	80	38	22
trocken	0	1	2	5	1	0
kein Wert	0	0	0	2	0	1



**Abb. 7:** Anzahl der Niedrigwassertage an hessischen Pegeln Mai bis Oktober 2022

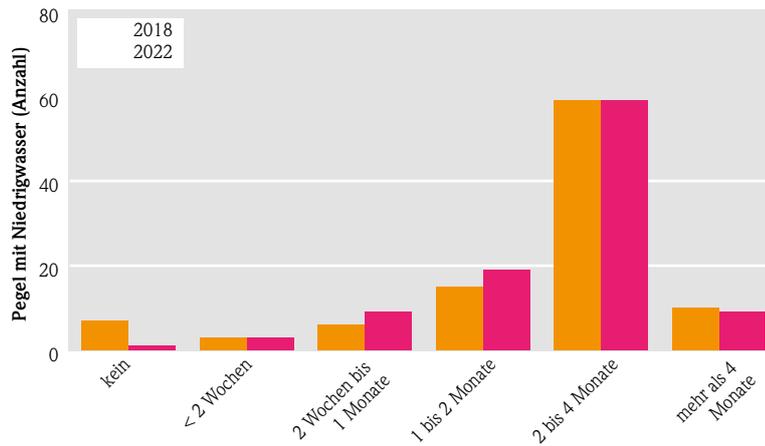


Abb. 8: Dauer der Niedrigwasserphase an hessischen Pegeln 2018 und 2022

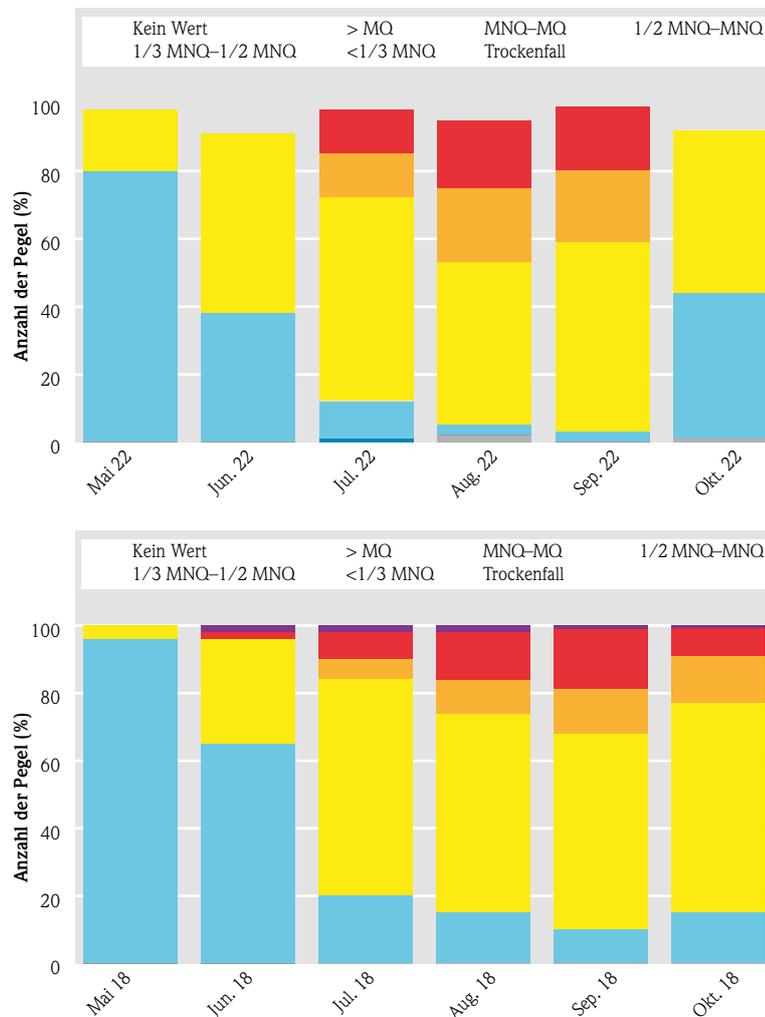


Abb. 9: Niedrigster Tagesmitteldurchfluss im Monat in den Jahren 2022 und 2018, ausgewertet wurde der Tag mit dem jeweils niedrigsten Durchfluss

## Betrachtung einzelner Flüsse und Bäche

In Tabelle 2 sind die Niedrigwassertage für einzelne Pegel, die verschiedene Regionen in Hessen repräsentieren, von Januar bis Oktober 2022 ausgewertet. Die wenigsten Niedrigwassertage wurden an der Weschnitz am Pegel Lorsch mit 34 Tagen registriert. Die Gewässer an den übrigen Pegeln führten, abgesehen vom im Westen gelegenen Pegel Aßlar an der Dill, ca. zwei oder mehr Monate unterdurchschnittliche Wassermengen unter MNQ. Noch häufiger wurden im Betrachtungszeitraum die jeweiligen monatlichen Niedrigwasserwerte ( $MNQ_{\text{Monat}}$ ) unterschritten. Weniger häufig lagen die Wasserstände unter den mittleren Niedrigwasserständen. Dies könnte unter anderem daran liegen, dass die Wasserstände nicht nur durch die Wassermengen, sondern durch äußerer Bedingungen wie das Gewässerprofil oder Krautwuchs in den Gewässern beeinflusst werden.

Exemplarisch für die verschiedenen Gewässer in Hessen werden in den Abbildungen 10 und 11 die Durchflussmengenentwicklungen in der Fulda, einem größeren Gewässer im Norden Hessens am Pegel Bad Hersfeld 1 und in der Mümling am Pegel Hainstadt, einem kleineren südlichen Gewässer, das dem

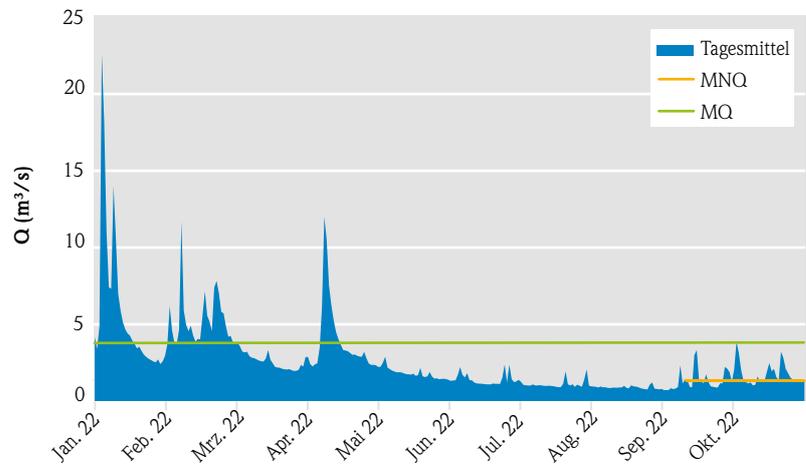


Abb. 10: Durchflussverlauf am Pegel Hainstadt/Mümling Januar bis Oktober 2022

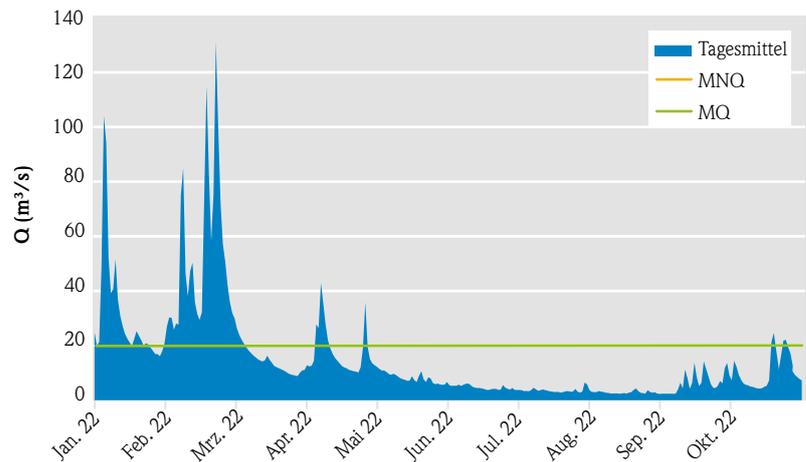


Abb. 11: Durchflussverlauf am Pegel Bad Hersfeld 1/Fulda Januar bis Oktober 2022

Tab. 2: Auswertung einiger hessischer Pegel (01.01. bis 18.10.2022), (statistische Vergleichswerte aus der Reihe 1981 bis 2010)

Pegel	Aßlar	Bad Hersfeld 1	Hainstadt	Hanau	Helmars hausen	Lorsch	Marburg
Gewässer	Dill	Fulda	Mümling	Kinzig	Diemel	Weschnitz	Lahn
MNQ [m³/s]	1,1	4,65	1,31	2,64	5,58	1,11	3,53
Unterschreitungstage MNQ	51	93	103	80	82	34	105
Unterschreitungstage $MNQ_{\text{Monat}}$	142	171	206	149	211	140	185
NNQ [m³/s]	0,608 (05.09.1991)	2,65 (16.08.2003)	0,908 (19.09.1991)	1,64 (04.09.1991)	2,62 (17.7.1993)	0,547 (01.09.2009)	2,16 (02.09.1991)
Unterschreitungstage NNQ	16	19	31	0	0	0	47

Main zufließt, dargestellt. Trotz der unterschiedlichen Größe und Lage in jeweils einem anderen Einzugsgebiet ist der Verlauf ähnlich. Nach hohen Durchflüssen am Anfang des Jahres und nochmals höheren Wassermengen im April herrschte in beiden Gewässern wie

auch in den meisten anderen Bächen und Flüssen in Hessen von Mai bis Anfang September weitgehend Niedrigwasser mit Wassermengen unter MNQ. Ab September nahmen die Wassermengen wieder zu und lagen mit Schwankungen zwischen MNQ und MQ.

## Bundeswasserstraßen

Die Wasserführung der Bundeswasserstraßen Rhein und Weser wird überwiegend durch außerhessische Zuflüsse bestimmt. Das Abflussregime des Rheins wird durch diverse Zuflüsse insbesondere aus dem Alpenvorland und dem Schwarzwald sowie Neckar und Main bestimmt. Infolgedessen tritt Niedrigwasser im Rhein in der Regel erst in der zweiten Jahreshälfte auf. Die Abflüsse der Weser werden nicht nur durch die aktuellen Niederschläge, sondern auch durch die Abflüsse des Edersees beeinflusst, der zur Stützung der Wasserstände in Trockenzeiten angelegt wurde.

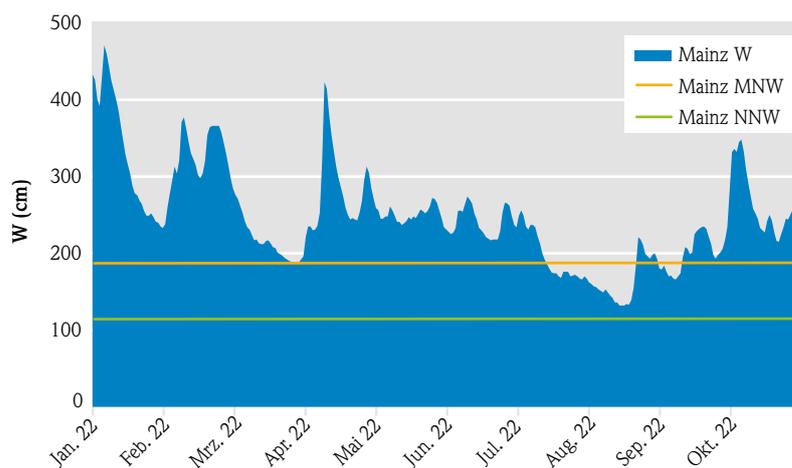


Abb. 12: Wasserstand am Pegel Mainz/Rhein Januar bis Oktober 2022

In Tabelle 3 werden die Niedrigwasserauswertungen am hessischen Rheinabschnitt und an der Oberweser dargestellt. In beiden Gewässern betrug die Niedrigwasserphase zwischen zwei Wochen und zwei Monaten.

Abbildung 12 zeigt den Abflussverlauf am hessischen Rheinabschnitt am Pegel Mainz. MNW wurde im August und Anfang September unterschritten.

Tab. 3: Auswertung Pegel an Rhein und Weser (01.01. bis 31.10.2022)

Pegel	Worms		Mainz		Hannoversch-Münden	
	Gewässerkundliche Hauptzahl	Unterschreitung 2022 [Tage]	Gewässerkundliche Hauptzahl	Unterschreitung 2022 [Tage]	Gewässerkundliche Hauptzahl	Unterschreitung 2022 [Tage]
NM7Q [m <sup>3</sup> /s]	424	0	467	0	10,6	0
MNQ [m <sup>3</sup> /s]	660	39	776	38	33,6	49
NNW [cm]	2	0	110	0	keine Auswertung	keine Auswertung
MNW [cm]	71	39	183	46	96,0	59

Auswertestand: 6. Februar 2023 Quellen: bfg (Undine) [4] und WSV (Pegelonline) [5]

## Literaturverzeichnis

- [1] Deutscher Wetterdienst (2018): <https://www.dwd.de/DE/leistungen/spi/spi.html>. Standardisierter Niederschlagsindex (SPI). Stand Dezember 2018.
- [2] Deutsches Institut für Normung e.V. (1994-10): DIN 4049 Teil 3: Begriffe zur quantitativen Hydrologie.
- [3] Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser – LAWA (2018): Leitfaden zur Hydrometrie des Bundes und der Länder – Pegelhandbuch, Teil C. <https://www.lawa.de/Publikationen-363-Pegel.html>
- [4] Informationsplattform Undine, Bundesanstalt für Gewässerkunde [bfg] [https://undine.bafg.de/rhein/zustand-aktuell/rhein\\_akt\\_WQ.html](https://undine.bafg.de/rhein/zustand-aktuell/rhein_akt_WQ.html)
- [5] PEGEL ONLINE. Gewässerkundliches Informationssystem der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung <https://www.pegelonline.wsv.de/gast/start>

# Auswertung des Niedrigwassermessprogramms 2003 zur Abschätzung des Basisabflusses für die Quantifizierung der Grundwasserneubildung

W4

HANNAH BUDDE, LAURA ECK, ANGELA PREIN

## Einleitung

Zwischen dem 11. August und dem 24. September 2003 begleitete das Hessische Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) ein von den hessischen Regierungspräsidien durchgeführtes, hessenweites Niedrigwassermessprogramm zur Messung von Niedrigwasserabflüssen an Bächen und Flüssen. Die Auswirkungen von Niedrigwasser sind vielfältig. Dazu gehören (HLNUG 2021):

- Einschränkungen im Binnenschiffsverkehr, da bei niedrigen Wasserständen die Beladung der Schiffe reduziert werden muss,
- Gefahr des Fischsterbens wegen hoher Wassertemperaturen und geringem Sauerstoffanteil infolge geringer Wassermengen und langsamer Fließgeschwindigkeiten,
- steigende Schadstoffkonzentrationen im Gewässer wegen fehlendem Verdünnungswasser bei gleichbleibender Einleitung,
- mögliche Einschränkungen bei Wasserentnahmen, die rechtlich an einen Mindestwasserstand gebunden sind, etwa für landwirtschaftliche Bewässerung,
- geringere Stromproduktion durch Wasserkraftwerke, da bei Flusskraftwerken geringere Wassermengen die Turbinen durchfließen, wobei ein Mindestabflussanteil in den Ausleitungsgräben verbleiben muss bzw. bei Wärmekraftwerken weniger Kühlwasser zur Verfügung steht,
- Einschränkungen der Produktion von Betrieben, die auf die Entnahme von Kühl- oder Betriebswasser angewiesen sind.

Niedrigwassermessungen können zur Abschätzung des Basisabflusses und damit näherungsweise der Grundwasserneubildung genutzt werden. Damit können Auswertungen dieser Messungen Hinweise für wasserwirtschaftliche Entscheidungen wie zum Beispiel der möglichen Entnahmemenge aus dem Grundwasser liefern. Der während Perioden mit durchschnittlichem Niederschlag in einem Vorfluter gemessene Abfluss enthält Anteile von Direktabfluss (das heißt regenwassergespeistem Oberflächen- und Zwischenabfluss) sowie von grundwassergespeistem Basisabfluss.

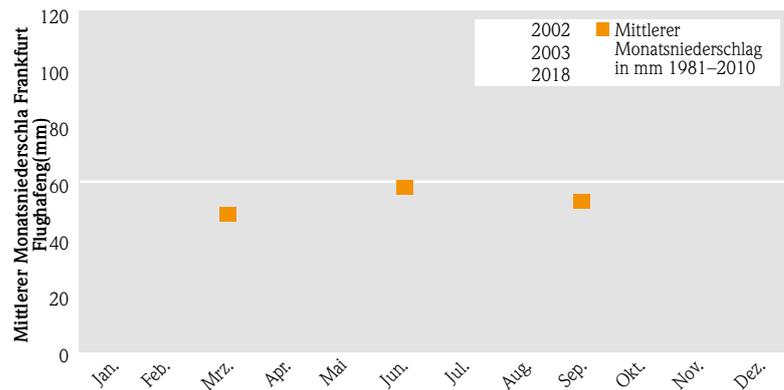
Der Niedrigwasserabfluss bezieht sich hydrologisch gesehen auf den in einem Zeitraum gemessenen niedrigsten Abfluss (NQ). Unter Trockenwetterabfluss wird hydrogeologisch ein Abfluss nach einer längeren Zeitspanne ohne abflusswirksame Niederschläge verstanden. Üblicherweise werden solche Messungen im Spätsommer bzw. Frühherbst durchgeführt. Der Trockenwetterabfluss kann grob näherungsweise als grundwasserbürtiger Abfluss angenommen werden. Niedrigwasserabflüsse können Trockenwasserabflüssen entsprechen.

Mithilfe von Trockenwetterabflussmessungen lassen sich unter günstigen Bedingungen Einzugsgebiete mit unterschiedlichen Grundwasserneubildungsraten voneinander abgrenzen (BECHT et al. 2017).

Der Sommer des Jahres 2003 bot aufgrund außergewöhnlich hoher Temperaturen und langanhaltender Trockenheit eine Gelegenheit für Niedrigwasserabflussmessungen. Relativierend muss angemerkt wer-

den, dass das Vorjahr überdurchschnittlich nass war. Abbildung 1 zeigt den in den Jahren 2002, 2003 und 2018 an der Wetterstation Frankfurt Flughafen gemessenen Niederschlag im Vergleich zum langjährigen Mittel 1981–2010. Mit Ausnahme von Januar und Mai lag der Niederschlag in sämtlichen Monaten im Jahr 2003 unterhalb des langjährigen Mittels.

Eine weitere Niedrigwasserabflussmessung erfolgte im Jahr 2018, welches ein starkes Niederschlagsdefizit in den Monaten Februar bis Juli aufwies und dem ein trockenes Vorjahr vorausging (LÖNS-HANNA, KREMER & RITTERSHOFER 2019). Im vorliegenden Beitrag sind die Messungen des Jahres 2003 (HLNUG 2006) Gegenstand der Betrachtung.



**Abb. 1:** Mittlerer Monatsniederschlag an der Wetterstation Frankfurt Flughafen in den Jahren 2002, 2003 und 2018 im Vergleich zum langjährigen Mittel 1981–2010 (Datenquelle: DWD 2021)

In der vorliegenden Arbeit wird der Zusammenhang von geogenen Faktoren auf den Niedrigwasserabfluss bzw. die Abflussspenden der jeweiligen Einzugsgebiete untersucht.

## Methodik

Für die Bearbeitung kam die ArcGIS-Komponente ArcMap 10.7.1 zum Einsatz, um die Positionen der 725 Messstellen innerhalb Hessens zu zeigen und die zugehörigen oberirdischen Einzugsgebiete (EZG) mithilfe der in ArcMap integrierten „Spatial Analyst-Hydrologie“-Werkzeuge abzugrenzen. Den so ermittelten oberirdischen Einzugsgebieten wurden die Attribute der zugehörigen Messstellen inklusive der Niedrigwasserabflussmessungen zugewiesen. Die im Jahr 2003 gemessenen Abflüsse, welche nicht um anthropogene Einflüsse korrigiert sind, wurden sodann in eine auf das zugehörige oberirdische Einzugsgebiet bezogene Abflussspende in  $l/(s \cdot km^2)$  umgerechnet. Negative Abflussspenden werden als Abflussabgaben bezeichnet. Die Ergebnisse sind in Abbildung 2 graphisch dargestellt.

Im nächsten Schritt wurden diejenigen oberirdischen Einzugsgebiete ermittelt, die über mindestens einen gemessenen Zufluss verfügen. Für diese EZG wurde aus der Differenz der Zu- und Abflüsse in  $l/s$  ermittelt, ob eine positive oder eine negative Abflussveränderung vorliegt. Die ermittelte Differenz wurde auf die Fläche des zugehörigen EZG bezogen und somit die Abflussspende oder Abflussabgabe in  $l/(s \cdot km^2)$

für das Gebiet ermittelt. Abbildung 3 zeigt die Einzugsgebiete, für die sich eine Abflussspende oder -abgabe ergibt.

Der Niedrigwasserabfluss bzw. die Abflussspende oder -abgabe eines Einzugsgebietes wird von anthropogenen Faktoren wie zum Beispiel Grundwasserentnahmen aus Brunnen und Quellen oder durch Kiesabbau sowie den Einleitungen von Kläranlagen beeinflusst. Diese Beeinflussungen können näherungsweise durch die Nutzungsdaten, die zu einem großen Teil bekannt sind, berücksichtigt werden. Der Niedrigwasserabfluss ist aber auch von geogenen Faktoren abhängig, von denen hier drei ausgewählt und untersucht wurden:

- die Größe des oberirdischen Einzugsgebietes (EZG),
- die Anzahl von Störungszonen pro Einzugsgebiet sowie
- die an der Geländeoberfläche anstehende lithologische Einheit.

Die drei ausgewählten Faktoren zeichnen sich durch eine sehr geringe Wechselwirkung zwischen anthro-

pogenen und geogenen Einflüssen aus. Für die Geologie wurde als Grundlage die Geologische Karte von Deutschland (BGR 2016) verwendet, um die Komplexität der statistischen Analyse zu begrenzen.

Um den Einfluss der EZG-Größe sowie der Anzahl von Störungszonen pro EZG auf den Niedrigwasserabfluss zu bestimmen, wurde für diese Größen der Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman berechnet.

Weiterhin wurden unter Verwendung des feinaufgelösten digitalen Geländemodells (DGM 1 des HVBG) die Polygone der EZG ermittelt, die sich gemäß der Geologischen Karte von Deutschland (BGR 2016) zu mindestens 70 Prozent innerhalb einer lithologischen Einheit befinden. Für diese EZG konnte davon ausgegangen werden, dass die vorherrschende lithologische Einheit den größten Einfluss auf den gemessenen Niedrigwasserabfluss hatte. Anschließend wurden diejenigen EZG ausgewählt, für die eine Abflusspende oder -abgabe aufgrund der Datenlage bestimmbar war.

Es wurden die Abflusspenden für alle lithologischen Einheiten in Hessen verglichen, in denen mindestens fünf EZG liegen, für die es Niedrigwasserabflussmessungen gibt. Waren weniger als fünf EZG vorhanden, wurde die Datenlage für einen Vergleich als nicht ausreichend angesehen.

Anschließend wurden sämtliche Kopfgebiete, also Einzugsgebiete ohne natürlichen Zufluss, ausgewählt, die zu mindestens 70 Prozent in der gleichen lithologischen Einheit liegen. Für alle lithologischen Einheiten, in denen mindestens fünf EZG liegen, wurden die Niedrigwasserabflüsse statistisch ausgewertet.

Weiterhin wurde die Beeinflussung des Niedrigwasserabflusses bzw. der Abflusspende oder -abgabe eines EZG durch anthropogene Faktoren untersucht. Ziel war es, einen Überblick über die Auswirkungen direkt messbarer anthropogener Aktivitäten auf den Niedrigwasserabfluss zu erhalten.

Da hierzu die Nutzungsdaten umfangreich vorliegen müssen und eine Gesamtauswertung für Hessen im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht möglich war, wurde die stark durch anthropogene Aktivitäten geprägte Hanau-Seligenstädter Senke, ein känozoisches

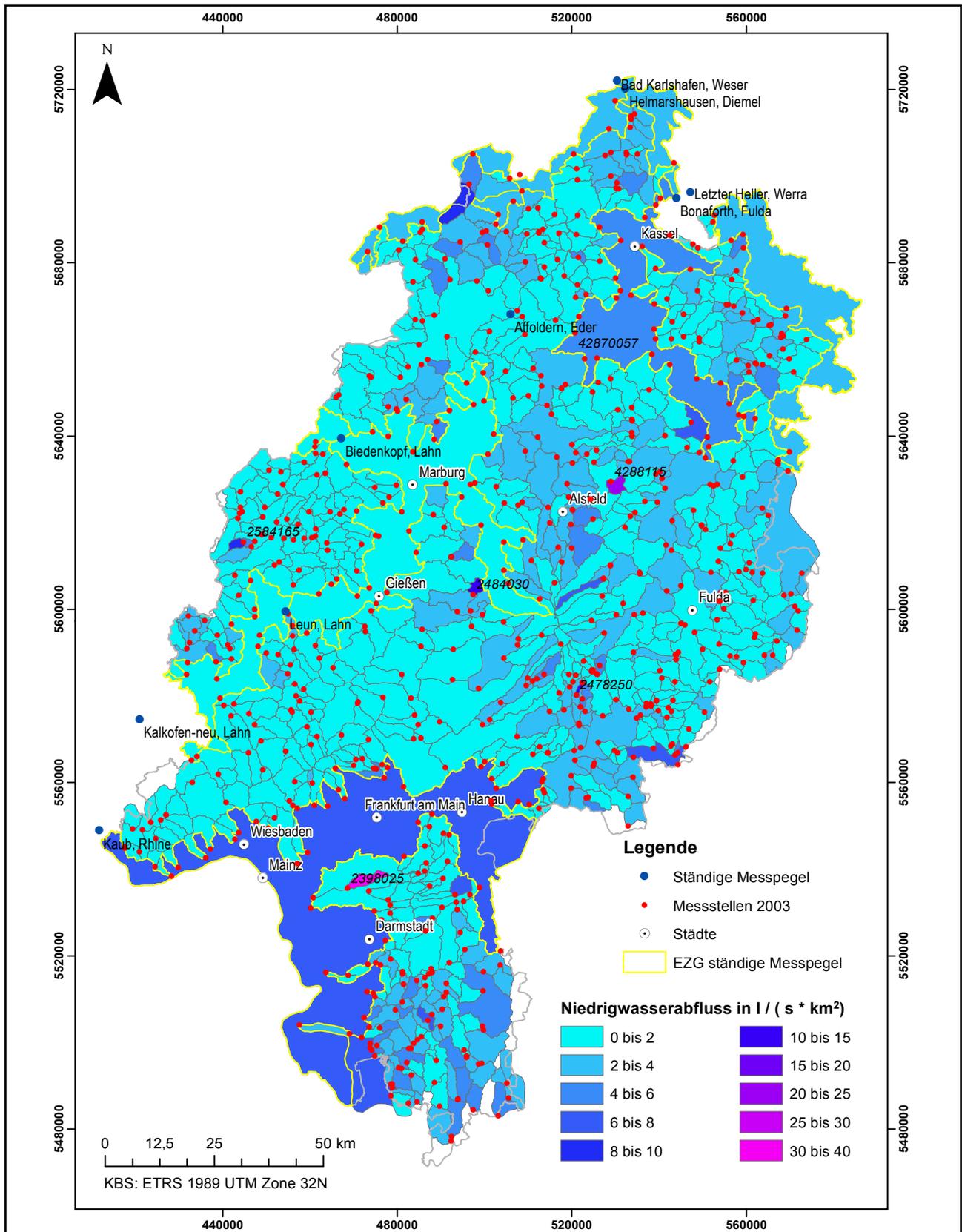
Senkungsgebiet am Rande des Oberrheingrabens (LANG 2007), als Gebietsbeispiel ausgewählt.

Es wurde der Einfluss von Grundwasserentnahmen durch Trinkwasser-, Sanierungs-, Beregnungsbrunnen und Wasserverluste durch Kiestagebaue sowie von Einleitungen von in Kläranlagen aufbereitetem Wasser in Vorfluter untersucht. Entnahmen aus den Oberflächengewässern wurden nicht berücksichtigt. Für 17 in der Hanau-Seligenstädter Senke liegende oberirdische EZG wurden so die Niedrigwasserabflüsse aus den beschriebenen Daten nach der bereits oben ausgeführten Methodik berechnet.

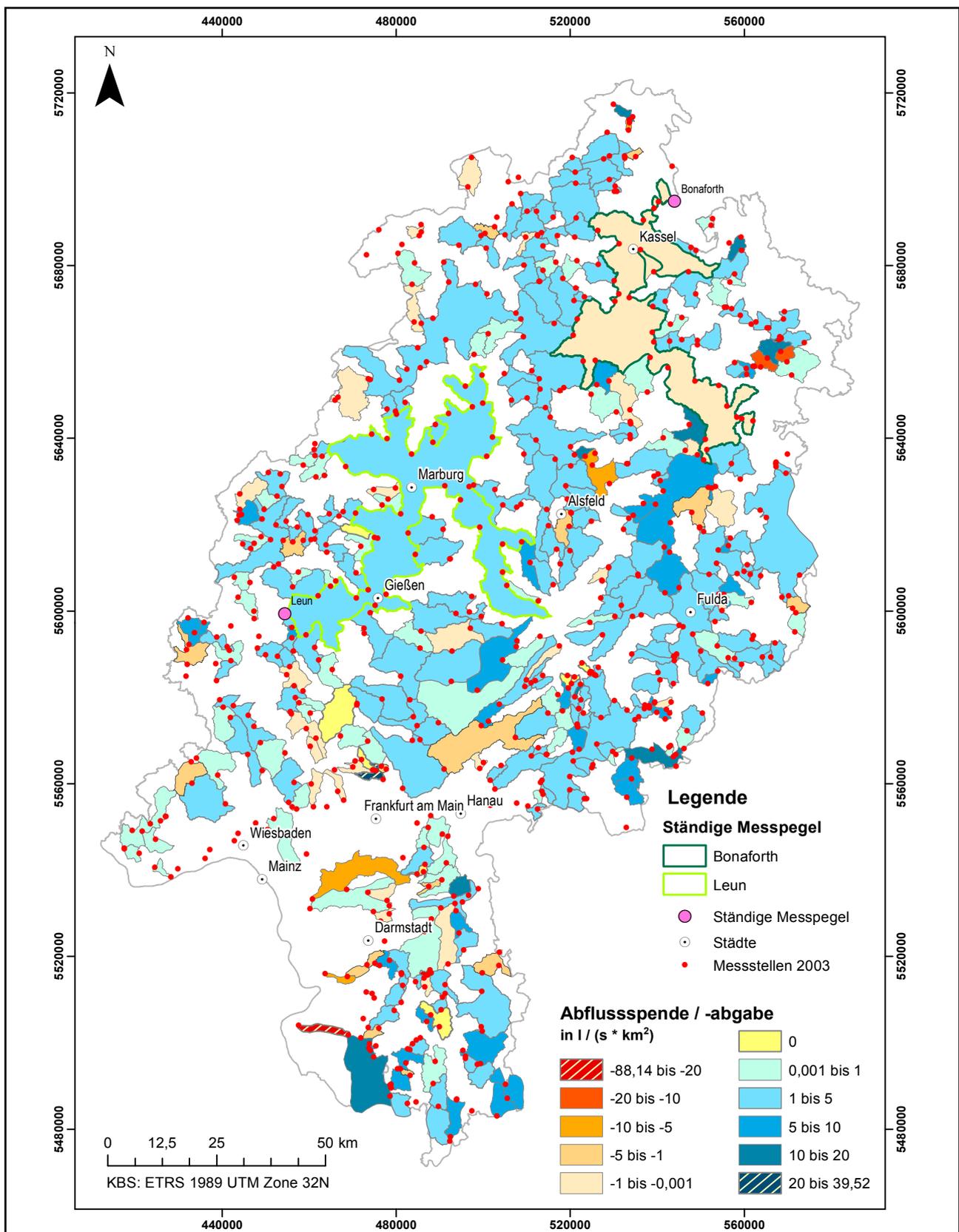
Bei der beschriebenen Methodik liegen die oberirdischen Einzugsgebiete jeweils zu mindestens 70 Prozent in jeweils einer lithologischen Einheit. Deshalb wird eine Wahrscheinlichkeit unterstellt, dass es dem unterirdischen EZG nahekommt.

Neben den Niedrigwasserabflussmessungen wurden für einen Vergleich weitere Methoden zur Abschätzung des Basisabflusses bzw. der Grundwasserneubildung herangezogen: Für fünf ständige Messpegel in der Hanau-Seligenstädter Senke wurden langjährige Messreihen nach WUNDT (1958) und DEMUTH (1989) ausgewertet.

Die Methode nach WUNDT sieht vor aus einer mehrjährigen Messreihe den geringsten Niedrigwasserabfluss für jeden Monat auszuwählen und das arithmetische Mittel der zwölf Werte zu berechnen. Für die Methode nach DEMUTH werden die monatlichen Niedrigwasserabflüsse einer mindestens 10-jährigen Messreihe der Größe nach geordnet. Für die unteren fünf Prozent der monatlichen Niedrigwasserabflüsse wird angenommen, sie seien anthropogen beeinflusst, sodass sie von der Analyse ausgeschlossen werden. Die untersten drei der verbleibenden Messwerte werden genutzt, um den Pearson-Korrelationskoeffizienten zu berechnen. Schrittweise wird der jeweils nächsthöhere Wert hinzugenommen und der Korrelationskoeffizient erneut berechnet. Sobald der maximale Korrelationskoeffizient erreicht ist, der in etwa dem Median entspricht, wird die Regressionsgerade berechnet und extrapoliert. Alle oberhalb der Regressionsgeraden liegenden Messwerte werden auf die Gerade reduziert. Der Mittelwert der auf die Gerade projizierten Messwerte wird als repräsentativ für den Basisabfluss angesehen (ARMBRUSTER 2002).



**Abb. 2:** Einzugsgebiete der während des Niedrigwassermessprogramms 2003 gemessenen Messstellen mit gemessenen Niedrigwasserabflusspenden in  $l/(s \cdot km^2)$



**Abb. 3:** Einzugsgebiete, für die basierend auf den Ergebnissen des Niedrigwassermessprogramms 2003 eine Abflusspende oder Abflussabgabe ermittelt werden konnte

Zudem erfolgte ein Vergleich mit einem auf der Anwendung des Bodenwasserhaushaltsmodells GWN-BW beruhenden Rasterdatensatz für die

Grundwasserneubildungsraten in Hessen für das Jahr 2003 HERGESELL & BERTHOLD (2005).

## Ergebnisse

758 Messwerte von Niedrigwasserabflusspenden, die zwischen dem 11. August und dem 24. September 2003 gemessen wurden, standen zur Verfügung. Davon konnten 725 Messwerte ausgewertet werden. Diese Messwerte beschreiben nicht um anthropogene Einflüsse korrigierte Niedrigwasserabflusspenden. Die Berücksichtigung anthropogener Einflüsse erfolgt im zweiten Teil dieses Abschnittes.

Im ersten Schritt wurden die Messstellen den Einzugsgebieten zugeordnet. Ausgangspunkt war das Gewässerkundliche Flächenverzeichnis im Maßstab 1 : 25 000, welches auf der TK25 basiert (HLNUG 2017). Die Einzugsgebiete wurden unter Verwendung des hochaufgelösten digitalen Geländemodells (DGM 1 des HVBG) überprüft und etwa 220 wurden manuell angepasst (Abbildung 2).

Von den 725 Messstellen waren 53 trockengefallen. In den Einzugsgebieten mit auffallend hohen gemessenen Niedrigwasserabflusspenden waren teilweise anthropogene Einflüsse ursächlich. Es gibt Messstellen, vor allem im Hessischen Ried, die überwiegend von der Einleitung von aufbereitetem Wasser aus nahegelegenen Kläranlagen beeinflusst sind. Der Messstellen unterhalb des Edersee-Staudamms ist durch die Abflusssteuerung des Edersees beeinflusst und wurde nicht berücksichtigt.

Für 316 der 725 ausgewiesenen Einzugsgebiete konnte eine Abflusspende oder -abgabe berechnet werden. Dabei wurden 256 Gebiete mit Abflusspenden und 52 Gebiete mit Abflussabgaben bestimmt; in acht Gebieten entsprach das Volumen des zufließenden Wassers exakt dem Volumen des abfließenden Wassers, sodass die Abflusspende im Gebiet jeweils bei  $0 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{km}^2)$  lag.

Die höchste Abflussabgabe wurde mit  $-88,14 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{km}^2)$  in einem Teileinzugsgebiet der Weschnitz festgestellt. Allerdings wurden die Messungen an Zufluss und Abfluss dieses Teileinzugsgebietes im

Abstand von 2 Tagen durchgeführt. Mit 90 Beregnungsbrunnen, einem nahen Kiestagebau und der Einleitung der Kläranlage Biblis sind umfangreiche anthropogene Einflussfaktoren vorhanden. Die Einleitung der Kläranlage Biblis konnte nicht berücksichtigt werden, da deren Wert für das Jahr 2003 nicht zur Verfügung stand. Der Median für die Jahre 2002 bis 2018, soweit Daten vorliegen, beträgt  $27,9 \text{ l}/\text{s}$ . Die Annahmen zu Entnahmen der Beregnungsbrunnen und die Kiesentnahmen sind mit großen Unsicherheiten behaftet, so dass diese große Abflussabgabe als Hinweis auf die große anthropogene Beeinflussung dieses Einzugsgebietes gewertet wird.

Sowohl für den Niedrigwasserabfluss pro Einzugsgebiet (Spearman  $\rho=0,217$ ,  $p=3,8\text{E}-09$ ) als auch für Abflusspende/-abgabe (Spearman  $\rho=0,115$ ,  $p=0,0411$ ) wurde eine schwache positive Korrelation mit der Größe des zugehörigen Einzugsgebietes ermittelt. Dies deutet darauf hin, dass in größeren Einzugsgebieten während Trockenzeiten tendenziell mehr Basisabfluss entsteht und dass diese tendenziell weniger anfällig sind für Faktoren wie (Grund-)Wasserentnahmen.

Von den 725 Einzugsgebieten gibt es nach den verfügbaren geologischen Kartenblättern keines ohne Störungzonen. Eine Analyse zum Zusammenhang zwischen der Anzahl der Störungen in einem Einzugsgebiet und den Abflusspenden und -abgaben konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht erfolgen. Aufgrund der unterschiedlichen Eigenschaften der Störungzonen (Sprunghöhe, Kluffüllung, hydrogeologische Eigenschaften der gegeneinander versetzten Gesteine etc.) bieten sich hier Untersuchungen im Rahmen von Detailstudien an.

Im Folgenden wird ein Vergleich der Abflusspenden von Einzugsgebieten mit Abflusspende/-abgabe für lithologische Einheiten vorgenommen. Die Betrachtung von Kopfgebieten erfolgt nachfolgend separat.

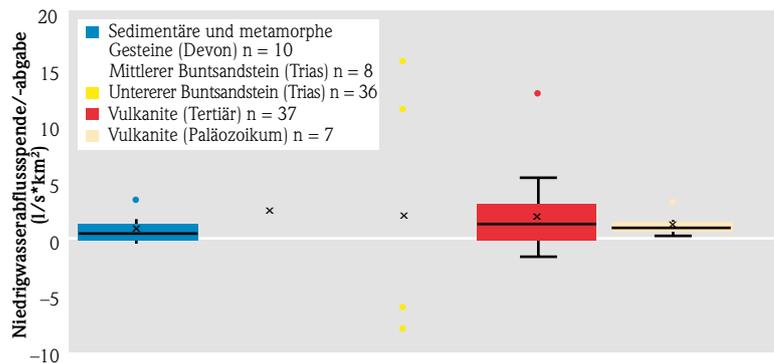
Von 316 Einzugsgebieten, die eine Abflussspende/-abgabe aufweisen, lässt sich für 120 Einzugsgebiete mindestens 70 Prozent der Fläche jeweils einer lithologischen Einheit zuordnen. Es wurden im Weiteren die lithologischen Einheiten untersucht, in denen mindestens fünf Einzugsgebiete zu mindestens 70 Prozent liegen. Das sind

- Einheit 1: sedimentäre und metamorphe Gesteine im Unterdevon (Devon)
- Einheit 2: Sandsteine des mittleren Buntsandsteins (Trias)
- Einheit 3: Ton- und Sandsteine des unteren Buntsandsteins (Trias)
- Einheit 4: Vulkanite (Basalt) im Tertiär
- Einheit 5: Metavulkanite im Devon/Karbon (Paläozoikum)

Für diese lithologischen Einheiten konnte ein Vergleich der Abflussspenden durchgeführt werden (Abb. 4).

Einheit 1: Die sedimentären und metamorphen Gesteine im Unterdevon (Devon) liegen im geologischen Strukturraum des Rheinischen Schiefergebirges. Sie weisen den niedrigsten Mittelwert und Median der Abflussspenden aller in dieser Studie betrachteten fünf Einheiten auf. Die paläozoischen Gesteine des Rheinischen Schiefergebirges wurden während der Gebirgsbildung im Karbon gefaltet, geschiefert und an langanhaltenden Überschiebungsbahnen gegeneinander versetzt. Sie besitzen oft nur wenig bis gering ergiebige Grundwasservorkommen und weisen aufgrund des geringen Speichervermögens der Gesteine sehr niedrige Abflüsse während der Sommerzeit auf (MÜLLER 1984).

Einheiten 2 und 3: Insbesondere die Einzugsgebiete der Sandsteine des mittleren Buntsandsteins (Trias) und Ton- und Sandsteine des unteren Buntsandsteins (Trias) zeichnen sich durch einen hohen Mittelwert und einen hohen Median der Abflussspenden aus. Buntsandsteingrundwasserleiter stellen zum Beispiel in der Niederhessischen Senke und der Osthessischen Buntsandstein Scholle ergiebige Kluffgrundwasserleiter dar (FRITSCHKE et al. 2003, 2021), wodurch sie



**Abb. 4:** Vergleich der Abflussspenden/-abgaben für Einzugsgebiete in den lithologischen Einheiten 1) sedimentäre und metamorphe Gesteine im Unterdevon; 2) Sandsteine des mittleren Buntsandsteins; 3) Ton- und Sandsteine des unteren Buntsandsteins; 4) Vulkanite (Basalt) im Tertiär; 5) Metavulkanite im Devon/Karbon (Boxplot)

gegebenenfalls einen höheren Basisabfluss erzeugen können als weniger durchlässige Gesteine. Andererseits wurden für die Buntsandstein-Einzugsgebiete auch Abflussabgaben von bis  $-7,7 \text{ l/(s*km}^2\text{)}$  ermittelt. Hierfür können geogene Gründe wie ein Grundwasserstockwerksbau (Brinkmann et al. 2014), aber auch Grundwasserentnahmen ursächlich sein. Im Gebiet des Fulda-Werra-Berglands werden der Untere und der Mittlere Buntsandstein intensiv für die örtliche Trinkwassergewinnung in Osthessen genutzt. Ebenso repräsentieren Unterer und Mittlerer Buntsandstein westlich der Niederhessischen Senke (hydrogeologischer Teilraum 05202) im Bereich der geologischen Strukturräume der Waldecker und der Frankenberger Scholle einen für die regionale Wasserversorgung bedeutsamen ergiebigen Kluffgrundwasserleiter (FRITSCHKE et al. 2003, 2021).

Einheit 4 und 5: Der Vergleich zeigt, dass die erdgeschichtlich jüngeren Vulkanite (Basalt) im Tertiär mit  $2,16 \text{ l/(s*km}^2\text{)}$  einen höheren Mittelwert der Abflussspenden aufweisen als die Metavulkanite im Devon/Karbon (Paläozoikum) mit  $1,45 \text{ l/(s*km}^2\text{)}$ . Der große Interquartilsabstand der tertiären Vulkanite ist vermutlich auf die Spannweite an sehr ergiebigen Grundwasserleitern und im Sommer regelmäßig trockenfallenden schwebenden Grundwasserleitern zurückzuführen, aber auch auf die in diesen Bereich oftmals hohen Jahresniederschlagsraten.

Im nächsten Schritt wurden nur die Kopfgebiete betrachtet, also Einzugsgebiete, in denen noch kein Zufluss durch weitere Gewässer besteht. Für 170 Kopfgebiete lassen sich mindestens 70 Prozent der

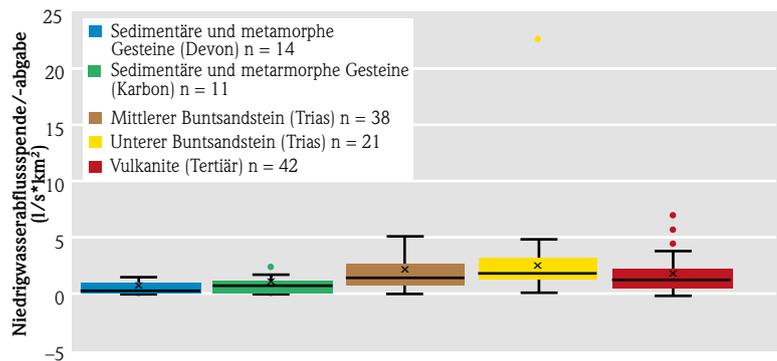
Fläche jeweils einer lithologischen Einheit zuordnen (Abb. 5). Wieder wurden die lithologischen Einheiten untersucht, in den mindestens fünf Einzugsgebiete zu mindestens 70 Prozent liegen. Das sind

- Einheit 1: Sedimentäre und metamorphe Gesteine (Devon)
- Einheit 2: Sedimentäre und metamorphe Gesteine (Karbon)
- Einheit 3: Mittlerer Buntsandstein (Trias)
- Einheit 4: Unterer Buntsandstein (Trias)
- Einheit 5: Vulkanite (Tertiär)

Für die so ausgewählten Kopfgebiete wurden die ermittelten Niedrigwasserabflüsse verglichen. Auch hier wurde für die Einheiten 3 und 4 Unterer und Mittlerer Buntsandstein mit 2,08 bzw. 2,22 l/(s\*km<sup>2</sup>) die höchsten Mittelwerte ermittelt. Daraus lässt sich ableiten, dass die Buntsandstein-Grundwasserleiter während Trockenzeiten einen hohen Basisabfluss aufrechterhalten. Diese Mittelwerte sind jedoch deutlich geringer als die für einige hessische Buntsandstein-Grundwasserleiter angegebenen mittleren Grundwasserneubildungsraten, zum Beispiel für die Kuppenrhön mit 3,3 l/(s\*km<sup>2</sup>) (Fritsche et al. 2003). Für Gebiete des Buntsandsteins in Südhessen wurde festgestellt, dass Niedrigwasserabflussmessungen im Allgemeinen unterhalb der langjährigen, mittels Bodenwasserhaushaltsmodell ermittelten Grundwasserneubildung liegen (BECHT et al. 2017).

Für die tertiären Vulkanite (Einheit 5), die sich vor allem im Vogelsberg befinden, wurde ein mittlerer Basisabfluss von 1,57 l/(s\*km<sup>2</sup>) berechnet. Dieser liegt deutlich unterhalb der mittleren Grundwasserneubildungsrate von 4,5 l/(s\*km<sup>2</sup>) aus (LEBMANN et al. 2001). Das ist darauf zurückzuführen, dass viele durch schwebende Grundwasserleiter gespeiste Quellen naturgemäß während des hydrologischen Sommerhalbjahres trockenfallen, während des Mesoprogramms waren es neun der 42 gemessenen Vorfluter.

Die Beschränkung dieser Auswertung auf die Kopfgebiete zeigt, dass Kopfgebiete eine geringere Spende



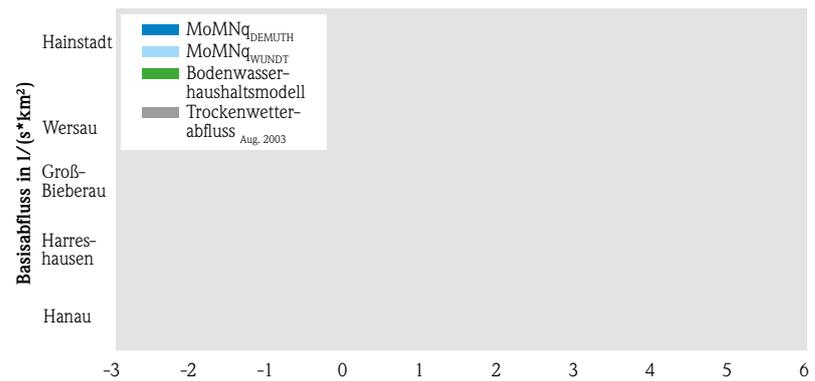
**Abb. 5:** Vergleich der Abflussspenden/-abgaben für Kopfgebiete in den lithologischen Einheiten 1) Sedimentäre und metamorphe Gesteine (Devon); 2) Sedimentäre und metamorphe Gesteine (Karbon); 3) Mittlerer Buntsandstein (Trias); 4) Unterer Buntsandstein (Trias); 5) Vulkanite (Tertiär) (Boxplot)

und eine kleine Spannweite bei den Abflüssen aufweisen. Einzugsgebiete mit einem hohen Anteil an Kopfgebieten, wie zum Beispiel im Bereich des Vogelsbergs, sind dementsprechend geprägt. Aussagen über den quantitativen Wasserhaushalt des Gesamteinzugsgebiets lassen sich hieraus jedoch nicht ableiten, da neben den Abflussspenden in den Kopfgebieten vor allem die Anzahl und die Flächen der Einzugsgebiete eine Rolle spielen.

Die verbleibenden Einheiten 1 und 2 mit metamorph überprägten unterkarbonischen sowie unterdevonischen Sedimentgesteinen wiesen mit jeweils 0,60 und 0,34 l/(s\*km<sup>2</sup>) die niedrigsten Mittelwerte der Abflussspenden auf. Sie liegen noch unterhalb der mittleren Grundwasserneubildungsrate von 1,2 l/(s\*km<sup>2</sup>) (FRITSCHKE et al. 2003, 2021). Die Einheiten 1 und 2 gehören zu den paläozoischen Gesteinen des Rheinischen Schiefergebirges, die als Grundwassermangelgebiet beschrieben werden (FRITSCHKE et al. 2003, 2021) und einen niedrigen Basisabfluss generieren. Dies wird unterstrichen durch die geringe Streuung der untersuchten Daten.

Im vorigen Abschnitt wurden in den Auswertungen keine anthropogenen Einflüsse berücksichtigt. Im Folgenden werden Grundwasserentnahmen zur Trinkwasserversorgung oder Grundwassersanierung, Einleitungen in Oberflächengewässer aus Kläranlagen und die Folgen von Kiesentnahmen berücksichtigt. Aufgrund der Datenverfügbarkeit beschränkt sich dies im Rahmen dieser Arbeit auf das Teilgebiet der Hanau-Seligenstädter Senke. Es wurden sechs EZG im Rodagebiet und sechs EZG im Gersprenz-

gebiet betrachtet. Die EZG sind ausnahmslos anthropogen beeinflusst. Nur in zwei EZG gibt es keine (bekannten) Entnahmen, dafür aber Kläranlageneinleitungen. Diese führen dazu, dass die gemessene Abflussspende nach unten korrigiert werden muss. Grundwasserentnahmen bedingen eine Korrektur nach oben. Je nach Umständen ergibt die Berücksichtigung der anthropogenen Einflüsse Korrekturen von  $-21$  bis zu  $+9 \text{ l}/(\text{s}\cdot\text{km}^2)$ .



**Abb. 6:** Vergleich von vier Methoden zur Bestimmung des Basisabflusses an fünf ständigen Messpegeln in der Hanau-Seligenstädter Senke

In fünf EZG führte die Berücksichtigung der anthropogenen Einflüsse zu höheren Abflussspenden, in drei Einzugsgebieten an Gersprenz, Richerbach und Bieber zu teilweise deutlich niedrigeren Abflussspenden als aus der Messung bekannt. In vier Einzugsgebieten ist die Differenz zur Messung sehr gering, teilweise weil sich

die anthropogenen Einflüsse aufheben. Dabei war in einem EZG der Rodau der Vorfluter zum Zeitpunkt der Messung trocken gefallen. In das zugehörige EZG leitet eine Kläranlage ein, was auf eine dort bekannte Versickerungstrecke des Vorfluters in das Grundwasser hinweist.

## Vergleich mit den Ergebnissen eines mit einem Regressionsmodell gekoppelten Bodenwasserhaushaltsmodells

Im Vergleich mit den Ergebnissen eines mit einem Regressionsmodell gekoppelten Bodenwasserhaushaltsmodells (HERGESELL & BERTHOLD 2005) sowie der graphischen Auswertung von langjährigen Abflussmessungen an fünf ständigen Messpegeln in der Hanau-Seligenstädter Senke zeigte sich, dass die Auswertung nach WUNDT (1958) in zwei von drei Fällen leicht oberhalb des 2003 gemessenen Basisabflusses lag. Die Methode nach DEMUTH (1989) lieferte Basisabflusswerte, die in allen drei Fällen über dem gemessenen Niedrigwasserabfluss lagen. Abbildung 6 zeigt einen Vergleich der vier Methoden zur Bestimmung des Basisabflusses.

Drei der fünf ständigen Messpegel in der Hanau-Seligenstädter Senke wurden 2003 während des Niedrigwassermessprogramms gemessen. In allen drei Fällen war der gemessene Basisabfluss geringer als die an der Messstelle nach dem Bodenwasserhaushaltsmodell für das Jahr 2003 ermittelte Grundwasserneubildung. Anthropogene Einflüsse sind allerdings hier für die gemessenen Daten nicht berücksichtigt. Für einen in 2003 nicht gemessenen Messpegel war eine negative Grundwasserneubildung (Grundwasserzehrung) angegeben, die in dieser Form von den anderen drei angewandten Methoden nicht ermittelt werden kann.

## Fazit und Ausblick

Die Auswertung von Niedrigwasserabflussmessungen ermöglicht es, zwischen Gebieten mit hohem oder niedrigem Basisabfluss zu differenzieren. Die erstellte digitale Niedrigwasserabfluss-Karte sowie die darauf basierende Karte der Abflussspenden und -abgaben pro Einzugsgebiet vermitteln einen Überblick über die gemessenen Niedrigwasserab-

flüsse im Jahr 2003 in Hessen. Eine Auswertung von Einzugsgebieten, die zu über 70 Prozent durch eine einzige lithologische Einheit gebildet werden, zeigt, dass Niedrigwasserabflüsse tendenziell deren Grundwasserneubildung widerspiegeln: In Buntsandsteingebieten wurden höhere Niedrigwasserabflüsse assoziiert als in devonischen/karbonischen

Gesteinen des Rheinischen Schiefergebirges, die als Grundwassermangelgebiet charakterisiert sind. Für den überwiegenden Teil der lithologischen Einheiten Hessens liegen jedoch nicht genügend eindeutig durch die lithologischen Einheiten geprägte Einzugsgebiete vor, um einen umfassenden Vergleich durchzuführen.

Die gemessenen Niedrigwasserabflüsse können auch durch anthropogene Wasserentnahmen oder -einleitungen oder auch durch die Bewirtschaftung von Talsperrern beeinflusst sein. In der Hanau-Seligenstädter Senke etwa wären die gemessenen Niedrigwasserabflüsse ohne menschliche Einflüsse in drei Einzugsgebieten niedriger und in fünf Einzugsgebieten höher ausgefallen.

Auf die Probleme bei der Bestimmung der Grundwasserneubildung durch Abflussmessungen weist bereits LEBMANN (2001) hin, da die Abflüsse der Vorfluter häufig anthropogen beeinflusst sind.

Gemessene Niedrigwasserabflüsse sind eine Annäherung an den Basisabfluss. Die Differenz zu den Basisabflüssen, die mittels langjähriger Abfluss-Messreihen bestimmt wurden, könnte durch eine Analyse der vorhergehenden Jahresverläufe der klimatischen Parameter und die Berücksichtigung anthropogener Einflüsse genauer begründet werden.

Eine weitere Einschränkung der Niedrigwasserabflussdaten liegt darin begründet, dass sie keine Gebiete mit Grundwasserzehrung erkennen. Eine genauere Untersuchung von während des Messprogramms trockengefallenen Messstellen könnte Klarheit darüber

bringen, ob dort Grundwasserzehrung vorliegt. Hier können hydraulische Wechselwirkungen zwischen Vorfluter und Grundwasserleiter aufgrund hydrogeologischer Verhältnisse oder zum Beispiel Quellschnitzungen zur Trinkwassergewinnung oder auch aufgrund kapillaren Aufstiegs aufgrund geringer Grundwasserflurabstände vorliegen.

Als nächster Schritt bietet sich ein Vergleich mit Ergebnissen des Niedrigwassermessprogramms 2018 an. Die Niedrigwasserabflussmessungen von 2018 sind insofern interessant, als die vorausgehende Trockenperiode länger war, als dies im Jahr 2003 der Fall war. Trotz der außergewöhnlichen Trockenheit im Jahre 2003 ist es wahrscheinlich, dass der Effekt des trockenen und heißen Sommers auf die Grundwasservorräte durch das überdurchschnittlich nasse Jahr 2002 abgemildert wurde. Zudem zeichnete sich der Mai 2003 durch überdurchschnittlich hohe Niederschlagsmengen aus. Im Jahr 2018 hingegen herrschte in Deutschland von Februar bis Juli ein hohes Niederschlagsdefizit (LÖNS-HANNA, KREMER & RITTERSHOFER 2019). Daher ist zu erwarten, dass die Menge an in den Grundwasserleitern gespeichertem Wasser nach mehreren vorangegangenen trockenen Monaten niedriger war als 2003.

Für sämtliche Messstellen, die während der beiden Niedrigwassermessprogramme gemessen wurden, ließe sich feststellen, ob der Basisabfluss des Jahre 2018 gegenüber dem Jahr 2003 verringert oder erhöht war. Mittels Interpolation könnte eine Karte erstellt werden, welche anzeigt, wie sich das Grundwasserdargebot in Hessen in diesen beiden Trockenjahren unterschieden hat.

## Literatur

- ARMBRUSTER, V. (2002): Grundwasserneubildung in Baden-Württemberg. – Freiburger Schriften zur Hydrologie, Band 17; Freiburg.
- BECHT, A., DIEL, M., FRIEDRICH, R. & FRITSCHÉ, J.-G. (2017): Hydrogeologie von Hessen – Odenwald und Sprendlinger Horst. – In: KÄMMERER, D., PREIN, A. & SENNER, R. (Hg.): Grundwasser in Hessen, Heft 2; Wiesbaden.
- BGR (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe) (2016): Geologische Übersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland, 1 : 1 000 000. –; Hannover.
- BRINKMANN, P. J., LEBMANN, B. & MATZER, S. (2014): Eine „typische“ Systembeschreibung für den Buntsandstein. – Grundwasser, 19, 3, S. 181–188; Springer Berlin Heidelberg.
- DEMUTH, S. (1989): The application of the West German IHP recommendations for the analysis of data from small research basins. – In: ROALD, L., NORDSETH, K. & HASSEL, K.A. (Hg.): FRIENDS in Hydrology. – IAHS Publication, 187: 47–60; Bolkesjo.
- DWD (Deutscher Wetterdienst) (2021): Klimadaten Deutschland – Monats- und Tageswerte (Archiv). –URL: <https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimadatendeutschland/klarchiv-tagmonat.html?nn=16102>. Zugriff am 04. August 2021; Offenbach.
- DIN 4049-3: 1994-10 (1994): Hydrologie – Teil 3: Begriffe zur quantitativen Hydrologie.
- ECK, L.K. (2021): Analysis of low flow measurements in river basins, Hesse, Germany, using state-wide reference date measurements and GIS tools. Master Thesis. – TU Darmstadt, Institut für Angewandte Geowissenschaften; Darmstadt (unveröff.).
- ESRI (2021): URL: <https://opendata-esri-de.opendata.arcgis.com/datasets/esri-de-content::gk1000-flaechen?geometry=-22.985Prozent2C46.244Prozent2C43.856Prozent2C55.866>
- FRITSCHÉ, H.G., HEMFLER, M., KÄMMERER, D., LEBMANN, B., MITTELBACH, G., PETERS, A., PÖSCHL, W., RUMOHR, S. & SCHLÖSSER-KLUGER, I. (2003): Beschreibung der hydrogeologischen Teilräume von Hessen gemäß EU-Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL). – Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie, Geologisches Jahrbuch Hessen, 130: 5–19; Wiesbaden.
- HERGESELL, M. & BERTHOLD, G. (2005): Entwicklung eines Regressionsmodells zur Ermittlung flächendifferenzierter Abflusskomponenten in Hessen durch die Regionalisierung des Baseflow-Index (BFI). – In: Jahresbericht des hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie 2004: 47–66; Wiesbaden.
- HLNUG (Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie) (2006): Hydrologie in Hessen. – Heft 2. Niedrigwasser-Messprogramm. Zusammenstellung aller Messungen von 1959 bis 2003 (interne Ausgabe); Wiesbaden.
- HLUG (Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie) (2007): Geologische Übersichtskarte von Hessen, 1 : 300 000; Wiesbaden.
- HLNUG (Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie) (2017): Gewässerkundliches Flächenverzeichnis 1 : 25 000 der Kleinst-Einzugsgebiete aller hessischen Gewässer mit Bezeichnungen; Wiesbaden.
- HLNUG (Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie). (2021) Niedrigwasser. URL: <https://www.hlnug.de/themen/wasser/niedrigwasser>, Zugriff am 04. September 2021; Wiesbaden.
- HLNUG (Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie). (2021) Geologie von Hessen, S. 526–549. – Schweizerbart, Stuttgart.
- HVBG (Hessische Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation): Digitales Geländemodell DGM 1; Wiesbaden.
- LANG, S. (2007): Die geologische Entwicklung der Hanau-Seligenstädter Senke (Hessen, Bayern). – Dissertation, Technische Universität Darmstadt; Darmstadt.
- LEBMANN, B. (2001): Die anthropogene Beeinflussung des grundwasserbürtigen Abflusses und die daraus folgenden Konsequenzen für die Bestimmung der mittleren Grundwasserneubildungsrate durch Abflussmessungen. – Zeitschrift für Angewandte Geologie, Band 47, Heft 1, S. 55–65; Hannover.

- LEBMANN, B, WIEGAND, K. & SCHARPFF, H.-J. (2001): Die Hydrogeologie des vulkanischen Vogelsberges. – Geol. Abh. Hessen, Bd. 108, 144 S., 665 Abb., 13 Tab.; Wiesbaden.
- LÖNS-HANNA, C., KREMER, M. & RITTERSHOFER, B. (2019): Niedrigwasser und Trockenheit 2018. – Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (Hsg.); Wiesbaden.
- MÜLLER, K.H. (1984): Geographische Grundlagen Hessens. – Hessisches Landesamt für geschichtliche Landeskunde Marburg/Lahn: Geschichtlicher Atlas von Hessen: Text- und Erläuterungsband: 1–19; Marburg.
- WOLFF, E., & VAN VLIET, M.T. (2021): Impact of the 2018 drought on pharmaceutical concentrations and general water quality of the Rhine and Meuse rivers. – Science of The Total Environment, 778, 146182; Bedfordshire.
- WUNDT, W. (1958): Die Kleinstwasserführung der Flüsse als Maß für die verfügbaren Grundwassermengen. – In: GRAHAM, R.: Die Grundwässer in der Bundesrepublik Deutschland und ihre Nutzung. – Forschung zur deutschen Landeskunde, 104: 47–54; Elsevier.
- ZARATE, E., HOBLEY, D., MAC DONALD, A.M., SWIFT, R.T., CHAMBERS, J., KASHAIGILI, J.J. (2021): The role of superficial geology in controlling groundwater recharge in the weathered crystalline basement of semi-arid Tanzania. – Journal of Hydrology: Regional Studies, 36, 100833; Amsterdam.

# Wildbienen- und Wespen-Monitoring in Hessen

N2

NIKLAS KRUMMEL

Seit 2018 vertritt das Hessische Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) das Land Hessen innerhalb der Arbeitsgruppe zum bundesweit einheitlichen Insektenmonitoring des Bundesamts für Naturschutz (BfN).

In Hessen wurden im Jahr 2020 die Heuschrecken (STÜBING et al., 2020) als erste Insektengruppe aus dem Monitoring häufiger Insekten mit guter Zeigerfunktion für das Grünland erfasst. Das Monitoring fand auf insgesamt 51 Flächen statt. Hierbei wurden 18 Flächen aus den repräsentativen Grünland-Stichproben aus der Kulisse des Monitorings häufiger Brutvögel (MhB), High-Nature Value Farmland (HNV) bzw. Ökosystem-Monitoring (ÖSM) untersucht. Zusätzlich wurden 33 weitere naturschutzfachlich wertigere Flächen, wie z. B. Borstgrasrasen,

Flachland-, Berg-Mähwiesen und Kalkmagerrasen ausgewählt und auf ihre Artzusammensetzungen und Abundanzen bearbeitet.

Im Jahr 2021 wurde die Wildbienen- und Wespenfauna in Hessen auf elf repräsentativen Grünland-Stichprobenflächen und elf ausgewählten Lebensraumtypen, wie z. B. Kalkmagerrasen, Borstgrasrasen und Pfeifengraswiesen, auf ihre Artzusammensetzungen und Abundanzen untersucht. Dabei konnten insgesamt 360 Arten mit 6989 Individuen an Wildbienen und aculeaten Wespen nachgewiesen werden (Abb. 2). Das sind etwa 50 Prozent der hessischen Wildbienen-Arten (231 Arten, 6123 Individuen) und etwa ein Drittel der hessischen Wespenarten. Die Stichprobenflächen waren hinsichtlich ihrer Bedeutung als Lebensraum für Stechimmen sehr unterschiedlich. So konnten etwa in den warmen Tieflagen der Rheinebene auf Sonderbiotopen (z. B. Sandtrockenrasen auf Dünen) hohe Artenzahlen und hohe Anteile von bestandsbedrohten Arten gefunden werden, während in den Hochlagen der Rhön nur sehr wenige Arten in sehr geringen Dichten nachgewiesen wurden. Im Vergleich der Untersuchungsgebiete ist festzustellen, dass intensives Grünland, welches stark gedüngt und häufig gemäht wird, im Mittel sehr artenarm an Wildbienen und Wespen ist und in diesen Gebieten Saumstrukturen in Randbereichen eine sehr hohe Bedeutung für die Artenvielfalt haben – jedoch in der Regel wenig Fläche einnehmen. In extensivem Grünland mit unterschiedlichen Nutzungen wie Mahd und Weide und einem Reichtum an Zwischenflächen mit Wegrändern, Säumen an Hecken oder Hochstaudenfluren an Gräben sind dagegen auch in mittleren



Abb. 1: Weibchen der Großen Schmalbiene (*Lasiglossum majus*) © R. Burger

Wildbienen	Grabwespen			Weg- wespen	Gold- wespen	Falten- wespen	Roll- wespen	Keulen- wespen	Spinnen- ameisen
Anthophila	Ampuli- cidae	Crabro- nidae	Spheci- -dae	Pompi- lidae	Chrysi- didae	Vespidae	Tiphiidae	Sapygidae	Mutillidae
231	1	66	4	20	19	14	3	1	1

**Abb. 2:** Grafik aus: BURGER, R. (2021) – Stechimmenmonitoring im Grünland in Hessen 2021 - Wildbienen, Grabwespen, Goldwespen, Faltenwespen, Wegwespen, Rollwespen, Trugameisen, Keulenwespen: Hymenoptera, Aculeata (exkl. Formicidae) in prep.

Lagen viele Arten in hohen Dichten festzustellen, teilweise mit hohen Anteilen von bestandsbedrohten Arten am Artenspektrum. Zusammenfassend ist das in den Stichproben untersuchte Wirtschaftsgrünland als Lebensraum für Stechimmen von untergeordneter Bedeutung und erfüllt vorrangig eine Funktion als mäßig wertvoller, zeitweiliger Nahrungsraum für größtenteils wenig anspruchsvolle Wildbienenarten.



**Abb. 3:** Dünen-Steppenwespe (*Nomioides minutissimus*) in Bestimmungswürfel © R. Burger

Als besonderer Nachweis kann der Wiederfund der Großen Schmalbiene *Lasioglossum majus* (Abb. 1) für Hessen genannt werden. Zusätzlich konnten mehrere Arten entdeckt werden, die bereits seit der Erstellung der Roten Listen Hessens (Wildbienen: 2009, Grabwespen: 2011) wieder in Hessen nachgewiesen wurden (Wiederfunde, Erstfunde) und deren anscheinend positive Bestandsentwicklung im Zusammenhang mit dem Klimawandel zu sehen ist. Dies sind Arten wie die Feldhummel (*Bombus ruderatus*), die Spanische Blutbiene (*Sphecodes pseudofasciatus*), die Dünen-Steppenwespe (*Nomioides minutissimus*, Abb. 3) sowie die Sandwespe (*Prionyx kirbii*).

Im Jahr 2022 beauftragte das HLNUG die Erfassung von Laufkäfern, bodenlebenden Spinnen und Heuschrecken im Wirtschaftsgrünland und in Flachland- und Bergmähwiesen, sowie ein Monitoring zu Wildbienen und Wespen in Siedlungsräumen und trockenen Heiden.

## Literatur

STÜBING S., HILL B., POLIVKA R., LÜCKE J., STELBRINK P., RODERUS D., GREFEN C. (2020): Gutachten zum Monitoring von Lang- (Ensifera) und Kurzfühlerschrecken (Caelifera) im Grünland in Hessen 2020.

BURGER R. (2021): Gutachten zum Stechimmenmonitoring im Grünland in Hessen 2021 - Wildbienen, Grabwespen, Goldwespen, Faltenwespen, Wegwespen, Rollwespen, Trugameisen, Keulenwespen: Hymenoptera, Aculeata (exkl. Formicidae) in prep.

# Das Wolfszentrum Hessen

N2

ANNIKA PLOENES

Die Bejagung von Wölfen, welche im 15. Jahrhundert begann, fand ihren Höhepunkt Mitte des 19. Jahrhunderts – danach galten die Tiere in Deutschland als ausgerottet. Durch die Wiedervereinigung Deutschlands und die Aufnahme der Art in die Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie der EU als streng zu schützende Tierart, gelang es den Wölfen über Polen wieder nach Deutschland zurückzukehren.

Der erste Nachweis über einen Welpenwurf in Deutschland gelang knapp 150 Jahre nach der Ausrottung der Wölfe auf einem Truppenübungsplatz in der Lausitz. Acht Jahre später, im Jahr 2008, wurde dann auch in Hessen der erste Wolf wieder sesshaft, und zwar im Reinhardswald.

Die Aufnahme der Art in die FFH-Richtlinie sowie das mit der Rückkehr der Wölfe verbundene Konfliktpotential stellt die Bundesrepublik und die Bundesländer vor neue Aufgaben und Herausforderungen.

Zur Erfüllung dieser neuen Aufgaben wurde im Jahr 2021 das Wolfszentrum Hessen (WZH) gegründet, welches im Zentrum für Artenvielfalt, im Dezernat „N2 Arten“ des hessischen Landesamtes für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) angesiedelt ist.

## Hessisches Wolfsmonitoring

Als wiederkehrende Tierart sind Wölfe über die europäische Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH-Richtlinie) streng geschützt. Ziel der Richtlinie ist die Wiederherstellung und Erhaltung des günstigen Erhaltungszustandes der Tierart. Aus diesem Grund

Das WZH ist zentraler Ansprechpartner zum Wolf in Hessen. Es ist verantwortlich für das hessische Wolfsmonitoring sowie für die Begutachtung von Nutztierschäden. Es betreibt Öffentlichkeitsarbeit zum Thema Wolf, um Wissen zu vermitteln und Konfliktpotential zu minimieren. Das WZH fungiert außerdem als Bindeglied zwischen den hessischen Behörden zum Thema Wolf und steht im permanenten Informationsaustausch mit anderen hessischen Behörden wie dem Hessischen Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, den Regierungspräsidien, den Landratsämtern, dem Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen, dem Landesbetrieb Hessische Landeslabore sowie dem Landesbetrieb HessenForst.

Darüber hinaus trägt das WZH die Verantwortung für die Geschäftsführung des Beratungsgremiums „Arbeitsgemeinschaft Wolf in Hessen“ (AG Wolf). Die AG Wolf setzt sich aus Vertreterinnen und Vertretern der Bereiche Weidetierhaltung, Naturschutz, Landwirtschaft, Jagd, Wissenschaft und Tierschutz zusammen. Diese bringen ihre jeweilige Expertise zur Fortentwicklung des Wolfsmanagements in Hessen ein.

ist die Bundesrepublik Deutschland dazu verpflichtet, den Erhaltungszustand in Form eines Monitorings zu überwachen. 2009 wurden erstmals auf Bundesebene Monitoringstandards für Wölfe festgelegt. Die Bundesländer, welche die Verantwortung für das Moni-

toring von FFH-Arten übertragen bekamen, sind dazu verpflichtet, diese Standards beim Wolfsmonitoring einzuhalten.

Als Kenngrößen werden unter anderem die Populationsgröße sowie die Vorkommensgebiete erhoben. Diese Kenngrößen werden einmal im Jahr auf Bundesebene durch das BfN zusammengetragen und dienen in ihrer Gesamtheit der FFH-Berichterstattung.



**Abb. 1:** Wolfsmonitoring: Dokumentation von Losung und Trittsiegel © HLNUG/WZH

Im Rahmen des hessischen Wolfsmonitorings werden sowohl passive als auch aktive Methoden angewandt. Beim passiven Monitoring werden zufällig anfallende Hinweise und Beobachtungen erfasst, überprüft und bewertet. Dazu gehört beispielsweise das zufällige Auffinden von Trittsiegeln oder Losungen.

Die Hinweise erreichen das WZH über verschiedene Wege:

- zum Beispiel über Meldungen aus der Bevölkerung über die Wolfshotline,
- das Wolfspostfach per E-Mail oder
- auch über die Forstämter und
- die zuständigen Wolfsberaterinnen und Wolfsberater.

Im Gegensatz zum passiven Monitoring findet das aktive Monitoring gezielt dort statt, wo bereits Wolfspräsenz nachgewiesen wurde. In diesen Gebieten werden systematisch Hinweise gesammelt, etwa um zu klären, ob Reproduktion stattgefunden hat. Zu den aktiven Methoden gehören beispielweise das Fotofallenmonitoring und die gezielte Suche nach Anwesenheitshinweisen.

Das Wolfsmonitoring bezieht sich im zeitlichen Kontext auf sogenannte Monitoringjahre. Ein Monitoringjahr beginnt immer am 1. Mai und endet am 30. April des Folgejahres. Dieser Zeitraum orientiert sich an der Biologie der Wölfe, da Wolfswelpen in der Regel Anfang Mai geboren werden.

Im Monitoringjahr 2021/2022 wurden insgesamt 653 Hinweise vom WZH gesammelt und ausgewer-

tet. Die Auswertung und Kategorisierung dieser Hinweise erfolgt nach den sogenannten SCALP-Kriterien, die in den bundesweiten Monitoringstandards nach KACZENSKY et al. 2009 und REINHARDT et al. 2015 festgelegt sind.

Dabei wird zwischen folgenden Kategorien unterschieden:

**„C1: eindeutiger Nachweis = harte Fakten, die die Anwesenheit der entsprechenden Tierart eindeutig bestätigen (Lebendfang, Totfund, genetischer Nachweis, Foto, Telemetrieortung).**

**C2: bestätigter Hinweis = von erfahrener Person überprüfter Hinweis (z. B. Spur oder Riss), bei dem ein Wolf als Verursacher bestätigt werden konnte. Die erfahrene Person kann den Hinweis selber im Feld oder anhand einer aussagekräftigen Dokumentation von einer dritten Person überprüfen und bestätigen.**

**C3: unbestätigter Hinweis = Alle Hinweise, bei denen ein Wolf als Verursacher auf Grund der mangelnden Indizienlage von einer erfahrenen Person weder bestätigt noch ausgeschlossen werden konnte. Dazu zählen alle Sichtbeobachtungen ohne Fotobeleg, auch von erfahrenen Personen; ferner alle Hinweise, die zu alt, unzureichend oder unvollständig dokumentiert sind, die zu wenige Informationen für ein klares Bild (z. B. bei Spuren) aufweisen oder aus anderen Gründen für eine Bestätigung nicht ausreichen. Die Kategorie C3 kann in Unterkategorien, wie „wahrscheinlich“ und „unwahrscheinlich“ unterteilt werden.**

**Tab. 1:** Auswertung der Hinweise im Monitoringjahr 2021/2022 (HLNUG/WZH)

Hinweisart	C1	C2	C3	k.B.	FALSCH	Summe
Lebende Tiere	0	–	–	–	–	0
Totfunde	0	–	0	1	0	1
Fotofallenfotos/-videos	171	–	56	2	4	233
Trittsiegel und Spuren	–	0	1	0	0	1
Kot	63	0	3	13	44	123
Urin	1	–	0	0	1	2
Haare/Sonstiges	3	–	1	2	2	8
Wildtierriss	17	0	8	58	19	102
Nutztierriss	3	0	1	22	21	47
Sichtungen	7	–	106	10	11	134
Heulen	–	0	2	0	0	2
<b>Summe</b>	<b>265</b>	<b>0</b>	<b>178</b>	<b>108</b>	<b>102</b>	<b>653</b>

**Falsch:** Falschmeldung = Hinweis, bei der die entsprechende Tierart ausgeschlossen werden kann.

**k.B.:** keine Bewertung möglich = Hinweise, zu denen auf Grund fehlender Mindestinformationen keine Einschätzung möglich ist.“

Von dem im Monitoringjahr 2021/2022 ausgewerteten Hinweisen wurde ca. 41 Prozent als C1 und 27 Prozent als C3 eingestuft. Bei etwa 16 Prozent der Hinweise war aufgrund von fehlenden Mindestinformationen keine Bewertung möglich. Die Einstufung in die Kategorie „keine Bewertung“ erfolgt beispielsweise bei einer Sichtung von Spuren oder Rissen ohne Fotobeleg. Bei ca. 16 Prozent der Hinweise konnte ein Wolf ausgeschlossen werden.

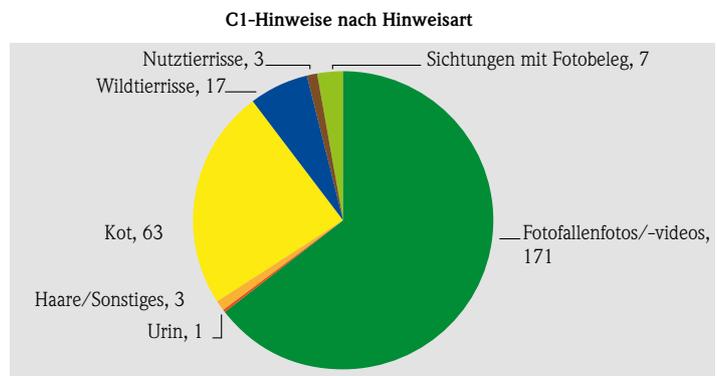
Die Abbildung 2 zeigt, dass die C1- Nachweise insbesondere auf Basis der Hinweisarten „Fotofallenaufnahme“ (65 %), „Kot“ (24 %) und „Wildtierriss“ (6 %) erfolgten. Einen deutlich geringeren Anteil machten die Hinweisarten „Sichtung mit Beleg“, „Haare/Sonstiges“ und „Nutztierrisse“ aus.

Im Rahmen des Monitorings wird der Status von Wolfsvorkommen beurteilt, das heißt es wird festgestellt, ob sich ein Wolf bzw. ein Wolfspaar dauerhaft niedergelassen hat und ob Reproduktion stattgefunden hat. Gemäß

Monitoringstandards ist es für die Ausweisung eines Territoriums maßgeblich, dass ein Wolf über einen Zeitraum von mehr als 6 Monaten in einem abgrenzbaren Gebiet genetisch nachgewiesen wird.

Im Monitoringjahr 2021/2022 gab es in Hessen oder länderübergreifend fünf nachgewiesene Wolfsterritorien:

- Rüdesheim, Rheingau-Taunus-Kreis: Rudel mit zwei Elterntieren und mindestens drei Jährlingen, die im Frühjahr 2021 geboren wurden
- Ludwigsau, Kreis Hersfeld-Rotenburg: ein Wolfspaar
- Wildflecken in der Rhön, länderübergreifend in Hessen und Bayern: ein Wolfspaar



**Abb. 2:** C1-Nachweise im Monitoringjahr 2021/2022 kategorisiert nach Hinweisarten © HLNUG/WZH

- Nordhessisches Stölzinger Gebirge: eine Einzelwölfin
- Waldkappel: ein Wolfspaar

## Konfliktmanagement

Ein konfliktarmes Zusammenleben mit Wölfen kann nur dann gelingen, wenn die Erfahrungen aus den Bereichen Weidetierhaltung, Naturschutz, Landwirtschaft, Jagd, Wissenschaft und Tierschutz im hessischen Wolfsmanagement Berücksichtigung finden. Um diesen Informationsaustausch zu gewährleisten, wurde im Jahr 2021 unter der Geschäftsführung des WZH das Beratungsgremium „Arbeitsgemeinschaft Wolf in Hessen“ gegründet. Hier können die Vertreterinnen und Vertreter der oben genannten Bereiche ihre Erfahrungen und Expertise einbringen und dazu beitragen, das Wolfsmanagement in Hessen kontinuierlich weiterzuentwickeln.

Die AG Wolf tagt je nach Bedarf, um Erfahrungen auszutauschen und Fragen des hessischen Wolfsmonitoring zu erörtern, mindestens jedoch einmal jährlich.

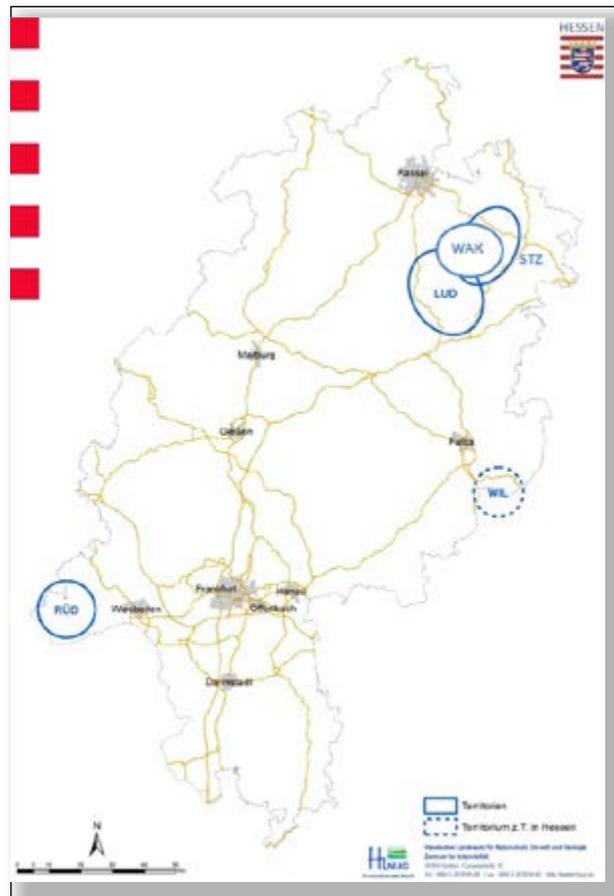


Abb. 3: Territorien im Monitoringjahr 2021/2022

## Begutachtung von Nutztierschäden

Ein weiteres Arbeitsfeld des Wolfszentrums ist die Begutachtung von Nutztierschäden, was sowohl für das Monitoring als auch für das Konfliktmanagement von Relevanz ist.

Für das Monitoring kann die Begutachtung von Nutztierschäden wichtige Hinweise liefern. Dazu zählen beispielsweise genetische Nachweise, die je nach Situation mithilfe eines Abstriches an dem Nutztierschaden gesichert werden können.

Die Begutachtung von Nutztierschäden dient allerdings auch dazu, das Konfliktpotential zu minimieren. Denn wird ein Wolf als Verursacher des Nutztierschadens festgestellt, kann der Tierhalter bzw. die Tierhalterin unter bestimmten Voraussetzungen einen Antrag auf Schadensausgleich bei den zuständigen Regierungspräsidien stellen.

Darüber hinaus liefert die Dokumentation von Nutztierschäden wichtige Hinweise für das Wolfsmanagement. Hierbei ist zum Beispiel von Bedeutung, ob bestimmte Individuen wiederholt Nutztiere reißen und ob bzw. welche Herdenschutzmaßnahmen im Rahmen des Übergriffs überwunden wurden.

Bei der Begutachtung von Nutztierschäden wird das WZH durch ein flächendeckendes Netzwerk von knapp über 90 ehrenamtlichen und amtlichen Wolfsberaterinnen unterstützt. Das ehrenamtliche Netzwerk, welches bereits seit 2015 aktiv ist, wurde seit dem 1. Oktober 2022 durch die amtlichen Wolfsberaterinnen und Wolfsberater von HessenForst ergänzt. Sie nehmen die Aufgaben als Wolfsberaterinnen und Wolfsberater im Rahmen ihrer Tätigkeit als Funktionsbeschäftigte im Bereich Naturschutz bei HessenForst wahr.

**Tab. 1:** Mitglieder der AG Wolf, Stand November 2022

Institution/Verband
Arbeitsgemeinschaft Bäuerliche Landwirtschaft, Landesverband Hessen e.V.
Arbeitskreis Wildbiologie an der Justus-Liebig-Universität Gießen e.V.
Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland, Landesverband Hessen e.V.
Bundesverbandberufsschäfer e.V.
Hessische Gesellschaft für Ornithologie und Naturschutz e.V.
Hessischer Bauernverband e.V.
Hessischer Verband für Schafzucht und -haltung e.V.
Hessischer Waldbesitzerverband e.V.
Hessischer Ziegenzuchtverband e.V.
Landesbetrieb HessenForst
Landesbetrieb Hessisches Landeslabor
Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen
LandestierschutzbeauftragteR
Landesjagdverband Hessen e.V.
Landespolizeipräsidium
Landesverband der Berufsjäger Hessen e.V.
Maschinenringe Hessen e.V.
Nationales Referenzzentrum für genetische Untersuchungen bei Luchs und Wolf der Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung
Naturschutzbund Deutschland, Landesverband Hessen e.V.
Ökologischer Jagdverein Hessen e.V.
Pferdesportverband Hessen e.V.
Regierungspräsidium Darmstadt
Regierungspräsidium Gießen
Regierungspräsidium Kassel
Schutzgemeinschaft Deutscher Wald, Landesverband Hessen e.V.
Verband der Jagdgenossenschaften und Eigenjagdbesitzer in Hessen e.V.
Vereinigung Ökologischer Landbau in Hessen e.V.
Weidewelt e.V.
Deutscher-Wildgehege-Verband e.V./VertreterIn der Wölfe haltenden Wildparks in Hessen
Oberste Veterinärbehörde HMUKLV V
HMUKLV IV, Nachhaltigkeit, Klima- und Naturschutz
Obere Veterinärbehörde RP DA, Dez. V54
Obere Veterinärbehörde RP GI, Dez. V54
Obere Veterinärbehörde RP KS, Vet.-Dez. 23
HMUKLV VII 3 - Agrarpolitik, Agrarmärkte, Flächenförderungen

Um einen einheitlichen Standard bei der Dokumentation zu gewährleisten, erhalten alle Wolfsberaterinnen und Wolfsberater vor ihrem ersten Einsatz und anschließend im jährlichen Turnus eine Schulung durch das WZH. Diese setzt sich aus einer



**Abb. 4:** Dokumentation eines Nutztierschadens © HLNUG/WZH

Praxis- und Online-Schulung mit anschließender Prüfung zusammen.

Neben der Dokumentation von Nutztierschäden sichern Wolfsberaterinnen und Wolfsberater auch andere Hinweise wie Losungen oder Spuren. Darüber hinaus sind sie wichtige Ansprechpartnerinnen und Ansprechpartner vor Ort. Die amtlichen Wolfsberaterinnen und Wolfsberater von HessenForst übernehmen zu dem auch die Rufbereitschaft der Wolfshotline an den Wochenenden und Feiertagen.

In der Regel sollte ein Nutztierschaden unmittelbar nach Bekanntwerden über die Wolfshotline gemeldet werden. Diese ist werktags und am Wochenende zwischen 8 und 16 Uhr besetzt. Außerhalb der Sprechzeiten können die ehrenamtlichen Wolfsberaterinnen und Wolfsberater direkt kontaktiert werden, die Kontaktadressen sind auf der Homepage des WZH einsehbar. Nach offizieller Meldung wird der Schaden durch eine Wolfsberaterin oder einen Wolfsberater vor Ort dokumentiert. Dabei wird sowohl die Umgebung dokumentiert, in der das Tier aufgefunden wurde, als auch Spuren an dem Tier selbst. Bei Bissverletzungen werden u. a. die Zahnabstände gemessen und genetische Abstriche für die Durchführung einer genetischen Analyse im Labor des Senckenberg Zentrums für Wildtiergenetik genommen. Hier werden bundesweit alle Proben im Rahmen des Wolfsmonitorings untersucht. Durch die Nutzung eines zentralen Analyselabors können Proben untereinander abgeglichen werden, Verwandtschaftsbeziehungen identifiziert und Wanderbewegungen verfolgt werden.

Bei Einverständnis der Tierhalterin bzw. des Tierhalters wird der Kadaver zur weiterführenden Untersuchung in den Landesbetrieb hessisches Landeslabor Hessen überführt. Hier kann das Tier hinsichtlich der Todesursache weiterführend untersucht werden.

Die amtliche Feststellung über den Verursacher des Nutztierschadens erfolgt letztendlich über das WZH. Dieses informiert sowohl die Tierhalterin bzw. den

Tierhalter sowie die zuständigen Landwirtschaftsämter und Regierungspräsidien über die Ergebnisse.

Im Jahr 2022 haben insgesamt elf Übergriffe auf Nutztiere stattgefunden, die nachweislich durch einen Wolf verursacht wurden. Dabei wurden insgesamt 20 Tiere verletzt oder getötet. Bei den Tieren handelte es sich um 17 Schafe/Ziegen und drei Rinderkälber.

## Öffentlichkeitsarbeit und Kommunikation

Die Öffentlichkeitsarbeit ist eine zentrale Aufgabe des hessischen Wolfsmanagements. Sie dient einer sachlichen und transparenten Auseinandersetzung mit den unterschiedlichen Sorgen und Vorurteilen, die in der Öffentlichkeit mit der Rückkehr der Wölfe verbunden sind.

Zur Öffentlichkeitsarbeit gehört, im Rahmen einer regelmäßigen Pressearbeit über neue Ereignisse und Erkenntnisse zu berichten und für Pressefragen zur Verfügung zu stehen. Dabei wird die Öffentlichkeit zum Beispiel zeitnah über Wolfsnachweise, Übergriffe auf Nutztiere oder die Ausweisung von neuen Territorien informiert. Diese Informationen stehen auch jederzeit einsehbar auf der Homepage des WZH zur Verfügung.

Um Wissen zum Thema Wolf zu vermitteln, bietet das WZH zielgruppenspezifische Informationsveranstaltungen zu unterschiedlichen Themenschwerpunkten an. Vortragsinhalte sind beispielsweise die Biologie der Wölfe, empfohlene Verhaltensregeln bei einer Wolfsbegegnung oder bei Auffinden eines Nutztierschadens. Zielgruppen solcher Vorträge sind beispielsweise die allgemeine Bevölkerung, Weidetierhalterinnen und Weidetierhalter, Naturschutzverbände sowie politische Gremien.

Darüber hinaus bietet das WZH eine Wanderausstellung zum Thema Wolf an. Diese kann zusammen mit einem Wolfspräparat kostenfrei ausgeliehen werden.



Abb. 5: Wolfspräparat und Wanderausstellung „Wolf“ © Franziska Vogt/HLNUG

Ergänzend zu diesen Informationsangeboten bietet das WZH Informationsbroschüren sowie Flyer digital und in Papierform an.

Alle wesentlichen Informationen zum Wolf in Hessen werden in einem jährlichen Bericht kompakt zusammenfasst. Der Bericht bezieht sich auf jeweils ein Monitoringjahr und enthält die wichtigsten Informationen zu den Monitoringergebnissen, dem Schadensmanagement, dem Herdenschutz, der landwirtschaftlichen Förderung sowie zu den Aktivitäten der Öffentlichkeitsarbeit. Der Bericht wird in Zusammenarbeit mit den Regierungspräsidien und den Landwirtschaftsämtern erstellt.

# Die Vogelschutzwarte im Zentrum für Artenvielfalt stellt sich vor

**N3**

JANINA KLUG & SIMON THORN

Trotz der jahrzehntelangen Bemühungen sind in Hessen viele Tier- und Pflanzenarten weiterhin bedroht. Um diese zu bewahren und zu fördern, sowie den Rückgang der Artenvielfalt zu stoppen, wurden die Fachbehörden für den Naturschutz in Hessen seit Anfang des Jahres „unter einem Dach“ gebündelt: die Aufgaben der Abteilung Naturschutz des Hessischen Landesamts für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG), des Wolfszentrums Hessen, der Staatlichen Vogelschutzwarte, der Geschäftsführung des Lore-Steubing-Instituts, der Naturschutzakademie Hessen und einer Wildbiologischen Forschungsstelle des Landes sind nun, gemeinsam, beim Zentrum für Artenvielfalt angesiedelt. Diese Bündelung soll kurze Wege zwischen den naturschutzrelevanten staatlichen Einrichtungen Hessens ermöglichen und somit Synergieeffekte für den Natur- und Artenschutz fördern.

Seit dem 1. Januar 2022 ist die Staatliche Vogelschutzwarte als Dezernat „N3 – Staatliche Vogel-

schutzwarte“ in die Abteilung Naturschutz des HLNUG integriert und hat ihren Sitz in Gießen – in direkter Nachbarschaft zum Naturschutzgebiet „Hohe Warte bei Gießen“. Damit wird eine Tradition im Natur- und Artenschutz fortgesetzt, die vor über 80 Jahren mit der Begründung der Staatlichen Vogelschutzwarte in Frankfurt am Main begann. Zeitweise, in den Jahren 1973 bis 1989, gehörte die Staatliche Vogelschutzwarte bereits dem damaligen Hessischen Landesamt für Umwelt (HLfU) an. Eine Neuerung, die mit der (Wieder-)Angliederung an das HLNUG erfolgte, ist die Konzentration der Arbeit auf das Bundesland Hessen. Die gemeinsame Trägerschaft mit den Ländern Rheinland-Pfalz und Saarland sowie der Stadt Frankfurt wurde damit beendet.

Die Kernaufgaben der Vogelschutzwarte aber bleiben gleich und verteilen sich auf die Bereiche Monitoring, Artenschutz und Forschung. Außerdem berät die Vogelschutzwarte unterschiedliche Akteure und Behörden zu ornithologischen Fachfragen.

## Monitoring

Zu den wichtigsten Beobachtungsprogrammen in Hessen gehören das Monitoring der häufigen und seltenen Brutvogelarten, das Monitoring in den EU-Vogelschutzgebieten (SPA-Monitoring, SPA: special protection area) und das Monitoring rastender Wasservögel. Ziel dieser landesweit laufenden Programme ist es, fundierte Aussagen zur Bestandsgröße und Entwicklung der hessischen Vogelwelt treffen zu können, insbesondere in den EU-Vogelschutzgebieten. Die Vogelschutzwarte arbeitet im Rahmen aller

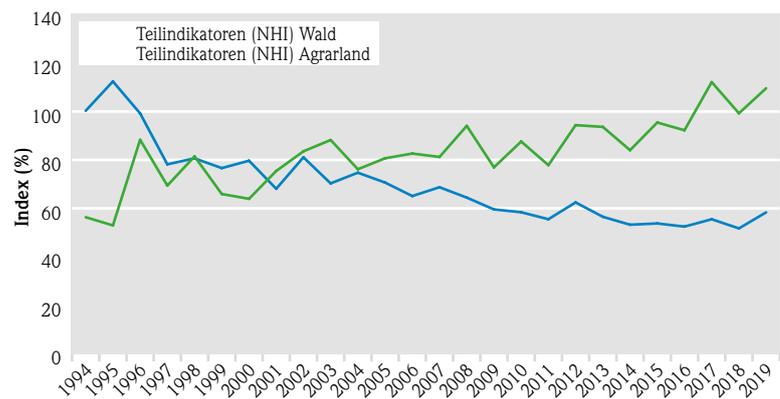
Programme intensiv sowohl mit amtlichen wie auch ehrenamtlichen Vogelkundlern zusammen. So wird beispielsweise das Monitoring häufiger Brutvögel (MhB) in Kooperation mit der Hessischen Gesellschaft für Ornithologie und Naturschutz e.V. (HGON) und dem Dachverband Deutscher Avifaunisten e.V. (DDA) durchgeführt. Die Daten werden hierbei von ehrenamtlichen Ornithologen und Ornithologinnen mit sehr guter Artenkenntnis erhoben. In Hessen gibt es insgesamt 154 der einen Quadratmeter großen

MhB-Probeflächen, von denen aktuell 105 bearbeitet werden. Die Probeflächen wurden ursprünglich vom Statistischen Bundesamt gezogen und sollen sechs Lebensraumtypen der Landschaft repräsentieren (Wald, Grünland, Ackerland, Siedlung, Sonderbiotope und Sonderkulturen, SÜDBECK et al. 2005). Mit den entlang einer festen Kartierstrecke erhobenen Daten kann die Bestandsentwicklung häufiger Vogelarten in den jeweiligen Landschafts- und Lebensräumen berechnet werden. Diese Arten können auch als Indikator für die Artenvielfalt in dem jeweiligen Gebiet oder Lebensraumtyp herangezogen werden. So spielen die Bestandsentwicklungen von Rebhuhn (*Perdix perdix*), Feldlerche (*Alauda arvensis*) & Co eine entscheidende Rolle für die Berechnung des bundesweiten Nachhaltigkeitsindikators „Artenvielfalt und Landschaftsqualität“ für den Teilbereich „Agrarland“, in dem sie die Güte des Lebensraums „Feldflur“ in Hessen widerspiegeln sollen (vgl. Abb. 1).

Über das Monitoring seltener Brutvögel (MsB) wird das Artspektrum abgedeckt, das über das MhB nicht ausreichend erfasst werden kann. Diese Vogelarten



**Abb. 2:** Seit 2021 können die hessischen Spechtarten im MsB-Modul „Spechte“ auch durch ornithologisch interessierte Laien erfasst werden. So auch der sehr heimlich lebende, spatzengroße Kleinspecht (*Dryobates minor*)  
© Janina Klug



**Abb. 1:** Die Darstellung der Bestandsentwicklung von wertgebenden Arten in der Agrarlandschaft (hellgrüne Linie) und im Wald (dunkelgrüne Linie) als Indices über die Jahre hinweg verdeutlicht, wie sich die unterschiedlichen Vogelarten in ihren Lebensräumen entwickelt haben. Dabei können sie als Anzeiger für die Lebensraumqualität herangezogen werden.

sind zu selten oder regional verbreitet, um über die zufällig verteilten Probeflächen des MhB erfasst zu werden. Für eine ausreichende Datensammlung wird eine ganze Reihe unterschiedlicher Erfassungsmethoden eingesetzt. Aufgrund der besonderen Anforderungen an das MsB werden die Kartierungen meist durch erfahrene Expertinnen und Experten und in Form einer Beauftragung durch die Vogelschutzwerke ausgeführt. In den letzten Jahren, seit 2017, sind jedoch auch einfachere, bundesweit einheitliche Erfassungsmodule für die MsB-Arten entwickelt worden, die auch von Neulingen in der Vogelbeobachtung (MsB-Modul „Rebhuhn“ und „Spechte“, Abb. 2) oder fortgeschrittenen Vogelkundlerinnen und -kundlern (MsB-Modul „Binnengewässer“) durchgeführt werden können. Diese beschränken sich meist auf wenige Arten oder Lebensräume. Mitunter werden auch Klangattrappen eingesetzt, die die Arterkennung unterstützen.

Ziel des MsB ist die kontinuierliche Überwachung der Bestandsentwicklungen seltener Brutvogelarten in Hessen, um Bestandveränderungen frühzeitig identifizieren und, wenn möglich, gegensteuernde Maßnahmen ergreifen zu können. Die Daten aus den landesweiten Monitoringprogrammen (MhB, MsB und weitere) ermöglichen es außerdem, Aussagen über die Trends und den Erhaltungszustand vieler hessischer Brut- und Zugvogelarten zu treffen, die nicht zuletzt die Grundlage zur Aktualisierung der Roten Liste und zur Erfüllung der EU-Berichtspflicht gemäß EG-Vogelschutzrichtlinie (Richtlinie 2009/147/EG) bilden. Im Rahmen der EG-Vogelschutzrichtlinie und

weiteren internationalen Regelwerken (für eine vollständige Auflistung vgl. SUDFELDT et al. 2012) ist es erforderlich, dass innerhalb eines 6-Jahreszeitraums der Gesamtbestand der häufigen Brutvogelarten über Hochrechnungen sowie der Gesamtbestand seltener Arten über Bestandserfassungen zu berichten ist. Darüber hinaus muss der Bericht Angaben zu Trends und Verbreitung der Vogelarten, aber auch aktuelle Gefährdungen und Maßnahmen zur Verbesserung enthalten, insbesondere für Arten, die für die jeweiligen EU-Vogelschutzgebiete (SPA-Monitoring) wertgebend sind (VO 2019/1010/EU). Hessen verfügt seit 2011 über 60 ausgewiesene SPA-Flächen mit einem Gesamtumfang von etwa 311 000 Hektar bzw. 3 110 Quadratkilometern. Dies entspricht einem Anteil von fast 15 Prozent der Landesfläche. Die für die

hessischen Vogelschutzgebiete wertgebenden Vogelarten (Brut- sowie Rastvogelarten) wurden in einer Grunddatenerhebung (GDE) ermittelt und umfassen, abhängig vom Lebensraum, der unter Schutz steht, Arten wie Schwarzmilan (*Milvus migrans*) und Rotmilan (*Milvus milvus*, Wälder), Eisvogel (*Alcedo atthis*) und Haubentaucher (*Podiceps cristatus*, Gewässer) oder Uhu (*Bubo bubo*) und Wanderfalke (*Falco peregrinus*, Felswände) sowie viele weitere Vogelarten. Im regelmäßigen Turnus (sechsjährig) werden auf Basis der GDE die Bestände und Bestandsentwicklung der wertgebenden Vogelarten überprüft, nach Kategorien bewertet und Maßnahmenvorschläge aufgeführt, um den guten Erhaltungszustand dieser Arten erhalten oder wiederherstellen zu können.

## Forschung

Im Rahmen von Forschungsprojekten evaluiert die Vogelschutzwarte laufende Maßnahmen im Naturschutz. Durch Kooperationen mit Hochschulen wird dabei sichergestellt, dass Methoden, Erfassungen und Auswertungen immer aktuell sind und den Grundsätzen guter wissenschaftlicher Praxis entsprechen. Da ständig Daten gesammelt werden, können außerdem aktuelle Auswertungen zur Verbreitung von gefährdeten oder bedrohten Vogelarten gemacht werden. Diese sind eine wichtige Grundlage für den landesweiten, aber auch den länderübergreifenden und internationalen Naturschutz. Aufgrund des Zugverhaltens vieler hessischer Brutvogelarten und der Tatsache, dass Hessen von Herbst bis Frühjahr auch einer ganzen Reihe an Wintergästen, also nicht hier brütenden Vogelarten, zur Rast und Überwinterung dient, hören Forschung und Schutzbemühungen selten an der Landesgrenze auf. Ermöglicht wird dies etwa in Form von eigenen Veröffentlichungen in wissenschaftlichen Fachzeit-

schriften und durch die Teilnahme an landesweiten Tagungen und Gremien. Die Vogelschutzwarte testet außerdem, inwiefern neue Methoden, wie beispielsweise Drohnen (Abb. 3) und Wärmebildtechnik, im angewandten Vogelschutz helfen können.



**Abb. 3:** In diesem Jahr wurden im Rahmen einer Pilotstudie ausgewählte Graureiher-Kolonien mittels Drohne überflogen. Dabei zeigte sich, dass der Bestand bei der Erfassung mit Fernglas und Spektiv unterschätzt wird © Christian Gelpke

## Artenschutz

Im Jahr 2008 wurde die Staatliche Vogelschutzwarte vom Umweltministerium mit der Erstellung von Artenhilfskonzepten (AHK) beauftragt. In diesen werden für Vogelarten, die sich in einem ungünstigen Erhaltungszustand befinden, umfangreiche Gutachten erstellt, die folgende Schwerpunktthemen umfassen:

- Die aktuelle Bestandssituation und -entwicklung sowie die Verbreitung in Europa, Deutschland, aber vor allem in Hessen wird beschrieben.
- Es wird herausgearbeitet, welche Lebensraumanforderungen für die Art essentiell sind und welche (Umwelt-)Faktoren und Entwicklungen den Bestandsrückgang historisch bedingt haben dürften und welche diesen aktuell weiter begünstigen.
- Artspezifische und praxistaugliche Schutz- und Entwicklungsmaßnahmen werden beschrieben, durch deren Umsetzung die entsprechenden Zustände dieser Arten sich wieder erholen sollen.
- In Abhängigkeit von der behandelten Art kann es zusätzlich geboten sein, Schwerpunktlebensräume zu definieren, auf die sich Erhaltungsmaßnahmen in Hessen zunächst konzentrieren sollten, um den Erhaltungszustand der Art zu verbessern.

**Tab. 1:** Zwischen 2008 und 2022 hat die Vogelschutzwarte 28 Artenhilfskonzepte in Auftrag gegeben. Für das Jahr 2023 ist die Fertigstellung zwei weiterer Konzepte, für die Schleiereule (*Tyto alba*) und die Turteltaube (*Streptopelia turtur*), geplant.

Art, für die ein AHK erstellt wurde	Jahr der Veröffentlichung des AHK
Haselhuhn, Uferschnepfe	2010
Graumammer, Großer Brachvogel, Kiebitz, Bekassine	2011
Schwarzstorch, Rotmilan	2012
Gartenrotschwanz, Uhu, Uferschwalbe	2013
Raubwürger, Zwerg- und Kleines Sumpfhuhn, Braunkehlchen	2014
Flussregenpfeifer, Steinschmätzer, Rohrweihe, Wiesenpieper	2015
Grauspecht, Wiedehopf	2016
Rebhuhn, Wachtelkönig	2017
Nachtschwalbe (ehem. Ziegenmelker), Neuntöter	2018
Haubenlerche, Wendehals	2019
Wespenbussard	2022
<b>Schleiereule, Turteltaube [beauftragt]</b>	<b>2023 [geplant]</b>



**Abb. 4:** Der Wendehals (*Jyrx torquilla*) ist ein seltener Brutvogel der Streuobstgebiete, Sandheiden oder trockenen und lichten Wälder. Sein Verbreitungsschwerpunkt liegt in Südhessen. Seit 2019 vergibt die Vogelschutzwarte Beraterverträge für diese Art. © Simon Thorn

Die ausgearbeiteten Konzepte sollen vorrangig der Naturschutz- und Schutzgebietsverwaltung als Fachinformation und Arbeitsgrundlage dienen, können aber auch von Fachverbänden und Privatpersonen eingesehen werden und so für die Umsetzung von Artenschutz- oder Ausgleichsmaßnahmen sowie von Projekten herangezogen werden. Ein Großteil der in Tabelle 1 aufgeführten AHKs ist auf der Internetseite des HLNUG einsehbar.

Die Staatliche Vogelschutzwarte forciert auch direkt die Umsetzung der AHK in die Praxis: nach Veröffentlichung der Konzepte werden jährlich Beraterverträge an freiberufliche Ornithologinnen und Ornithologen zur fachlichen Begleitung der Maßnah-

menumsetzung vergeben. Durch die Unterstützung von elf Beraterinnen und Beratern konnte die Vogelschutzwarte 2022 für mehr als 30 Vogelarten eine kompetente Artberatung anbieten (Tab. 1).

Das betrifft auch die Vogelarten der hessischen Streuobstwiesen, wie zum Beispiel Gartenrotschwanz (*Phoenicurus phoenicurus*), Wendehals (*Jynx torquilla*, Abb. 4) und Steinkauz (*Athene noctua*). Die Vogelschutzwarte unterstützt damit die „Hessische Streuobststrategie“, die das Land in diesem Jahr auf den Weg gebracht hat. AHK und Beraterverträge tragen wesentlich dazu bei, die Ziele der Biodiversitätsstrategie erfolgreich umzusetzen.

## Für Hessen - und darüber hinaus

Die Staatliche Vogelschutzwarte ist in Hessen auch beratend tätig. Sie unterstützt die Landesverwaltung (Umweltministerium, Regierungspräsidien, Untere Naturschutzbehörden) ebenso wie Schutzgebietsverwaltungen in ornithologischen Fachfragen und Anliegen. Zur Stärkung der nationalen Zusammenarbeit, für den Informations- und Erfahrungsaustausch und zur Bearbeitung von Themen von deutschlandweiter Bedeutung, wie beispielsweise dem Ausbau der Er-

neuerbaren Energien und dessen Folgen für die Avifauna, beteiligt sich die Staatliche Vogelschutzwarte Hessen außerdem an der Länderarbeitsgemeinschaft der Vogelschutzwarten (LAG VSW). Hier werden gemeinsam beispielsweise wissenschaftliche Standards zu länderübergreifenden, relevanten Themen mit den staatlichen Institutionen der anderen Bundesländer erarbeitet und Empfehlungen ausgesprochen.

## Kontakt

Staatliche Vogelschutzwarte  
Institut für angewandte Vogelkunde  
Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG), Dezernat N3  
Netanyastraße 5  
35394 Gießen

Postanschrift:  
Europastraße 10  
35394 Gießen  
Tel.: 0641/200 095 33

E-Mail: [Vogelschutzwarte@hlnug.hessen.de](mailto:Vogelschutzwarte@hlnug.hessen.de)

Weitere Informationen:

<https://www.hlnug.de/themen/naturschutz/vogelschutzwarte>

<https://www.hlnug.de/themen/naturschutz/vogelschutz-praktisch>

## Literatur

EG-Richtlinie 2009/147/EG vom 30.11.2009, S. L 20/7.

EU-Verordnung 2019/1010/EU vom 5. Juni 2019, S. L 170/115.

SÜDBECK, P., ANDREZKE, H., FISCHER, S., GEDEON, K., SCHIKORE, T., SCHRÖDER, K. & SUDFELDT, C. (Hrsg.) (2005): Methodenstandards zur Erfassung der Brutvögel Deutschlands. – 792 S.; Radolfzell.

SUDFELDT, C., DRÖSCHMEISTER, R. WAHL, J., BERLIN, K., GOTTSCHALK, T., GRÜNEBERG, C., MITSCHKE, A. & TRAUTMANN, S. (2012): Vogelmonitoring in Deutschland – Programme und Anwendungen. – Nat.schutz Biol. Vielfalt, 119; Münster.

# Naturschutzakademie & Freiwilligendienste - Netzwerk Bildung, Forschung & Praxis

**N5**

JAN BERTHOLD & CHRISTINE THORN

Mit der Gründung des „Zentrums für Artenvielfalt“ (ZfA) wurde die Naturschutzakademie Hessen als Dezernat N5 in die Abteilung Naturschutz des HLNUG integriert. Hierdurch werden jahrzehntelange Erfahrungen und Fachkompetenzen im Bereich Naturschutz- und Umweltbildung gebündelt bereitgestellt. Durch die enge Zusammenarbeit mit den weiteren Dezernaten des ZfA sowie mit dem Lore-Steubing-Institut können nun verstärkt Synergien im Bereich Wissenstransfer – von der Forschung in die Praxis – genutzt werden. Die Naturschutzakademie

Hessen möchte mit ihren Bildungsangeboten die Umsetzung der Hessischen Biodiversitätsstrategie (HBS) in Theorie und Praxis unterstützen und somit eine nachhaltige Entwicklung in Hessen fördern. Die Umsetzung erfordert Engagement und Sachkompetenz in Verwaltung und Verbänden sowie bei den Bürgerinnen und Bürgern. Hierfür ist Bildung als Grundlage für berufliches und ehrenamtliches Handeln ebenso wichtig, wie Umweltbildung als Bildung für nachhaltige Entwicklung im Kontext für Lernen und Handeln.



**Abb. 1:** Die Naturschutzakademie am Standort Wetzlar © Christian Lademann/LademannMedia

Die Naturschutzakademie wird durch einen Fachbeirat aus 28 Verbänden beraten. Damit ist gewährleistet, dass auch Impulse und Perspektiven des Ehrenamtes und der beruflichen Verbände für das Bildungsprogramm berücksichtigt werden.

Bis ein neuer Standort für das Zentrum für Artenvielfalt gefunden wird, ist die Naturschutzakademie weiterhin am Standort Wetzlar zu finden.

Die Naturschutzakademie verbindet die Naturschutzforschung mit der Naturschutzpraxis durch qualitativ hochwertige und wissenschaftlich fundierte Bildungsveranstaltungen rund um Fach-

themen des hessischen Naturschutzes. Hierzu gehören auch praxisnahe Angebote im Bereich Umweltbildung und Bildung für Nachhaltige Entwicklung (BNE). Die Naturschutzakademie fördert und initiiert dazu den Austausch von Informationen zwischen

amtlichem und ehrenamtlichen Naturschutz und zwischen Naturschutzforschung und -praxis. Zudem ist das Dezernat Träger des Freiwilligen Ökologischen Jahres und koordiniert dieses hessenweit.

## Einblick in unsere Arbeit - ausgewählte Projekte und Veranstaltungen des Jahres 2022

### Wissen - Qualifizieren - Zertifizieren für die Artenvielfalt: Ein bundesweites Projekt zur Zertifizierung von Artenkenntnissen

Nicht nur das Verschwinden vieler Arten bereitet zunehmend Sorgen, auch die Artenkenntnis ist in einem starken Rückgang begriffen. Dabei hat die Berücksichtigung streng und besonders geschützter Arten in Planungs- und Zulassungsverfahren durch die EU-Gesetzgebung und die Rechtsprechung mittlerweile eine sehr hohe, oft projektentscheidende Bedeutung.

Der Bundesweite Arbeitskreis der staatlich getragenen Bildungsstätten im Natur- und Umweltschutz (BANU), zu der auch die Naturschutzakademie gehört, will diesem Trend mit einem neuen Zertifikat und einer umfangreichen Qualifizierungsoffensive begegnen. Dies soll in enger Kooperation mit allen für die Vermittlung von Artenkenntnissen relevanten Partnerorganisationen erfolgen.



**Abb. 2:** Teilnehmende der Frühläicher-Exkursion im Stadtwald Gießen © Inga Hundertmark (HGON)

In einem ersten Schritt werden die Qualifizierung und die zu vergebenden Zertifikate für die Artengruppen Feldbotanik, Ornithologie und Amphibien/Reptilien neu aufgesetzt. Dafür wurden bundesweit einheitliche Curricula und Prüfungsordnungen in den Kompetenzstufen Bronze, Silber und Gold erstellt. Die Qualifizierungskurse können als ein- bis mehrtägige Module oder auch Blockkurse angeboten werden. Prüfungen können unabhängig von besuchten Kursen abgelegt werden und haben keine Zulassungsbeschränkungen. Diese werden durch BANU-Akademien oder akkreditierte Kooperationspartner abgenommen.

Unsere Kooperationspartner in Hessen sind:

- für den Bereich Feldherpetologie: Institut für Tierökologie, Prof. Dr. Volkmar Wolters, Justus-Liebig-Universität Gießen,
- für den Bereich Feldornithologie: Staatliche Vogelschutzwarte, Dr. Simon Thorn, Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie,
- für den Bereich Feldbotanik: AG Spezielle Botanik, Prof. Dr. Volker Wissemann, Justus-Liebig-Universität Gießen.

Im Jahr 2021 gab es bundesweit erste Kursangebote zu diesen Artengruppen in einem Testlauf. Die Aufnahme weiterer Artengruppen in das Angebot ist geplant. Das Angebot richtet sich an Multiplikatoren, Studierende und an Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter im amtlichen und ehrenamtlichen Naturschutz



**Abb. 3:** Wechselkröte im Naturschutzgebiet Bingenheimer Ried © Ulrike Steinweg (HLNUG)

sowie an Planungsbüros. Die Naturschutzakademie hat im Jahr 2021 einen Online-Bronze-Kurs „Amphibien“ mit 93 Teilnehmenden durchgeführt, wovon 59 Teilnehmende diesen mit einem Zertifikat abgeschlossen haben. Im Jahr 2022 wurde der Kurs in Präsenzform mit 17 Teilnehmenden wieder angeboten.

**Ausblick:** Für das Jahr 2023 sind Qualifizierungskurse und Möglichkeiten der Zertifizierung für alle drei Organismengruppen geplant. Für die Bereiche Ornithologie und Feldherpetologie sollen Kurse auf Bronze-Niveau und für den Bereich Feldbotanik auf den Niveau-Stufen Silber und Gold angeboten werden.

## Modulreihe Zertifizierte/r Streuobstfachwart/-in

Seit über 30 Jahren findet das Seminar „Naturgemäßer Obstbaumschnitt“ in der Naturschutzakademie in Wetzlar statt. Im Laufe der Zeit sind verschiedene Praxisseminare als Ergänzung in der fachgerechten Obstbaumpflege hinzugekommen. Inzwischen sind die Seminare zur Obstgehölzpflege und Pomologie weit über die Grenzen Hessens bekannt und werden gerne besucht. Seit 2020 wurde dieser Kurs zu einer Fortbildung zum/zur Zertifizierten Streuobstfachwart/-in ausgebaut. Die Fortbildung gliedert sich in sieben Grundmodule sowie einzelne Zusatzseminare.

Mit dieser Maßnahme knüpft die Naturschutzakademie an die aktuelle Streuobstwiesenstrategie des hessischen Umweltministeriums an und begegnet der Tatsache, dass Streuobstwiesen als gefährdete Lebensräume in der „Roten Liste“ geführt werden. Ziel der neuen Fortbildungsreihe mit Abschluss zum/zur zertifizierten Streuobstfachwart/-in ist, den Teilnehmenden eine breite fachliche und praktische Grundlage für die Pflanzung und Pflege von hochstämmigen Streuobstbäumen zu vermitteln. Der naturgemäße

Obstbaumschnitt basiert auf den natürlichen Wachstumsgesetzen und grundlegenden Schnittregeln der baumschonenden Obstbaumpflege. Die einzelnen Seminare stehen in einem ausgewogenen Verhältnis von Theorie und Praxis, wobei die Teilnehmenden



**Abb. 4:** Streuobstwiesen gelten als gefährdete Lebensräume © Steffen Kahl

die Möglichkeit haben, das Gelernte unter fachlicher Anleitung in die Tat umzusetzen. Letztlich werden alle Phasen von der Entstehung (Veredlung) eines Obstbaumes, der Pflanzung, Jugend-, Ertrags- und Altersphase sowie der Anlage von Streuobstwiesen fachlich fundiert behandelt. Gleichzeitig spielen öko-

logische Aspekte sowie der Erhalt der genetischen und kulturhistorischen Vielfalt alter Obstsorten (Pomologie) eine wichtige Rolle. Außerdem werden Möglichkeiten der Verwendung und Verarbeitung von einheimischen Obstarten- und Sorten nähergebracht.

## Naturerleben für Menschen mit Beeinträchtigung

Menschen mit verschiedensten Einschränkungen die Teilnahme an den diversen Naturveranstaltungen zu ermöglichen, ist ein wichtiger Baustein in der Naturschutzarbeit. Daher hat die Naturschutzakademie seit 2022 diesen Arbeitsbereich eingerichtet. Es wurde begonnen, ein Konzept zu erarbeiten und erste Kontakte zu Verbänden und Landeseinrichtungen aufzu-

nehmen. Im September 2022 konnten Teilnehmende eines ersten Seminars im Nationalpark Kellerwald-Edersee am eigenen Leib erfahren, was Einschränkungen bedeuten: Durch Simulationen wurden sie für die Bedürfnisse von Menschen mit Einschränkungen sensibilisiert und bekamen Denkanstöße, wie in der Naturschutzarbeit darauf eingegangen werden kann.

## Ausgewählte Veranstaltungen - vielfältige Angebote

Das neue Online-Format „Naturschutz 2Go – Neues aus dem hessischen Zentrum für Artenvielfalt“ bietet seit 2022 allen Interessierten kurz und knapp Einblick in die aktuelle Arbeit des Zentrums für Artenvielfalt. In diesem Jahr wurden beispielsweise die Bestandssituationen und Maßnahmen zum Frauenschuh oder der Geburtshelferkröte in Hessen dargestellt.

Der hessische Landschaftspflegetag wurde vom 30.09. bis 01.10. in Kooperation mit der hessischen Koordinierungsstelle des Deutschen Verbands für Landschaftspflege, dem hessischen Umweltministe-

rium, der Landschaftspflegevereinigung Gießen und der Justus-Liebig-Universität Gießen angeboten. Beispiele zur Unterstützung des FFH-Grünlandmanagements durch Landschaftspflegeverbände und Ergebnisse der Arbeits- und Maßnahmenprogramme der seit zwei Jahren bestehenden Richtlinienförderung wurden vorgestellt. Auch diente diese Tagung dem Austausch zwischen der ökologischen Forschung und der Praxis in den Landschaftspflegeverbänden. Zudem ist diese Veranstaltung ein gutes Beispiel dafür, dass Kooperationen für die qualitativ hochwertige Naturschutzbildung notwendig sind und den Arbeitsalltag der Naturschutzakademie prägen.

## Das Freiwillige Ökologische Jahr - Bildung durch Engagement für junge Menschen

Das Freiwillige Ökologische Jahr (FÖJ) bietet jungen Menschen zwischen 16 und 26 Jahren die Möglichkeit, sich zwölf Monate lang für Natur und Umwelt zu engagieren. Sie können sich in dieser Zeit orientieren, praktische Berufserfahrung sammeln, eigene Kenntnisse und Fähigkeiten ausprobieren und in einem Team Projekte durchführen. Fünf Wochenendseminare dienen dem Austausch mit anderen Freiwilligen und der ökologischen Weiterbildung.

Das HLNUG als Träger des FÖJ arbeitet mit rund 70 Einsatzstellen in Hessen zusammen und hat im Jahr 2022 110 Plätze angeboten. Die Arbeitsbereiche sind dabei sehr vielfältig. Junge Menschen können sich zum Beispiel auf ökologisch-landwirtschaftlichen Betrieben, im Forst, in Umweltbildungseinrichtungen, in der Verwaltung oder in wissenschaftlichen Einrichtungen engagieren.

Das FÖJ bietet sich hervorragend auch als Nachwuchsförderungsprogramm für den Natur- und Umweltschutz an, da viele Ehemalige sich aufgrund des FÖJ für Ausbildungen oder Studiengänge in diesen Bereichen entscheiden. Zudem erhalten sie dadurch Zugang zu beruflichen Netzwerken.

Die Freiwilligen werden durch den Träger pädagogisch begleitet. Auf fünf Wochenseminaren lernen die Teilnehmenden Wissenswertes über ökologische Zusammenhänge, können sich über ihre Erfahrungen austauschen und bekommen Impulse für ihre berufliche Orientierung. Die Freiwilligen sollen sich dabei mit ihren Interessen einbringen und helfen bei der inhaltlichen und organisatorischen Planung und Durchführung der Seminare mit.

## Zukunftsvisionen

Künftig versteht sich die Naturschutzakademie als Schnittstelle zwischen Naturschutzforschung und -praxis. Hierzu gehört es unter anderem, naturschutzrelevante Ergebnisse aus der Forschung, sowohl aus Universitäten als auch aus dem HLNUG, möglichst zeitnah und zielgruppenspezifisch in diversen Veranstaltungsformaten anzubieten. Dadurch wird eine schnelle Umsetzung dieser Ergebnisse in den hessenweiten Naturschutz gewährleistet. Die NAH möchte dazu mit nationalen und internationalen Experten als Referenten zusammenarbeiten und damit qualitativ hochwertige Bildungsangebote realisieren. Diese sollen zukünftig durch Evaluationen einer stetigen Kontrolle und Verbesserung unterliegen. Zusätzlich versteht sich die NAH als Plattform und Sprachrohr des „Zentrums für Artenvielfalt“ (ZfA). Dies bedeutet, nicht nur den Austausch zwischen Forschung und Praxis mittels Veranstaltungen



**Abb. 5:** FÖJ-Teilnehmende beschäftigen sich auf einem Seminar mit den Nachhaltigkeitszielen der Vereinten Nationen  
© Christian Lademann/LademannMedia

zu begleiten, sondern auch durch Aktionstage und Projekte – gemeinsam mit Kooperationspartnern – hessenweit auf naturschutzrelevante Inhalte aufmerksam zu machen und so die Bevölkerung für diese Themen zu sensibilisieren. Fokussiert werden dabei aktuelle, politisch relevante Themen wie beispielsweise das Insektensterben, die Lichtverschmutzung, der Klimawandel und weitere. Zusätzlich wird die Naturschutzakademie ihre Inhalte zukünftig nicht nur durch diverse Veranstaltungsformate vermitteln, sondern auch durch diverse digitale Formate, und damit sowohl on- wie offline präsent sein. Zusätzlich will die NAH ihre Arbeit künftig mit einem regelmäßigen Bildungsbericht sichtbar machen, eine Rückschau auf Veranstaltungen und deren Wirkungsweise geben, alle Naturschutzinteressierten informieren und die Bevölkerung weiter für naturschutzrelevante Themen sensibilisieren.



# Das neue Klimaportal Hessen: Öffentlichkeitswirksame Visualisierung hessischer Klimadaten aus Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft

11

ANDREAS HOY

## Hintergrund und Übersicht

Weltweit ändert sich das Klima, und auch in Hessen machen sich diese Veränderungen zunehmend bemerkbar. Gerade Hitzewellen, Phasen längerer Trockenheit und kurzzeitige, intensive Starkniederschläge haben in den vergangenen Jahren für Aufmerksamkeit gesorgt. Auswirkungen dieser Extremereignisse sind sowohl im urbanen Raum, als auch in der Natur – gerade in den hessischen Wäldern – zu spüren. Zukünftige Generationen werden die Ausprägungen und Auswirkungen der fortschreitenden Klimaveränderungen noch deutlich stärker spüren.

Das HLNUG hat Mitte der 2010er Jahre als erstes Landesamt in Deutschland damit begonnen, die seit dem Juli 2014 frei zugänglichen Klimainformationen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) über interaktive Webangebote bereitzustellen. Diese Aktivitäten wurden vom Fachzentrum Klimawandel und Anpassung (FZK) koordiniert. Im Laufe der Jahre wurden Datengrundlage und Informationsgehalt der Webangebote kontinuierlich erweitert. Im April 2022 wurde das neue „**Klimaportal Hessen**“ unter der Adresse <https://klimaportal.hlnug.de/> für die Öffentlichkeit freigeschaltet. Das Portal vereinigt die bestehenden Informationsangebote zu Klimavergangenheit und -gegenwart mit einer neuen, die zukünftigen Klimaprojektionen darstellenden Webanwendung. Es ist damit die zentrale Informationsquelle für aktuelle Klimainformationen in Hessen.

Durch das neue Angebot verbreitert sich das Spektrum der vom HLNUG veröffentlichten Klimainformationen für Hessen deutlich:

1. Der bisherige Fokus auf langjährige Klimazeitreihen wurde um Klimakarten erweitert. Damit schließt sich zum einen die durch Einstellung des Umweltatlas Hessen im Jahr 2021 entstandene Lücke, zum anderen stehen nun zur Verfügung:
  - a. Monatlich aktualisierte Klimakarten der Gegenwart
  - b. Historische Klimakarten für Hessen via eines bis 1881 zurückreichenden Kartenarchivs
  - c. Klimaprojektionsergebnisse als Ensemble-Mittelwert und Einzelkarten.
2. Der Umfang der bereits bestehenden Zeitreihen-Komponenten erweitert sich um
  - a. Vergleichsmöglichkeiten zwischen der Klimareferenzperiode 1961–1990 (als Standard) und der aktuellen Periode 1991–2020 (z. T. sind weitere Perioden darstellbar)
  - b. Zusätzliche Analysemöglichkeiten wie in nachfolgenden Kapiteln dargelegt
  - c. Die Einbeziehung stündlicher Niederschlagsdaten zur besseren Identifikation kurzzeitiger Starkregenereignisse für alle verfügbaren Klima- und Niederschlagsstationen.

Das neue Klimaportal besteht aus den folgenden drei eigenständigen Komponenten:

Der Bereich „**Wetterextreme in Hessen**“ stellt lokale Klimainformationen der Messstellen in Hessen und Umgebung als Kombination historischer

Messungen und aktueller Daten zur Verfügung. Diese Anwendung wurde zuerst im Januar 2017 veröffentlicht und enthielt die Daten von zunächst 23 langjährig verfügbaren Klimastationen, welche in ca. 25 Diagrammen verständlich visualisiert und erklärt wurden. Diese Anwendung wurde im HLNUG Jahresbericht 2016 vorgestellt (Hoy et al. 2017) und seitdem kontinuierlich weiterentwickelt. Im August 2018 erfolgte die Erweiterung um langjährige Niederschlagsstationen von DWD und HLNUG, so dass eine hohe regionale Dichte von Niederschlagsinformationen erreicht wurde (beschrieben im HLNUG Jahresbericht 2018; Hoy 2019). Inzwischen werden langjährige Klimaentwicklungen und extreme Wetterereignisse (z. B. Hitzewellen, Dürreperioden und Starkniederschläge) von ca. 80 Klima- und mehr als 300 Niederschlagsstationen in und um Hessen in 31 Grafiken visualisiert und analysiert. Die Anwendung ist damit speziell zur Einordnung aktueller Ereignisse auf lokaler Ebene, wie sich entfaltender Hitze- oder Kälteperioden oder intensiver Starkniederschläge von Nutzen.

Der Bereich **„Witterungsbericht Hessen“** stellt Flächeninformationen basierend auf Rasterdaten für Hessen in Form von Zeitreihen sowie (neu) räumlich detaillierten Karten für die Parameter Temperatur, Niederschlag und Sonnenscheindauer bereit. Diese Anwendung wurde zuerst im September 2017 für

Zeitreihen der hessischen Gebietsmittelwerte veröffentlicht und im HLNUG Jahresbericht 2017 vorgestellt (Hoy 2018). Mit der aktuellen Erweiterung wurde der Vergleich hochaufgelöster Karten der langjährigen (30jährigen) Mittelwerte mit Absolutwerten und Abweichungen einzelner Perioden in die Anwendung aufgenommen. Der Witterungsbericht gibt damit eine kompakte Übersicht der aktuell und früher aufgetretenen Witterungsanomalien.

Der Bereich **„Klima der Zukunft in Hessen“** stellt Karten und Änderungssignale der zukünftigen Klimaentwicklung für zwei Szenarien mit niedrigen und hohen Treibhausgasemissionen von der Gegenwart bis ins Jahr 2100 bereit. Diese Komponente wurde neu erstellt und ermöglicht einen Blick auf das Klima von morgen. Sie ersetzt die bisher auf der Webseite des FZK sowie im Umweltatlas Hessen bereitgestellten Informationen, dessen Seiten bereits seit einiger Zeit abgeschaltet sind.

Dieser Beitrag stellt Datengrundlage und Inhalte des Klimaportals vor, mit Fokus auf den 2022 veröffentlichten inhaltlichen Erweiterungen. Anhand der Neuerungen werden außerdem beispielhaft klimatologische Besonderheiten des hessischen Klimaregimes gezeigt. Aktuelle Nutzungsanleitungen für die drei Einzelkomponenten sind direkt im Klimaportal zugänglich und werden hier nicht reproduziert.

## Datengrundlage

Klimadaten der Vergangenheit werden für die Parameter Temperatur, Niederschlag, Schnee, Sonne, rel. Luftfeuchte und Wind analysiert. Sie werden vom Klimadatenzentrum des DWD ([https://opendata.dwd.de/climate\\_environment/CDC/](https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/)) unmittelbar nach Ende einer Periode (Tages-, Monats-, Saison- und Jahresdaten) bereitgestellt und sind in den Komponenten „Wetterextreme in Hessen“ und „Witterungsbericht Hessen“ enthalten. Verwendet werden Stationsdaten ([https://opendata.dwd.de/climate\\_environment/CDC/observations\\_germany/climate/](https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/observations_germany/climate/)), Rasterdaten ([https://opendata.dwd.de/climate\\_environment/CDC/grids\\_germany/](https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/grids_germany/)) sowie die darauf basierenden hessischen Gebietsmittelwerte ([https://opendata.dwd.de/climate\\_environment/CDC/regional\\_averages\\_DE/](https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/regional_averages_DE/)). Raster-

daten für Temperatur ([https://opendata.dwd.de/climate\\_environment/CDC/grids\\_germany/monthly/air\\_temperature\\_mean/BESCHREIBUNG\\_gridsgermany\\_monthly\\_air\\_temperature\\_mean\\_de.pdf](https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/grids_germany/monthly/air_temperature_mean/BESCHREIBUNG_gridsgermany_monthly_air_temperature_mean_de.pdf)), Niederschlag ([https://opendata.dwd.de/climate\\_environment/CDC/grids\\_germany/monthly/precipitation/BESCHREIBUNG\\_gridsgermany\\_monthly\\_precipitation\\_de.pdf](https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/grids_germany/monthly/precipitation/BESCHREIBUNG_gridsgermany_monthly_precipitation_de.pdf)) und Sonnenscheindauer ([https://opendata.dwd.de/climate\\_environment/CDC/grids\\_germany/monthly/sunshine\\_duration/BESCHREIBUNG\\_grids\\_germany\\_monthly\\_sunshine\\_duration\\_de.pdf](https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/grids_germany/monthly/sunshine_duration/BESCHREIBUNG_grids_germany_monthly_sunshine_duration_de.pdf)) als Basis der Kartenprodukte der Vergangenheit liegen in einer Auflösung von 1 x 1 km vor.

Die Daten drücken die beobachteten Variationen von Wetter und Klima aus und sollen so weit wie möglich frei von nicht-klimatologischen Einflüssen sein. Rasterdaten werden durch den DWD in homogenisierter (d. h. um Fehler nichtklimatischer Effekte bereinigter) Form bereitgestellt – gerade in frühen Dekaden (bis in die 1940er Jahre) sind hier dennoch regional Inhomogenitäten erkennbar. Stationsdaten werden durch den DWD qualitätskontrolliert, jedoch nicht homogenisiert. Stationen mit zweifelhaften Werten – z. B. solche mit häufigen Verlegungen – werden im Klimaportal nicht dargestellt. Einzelne der verbliebenen Stationen enthalten jedoch dennoch erkennbare Inhomogenitäten aufgrund von z. B. Stationsverlegungen, Änderungen des Stationsumfeldes (z. B. Baumwuchs, Verstädterung), veränderten Messinstrumenten oder Veränderungen der Beobachtungsregeln. Mögliche Einflüsse dieser sind für alle 80 Klimastationen individuell unter „Wichtige Infos zur Station“ beschrieben. Es sind nur aktuell noch betriebene Standorte mit Zeitreihen von mindestens 25 Jahren Länge enthalten. Die ältesten Daten reichen bis 1824 zurück, und an einem Viertel aller Stationen wird seit mindestens 100 Jahren gemessen.

Klimamodelldaten (Reanalyse & Projektionen) werden für die Parameter Temperatur (Mittelwerte und Kenntage) und Niederschlag dargestellt. Sie liegen für zehn verschiedene Regional Climate Models - General Circulation Models (RCM-GCM) Kombinationen basierend auf dem DWD Kernensemble für den Vergleich eines „Klimaschutz“-Szenarios (RCP2.6) und eines „kein Klimaschutz“-Szenarios (RCP8.5) vor. Als Datengrundlage werden ReKliEs-De (<https://reklies.hlnug.de/home>) Klimasimulationsdaten in einer Auflösung von 5 x 5 km verwendet, die für die

elf hessischen Naturräume (klimatisch ähnliche Regionen, z. B. Mittelrheingraben, Rhein-Main-Tiefland und hessisches Ried) in Form von arithmetischen Flächenmitteln aufbereitet wurden ([https://hlnug-zukunft.meteotest.ch/app/docs/Bericht\\_zur\\_Erstellung\\_von\\_Klimasimulationsdaten\\_fuer\\_Hessische\\_Naturraeume.pdf](https://hlnug-zukunft.meteotest.ch/app/docs/Bericht_zur_Erstellung_von_Klimasimulationsdaten_fuer_Hessische_Naturraeume.pdf)). Die Werte innerhalb der (ausschließlich) einem Naturraum zugeordneten Gitterzellen sind dabei identisch. Werte an Rasterpunkten, die mehreren Naturräumen zuzuordnen sind, wurden flächenanteilig gemittelt.

Die Programmierung der drei Komponenten (basierend auf JavaScript-Bibliotheken und HTML5) erfolgte durch die Schweizer Firma Meteotest. Das Klimaportal wird bei Meteotest auch gehostet, jedoch per i-Frame in die vom HLNUG betriebene Webseite <https://klimaportal.hlnug.de> eingebunden. Die technische Funktionsweise der Anwendungen „Wetterextreme in Hessen“ und „Witterungsbericht Hessen“ – insbesondere bezogen auf periodisch (täglich, monatlich etc.) aktualisierte Abbildungen – wurde bereits in den Jahresberichten 2016 bis 2018 vorgestellt. Die dortigen Ausführungen bestehen für das erweiterte Klimaportal fort.

Die Daten der Klimaprojektionen liegen auf dem Meteotest-Webserver vor, während die Klimadaten der Vergangenheit in regelmäßigen Abständen neu vom Klimadatenzentrum abgerufen, in eine eigene Datenbank importiert und bei jedem Seitenaufruf dynamisch im Internetbrowser des Benutzers erzeugt werden. Die erläuternden Texte unter allen Abbildungen enthalten einige dynamische Textstellen, die ohne redaktionellen Eingriff bei jeder Aktualisierung mit den neuen Daten gespeist werden.

## Wetterextreme in Hessen

Diese Komponente wurde um zusätzliche Analysemöglichkeiten erweitert, vor allem zur Bewertung und Trendentwicklung extremer Wetterereignisse. Diese werden nachfolgend stichpunktartig dargestellt.

- **Referenzperioden:** bisher einheitlich 1981–2010; nun als Auswahl im Vergleich der Klimareferenzperiode 1961–1990 (Standard; zeigt

die mit dem Klimawandel bereits aufgetretenen großen Veränderungen v. a. bei der Temperatur) mit der aktuellen Periode 1991–2020 (stellt die Abweichungen von Wetter und Witterung in den Kontext des eigenen Erlebnishorizonts).

- **Aktuellere Daten:** sommerliche (winterliche) Extrema und Ereignistage werden nun bereits aktuell ab 1. Juli (1. Januar) als vorläufige Werte

dargestellt, um eine Ad-hoc-Einschätzung der aktuellen Saison im Vergleich zum langjährigen Kontext zu ermöglichen. Der erklärende Text weist das Datum, bis zu dem die Daten aktualisiert sind, aus und beschreibt den vorläufigen Charakter der Angaben.

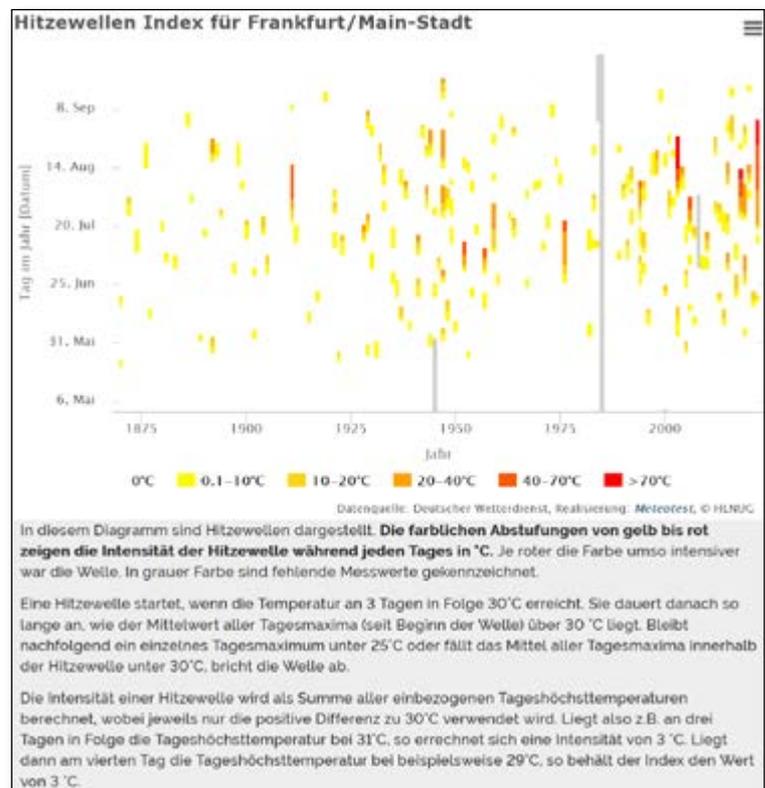
- **Temperaturanomalien:** zusätzlich zu der bereits für die täglichen Minimum- und Maximumtemperaturen vorliegenden Abbildung des Jahresgangs werden nun tagesaktuell in einer weiteren Grafik die täglichen Abweichungen der Temperatur vom langjährigen Mittelwert (auswählbar wie überall 1961–1990 vs. 1991–2020) dargestellt, um Kalt- und Warmperioden einfacher identifizieren zu können.
- **Hitzewellen:** neue Analyse; Darstellung als sog. Heatmap, welche die saisonale Position der Welle, ihre Länge und ihre Intensität in einer Abbildung zeigt. Basis sind die in Mitteleuropa gebräuchlichen „Kyselytage“, also Hitzewellen mit mindestens 3 Tagen Andauer über 30 Grad.
- **Ereignistage:** diese sind zusätzlich zur ganzjährigen Ansicht nun auch auf den Winter- oder Sommerzeitraum angepasst verfügbar inkl. statistischer Angaben zu Trend- und gleitenden Mittelwerten.
- **Starkregenganalysen:** für Klima- und Niederschlagsstationen, an denen solche Informationen verfügbar sind, sind nun zusätzlich zu Tagesdaten auch Angaben zu ein- und sechsstündigen Niederschlagssummen im verfügbaren historischen Kontext enthalten.
- **Dürreindizes:** zur Einschätzung der Entwicklung der stationsspezifischen Wasserverfügbarkeit (Trocken- und Nassphasen) kann nun ein rein niederschlagsbasierter (SPI) mit einem verdunstungsabhängigen Index (SPEI) verglichen werden. Zur Berücksichtigung langzeitlicher Feuchte- und v. a. Dürreverhältnisse können auch mehrjährig aggregierte Informationen (24 und 48 Monate) abgerufen werden.
- **Sonnenscheindauer:** der Jahresgang der Sonnenscheindauer ist über ein neues Diagramm nun im Vergleich zur

astronomisch möglichen Sonnenscheindauer dargestellt.

- **Thermopluviogramme:** diese zeigen kombinierte Temperatur-Niederschlagsinformationen. Die gezeigten Punktwerte sind nun komplett mit Daten hinterlegt, wodurch v. a. die Extreme nun leicht zuordenbar sind.
- **Datenzuordnung:** kombinierte Anzeige von Wert und zusätzlich Datum (neu) für verschiedene Extremwertdarstellungen (minimale/maximale Jahrestemperatur, höchste Niederschlags- und Schneehöhen).

Drei aktuelle Beispiele sollen die Relevanz der neu hinzugekommenen Informationen belegen:

Alle Stationen in Hessen zeigen eine deutliche Zunahme langer und intensiver Hitzewellen seit der Jahrtausendwende. Abbildung 1 zeigt diese Entwicklung anhand der neuen Hitzewellenanalyse für die Innenstadt von Frankfurt am Main, für die Daten seit über 150 Jahren vorliegen. Die Hitzewelle des

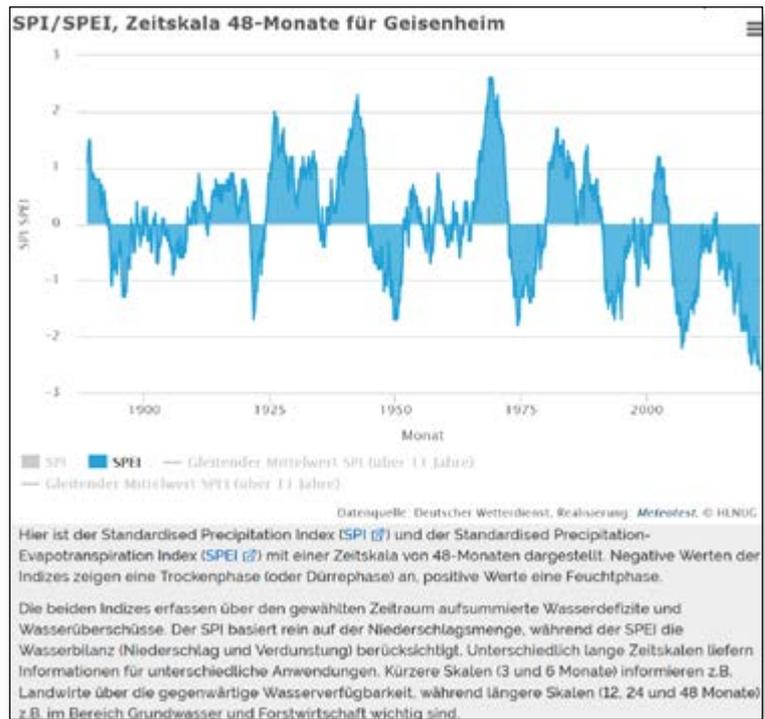


**Abb. 1:** Zeitliche Entwicklung von Hitzewellen am Beispiel Frankfurt am Main (Stadt), Daten 1871–2022. Das Jahr 2022 brach (nicht nur) hier alle Rekorde.

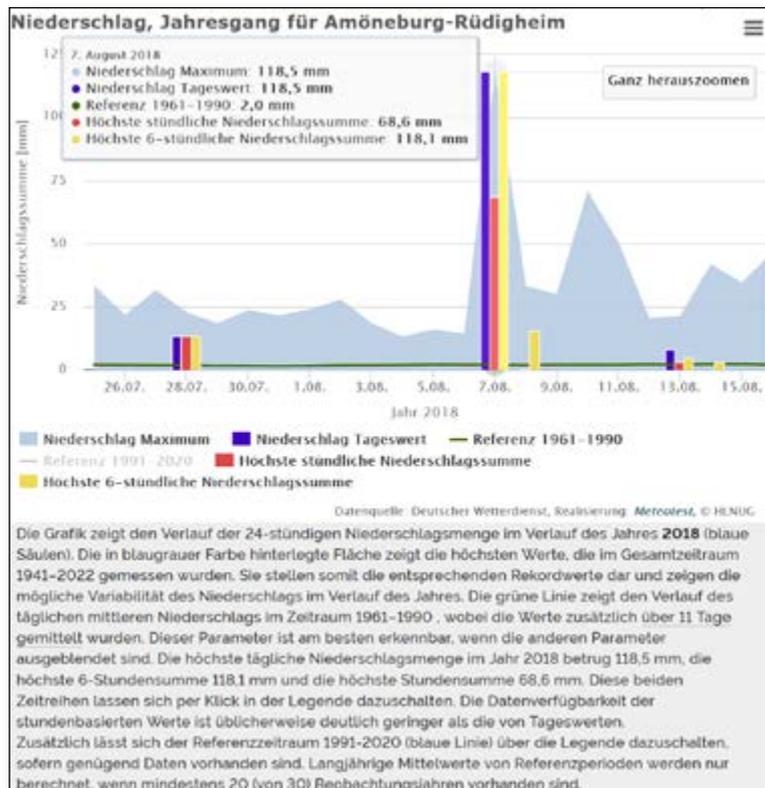
Jahres 2022 war hier die bei weitem längste seit 1871. Sie dauerte vom 18. Juli bis 2. September über insgesamt 57 Tage an – fast zwei Monate! An zweiter Stelle stehen weit abgeschlagen die Hitzewellen des Jahres 1976 und 2003 mit 26 Tagen. Auch hinsichtlich der Intensität der Hitzewelle liegt das Jahr 2022 vorn, wenngleich dicht gefolgt von 2003.

Insbesondere seit dem Jahr 2018 herrscht in Hessen ein deutliches Niederschlagsdefizit vor, welches aufgrund einer durch hohe Temperaturen verstärkten Verdunstung noch deutlich verschärft wird. Dieses Defizit ist bei Betrachtung des verdunstungsabhängigen Niederschlagsindizes SPEI an den meisten Stationen sichtbar, mehr oder weniger ausgeprägt auf verschiedenen Zeitskalen (3 bis 48 Monate). Insbesondere längere Aggregierungsschritte zeigen z. T. drastische Signale und geben eine Erklärung für die besonders in den hessischen Wäldern sichtbaren Dürreschäden. Abbildung 2 zeigt diese Entwicklung für Geisenheim für einen auf 4 Jahre aggregierten SPEI.

Intensive Schauer und Gewitter treten auch in an sich trockenen Jahren auf und bringen lokal große Regenmengen. Abbildung 3 zeigt das Beispiel eines kleinräumigen Ereignisses im an sich sehr trockenen Jahr 2018 an einer Station in Mittelhessen. Hier fielen am 7. August 118,5 mm Tagesniederschlag und damit fast 2/3 der Niederschlagsmenge des gesamten Sommers. Die nun zusätzlich verfügbaren Stundeninformationen zeigen an, dass es sich hier um kurzzeitigen Starkregen handelte, denn mehr als die Hälfte dieser Tagesmenge fielen in einer Stunde (68,8 mm) und die komplette Summe in einem 6-Stunden- oder kürzeren Zeitraum.



**Abb. 2:** Auf 4 Jahre aggregierte zeitliche Entwicklung von Nass- und Trockenperioden – unter Berücksichtigung von Niederschlag und Verdunstung (SPEI) – am Beispiel Geisenheim, Daten 1885–2022

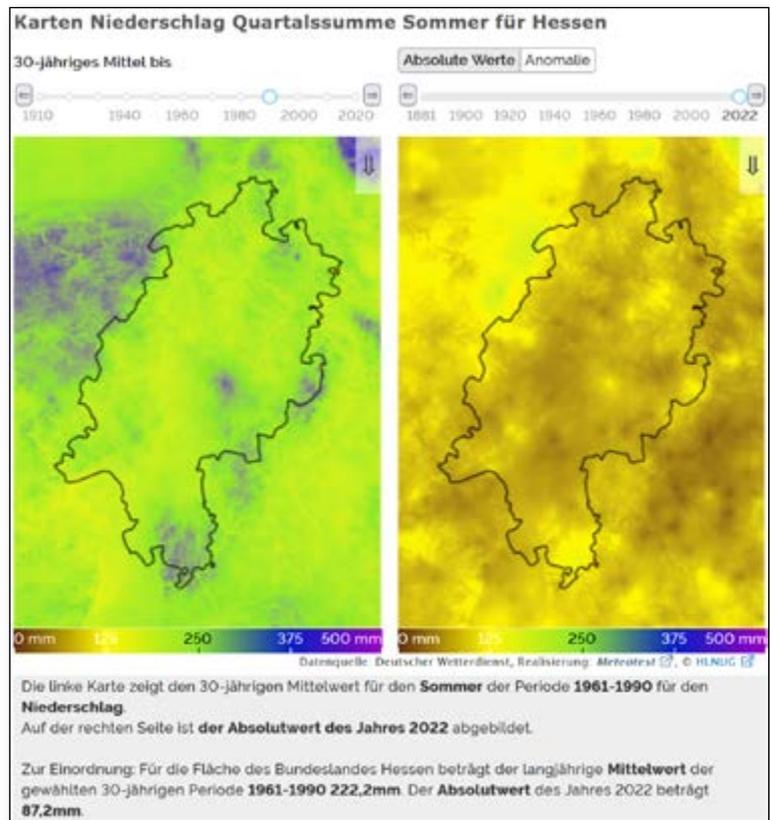


**Abb. 3:** Jahrgang des Niederschlags am Beispiel Amöneburg-Rüdigheim für 2018, Zoom auf das Starkniederschlagsereignis am 7. August

## Witterungsbericht Hessen

Die zentrale Erweiterung dieser Komponente umfasst die räumlichen Darstellungen der aktuellen und vergangenen Klimavariabilität für Temperatur, Niederschlag und Sonnenscheindauer in Kartenform. Abbildung 4 zeigt die neu aufgenommenen Informationen am Beispiel der Niederschlagskarten für den extrem trockenen Sommer 2022.

Auf der linken Seite der Abbildung wird eine Auswahl 30-jähriger Mittelwerte (Standard 1961–1990) gezeigt, welche im Zeitraum der Datenverfügbarkeit in 10-Jahres-Schritten angepasst werden können. Damit werden auch die zwischen den Zeiträumen oder im langjährigen Trend sichtbaren Veränderungen gezeigt. Auf der rechten Seite wird immer das aktuellste Jahr abgebildet (auswählbar zwischen Absolutwert und Anomalie), mit einer Archivfunktion seit Datenverfügbarkeit. Damit lassen sich sowohl neuere Extrempereoden gut darstellen, als auch vergangene Extreme (oder auch durchschnittliche Jahre) zeigen. Zur besseren Einordnung der Karten ist der hessenweite Mittelwert der gewählten Referenzperiode und der hessenweite Absolut- bzw. Anomaliewert des gewählten Jahres im Text angegeben.



**Abb. 4:** Quartalssumme des Niederschlags für Hessen im Sommer 2022 im Vergleich zum langjährigen Mittel 1961–1990

## Klima der Zukunft in Hessen

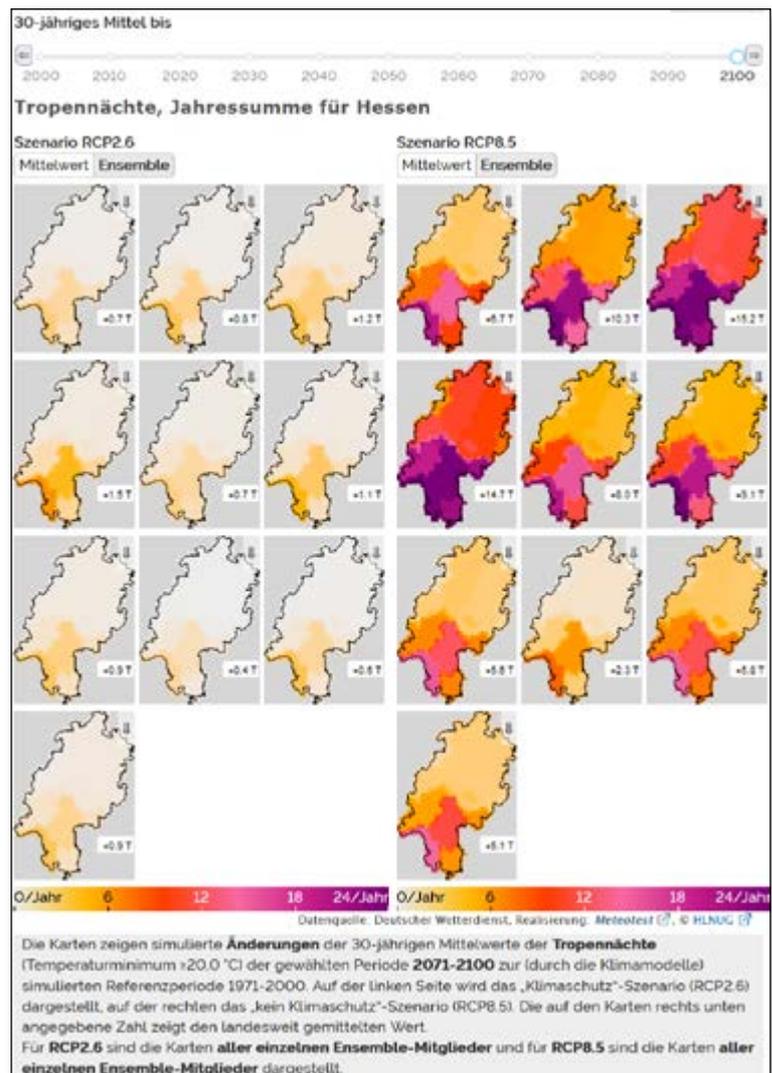
Der neue Themenkomplex „Klima der Zukunft Hessen“ kombiniert Klimamodelldaten der höchsten gegenwärtig verfügbaren räumlichen Auflösung mit einer interaktiven, den Nutzern bereits über die vorhandenen beiden Komponenten bekannten Darstellungsform. Im Gegensatz zu den bisher im Umweltatlas gezeigten Daten fließen hier die im vom HLNUG geleiteten Projekt ReKliEs-De gewonnenen Erkenntnisse ein. Die auf die elf hessischen Naturräume optimierten Daten zeigen eine realistische räumliche Variabilität der projizierten Veränderungen.

Die Einstiegsseite der Komponente ist an die Startseite der „Wetterextreme in Hessen“ angelehnt. Sie zeigt eine kombinierte Karte des Klimamodellensembles des „kein-Klimaschutz“-Szenarios RCP 8.5 mit Stationsmessungen der Jahresmitteltemperatur. Sie ermöglicht damit einen Überblick über die zeitliche Entwicklung des möglichen Temperaturanstiegs in Hessen vom Ende des 20. bis zum Ende des 21. Jahrhunderts in 10-Jahresschritten.

Für Temperatur und Niederschlag wird der Jahresgang ihrer Änderungssignale für 30-Jahres-Perioden innerhalb des Zeitraums 1971–2100 (in 10-Jahres-

Schritten) dargestellt. Der Aufbau dieser Seiten ist optisch an den im „Witterungsbericht Hessen“ gezeigten Jahresgang angelehnt. Gezeigt werden Anomalien zur Modellreferenz 1971–2000 als Mittelwert der Modelle für beide Szenarien. Die schattierten Bereiche um den Mittelwert decken die Bandbreite der Modelle ab.

Der Kern der Anwendung besteht aus Karten, die die klimatischen Entwicklungen für das „Klimaschutz“-Szenario (RCP 2.6) sowie das „kein-Klimaschutz“-Szenario (RCP 8.5) vergleichen. Enthalten sind Analysen zu Temperatur, Niederschlag und Temperatur-Kenntagen – Eistage, Frosttage, Sommertage, Heiße Tage und Tropennächte. Es werden sowohl Mittelwerte über alle enthaltenen Modelle als auch die Karten aller einzelnen Modelle dargestellt. Alle Karten sind zeitlich für 30-Jahres-Perioden innerhalb des Zeitraums 1971–2100 verschiebbar. Abb.5 zeigt beispielhaft die Veränderung der Anzahl der Tropennächte für die Periode 2071–2100.



**Abb. 5:** Kartendarstellung der Ereignistage am Beispiel der projizierten Anomalien der Tropennächte in der Periode 2071–2100 im Vergleich zu 1971–2000 für die enthaltenen 10 Klimamodelle

## Zusammenfassung und Schlussbemerkungen

Im April 2022 wurde das Klimaportal Hessen freigeschaltet. Unter einem Dach sind darin für Hessen detaillierte und regional spezifische Klimainformationen aus Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft in moderner grafisch didaktischer Form für eine breite Öffentlichkeit zugänglich. Die Komponenten „Wetterextreme in Hessen“ und „Witterungsbericht Hessen“ zielen darauf ab, aktuell gemessene meteorologische Daten in einen historischen Zeitrahmen zu integrieren, um eine schnelle und einfache Bewertung ihrer Extremität und der langfristigen Veränderungen von Mittel- und Extremwerten zu ermöglichen. Die

neue Komponente „Klima der Zukunft in Hessen“ stellt Klimamodelldaten der höchsten gegenwärtig verfügbaren räumlichen Auflösung für die hessischen Naturräume bis ins Jahr 2100 bereit. Über die Gegenüberstellung zweier Szenarien mit und ohne Klimaschutz ist der Nutzen ambitionierter Klimaschutzanstrengungen anhand der dargestellten Parameter deutlich erkennbar.

Das Klimaportal Hessen kombiniert eine hohe Informationsdichte mit einer auf Benutzerfreundlichkeit ausgerichteten Anwendung. Interaktive Funktionen

und raumzeitliche Auswahlmöglichkeiten ermöglichen einen nutzerspezifischen Informationszuechnitt. Alle enthaltenen Grafiken lassen sich in einen Vollbildmodus schalten, sie können gedruckt und in verschiedenen Formaten gespeichert werden. Außerdem können die zugrundeliegenden Daten als Excel oder GIS-taugliche Dateien heruntergeladen werden. Die Abbildungen werden von erklärenden

Texten begleitet, die aus dynamischen, sich automatisch (täglich oder periodisch) an neue Daten anpassenden Textelementen bestehen. Anwender profitieren somit von einer aktuellen und stetig wachsenden Datenbasis. Das Fachzentrum Klimawandel und Anpassung lädt nun zum Entdecken der Klimadaten aus Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft im Klimaportal Hessen ein.

## Literatur

HOY, A., HÜBENER, H., SCHWARZLOH, D. & POMPEJUS R. (2017): Öffentlichkeitswirksame Präsentation von Klimadaten – das Webportal „Wetterextreme in Hessen“, in: Jahresbericht 2016 des Hessischen Landesamtes für Naturschutz, Umwelt und Geologie (Hrsg.); Wiesbaden.

HOY, A. (2018): Aktuelle Witterung und beobachteter Klimawandel – der „Witterungsbericht Hessen“, in: Jahresbericht 2017 des Hessischen Landesamtes für Naturschutz, Umwelt und Geologie (Hrsg.); Wiesbaden.

HOY, A. (2019): Öffentlichkeitswirksame Präsentation von Niederschlagsdaten – Erweiterung der Webanwendung „Wetterextreme in Hessen“, in: Jahresbericht 2018 des Hessischen Landesamtes für Naturschutz, Umwelt und Geologie (Hrsg.); Wiesbaden.

# Erstmals alle Grenzwerte für Luftschadstoffe eingehalten - Ziel erreicht oder Ansporn für weitere Verbesserung der Luftqualität?

12

MAXIMILIAN STEINBACH, KATJA WUCHER, FLORIAN DITAS & DIANA ROSE

## Schon 1976 beginnen die ersten Messungen zur Luftqualität in Raunheim

Seit den späten 1970er Jahren existiert das landesweite Luftmessnetz zur kontinuierlichen Überwachung und Beurteilung der Luftschadstoffe. Von anfangs einer Handvoll Messstellen ist das hessische Messnetz auf mittlerweile über 35 automatisierte Messstationen angewachsen. Gemessen wird die Luftqualität an Verkehrsschwerpunkten sowie im städtischen und ländlichen Hintergrund. Hinzu kommen zahlreiche weitere Messstellen, an denen mit verschiedenen Verfahren Proben von gas- oder partikelförmigen Luftschadstoffen gesammelt und später im Labor analysiert werden. Dazu gehören beispielsweise etwa 30 Messstellen, an denen die Konzentration von Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) im Passivsammlerverfahren erfasst wird. Außerdem werden zusätzlich temporäre, projektbezogene Messungen durchgeführt.

Hohe Schadstoffkonzentrationen beeinträchtigen die Gesundheit von Lebewesen in erheblichem

Maße und können auch zu einer Schädigung der Ökosysteme führen. Daher wurde 1974 das bis heute gültige Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG) verabschiedet, das den Weg zu einer gesetzlich vorgeschriebenen, kontinuierlichen Überwachung der Luftqualität ebnete. In den 1980er Jahren folgten verschiedene Richtlinien auf europäischer Ebene, die erstmals EU- (ehem. EG-) weite Grenzwerte für bestimmte Luftschadstoffe vorschrieben. Die aktuell gültige EU-Richtlinie 2008/50/EG, die über die 39. Bundes-Immissionsschutzverordnung (39. BImSchV) in deutsches Recht umgesetzt ist, regelt die Immissionsgrenzwerte in der Luft beispielsweise für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Feinstaub und setzt Schwellen- und Zielwerte unter anderem für Ozon.

## Saubere Luft ist ein Menschenrecht

Auf Basis von wissenschaftlichen Erkenntnissen zur gesundheitlichen Wirkung von Luftschadstoffen erarbeitet die Weltgesundheitsorganisation (WHO) regelmäßig sogenannte Luftgüteleitlinien. Sie haben zum Ziel, die Luftqualität global und nachhaltig zu verbessern und negative gesundheitliche Auswirkungen durch Luftverschmutzung zu minimieren. Denn saubere Luft ist ein Menschenrecht.

Die WHO-Empfehlungen von 2005 dienen als Grundlage für die aktuell gültige EU-Richtlinie (2008/50/EG). Die letztendlich rechtlich bindenden, EU-weiten Grenzwerte resultieren jedoch aus einem politischen Abwägungsprozess, der auch wirtschaftliche Betrachtungen einbezieht. Aus diesem Grund weichen die gesetzlichen Grenzwerte in Teilen von den damaligen WHO-Empfehlungen ab.

Im Jahr 2021 hat die WHO ihre Luftgüteleitlinien erneuert (WHO, 2021). Sie sind nun noch deutlich anspruchsvoller als die heute gültigen Grenz- und Zielwerte (siehe Tab. 1). Zusätzlich zu den anspruchsvollen Richtwerten zum Schutz der menschlichen Gesundheit wurden von der WHO deshalb für einige Schadstoffe Zwischenziele, so genannte *Interim Targets*, definiert. Diese wurden erarbeitet, um Länder bei der Planung zur schrittweisen Reduzierung der Schadstoffkonzentrationen zu unterstützen. Auch die neuen Richtwerte der WHO sind nicht rechtsverbindlich, sie finden jedoch Berücksichtigung in der bevorstehenden Überarbeitung der europäischen Luftqualitätsrichtlinie.

**Tab. 1:** Grenzwerte nach 39. BImSchV und Richtwerte der WHO für Jahresmittelwerte für die in diesem Bericht thematisierten Komponenten PM<sub>10</sub> und NO<sub>2</sub>

Komponente	39. BImSchV Grenzwert (in µg/m <sup>3</sup> )	WHO Richtwert (in µg/m <sup>3</sup> )
Feinstaub PM <sub>10</sub>	40	15
Stickstoffdioxid (NO <sub>2</sub> )	40	10

Die europäischen Vorgaben haben dazu geführt, dass sich die Luftqualität in Hessen und bundesweit in den vergangenen Jahrzehnten deutlich verbessert hat.

## Die Entwicklung der Schwefeldioxidkonzentration ist eine Erfolgsgeschichte!

So sind die Schadstoffkonzentrationen von beispielsweise Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>), Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) und Feinstaub stark rückläufig. In Abbildung 1 ist die zeitliche Entwicklung dieser drei Komponenten exemplarisch für die Messstellen in Raunheim und an der Ringkirche in Wiesbaden dargestellt. Das besondere an diesen beiden Stationen ist, dass dort bereits seit einigen Jahrzehnten Messungen erhoben und somit langfristige Trends ersichtlich werden. Solche langen Zeitreihen sind nicht selbstverständlich und besonders wertvoll für die Beurteilung der Wirksamkeit von Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität.

Blickt man auf die Entwicklung der Schwefeldioxidkonzentrationen seit den späten 1970er Jahren, so ist der enorme Rückgang die Erfolgsgeschichte im Immissionsschutz schlechthin. Ursache für die hohen SO<sub>2</sub>-Konzentrationen der früheren Jahre war der hohe Schwefelgehalt in fossilen Brennstoffen, wie beispielsweise Kohle und Benzin. Einmal in der Luft reagiert das SO<sub>2</sub> zu schwefeliger Säure und Schwefelsäure und führte zum sauren Regen, der in erheblichem Ausmaß Natur und Umwelt in Gefahr brachte sowie Gebäude schädigte. Damals war das SO<sub>2</sub> eines der größten Sorgenkinder in der Luftreinhaltung. In den späten 1980er und -90er Jahren sank die SO<sub>2</sub>-Konzentration aufgrund von konsequenter Entschwefelung von fossilen Treibstoffen sowie der

technischen Nachrüstung zur Abgasreinigung in Großfeuerungs- und Industrieanlagen. Heutzutage bewegen sich die Messwerte zeitweise sogar im Bereich der Nachweisgrenze der Messgeräte.

Auch beim Feinstaub und den Stickoxiden zeigt der Trend eine durchaus positive Entwicklung. Sowohl in Raunheim als auch in Wiesbaden an der Ringkirche wird seit dem Jahr 2000 kontinuierlich Feinstaub der Fraktion PM<sub>10</sub> (Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser kleiner 10 µm) gemessen. Davor wurde lediglich die Masse des Gesamtstaubs in der Luft bestimmt. Die Jahresmittelwerte des Feinstaubes sind in den letzten Jahren und Jahrzehnten deutlich zurückgegangen. Bereits seit 2004 wird an allen Messstellen in Hessen der Grenzwert von 40 µg/m<sup>3</sup> für das Jahresmittel eingehalten. Die zulässige Anzahl der Überschreitungen der Tagesmittelwerte von 50 µg/m<sup>3</sup> ist seit 2012 nicht mehr überschritten worden. Diese Entwicklung ist unter anderem auf den Einsatz verbesserter Abgastechnik in Fahrzeugen und Industrieanlagen zurückzuführen. Dadurch wird einerseits weniger Feinstaub direkt emittiert, andererseits werden auch weniger Vorläuferstoffe ausgestoßen, die die sekundäre Bildung von Feinstaub begünstigen.

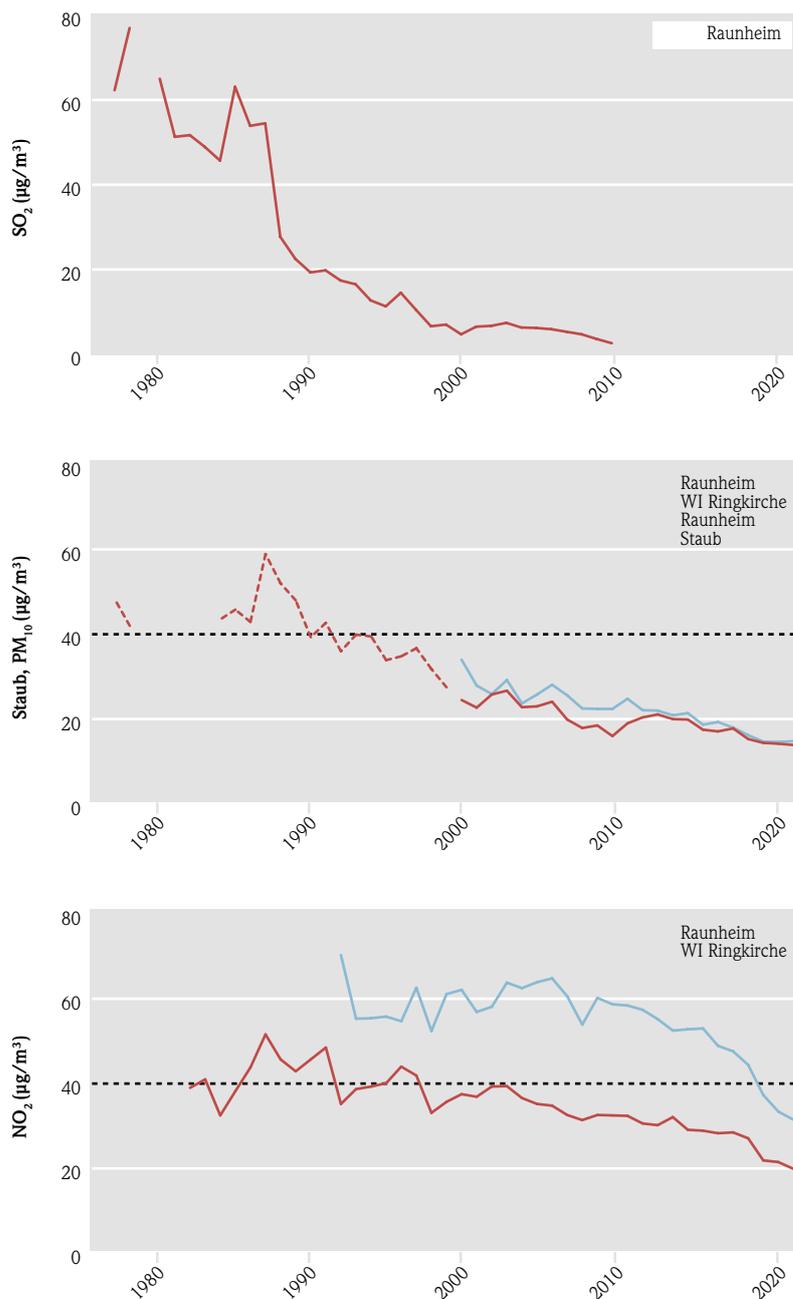
Die Entwicklung der Stickstoffdioxidkonzentration hat in den letzten Jahren große Aufmerksamkeit auf sich gezogen. Zur Einführung des Jahresgrenzwertes

von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  im Jahr 2010, wurde dieser an vielen verkehrsbezogenen Messstellen, wie beispielsweise auch an der Ringkirche in Wiesbaden sehr deutlich überschritten. Hauptverursacher der hohen Stickoxidkonzentrationen ist der Kfz-Verkehr, insbesondere die Dieselfahrzeuge. In den Folgejahren änderte sich an dieser Situation wenig, sodass umfangreiche Luftreinhaltepläne für viele hessische Städte notwendig wurden. Teilweise wurde die Einhaltung der Grenzwerte erst mit der Einführung von streckenbezogenen Fahrverboten für Dieselfahrzeuge erreicht.

## Für Stickstoffdioxid wurde erstmals 2021 hessenweit der Grenzwert eingehalten

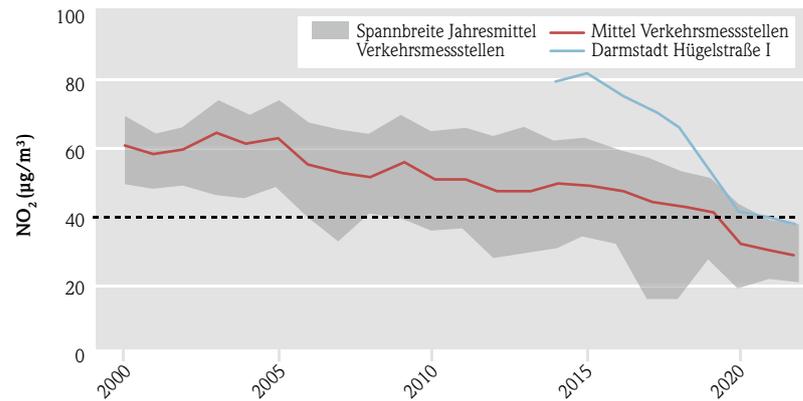
Abbildung 2 zeigt die Entwicklung der Jahresmittelwerte der Stickstoffdioxidkonzentration als Mittelwert über alle verkehrsbezogenen hessischen Messstellen. Zusätzlich wird die Bandbreite (Minimum und Maximum) der Jahresmittelwerte an den verkehrsbezogenen Messstellen als Fläche dargestellt. Erkennbar ist ab etwa 2005 ein leichter und dann ein stärker werdender abnehmender Trend. Die Maximalwerte blieben jedoch deutlich über dem Grenzwert für das Jahresmittel. Die Entwicklung der  $\text{NO}_2$ -Konzentration an der Messstelle Darmstadt Hugelstrae I ist hierbei besonders hervorzuheben. An der Hugelstrae wurden umfangreiche Manahmen zur Luftreinhaltung umgesetzt, die letztlich eine sehr deutliche Abnahme der Stickstoffdioxidkonzentration zur Folge hatten.

Aufgrund der sukzessiven Erneuerung der Fahrzeugflotte und dem damit verbundenen Einsatz emissionsrarmerer Fahrzeuge, sowie abnehmender Ver-



**Abb. 1:** Zeitlicher Verlauf der Jahresmittelwerte von Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ ), Feinstaub der Fraktion  $\text{PM}_{10}$  und Stickstoffdioxid ( $\text{NO}_2$ ). Exemplarisch werden Daten der Luftmessstationen in Raunheim und in Wiesbaden an der Ringkirche gezeigt, da es sich bei diesen Stationen um die längsten Zeitreihen hessischer Messstationen im städtischen Hintergrund bzw. an Verkehrsschwerpunkten handelt. Bezüglich Feinstaub ist eine Besonderheit zu beachten: Bei den Messungen vor 2000 konnte nicht zwischen den unterschiedlichen Fraktionen des Feinstaubes unterschieden werden, daher wird vor 2000 der zeitliche Verlauf des Gesamtstaubs dargestellt. Der jeweilige aktuell gültige Grenzwert des Jahresmittelwerts für  $\text{NO}_2$  und  $\text{PM}_{10}$  wird gestrichelt dargestellt.

kehrszahlen infolge der Covid-19-Pandemie, aber nicht zuletzt auch durch die Maßnahmen zur Luftreinhaltung im Rahmen von Luftreinhalteplänen, konnte schließlich 2021 erstmals an allen hessischen Stationen der Grenzwert von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  im Jahresmittel eingehalten werden.



**Abb. 2:** Zeitlicher Verlauf der Jahresmittelwerte der Stickstoffdioxidkonzentration an verkehrsbezogenen Messstellen als Mittelwert inklusive aller Messstellen (rot) und mit Angabe der minimalen und maximalen Jahresmittelwerte (ohne die Messstelle Darmstadt Hängelstraße I, grauer Bereich). Zusätzlich dazu werden die Jahresmittelwerte der Messstelle Darmstadt Hängelstraße I (blau) separat gezeigt, welche 2014 begannen. Der aktuelle, seit 2010 gültige Grenzwert von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für den Jahresmittelwert wird schwarz dargestellt und wurde 2021 erstmals an allen Messstellen eingehalten. Durch den zunehmenden Einsatz von Passivsammlern, ist die Anzahl der in dieser Darstellung einbezogenen Messstellen pro Jahr unterschiedlich und nimmt tendenziell zu.

## Das Thema Ozon ist in den vergangenen Jahren etwas aus dem Fokus der Öffentlichkeit geraten

Beim Ozon, dem 3-atomigen Sauerstoffmolekül, wird generell unterschieden zwischen troposphärischem Ozon, also Ozon in den bodennahen Schichten und stratosphärischem Ozon in höheren Atmosphärenschichten. Während stratosphärisches Ozon vor der gefährlichen UV-Strahlung schützt, ist bodennahes Ozon ein Schadgas und greift die Atemwege und Schleimhäute von Lebewesen an. Zudem schadet es der Vegetation. Es führt zu einer Verminderung des Pflanzenwachstums und damit zu Ertragseinbußen bei Nutzpflanzen wie Mais, Getreide und Bohnen.

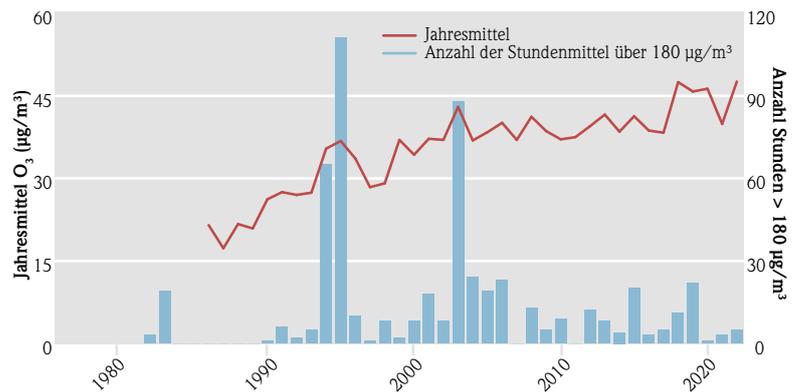
Besonders in den 1980er und 1990er Jahren hatten die häufig als „Sommersmog“ bezeichneten, hohen Ozonkonzentrationen solch gesellschaftliche Bedeutung, dass 1993 in Hessen sogar eine spezielle Ozonverordnung verabschiedet wurde. Ziel dieser Verordnung war es, die Vorläuferstoffe aus dem Straßenverkehr, insbesondere Stickoxide, zu senken, um so eine Reduktion der Ozonkonzentrationen zu erreichen.

Ozon wird nicht direkt emittiert, sondern infolge chemischer Umwandlungsprozesse vor allem in den

heißen Sommermonaten in der Atmosphäre gebildet. Dafür ist intensive Sonneneinstrahlung notwendig, welche die nötige Energie zur Abspaltung von Sauerstoffatomen aus den Vorläuferstoffen bereitstellt. Die dabei freiwerdenden, angeregten Sauerstoffatome bilden dann zusammen mit Sauerstoffmolekülen Ozon. Zu den Vorläuferstoffen von Ozon zählen neben Stickstoffdioxid aus dem Straßenverkehr und Feuerungsanlagen vor allem flüchtige organische Verbindungen (VOCs) aus anthropogenen und biogenen Quellen. Ozon wird hauptsächlich durch das Vorhandensein von Stickstoffmonoxid (NO) wieder abgebaut. Daher ist die Ozonkonzentration an Verkehrsschwerpunkten aufgrund der hohen NO-Emissionen geringer als im städtischen und ländlichen Hintergrund. Aber auch Pflanzen und Böden tragen in geringem Maße zum Abbau von Ozon bei.

Abbildung 3 zeigt die Anzahl der Spitzenkonzentrationen, also Stunden mit Ozonwerten über der Informationsschwelle von  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und die Entwicklung der Jahresmittelkonzentrationen exemplarisch an der Station Raunheim. In den vergangenen Jahren hat die Anzahl der Spitzenkonzentrationen, von zwi-

schenjährlichen Schwankungen aufgrund der vorherrschenden meteorologischen Bedingungen abgesehen, stetig abgenommen. Dem entgegen hat jedoch die mittlere Ozonbelastung seit den 1980er Jahren stetig zugenommen. Um diesen Zusammenhang zu erklären, muss wieder der Bildungs- und Abbauprozess von Ozon etwas näher betrachtet werden. Eine wichtige Rolle spielen dabei die Vorläuferstoffe von Ozon. Die Emissionen von Stickoxiden und anthropogenen VOCs sind seit den 1990er Jahren deutlich zurückgegangen, was wiederum zur Verringerung der Ozon-Spitzenkonzentrationen führte (UBA, 2022). Dies war jedoch nicht die einzige Folge: Die geringere Anzahl vorhandener Reaktionspartner führte außerdem auch zu einer Verringerung des Ozonabbaus durch NO. Dadurch können vor allem mittelhohe Konzentrationen über einen längeren Zeitraum auftreten



**Abb. 3:** Zeitlicher Verlauf der Jahresmittelwerte der Ozonkonzentration (durchgezogene Linie, linke Y-Achse) und die jährliche Anzahl der Überschreitungen der Informationsschwelle (1-h-Mittelwert größer als  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) als Balken (rechte Y-Achse) an der Luftmessstation in Raunheim

und so zu höheren Jahresmittelwerten beitragen. Die Jahresmittelwerte des Ozons unterliegen jedoch bisher keiner gesundheitsrelevanten Einordnung und sind daher nicht mit Grenz- oder Zielwerten behaftet.

## Die Grenzwerte sind eingehalten, doch die neuen Luftqualitätsleitlinien der WHO werden größtenteils nicht erfüllt – eine Herausforderung

Die Luftschadstoffkonzentrationen entwickeln sich seit Beginn der Messungen in Hessen positiv. Besonders hervorzuheben ist dabei die enorme Verringerung der  $\text{SO}_2$ -Konzentrationen, wodurch viele Messungen dieses Schadstoffs in der jüngsten Vergangenheit sogar eingestellt werden konnten. Auch die enormen Umweltschäden durch den sauren Regen gehören der Vergangenheit an und die Empfehlungen der WHO für diesen Luftschadstoff können problemlos eingehalten werden.

Aber auch die Konzentrationen der Feinstaubfraktion  $\text{PM}_{10}$  haben in den vergangenen Jahren deutlich abgenommen. Der aktuelle, rechtlich bindende Grenzwert wird zwar an allen Messstellen in Hessen eingehalten. Aus wissenschaftlichen Untersuchungen zur Wirkung von Feinstaub wird jedoch klar, dass auch unterhalb der aktuell gültigen Grenzwerte gesundheitliche Auswirkungen zu erwarten sind. In den aktuellen Luftgüteleitlinien der WHO wird daher ein Richtwert für den Jahresmittelwert von  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  empfohlen, welcher aktuell an rund einem Drittel

der hessischen Messstellen, an denen Feinstaub  $\text{PM}_{10}$  erfasst wird, überschritten wird.

Zielgerichtete Maßnahmen der Städte und Gemeinden zur Verringerung des Verkehrsaufkommens, Luftreinhaltepläne sowie emissionsärmere Fahrzeuge führten ebenfalls dazu, dass die  $\text{NO}_2$ -Konzentrationen an den Verkehrsschwerpunkten in Hessen teilweise sehr eindrucksvoll reduziert wurden. Diese Abnahme wurde in den Jahren 2020 und 2021 durch die verringerte Mobilität infolge der Covid-19-Pandemie nochmals verstärkt. Während der gesetzlich vorgeschriebene Grenzwert von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  im Jahresmittel seit 2021 an allen hessischen Messstellen für  $\text{NO}_2$  eingehalten wurde, stellt der aktuelle Richtwert zum Schutz der Gesundheit der WHO von  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für das  $\text{NO}_2$ -Jahresmittel eine große Herausforderung dar. So lagen die Jahresmittelwerte 2021 bei 87 Prozent der hessischen Messstellen oberhalb dieses Richtwertes. Es ist deshalb unerlässlich, Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität insbesondere in Städten konsequent fortzuführen.

Die gesetzlichen Zielwerte für den Luftschadstoff Ozon zum Schutz der menschlichen Gesundheit lassen sich nicht unmittelbar den neuen Empfehlungen der WHO gegenüberstellen. Teil der neuen Luftgüteleitlinien ist ein saisonaler Richtwert für die höchsten Ozonbelastungen von  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Mittelwert der täglichen höchsten 8-Stundenwerte für die Ozon-Saison). Dieser WHO-Richtwert wird aktuell an allen hessischen Messstationen, die Ozon erfassen, überschritten. Aufgrund des komplexen Zusammenspiels der Vorläuferstoffe bei der Bildung und dem Abbau von Ozon ist eine weitere Verringerung aller anthropogen emittierten Vorläuferstoffe erstrebenswert.

Die aktuellen Empfehlungen zur Luftqualität und dem Gesundheitsschutz der WHO stellen eine wesentliche Grundlage für die aktuelle Überarbeitung der europäischen Luftqualitätsrichtlinie dar. Deshalb ist davon auszugehen, dass auch die gesetzlich vorgeschriebenen Grenz- und Zielwerte, mit dem Ziel der Verringerung der umweltbedingten Krankheitslast, verschärft werden. Dadurch ergeben sich neue Herausforderungen für die Luftreinhaltung in Hessen.

Zudem rückt der Fokus auch auf weitere, bisher noch nicht regulierte Schadstoffe wie ultrafeine Partikel (UFP) oder auch Ruß aus privaten Holzfeuerungsanlagen. Die Erfolge in der Luftreinhaltung der letzten Jahrzehnte sollten daher dazu motivieren, die Luftqualität ambitioniert weiter zu verbessern.

## Literatur

WHO (2021): WHO global air quality guidelines: particulate matter ( $\text{PM}_{2,5}$  and  $\text{PM}_{10}$ ), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. <https://www.who.int/publications/item/9789240034228>; Stand: 28.09.2022

UBA (2022): Ozon-Belastung. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/ozon-belastung#uberschreitung-von-schwellenwerten>; Stand: 26.09.2022

## Gesetzliche Grundlagen

BImSchG: Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG) <https://www.gesetze-im-internet.de/bimschg/index.html>; Stand: 28.09.2022

EU-Richtlinie 2008/50/EG: Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe <http://data.europa.eu/eli/dir/2008/50/oj>; Stand: 28.09.2022

39. BImSchV: Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes) (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen - 39. BImSchV) [https://www.gesetze-im-internet.de/bimschv\\_39/](https://www.gesetze-im-internet.de/bimschv_39/); Stand: 28.09.2022

# Emissionen aus kleinen Verbrennungsmotoren

I3

JENS CORDES, BENNO STOFFELS, EGILL ANTONSSON & FURKAN SAKI

## Zusammenfassung

Das Dezernat I3 des HLNUG hat im Rahmen des Projekts „CLEANAIRMM“, das durch das LIFE-Programm der Europäischen Union gefördert wurde, Emissionsmessungen an kleinen Verbrennungsmotoren durchgeführt. Im Fokus standen dabei Bau- und Gartengeräte, die unter die „NRMM-Verordnung“ der EU fallen. Ziel war es, festzustellen,

welche Schadstoffmengen diese Geräte im realen Betrieb tatsächlich freisetzen und somit durch die Verwendung von Elektrogeräten, die mit einem mobilen Stromspeicher betrieben werden, eingespart werden können. Es zeigte sich, dass die Emissionen in vielen Fällen die Grenzwerte der NRMM-Verordnung überschreiten.



**Abb. 1:** Einige typische NRMM: Rasenmäher, Motorsäge, Laubbläser und Dieselgenerator

## NRMM - Non-Road Mobile Machinery

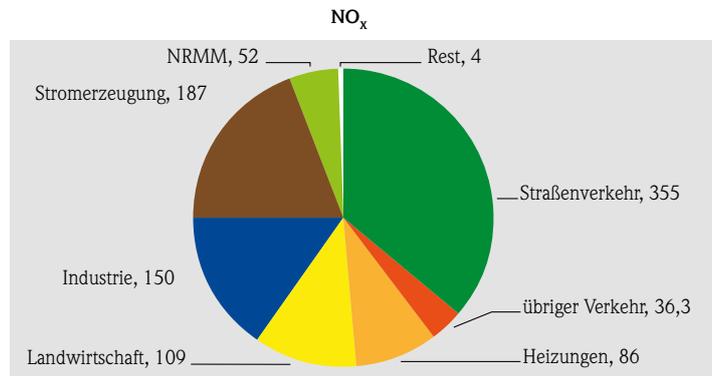
Mit „NRMM“ (Non-Road Mobile Machinery) werden Geräte und Maschinen bezeichnet, die einen Verbrennungsmotor haben, aber nicht für den Straßenverkehr bestimmt sind. Typische NRMM sind Bau- und Gartengeräte, wie z. B. Generatoren, Motorsägen, Laubbläser oder Trennschleifer.

Die Emissionen von gas- und partikelförmigen Schadstoffen dieser NRMM sind teilweise enorm, wie Vergleiche mit Fahrten mit einem neueren PKW (2) veranschaulichen:

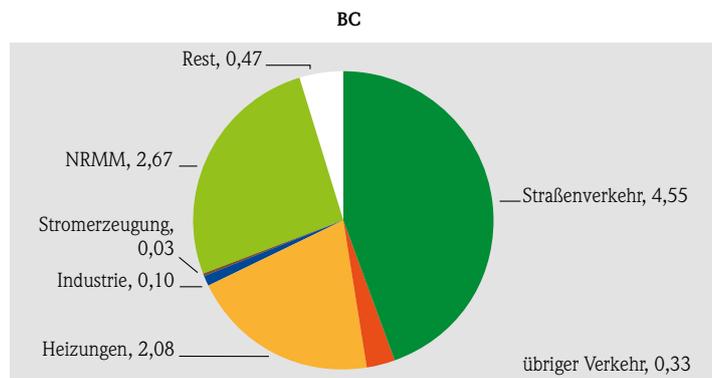
- Eine Stunde Rasenmähen verursacht vergleichbar viele Schadstoffemissionen wie eine Autofahrt über ca. 500 km (z. B. von Frankfurt nach Hamburg, Innsbruck oder Prag)
- Eine Stunde Laubblasen verursacht vergleichbar viele Schadstoffemissionen wie eine Autofahrt über ca. 1 800 km (z. B. von Frankfurt nach Madrid, Bukarest oder Kyiv).

Insgesamt sind die Emissionen der NRMM (3) nicht unerheblich und übertreffen teilweise die Emissionen aus anderen Bereichen. So waren diese Geräte z. B. im Jahr 2020 für Emissionen von mehr als 52 000 t (Tonnen) Stickstoffoxiden ( $\text{NO}_x$ ) in Deutschland verantwortlich, was die Summe der Emissionen des gesamten Eisenbahn-, Schiffs- und Flugverkehrs (36 300 t) deutlich überstieg (siehe Abb. 2).

Noch deutlich größer ist der Anteil der NRMM an den Emissionen von „Black Carbon“ (BC). Dabei handelt es sich im Wesentlichen um Ruß, wie er z. B. bei unsauberer Verbrennung von Kohle oder Erdölprodukten (vor allem Diesel) entsteht (4). Hier betrug im Jahr 2020 der Anteil der NRMM mit insgesamt mehr als 2 670 t über 26 Prozent der Gesamtemissionen in Deutschland (siehe Abb. 3).



**Abb. 2:**  $\text{NO}_x$ -Emissionen in Deutschland im Jahr 2020. Angaben in Kilotonnen (kt, 1 000 Tonnen) mit Zuordnung zu verschiedenen Verursachern



**Abb. 3:** Black Carbon-Emissionen in Deutschland im Jahr 2020. Angaben in Kilotonnen (kt, 1 000 Tonnen) mit Zuordnung zu verschiedenen Verursachern

Zu den weiteren Schadstoffen, die durch NRMM in die Atmosphäre freigesetzt werden, zählen Kohlenstoffmonoxid ( $\text{CO}$ , 307 000 t, 12,5 Prozent der Gesamtemissionen in Deutschland), flüchtige organische Stoffe (ohne Methan, NMVOC, 25 300 t, 2,4 Prozent), sowie Staub (TSP, 4 290 t, 1,3 Prozent), praktisch ausschließlich in Form von Feinstaub ( $\text{PM}_{2,5}$ , 4 280 t, 5,3 Prozent), wovon wiederum mehr als die Hälfte in Form von Black Carbon emittiert wird (siehe oben). Zu beachten ist bei diesen Zahlenangaben, dass die Emissionen von Eisenbahnen und Schiffen – anders als in der NRMM-Verordnung (5) – jeweils gesondert betrachtet und nicht den NRMM zugeordnet wurden.

## Emissionsgrenzwerte für kleine Verbrennungsmotoren

Die Emissionen aus NRMM werden seit Anfang 2017 durch die Verordnung (EU) 2016/1628 (5) („NRMM-Verordnung“) geregelt. Damit wurden Grenzwerte für die Schadstoffemissionen dieser Geräte, sowie ein Verfahren zur Typprüfung festgelegt. Die Verordnung definiert für verschiedene Einsatzbereiche von Verbrennungsmotoren Motorkategorien, Emissionsgrenzwerte, Anforderungen an die Haltbarkeit und Einführungszeitpunkte für die neuen Regelungen. Die Verordnung unterscheidet dabei zwischen folgenden Motorenklassen:

- **NRG:** Motoren von Stromgeneratoren mit einer Leistung von mehr als 560 kW
- **NRSh:** Handgehaltene Geräte mit Fremdzündungsmotor (z. B. mit Benzin oder Gas betrieben) mit einer Leistung von weniger als 19 kW (z. B. Laubbläser, Motorsägen, Trennschleifer und andere Garten- und Baumaschinen)
- **NRS:** Fremdzündungsmotoren mit einer Leistung von weniger als 56 kW (und nicht zu NRSh gehörend, z. B. kleinere Benzin-Generatoren)
- **IWP/IWA:** Motoren zum Antrieb von Binnenschiffen (IWP) oder als Hilfsaggregat (IWA)
- **RLL/RLR:** Motoren zum Antrieb von Lokomotiven (RLL) oder Triebwagen (RLR)
- **SMB:** Fremdzündungsmotoren zum Antrieb von Motorschlitten
- **ATS:** Fremdzündungsmotoren zum Antrieb von Geländefahrzeugen oder Quads
- **NRE:** Motoren von nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschinen und Geräten, die zu keiner der übrigen Motorenklassen gehören (z. B. Bagger, Traktoren und andere Bau- oder Erntemaschinen, sowie die meisten mit Diesel betriebenen Motoren)

Damit umfasst die Verordnung sehr unterschiedliche Maschinen und Geräte, die aber alle zwei Kriterien erfüllen: Alle NRMM besitzen einen Verbrennungsmotor und dienen nicht (primär) dazu, Passagiere oder Waren auf Straßen zu transportieren. In der Definition der NRMM-Verordnung schließt dies folglich auch Lokomotiven und Schiffe mit ein, welche in unserem Projekt allerdings keine Rolle gespielt haben. Die meisten im Bau- und Gartenbereich eingesetzten NRMM besitzen die Motorklassen NRSh (Handgeräte mit Benzinmotor), NRS (z. B. Stromgeneratoren mit Benzinmotor) oder NRE (andere Geräte, vor allem mit Dieselmotor) im unteren Leistungsbereich. Für diese Geräte sieht die NRMM-Verordnung Emissionsgrenzwerte für Kohlenstoffmonoxid (CO), die Summe aus Kohlenwasserstoffen und Stickstoffoxiden (HC + NO<sub>x</sub>) und die Partikelmasse (PM) vor, die sich je nach Motorenart drastisch unterscheiden (siehe Tabelle 1).

Die Grenzwerte sind jeweils auf die Leistung des Motors bezogen. So darf z. B. eine Motorsäge mit einem 2,0 PS-Motor (NRSh) bei voller Leistung (1,5 kW) bis zu 1 207 g Kohlenstoffmonoxid und 75 g Kohlenwasserstoffe und Stickstoffoxide (addiert) pro Stunde ausstoßen. Für einen Dieselgenerator mit einer Leistung von 3 kW (NRE) wären bei voller Auslastung zwar nur 24 g Kohlenstoffmonoxid und 22,5 g Kohlenwasserstoffe/Stickstoffoxide, dafür aber ganze 1,20 g Staub pro Stunde zulässig, wobei letzterer vor allem als Feinstaub ausgestoßen wird. Streng genommen beziehen sich die genannten Grenzwerte allerdings – genau wie im Fahrzeugbereich – auf die Emissionen an einem Prüfstand bei Durchführung eines in der Verordnung genau beschriebenen Testzyklus, und nicht auf den Einsatz unter realen Bedingungen.

**Tab. 1:** Emissionsgrenzwerte gemäß NRMM-Verordnung für ausgewählte Motoren(unter)klassen

Motoren(unter)klasse	CO [g/kWh]	HC + NO <sub>x</sub> [g/kWh]	PM [g/kWh]
NRSh (bis 50 cm <sup>3</sup> Hubraum)	805	50	– <sup>(1)</sup>
NRS (80–225 cm <sup>3</sup> Hubraum)	610	10	– <sup>(1)</sup>
NRE (bis 8 kW)	8,00	7,50	0,40 oder 0,60 <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Kein Grenzwert festgelegt <sup>(2)</sup> Für luftgekühlte Motoren mit Direkteinspritzung und Handstarter

## Das LIFE-Programm der Europäischen Union

Das „Finanzierungsinstrument für die Umwelt“ oder „L'Instrument Financier pour l'Environnement“ (LIFE) wurde 1992 zur Unterstützung von Umweltschutzprojekten geschaffen (1). In seiner ersten Phase (LIFE I: 1992–1995) verfügte das Programm über ein Budget von 400 Millionen ECU (European Currency Units, der Vorläufer des Euro), mit dem 731 Umweltprojekte finanziert werden konnten. Der Umfang der Förderung wuchs im Laufe der Zeit stetig an (LIFE II: 1996–1999, 450 Mio. ECU, 865 Projekte; LIFE III: 2000–2006, 640 Mio €, 1 157 Projekte; LIFE+: 2007–2013, 2,1 Mrd €, 1403 Projekte, LIFE 2014–2020: 3,4 Mrd €). Im aktuellen Förderzeitraum steht eine Fördersumme von insgesamt 5,45 Mrd € zur Verfügung, um Programme in den Bereichen

- Natur und Biodiversität
- Kreislaufwirtschaft und Lebensqualität
- Eindämmung des Klimawandels und Anpassung an den Klimawandel
- Übergang zu sauberer Energie



**Abb. 4:** Logo des LIFE-Programms der EU (1). Das hier beschriebene Projekt (LIFE CLEANAIRMM – LIFE18 ENV/DE/000054) wurde durch das LIFE-Programm finanziell unterstützt

zu fördern. Im Rahmen des EU LIFE-Projekts „Piloting clean power supply devices in construction and urban green care to reduce emissions from portable machines (CLEANAIRMM)“ (6), das in Kooperation mit einem Start-Up für tragbare Batteriesysteme entstand, erhielt das HLNUG von 2019 bis 2022 Fördermittel zum Aufbau eines Prüfstands für Emissionsmessungen an NRMM.

## NRMM-Emissionsmessungen des HLNUG

Das HLNUG hat im Rahmen des EU-LIFE geförderten Forschungsprojekts „CLEANAIRMM“ einen Messstand für NRMM entwickelt und konstruiert, um den realen und stark variierenden Emissionsausstoß dieser Geräte zu charakterisieren. Damit können wir nun zuverlässig die Emissionen von gasförmigen Schadstoffen wie Kohlenstoffmonoxid (CO) und Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>), Stickstoffoxiden (NO<sub>x</sub>) und flüchtigen organischen Verbindungen (VOC), aber auch von partikelförmigen Emissionen bis zum UFP-Bereich (ultrafeine Partikel) in Form von Partikelmasse und Partikelanzahlkonzentration ermitteln. Mit Hilfe des Messstands werden die Abgasemissionen direkt am Auspuff der Verbrennungsmotoren gemessen.

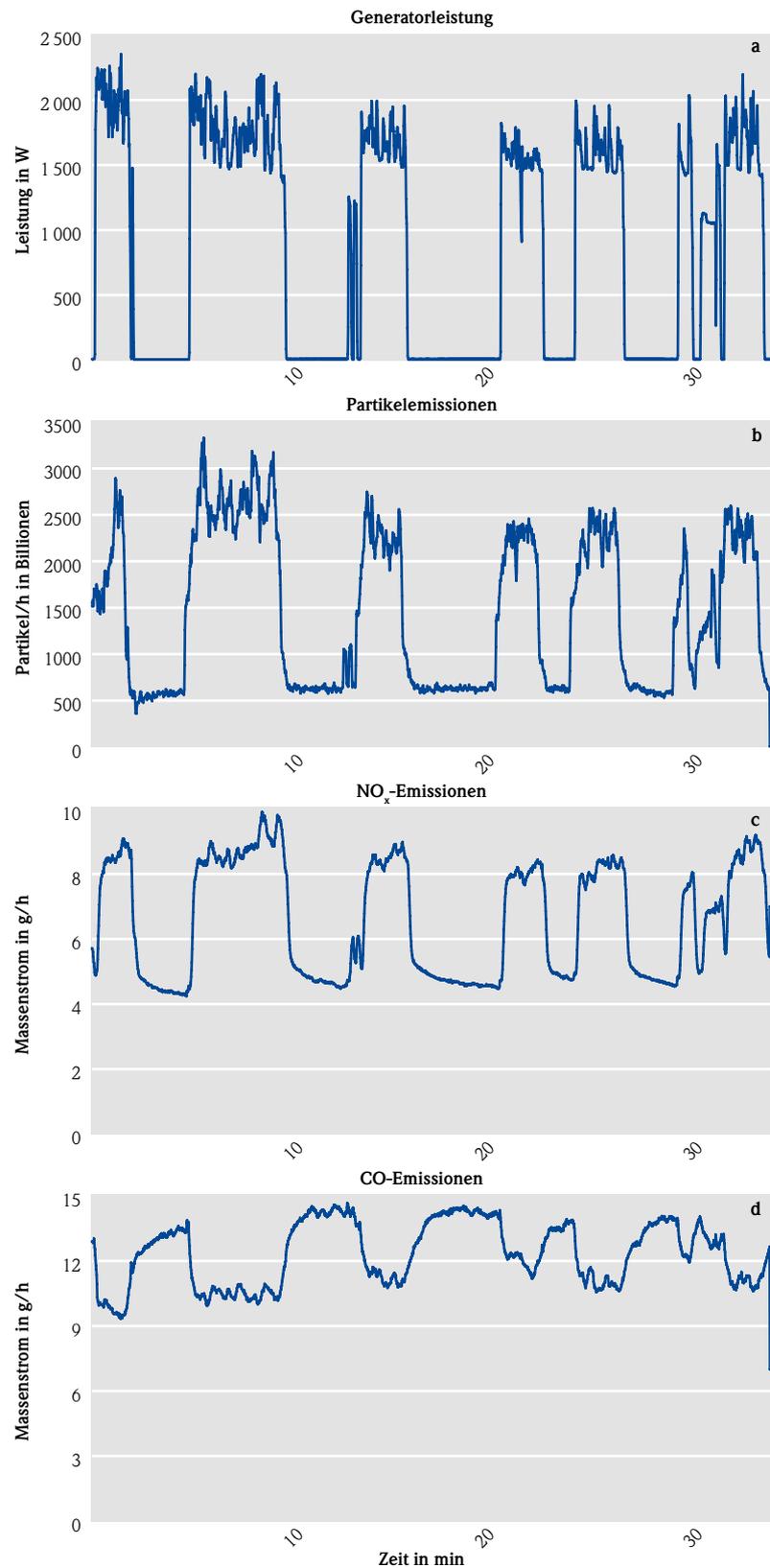
Ein Beispiel für eine Messreihe in diesem Projekt ist die folgende Untersuchung einer Baustellentätigkeit mit einem Dieselgenerator:

Mittels eines Systems zur Messung der Leistungsaufnahme wurden Lastprofile typischer Tätigkeiten auf einer Baustelle aufgezeichnet. Mit diesen Profilen wurden anschließend am Messstand über eine programmierbare elektronische Last ein Dieselgenerator belastet und währenddessen Abgasparameter und Emissionen ermittelt. In Abbildung 5 (a) ist das Profil der Arbeit mit einer Sanierfräse dargestellt. Es wurden jeweils über mehrere Minuten Fräsarbeiten durchgeführt, anschließend mehrere Minuten gewartet. Im Betrieb benötigt das Gerät eine elektrische Leistung von etwa 1,5–2 kW. Die Unterschiede in der Leistung entsprechen verschiedenen Arbeits-

schritten mit der Sanierfräse. In der Abbildung sind ebenfalls die gemessenen Emissionen von  $\text{NO}_x$  und die Anzahl an emittierten Partikeln dargestellt. Über die elektronische Last abgerufen emittiert der Dieselgenerator im Volllastbetrieb über 2 Billionen Partikel und etwa 8–9 Gramm Stickstoffoxide in der Stunde, aber auch im Leerlauf zwischen den einzelnen Tätigkeiten werden mit etwa 600 Billionen Partikeln und 5 Gramm Stickstoffoxiden pro Stunde noch nennenswerte Mengen emittiert. Die CO-Emissionen zeigen ein umgekehrtes Verhalten: Hier werden im Volllastbetrieb 10–11 Gramm Kohlenmonoxid pro Stunde ausgestoßen, im Leerlauf jedoch bis zu 15 Gramm pro Stunde.

Umgerechnet auf die abgerufene elektrische Leistung hat der Dieselgenerator in dieser Untersuchung 7,7 g/kWh  $\text{NO}_x$  sowie  $1,7 \cdot 10^{15}$  Partikel/kWh (1,7 Billionen Partikel pro Kilowattstunde) ausgestoßen. Für die Partikelanzahlkonzentration wurde für diese Motorenklasse (NRE, < 8 kW) kein Grenzwert festgelegt. Die  $\text{NO}_x$ -Emissionen alleine überschreiten hier bereits den Grenzwert von 7,5 g/kWh für die Summe aus Stickstoffoxiden und Kohlenwasserstoffen, auch die CO-Emissionen überschreiten mit 14,5 g/kWh den Grenzwert von 8 g/kWh deutlich.

Bei den von uns durchgeführten Messungen an verschiedenen Diesel- und Benzingeneratoren wurden die erlaubten Emissionen für  $\text{NO}_x$  und HC teilweise deutlich überschritten. Die im Rahmen des Projekts gesammelten Daten werden derzeit noch aufbereitet und sollen dann in wissenschaftlichen Fachzeitschriften im Open Access-Format veröffentlicht werden.



**Abb. 5:** (a) Leistung eines Dieselgenerators. Die Variationen in der Emission von (b) Partikeln, (c)  $\text{NO}_x$  und (d) CO als Funktion der Leistung des Generators sind gut zu erkennen

## Marktüberwachung

Zum Schutz der Verbraucher ist im Rahmen der Marktüberwachung eine Typgenehmigung der NRMM notwendig, bevor diese zum Verkauf angeboten werden dürfen. Bei dieser Typgenehmigung durchläuft das Produkt zunächst eine Reihe von Tests, zu denen auch (genau wie bei PKW) Emissionsmessungen zur Kontrolle der Grenzwerteinhalten gehören. Die Marktüberwachung der NRMM in Deutschland ist in der 28. BImSchV („Verordnung zur Durchführung der unionsrechtlichen Verordnung über Emissionsgrenzwerte und die Typgenehmigung für Verbrennungsmotoren für nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschinen und Geräte“ (7)) geregelt, welche die Zuständigkeit für die meisten Geräte den Bundesländern überträgt. Auch hier wurden aber Eisenbahnen (um die sich das Eisenbahn-Bundesamt kümmert) und Schiffe (für welche die Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt zuständig ist) gesondert behandelt. Im Bundesland Hessen sind für die Marktüberwachung nach 28. BImSchV bzw. NRMM-Verordnung die Umweltabteilungen der drei hessischen Regierungspräsidien Darmstadt, Gießen und Kassel zuständig.

Die Emissionsmessungen im Rahmen der Typgenehmigung werden von privaten Laboratorien im Auftrag und auf Kosten der Gerätehersteller durchgeführt. Eine systematische Überprüfung der Emissionswerte der anschließend auf den Markt gebrachten NRMM durch eigene Messungen der Marktüberwachungsbehörden findet in Deutschland bislang nicht statt. Wie nicht zuletzt der Abgasskandal im PKW-Bereich (8) gezeigt hat, sind unabhängige Emissionsmessungen bei der Marktüberwachung aber ein wichtiges Mittel, um den Schutz der Verbraucher und der Umwelt wirklich sicherzustellen. Der Messstand des HLNUG hat das Potential, in einem weiteren Schritt von der Forschungsarbeit zur Marktüberwachung weitentwickelt zu werden und somit eine unabhängige Marktüberwachung im Bereich der NRMM zu ermöglichen.

## Literatur

- (1) Nähere Informationen zum LIFE-Programm der EU sind im Internet zu finden unter: [https://cinea.ec.europa.eu/programmes/life\\_en](https://cinea.ec.europa.eu/programmes/life_en)
- (2) California Air Resources Board (2021): Small Off-Road Engines Fact Sheet. Im Internet: <https://ww2.arb.ca.gov/resources/fact-sheets/sore-small-engine-fact-sheet>
- (3) Siehe Nationales Emissionskataster gemäß CLRTAP-Konvention, abrufbar im Eionet Central Data Repository der European Environment Agency: <https://cdr.eionet.europa.eu/de/un/clrtap/inventories/>
- (4) TOENGEN-SCHULLER, N., SCHNEIDER, C., ZIMMERMANN, T. & TEBERT, C. (2020): Black Carbon Emissionen; Dessau-Roßlau (Umweltbundesamt). Im Internet: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/black-carbon-emissionen>
- (5) Verordnung (EU) 2016/1628 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 14. September 2016 über die Anforderungen in Bezug auf die Emissionsgrenzwerte für gasförmige Schadstoffe und luftverunreinigende Partikel und die Typgenehmigung für Verbrennungsmotoren für nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschinen und Geräte, zur Änderung der Verordnungen (EU) Nr. 1024/2012 und (EU) Nr. 167/2013 und zur Änderung und Aufhebung der Richtlinie 97/68/EG. Im Internet: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2016/1628/2022-07-17>
- (6) Piloting clean power supply devices in construction and urban green care to reduce emissions from portable machines (LIFE CLEANAIRMM – LIFE18 ENV/DE/000054). Im Internet: <https://instagrid.co/cleaner-air-project>
- (7) Achtundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung zur Durchführung der unionsrechtlichen Verordnung über Emissionsgrenzwerte und die Typgenehmigung für Verbrennungsmotoren für nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschinen und Geräte – 28. BImSchV) vom 21. Juli 2021 (BGBl. I S. 3125). Im Internet: [https://www.gesetze-im-internet.de/bimschv\\_28\\_2021/](https://www.gesetze-im-internet.de/bimschv_28_2021/)
- (8) BORGEEST, K. (2021): Manipulation von Abgaswerten: Technische, gesundheitliche, rechtliche und politische Hintergründe des Abgasskandals; Wiesbaden (Springer Vieweg).



# Umgebungslärmkartierung geht mit neuen Rechenverfahren in die nächste Runde

14

NORBERT VAN DER PÜTTEN

## 1 Einleitung

Seit nunmehr 15 Jahren erstellt das HLNUG alle fünf Jahre Umgebungslärmkartierungen gemäß der EU-Umgebungslärmrichtlinie (ULR)<sup>1</sup>. Dabei wird der Lärm von den vier Quellenarten Straßenverkehr, Schienenverkehr, Flugverkehr sowie Industrie- und Gewerbeanlagen weitgehend flächendeckend für ganz Hessen berechnet und die entstehende Belastung der Anwohner bestimmt. Im Jahr 2022 wurden die vierte Umgebungslärmkartierung erstellt und die Ergebnisse veröffentlicht. In den HLNUG-Jahresberichten von 2015 bis 2019 sind bereits verschiedene Beiträge zu den Hintergründen, zur Methodik

und zu den Ergebnissen der bisherigen Kartierungen erschienen.

Für die vierte Runde der Umgebungslärmkartierung 2022 wurden gegenüber den bisherigen Berechnungsmethoden erstmals neue und europaweit einheitliche Rechenverfahren angewendet. Allein durch diesen Wechsel der Berechnungsverfahren können sich die Ergebnisse der neuen Rechenverfahren auch bei ansonsten gleichen Eingangsvoraussetzungen gegenüber den bisherigen Rechenverfahren zum Teil erheblich verändern.

## 2 Neue Berechnungsmethoden

Für die bisherigen Umgebungslärmkartierungen 2007 bis 2017 wurden sogenannte vorläufige Berechnungsmethoden zur Bestimmung der Lärmbelastungen und der Belastetenzahlen durch Umgebungslärm angewendet (VBUS, VBUSCH, VBUF, VBUI, VBEB). Seit dem 1. Januar 2019 ist das eu-

ropaweit einheitliche Berechnungsverfahren CNOS-SOS-EU<sup>2</sup> anzuwenden.

Somit wurde die Umgebungslärmkartierung 2022 erstmals mit diesem neuen Berechnungsverfahren CNOSSOS-EU<sup>3</sup> bzw. die auf die deutschen Gege-

1 Richtlinie 2002/49/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Juli 2002 über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L189/12

2 RICHTLINIE (EU) 2015/996 DER KOMMISSION vom 19. Mai 2015 zur Festlegung gemeinsamer Lärmbewertungsmethoden gemäß der Richtlinie 2002/49/EG des Europäischen Parlaments und des Rates i. V. m. Anhang der Delegierten Richtlinie der Kommission zur Änderung des Anhangs II der Richtlinie 2002/49/EG des Europäischen Parlaments und des Rates hinsichtlich gemeinsamer Methoden zur Lärmbewertung zwecks Anpassung an den wissenschaftlichen und technischen Fortschritt, C (2020) 9101 final, 21.12.2020

3 Common NOise aSSessment methOdS

benheiten konkretisierten Berechnungsmethoden BUB<sup>4</sup> und BEB<sup>5</sup> erstellt. Diese an die nationalen Regelungen angepassten und konkretisierten Berechnungsmethoden sind im Bundesanzeiger veröffentlicht worden<sup>6,7,8</sup>. Durch diesen Wechsel der Berechnungsvorschriften ergeben sich z. T. deutliche und auch gegenläufige Abweichungen bei den Ergebnissen. Dadurch wird eine Beurteilung von Veränderungen von Lärmbelastungen, die nicht durch den Wechsel der Methode bedingt sind, erheblich eingeschränkt.

Im Folgenden werden einige grundlegende Änderungen der neuen Berechnungsvorschriften gegenüber den bisherigen Berechnungsvorschriften am Beispiel des Straßenverkehrslärms beschrieben. Weiterführende Informationen zu dieser Thematik sind u. a. in den Veröffentlichungen des Umweltbundesamtes<sup>9,10</sup>, des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) des Freistaates Sachsen<sup>11</sup> und der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz (LAI)<sup>12</sup> zu finden.

## 2.1 Emissionsrelevante Unterschiede

### 2.1.1 Lärmemissionen

Die Lärmemissionen, also der Lärm an den Entstehungsstellen, bestimmen maßgeblich die im Umfeld der Lärmquelle einwirkenden Lärmimmissionen, also den Lärm, der bei den Betroffenen ankommt. Wurden die Lärmemissionen des Straßenverkehrs bisher

**Tab. 1:** Summenpegel je Fahrzeug und Fahrzeugklasse nach VBUS

Klasse	L <sub>w</sub> [dB(A)]*
Pkw	49,8
Lkw	63,4

**Tab. 2:** Summenpegel je Fahrzeug und Fahrzeugklasse nach BUB

Klasse	Bezeichnung	Beschreibung	L <sub>w</sub> [dB(A)]*
1	Leichte Kraftfahrzeuge	PKW, Lieferwagen ≤ 3,5 t, Geländewagen (SUV), Großraumlimousinen, einschließlich Anhänger und Wohnwagen	53,4
2	Mittelschwere Fahrzeuge	PKW, Lieferwagen ≤ 3,5 t, Geländewagen (SUV), Großraumlimousinen, einschließlich Anhänger und Wohnwagen	58,9
3	Schwere Fahrzeuge	Schwere Nutzfahrzeuge, Reisebusse, Busse, mit drei oder mehr Achsen	61,7
4a	Zweirädrige Kraftfahrzeuge	Zwei-, drei- und vierrädrige Mopeds	52,3
4b		Motorräder mit und ohne Seitenwagen, drei- und vierrädrige Motorräder	50,6

\* Längenbezogener Schalleistungspegel für jeweils ein Fahrzeug je Stunde auf Referenzoberfläche mit  $v = 50 \text{ km/h}$

4 Berechnungsmethoden für den Umgebungslärm von bodennahen Quellen

5 Berechnungsmethode zur Ermittlung der Belastetenzahlen durch Umgebungslärm

6 Bundesanzeiger, BAnz AT 05.10.2021 B4, Berechnungsmethoden für den Umgebungslärm von bodennahen Quellen (Straßen, Schienenwege, Industrie und Gewerbe) (BUB), i. V. m. Bundesanzeiger, BAnz AT 02.12.2021 B6, Berichtigung der Bekanntmachung der Berechnungsverfahren für den Umgebungslärm nach § 5 Absatz 1 der Verordnung über die Lärmkartierung (34. BImSchV) vom 17.11.2021

7 Bundesanzeiger, BAnz AT 05.10.2021 B4, Datenbank für die Berechnungsmethoden für den Umgebungslärm von bodennahen Quellen (Straßen, Schienenwege, Industrie und Gewerbe) (BUB-D)

8 Bundesanzeiger, BAnz AT 05.10.2021 B4, Berechnungsmethoden zur Ermittlung der Belastetenzahlen durch Umgebungslärm (BEB)

9 TUNE ULR Technisch wissenschaftliche Unterstützung bei der Novellierung der EU-Umgebungslärmrichtlinie, UBA-TEXTE 07/2017

10 Vergleichsrechnungen für die EU-Umgebungslärmrichtlinie, UBA-TEXTE 84/2021

11 Lärmkartierung nach EU-Umgebungslärmrichtlinie, Schriftenreihe des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG), Heft 19/2022

12 LAI-Hinweise zur Lärmkartierung - Dritte Aktualisierung - Beschlussfassung durch die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz (LAI), 143. Sitzung am 29. und 30 März 2022

in der VBUS nur zwischen Pkw und Lkw differenziert, liegen mit der BUB nun die Lärmemissionen (Summenpegel  $L'w$ ) für vier Fahrzeugklassen deutlich differenzierter vor.

### 2.1.2 Straßenoberfläche

Die Art der Straßenoberfläche hat einen erheblichen Einfluss auf die durch die Fahrbewegungen verursachten Rollgeräusche. Dabei ist der so genannte „nicht geriffelte Gussasphalt“ die nationale Referenz. Sind andere lärm mindernde Straßenoberflächen verbaut, so wird bei der Lärmberechnung eine Pegelminderung gegenüber dem in den Tabellen 1 und 2 angegebenen Summenpegeln angesetzt.

Diese Pegelminderungen liegen bei der VBUS zwischen 1,0 und 5,0 dB(A) und es wird nicht zwischen den Fahrzeugklassen differenziert. Bei der BUB liegen diese Pegelminderungen zwischen 1,1 und 7,6 dB. Gepflasterte Straßenoberflächen werden dagegen mit einem Pegelaufschlag von bis zu 6 dB versehen.

Im Gegensatz zur BUB, in der auch Pegelminderungen im Geschwindigkeitsbereich von 30 bis

Weiterhin hat sich die Emissionshöhe verändert. In der VBUS wurden der für die Berechnung des Emissionspegels maßgebende Emissionsort (Quellenlinie) in 0,5 m Höhe über der Mitte der Straße oder des Fahrstreifens angesetzt. In der BUB erfolgt die Darstellung des Verkehrsflusses dagegen durch eine Quellenlinie, die sich 0,05 m über der Straßenoberfläche befindet.



60 km/h berücksichtigt werden, werden in der VBUS nur pegelmindernden Straßenoberflächen für Geschwindigkeiten größer 60 km/h berücksichtigt.

### 2.1.3 Kreuzungen und Kreisverkehre

Beim Abbremsen und Beschleunigen kann es zu erhöhten Lärmemissionen kommen. Um diesen Effekt zu berücksichtigen, wird in der BUB vor bzw. nach lichtzeichengeregelten Kreuzungen und Kreisverkehren bis zu einer Entfernung von 100 m zu den Schnittpunkten von Quellenlinien eine Korrektur vorgenommen. Diese Korrektur des Roll- und Antriebsgeräusches ist linear von der Entfernung und von der Fahrzeugklasse abhängig. Eine solche Korrektur wurde in der VBUS bisher nicht vorgenommen.



Vergleichsrechnungen haben gezeigt, dass im direkten Einwirkungsbereich von Kreuzungen und

Kreisverkehren aufgrund des neu eingeführten Zuschlags die Belastung bis zu maximal drei Dezibel höher liegen können.

## 2.2 Unterschiedliche Ausbreitungsrechnung

Neben den emissionsbedingten Unterschieden können auch die unterschiedlichen Ansätze der VBUS und der BUB bei der Ausbreitungsrechnung zu unterschiedlichen Ergebnissen führen.

Vergleichsrechnungen zwischen VBUS und BUB haben gezeigt, dass die unterschiedliche Berücksichtigung von Luftabsorption, Beugung und Bodeneffekt

sowie die Berechnung des Schalldruckpegels für die acht Oktavbänder mit den Mittenfrequenzen von 63 Hz bis 8 kHz und weitere Ansätze z. T. deutliche Berechnungsunterschiede ergeben.

Einzelheiten zu den Effekten der jeweiligen Ansätze sind in den Veröffentlichungen des UBA und des LfULG zu finden.

## 2.3 Ermittlung der Belastetenzahlen

Neben der Darstellung der Lärmbelastungen in Form von Karten fordert die ULR auch die Angabe der Anzahl von Bewohnern in einem Untersuchungsgebiet, die bezogen auf eine Lärmart von einem bestimmten Immissionspegel belastet werden. In der Umgebungslärmkartierung werden diese Belastetenzahlen in 5-dB-Schritten angegeben. Die Zuordnung von Immissionspegeln zu den lärmbelasteten Bewohnern erfolgt jeweils über Gruppen von Bewohnern in einem Gebäude zu den Immissionspegeln an der Gebäudefassade. Dazu werden zunächst an der Fassade eines Gebäudes sogenannte Fassadenpunkte gesetzt. Dieser Fassadenpunkte verteilen sich nach entsprechenden Vorgaben (Anzahl, Höhe, Abstand etc.) entlang des Hausfassade. Für jeden dieser Fassadenpunkte wird ein Lärmpegel berechnet.

Das neue Zuordnungsverfahren der Berechnungsmethoden zur Ermittlung der Belastetenzahlen durch

Umgebungslärm (BEB) unterscheidet sich von der Vorgehensweise nach der bisherigen vorläufigen Berechnungsmethode zur Ermittlung der Belastetenzahlen durch Umgebungslärm (VBEB).

Nach VBEB werden die Bewohner eines Hauses gleichmäßig den Pegeln der Fassadenpunkte zugeordnet. Die BEB hingegen ordnet sämtliche Bewohner eines Gebäudes ausschließlich der oberen Hälfte (Median) der berechneten Fassadenpegel, also der lautesten Fassade zu. Die untere Hälfte der Pegel bleibt bei diesem Verfahren unberücksichtigt.

Durch diesen methodischen Wechsel der Zuordnung der Bewohner zu den Fassadenpegeln werden die Zahlen lärm betroffener Bewohner für die Umgebungslärmkartierung 2022 gegenüber den bisherigen Kartierungen deutlich zunehmen.

## 2.4 Rundungsregelung

Im § 4 Abs. 4 Nr. 1 der 34. BImSchV sind Vorgaben zur grafischen Darstellung der Lärmkarten vorgegeben. Mit der Änderung der 34. BImSchV im Jahr 2021 wurden auch die die Grenzen der darzustellenden Isophonen-Bänder geändert. In der folgenden Tabelle sind die beiden Versionen gegenübergestellt.

Durch diese Änderung der Pegelklassen kommt es aufgrund der Rundungsregelung zu einer Verschiebung der Klassengrenzen um 0,5 dB(A).

Auch durch diese methodische Änderung wird es vermutlich insbesondere in den unteren Pegelbereichen zu einer Zunahme der Zahlen lärm betroffener Bewohner für die Umgebungslärmkartierung 2022 gegenüber den bisherigen Kartierungen geben.

**Tab. 3:** Gegenüberstellung der Grenzen der Isophonen-Bänder

34. BImSchV (2006)		34. BImSchV (2021)	
$L_{DEN}$ [dB(A)]	$L_{Night}$ [dB(A)]	$L_{DEN}$ [dB(A)]	$L_{Night}$ [dB(A)]
	über 45 bis 50*		ab 45 bis 49*
	über 50 bis 55		ab 50 bis 54
über 55 bis 60	über 55 bis 60	ab 55 bis 59	ab 55 bis 59
über 60 bis 65	über 60 bis 65	ab 60 bis 64	ab 60 bis 64
über 65 bis 70	über 65 bis 70	ab 65 bis 69	ab 65 bis 69
über 70 bis 75	über 70	ab 70 bis 74	ab 70
über 75		ab 75	

\* optional

## 2.5 Gesundheitsschädliche Auswirkungen

Im Rahmen der Überarbeitung der 34. BImSchV<sup>13</sup>, mit der die ULR ins deutsche Recht überführt wird, wurde 2021 erstmals gefordert, im Rahmen der Umgebungslärmkartierung auch die gesundheitsschädlichen Auswirkungen und Belästigungen zu quantifizieren. Demnach müssen tabellarische Angaben über die geschätzte Zahl der Fälle

- ischämischer Herzkrankheiten (für Straßenlärm für den  $L_{DEN}$ ),

- starker Belästigung (für Straßen-, Schienen- und Fluglärm für den  $L_{DEN}$ ) und
- starker Schlafstörungen (für Straßen-, Schienen- und Fluglärm für den  $L_{Night}$ ) gemacht werden.

Die gesundheitsschädlichen Auswirkungen können mit den Dosis-Wirkungs-Relationen nach Anhang III der ULR bewertet werden.

## 3 Relevanz der Lärmarten

Nach der ULR werden alle vier Lärmarten unabhängig von ihrer Relevanz im Hinblick auf ihr Belästigungspotential untersucht. Da aber die ULR Kriterien vorgibt, unterhalb derer eine Lärmberechnung nicht erforderlich ist, werden in den Ergebniskarten nicht alle in der Realität vorhandenen Lärmbelastungen dargestellt.

Im Folgenden sind diese wesentlichen Kriterien, nach denen der Umgebungslärm kartiert wird, aufgelistet:

- Für Hauptverkehrsstraßen:  
größer ca. 8 200 Kfz pro 24 Stunden
- Für Haupteisenbahnstrecken:  
größer 30 000 Züge pro Jahr

- Großflughafen:  
größer 50 000 Flugbewegungen pro Jahr

Straßen, Schienenstrecken und Flughäfen, die diesen Kriterien nicht entsprechen, werden nach den Vorgaben der ULR nicht kartiert, obwohl auch von solchen „kleineren“ Lärmquellen durchaus für die Betroffenen relevanter Lärm ausgehen kann.

Aufgrund der relativ großen Bedeutung des Straßenlärms gegenüber den anderen Lärmarten, hat sich das HLNUG bereits bei der Umgebungslärmkartierung 2017 entschlossen, eine weitere Kartierung unter Vernachlässigung des Kriteriums für Hauptverkehrsstraßen durchzuführen, und hat alle Straßen,

<sup>13</sup> Vierunddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über die Lärmkartierung) vom 6. März 2006 (BGBl. I S. 516), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 28. Mai 2021 (BGBl. I S. 1251) geändert worden ist

für die verwertbare Informationen vorlagen, kartiert. 2017 wurden also auch Straßen mit einer Verkehrsbelastung unterhalb von 8 200 Kfz pro Tag kartiert. Einige wesentliche Ergebnisse dieser so genannten PLUS-Kartierung sind im HLNUG-Jahresbericht 2018 veröffentlicht.

Im Rahmen der Umgebungslärmkartierung 2022 wurde dieser Schritt konsequent weitergegangen. Da auch bei der PLUS-Kartierung 2017 noch viele Straßen und insbesondere Nebenstraßen in Wohngebieten nicht kartiert wurden, hat das HLNUG bei der Umgebungslärmkartierung 2022 auch diese Straßen erstmalig kartiert. Die dazu erforderlichen Verkehrsdaten wurden mit einem relativ einfachen Ansatz berechnet. Es wurde unterstellt, dass jeder Anwohner einer Straße im Mittel 1,8 Fahrten pro Tag mit dem Pkw unternimmt. Da in dem zugrunde gelegten Modell die Einwohnerzahlen in den Häusern über eine Abschätzung bekannt sind, kann auf diese Weise eine Verkehrsbelastung für Straßen, an denen Menschen wohnen, abgeschätzt werden. Um unplausible Werte der Verkehrsbelegung zu vermeiden, darf der auf diese Weise modellierte Verkehr auf einer Straße, die mit einer übergeordneten Straße verbunden ist, eine definierte Obergrenze nicht überschreiten. Auch wenn diese Methode aus Sicht der Verkehrsplanung

nicht optimal ist, erscheint sie für die Zwecke der strategischen Lärmkartierung hinreichend genau.

Die auf diese Weise ermittelten Belastetenzahlen liegen deutlich oberhalb der Belastetenzahlen, die auf Basis einer Kartierung unter Berücksichtigung der Kriterien der ULR ermittelt werden. Damit eine Vergleichbarkeit mit den Belastetenzahlen der anderen Bundesländer und auch der anderen Mitgliedsstaaten der EU gewährleistet ist, beziehen sich die im Rahmen der EU-Berichterstattung von Hessen über das UBA an die EU-Kommission gemeldeten Belastetenzahlen allerdings grundsätzlich auf eine Kartierung unter Berücksichtigung der ULR-Kriterien.



## 4 Ausblick

Aufgrund einer Vielzahl von Veränderungen bei der Berechnung der Umgebungslärmbelastungen für die Runde 4 gegenüber den bisherigen Umgebungslärmkartierungen ist ein Vergleich der Ergebnisse der Umgebungslärmkartierung 2022 mit den Ergebnissen der vergangenen Kartierungen kaum möglich. Aus den Ergebnissen lassen sich daher auch keine Entwicklungen der Lärmsituation bzw. Erfolge von Lärminderungsmaßnahmen ableiten.

Da zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichtes noch keine abschließend geprüften Ergebnisse der ULK 2022 vorlagen, wird an dieser Stelle auf den Lärmviewer Hessen<sup>14</sup> verwiesen, in dem alle berechneten Lärmkarten der Umgebungslärmkartierung 2022 veröffentlicht sind. Alle weiteren Informatio-

nen zur Umgebungslärmkartierung 2022 wie z. B. die Belastetenzahlen sowie der ausführliche Abschlussbericht sind auf der Homepage des HLNUG zu finden.

Die Ergebnisse der Lärmkartierung 2022 sind die Basis für die daran anschließende Lärmaktionsplanung. Hierfür sind in Hessen die jeweiligen Regierungspräsidien zuständig. Die Lärmaktionsplanung beginnt mit einer Öffentlichkeitsbeteiligung und endet in der Regel nach etwa zwei Jahren mit der Vorlage der entsprechenden Lärmaktionspläne.

<sup>14</sup> <https://laerm.hessen.de>

# Das Fachzentrum Röntgen: Unser Beitrag für einen besseren Röntgenstrahlenschutz in Hessen

15

JÜRGEN WESTHOF & SABINE VANNESTÉ

## Zusammenführung des Strahlenschutzes in Hessen

Seit dem 1. Januar 2022 übernimmt das HLNUG die Aufgaben des Fachzentrums Röntgen.

In der Vergangenheit waren für die Umsetzung des Strahlenschutzes in Hessen zwei Geschäftsbereiche zuständig. Der Strahlenschutz an Röntgenanlagen lag in der Zuständigkeit des Sozialministeriums, der Strahlenschutz hinsichtlich des Umgangs mit radioaktiven Stoffen und des Betriebs von Anlagen zur Erzeugung ionisierender Strahlung etc. war beim Umweltministerium verortet. Im Rahmen der Novellierung des Strahlenschutzrechts, welche am 31.12.2018 in Kraft trat, wurden alle strahlenschutzrelevanten Themen einheitlich im Strahlenschutzgesetz (StrlSchG) und der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) als Ausführungsverordnung geregelt.

Deswegen wurde auch auf Landesebene von den beiden bisher für den Strahlenschutz zuständigen Ministerien die Überleitung des Röntgenstrahlenschutzes in das Umweltministerium vorbereitet und seit Anfang 2022 liegt die alleinige Zuständigkeit für den gesamten Strahlenschutz im Hessischen Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUKLV). Dadurch ergeben sich auch Veränderungen im HLNUG.

Bisher wurden Themen des Röntgenstrahlenschutzes mit landesweiter Bedeutung vom Fachzentrum für Produktsicherheit und Gefahrstoffe beim Regie-

rungspräsidium Kassel wahrgenommen. Durch die neuen Zuständigkeitsregelungen wurden diese Aufgaben dem Hessischen Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie übertragen. Das im HLNUG tätige Fachzentrum Röntgen im Dezernat I5 nimmt hessenweit zentrale Aufgaben im Bereich von Anerkennungs- und Genehmigungsverfahren, Sachverständigentätigkeiten sowie Fachberatungen für das Ministerium und die Vollzugsbehörden wahr. Die daraus resultierenden, langjährigen Erfahrungen werden in verschiedenen Bund/Länderarbeitsgruppen zum Teil federführend zur Erarbeitung des untergesetzlichen bundeseinheitlichen Regelwerkes eingebracht.

Grundsätzliches Ziel des Fachzentrums Röntgen ist eine praxisorientierte Verbesserung des Strahlenschutzes, indem die Praxiserfahrungen aus Sachverständigentätigkeit und Genehmigungsverfahren über Arbeitsgremien und Fachberatungen in Gesetzgebung und untergesetzliches Regelwerk einfließen.

Dies hat weitreichende Auswirkungen in der alltäglichen Praxis: So kann die Strahlenexposition des anwendenden Personals im medizinischen wie auch im technischen Bereich minimiert und im medizinischen Bereich die erforderliche Qualität bei möglichst niedriger Strahlenexposition für die untersuchten Personen sichergestellt werden.

Nachfolgend werden die Aufgaben und Tätigkeiten des Fachzentrums Röntgen beschrieben:

## Anerkennungs- und Genehmigungsverfahren, Sachverständigentätigkeit

### Anerkennung von Strahlenschutzkursen für den medizinischen, zahnmedizinischen und tiermedizinischen Bereich

Für die eigenständige Anwendung von Röntgenstrahlung oder ionisierender Strahlung ist generell der Erwerb einer für den jeweiligen Anwendungsbereich entsprechenden Fachkunde im Strahlenschutz erforderlich. Dazu sind drei notwendige Voraussetzungen zu erfüllen:

- eine für das Anwendungsgebiet erforderliche Berufsausbildung/Studienabschluss
- die erfolgreiche Absolvierung von Strahlenschutzkursen, die die Aspekte des Strahlenschutzes im jeweiligen Anwendungsgebiet vermitteln sollen

- berufliche/praktische Erfahrung (Sachkunde) im jeweiligen Anwendungsgebiet

Die Strahlenschutzverordnung schreibt die Anerkennung von Strahlenschutzkursen durch eine in den Ländern jeweils zuständige Stelle vor. Für die Anerkennungsverfahren von Strahlenschutzkursen im medizinischen, zahnmedizinischen und tiermedizinischen Bereich werden in vielen Bundesländern die jeweils zuständigen Kammern beauftragt; in Hessen ist dies zentral dem Fachzentrum Röntgen im HLNUG übertragen worden. Die Anerkennung von Strahlenschutzkursen im technischen Bereich erfolgt durch das HMUKLV.

### Feststellung, dass die Fachkunde bzw. die Kenntnisse, im Rahmen einer Berufsausbildung erworben werden

Auch für diese Aufgabe wurde für Hessen das Fachzentrum Röntgen im HLNUG als zuständige Behörde benannt. Das HLNUG stellt dabei in einem aufwendigen Prüfverfahren sicher, dass im Rahmen der Ausbildung die nötige Fachkenntnis für Röntgenuntersuchungen erworben werden kann.

In einigen Bereichen können die erforderlichen Inhalte zum Erwerb der Fachkunde/Kenntnisse im Strahlenschutz im Rahmen der Ausbildung bzw. Studiums vermittelt werden. Beispielfhaft sei hier die Zahnmedizin

genannt. Für Zahnmedizinerinnen/Zahnmediziner ist dies unbedingt erforderlich, da jede Zahnarztpraxis auch Röntgenuntersuchungen der Zähne durchführen muss. Daher wird durch das Anerkennungsverfahren sichergestellt, dass an den zahnmedizinischen Universitätskliniken in Hessen (Marburg, Gießen und Frankfurt) die entsprechenden Inhalte des Strahlenschutzes und die notwendige Sachkunde im Rahmen des Studiums der Zahnmedizin vermittelt werden. Auch zahnmedizinische Fachangestellte erwerben im Rahmen ihrer Ausbildung Kenntnisse im Strahlenschutz.

### Fachkundebescheinigung für Medizinphysik-Experten

Medizinphysik-Experten (MPE) sind im Bereich der Strahlentherapie und Nuklearmedizin seit Jahren etabliert. Mit dem neuen Strahlenschutzrecht ist eine Hinzuziehung eines MPE auch im Bereich der Röntgendiagnostik erforderlich. Hier soll der MPE die eingesetzten Verfahren optimieren, um die erforderliche Qualität zu verbessern und die Strahlenexposition zu minimieren. Die Regelungen zur Fachkunde der MPE waren vor der Vereinheitlichung des Strahlen-

schutzrechts in unterschiedlichen Richtlinien geregelt. Daher ist aufgrund des neuen Strahlenschutzrechts eine Überarbeitung der Richtlinien erforderlich geworden. In diesem Zusammenhang wurde auch das Fachkundemodul mit den Regelungen für die MPE-Fachkunde durch das Fachzentrum Röntgen grundsätzlich überarbeitet. Seit Januar 2022 ist das HLNUG die zuständige Stelle für die Bescheinigung der Fachkunde der MPE.



## Teleradiologiegenehmigungen

Mit der Röntgenverordnung von 2002 wurden erstmalig Anforderungen zur Teleradiologie festgelegt. Generell gilt, dass die Person, die entscheidet, ob und wie eine Röntgenuntersuchung (Stellung der sog. Rechtfertigenden Indikation) durchgeführt wird,

über die erforderliche ärztliche Fachkunde verfügt und die Möglichkeit haben muss, den Patienten/die Patientin zu untersuchen. Die Teleradiologie ermöglicht eine Ausnahme von diesem Grundsatz, ist allerdings genehmigungsbedürftig.

## Erläuterung zur Teleradiologie nach Strahlenschutzrecht

Ein Teleradiologe, der die Rechtfertigende Indikation stellt, muss sich nicht am Ort der technischen Durchführung der Untersuchung befinden. Am Ort der technischen Durchführung der Untersuchung befindet sich ärztliches Personal mit Kenntnissen und unterstützt den Teleradiologen mit Lieferung von medizinischen Fakten etc. bei der Stellung der Rechtfertigenden Indikation. Die technische Durchführung der Untersuchung erfolgt durch einen/eine Medizinisch-technischen Radiologie Assistent/in (MTRA). Nach Abschluss der Untersuchung werden

die Bilddaten an den Teleradiologen versendet, der die Bilddaten befundet und zeitnah an das teleradiologisch versorgte Krankenhaus einen Befundbericht übermittelt.

Das dafür erforderliche Genehmigungsverfahren führt seit Beginn des Jahres 2022 das HLNUG durch und prüft, ob die erforderlichen Fachkunden vorliegen sowie die technischen und medizinischen Voraussetzungen gegeben sind, damit eine qualitätsgesicherte Untersuchung stattfinden kann.

## Sachverständigentätigkeit

Vor der Inbetriebnahme und regelmäßig mindestens alle fünf Jahre müssen Röntgeneinrichtungen durch einen behördlich bestimmten Sachverständigen geprüft werden. Das Bestimmungsverfahren des HLNUG als Sachverständigenorganisation ist abgeschlossen.

Unsere Sachverständigentätigkeiten gewährleisten nicht nur den sicheren Betrieb von Röntgeneinrichtungen, sondern liefern uns auch wertvolle Erfahrungen und Kenntnisse, um in Gremien, für das HMUKLV und RPen qualifizierte Fachberatungen anzubieten.

## Gremienarbeit/Fachberatung

### Die Gremienarbeit des Fachzentrums Röntgen dient der Anpassung des untergesetzlichen bundeseinheitlichen Regelwerkes an den Stand der Technik und der Anpassung an das neue Strahlenschutzrecht

#### In folgenden Gremien ist das Fachzentrum Röntgen tätig:

- Die Leitung der ständigen Arbeitsgruppe Röntgen (AG X), in der die Sachverständigen-Prüfrichtlinie Röntgen und die Qualitätssicherungsrichtlinie Röntgen erarbeitet werden und dem Arbeitskreis Technik für die Beschlussvorlage für den Fachausschuss Strahlenschutz vorgelegt werden, sowie die Befassung mit technischen Einzelfragen im Röntgenstrahlenschutz.
- Leitung/Mitarbeit zur Erstellung von Rahmenrichtlinien zur Sachverständigenprüfung und Qualitätssicherung
- Mitarbeit in adhoc-Arbeitsgruppen zur Fachkunderichtlinie (z. B. Fachkundemodul MPE, Fachkundemodul Medizin, E-Learning-Verfahren, Regelung zur Anerkennung von Strahlenschutzkursen)
- Mitarbeit in Normungsgremien zur Erstellung von Normen zur Qualitätssicherung

### Fachberatung des zuständigen Ministeriums und der Vollzugsbehörden zum Röntgenstrahlenschutz

Aufgrund der vielfältigen und langjährigen Gremienarbeit und Sachverständigentätigkeit können die dort gewonnenen Erfahrungen und Kenntnisse zielgerichtet für die Fachberatung genutzt werden.

Mit diesen Aufgaben ist das Fachzentrum Röntgen gemeinsam mit den Regierungspräsidien und dem Umweltministerium ein wesentlicher Baustein, der einen effizienten und sicheren Strahlenschutz von Patienten und Personal in Hessen gewährleistet.

# Die Flutkatastrophe an der Ahr - Amtshilfe des HLNUG in Rheinland-Pfalz und frühgeschichtliche Hochwässer in Hessen

G2

GABRIELE ADERHOLD, GISELLE MINOR, HEINZ MARTIN MÖBUS & ANDREA WERNER

## Amtshilfe der Ingenieurgeologie des HLNUG im Zuge der Flutkatastrophe im Ahrtal

In den benachbarten Bundesländern Rheinland-Pfalz und Nordrhein-Westfalen kam es im Zuge des Mitteleuropatiefs „Bernd“ zu katastrophalen Überflutungen. In der Nacht vom 14. auf den 15. Juli 2021 führte der außergewöhnliche Dauer- und Starkregen zu einem extrem raschen Anstieg der Ahr. Innerhalb weniger Stunden trat das Eifelflüsschen über die Ufer und wurde zum reißenden Strom. Tausende Gebäude wurden beschädigt, hunderte zerstört. Die meisten Brücken, viele Straßen und große Teile der Bahnlinie wurden unterspült oder weggerissen (Abb. 1). 134 Menschen verloren in der Jahrhundertflut ihr Leben.

Das Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz (LGB) mit Sitz in Mainz war bereits in die Katastrophenhilfe des Landes stark eingebunden. Allerdings überstieg das Ausmaß der Aufgaben die vorgehaltenen Kapazitäten, woraufhin das Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau Rheinland-Pfalz das Hessische Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) um Amtshilfe bat. Es sollte geprüft werden, ob das HLNUG das LGB bei der ingenieurgeologischen Beratung bei drohenden Massenbewegungen und der Sanierung bereits eingetretener Rutschungen fachlich unterstützen könne. Das HLNUG kam dem Amtshilfeersuchen selbstverständlich gerne nach.



Abb. 1: Im Zuge der Ahrtalflut zerstörte Fußgängerbrücke unterhalb der Ortschaft Antweiler, Situation am 29.07.2021 © HLNUG

Um einen Überblick über die Lage zu bekommen, wurde am 28. Juli 2021 ein Teil des Katastrophengebiets im Ahrtal von LGB und HLNUG gemeinsam bereist.

Dabei wurden Schäden durch Ufererosion, Schlammströme (Murgänge) und instabile Böschungen besichtigt und bewertet. Besonders brisant war die rutsch- und absturzgefährdete Böschung des ehemaligen Bahnhofsdamms in Antweiler (Abb. 2 und 3).

Das im Zuge des Ahrtalbahnbaus in den 1910er Jahren geschütete Dammbauwerk wurde von der drei bis vier Meter hohen Flutwelle auf einer Länge von rund 100 Metern unterspült (Abb. 2). Der Erddamm wurde dadurch um einige Meter bergwärts verlegt und die Böschung rutschte nach. Komplette erodiert wurde auch der am Dammfuß verlaufende Radweg sowie die dort verlegten Versorgungsleitungen (Trinkwasser, Telefon, Strom etc.). In der Folge waren 14 Ortschaften seit rund zwei Wochen ohne fließend Wasser, und es stand zu befürchten, dass Seuchen ausbrechen.

Vom Technischen Hilfswerk (THW) wurde mitgeteilt, dass die zerstörte Trinkwasserleitung provisorisch wiederhergestellt werden müsse. Die Leitung sollte unterhalb der gerutschten Böschung quasi in der Ahr schwimmend verlegt werden. Dies hatte oberste Priorität.

Wegen der akuten Rutschungs- und Absturzgefahr der unterspülten Böschung und der Dringlichkeit der kurzfristigen Verlegung der Notwasserleitung wurde aus ingenieurgeologischer Sicht vom LGB dringend empfohlen, zuerst die instabile Böschungskante kontrolliert zu brechen, die Böschung abzuflachen und dann die Wasserleitung mittels Pontons zu verlegen.



**Abb. 2:** Situation an der unterspülten, abrutschgefährdeten Böschung des ehemaligen Bahnhofsdamms in Antweiler © HLNUG



**Abb. 3:** Bewertung der Gefahrensituation an der absturzgefährdeten Böschungskante (Personen von rechts nach links: Dr. G. Aderhold, HLNUG; Ortsbürgermeister P. Richrath, Antweiler; Dr. M. Rogall, LGB; Dr. H.-M. Möbus, HLNUG)  
© A. Wehinger, LGB

Das HLNUG erklärte sich bereit, die erforderlichen Sofortmaßnahmen am nächsten Tag fachlich zu begleiten und zu überwachen. Der Aufenthalt unter der Böschung, im oberen Drittel fast senkrecht und mit einer abschnittsweise überhängenden Böschungskante, war lebensgefährlich.

Nach Einwilligung des Grundstücksbesitzers wurde mit Hilfe eines Schreitbaggers die Böschung im oberen Viertel auf eine Neigung von 30° bis 35° abgeflacht (Abb. 4).

Vom beherzten Baggerfahrer wurden die labilen Bodenmassen mit dem Löffel talwärts abgeschoben, wo sie in der Ahr ein stützendes Haufwerk für die Böschung bildeten. Durch die Entlastung der Böschungskrone und die Vorschüttung am Böschungsfuß reduzierte sich die Generalneigung auf weniger als 40°. Die akute Gefahrensituation wurde dadurch deutlich entschärft.

Am nächsten Tag gingen die Abtragsarbeiten ohne Beisein des HLNUG weiter. THW und Ortsbürgermeister wurde dringend geraten, während des Verlegens der Ersatzwasserleitung die Böschung und die an die Böschungskrone angrenzenden Flächen mit dem Einsatzstellen-Sicherungssystem (ESS) des THW auf kritische Bewegungen zu kontrollieren. Die Notwasserleitung konnte am Folgetag ohne weitere Böschungsnachbrüche verlegt werden.

Im Anschluss wurde vom HLNUG in Rücksprache mit dem LGB eine Stellungnahme verfasst, in der das Geschehene beschrieben und Empfehlungen zum weiteren Vorgehen (wie z. B. Vermessung, Sicherung der Böschung, Lage der Infrastruktur etc.) abgegeben wurden.

Neben Antweiler wurden Schäden in weiteren Ortschaften im Ahrtal besichtigt und in Kurzstellungen und E-Mails bewertet. Dazu gehörten in Hönningen ein Schlammstrom, eine Böschungs-

rutschung hinter einem Haus und das wildbachartige Anspringen eines Gerinnes oberhalb eines Wohngebäudes. In der Ortschaft Schuld wurde eine Großrutschung begangen, die glücklicherweise keinerlei Anzeichen auf Reaktivierung erkennen ließ.

Nach Beendigung des HLNUG-Einsatzes gingen die Sicherungs- und Sanierungsmaßnahmen im Ahrtal weiter. Bis heute sind die massiven Schäden erkennbar und es bedarf wahrscheinlich vieler Jahre des sensiblen Wiederaufbaus.

Wie sich herausstellte, war die jüngste „Ahrkatastrophe“ kein singuläres Ereignis. Vergleichbare katastrophale Hochwässer gab es an der Ahr bereits in der jüngeren Geschichte. Genannt werden das Jahr 1804, damals war die Region unter französischer Verwaltung, und das Jahr 1910 während des Baus der Ahrtalbahn (Quelle: [https://de.wikipedia.org/wiki/Liste\\_der\\_Hochwasserereignisse\\_an\\_der\\_Ahr](https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_der_Hochwasserereignisse_an_der_Ahr)).



**Abb. 4:** Einsatz eines Schreitbaggers zum Brechen der übersteilten Böschungskante, Situation am 29.07.2021 © HLNUG

## Historische und prähistorische Hochwässer in Hessen

Als Folge der jüngsten katastrophalen Ereignisse in Rheinland-Pfalz und Nordrhein-Westfalen rückte auch in Hessen die Problematik von Überschwemmungen und Hochwässern in den Fokus. Neben den

aktuellen und historischen Ereignissen sind dabei aber auch die frühgeschichtlichen Hochwässer zu betrachten. Vom HLNUG wird hier ein hoher Handlungsbedarf gesehen.

Auch in Hessen sind katastrophale Ereignisse historisch verbrieft. Zu nennen sind etwa extreme Rheinhochwässer in Trebur aus dem Jahr 815, das überregionale Magdalenenhochwasser im Juli 1342 und die Heinrichsflut im Diemelgebiet im Juli 1965. Weiter zurückliegende Ereignisse, sogenannte frühgeschichtliche Hochwässer haben keinerlei schriftliche Belege. Ihre Spuren sind aber manchmal an typischen Erosionsformen zu erkennen (Abb. 5) und als Überflutungssedimente in den Talauen dokumentiert.

Um frühgeschichtliche Überflutungsgebiete zu erkennen, wurden im HLNUG verfügbare geologische Datensätze mit neuen methodischen Ansätzen ausgewertet.

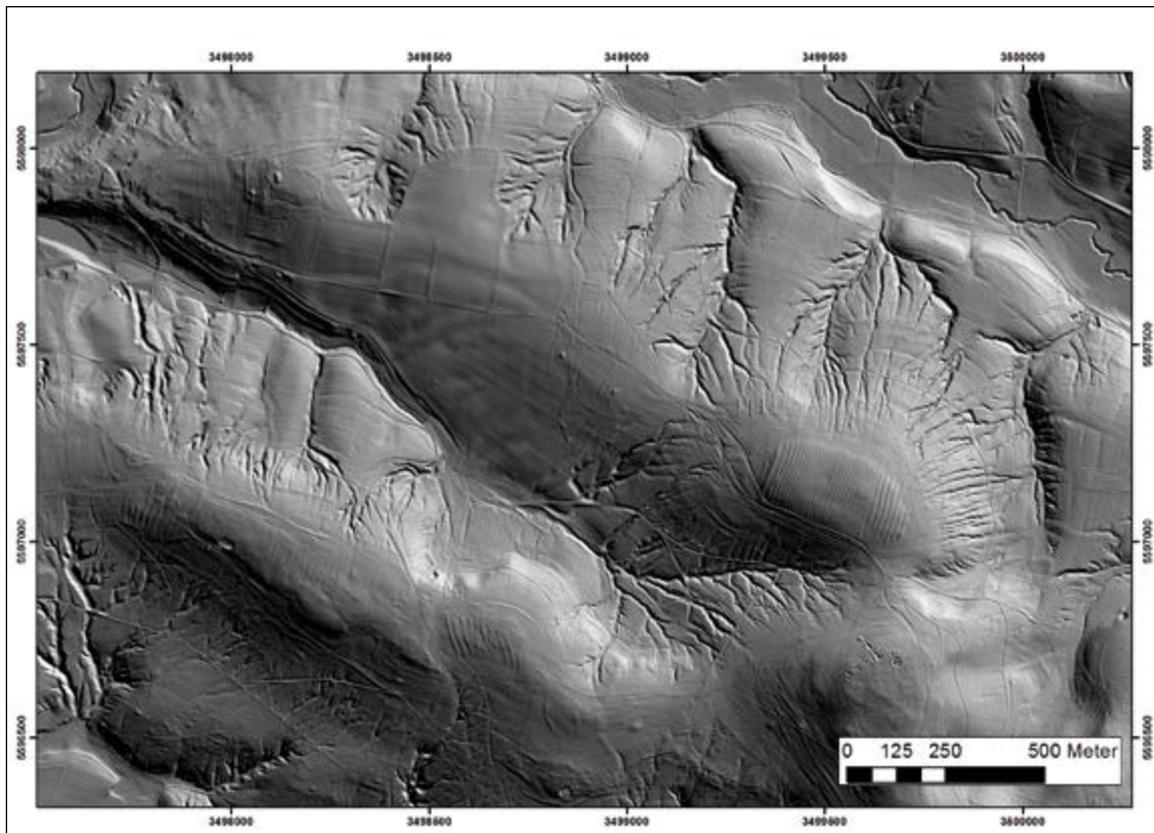
In geologischen und bodenkundlichen Kartenwerken sind Informationen zu Hochwasserereignissen der (prä-)historischen Vergangenheit enthalten. Es handelt sich um junge Talsedimente, die Zeugnis von der Reichweite ehemaliger Überflutungen abgeben. Grundlage der Kartenerstellung ist die Identifizierung

von jüngst-pleistozänen, vorwiegend aber holozänen Hochflut- und Auenablagerungen.

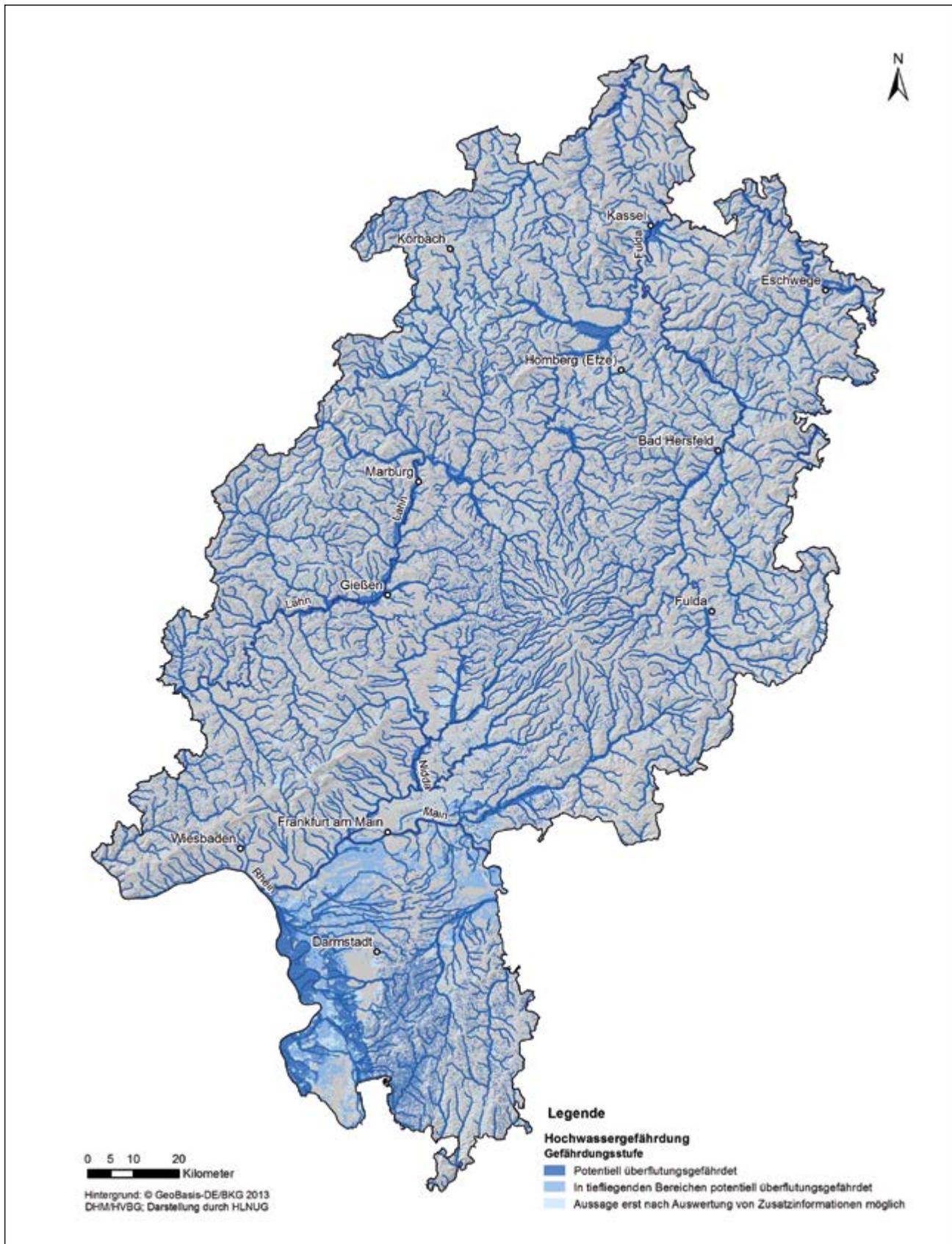
Ein Beispiel für zahlreiche Überflutungen und rapide Auflandungen in Salz- und Kinzigtal zur Zeit des mittelalterlichen Baus der Veste Stolzenberg oberhalb von Bad Soden-Salmünster gibt BERTA (1906). Es handelt sich dabei zumeist um nur wenig dynamische, vorwiegend statische Hochwässer.

Unter der Annahme, dass sich die klimatischen Verhältnisse, unter denen sich diese Hochwassersedimente in der Vergangenheit gebildet haben, auch in der näheren Zukunft wiederholen, können Rückschlüsse auf die Reichweite zukünftiger extremer Hochwasserereignisse gezogen werden.

Die Flächendaten aus den geologischen und bodenkundlichen Karten wurden nach einem spezifischen Schema (Tab. 1) ausgewertet und als Übersichtskarte dargestellt (Abb. 6).



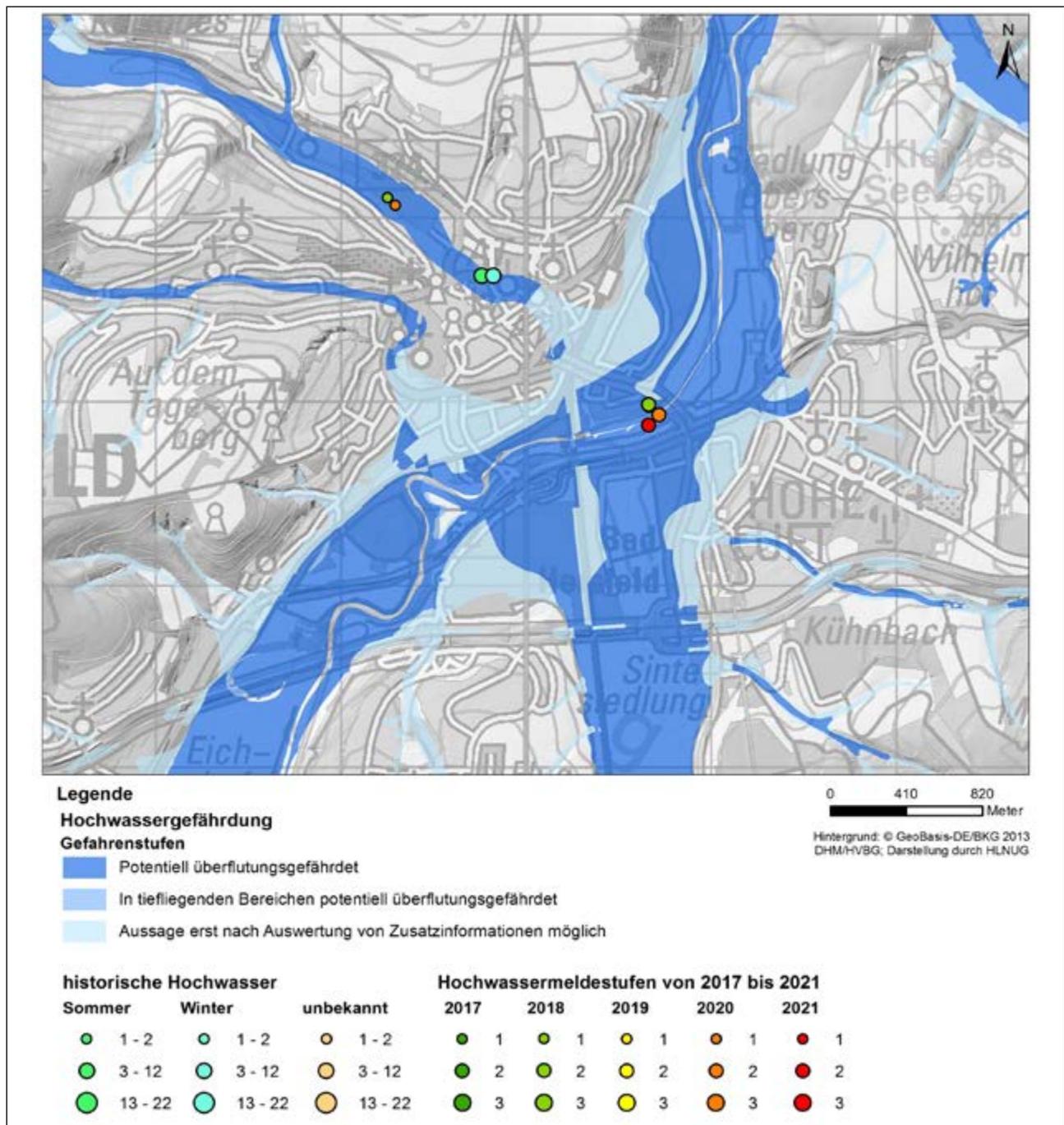
**Abb. 5:** Erosionsrinnen und Talfüllungen am westlichen Vogelsberg als Folge von (prä-) historischen Starkregenereignissen und Hochwässern (geschummerte Reliefkarte des hochauflösenden Digitalen Geländemodells, DGM)



**Abb.6:** Übersichtskarte der geologischen und bodenkundlichen Überflutungssedimente Hessens

**Tab. 1:** Einordnung der klassifizierten Flächen in Gefahrenstufen

Gefahrenstufe	Beschreibung	Definition
1	Potentiell überflutungsgefährdet	Flächen holozäner Hochflut- und Auenablagerungen
2	In tiefliegenden Bereichen potentiell überflutungsgefährdet	Flächen mit lückenhaften, geringmächtigen holozänen Hochflut- und Auenablagerungen
3	Aussage erst nach Auswertung von Zusatzinformationen möglich	Anthropogen überprägte und Flächen mit mehrdeutiger geologischer Information



**Abb. 7:** Ausschnitt der Gefahrenhinweiskarte mit Flächen frühzeitlicher Hochwässer, historischer Hochwasserereignisse und den Überschreitungen der jüngsten Hochwassermeldestufen im Raum Bad Hersfeld

Demnach wurden Flächen holozäner Hochflut- und Auenablagerungen als potentiell überflutungsgefährdet eingestuft. Gebiete, in denen holozäne Überflutungssedimente nur lückenhaft und in geringer Mächtigkeit vorkommen, wurden als in tiefliegenden Bereichen potentiell überflutungsgefährdet klassifiziert. Damit sind Ablagerungen im unmittelbaren Umfeld heutiger Talauen gemeint, die sich auch in höhere Talniveaus erstrecken können, wie beispielsweise weichselzeitliche Niederterrassen. Hier sind aber nur die Bereiche potentiell überflutungsgefährdet, die in den niedrigeren Talniveaus liegen. Anthropogen überprägte und solche Flächen mit mehrdeutigen geologischen Informationen können erst nach der Auswertung von Zusatzinformationen eingestuft werden.

Zusätzlich zu diesen Daten wurden Aufzeichnungen zu historischen Hochwässern ausgewertet und als weitere Informationsquelle genutzt. Bei dieser Recherche von Gutachten, Berichten und Zeitungsartikeln wurden bislang 457 Hochwasserereignisse ermittelt.

Auch wurden die Überschreitungen der Hochwassermeldestufen aus den Jahren 2017–2021 in Hessen zusammengefasst und ausgewertet. Diese zusätzlichen Daten wurden mit den frühzeitlichen Überschwemmungsgebieten im GIS verschnitten (Abb. 7). Die so generierten Informationen wurden in einer Gefahrenhinweiskarte zusammengefasst. Flächen, in denen sich frühgeschichtliche Überflutungsgebiete, historische Hochwasserereignisse und Überschreitungen der jüngsten Hochwassermeldestufen räumlich überschneiden, können auf Bereiche mit höherem Risiko für künftige Überflutungen hinweisen.

Die Gefahrenhinweiskarte soll als ergänzende Information für wasserwirtschaftliche Hochwassermodellierungen dienen und in der Landesplanung Verwendung finden. Sie kann beispielsweise bei der Neubauplanung von Hochwasserschutzmaßnahmen, der Flächennutzung und in der Bauleitplanung herangezogen werden.

## Literatur

BERTA, R (1906): Soden-Stolzenberg. Beiträge zur Geschichte des Salzquellengebietes, der Stadt und des Bades, in: Fuldaer Geschichtsblätter Band 5, 1906, S. 1–16, 33–42.



# Bodenzustand hessischer Bach- und Flussauen - Belastungen der Auenböden der Diemel

G 3

KATRIN LÜGGER, BENEDIKT KLEIN, NICO SCHUHMACHER & CHRISTIAN STEINICKE

## Einleitung

Auenböden umfassen mit 1 800 km<sup>2</sup> knapp neun Prozent der hessischen Landesfläche. Seit Ende 2015 werden die Auenflächen im Rahmen des Projekts „Bodendiversität und Bodenzustand in hessischen Bach- und Flussauen“ (kurz „Auenprojekt“) systematisch vom HLNUG untersucht. Dabei besteht das Projekt aus zwei Teilen:

Das erste Teilprojekt hat die bessere bodenkundliche Differenzierung der Auenbereiche der hessischen Bodenflächendaten im Maßstab 1 : 50 000 (BFD50) zum Ziel. Hierzu wurden in den vergangenen Jahren umfangreiche bodenkundliche Kartierungen in Auen durchgeführt. Die Ergebnisse dieses Teilprojektes sol-

len mit der nächsten Aktualisierung der BFD50 veröffentlicht werden.

Das zweite Teilprojekt befasst sich mit dem stofflichen Bodenzustand in hessischen Auen. Letzte umfassende Untersuchungen zum Stoffbestand wurden in Kooperation mit dem damaligen Hessischen Landesamt für Bodenforschung (HLfB) in den 1990er Jahren durchgeführt (MOLDENHAUER 1996). Um die Kenntnisse zu verbessern, wurden hessenweit Bodenproben entnommen und im Labor untersucht mit dem Ziel, den aktuellen Bodenzustand systematisch zu erfassen, zu dokumentieren und zu bewerten.

## Auenböden als Schadstoffsenken und -quellen

Ein Stoffeintrag in die Aue erfolgt, zusätzlich zu Einträgen über die Luft, vor allem durch die Ablagerung von Schwebstoffen während der periodisch oder episodisch auftretenden Überschwemmungsereignisse (s. Abb. 1). Mit den abgelagerten Schwebstoffen aus den Gewässern können neben Nährstoffen auch Schadstoffe in die Auenböden gelangen und sich dort langfristig anreichern. Böden in Auengebieten besitzen daher häufig erhöhte Schadstoffgehalte (z. B. HEMBROCK-HEGER 2000, GRUNEWALD & WEBER 2007, RINKLEBE et al. 2007, HLUG 2014).

Die Stoffeinträge sind auf verschiedene Quellen im Einzugsgebiet der Gewässer zurückzuführen. Zum einen spielen natürliche Quellen eine Rolle, da die geochemische Zusammensetzung der eingetragenen Schwebstoffe zunächst von den im Einzugsgebiet vorkommenden Gesteinen bestimmt wird. Zum anderen handelt es sich um anthropogene, also durch den Menschen verursachte Quellen, wie beispiels-

weise industrielle oder bergbauliche Tätigkeiten oder die landwirtschaftliche Nutzung. Auch wenn sich die Schadstoffeinträge in die Oberflächengewässer in Deutschland in den vergangenen Jahrzehnten erheblich verringert haben, sind aufgrund der Langlebigkeit vieler Schadstoffe deren Gehalte in Auenböden heute oft noch erhöht. Der stoffliche Bodenzustand wird also wesentlich auch von der historischen Gewässerbelastung beeinflusst. In diesem Sinne können Auenböden ein „Belastungsarchiv“ darstellen. Die Schadstoffbelastung kann dabei kleinräumig variieren und ist von vielen Einflussgrößen abhängig. Neben der Geländeform, der Überflutungshäufigkeit und -dauer sowie der Fließgeschwindigkeit des Gewässers spielen u. a. auch bestimmte Bodeneigenschaften und die Nutzung eine Rolle (DU LAING et al. 2009). Typische Schadstoffe, die in Auen angereichert sein können, sind Schwermetalle und Arsen sowie persistente organische Schadstoffe (POP), wie z. B. Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)



**Abb. 1:** Ablagerung von Sedimenten auf einer Grünlandfläche nach einem Hochwasserereignis © HLNUG

oder Polychlorierte Dibenzodioxine und -furane (PCDD/F). Wenn landwirtschaftlich genutzte Auenflächen erhöhte Belastungen aufweisen, besteht die Gefahr, dass diese Schadstoffe über pflanzliche Lebensmittel oder tierische Produkte in die Nahrungskette gelangen.

Auenböden bilden aber nicht nur eine Senke für Schadstoffe, sondern können auch als Schadstoffquelle fungieren. Einerseits können schwere Hochwasserereignisse zur erneuten Abschwemmung von belasteten Altsedimenten und Auenböden führen, die sich dann in flussabwärts gelegenen Überflutungsgebieten wieder ablagern und diese kontaminieren können (HOLLERT et al. 2014, CRAWFORD et al. 2022). Außerdem können durch die während eines Hochwassers zeitweise höheren Grundwasserstände Schadstoffe im Boden aktiviert werden, die Grund- und Oberflächenwasser verschmutzen (UBA 2021). Andererseits können Schadstoffe in Auenböden und

Sedimenten auch durch Eingriffe des Menschen wieder freigesetzt werden. Insbesondere Maßnahmen im Rahmen von Gewässerrenaturierungen, wie z. B. Rückbau von Uferbefestigungen oder Wiedervernässungsmaßnahmen, können Prozesse in Gang setzen, die ebenfalls zu erhöhten Einträgen in das Gewässer sowie das Grundwasser und möglicherweise auch einer erhöhten Pflanzenaufnahme führen können (HLUG 2012).

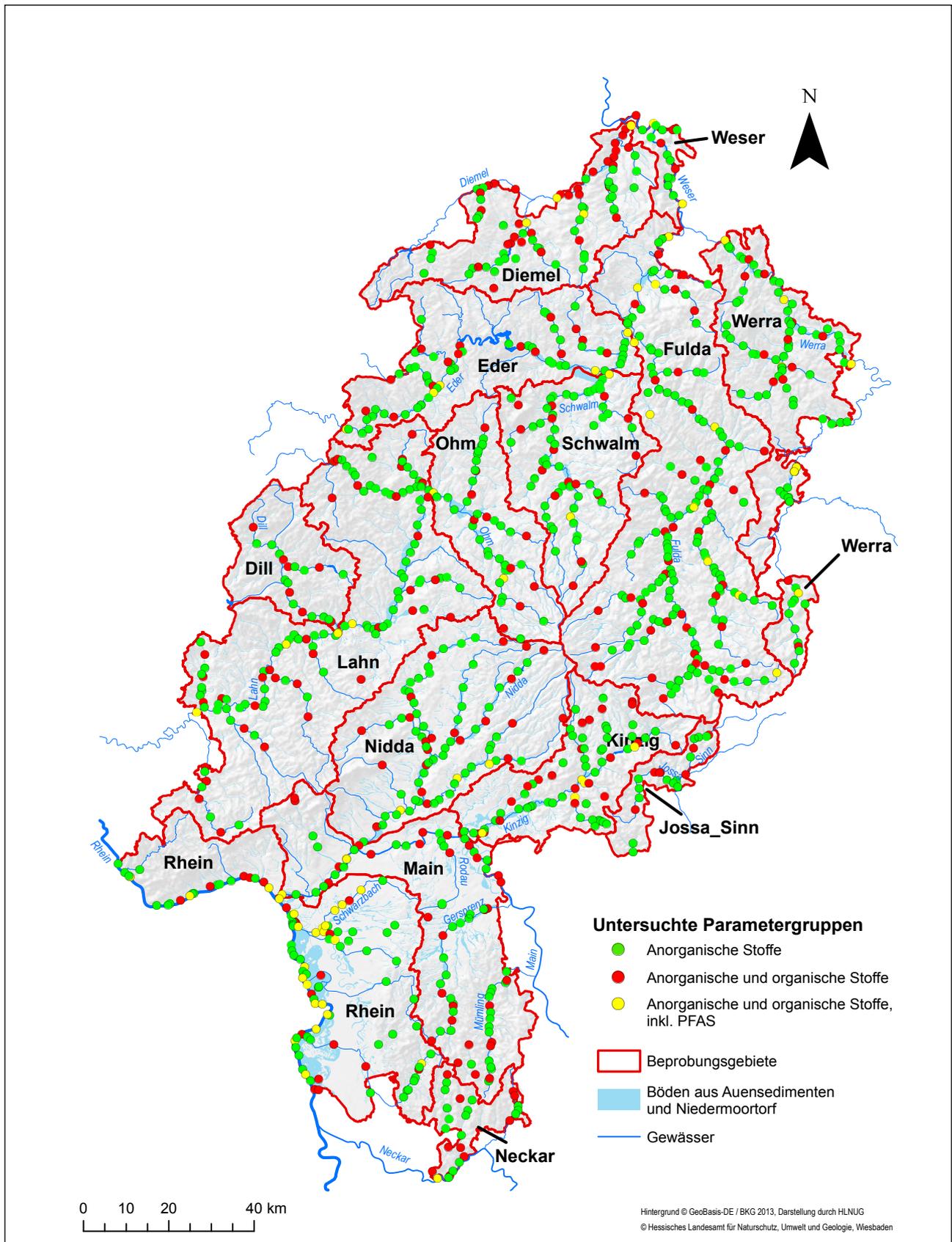
Damit kann auch das Schadstoffinventar der Vergangenheit neue schädliche Bodenveränderungen hervorrufen und heute zu einer Gefährdung von Mensch und Umwelt führen. Umso wichtiger sind Kenntnisse zum stofflichen Bodenzustand der Auenböden, damit diese bei planerischen Fragestellungen berücksichtigt werden können und bei landwirtschaftlicher Nutzung belasteter Flächen durch eine angepasste Bewirtschaftung ein Eintrag in die Nahrungskette möglichst vermieden werden kann.

## Untersuchungskonzept

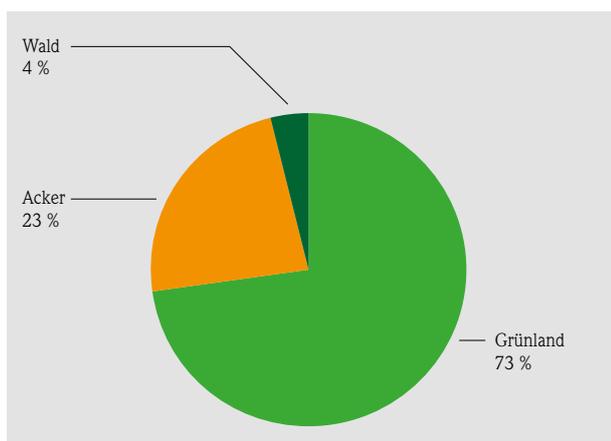
### Standortauswahl und Probennahme

Im Rahmen des Auenprojektes wurden hessenweit Flächenmischproben der Oberböden entnommen. Dafür wurde Hessen in 15 Beprobungsgebiete untergliedert, in denen über 1 000 Beprobungsseg-

mente an mehr als 100 Fließgewässern ausgewiesen wurden. Pro Beprobungssegment wurde jeweils ein Standort beprobt, der im Hinblick auf die im Segment dominierende Landnutzung (Acker, Grünland, Wald)



**Abb. 2:** Lage der untersuchten Standorte in den Beprobungsgebieten, differenziert nach den analysierten Parametergruppen



**Abb. 3:** Prozentualer Anteil der Landnutzung der beprobten Standorte



**Abb. 4:** Entnahme einer Einzelprobe mittels Murach'schem Wurzelbohrer © HLNUG



**Abb. 5:** Bodenkundliche Ansprache mittels Pürckhauerbohrung © HLNUG

sowie das Ausgangssubstrat der Bodenbildung möglichst repräsentativ sein sollte. Ein weiteres Kriterium der Standortauswahl war, dass die Fläche mindestens innerhalb der HQ100-Überflutungsfläche (Hochwasser von mittlerer Wahrscheinlichkeit mit einem voraussichtlichen Wiederkehrintervall von mindestens 100 Jahren) liegen sollte, vorzugsweise innerhalb der HQ10-Überflutungsfläche (Hochwasser von hoher Wahrscheinlichkeit mit einem voraussichtlichen Wiederkehrintervall von mindestens 10 Jahren). Abbildung 2 zeigt die Lage der über 1 000 beprobten Standorte in den einzelnen Beprobungsgebieten. Bei knapp Dreiviertel der Standorte handelte es sich um

Grünlandflächen, knapp ein Viertel wurden ackerbauulich genutzt (s. Abb. 3). Einhergehend mit dem geringen Flächenanteil an Auenwäldern in Hessen konnten nur wenige Waldstandorte untersucht werden.

Zur Gewinnung der Flächenmischproben der Oberböden wurde im Normalfall eine Fläche von 30 m x 30 m beprobt, indem mindestens 15 Einzelproben über die Flächendiagonalen entnommen und zu einer Mischprobe vereinigt wurden. Die Entnahme der Einzelproben erfolgte überwiegend mit Hilfe eines Murach'schen Wurzelbohrers (s. Abb. 4). In der Mitte der Beprobungsfläche erfolgte eine Pürckhauerbohrung bis 1 m Tiefe zur bodenkundlichen Ansprache nach dem hessischen Erfassungsstandard Boden/Bodenschutz (FRIEDRICH et al. 2003, s. Abb. 5).

Beprobt wurde unter Beachtung der Entnahmetiefen nach Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) nur der Oberboden. Lag innerhalb der vorgeschriebenen Entnahmetiefe die Grenze eines Bodenhorizontes (Bereiche einheitlicher Bodenmerkmale und -eigenschaften), wurde die Probennahme entsprechend unterteilt. Von allen Proben wurde Bodenmaterial als Rückstellprobe in der Bodenprobenbank des HLNUG eingelagert. Dieses steht für zukünftige Nachuntersuchungen zur Verfügung.

## Analytisches Messprogramm

Das entnommene Bodenmaterial wurde in Anlehnung an das umfangreiche Untersuchungsprogramm der Boden-Dauerbeobachtung sowie entsprechend

den Bewertungsgrundlagen der BBodSchV analysiert. An allen Proben wurden bodenchemische und -physikalische Kennwerte sowie anorganische Stoffge-

halte gemessen. An ca. einem Drittel der Standorte wurde zusätzliches Probenmaterial zur Analytik persistenter organischer Schadstoffe (POP) entnommen. Einige ausgewählte Proben dieser Standorte wurden über die gängigen POP hinaus auch auf Per- und

Polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS) in Feststoff und Eluat untersucht. Abbildung 2 zeigt die Lage der Beprobungsflächen farblich differenziert nach den untersuchten Parametergruppen. In Tabelle 1 sind die einzelnen Untersuchungsparameter aufgeführt.

**Tab. 1:** Untersuchungsparameter im Rahmen des Auenprojektes

Bodenchemische und -physikalische Kennwerte	Anorganische Stoffe (Königswasser- und teilweise Ammoniumnitrat-Extraktion)	Organische Schadstoffe
pH-Wert, organischer Kohlenstoff, Gesamtkohlenstoff, Gesamtstickstoff, Calciumcarbonat, Kationenaustauschkapazität, Trockenrohddichte, Korngrößen, Bodenart	Aluminium, Antimon, Arsen, Blei, Cadmium, Calcium, Cobalt, Chrom, Eisen, Kalium, Kupfer, Magnesium, Mangan, Molybdän, Nickel, Quecksilber, Selen, Thallium, Uran, Vanadium, Zink	Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), Polychlorierte Biphenyle (PCB), Chlorierte Kohlenwasserstoffe (CKW), Polychlorierte Dibenzodioxine und -furane (PCDD/F), Dioxinähnliche Polychlorierte Biphenyle (dl-PCB), Per- und Polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS)

## Erste Ergebnisse - Beispiele aus dem Beprobungsgebiet Diemel

Die Diemel entspringt im hessischen Rothaargebirge südlich von Usseln im Waldecker Upland, fließt streckenweise durch Nordrhein-Westfalen und mündet schließlich bei Bad Karlshafen in die Weser. Bei

einer Gesamtlängelänge von 110,5 km liegen 52 km in Hessen. Abbildung 6 zeigt den Verlauf der Diemel und ihrer wichtigsten Nebenflüsse.

### Probennahmen

Im Beprobungsgebiet Diemel wurden auf insgesamt 78 Standorten Flächenmischproben der Oberböden entnommen. Nur 18 der untersuchten Standorte liegen an der Diemel selbst, die übrigen Proben wurden an 12 weiteren Gewässern (u. a. Twiste, Warme und Esse) im Einzugsgebiet entnommen. Standorte im Oberlauf der Diemel vor dem Diemelsee wurden

nicht beprobt, da hier der mittlere Abfluss noch zu gering ist. Bei den untersuchten Standorten handelt es sich ausnahmslos um landwirtschaftlich genutzte Flächen. In Abbildung 6 wird die Lage der im Beprobungsgebiet Diemel untersuchten Standorte differenziert nach ihrer Nutzung dargestellt.

### Ergebnisse

Die Auswertungen der Analysenergebnisse der anorganischen Elemente zeigten vor allem für Kupfer Auffälligkeiten. So liegen die Kupfergehalte in den Auenböden der Diemel im Mittel um den Faktor 4 höher als diejenigen auf den übrigen Standorten im Beprobungsgebiet (s. Tab. 2). In Abbildung 7 werden die Kupfergehalte der untersuchten Oberböden in der Diemelaue flussabwärts gereiht dargestellt.

Mit einer Ausnahme wird an allen Standorten der Vorsorgewert der BBodSchV überschritten. Der maximale Kupfergehalt von 259 mg/kg TM (Trockenmasse) überschreitet zwar den Maßnahmenwert der BBodSchV für Grünlandnutzung durch Schafe von 200 mg/kg TM, findet aber aktuell keine Anwendung, da es sich bei dem untersuchten Standort um eine Ackerfläche handelt.

Auch bei den Auswertungen der Untersuchungsergebnisse organischer Schadstoffe zeigten sich für die Standorte in der Diemelauere Auffälligkeiten. So wurde auf den zunächst für die POP-Analytik aus-

gewählten sechs Standorten eine erhöhte Belastung mit Polychlorierten Dibenzodioxinen und -furanen (PCDD/F) gemessen. In der Folge wurden weitere Proben auf diese Stoffgruppe sowie dioxinähnliche

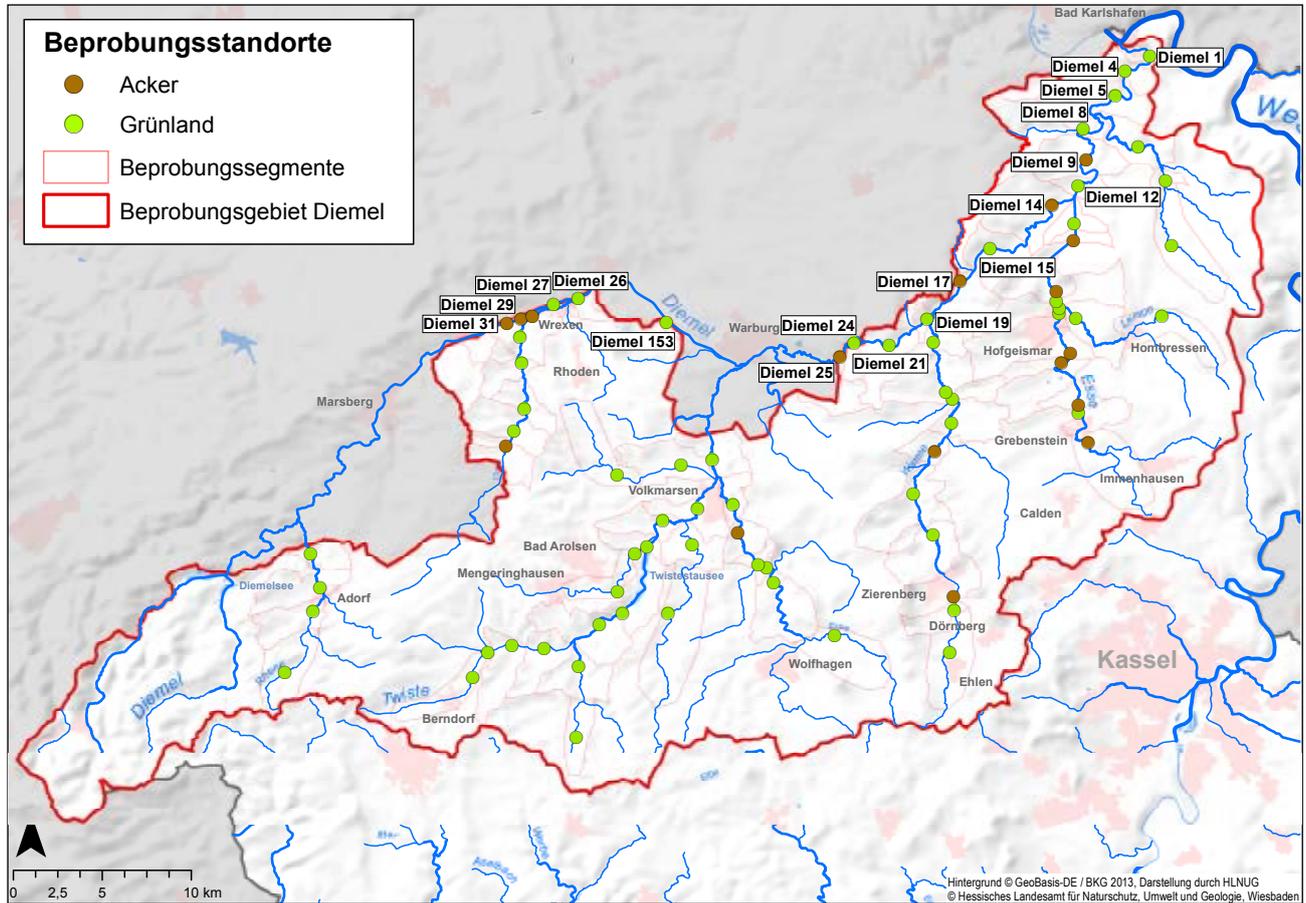


Abb. 6: Lage der beprobten Standorte im Beprobungsgebiet Diemel, differenziert nach ihrer Nutzung

Tab. 2: Statistische Kennwerte der Kupfer- und PCDD/F- sowie dl-PCB-Gehalte in den Oberböden des Beprobungsgebietes Diemel

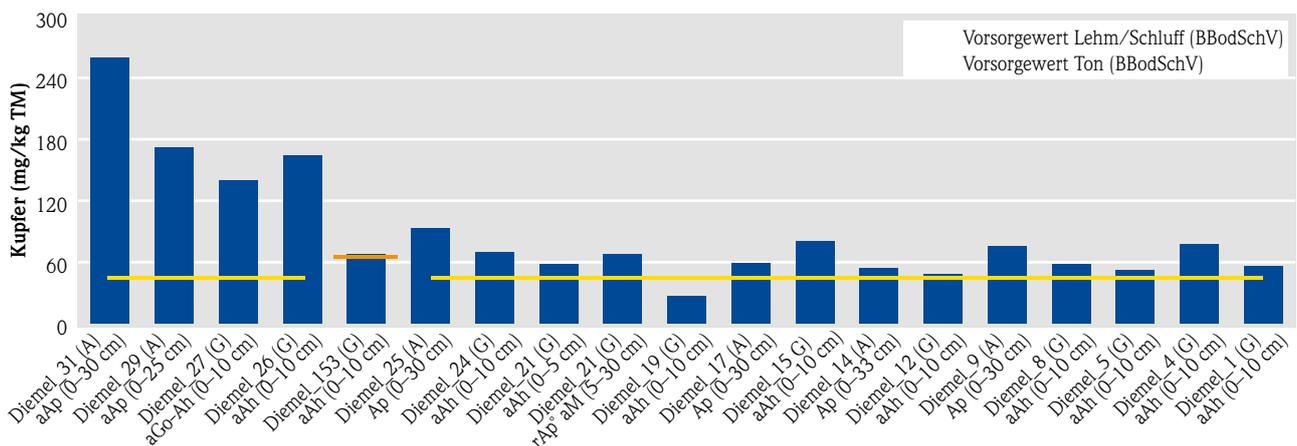
	Kupfer (mg/kg TM)	PCDD/F (ng WHO <sub>2005</sub> /kg TM)	dl-PCB (ng WHO <sub>2005</sub> /kg TM)
<b>Oberböden Diemelauere</b>			
Anzahl	18	16	16
Spannweite	27–259	3,00–35,17	0,27–3,15
Mittelwert	90	14,88	1,39
Median	69	12,55	1,29
<b>Oberböden Beprobungsgebiet Diemel, ohne Diemelauere</b>			
Anzahl	60	20	20
Spannweite	7–70	0,55–5,56	0,36–0,72
Mittelwert	20	1,94	0,36
Median	16	1,69	0,32

Polychlorierte Biphenyle (dl-PCB) nachanalysiert. Insgesamt liegen aktuell PCDD/F-Analysen von 16 landwirtschaftlich genutzten Flächen an der Diemel vor. Diese liegen im Mittel um etwa das 7-fache über den Gehalten der übrigen untersuchten Standorte im Beprobungsgebiet (s. Tab. 2) und ein Vielfaches über den hessischen PCDD/F-Hintergrundwerten für Acker- und Grünland im ländlichen Raum (LABO 2017, HLNUG 2017). Tendenziell gilt das auch für die dl-PCB-Gehalte, allerdings ist hier der Unterschied zu den untersuchten Standorten außerhalb der Diemelau im Mittel geringer und nicht alle Standorte überschreiten die Hintergrundwerte (s. Tab. 2).

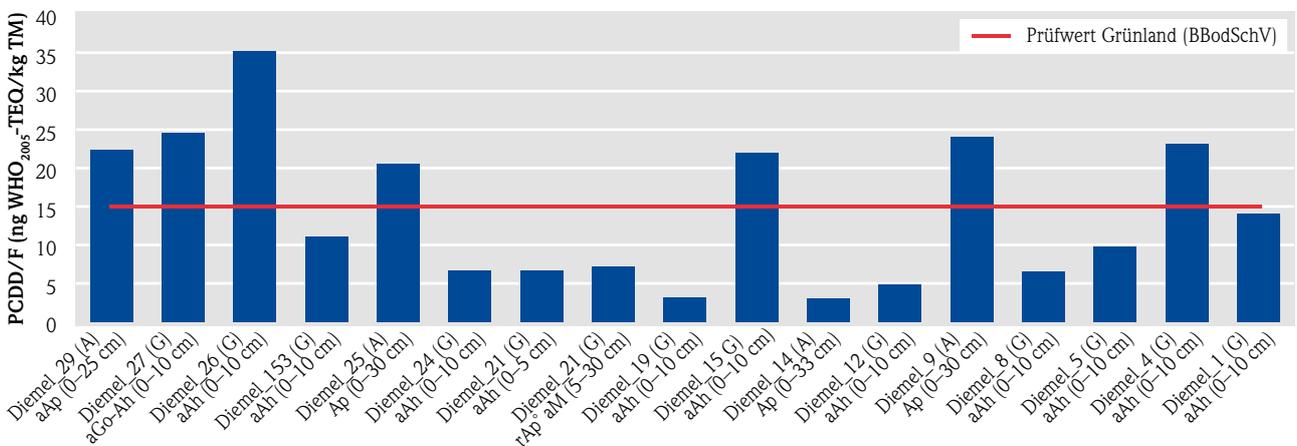
Abbildung 8 zeigt, wiederum flussabwärts gereiht, die gemessenen PCDD/F-Gehalte der Oberböden. Während die BBodSchV in der geltenden Fassung (g. F.) bisher zur Bewertung von PCDD/F nur einen

Maßnahmenwert für den Wirkungspfad Boden-Mensch beinhaltet, ist in der novellierten BBodSchV (BBodSchV n. F.), die am 1. August 2023 in Kraft tritt, ein neuer Prüfwert für den Wirkungspfad Boden-Pflanze auf Grünlandflächen enthalten. Dieser Prüfwert von 15 ng WHO-TEQ/kg TM wird auf 4 Standorten an der Diemel überschritten. Auf weiteren 3 Flächen konnten ebenfalls Gehalte oberhalb des Prüfwertes gemessen werden, jedoch findet er hier aktuell keine Anwendung, da es sich um Ackerstandorte handelt. Der maximale Gehalt, der mit 35,17 ng WHO-TEQ/kg TM mehr als das Doppelte des Prüfwertes beträgt, wurde auf einer als Weide genutzten Grünlandfläche bei Wrexen analysiert.

Es ist davon auszugehen, dass die festgestellten erhöhten Belastungen sowohl mit Kupfer als auch mit PCDD/F ihre Quelle im historischen Kupfererz-



**Abb. 7:** Kupfergehalte (Königswasser-Extraktion) der untersuchten Oberböden an der Diemel (A = Ackerstandort, G = Grünlandstandort), flussabwärts gereiht, sowie Vorsorgewerte der BBodSchV entsprechend der vorliegenden Bodenart



**Abb. 8:** PCDD/F-Gehalte der untersuchten Oberböden an der Diemel (A = Ackerstandort, G = Grünlandstandort), flussabwärts gereiht, sowie Prüfwert der BBodSchV (n. F.) für den Wirkungspfad Boden-Pflanze für Grünlandflächen

Bergbau in Marsberg (NRW) haben, was nur wenige Kilometer flussaufwärts der ersten untersuchten hessischen Standorte liegt. Im Raum Marsberg finden sich Erzlagerstätten, die vermutlich bereits seit dem 9. Jahrhundert abgebaut wurden (FARRENSCHON & OESTERREICH 2008). Im Laufe des 19. Jahrhunderts kam es durch neue Verhüttungsverfahren zu einer stark ansteigenden Kupfererz-Produktion in Marsberg; 1912 erreichte die Förderung mit über 52 000 t ihren Höhepunkt. Nachdem 1930 der Betrieb zunächst eingestellt worden war, wurde er nur fünf Jahre später unter Einsatz eines neuen Verfahrens der chlorierten Röstung wiederaufgenommen. Dieses Verfahren führte allerdings zu massiven Umweltbelastungen, die zur Folge hatten, dass Wild und Weidevieh verendeten und Anwohner erkrankten, so dass es nach wenigen Jahren wieder eingestellt wurde. Nach dem zweiten Weltkrieg endete die Kupfergewinnung in Marsberg. Die Rückstände der Verhüttung lagerten Jahre auf großen Halden; von 1955–1967 wurden diese Schlacken bundesweit und im benachbarten Ausland unter dem Namen „Kieselrot“ für den Wege-, Spiel- und Sportplatzbau vermarktet, bis 1991 die erhöhten Dioxinbelastungen des Materials auffielen (THEISEN et al. 1993). In Folge wurden die belasteten Bereiche in Marsberg umfassend untersucht und aufwändig saniert (GD NRW 2017), ebenso bundesweit sehr viele der mit Kieselrot ausgebauten Spiel- und Sportanlagen sowie Wege.

Darauf, dass die erhöhten PCDD/F-Belastungen ihre Quelle in Marsberg haben, weisen auch die Homologenmuster hin (s. Abb. 9). Als Homologe bezeichnet man PCDD/F mit einer gleichen Anzahl an Chloratomen. Die Analysen zeigen im Hinblick auf die re-

lativen Anteile der einzelnen Homologen an der Gesamtmenge ein charakteristisches Kieselrot-Muster, welches gekennzeichnet ist von einer deutlichen Dominanz hochchlorierter Furane, v. a. von Octa-, Hepta- und Hexa-CDF (THEISEN et al. 1993, KRAUSE et al. 1993).

Von erhöhten Kupfer- und PCDD/F-Belastungen der Böden im Überschwemmungsgebiet der Diemel im nordrhein-westfälischen Kreis Höxter berichteten bereits STEINWEG & KERH (2004). Die Höhe der dort gemessenen Gehalte liegt für beide Parameter in vergleichbarer Größenordnung mit den aktuellen Ergebnissen. In einem Beitrag des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) zu landesweiten Dioxinuntersuchungen von Böden und Pflanzen aus Überschwemmungsgebieten werden neben erhöhten Dioxingehalten in Böden der Diemelaue auch stark belastete Grasproben erwähnt (LANUV 2008). In beiden Veröffentlichungen wird als Ursache der Belastungen die Kupfergewinnung in Marsberg genannt.

In Hessen wurden in den 1990er Jahren Schwebstoffproben der Diemel auf PCDD/F untersucht. Die stark erhöhten Furananteile wurden ebenfalls mit Einträgen dioxinhaltiger Kupferschlacke aus Marsberg in Verbindung gebracht (HLfU 1997). Im Rahmen der ebenfalls in den 1990er Jahren durchgeführten hessenweiten Untersuchungen von Auenböden wurde der einzige beprobte Standort an der Diemel bei Trendelburg hingegen nicht auf PCDD/F untersucht (MOLDENHAUER 1996). Die am Standort gemessenen Kupfergehalte überschreiten aber bis in eine Tiefe von 70 cm ebenfalls knapp den Vorsorgewert.

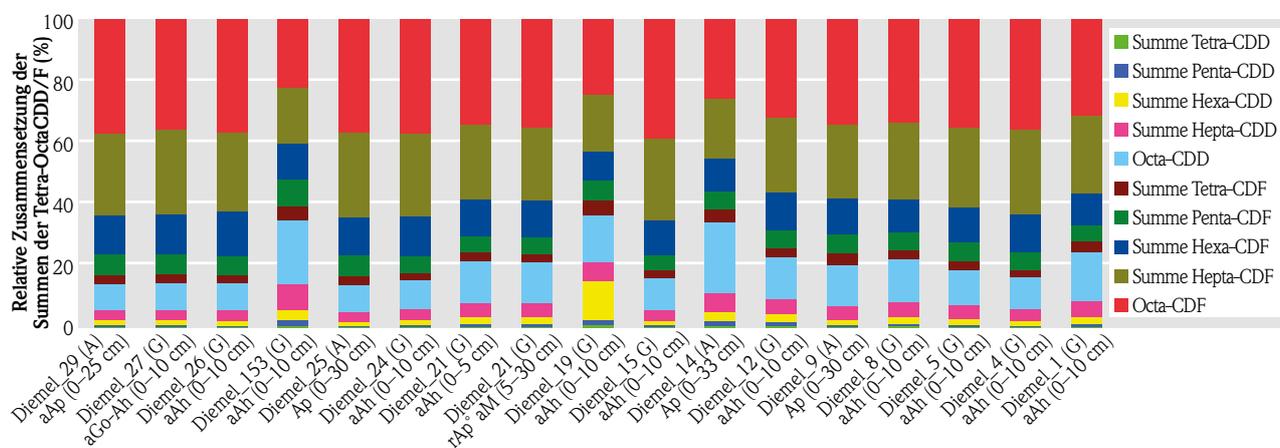


Abb. 9: PCDD/F-Homologenmuster der untersuchten Oberböden an der Diemel (A = Ackerstandort, G = Grünlandstandort), flussabwärts gereiht

## Fazit

Im Rahmen des hessenweiten Auenprojektes zeigen im Beprobungsgebiet Diemel in erster Linie die Standorte im Überschwemmungsbereich der Diemel selbst erhöhte Belastungen, während die Ergebnisse der übrigen untersuchten Flächen bis auf sehr wenige Ausnahmen unterhalb der Vorsorgewerte der BBodSchV bzw. im Bereich der Hintergrundwerte liegen. Besonders die PCDD/F-Gehalte, die sich durchgehend erhöht zeigen und an vier Standorten den Prüfwert im Wirkungspfad Boden-Pflanze für Grünlandflächen überschreiten, sowie die Kupfergehalte, die mit einer Ausnahme die Vorsorgewerte überschreiten, sind auffällig. Als Belastungsquelle wird der historische Kupferbergbau im flussaufwärts gelegenen Marsberg angesehen.

Im Hinblick auf die landwirtschaftliche Nutzung der Überschwemmungsflächen an der Diemel sollten insbesondere die erhöhten PCDD/F-Gehalte beachtet werden. Wenn belastete Flächen als Weide oder Mähwiese genutzt werden, muss dafür Sorge getragen werden, dass der Schadstofftransfer vom Boden in das Nutztier und damit ein Eintrag in die Nahrungskette möglichst minimiert wird: Da bei PCDD/F-Belastungen in erster Linie der Verschmutzungspfad eine Rolle spielt, ist es empfehlenswert, Maßnahmen zu ergreifen, die die Bodenaufnahme durch Weidetiere verringern und bei Schnittnutzung von Grünland die erntebedingte Verschmutzung reduzieren (z. B. Vermeidung von Schäden an der Grasnarbe, ausreichende Schnitthöhe bei der Heuernte). In diesem Zusammenhang wurden eine Reihe von konkreten Handlungsempfehlungen veröffentlicht, die teilweise auch speziell für dioxinbelastete Flächen herausgegeben wurden (LABO 2007, LANUV 2011, LLH 2013a, LLH 2013b, LWK Niedersachsen 2022).

Außerdem sollten die festgestellten Belastungsschwerpunkte im Hinblick auf mögliche bauliche Maßnahmen zur Verbesserung der Struktur und Durchgängigkeit von Gewässern besondere Beachtung finden. So sind Renaturierungen oft mit umfangreichen Erdarbeiten (z. B. Abgrabungen, Bodenumlagerungen, Bodenaufträgen) verbunden. Im Zuge dessen sind Schadstoffmobilisierung und Schadstoffeinträge, die schädliche Bodenveränderungen auslösen könnten, zu vermeiden. Fällt belasteter Bodenaushub an, ist dieser ordnungsgemäß und schadlos zu verwerten (HLUG 2012).

Beim Auf- und Einbringen von Bodenmaterial sind die in § 12 BBodSchV (g. F.) bzw. den §§ 6–8 BBodSchV (n. F.) enthaltenen Bestimmungen zu berücksichtigen. Im Regelfall wird bei der Verwertung durch Wiedereinbau des Bodenmaterials die Einhaltung der Vorsorgewerte gefordert; eine Ausnahme ist möglich, wenn es sich um eine Verlagerung von Bodenmaterial innerhalb eines Gebietes mit erhöhten Schadstoffgehalten handelt, soweit die Bodenfunktionen nicht zusätzlich beeinträchtigt werden und die Schadstoffsituation am Ort des Aufbringens nicht nachteilig verändert wird (Verschlechterungsverbot). Dioxin-Analysen gehören zunächst nicht zum Untersuchungsumfang von unbelasteten Böden. Allerdings ist in der BBodSchV geregelt, dass zusätzlich weitere Stoffe zu untersuchen sind, wenn Anhaltspunkte auf erhöhte Gehalte dieser Stoffe vorliegen bzw. das Entstehen einer schädlichen Bodenveränderung (Überschreitung von Prüf-/Maßnahmenwerten) zu besorgen ist. Es wird daher empfohlen, umzulagerndes Bodenmaterial aus der Diemelaue vorsorglich auch auf PCDD/F zu untersuchen. Eine Verlagerung von belastetem Bodenmaterial auf geringer belastete Flächen ist zu vermeiden.

## Literatur

- CRAWFORD, S.E., BRINKMANN, M., OUELLET, J.D., LEHMKUHL, F., REICHERTER, K., SCHWARZBAUER, J., BELLANOVA, P., LETMATHE, P., BLANK, L.M., WEBER, R., BRACK, W., VAN DONGEN, J.T., MENZEL, L., HECKER, M., SCHÜTTRUMPF, H. & HOLLERT, H. (2022): Remobilization of pollutants during extreme flood events poses severe risks to human and environmental health. – *Journal of Hazardous Materials*, Vol. **421**:1–11; Amsterdam.
- DU LAING, G., RINKLEBE, J., VANDECASTEELE, B., MEERS, E. & TACK, F.M.G. (2009): Trace metal behaviour in estuarine and riverine floodplain soils and sediments: A review. – *Science of The Total Environment*, Vol. 407, Issue **13**: 3972–3985; Amsterdam.
- FARRENSCHON, J. & OESTERREICH, B. (2008): Erläuterungen zu Blatt 4519 Marsberg – Geol. Karte Nordrhein-Westfalen 1 : 25 000, 2. Aufl., 216 S.; Krefeld.
- FRIEDRICH, K., KASEL, H., LÜGGER, K., SCHMANKE, M. & VORDERBRÜGGE, T. (2003): Erfassungsstandard Boden/Bodenschutz Hessen. – 1. Aufl.; Wiesbaden. [<https://www.hlnug.de/static/medien/boden/fisbo/erfst/index.html>, Stand: 31.10.2022].
- GD NRW – Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen (2017): Geologie im Rheinischen Schiefergebirge. Teil 3: Sauer- und Siegerland. – 244 S.; Krefeld.
- GRUNEWALD, K. & WEBER, C. (2007): Auenböden als Schadstoffsенke? Nutzungsrisiken im Elbe-Muldegebiet. – In: ZEPP, H. (Hrsg.): *Ökologische Problemräume Deutschlands*: 181–204; Darmstadt.
- HEMBROCK-HEGER, A. (2000): Persistente Schadstoffe in Böden von Überschwemmungsgebieten in NRW – Untersuchungen in Rhein- und Lippeauen. – In: FRIESE, K., WITTER, B., MIEHLICH, G. & RODE, M. (Hrsg.): *Stoffhaushalt von Auen-ökosystemen*: 379–388; Berlin.
- HLfU – Hessische Landesanstalt für Umwelt (1997): Orientierende Messungen gefährlicher Stoffe. Landesweite Untersuchungen auf organische Spurenverunreinigungen in hessischen Fließgewässern, Abwässern und Klärschlämmen 1991–1996. – Umweltplanung, Arbeits- und Umweltschutz, Heft **233**; Wiesbaden.
- HLUG – Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (2012): Vorsorgender Bodenschutz bei Baumaßnahmen zur Verbesserung der Gewässerstruktur und der Durchgängigkeit. – Böden und Bodenschutz in Hessen, Heft **10**; Wiesbaden.
- HLUG – Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (2014): Persistente organische Schadstoffe in landwirtschaftlich genutzten Böden Hessens. – Böden und Bodenschutz in Hessen, Heft **11**; Wiesbaden.
- HLNUG – Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (2017): Hintergrundwerte organischer Schadstoffe in hessischen Böden. [[https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/boden/hgw/2017\\_HGW\\_Organik\\_Internet\\_PCDD\\_F\\_dIPCB.pdf](https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/boden/hgw/2017_HGW_Organik_Internet_PCDD_F_dIPCB.pdf), Stand: 31.10.2022].
- HOLLERT, H., BRINKMANN, M., HUDJETZ, S., COFALLA, C. & SCHÜTTRUMPF, H. (2014): Hochwasser – ein unterschätztes Risiko. Schadstoffe als „Zeitbomben“ im Sediment. – *Biologie in unserer Zeit*, **1/2014**: 44–51; Weinheim.
- KRAUSE, G.H.M., DELSCHEN, T., FÜRST, P. & HEIN, D. (1993): Polychlorierte Dibenzodioxine und -furane (PCDD/F). Teil 1–Teil 3: Bewertung der Belastung durch PCDD/F aus der ehemaligen Kupfergewinnung im Raum Marsberg, NRW. Teil 1: PCDD/F in Böden, Vegetation und Kuhmilch. – *Umweltwissenschaften und Schadstoff-Forschung (UWSF): Zeitschrift für Umweltchemie und Ökotoxikologie*, **5 (4)**: 194–215; Landsberg/Lech.
- LABO – Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (2007): Maßnahmenkonzept zur verschmutzungsarmen Nutzpflanzenernte (Kurzfassung) – Handlungsempfehlungen für die Bodenschutzbehörden für Bewirtschaftungsbeschränkungen auf landwirtschaftlichen Nutzflächen bei schädlichen Bodenveränderungen. – 26 S.; Berlin. [[https://www.labo-deutschland.de/documents/33\\_Anlage\\_TOP\\_14\\_Nutzpflanzenente\\_kurz\\_1cc.pdf](https://www.labo-deutschland.de/documents/33_Anlage_TOP_14_Nutzpflanzenente_kurz_1cc.pdf), Stand: 31.10.2022].

- LABO – Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (2017): Hintergrundwerte für anorganische und organische Stoffe in Böden. – 4. überarbeitete und ergänzte Auflage, 41 S.; Berlin. [[https://www.labo-deutschland.de/documents/LABO-HGW-Text\\_4e3.pdf](https://www.labo-deutschland.de/documents/LABO-HGW-Text_4e3.pdf), [https://www.labo-deutschland.de/documents/Hintergrundwerte\\_Anhang\\_a79.pdf](https://www.labo-deutschland.de/documents/Hintergrundwerte_Anhang_a79.pdf), Stand: 31.10.2022].
- LANUV – Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (2009): Dioxine und PCB in der Umwelt – Böden und Pflanzen aus Überschwemmungsgebieten, Fließgewässersedimente sowie Lebens- und Futtermittel. – Jahresbericht 2008: 15–22; Recklinghausen.
- LANUV – Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (2011): Handlungsempfehlungen zur Minimierung der Dioxin- und PCB-Anreicherung in der Lebensmittelkette. – 3 S.; Recklinghausen. [[https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuv/verbraucher/sicherheit/pdf/2011\\_06\\_01%20Handlungsempfehlung\\_Dioxin%20und%20PCB.pdf](https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuv/verbraucher/sicherheit/pdf/2011_06_01%20Handlungsempfehlung_Dioxin%20und%20PCB.pdf), Stand: 31.10.2022].
- LLH – Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen (2013a): Schadstoffaufnahme bei der Tierfütterung vermeiden. Teil I: Futterernte vom Grünland – 2 S.; Kassel.
- LLH – Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen (2013b): Schadstoffaufnahme bei der Tierfütterung vermeiden. Teil II: Hinweis zur Weidehaltung und Fütterung von Schafen und Rindern. – 2 S.; Kassel.
- LWK Niedersachsen – Landwirtschaftskammer Niedersachsen (2022): Hinweise zur Bewirtschaftung von Grünlandflächen in Überschwemmungsgebieten an Flusssauen in Niedersachsen. – Merkblatt, 4 S.; Oldenburg. [<https://www.lwk-niedersachsen.de/services/download.cfm?file=38433>, Stand: 31.10.2022].
- MOLDENHAUER, K.-M. (1996): Schwermetalle und organische Schadstoffe in Hochwassersedimenten und Böden hessischer Auen. – Geologisches Jahrbuch Hessen, **124**: 191–213; Wiesbaden.
- RINKLEBE, J., FRANKE, C. & NEUE, H.-U. (2007): Aggregation of Floodplain Soils as an Instrument for Predicting Concentrations of Nutrients and Pollutants. – *Geoderma*, **141**: 210–223; Amsterdam.
- STEINWEG, B. & KERTH, M. (2004): Digitale Bodenbelastungskarten für emittentenferne Gebiete in Ostwestfalen-Lippe (Nordrhein-Westfalen). – *Zeitschrift für Bodenschutz*, **4**: 118–123; Berlin.
- THEISEN, J., MAULSHAGEN, A. & FUCHS, J. (1993): Organic and inorganic substances in the copper slag „Kieselrot“. – *Chemosphere*, **26(5)**: 881–896; Amsterdam.
- UBA – Umweltbundesamt (Hrsg.) (2021): Schadstoffe in Böden nach Hochwasserereignissen – Extreme Starkregen- und Hochwasserereignisse können einen deutlichen stofflichen Fußabdruck in Böden hinterlassen. – 3 S.; Dessau-Roßlau.



# Werden PFAS in Böden durch biologische Prozesse mobilisiert?

## Ein einjähriger Laborversuch gibt Hinweise

G 3

VOLKER ZEISBERGER

### Allgemeines

Als PFC oder PFAS wird eine Gruppe fluorierter organischer Stoffe bezeichnet, die in zahlreichen Industrie- und Haushaltsprodukten enthalten sind. Neben den bekanntesten Anwendungen als Imprägniermittel (z. B. bei fettdichten Lebensmittelverpackungen, Sonnenschirmen, Markisen, Spezialpapieren, Steinbodenpflegemitteln) und Bestandteil spezieller Löschschäume (AFFF-Schäume) gibt es vielfältige weitere Einsatzgebiete: Latex- und Fassadenfarben, Wärmeträgerflüssigkeiten, Skiwachs, Zahnseide usw. [1]. Die Abkürzung PFC steht für per- und polyfluorierte Chemikalien. In der wissenschaftlichen Literatur hat sich die Bezeichnung PFAS (per- and polyfluoro alkyl substances) durchgesetzt. Beide Begriffe können in der Regel synonym angewandt werden. Im Folgenden wird der Begriff PFAS verwendet.

Wie so oft liegen Fluch und Segen dicht beieinander. PFAS haben sehr attraktive Stoffeigenschaften, vor allem eine sehr hohe Beständigkeit gegen Umwelteinflüsse, so dass PFAS als Produkte sehr langlebig sind bzw. die gewünschten positiven Produkteigenschaften lange anhalten. Diese Persistenz wird durch die sehr stabilen Fluor-Kohlenstoff-Verbindungen bewirkt. Der genannte Vorteil erweist sich dann als Nachteil, wenn PFAS in die Umwelt gelangen: mit Abfällen, im Abwasser, als Spurenstoffe in Gewässern und Böden, im Trinkwasser und in Nahrungsmitteln. Sie sind extrem stabil und reichern sich in Umweltmedien an. Daher sind einige der PFAS mittlerweile verboten (PFOS, PFOA). Es gibt aktuelle Veröffentlichungen, die sich mit den Einsatzgebieten, der Analytik und der Bewertung von PFAS befassen [2, 3].

Für den hier vorgestellten Laborversuch „Abbau/Mobilisierung von PFAS in Böden“ ist von besonderer Relevanz:

- Anstelle der früher verwendeten **perfluorierten** PFAS werden derzeit nahezu ausschließlich **polyfluorierte** PFAS produziert und verwendet. Es gibt mehrere Tausend polyfluorierte PFAS im Handel.
- Aktuell haben sogenannte **Fluorcarbonharze**, die zu den polyfluorierten PFAS zählen, ein breites Anwendungsgebiet (s. u.).
- Zwar ist die Analytik für **perfluorierte** PFAS mittlerweile etabliert, jedoch können viele der **polyfluorierten** PFAS entweder nicht oder nur mit Spezialanalytik (TOP, AOF) nachgewiesen werden.
- Die oben genannten Fluorcarbonharze sind nicht mobil. Sie können mit der Standardanalytik nicht nachgewiesen werden. Unklar ist, ob Fluorcarbonharze mit Spezialverfahren wie dem TOP-Verfahren (s. u.), bestimmbar sind.
- Hinsichtlich der Persistenz der Stoffe gilt: **Perfluorierte** Chemikalien sind nicht abbaubar; **polyfluorierte** Chemikalien sind zwar teilweise abbaubar, jedoch entstehen dabei **perfluorierte** Stoffe als finales Abbauprodukt.
- Vermutlich sind beim o. g. Abbau biologische Abbauprozesse von besonderer Bedeutung. Diese können in Böden und Gewässern durch Mikroorganismen bewirkt werden.
- Die Laborversuche sollen Hinweise geben, ob folgendes Szenario plausibel ist: Derzeit werden **polyfluorierte** Chemikalien wie Fluorcarbonharze eingesetzt und gelangen zumindest teilweise in die Umwelt. Die polyfluorierten Chemikalien sind weder mobil noch analysierbar, so dass diese Stoffe in der Umwelt unerkannt bleiben. Allerdings finden im Laufe der Zeit Abbauprozesse statt, bei denen die **polyfluorierten** in **perfluorierte** Chemikalien umgewandelt werden. Diese sind i. d. R. sowohl mobil als auch analysierbar und können somit in Böden, Gewässern und Nahrungsmitteln nachgewiesen werden.

## Fluorcarbonharze

Fluorcarbonharze sind häufig verwendete **poly**fluorierte Chemikalien. Es sind fluorhaltige Makromoleküle auf der Basis von Polyacrylaten, Polymethacrylaten oder Polyurethanen, die fluorhaltige Seitenketten aufweisen. Abbildung 1 zeigt beispielhaft ein Fluorcarbonharz auf der Basis von Polyacrylat. Das Polyacrylat-Polymer bildet eine lange Kohlenstoffkette (Hauptkette), in der Abbildung als waagrechte Zickzacklinie dargestellt. Die Polymerkette weist funktionelle Gruppen auf:

- Crosslinker bewirken die Vernetzung der Polymerkette mit dem zu schützenden Material, beispielsweise Papier oder Textil.
- Esterbindungen stellen die Verbindungen zwischen der Hauptkette und den Seitenketten her. Die Seitenketten sind zum Teil fluoriert (rote Linie), zum anderen Teil nicht-fluoriert (hellblaue Linie). Durch Variation der Kettenlängen der Haupt- und Seitenketten können die chemischen Eigenschaften der Fluorcarbonharze beeinflusst werden, ebenso durch das Verhältnis von fluorierten zu nicht-fluorierten Seitenketten.

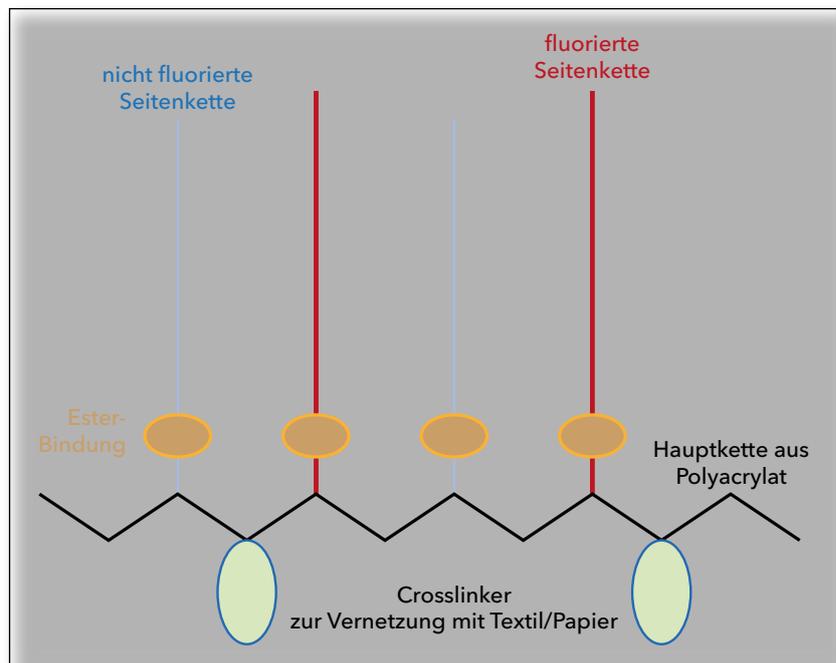


Abb. 1: Chemische Struktur eines Fluorcarbonharzes

Im Laborversuch wurden Fluorcarbonharze untersucht, die laut Herstellerangaben fluorierte Seitenketten von 6 Kohlenstoffatomen Länge aufweisen. Weitere Details zu den verwendeten Chemikalien sind nicht bekannt.

## Analysenverfahren

PFAS mit kurzen und mittleren Kettenlängen (max. 6 fluorierte Kohlenstoffatome) sind vergleichsweise gut wasserlöslich. Da die PFAS-Bestimmungsgrenzen bei Feststoffuntersuchungen wesentlich höher sind als in wässrigen Medien, ist es sinnvoll, PFAS-haltige Bodenproben mit Wasser zu eluieren und die PFAS im Eluat zu messen. Bei den Laborversuchen wurde ein Elutionsverfahren mit dem Wasser-Feststoffverhältnis 2 zu 1 eingesetzt (DIN 19529). Von jeder Eluat-Probe wurde ein Teil direkt (native Probe) und ein Teil nach Vorbehandlung mittels TOP-Verfahren (TOP-Probe) analysiert.

Beim TOP-Verfahren (total oxidizable precursor) wird die Probe zunächst einer starken Oxidation unterworfen, bei der sich die (mittels Standardanalytik nicht-analysierbaren) **poly**fluorierten Verbindungen in (analysierbare) **per**fluorierte Verbindungen umwandeln. Anschließend erfolgt die Analyse analog zur nativen Probe nach DIN 38407-42. Nun werden die Ergebnisse der TOP-Probe und der nativen Probe verglichen. Enthält die TOP-Probe deutlich mehr PFAS als die native Probe, ist dies ein Nachweis, dass die untersuchte Bodenprobe **poly**fluorierte PFAS enthält.

## Konzeption des Laborversuchs „Abbau / Mobilisierung von PFAS in Böden“

Der Versuchsaufbau wurde gemeinsam vom DVGW-Technologiezentrum Wasser (TZW) und vom HL-NUG entwickelt. Die Laborversuche fanden beim TZW in Karlsruhe statt. Die Fragestellungen lauteten: In welchem Umfang bewirken biologische Abbauprozesse die Freisetzung/Mobilisierung analytisch nachweisbarer PFAS? Sind Fluorcarbonharze als relevante Quelle für PFAS in Böden, Gewässern und Lebensmitteln anzusehen?

Gemische aus sandigem Boden und 5 % Kompost wurden mit PFAS-haltigen Materialien versetzt:

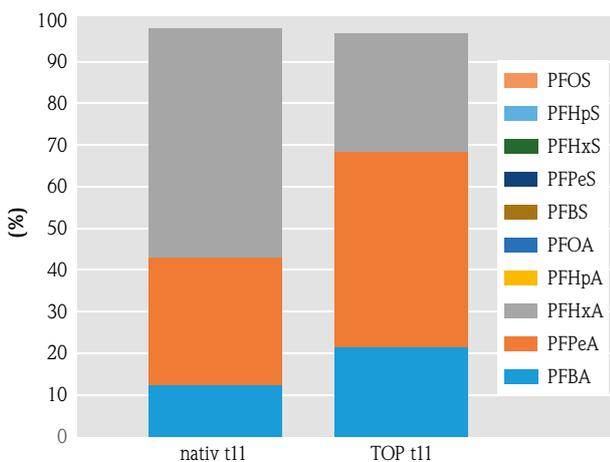
- Imprägniermittel (Fluorcarbonharz mit fluorierten Seitenketten von 6 Kohlenstoffatomen Länge)
- Textil, mit dem o. g. Imprägniermittel behandelt
- Papier, mit einem Imprägniermittel ähnlich dem o. g. Imprägniermittel behandelt.

Die Boden-Kompost-Gemische wurden ein knappes Jahr befeuchtet, um aerobe biologische Abbauprozesse zu fördern. Zu Beginn der Versuche sowie nach 2,5, nach 4,5 und nach 11 Monaten wurden Teilproben entnommen und wie oben beschrieben analysiert.

## Ergebnisse

Die Untersuchungen der drei Materialien (Imprägniermittel, imprägniertes Textil, imprägniertes Papier) zeigten ein ähnliches Freisetzungsverhalten. Beispielhaft werden die Ergebnisse für das Imprägniermittel dargestellt. Da die einzelnen PFAS unterschiedliche Fluoranteile aufweisen, ist es sinnvoll, zusätzlich zu den PFAS-Konzentrationen auch die molaren Fluor-Konzentrationen [ $\mu\text{mol/l}$ ] anzugeben.

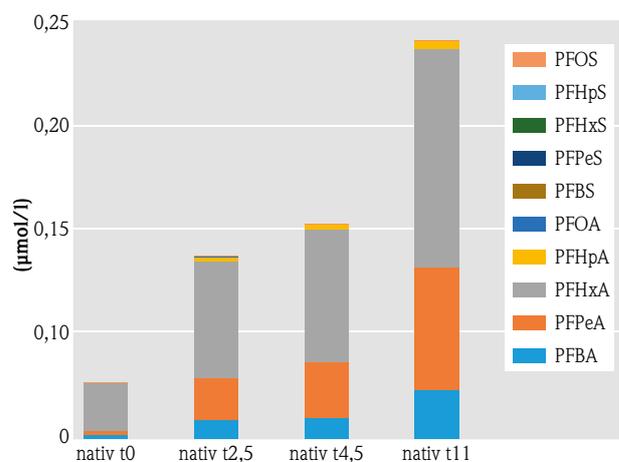
Sowohl bei den nativen Proben als auch bei den TOP-Proben treten drei PFAS in besonders hohen Konzentrationen auf (Abb. 2):



**Abb. 2:** Anteile einzelner PFAS in den Proben „Boden+Kompost+Imprägniermittel“ nach 11 Monaten Versuchsdauer

- PFBA Perfluorbutansäure (perfluorierte 3er-Kette)
- PFPeA Perfluorpentansäure (perfluorierte 4er-Kette)
- PFHxA Perfluorhexansäure (perfluorierte 5er-Kette)

Dies zeigt, dass im „Fluorcarbonharz mit fluorierten 6er-Seitenketten“ keine langkettigen (und vergleichsweise humantoxischen) PFAS enthalten sind, also keine Kettenlängen von 7 und mehr. Es dominieren die perfluorierten Carbonsäuren mit den



**Abb. 3:** PFAS-Konzentrationen im Versuchsverlauf (11 Monate) bei nativen Proben

Kettenlängen 4 bis 6. Dagegen treten perfluorierte Sulfonsäuren nur untergeordnet auf. Dass beim TOP-Verfahren als Folge der Oxidation eine Verkürzung der Ketten auftritt (hier: von der Kettenlänge 6 auf 5 bzw. 4), ist aus der Literatur bekannt. Auch bei biologischen Prozessen scheint eine Verkürzung der Ketten eine Rolle zu spielen.

Bei den nativen Proben ist mit zunehmender Versuchsdauer eine annähernd lineare Zunahme der PFAS-Konzentrationen zu erkennen. Nach 11 Monaten haben sich die Konzentrationen um den Faktor 6 erhöht (Abb. 3).

Bei den TOP-Proben ist dagegen keine relevante Zunahme der PFAS-Konzentrationen zu erkennen (Abb. 4). Die TOP-Konzentrationen sind etwa 4-fach höher als bei den nativen Proben nach 11 Monaten Versuchsdauer.

Es wurde bilanziert, welcher Anteil des im Imprägniermittel enthaltenen Fluors im Versuchsverlauf freigesetzt und mobilisiert wurde. Dabei zeigte sich, dass weniger als 0,5 % des vorhandenen Fluors mit dem TOP-Verfahren nachweisbar ist; bei den nativen Proben lag der Anteil sogar nur bei ca. 0,1 %. Die Ergebnisse für das imprägnierte Papier und Textil waren vergleichbar.

## Interpretation und offene Fragen

Die Laborversuche „Abbau/Mobilisierung von PFAS in Böden“ lassen folgende Interpretationen zu:

- Gelangen Fluorcarbonharze in Böden oder Gewässer, ist von einer Freisetzung perfluorierter PFAS auszugehen.
- Bei den nativen Proben wurden nach einem

knappen Jahr 6-fach höhere Konzentrationen gemessen als zu Versuchsbeginn. Der Anstieg der Konzentrationen im Versuchsverlauf verlief annähernd linear. Bei längerer Versuchsdauer ist von weiter steigenden Konzentrationen auszugehen. Es ist plausibel, dass biologische Abbauprozesse die Hauptursache für den Anstieg sind.

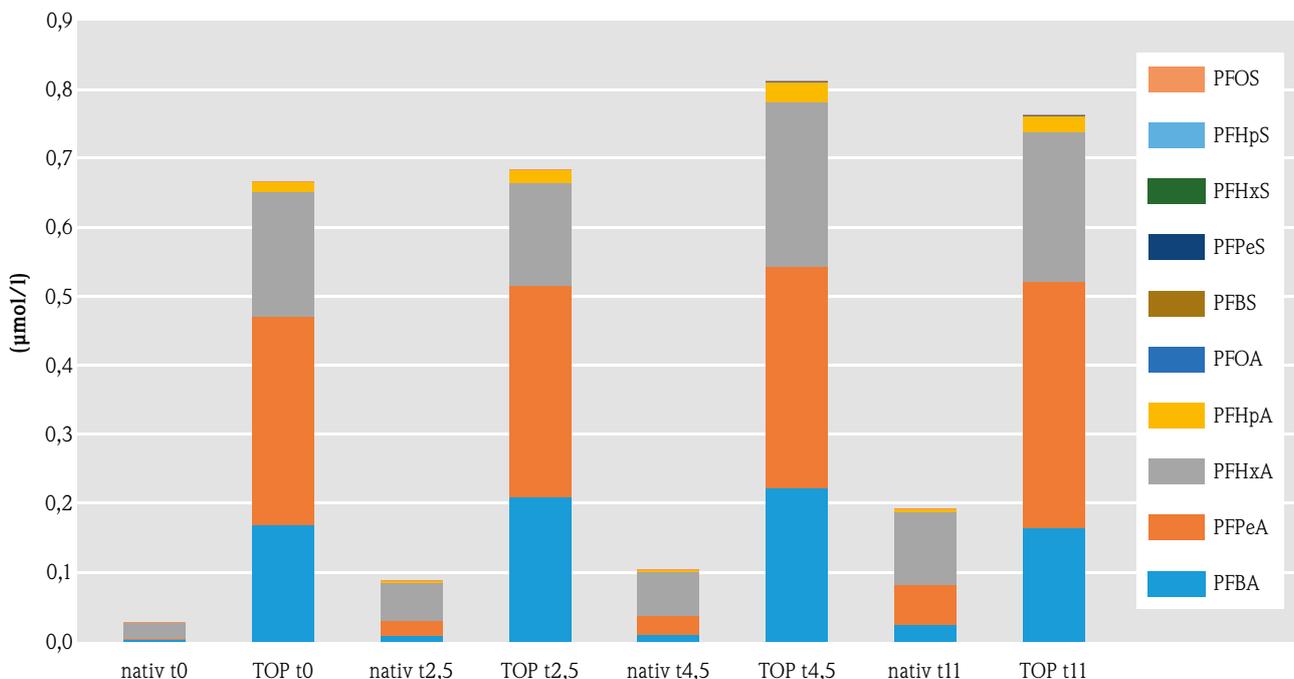


Abb. 4: PFAS-Konzentrationen im Versuchsverlauf (11 Monate) bei nativen Proben sowie bei TOP-Proben

- Bei den TOP-Proben wurden deutlich höhere Konzentrationen als bei den nativen Proben gefunden (ca. Faktor 4, nach 11 Monaten). Da im Versuchsverlauf kein relevanter Anstieg der PFAS-Konzentrationen erkennbar war, scheinen biologische Abbauprozesse nur einen geringen Einfluss auf das TOP-Verfahren zu haben.
- Es ist zu erwarten, dass sich die Konzentrationen bei längerer Versuchsdauer (mehrere Jahre) in den nativen Proben und in den TOP-Proben angleichen. Somit ist mit dem TOP-Verfahren ein „Blick in die Zukunft“ möglich.
- Auch mit dem TOP-Verfahren sind nur ca. 0,5 % der eingesetzten PFAS (Fluorcarbonharze) nachweisbar. Dies deutet darauf hin, dass über 99 % der PFAS (Fluorcarbonharze) noch im Boden vorhanden sind, entweder gebunden am ursprünglichen Material (Textil, Papier) oder am Bodenkorn.

Somit sind zwei Szenarien denkbar:

1. Nicht-mobile PFAS (hier: Fluorcarbonharze) sind so stabil, dass eine Freisetzung mobiler PFAS in die Umwelt nur extrem langsam erfolgt. Mobilisiert werden vor allem Produktverunreinigungen; dies sind fluorierte Ketten, die nicht an die Hauptkette gebunden sind. Für den Pfad Boden-Grundwasser besteht aufgrund der sehr langsamen Freisetzung nur eine geringe Gefährdung. Über andere Wirkungspfade (z. B. Boden-Nutzpflanze-Mensch) können keine Aussagen getroffen werden
2. Nicht-mobile PFAS (hier: Fluorcarbonharze) sind zwar stabil, dennoch werden in der Umwelt in absehbarer Zeit relevante Mengen mobiler PFAS freigesetzt. Auch wenn im Boden bzw. Bodeneluat nur geringe PFAS-Konzentrationen gefunden werden, können nicht-mobile PFAS (hier: Fluorcarbonharze) unerkannt vorliegen und eine bedeutende Quelle für eine langanhaltende PFAS-Freisetzung/Mobilisierung darstellen. Das Freisetzungspotenzial wird also stark unterschätzt.

Ob das optimistische Szenario I. oder das pessimistische Szenario II. zutreffend ist, sollte mit weiteren Versuchen geklärt werden. Bis dahin ist es aus Umwelt- und Vorsorgegründen sinnvoll, vom Szenario II. auszugehen. Die ubiquitäre Verbreitung von PFAS in der Umwelt (Blut, Muttermilch, Wildschweinleber etc.) zeigt, dass bereits jetzt zu hohe Konzentrationen mobiler PFAS vorliegen.

## Literatur

- [1] Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie: PFC – Tausendundeine Verwendungsmöglichkeiten. [[https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/altlasten/PFC/Boeden\\_Altlasten\\_Newsletter\\_2021\\_PFC\\_210831\\_web.pdf](https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/altlasten/PFC/Boeden_Altlasten_Newsletter_2021_PFC_210831_web.pdf)]
- [2] Umweltbundesamt: UBA-Texte 137/2020 Sanierungsmanagement für lokale und flächenhafte PFAS-Kontaminationen. [<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/sanierungsmanagement-fuer-lokale-flaechenhafte-pfas>]
- [3] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz: Leitfaden zur PFAS-Bewertung - Empfehlungen für die bundeseinheitliche Bewertung von Boden- und Gewässerverunreinigungen sowie für die Entsorgung PFAS-haltigen Bodenmaterials. [<https://www.bmu.de/download/leitfaden-zur-pfas-bewertung>]



# Geothermische Erkundung in Baugebieten - eine Initiative des Landes Hessen

G4

JOHANN GERHARD FRITSCH & SVEN RUMOHR

Im Jahr 2021 wurden in Deutschland Treibhausgase in einer Menge von 739 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalenten emittiert, wovon 120 Millionen Tonnen (16 Prozent) auf den Gebäudesektor (Emissionen aus privaten Haushalten, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen) entfielen (UBA 2021b). Rund 60 Prozent des Energieverbrauchs von Gebäuden wurden zum Heizen und zur Warmwasserbereitung verwendet, fast 58 Prozent der Gebäude wurden mit Erdgas und Heizöl beheizt.

Nicht nur im Hinblick auf die Klimakrise, sondern auch hinsichtlich der gravierenden Auswirkungen des Ukrainekriegs auf die Energieversorgung Europas müssen alternative, umweltfreundliche Technologien verstärkt und schnell eingesetzt werden. Neben der energetischen Gebäudesanierung ist dabei die oberflächennahe Nutzung von Geothermie über Erdwärmesonden eine ideale Möglichkeit sowohl für private Bauvorhaben als auch für kommunale und industrielle Gebäude:

- Sie ist grundlastfähig und kann zur Bereitstellung großer Heizleistungen und Wärmemengen genutzt werden. Sie eignet sich somit auch für Bestandsgebäude.
- Sie kann zur Versorgung einzelner Gebäude und ganzer Quartiere genutzt werden.
- Sie kann zur zunehmend wichtigen Gebäudekühlung sowie zur Speicherung von Überschusswärme genutzt werden.
- Die Erschließung kann je nach Situation durch unterschiedliche Systeme wie Erdwärmesonden, Erdwärmekollektoren oder geothermische Brunnen erfolgen.

Die Erdwärmesonde ist dabei die am meisten eingesetzte Erschließungsform, da sie im Vergleich zu Erdwärmekollektoren wenig Fläche benötigt und im Gegensatz zu geothermischen Brunnenanlagen unabhängig von der örtlichen Grundwassersituation immer bedarfsgerecht dimensioniert werden kann. In Hessen wurden bis Ende 2022 etwa 9 500 Erdwärmesondenanlagen (bestehend aus einer oder mehreren Erdwärmesonden) genehmigt, wobei seit dem Spitzenjahr 2006 mit fast 1 400 Anlagen die Zahl bis auf durchschnittlich 250 Anlagen pro Jahr seit 2014 gesunken ist (Abb. 1).

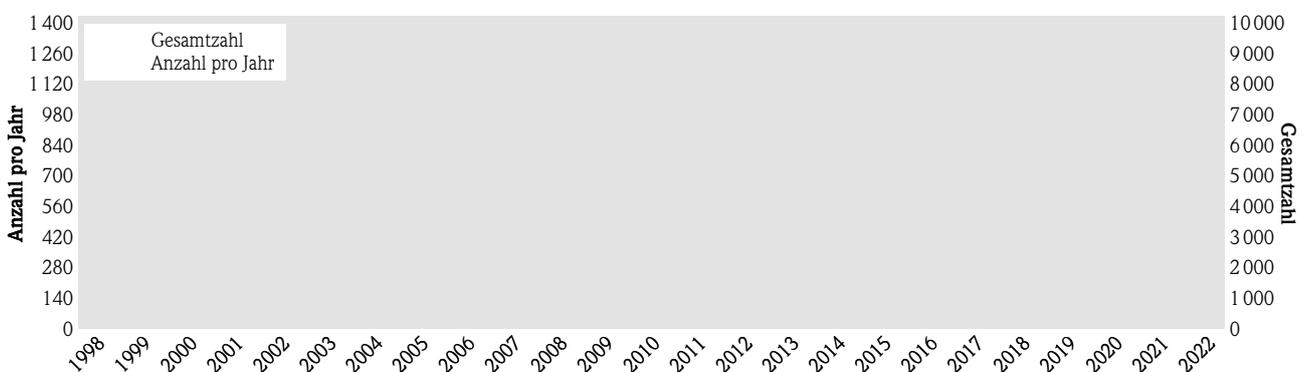
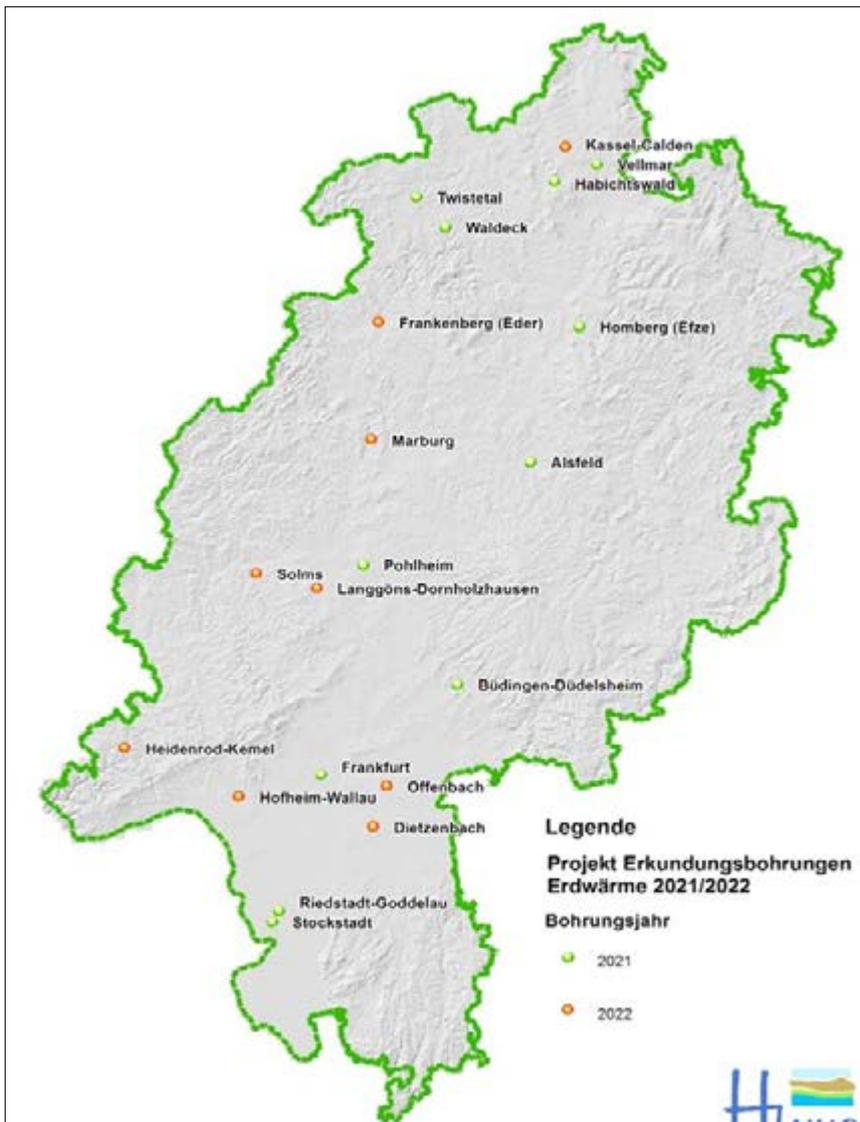


Abb. 1: Gesamtanzahl der genehmigten Erdwärmesondenanlagen in Hessen: etwa 9 500 (soweit dem HLNUG bekannt, Stand Oktober 2022)



**Abb. 2:** Standorte der Erdwärme-Erkundungsbohrungen in der Projektphase 2021/2022

In der Praxis sind die Möglichkeiten der Nutzung von Erdwärme im Bewusstsein von Öffentlichkeit und Planer\*innen immer noch recht wenig verankert. Zudem ist der Weg vom ersten Gedanken bis zur Verwirklichung einer oberflächennahen geothermischen Anlage selbst für gut informierte Interessent\*innen sowie Kommunen nicht immer leicht und auch relativ aufwendig. Eine Erdwärmennutzung muss jedoch sicher planbar, verlässlich und wirtschaftlich sein. Einerseits müssen für eine korrekte Anpassung an den Bedarf eines Gebäudes, also für die technische Auslegung einer Erdwärmesondenanlage, verlässliche und genaue Angaben über den geologischen Untergrund zur Verfügung stehen. Andererseits darf die zukünftig deutlich steigende Zahl von Eingriffen in den Un-

tergrund für das Grundwasser als Hauptquelle für unser Trinkwasser keine Verschlechterung mit sich bringen – deshalb sind hohe Anforderungen an Bau und Betrieb einer Erdwärmesondenanlage zu stellen.

Die sichere Planbarkeit geothermischer Anlagen erfordert also zugängliche geologische, hydrogeologische und geothermische Daten, wie sie bereits heute vom HLNUG mit verschiedenen Viewern bereitgestellt werden, z. B. im Geologieviewer (<https://geologie.hessen.de/>) und im Fachinformationssystem Grundwasser- und Trinkwasserschutz Hessen (<https://gruschu.hessen.de>). Nur mit zuverlässigen Daten kann für jedes Projekt (Einfamilienhaus, Mehrfamilienhaus, Quartier oder Baugebiet, Gewerbegebäude) beziehungsweise für jeden Standort die am besten geeignete geothermische Nutzungsform bestimmt werden.

Zur Unterstützung privater und kommunaler Bauvorhaben bei der Entscheidung für die Nutzung der oberflächennahen Geothermie mittels Erdwärmesonden haben das Hessische Landesamt

für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) und das Hessische Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen (HMWEVW) im Jahr 2019 ein Projekt zur Erhebung geologischer und geothermischer Informationen und Daten für ausgewählte Baugebiete initiiert. Im Rahmen dieses Projekts werden speziell für eng umgrenzte Neubaugebiete über Erkundungsbohrungen detaillierte Informationen über die standörtliche geologische und geothermische Situation gewonnen, die Bürger\*innen, Kommunen und Planer\*innen kostenlos vom HLNUG zur Verfügung gestellt werden (<https://www.hlnug.de/themen/geologie/erdwaerme-geothermie/oberflaechennahe-geothermie/projekt-ong-in-baugebieten>).

Ziele dieses Projekts sind:

- Ein erleichterter Zugang zur Erdwärmenutzung für Bürger\*innen, Kommunen und Gewerbe, indem Wissen über relevante standörtliche Planungsdaten bereitgestellt wird.
- Die Schaffung wichtiger Grundlagen zur Planung effizienter Anlagen, die weder unter- noch überdimensioniert sind.
- Abbau von Unsicherheiten bezüglich des notwendigen Genehmigungsverfahrens.
- Erreichen eines Beitrags zur Reduzierung von Kosten für das Genehmigungsverfahren.

In einer erfolgreichen Pilotphase von HMWEVW und HLNUG wurden zunächst drei Baugebiete (sogenannte Plus-Energie-Siedlungen) in Erzhausen, Münster und Niddatal ausgewählt, in denen im Jahr 2019 Erkundungsbohrungen durchgeführt wurden.

Die guten Erfahrungen führten dazu, dass im Herbst 2021 mit organisatorischer Unterstützung der LEA (LandesEnergieAgentur Hessen) eine weitere Bohrkampagne gestartet wurde, mit der bis Ende 2022 weitere 20 Standorte in Hessen erkundet wurden.

Die durchgeführten Erkundungen beschränken sich auf Bohrtiefen bis maximal 100 m, wie sie auch bei den schon existierenden Anlagen in Hessen dominie-

ren. Sie können mit kleineren Bohrgeräten errichtet werden und die Auswahl an ausführenden Bohrfirmen ist größer. Größere Bohrtiefen haben jedoch auch Vorteile, etwa eine höhere Untergrundtemperatur oder eine Verringerung der Anzahl notwendiger Bohrungen. Bauherr\*innen und Planer\*innen müssen im Einzelfall abwägen, ob Bohrtiefen über 100 m sinnvoll sind.

Neben der Aufnahme der geologischen Abfolge in einem Schichtenverzeichnis durch das HLNUG, der Aufzeichnung hydrogeologischer Daten wie Grundwasserspiegel und der Ermittlung geothermischer Parameter wie Untergrundtemperatur und mittlerer Wärmeleitfähigkeit der gesamten Bohrung durch einen sogenannten Thermal-Response-Test (TRT) war die Erfassung beim Bohren und beim Ausbau beobachteter Besonderheiten und Probleme besonders wichtig. Dies können zum Beispiel Angaben über das Bohrverfahren, über einen (notwendigen) Einbau von Hilfsverrohrung, über starke Grundwasserzutritte, Bohrspülungsverluste, Nachfall, Zugehen der Bohrung, erhöhten Bedarf an Verpressmaterial beim Ausbau und Ähnliches sein, die grundlegende Informationen für weitere Vorhaben im betrachteten Gebiet darstellen. Durch eine genaue Kenntnis von bei der Bohrung aufgetretenen Problemen können grundlegende Vorsorgemaßnahmen für künftige Vorhaben in dem jeweiligen Gebiet abgeleitet werden.



Abb. 3: Erkundungsbohrung für Erdwärme in Riedstadt-Goddelau mit Projektinformation © HLNUG

Bevor die Bohrungen begonnen wurden, hat das HLNUG aufgrund vorhandener Daten wie beispielsweise geologischen Karten, Schichtenverzeichnissen alter Bohrungen und Grundwasserdaten prognostische geologische Informationen für jeden Standort erarbeitet, die Grundlage für die Ausschreibung der Bohrarbeiten und der TRT bildeten. Zudem wurden vom HLNUG, Dezernat W4 Hydrogeologie und Grundwasser, im Rahmen der wasserrechtlichen Erlaubnis hydrogeologische Stellungnahmen zu den einzelnen Vorhaben an die zuständigen Unteren Wasserbehörden abgegeben.

Während der Bohrkampagnen fand eine intensive Öffentlichkeitsarbeit des Projektteams aus HMWEVW, HLNUG, LEA mit der jeweiligen Kommune durch Herausgabe von Pressemeldungen und Flyern sowie durch Vor-Ort-Informationstermine an den Baustellen statt, die durch zahlreiche Berichtserstattungen in der regionalen und überregionalen Presse ihren Niederschlag fand.

Die Ergebnisse der Erkundungen wurden vom HLNUG in einzelnen „Steckbriefen Oberflächennahe Geothermie“ zusammengefasst und um Hinweise zur Bemessung exemplarischer Erdwärmesondenanlagen zum Heizen (typisch für reine Wohngebäude) und zum Heizen und Kühlen (Fallbeispiel Kindertagesstätte) ergänzt. Es werden zudem Hinweise auf geologische Besonderheiten, mögliche Probleme beim Bohren und Gegenmaßnahmen sowie auf die voraussichtlichen behördlichen Anforderungen an die Errichtung und den Betrieb von Erdwärmesondenanlagen unter Berücksichtigung der standörtlichen Situation gegeben.

Die Steckbriefe stehen der Öffentlichkeit auf der Homepage des HLNUG zur Verfügung (<https://www.hlnug.de/themen/geologie/erdwaerme-geothermie/oberflaechennahe-geothermie/projekt-ong-in-baugebieten>).

Eine Fortsetzung des Projekts ist für die nächsten Jahre in Planung.

## Literatur

Umweltbundesamt (UBA 2021b): Klimaschutz in Zahlen. Fakten, Trends und Impulse deutscher Klimapolitik. Ausgabe 2021. [https://www.bmu.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Pool/Broschueren/klimaschutz\\_zahlen\\_2021\\_bf.pdf](https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/klimaschutz_zahlen_2021_bf.pdf) (aufgerufen am 07.11.2022)



# Neues aus dem HLNUG

## Publikationen 2022

Die hier aufgeführten Neuerscheinungen des Jahres 2022 können Sie bei uns unter <https://www.hlnug.de/publikationen> bestellen. Dort finden Sie darüber hinaus eine Vielzahl weiterer Karten, Daten und Schriften des HLNUG, einige können Sie auch als PDF-Datei herunterladen.



Schriftenreihe: Böden und Bodenschutz in Hessen

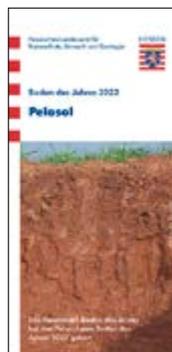
Die Weinbergsböden von Hessen

Heft 7

2. überarbeitete Ausgabe

Jahrgang 2022

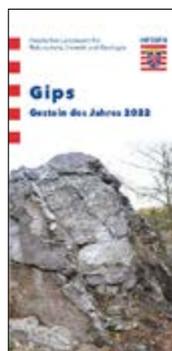
Format: gebunden



Boden des Jahres 2022 - Pelosol

Jahrgang 2022

Format: Flyer



Gestein des Jahres 2022 - Gips

Jahrgang 2022

Format: Flyer



### Boden und Altlasten - Nachrichten aus Hessen

Jahrgang 2022  
Format: gebunden



### Wandkalender 2023 „Wasser in Hessen“

Jahrgang 2022  
Format: gebunden  
Wandkalender mit 12 farbigen Monatsblättern  
Maße ca. 42 cm x 29 cm  
Preis: 9 €



### Schriftenreihe: Hydrologie in Hessen

#### Gewässerkundlicher Jahresbericht 2021

Heft 24  
Jahrgang 2022  
Format: gebunden  
ISBN 978-3-89026-724-1  
ISSN 1438-7859



#### Lufthygienischer Jahresbericht 2021

Jahrgang 2021  
Format: gebunden



### Hessische Lebensraum- und Biotopkartierung (HLBK)

Band 8  
Jahrgang 2022  
Format: gebunden  
ISSN: 2512-9724  
ISBN 978-3-89026-937-



### Rote Liste der Schnellkäfer Hessens

1. Fassung  
Jahrgang 2022  
Format: gebunden  
ISSN: 1617-4038  
ISBN: 978-3-89026-395-3



### Rote Liste der Armleuchteralgen Hessens

3. Fassung  
Jahrgang 2022  
Format: gebunden als  
ISSN: 1617-4038  
ISBN: 978-3-89026-397-7



### Hilfe für die Turteltaube

Jahrgang 2022  
Format: Flyer



Schriftenreihe:  
Exkursionen

Stadtklimaspaziergang Wiesbaden

Jahrgang 2022  
Format: gebunden



Schriftenreihe:  
Klimawandel in Hessen - Schwerpunktthema

Stadt-Klima-Analyse - Wie Ihre Kommune davon profitieren kann

Jahrgang 2022  
Format: gebunden



Schriftenreihe:  
Klimawandel in Hessen - Schwerpunktthema

Satellitenfernerkundung in Hessen - Mit Hitzekarten Hessens Hot Spots erkennen

Jahrgang 2022  
Format: gebunden

## Veröffentlichungen in Publikationsorganen außerhalb des HLNUG

- ACKERMANN, N., AMLER, M.R.W., FRIEDEL, J.C., HERBIG, H.-G., HEGGEMANN, H. & PANEK, N. (2019): „Tiefschürfende“ Erkenntnisse aus dem Steinbruch „Horst“ – ein Schurf in den unterkarbonischen Schiefen nahe Battenberg-Laisa.– *Hessen-Archäologie 2019 (2020)*, S. 45–50; Wiesbaden.
- ALBERT, K. (2022): Fast 20 Jahre Artenhilfskonzept Sand-Silberscharte – eine Erfolgsgeschichte. Sonderbericht: Landwirtschaft & Naturschutz, Biodiversitätsmaßnahmen im Offenland. Hessischer Biodiversitätsbericht. (erschienen Oktober 2022). Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz.
- AMLER, M.R.W., RÖHLING, H.-G., KAUFFMANN, G., HEGGEMANN, H., RADIES, D. & WEHRMANN, A. (2021): The Central European Basin III: Sedimentology, Facies, (Bio-)Stratigraphy, and Applied Geology – Dedicated to Prof. Dr. Klaus-Werner Tietze (1937–2019). – *Z. Dt. Ges. Geowiss.*, 172: 395–399, Stuttgart.
- AMLER, M.R.W., KAUFFMANN, G., RÖHLING, H.-G., HEGGEMANN, H., RADIES, D., WEHRMANN, A. & DIEDERICH, F. (2021): Klaus-Werner Tietze (1937–2019). – *Z. Dt. Ges. Geowiss.*, 172: 401–408, Stuttgart.
- BASILE, M., KRISTÍN, A., MIKUSIŃSKI, G., THORN, S., ŽMIHORSKI, M., PASINELLI, G. & BROCKERHOFF, E.G. (2022): Salvage logging strongly affects woodpecker abundance and reproduction: a meta-analysis. *Current Forestry Reports*.
- BUDDE, H., HOSELMANN, C., RADTKE, G., HEGGEMANN, H. & LEHNÉ, R. (2022): Geologische 3D-Modellierung in der Untermainebene. – *Hessischer Umwelt-Monitor*, 2: 3–11, 7 Abb.; Wiesbaden.
- BUSSE, A., CIZEK, L., ČÍŽKOVÁ, P., DRAG, L., DVORAK, V., FOIT, J., HEURICH, M., HUBENÝ, P., KAŠÁK, J., KITTLER, F., KOZEL, P., LETTENMAIER, L., NIGL, L., PROCHÁZKA, J., ROTHACHER, J., STRAUBINGER, C., THORN, S. & MÜLLER, J. (2022): Forest dieback in a protected area triggers the return of the primeval forest specialist *Peltis grossa* (Coleoptera, Trogossitidae). *Conservation Science and Practice* 4 (2): e612.
- CINELLI, G., DE CORT, M. & TOLLEFSEN, T. (Eds.): *European Atlas of Natural Radiation*, Publication Office of the European Union, Luxembourg, 2019. ISBN 978-92-76-08259-0, doi:10.2760/520053, Catalogue number KJ-02-19-425-EN-C, EUR 19425 EN. Printed by Bietlot in Belgium 2019 – 190 pp. – 30.1 cm–42.4 cm.
- CLAUB, M., GESSNER, A., JANICKE, U., KUMMER, V., LOHBERGER, M., MÜLLER, W.J., PETRICH, R., SALZMANN, M., WINKLER, G., ZIMMERMANN, B. (2022), „Grundlagen und Eingangsparameter für die Ausbreitungsmodellierung von Bioaerosolen“, *VDI-Statusreport Mai 2022*.
- FARASHIANI, M.E., BARIMANI VARANDI, H., KAZERANI, F., YARMAND, H., BABAEE, M., THORN, S., LANGE, F., RAFIEI-JAHED, R., MÜLLER, J. & AMINI, S. (2022): A preliminary checklist of saproxylic beetles (Coleoptera) in the Hyrcanian forests of Iran, with distributional data. *Check List* 18 (5): 1063–1120.
- FRANKE, S., PINKERT, S., BRANDL, R. & THORN, S.: (2022) Modeling the extinction risk of European butterflies and odonates. *Ecology and Evolution*.12:e9465.
- GEORGIEV, K., BÄSSLER, C., FELDHAAR, H., HEIBL, C., KARASCH, P., MÜLLER, J., PERLIK, M., WEISS, I. & THORN, S. (2022): Windthrow and salvage logging alter  $\beta$ -diversity of multiple species groups in a mountain spruce forest. *Forest Ecology and Management* 520 (15): 120401.
- GESKE, C. (2022): Das neue Zentrum für Artenvielfalt (ZfA) – gebündelte Fachkompetenz für Naturschutz in Hessen.– *Jahrbuch Naturschutz in Hessen Band 21/2022*: 86–90.
- GESKE, C. (2022): Gebündelte Fachkompetenz – das neue Zentrum für Artenvielfalt in Hessen. *Natur und Landschaft* 97: 15.
- GOLUBIC, S., RADTKE, G., HOOK, J.E. & CAMPBELL, S.E. (in Druck): Ichnotaxonomy of Microboring Traces in Marine Aphotic Depths. – *PalZ*, 97: 75 pp., 18 figs.; Heidelberg (Springer).

- HÄFNER, F., AKOL, M., SCHEYTT, T., MEUSEL, L., RUMOHR, S. & ABRAHAM, T. (2022): Neues Interpretationsprogramm für Thermal-Response-Tests mit überraschenden Ergebnissen. – bbr Leitungsbau, Brunnenbau, Geothermie 06-2022, S. 52–57.
- HEGGEMANN, H. (2020): Liste der lithostratigraphischen Begriffe des Zechsteins. – In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.): Stratigraphie von Deutschland XII. Zechstein. – Schr.-R. dt. Ges. Geowiss., 89: 637–646; Berlin.
- HEGGEMANN, H. & HUG-DIEGEL, N. (2020): Zechstein-Formationen in Nordwest-Hessen. – In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.): Stratigraphie von Deutschland XII. Zechstein. – Schr.-R. dt. Ges. Geowiss., 89: 345–367; Berlin.
- HEGGEMANN, H. & HUG-DIEGEL, N. (2020): Zechstein am Ostrand des Rheinischen Schiefergebirges. – In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.): Stratigraphie von Deutschland XII. Zechstein. – Schr.-R. dt. Ges. Geowiss., 89: 467–484; Berlin.
- HEGGEMANN, H. & HEINRICHS, C. (2021): 1 Einleitung. – In: ADERHOLD, G. & HEINRICHS, C.: Geologie, Boden, Georessourcen und Geogefahren. Rhein-Main-Gebiet, 1: 5–11, 2 Abb., 1 Tab.; Wiesbaden.
- HOMUTH, B. (2022): Neufassung des Erdbebenkataloges des Landes Hessen. – 82. Jahrestagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft: 140; München, 07.–10.03.2022. DOI: <https://doi.org/10.23689/fidgeo-5326>
- HÜBENER, H., STECKING, M., KOLBE, C. (2022): Fließpfadkarten für hessische Kommunen – Erste Erfahrungen. DWD Newsletter Hydrometeorologie Nr. 28, 2022.
- HÜBENER, H., GELHARDT, U., LANG, J. (2022): Improved representativeness of simulated climate using natural units and monthly resolution. *Frontiers in Climate*, 09 September 2022. <https://doi.org/10.3389/fclim.2022.991082>
- HUG-DIEGEL, N. & HEGGEMANN, H. (2020): Zechstein in Wetterau, Spessart und südlichem Vogelsberg. – In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.): Stratigraphie von Deutschland XII. Zechstein. – Schr.-R. dt. Ges. Geowiss., 89: 485–496; Berlin.
- HUG-DIEGEL, N. (2021): Äolische Sandebenen, Fluss- und Playasee-Ablagerungen in der Hessischen Senke: Die Detfurth-Formation (Mittlerer Buntsandstein, Untertrias) zwischen Marburg und Hessisch-Lichtenau. – *Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften Band 172 Heft 4*: 467–521.
- HUG-DIEGEL, N. & KOWALCZYK, G. (2021): Die Kernbohrung Bad Vilbel Kurpark: Rotliegend in Vilbeler Fazies und Gesteine der Gießen-Decke im Untergrund. – *Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften Band 172 Heft 4*: 591–615.
- JANSEN, K., MOHR, C., LÜGGER, K., HELLER, C., SIEMENS, J. & MULDER, I. (2022): Widespread occurrence of quaternary alkylammonium disinfectants in soils of Hesse, Germany. – *Science of the Total Environment*, Volume 857, Part 1, 2023, S. 1–11. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159228>
- KAZERANI, F., SHAMSHEV, I.V., MORINIÈRE, J. & THORN, S. (2022): New records of Empididae and Hybotidae (Insecta: Diptera) from Hyrcanian forest in Iran and Azerbaijan. *Far Eastern Entomologist* 462: 20–28.
- KATZENBACH, R., ZACHERT, J., RADTKE, G., WEIDLE, A. & WERNER, A. (2022): Von Frankfurt bis Wiesbaden - Die stratigraphischen, geotechnischen und geothermischen Besonderheiten der regionalen Baugrund- und Grundwasserverhältnisse. – Baugrundtagung Wiesbaden Oktober 2022.
- KORTMANN, M., ANGELSTAM, P., MAYER, M., LEIBL, F., REICHERT, J., THORN, C., THORN, S. (2022): Disturbance Severity and Human-Nature Relationships: A New Approach to Analyze People's Well-Being along a Bark Beetle Infestation Gradient. *Forests* 2022, 13, 1954. <https://doi.org/10.3390/f13111954>
- KORTMANN, M., ROTH, N., BUSE, J., HILSZCZAŃSKI, J., JAWORSKI, T., MORINIÈRE, J., SEIDL, R., THORN, S. & MÜLLER J.C. (2022): Arthropod dark taxa provide new insights into diversity responses to bark beetle infestations. *Ecological Applications* 32 (2): e2516.
- KRAMM, E., HAGDORN, H. & HEGGEMANN, H. (2020): Der Muschelkalk in Hessen. – In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.): Stratigraphie von Deutschland XIII. Muschelkalk. Schriftenreihe Deutsche Gesellschaft für Geowissenschaften, 91: 744–761, 11 Abb., 1 Tab.; Hannover.

- KRUMMEL, N. (2022): Bundesweit einheitliches Insektenmonitoring. Sonderbericht: Landwirtschaft & Naturschutz, Biodiversitätsmaßnahmen im Offenland. Hessischer Biodiversitätsbericht. (erschienen Oktober 2022). Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz.
- KRUMMEL, N. (2022): Wildbienen- und Wespen-Monitoring in Hessen. Jahrbuch Naturschutz in Hessen. Band 21/2022. (Veröffentlichung im Dezember 2022).
- LEVERKUS, A.B., THORN, S., LINDENMAYER, D.B. & PAUSAS, J.G. (2022): Tree planting goals must account for wildfires. *Science* 376 (6593): 588.
- LOCHMANN, M. (2022), „Ermittlung der umweltbedingten Krankheitslast durch Straßenlärm in Hessen“, Fortschritte der Akustik - DAGA 2022, S. 654. [https://pub.dega-akustik.de/DAGA\\_2022](https://pub.dega-akustik.de/DAGA_2022)
- MAHN, D. (2022): Aktuelles zur Entwicklung von Mähwiesen in Hessen. Sonderbericht: Landwirtschaft & Naturschutz, Biodiversitätsmaßnahmen im Offenland. Hessischer Biodiversitätsbericht. (erschienen Oktober 2022). Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz.
- MAUTE, M. (2022): Zaungäste mit Nachwuchs – neue Wege im Wiesenbrüter-schutz in Hessen. Sonderbericht: Landwirtschaft & Naturschutz, Biodiversitätsmaßnahmen im Offenland. Hessischer Biodiversitätsbericht. (erschienen Oktober 2022). Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz.
- MENNING, M., PIENKOWSKI, G., KÄDING, K.-C., MALETZ, J., KEMNITZ, H., KRAMER, W., BITTMANN, F., HOSELMANN, C., JANSSEN, R., HEGGEMANN, H., HIB, M., & NITSCH, E. (2022): Korrekturen und Ergänzungen zur Stratigraphischen Tabelle von Deutschland 2016 (STD 2016). – Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften (German Journal of Geoscience), 173(1): 161–166; DOI: 10.1127/zdgg/2020/0228.
- MÜLLER, J., BRANDL, R., CADOTTE, M.W., HEIBL, C., BÄSSLER, C., WEIB, I., BIRKHOFFER, K., THORN, S. & SEIBOLD, S. (2022): A replicated study on the response of spider assemblages to regional and local processes. *Ecological Monographs*.
- PAUL, J. & HEGGEMANN, H. (2020): Leine-Karbonat. – In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.): Stratigraphie von Deutschland XII. Zechstein. – Schr.-R. dt. Ges. Geowiss., 89: 277–283; Berlin.
- PAUL, J., HEGGEMANN, H. & HUG-DIEGEL, N. (2020): Einführung in die Stratigraphie des Zechsteins. – In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.): Stratigraphie von Deutschland XII. Zechstein. – Schr.-R. dt. Ges. Geowiss., 89: 19–27; Berlin.
- RADTKE, G. (2022): Buchbesprechung: NUNGESESSER, K. (2021): Das Tertiär des Mainzer Beckens. – GMIT, 88: 102–103, 1 Abb.; München.
- RUSCHKOWSKI VON, E., SILBERNAGEL, L., STEINWEG, U., PASCH, D., BLUMENROTH, N. VOIGT, N. (2022): Wissen-Qualifizieren-Zertifizieren für Artenvielfalt: Ein BANU-Projekt als Beitrag zur Sicherung von Artenkenntniskompetenzen, Natur und Landschaft, 2022/97. Jahrgang: 34–35.
- SALAMON, K., KOŁODZIEJ, B., RADTKE, G., SCHNICK, H.H. & GOLUBIC, S. (2022): Microborings in Jurassic scleractinians: A glimpse into the ancient coral skeleton microbiome. – *Coral Reefs*: 5 pp., 4 figs.; Heidelberg (Springer).
- SCHMIDT, S., BALZER, D., DOMASCHK, P., FUCHS, M., GLASER, S., GRUBE, A., NIX, T., REHBEHN-JOPPIEN, F., REINARTZ, H., SCHILLER, A., SCHMIDTKE, T., SCHÖNBERG, G., STARKE, C. (2021): Geowissenschaftliche Mitteilungen von Thüringen, Band 15, Erdfälle – Empfehlungen zur Sicherung und Erkundung in Deutschland. <https://tlubn.thueringen.de/service/publikationen/geowissenschaftliche-mitteilungen>
- SEBEK, P., CIZEK, L., HAUCK, D., MIKLIN, J., KONVICKA, O., VODKA, S. & THORN, S. (2022): Changes in  $\beta$ -diversity of saproxylic beetles along environmental gradients in temperate forests depend on species relative abundances. *Journal of Biogeography* 49 (3): 551–562.
- SEIBOLD, S. & THORN, S. (2022): Bedeutung von Störungsflächen für den Schutz der Biodiversität in Wäldern. *Naturschutz und Landschaft*.
- SEIBOLD, S., WEISSER, W., AMBARLI, D., GOSSNER, M.M., MORI, A., CADOTTE, M.W., HAGGE, J., BÄSSLER, C. & THORN, S. (2022): Drivers of community assembly change during succession in wood-decomposing beetle communities. *Journal of Animal Ecology*.

- SIRE, L., SCHMIDT YAÑEZ, P., WANG, C., BÉZIERI, A., COURTIAL, B., COURS, J., FONTANETO, D., LARRIEU, L., BOUGET, C., THORN, S., MÜLLER, J., YU, D.W., MONAGHAN, M.T., HERNIOU, E.A. & LOPEZ-VAAMONDE C. (2022): Climate-induced forest dieback drives compositional change in insect communities that is concentrated amongst rare species. *Communications Biology* 5 (1): 57.
- TAMM, A. (2022): Fernerkundung als Methode der Erfassung von Grünland. Sonderbericht: Landwirtschaft & Naturschutz, Biodiversitätsmaßnahmen im Offenland. Hessischer Biodiversitätsbericht. (erschienen Oktober 2022). Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz.
- THORN, S., KAZERANI, F., FARASHIANI, M.E. & MORINIERE, J. (2022): *Triplax sulphuricollis* Reitter, 1887 from the Hyrcanian forests of Iran recognized as a valid species by morphology and barcoding (Coleoptera: Erotylidae). *Zootaxa* 5196 (3).
- THORN, S., KÖNIG, S., FISCHER-LEIPOLD, O., GOMBERT, J., GRIESE, J. & THEIN, J. (2022): Temperature preferences drive additive biotic homogenization of Orthoptera assemblages. *Biology Letters* 18 (5).
- UHL, B., KRAH, F.S., BALDRIAN, P., BRANDL, R., HAGGE, J., MÜLLER, J., THORN, S., VOJTECH, T. & BÄSSLER, C. (2022): Snags, logs, stumps, and microclimate as tools optimizing deadwood enrichment for forest biodiversity. *Biological Conservation* 270.
- UNGEHEUER, F., CAUDILLO, L., DITAS, F., SIMON, M., VAN PINXTEREN, D., KILIC, D., ROSE, D., JACOBI, S., KÜRTEIN, A., CURTIUS, J., VOGEL, A.L. (2022): Nucleation of jet engine oil vapours is a large source of aviation-related ultrafine particles. *Communications Earth & Environment*.
- VILJUR, M.J., ABELLA, S.R., ADÁMEK, M., BARBER, N.A., BEUDERT, B., BURKLE, L.A., CAGNOLO, L., CAMPOS, B.R., CHAO, A., CHERGUI, B., CLEARY, D.F.R., DAVIS, T.S., DECHNIK-VÁZQUEZ, Y.A., DOWNING, W.M., FUENTES-RAMIREZ, A., GANDHI, K.J.K., GEHRING, G., GEORGIEV, K.B., GIMBUTAS, M., GONGALSKY, K.B., GORBUNOVA, A.Y., GREENBERG, G.H., HYLANDER, K., JULES, E.S., KOROBUSHKIN, D.I., KÖSTER, K., KURTH, V., LANHAM, D., LAZARINA, M., LEVERKUS, A.B., LINDENMAYER, D.B., MARTÍN-PINTO, P., MEAVE, J.A., MILLER, S., PETANIDOU, T., PONS, P., POTTS, S.G., RAPOPORT, I.B., RHOADES, P.R., RICHTER, C., SAIFUTDINOV, R.A., SANDERS, N.J., SANTIRÓ, X.S., STEEL, Z., TAVELLA, J., WENDENBURG, C., ZAITSEV, A.S. & THORN, S. (2022): The effect of natural disturbances on forest biodiversity: An ecological synthesis. *Biological Reviews*.
- WEBER, C.J., LÜGGER, K. & HELLER, C. (2022): Mikroplastik in Auenböden der Boden-Dauerbeobachtung - Untersuchungen zur raum-zeitlichen Variabilität am Beispiel Hessens. – *Bodenschutz* 01/22, S. 20-26. <https://doi.org/10.37307/j.1868-7741.2022.01.05>
- WICHMANN, L. (2022): Braunkehlchen – Wiesenbrüter mit ungewisser Zukunft. Sonderbericht: Landwirtschaft & Naturschutz, Biodiversitätsmaßnahmen im Offenland. Hessischer Biodiversitätsbericht. (erschienen Oktober 2022). Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz.

## Vom HLNUG betreute Bachelor- und Masterarbeiten

- AXMANN, JANNIK: Bestimmung von Radonkonzentrationen und hydrochemische Analysen in Grund- und Oberflächenwasser in Kassel und deren Einordnung im geologischen Kontext. – Masterarbeit, Technische Universität Darmstadt
- BACH, KATHARINA: Evaluierung von Renaturierungsmaßnahmen in hessischen Fließgewässern anhand biologischer Qualitätskomponenten – Masterarbeit in Kooperation mit der Goethe-Universität Frankfurt, Fachbereich Biowissenschaften, Abteilung Aquatische Ökotoxikologie und dem Senckenberg Forschungsinstitut und Naturmuseum Frankfurt/Gelnhausen
- BARTMANN, DANIEL: Entwicklung eines Ansatzes zur multikriteriellen Bewertung von Fassadenbegrünung im Gewerbebau – Bachelorarbeit, Hochschule Darmstadt
- BUßMANN, SEBASTIAN: Analyse von Oberflächendeformationen im Zusammenhang mit Schwankungen des Grundwasserspiegels mittels Radarinterferometrie. – Masterarbeit, Technische Universität Darmstadt
- DAUM, JESSICA: Vergleich und Bewertung verschiedener Radonpotenzialkarten für Hessen – Masterarbeit, Technische Universität Darmstadt
- DILEWSKI, JAN: Untersuchung von Boden- und Raumluftkonzentrationen von CO<sub>2</sub> und Radon im Bereich des Sprudelhofs Bad Nauheim. – Masterarbeit, Technische Universität Darmstadt
- ENDLICH, LEONARD: Die Modernisierung eines Reglers zur Druckregelung innerhalb eines Glasreaktors – Bachelorarbeit; Hochschule RheinMain, Fachbereich Ingenieurwissenschaften, Studiengang Elektrotechnik
- ERICH, M.: Rutschungen in Hessen - Eine Gis-gestützte Analyse von Rutschungen am Beispiel der hessischen Rhön. – Masterarbeit der Justus-Liebig-Universität Gießen
- FIEGER, SARAH: Nachweis einer neotektonischen Störung im nördlichen Oberrheingraben mittels 2D Geoelektrik und Radonmessungen. – Masterarbeit, Technische Universität Darmstadt
- FRANK, CHARLOTTE: Erfassung der Einträge von Pestiziden aus Kläranlagen und Siedlungsentwässerungen in Hessen – Masterarbeit an der Hochschule Rhein Main (University of Applied Science Wiesbaden Rüsselheim)
- GRIEBEL, BIANCA: Berührungslose Trennflächenanalyse mittels Laserscanning und Photogrammetrie am Beispiel der Baudenkmäler Burg Ehrenfels und St. Lubentius. – Masterarbeit, Technische Universität Darmstadt
- GÜHNE, SVEN: Messung von Radonbodenluftkonzentrationen über tektonische Strukturen hinweg im Bereich einer neotektonischen Störung (Riedstadt, Kreis Groß-Gerau, Hessen). – Masterarbeit, Technische Universität Darmstadt
- HAVERKAMP, MAXIMILIAN: Entwicklung einer hexagonalen Datenstruktur zur Beschreibung von Volumenkörpern in geowissenschaftlichen Anwendungen. – Masterarbeit, Hochschule Bochum
- HOFFMANN, ANNA: Biostratigraphische Untersuchungen am Bohrkern BK 2/18 aus Flörsheim (Oligozän; Mainzer Becken). Bachelorarbeit, Goethe-Universität Frankfurt am Main
- HOFFMANN, ROSWITHA: Aktueller Stand und Ausblick zur Erfassung, Wiederverwendung und Verwertung von Photovoltaikanlagen – Bachelorarbeit, Hochschule RheinMain, Fachbereich Ingenieurwissenschaften, Studiengang Umwelttechnik
- HÜGLI, TATJANA: Anwendung und Bewertung verschiedener Ansätze zur Interpolation von Grundwasseroberflächen im Raum Darmstadt. – Bachelorarbeit, Technische Universität Darmstadt
- LABONTE, LUC: Thema: Optimierung der kontinuierlichen Ammoniummessung – Bachelor-Thesis an der Technischen Hochschule Mittelhessen, Standort Gießen, Fachbereich 04 – Life Science Engineering (LSE).
- LANGER, RENÉ: Analyse von Mikroplastik in Main und Nidda – Masterarbeit an der Hochschule Rhein Main (University of Applied Science Wiesbaden Rüsselheim)

- LIMAYE, SUDHANWA: Sinkhole detection and analysis using GIS and Python – a case study from eastern Hessen. Masterarbeit, Technische Universität Darmstadt
- MERKER, JAN NIKLAS: Ermittlung von Nitratausträgen aus Forst- und Weinbauflächen in Abhängigkeit vom Niederschlagsgeschehen – Masterarbeit, Institut für Angewandte Geowissenschaften der Technischen Universität Darmstadt
- PELZER, MARC: Fließgewässerbelastung durch Wasserosion und Abschwemmung landwirtschaftlicher Flächen in Hessen – Masterarbeit, Kooperation mit der Goethe-Universität Frankfurt, Fachbereich Biowissenschaften, Abteilung Aquatische Ökotoxikologie
- ROY, SONU: Structural evolution and recent stress field of the Wolfskehlen horst (Northern Upper Rhine Graben) based on geomechanical modelling. – Masterarbeit, Technische Universität Darmstadt
- SCHMIDT, LAURA: Biostratigraphische Untersuchungen im Oligozän im Quartier Kaiserlei (Hanauer Becken). – Masterarbeit, Goethe-Universität Frankfurt am Main
- SCHULTE, CHRISTINA: Nährstoffausträge aus landwirtschaftlichen Flächen über Dränagen in Oberflächengewässer – Auswertung einer Messkampagne in Südhessen – Bachelor-Thesis, Technische Universität Darmstadt
- SCHÄFER, PAUL JONA: Ressourcenschonung durch verlängerte Nutzungszyklen und Wiederverwendung von Laptops im Hessischen Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie – Bachelorarbeit; Hochschule RheinMain, Fachbereich Ingenieurwissenschaften Studiengang Umwelttechnik
- STOCKEMER, JULIAN: Erbebenuntersuchungen im Raum Bad Schwalbach – Bachelorarbeit, Johannes-Gutenberg-Universität Mainz
- THOMALLA, COLLEEN: Elementgehalte in Böden und Oberflächengewässern eines ehemaligen Kupferbergbaugebietes bei Dillenburg in Mittelhessen. – Masterarbeit, Justus-Liebig-Universität Gießen
- VINIL REDDY, KUECHANPALLY: Sinkholes in the Eastern part of Hessen (Germany) – GIS-based mapping and interpretation of phenomena. – Masterarbeit, Technische Universität Darmstadt
- WEDEL, MAITE: Reparatur und Modernisierung im Bereich Textilien – Status Quo in Hessen – Bachelorarbeit, Hochschule RheinMain, Fachbereich Ingenieurwissenschaften Studiengang Umwelttechnik
- ZOBOU GOUNE, NOBEL: Vergleich verschiedener Methoden zur Messung der Radonkonzentration in der Bodenluft im Bereich einer N-S orientierten Störungszone bei Riedstadt. – Masterarbeit, Technische Universität Darmstadt

## Lehrtätigkeit an Universitäten/Hochschulen

Stand: Dezember 2022

DR. GEORG BERTHOLD

Wintersemester 2022/23 an der Hochschule Geisenheim, Vorlesung „Umweltschutz“.

KATJA HAMMER

Hochschule RheinMain, Fachbereich Ingenieurwissenschaften, Veranstaltung: „Umweltinformationssysteme“

PD DR. HEIKE HÜBENER

Justus-Liebig-Universität Gießen, Fachbereich Geographie, Veranstaltung: „Wetteranalyse und Wettervorhersage“

ANNIKA KREIDL

Justus-Liebig-Universität Gießen, Fachbereich Agrarwissenschaften, Ökotoxikologie und Umweltmanagement, Vorlesung „Ressourcenschonung in der hessischen Landesverwaltung: Eine Analyse der Wiederverwendung beweglicher Gegenstände“.

DR. ROUWEN LEHNÉ

Lehrbeauftragter an der Technischen Universität Darmstadt, Institut für Angewandte Geowissenschaften, Veranstaltungen „Einführung in Geoinformationssysteme (GIS)“, „Geoinformationssysteme II“ und „geologische 3D-Modellierung mit GOCAD“.

DR. MATTHIAS LOCHMANN & TINA PAVELT

Hochschule RheinMain, Fachbereich Architektur und Bauingenieurwesen, Veranstaltung: „Immissionsschutz“

DR. GUDRUN RADTKE

Lehrbeauftragte an der Johann-Wolfgang-Goethe Universität Frankfurt, FB Geowissenschaften, Vorlesung und Übungen mit Exkursion „Geologie & Stratigraphie im RheinMain-Gebiet“ und „Bohrkernanalyse“.

Lehrbeauftragte an der Hochschule RheinMain, FB Bauingenieurwesen, Vorlesung und Exkursion „Geologie im Rhein-Main-Gebiet – Steinbruch Dyckerhoff“.

DR. DIANA ROSE

Hochschule RheinMain, Fachbereich Ingenieurwissenschaften, Veranstaltung: „Immissionsmesstechnik“.

PROF. DR. THOMAS SCHMID

Lehrbeauftragter an der Hochschule RheinMain, FB Ingenieurwissenschaften, Vorlesung „Bewertung von Luft“ und „Klimawandel, Klimamodelle und Klimaanpassung“.

DR. DOMINIK WILDANGER

Universität Kassel, Fachbereich 14, Veranstaltung: „Luftreinhaltung – Bestimmung und Bewertung von Emissionen und Immissionen“.

VOLKER ZEISBERGER

Lehrbeauftragter an der Hochschule RheinMain, FB Ingenieurwissenschaften, Vorlesung und Betreuung „Verwendung und Umweltproblematik PFAS-haltiger Löschmittel“.



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

[www.hlnug.de](http://www.hlnug.de)



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