

JAHRESBERICHT 2023



JAHRESBERICHT 2023

des Hessischen Landesamtes für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Wiesbaden, 2024



Für eine lebenswerte Zukunft

VORWORT

Liebe Leserin, lieber Leser,

mit dem hier vorliegenden Jahresbericht für das Jahr 2023 möchten wir Ihnen wieder einen Überblick über die vielfältigen Aufgaben unserer Fachbereiche Wasser, Naturschutz, Luft, Lärm, Klimawandel und Anpassung, Strahlenschutz sowie Geologie geben.

Das Thema Energie und Heizen ist seit dem Winter 2022/2023 verstärkt im Fokus der öffentlichen Aufmerksamkeit. Auch wenn sich die Versorgungslage in der Zwischenzeit wieder etwas entspannt hat, so ist uns doch allen deutlich vor Augen geführt worden, wie abhängig wir nach wie vor von der Zulieferung anderer Länder und großer Konzerne sind. Um diese Abhängigkeit zu überwinden und loszukommen von fossilen Energieträgern, müssen wir verstärkt auf alternative Energieformen setzen. Eine davon, die das HLNUG für Hessen schon seit vielen Jahren - lange vor der Energiekrise - erforscht, ist die Geothermie. Hier bietet beispielsweise die Stadt Frankfurt sehr großes Potenzial: Nirgends sonst wurden in Hessen im Untergrund so hohe Temperaturen gemessen. So finden Sie in diesem Heft einen Bericht über die geothermische Forschungsbohrung am Frankfurter Rebstockbad, die unter wissenschaftlicher Begleitung des HLNUG umgesetzt wurde, um die geothermische Anomalie tief unter der Mainmetropole zu erkunden.

Ein weiterer Beitrag aus unserer Abteilung Geologie ist das Thema Boden-erosion in der Landwirtschaft, das in Zeiten des Klimawandels zunehmend relevanter wird: Starkregenereignisse, die immer häufiger und heftiger auftreten, können vor allem in Hanglagen viel Boden mitreißen, der dann unwiederbringlich verloren ist. Vorsorgende Maßnahmen wie Erosionsschutzstreifen können hier Abhilfe schaffen.

Aus dem Themenbereich Wasser finden Sie in diesem Heft zwei Beiträge zum Gewässerschutz: Der eine befasst sich mit Pestiziden in Fließgewässern, der andere mit Nährstoffeinträgen aus landwirtschaftlichen Drainagen in Grund- und Oberflächengewässer.

Im Naturschutzbereich haben wir 2023 ein neues Meldesystem etabliert, mit dem Sichtungen und Hinweise zum Thema Wölfe ganz einfach online



gemeldet werden können. Unsere neue Kennartenbroschüre, die Landwirtinnen und Landwirte dabei unterstützt, die Kennarten für artenreiches Extensivgrünland zu bestimmen, um dafür eine Prämie zu erhalten, war bereits kurz nach dem Druck der ersten Auflage vergriffen.

Der Klimawandel ist längst auch in Hessen angekommen und schreitet voran. Das HLNUG unterstützt Landkreise, Kommunen und auch alle Bürgerinnen und Bürger auf vielfältige Weise dabei, sich an die Auswirkungen anzupassen. Dazu wurde 2023 im Rahmen des Projekts Klimprax Stadtgrün ein neues Online-Tool entwickelt, welches bei der Auswahl passender klimaresilienter Pflanzenarten für Dach- und Fassadenbegrünung oder Baumpflanzungen unterstützt.

Im Bereich Luftreinhaltung stellen wir Ihnen unsere Arbeit im Luftmessnetz Hessen vor und berichten von einem Projekt zur Messung von Ultrafeinstaubemissionen aus Kaminöfen.

Ein Beitrag aus dem Strahlenschutz informiert über eine Untersuchung zur Strahlenbelastung, der Menschen ausgesetzt sind, die im medizinischen Bereich, etwa in der Brachytherapie, mit Strahlung arbeiten.

Ein besonderes Feld, das alle unsere Fachbereiche tangiert und bereichert, ist die Fernerkundung: Die Daten aus dem All sind für unsere wissenschaftliche Arbeit mittlerweile unerlässlich - ein Beitrag in diesem Heft erläutert, in welchen Bereichen im HLNUG die Fernerkundung Anwendung findet.

Neben den hier kurz vorgestellten und weiteren Themen informieren wir Sie im Jahresbericht 2023 auch über besondere Ereignisse, Neuigkeiten und Publikationen aus dem HLNUG und bieten einen kleinen Blick hinter die Kulissen unseres Amtes.

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



A handwritten signature in blue ink that reads "Thomas Schmid". The signature is written in a cursive, flowing style.

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

INHALT



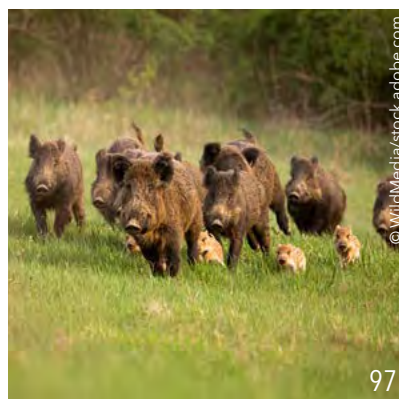
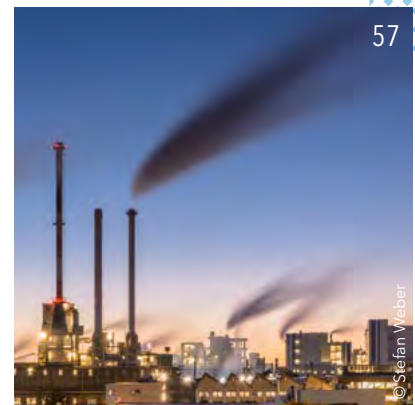
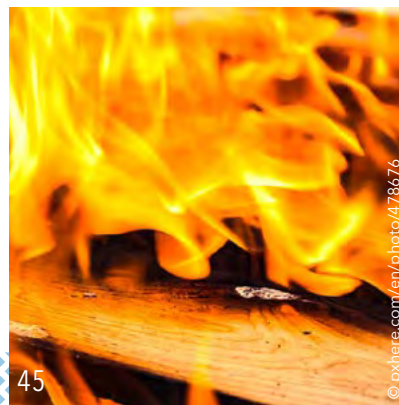
- 4 Inhalt
- 6 Organigramm
- 8 Zahlen und Fakten zum HLNUG im Jahr 2023
- 10 Das HLNUG im Jahr 2023



- 19 Stadtgrün im Klimawandel – Anpassung und Lebensqualität in Städten und Gemeinden
- 31 Luftschadstoffe – Von der Messung bis zum veröffentlichten Wert
- 39 Wenn eine Luftmessstation in die Jahre kommt...



- 45 Emission ultrafeiner Partikel durch Kaminöfen
- 57 Datenangebot des hessischen Emissionskatasters
- 61 Welche Strahlenbelastung geht von medizinischen Einrichtungen aus?



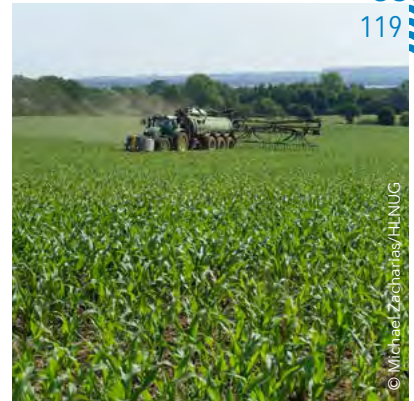
- 77 Artenreichtum im Grünland wird belohnt! Neue Bestimmungshilfe für hessische Kennarten
- 89 Online-System für die Erfassung von Meldungen mit Wolfsverdacht
- 97 Die Wildbiologische Forschungsstelle – erste Einblicke in das jüngste Dezernat des HLNUG



© Jens Mayer/HLNUG

107

- 107 Einträge von Pestiziden in hessische Fließgewässer
- 119 Ermittlung von Nährstoffaussträgern aus Drainagen



119

© Michael Zacharias/HLNUG



© HLNUG

137

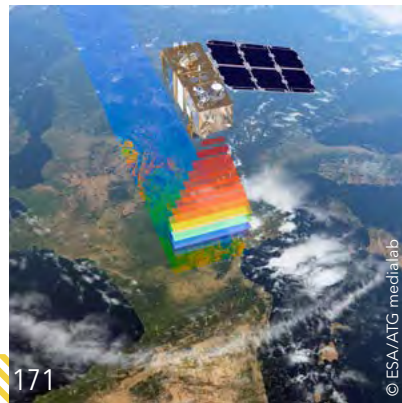
- 137 Die Forschungsbohrung in Frankfurt Rebstock – Erste Ergebnisse
- 153 Bodenerosion durch Wasser in Hessen: Neues von der Gefahrenabwehr



153

© HLNUG

- 171 Hessen aus dem All: Fernerkundung für das Umweltmonitoring
- 189 Neues aus dem HLNUG
- 198 Anhang
- 206 Impressum



171

© ESA/ATG medialab



© HLNUG



© Digitale/Heibel



ORGANIGRAMM

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



ZAHLEN UND FAKTEN ZUM HLNUG IM JAHR 2023

367 118 Hektar



wurden bisher durch die Hessische Lebensraum- und Biotopkartierung kartiert und naturschutzfachlich wertvolle Flächen erfasst.

677 Bohrkerne



sind in den hessischen Bohrkernlagern eingelagert, die insgesamt eine Länge von mehr als 140 km erreichen.

313 überreichte kommunale Fließpfadkarten

100 Rotmilanhorste



konnten im Rahmen des Programms windkraftsensible Vogelarten durch die Staatliche Vogelschutzwarte vertraglich gesichert werden.

51,7 Mio. € Gesamtbudget im Jahr 2023

3019591 = Anzahl der Messwerte
von gesetzlich vorgeschriebenen Luftschadstoffen



Auf 880 Parameter



wurde das Wasser des Mains an der Messstation Bischofsheim untersucht.

415
Beschäftigte
im HLNUG
im Dezember
2023

717 Unter-
suchungen



an hessischen Bächen
und Flüssen zu den
biologischen Qualitäts-
komponenten Makro-
zoobenthos, Fische,
Diatomeen und Makro-
phyten.

85 %
der Fläche
Hessens

wurden durch die
Bundesgesellschaft
für Endlagerung
als möglicher End-
lagerstandort im
Zuge des Standort-
auswahlgesetzes
ausgeschlossen.

Hessenweit
sind bereits
mehr als
1 200
Altlasten-
flächen
saniert worden.



Das HLNUG hat
den Lärm an
42 869
Straßenkilometern
berechnet.



HLNUG
Für eine lebenswerte Zukunft



Die Hessische Bio-
diversitätsdaten-
bank (HEBID) hält
mehr als

656 Melde-
stufenüber-
schreitungen



gab es im hydrologi-
schen Jahr 2023 an
hessischen Pegeln.

3 600 000
qualitätsgeprüfte
Datensätze zu Tier-
und Pflanzenarten
und Lebensraum-
typen und
Biotopen vor.



DAS HLNUG IM JAHR 2023

Weltwassertag 2023

2,2 Milliarden Menschen weltweit haben keinen Zugang zu sauberem Trinkwasser. „Accelerating change – den Wandel beschleunigen“: Unter diesem Motto mit Bezug zum 6. Nachhaltigkeitsziel der UN fand am 22. März 2023 der diesjährige Weltwassertag statt. Das HLNUG und das Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz informierten vor und in der Rheinwasser-Untersuchungsstation Mainz-Wiesbaden über die wichtige Ressource Wasser. Ein Schwerpunkt lag dabei auf der vielfältigen Nutzung von Fließgewässern. Auch wie nachteilige Folgen für Fließgewässer und Umwelt gemindert werden



können, etwa durch den Ausbau der Kläranlagen mit einer 4. Reinigungsstufe, war Thema an diesem Tag. Eine Führung durch die Rheinwasser-Untersuchungsstation gab Einblick in die kontinuierliche Fließgewässerüberwachung des Rheins.

Erste Extremwetterübung zur Krisenvorbereitung am 15.03.2023

Hessen muss sich gegen Extremwetter wappnen. Daher führt das Fachzentrum Klimawandel und Anpassung des HLNUG Stabsrahmenübungen mit Krisenstäben auf Verwaltungsebene durch. Im diesem Frühjahr fand die erste Übung mit dem Regierungspräsidium Kassel und dem Landkreis Kassel statt. Als Extremwetterzenario wurde eine Hitzewelle mit Dürre übt. Nordhessen hat durch die Übung wichtige Erkenntnisse über Verwaltungs-Abläufe und Krisen-Schwerpunkte gewinnen können. Im Projekt KLIMPRAX Krisenvorbereitung des



HLNUG werden bis 2025 alle drei hessischen Regierungspräsidien (Kassel, Gießen, Darmstadt) mit je einem zugehörigen Landkreis zu je drei Extremwetterzenarien („Hitze und Dürre“, „Starkregen“, „Schnee und Sturm“) geschult.

12. Hessischer Klimaempfang

Nach drei Jahren kleiner und eingeschränkter Veranstaltungen war der diesjährige Hessische Klimaempfang wieder sehr gut besucht: Mehr als 400 Gäste aus Politik, Gesellschaft, Wissenschaft und Forschung fanden sich im Schloss Biebrich in Wiesbaden ein. Für das Organisationsteam ergab sich allerdings im Laufe des Tages eine Herausforderung: Gastrednerin Maja Göpel hatte krankheitsbedingt abgesagt. HLNUG-Präsident Prof. Dr. Thomas Schmid sprang spontan ein und hielt einen Vortrag zum Thema „Klimawandelanpassung auf kommunaler Ebene – vom globalen Problem zur



lokalen Lösung“. Bei allen Veränderungen sei es wichtig zu verstehen, dass unsere Zukunft anders aussehen werde, so Schmid, dies aber keine Verschlechterung bedeuten müsse, sofern wir uns auf Maßnahmen zum Klimaschutz einlassen.

Das HLNUG auf dem Hessentag in Pfungstadt

Nach dreijähriger Pause konnte Hessens Landesfest endlich wieder stattfinden: Zum 60. Hessentag in Pfungstadt präsentierte sich das HLNUG wie gewohnt mit zwei Ständen: Einmal mit der ganzen Bandbreite seiner Themen in der Landesausstellung und außerdem noch auf der Sonderausstellung „Der Natur auf der Spur“. Dort bot das Zentrum für Artenvielfalt des HLNUG Informationen und hilfreiche Tipps zum Thema Insektenschutz. Der gläserne



Bach des HLNUG mit allerlei kleinen Wassertieren war vor allem bei den jungen Besucherinnen und Besuchern wieder sehr gefragt. Auch Umweltministerin Priska Hinz stattete der Fließrinne des HLNUG wieder einen Besuch ab.

„Städte – Grün, Blau, Gesund. Zukunft lebenswert gestalten!“

Mit ungefähr 100 Teilnehmerinnen und Teilnehmern diskutierten das Fachzentrum Klimawandel und Anpassung und die Kompetenzstelle Fernerkundung, beides Institutionen beim HLNUG, am 22. Juni 2023 über die Frage, wie sich Städte und Gemeinden an den Klimawandel und vor allem den Hitzesommern anpassen kann. Schwerpunkt waren die Handlungshilfen „Hitzekarten für Hessen“ und „Online-Tool Stadtgrün im Klimawandel“, die an den



ausgestellten Monitoren live bei der Veranstaltung ausprobiert und angewendet werden konnten. Die vielen Gespräche, die in den Diskussionsrunden und an den Monitoren geführt wurden, zeigen, dass hier brauchbare Hilfen entwickelt wurden.

Aktion „Boden des Jahres 2023 – Der Ackerboden“ im HLNUG

Die Vielfalt der Böden unter unseren Füßen ist groß. Genauso groß ist ihre Bedeutung für unser Leben. Um darauf aufmerksam zu machen, wird von einem bundesweiten Kuratorium jedes Jahr ein „Boden des Jahres“ vorgestellt. Das Dezernat G3 Boden und Altlasten unterstützt diese Aktion, indem es über den jeweiligen Boden und sein Vorkommen in Hessen informiert. Für das Jahr 2023 wurde der Ackerboden in den Fokus gerückt. So zum Beispiel auf der Landesgartenschau Fulda, wo eine begehbare Profilgrube angelegt wurde. Zu entdecken war, wie Wurzeln in den Boden eindringen, welche



Wege Regenwürmer nehmen und wie sich die Bodenbeschaffenheit mit zunehmender Tiefe verändert. An Stelltafeln konnten sich die Besucherinnen und Besucher über die Vielfältigkeit von Ackerböden informieren.

9. Wiesbadener Grundwassertag – Herausforderungen für die Wasserwirtschaft

Der „Wiesbadener Grundwassertag“ wird seit dem Jahr 2014 durch das Dezernat W4 organisiert, um aktuelle, grundwasserrelevante Themen vorzustellen und eine Plattform zum fachlichen Austausch zu bieten. Im Jahr 2023 lag der Fokus auf den „Herausforderungen für die Wasserwirtschaft“. Nach der Begrüßung durch den Präsidenten Prof. Dr. Schmid wurde der erste Themenblock mit einem Vortrag zum „Grundwasser im Klimawandel“ eingeleitet. Es folgten Handlungsoptionen und Anpassungsmöglichkeiten aus dem hessischen „Zukunftsplan Wasser“ sowie ein Praxisbeispiel zur Grundwasserbewirtschaftung in der Rhein-Main-Region. Im zweiten Themenblock ging es um die Trinkwasserverordnung und das Risikomanagement in Trinkwassereinzugsgebieten. Nachmittags folgte ein



Einblick in nationale Arbeiten. Präsentiert wurde die „Nationale Wasserstrategie“ und ein „Bundesweites Klimafolgenmonitoring“. Abschließend fand eine Podiumsdiskussion unter Leitung des Abteilungsleiters Wasser, Herrn Dr. Leßmann, statt.

Geothermieforum Hessen

Am 13. September 2023 fand im RMCC Wiesbaden das jährliche Geothermieforum Hessen unter dem Titel „Geothermie für die Wärmewende in der Kommune“ statt. Die Veranstaltung wurde von der LandesEnergieAgentur organisiert und in enger Zusammenarbeit mit dem HLNUG durchgeführt. In seiner Begrüßung machte HLNUG-Präsident Prof. Dr. Thomas Schmid deutlich, welchen hohen Beitrag die Geothermie für die Wärmewende leisten kann. Vorträge zur Begleitforschung im Kontext der nationalen Erdwärmekampagne der Bundesregierung, zur kommunalen Wärmeplanung, zum Gebäudeenergiegesetz und



drei Projekten im In- und Ausland wurden durch das HLNUG mit einer Übersicht über öffentlich verfügbare Geothermiedaten und einen Vortragsblock über das Projekt „Forschungsbohrung Frankfurt-Rebstock“ ergänzt.

Neue Wege für Naturschutz und Biodiversität in Hessen – eine Veranstaltung des Lore-Steubing-Instituts (LSI)

Am 20. September 2023 fand die Veranstaltung „Neue Wege für Naturschutz und Biodiversität in Hessen“ des Lore-Steubing-Instituts (LSI) statt. Zu Beginn stellte der Geschäftsführende Direktor des LSI, Herr Prof. Dr. Schmid, das Institut vor. Mit dem LSI wird das ökologische Fachwissen aller hessischen Forschungseinrichtungen gebündelt und mit der Naturschutzpraxis verknüpft. Ein Kernziel ist, den Austausch zwischen Wissenschaft und Naturschutzpraxis zu fördern und nachhaltig zu stärken. Nach Vorstellung der Forschungsprojekte des LSI tauschten sich die



rund 80 Teilnehmenden aus Naturschutzpraxis und Wissenschaft im Worldcafé-Format über aktuelle und praxisrelevante Naturschutzthemen wie Greifvogelschutz, Fließgewässer und Auen sowie die Datenverfügbarkeit für Wissenschaft und Praxis aus.



Aktualisierte Rote Liste der Säugetiere Hessens

Rote Listen sind wichtige Statusberichte über den Erhaltungszustand, die Gefährdungsursachen und Entwicklungstrends der Artenvielfalt. Das HLNUG veröffentlicht regelmäßig neue oder aktualisierte Rote Listen Hessens.

Bei den Säugetieren hat sich seit der letzten Fassung 1996 viel verändert. Das zeigt die 4. Version der Liste, die am 10. Oktober 2023 in Wetzlar vorgestellt wurde. Lange ausgestorbene Säugetiere wie Luchs, Fischotter und Wolf haben sich wieder in Hessen ansiedeln können. Eine besondere Erfolgsgeschichte schrieb die



Wildkatze, die sich seit 1996 wieder in nahezu alle hessischen Mittelgebirge ausgebreitet hat. Im Gegensatz dazu sind acht der 71 hier etablierten, heimischen Säugetierarten ausgestorben oder verschollen – 25 Arten gelten als bestandsgefährdet.

15 Jahre Fachzentrum Klimawandel

Am 15. Oktober 2008 gründete Hessen als erstes deutsches Bundesland ein Fachzentrum, um über den Klimawandel, seine Folgen und mögliche Anpassungsmaßnahmen zu informieren und die Kommunen bei der Anpassung zu unterstützen. Heute bietet das Fachzentrum Klimawandel und Anpassung im HLNUG hessischen Akteuren Informationen und Handlungshilfen, sowohl online, als auch in Vorträgen und Veranstaltungen (2023 mehr als 100 Vorträge). Das Themenspektrum umfasst grundlegende Informationen zum Klimawandel in Hessen und seinen Auswirkungen, z. B. auf Wasserwirt-



schaft, Natur, Landwirtschaft, Forstwirtschaft und menschliche Gesundheit. Zudem informieren wir über konkrete Anpassungsmöglichkeiten, sei es zum Schutz vor Hitze, Sturm oder Starkregen oder bei der Planung von Stadtgrün.

Fachkonferenz „Hochwasserschutz in Hessen“

Zur Förderung des wissenschaftlichen Austauschs und der fachlichen Vernetzung veranstaltete das Hessische Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUKLV) und das HLNUG seit 20 Jahren im zweijährlichen Turnus gemeinsam die Fachkonferenz „Hochwasserschutz in Hessen“. Die diesjährige Tagung fand am 11. Oktober in Baunatal statt. Die Fachkonferenz befasste sich in drei Themenblöcken mit: der Umsetzung des Hochwasserrisikomanagements in Hessen, aktuellen Entwicklungen, Forschungsergebnissen und Umsetzungsbeispielen



zu den Themen Starkregenereignissen und Sturzfluten und den hydrologischen Extremen wie Niedrigwasser und Hochwasser, sowie daraus resultierende aktuelle Weiterentwicklungen im Bereich der Hochwasservorhersage.

Ringversuch für Feinstaub PM₁₀ und PM_{2,5}

Vom 19. Oktober bis 29. November fand auf dem Gelände des HLNUG ein Ringversuch für Feinstaub-Immissionsmessungen statt. Der Versuch wurde in Kooperation zwischen dem WHO Collaborating Centre for Air Quality Management and Air Pollution Control am Umweltbundesamt, dem Joint Research Centre (JRC), dem Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW (LANUV) und dem HLNUG bereitgestellt. Insgesamt nahmen 17 Organisationen teil, wovon 12 aus Deutschland und weitere 5 aus europäischen Ländern mit 49 Geräten anreisten. Ringversuche dienen dazu, die Gleichwertigkeit von Messergeb-



nissen zu bewerten, die von verschiedenen Messinstituten erzeugt werden. Beim hier durchgeführten Versuch wurden die Referenzmethoden für die Bestimmung der Partikelmassenkonzentration (PM₁₀ und PM_{2,5}) verglichen.

Bodenschutz: Neue Entwicklungen in der Kompensation

Der steigende Flächenverbrauch und die damit verbundene Versiegelung im Zuge von Baumaßnahmen führen zum stetigen Verlust von Böden und ihren natürlichen Funktionen. Um diese Verluste schon während der Planungsphase zu erfassen und zu kompensieren, hat das HLNUG eine Arbeitshilfe zur Ermittlung von Eingriffen in das Schutzgut Boden sowie zur Berechnung eines bodenbezogenen Ausgleichs entwickelt. Hierzu fand am 14. und 15. November ein Workshop in Schloss Buchenau statt. Highlight war ein



Planspiel, in dem die Teilnehmer Gelegenheit bekamen, den praktischen Umgang mit den Berechnungswerkzeugen zur bodenfunktionalen Bewertung und zur Ermittlung des Kompensationsbedarfs an realen Fallbeispielen zu üben.

Naturschutz und Landwirtschaft – gemeinsam stark für die Zukunft

Die 7. Hessische Landesnaturschutztagung in Gießen war bis auf den letzten Platz ausgebucht. Neben den 500 Teilnehmenden vor Ort verfolgten hunderte Interessierte die Veranstaltung im Stream. Das Spannungsfeld Naturschutz und Landwirtschaft bewegt viele Menschen. Zum einen sorgt Landwirtschaft durch Ackerbau, Mahd und Beweidung für eine offene Kulturlandschaft und schafft damit Lebensräume. Zum anderen geht es vielen Arten zunehmend schlechter – großflächige Bewirtschaftung in immer kürzeren Bearbeitungsintervallen, Düngung und der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln gefährden



Artenvielfalt und Lebensräume. Wie eine gute Zusammenarbeit zwischen Landwirtschaft und Naturschutz gelingen kann, darüber diskutierten Akteurinnen und Akteure aus Landwirtschaft, Naturschutz, Wissenschaft und Politik.

Die Vogelschutzwarten Deutschlands zu Gast in Hessen

Die Länderarbeitsgemeinschaft der Vogelschutzwarten (LAG) – deren Vorsitz Hessen 2023 innehatte – besuchte im Rahmen zweier mehrtägiger Veranstaltungen das HLNUG. Dabei wurden aktuelle Themen rund um den Vogelschutz in Bund und Ländern diskutiert. Mit dabei waren auch das Bundesamt für Naturschutz und der Dachverband Deutscher Avifaunisten. Ein Schwerpunkt bildeten der vogelfreundliche Ausbau von erneuerbaren Energien, etwa Photovoltaik, auf Freiflächen und die Beschleunigung von Windenergie-Planungsverfahren. Bei ihrem Besuch im Herbst konnten sich die Kolleginnen und Kollegen der deut-



schen Vogelschutzwarten einen Eindruck vom akustischen Dauermonitoring in Hessen verschaffen und besichtigten dazu eine Station des Luftmessnetzes Hessen, an der eine Horchbox für Vogelstimmen montiert ist.

2. Hessische Ressourcenschutzkonferenz

Wie können wir mehr Baustoffe im Sinne der Kreislaufwirtschaft wiederverwerten und was für Voraussetzungen müssen dafür geschaffen werden? Mit dieser und weiteren Fragen befasste sich die 2. Hessische Ressourcenschutzkonferenz, die das HLNUG am 21. November in Frankfurt veranstaltete. Die Baubranche ist eine der ressourcenintensivsten Sektoren und produzierte laut Umweltbundesamt mit rund 222 Mio. t mineralischen Bauabfällen (2021) den größten Abfallstrom in Deutschland. Schwerpunkt war das Thema Recycling-Baustoffe, das in



den Vorträgen aus vielen verschiedenen Perspektiven beleuchtet wurde. In den Pausen gab es reichlich Gelegenheit zum Austausch für die anwesenden Teilnehmenden aus Wirtschaft, Forschung, Politik und Verwaltung.

ABTEILUNG I

Immisions- und Strahlenschutz, Klimawandel





Luftverunreinigungen, Lärm und ionisierende Strahlung können in erheblichem Umfang das Klima, die Umwelt oder die menschliche Gesundheit beeinflussen. Um diese Auswirkungen zu minimieren und zu kontrollieren, werden Emissionsquellen erfasst, Emissionsmessungen kontrolliert und Immissionen dokumentiert. Die Erfassung und Bewertung dieser Emissionen und der zugehörigen Immissionen, der regionalen Auswirkungen des Klimawandels sowie die Information darüber stellen die zentralen Aufgaben der Abteilung Immissions- und Strahlenschutz dar.

FACHZENTRUM KLIMAWANDEL UND ANPASSUNG

Stadtgrün im Klimawandel - Anpassung und Lebensqualität in Städten und Gemeinden

Ulrich Sommer, Susanne Schroth, Harald Hoeckner, Johanna Lenz, Doris Krusch



■ Städte sind Lebensräume für Menschen, Tiere und Pflanzen – Parks, Grünflächen, Gärten und Stadtbäume schaffen dort Lebensqualität! Sie bieten Schatten, Abkühlung, Erholung und Rückzugsräume. Hitze- und Trockenstress sind im sich wandelnden Stadtklima jedoch besonders ausgeprägt und sorgen dafür, dass viele Pflanzen mit den Bedingungen nur noch schwer zurechtkommen. Nur vitales Stadtgrün aber kann das Stadtklima positiv beeinflussen und so einen Beitrag zu lebenswerten und zukunftsfähigen Städten und Gemeinden leisten. Das Projekt KLIMPRAX Stadtgrün fördert klimaresiliente Begrünung in Hessen.



Hintergrund

Die globale Veränderung des Klimas macht sich auch in Hessen zunehmend bemerkbar. Hitzewellen, Phasen längerer Trockenheit und kurzzeitige, intensive Starkregenereignisse haben in den vergangenen Jahren für Beeinträchtigungen gesorgt. Die Auswirkungen dieser Extremereignisse sind in der freien Landschaft wie auch im besiedelten Raum deutlich spürbar, und sie werden die Gesellschaft und Kommunen zunehmend fordern. Im Jahr 2022 haben wir in Hessen den trockensten, sonnenreichsten und zweitwärmsten Sommer seit Aufzeichnungsbeginn erlebt – dies hat erkennbare Spuren in Stadt und Land hinterlassen. Auch die übrigen Sommer der Jahre 2017 bis 2023 waren tendenziell trocken und heiß, lediglich der Sommer 2021 bildet eine Ausnahme. Die zurückliegenden Winter konnten das fehlende Wasser im tieferen, durchwurzelten Bodenbereich nicht mehr ausgleichen.

Pflanzen in der Stadt, vor allem Stadtbäume, sind schon jetzt extremen Bedingungen ausgesetzt, sie kämpfen mit Hitze, Trockenstress und Schädlingen. Der Klimawandel mit langanhaltenden Dürreperioden und extremer Hitze verschärft diese Bedingungen noch und stellt deshalb gerade unser Stadtgrün vor besondere Herausforderungen. Viele der bisher im Stadt- und Straßenraum verwendeten Bäume sind langfristig gefährdet – ein „Absterben auf Raten“. An den ohnehin schwierigen urbanen Standorten hat sich der Zustand von Stadtbäumen massiv verschlechtert. Selbst alte Großbäume in der Stadt zeigen Schäden im Kronenbereich und verlieren zunehmend an Vitalität. Bisher im Siedlungsraum bewährte Baumarten erfahren neben den klimatischen Stressfaktoren auch einen Befall durch neu auftretende Schädlinge und Krankheiten, die bisher aus anderen Klimazonen (mediterran oder transatlantisch) bekannt sind.



In der Konsequenz steigen der Aufwand für Baumkontrollen und die Unterhaltungskosten für Pflege und Bewässerung drastisch an.

Einige heimische und auch nichtheimische Gehölze können die extremen Standortbedingungen und Klimaveränderungen jedoch besser vertragen und sollten in Zukunft in stärkerem Maße bei der Grünplanung berücksichtigt werden. So sind beispielsweise Bäume aus dem mediterranen Raum solche extremen Lebensräume gewohnt und zum Teil auch aufgrund der Gartenkunst und Landschaftsarchitektur in Parks und Hausgärten im städtischen Raum bereits etabliert. Die Verwendung nichtheimischer Gehölze soll dabei zum Schutz von Natur- und Kulturlandschaften ausdrücklich nicht in der freien Landschaft bzw. im so genannten Außenbereich erfolgen.

Neben geeigneten Standorten für Bäume ist zunehmend aber auch die Begrünung von Bauwerken zu berücksichtigen, da sie das Mikroklima, aber auch das Innenraumklima in Gebäuden positiv beeinflusst. Diese alternativen Formen von Begrünung können auch dort zum Einsatz kommen, wo Baumpflanzungen beispielsweise aus Platzmangel, wegen Nutzungskonflikten oder aus technischen Gründen nicht umsetzbar sind.

Der Erhalt und die Schaffung von Stadtgrün in allen Ausprägungen sind ein wesentlicher Baustein klimawandeltauglicher Stadtentwicklung. Begrünung erfüllt dabei zahlreiche Funktionen. Sie wirkt sich positiv auf das Lokalklima aus (Kühlung des Wohn- und Arbeitsumfeldes), ist ein wesentlicher Inhalt der Stadtgestaltung (quartiersnahe Erholungsmög-

Abb. 1: Intensive Dachbegrünung in der Frankfurter City
© Hoeckner/HLNUG



lichkeiten im Freiraum, Verbesserung der Lebens- und Aufenthaltsqualität), sichert ein Mindestangebot an Biodiversität im urbanen Raum (Naturschutz, Naturerlebnis) und trägt zur Luftreinhaltung und CO₂-Bindung bei. Grünstrukturen bieten zudem das Potenzial von Regenwasserrückhalt, -versickerung und Verdunstungsmöglichkeiten und stellen so einen wesentlichen Entwicklungsschritt auf dem Weg in Richtung wassersensible Stadtentwicklung dar.

Klimawandel und -anpassung in der Praxis: Das Projekt KLIMPRAX Stadtgrün

Im Sinne der Klimaanpassung befasst sich das Fachzentrum Klimawandel und Anpassung im HLNUG daher schon seit dem Jahr 2020 im Projekt KLIMPRAX Stadtgrün mit der Frage, wie das Stadtgrün der Zukunft beschaffen sein sollte. Übergeordnetes Ziel des Projekts ist es, Städte und Gemeinden in Hessen, aber auch interessierte Bürgerinnen und Bürger zu beraten, sie bei Pflanz- und Begrünungsentscheidungen zu unterstützen und relevante Informationen bereitzustellen. Mit Projektbeginn hat das Fachzentrum eine Beratungsgruppe aus zwölf Kommunen eingerichtet, die das Projekt aus der Sicht von Grünflächen-, Garten- und Umweltämtern berät und wertvolle Praxiserfahrungen einfließen lässt, die dann allen hessischen Städten und Gemeinden zu Gute kommen.

Interaktives Tool für Baumartenauswahl und Bauwerksbegrünung ist online

Das zentrale Element von KLIMPRAX Stadtgrün war die Entwicklung eines interaktiven und anwenderfreundlichen Online-Tools zur Unterstützung bei der Auswahl geeigneter, zukunftsfähiger Begrünungsformen und Pflanzen im Siedlungsraum. Es soll als fachliche Unterstützung und Entscheidungsgrundlage bei Planungen und Bauvorhaben dienen und richtet sich insbesondere an Kommunen, um ihnen den Einstieg in das Thema des klimaangepassten Stadtgrüns zu erleichtern. Das Tool bündelt eine Vielzahl an Informationen zum Thema und ist leicht und intuitiv bedienbar. Daher können auch Privatleute oder interessierte Akteure in Einrichtungen wie Kindergärten, Schulen oder Vereinen mit dem Auswahlwerkzeug sowohl ihren „Hausbaum“ auswählen als auch die Möglichkeiten für Dach- und Fassadenbegrünung erkunden. Ziel des neuen Tools ist es, Grünplanung zukunftsfähig zu machen. Dies gilt einerseits für die Wahl der Pflanzenarten, die mit künftigen klimatischen Bedingungen in Städten und Gemeinden zurechtkommen müssen, andererseits für den bedeutsamen positiven Einfluss, den vitales Grün auf Stadtklima und Aufenthaltsqualität hat.



Abb. 2: Bodengebundene Fassadenbegrünung im Innenhof © Gruchmann/GRÜNSTATTGRAU

Ein wesentlicher Aspekt bei allen Varianten der Begrünung ist eine nachhaltige Planung und Pflanzenwahl: Kriterien bei der Baumartenauswahl sind vor allem Hitze- und Trockenheitstoleranz aufgrund der Extremstandorte im urbanen Raum. Kriterien für die Auswahl geeigneter Bauwerksbegrünung sind in erster Linie die Beschaffenheit der Gebäudehülle (Fassade und Dach) sowie die Verfügbarkeit von Wurzelraum und Wasser. Diese Kriterien werden im Online-Tool aufgegriffen und in praxisorientierte Empfehlungen umgesetzt.

Das Tool besteht aus drei Teilen: Die Module „Klimaresiliente Baumarten finden“ und „Bauwerksbegrünung aussuchen“ leiten die Nutzerinnen und Nutzer über Filterfunktionen und Entscheidungsabfragen Schritt für Schritt zu Vorschlägen für die gewünschte Begrünungsform, teils bis hin zu Pflanzenarten.

Im Modul „Antworten, Informationen, Handlungshilfen“ stehen eine Vielzahl an praktischen Tipps und Hinweisen zur Pflanzung, Pflege und dem Nutzen von Bäumen zur Verfügung.



Abb. 3: Startseite des Online-Tools „Stadtgrün im Klimawandel“

Modul „Klimaresiliente Baumarten finden“

Auf der Basis bestehender, fachlich fundierter Baumlisten, die klimaresiliente Baumarten empfehlen, wurden rund 180 Baumarten im Online-Tool zusammengeführt. Neben heimischen Arten, die sich auch unter neuen Bedingungen bewähren konnten, beinhaltet das Tool erprobte Arten aus anderen klimatischen Regionen, die bereits aufgrund ihrer Herkunft an extremere Bedingungen angepasst sind. Mit Filterfunktionen können die für den geplanten Pflanzort spezifischen Standort- und Wuchseigenschaften ausgewählt und eine Liste an geeigneten Bäumen generiert werden. Als filterbare Merkmale stehen über 30 Kriterien zur Verfügung wie z. B. Hitze- und Trockenheitsverträglichkeit, Wuchshöhe, Kronendurchmesser oder ob eine Baumart giftig sein könnte. Die geeigneten Baumarten können dann als PDF-Datei oder Ausdruck für die weitere Planung oder Beratung in der nächsten Baumschule verwendet werden.

Das Tool soll auch dazu animieren, die vorhandene Vielfalt an geeigneten Baumarten zu nutzen. Ob für die Planung von Straßenbegleitgrün, die Neuanlage eines Ortsplatzes oder Schulhofes, aber auch bei der Erstellung von Fachbeiträgen und Baumlisten zur Bauleitplanung kann das Tool fachlich unterstützen. Ein möglichst vielfältiger Baumbestand ermöglicht es, den Herausforderungen des Klimawandels effektiver zu begegnen und in der Stadtentwicklung auch langfristig erfolgreich zu sein.

Modul „Bauwerksbegrünung aussuchen“

Bauwerke können auf vielfältige Weise begrünt werden, verschiedene Gebäudeteile und Strukturen eignen sich für ganz unterschiedliche Begrünungsoptionen. Das Modul zur Bauwerksbegrünung teilt sich daher in die Themen Dachbegrünung und vertikale Begrünung auf. Vertikale Begrünung meint die Begrünung von Wänden, Fassaden oder freistehenden Konstruktionen, wie sie etwa pergola-ähnlich zur Begrünung und Beschattung öffentlicher Plätze eingesetzt werden. Dabei müssen mehrere Aspekte wie Standort, Gebäudeausrichtung und -größe, Fassaden- und Dachbeschaffenheit sowie die Statik bedacht werden.

Für die Fassadenbegrünung mit Kletterpflanzen, die direkt im Boden wurzeln können, wird im Tool eine umfangreiche Auswahl an klimangepassten Pflanzenarten für die Umsetzung vorgeschlagen. In die Entscheidungsfindung einbezogen wird dabei auch, ob die Pflanzen direkt an Oberflächen haften können und sollen oder aber geeignete Rankhilfen benötigen.

Für komplexere Begrünungsmöglichkeiten wie wandgebundene Fassadenbegrünungen – dazu werden Pflanzen mit Trägern für das Pflanzsubstrat direkt an der Fassade befestigt – oder die sehr vielfältigen



„Stadtgrün oder urbanes Grün umfasst alle Formen grüner Freiräume und begrünter Gebäude“

(aus dem Grünbuch Stadtgrün des Bundesumweltministeriums)



Möglichkeiten für Gründächer zeigt das Modul Bauwerksbegrünung viele gelungene Beispiele. Die Umsetzung ist technisch aufwendig und anspruchsvoll, sodass die Ausführung Fachwissen erfordert. Die Nutzerinnen und Nutzer können eine Vorauswahl treffen, ihre Vorstellungen konkretisieren und zur weiteren Planung anschließend einen Fachbetrieb konsultieren.

Um die Komplexität des Themas in einfachen und nachvollziehbaren Schritten abzubilden, wurde der Aufbau des Moduls von ausgewiesenen Fachexpertinnen und Fachexperten für urbanes Grün begleitet.

KLIMPRAX Stadtgrün auf der Landesgartenschau Fulda 2023

Zum Thema Anpassung an den Klimawandel hat das HLNUG in der Zeit vom 27. April bis zum 8. Oktober 2023 zwei Fachbeiträge auf der Landesgartenschau Fulda geleistet. Dabei standen zukunftsfähige Begrünerungsformen im Vordergrund, die stadtklimatische, planerische, aber auch gestalterische und gesellschaftliche Funktionen erfüllen. Auf einem Klimabaumpfad lernten Besucherinnen und Besucher 13 klimaresiliente Baumarten kennen, die den künftigen stadtklimatischen Bedingungen gewachsen sind. Ein Themengarten, der in Kooperation mit der Hochschule Geisenheim University konzipiert wurde, präsentierte verschiedene Möglichkeiten der Dach- und Fassadenbegrünung in einer landschaftsarchitektonisch ansprechenden Umsetzung.

Klimabaumpfad

Insgesamt 21 Bäume, zusammengesetzt aus 13 verschiedenen, an den Klimawandel angepassten Stadtbaumarten des Online-Tools, wurden auf der Landesgartenschau gepflanzt. Durch die frühe Pflanzung im Jahr 2021 konnten Besucherinnen und Besucher beginnend mit der Eröffnung der Gartenschau am 7. April 2023 die Bäume in ihrer jahreszeitlichen Entwicklung (Austrieb, Blüte, Frucht- und Samenausbildung bis zur Herbstfärbung) beobachten.

Die Bäume sind mit Informationstafeln zur Art versehen, mittels QR-Code können vertiefende Informationen zur jeweiligen Art abgerufen werden. Der Klimabaumpfad wird auch nach der Landesgartenschau im sogenannten „Park überm Engelshaus“ bestehen bleiben.

Unsere Bäume auf der LGS Fulda 2023:

- Spitzahorn (*Acer platanoides*), Sorte Royal Red
- Spaeths Erle (*Alnus x spaethii Callier*)
- Hainbuche (*Carpinus betulus*), Sorte Lucas



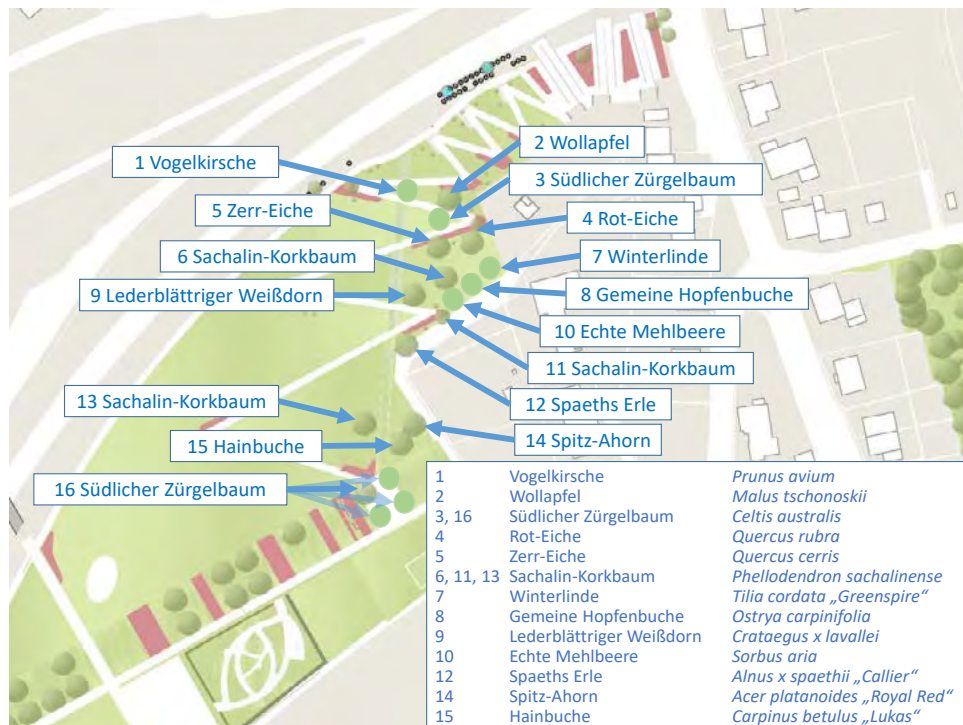
Abb. 4: Klimabaumpfad während der Bauphase 2021 © Hoeckner/HLNUG



Abb. 5: Klimabaumpfad im Sommer 2023 © Sommer/HLNUG

- Zürgelbaum (*Celtis australis*)
- Lederblättriger Weißdorn (*Crataegus x lavalleyi* Hénricq. ex Lavallée), Sorte Carrierei
- Wollapfel (*Malus tschonoskii*)
- Gemeine Hopfenbuche (*Ostrya carpinifolia*)
- Sachalin-Korkbaum (*Phellodendron sachalinense*)
- Vogelkirsche (*Prunus avium*)
- Zerreiche (*Quercus cerris*)
- Roteiche (*Quercus rubra*)
- Echte Mehlbeere (*Sorbus aria*)
- Winterlinde (*Tilia cordata* Mill.), Sorte Greenspire

Abb. 6: Standorte der Baumarten auf dem Klimabaumpfad
© LGS GmbH Fulda und HLNUG



Themengarten Bauwerksbegrünung

Im Rahmen eines studentischen Planungswettbewerbs haben Studierende des Studiengangs Landschaftsarchitektur der Hochschule Geisenheim University für das Projekt KLIMPRAX Stadtgrün einen Themengarten zur Bauwerksbegrünung entworfen. Aufgabe war es, den Besucherinnen und Besuchern der Landesgartenschau niederschwellig



Möglichkeiten der Dach- und Fassadenbegrünung nahezubringen, durch die eine Klimaanpassung im Wohnumfeld unterstützt wird. Der Fokus sollte auf angepasste Pflanzenarten, Verschattungs- und Kühleffekte oder Regenwasserrückhalt als Beitrag zur Klimawandelanpassung gelegt werden. Insgesamt haben 15 Studierende erfolgreich Beiträge für den Wettbewerb eingereicht.

Der Gewinnerentwurf des Teams rankWERK „Grün erklimmt die Stadt“ Aaron Werner und Annika Jeschek wurde 2022/2023 im Schaugartenbereich der Landesgartenschau baulich umgesetzt und am Eröffnungstag am 7. April 2023 der Öffentlichkeit vorgestellt.

Auf rund 160 qm Fläche zeigt der Themengarten Beispiele für extensive und intensive Dachbegrünung sowie Varianten für die Begrünung von Fassaden an Gebäuden. Die Dachbegrünung wird auf drei Elementen aus Stahl dargestellt. Die extensive Dachbegrünung wird als Ausführungsbeispiel für Flach- und Steildächer mit einer Vegetation aus Moos-Sedum-Matten gezeigt. Die Intensivbegrünung zeigt ein fiktives Flachdach mit einer Bepflanzung aus einer Gräser- und Staudenmischung, die wesentlich mehr Gestaltungsspielraum ermöglicht.

Die vielfältigen Möglichkeiten für eine Fassadenbegrünung werden anhand einer Pergolen-Konstruktion vorgeführt. So wachsen verschiedene Arten von Kletterpflanzen an unterschiedlichen Ranksystemen empor.

Alle Pflanzen wurden im Entwurf entsprechend der Himmelsrichtung sonnigen bis schattigen Pflanzengesellschaften zugeordnet. Die Farb- und Formenkonzeption von Belaubung und Blüten, sowie die jeweilige jahreszeitliche Entwicklung wurden berücksichtigt und ergeben ein harmonisches Pflanzbild. Anhand von einfach herzustellenden Wänden (Holzpaletten) wird beispielhaft die Möglichkeit einer Begrünung von kleinräumigen Bereichen (Balkon und Terrasse) gezeigt. Mit einem wandgebundenen Pflanzsystem wurden in Pflanzgefäßen verschiedene Stauden, Gräser und Farnpflanzungen zu einem Pflanzbild arrangiert. Eines der Wandelemente zeigt einen „hängenden Nutzgarten“ aus verschiedenen Küchenkräutern. Die wandgebundenen Pflanzsysteme werden automatisch bewässert.

Der Themengarten zeigt außerdem Beispiele an Gehölzen, die bei intensiven Dachbegrünungen Verwendung finden können. So sind als Beispiel für Bäume eine Silberlinde, ein Feldahorn und für Sträucher eine Kupferfelsenbirne gepflanzt worden. Der Themengarten verfügt über eine Pergolen-Konstruktion aus Stahl und heimischem Holz sowie über eine zeitgesteuerte Sprühnebelanlage für die Kühlung an besonders heißen Tagen. Zum Verweilen lädt eine Holzbank aus FSC-zertifiziertem Hartholz ein.



Statistische Daten:

- 160 qm Gesamtprojekfläche
- 250 Gehölze, Stauden und Gräser
- 35 Stück Netzkletterhilfen
- 300 m Spannseile
- 15 qm Dachbegrünung
- 95 qm Platz und Wegefläche
- 50 qm Vegetationsflächen horizontal
- 1 Parkbank bogenförmig in verschiedenen Radien
- 1 Sprühnebelanlage
- 1 Bewässerungsanlage (für Vertikalgrün)
- 0,00 qm versiegelte Flächen



Abb. 7: Entwurf des Themengartens
© Team rankWerk/Aaron Werner, Annika Jeschek



Abb. 8: Umsetzung des Entwurfs
© Hoeckner/HLNUG



Abb. 9: Konstruktive Elemente des Themengartens
© Sommer/HLNUG



Abb. 10: Themengarten im Entstehen
© Hoeckner/HLNUG



Abb. 11a: Dachbegrünungsvariante extensiv
© Hoeckner/HLNUG

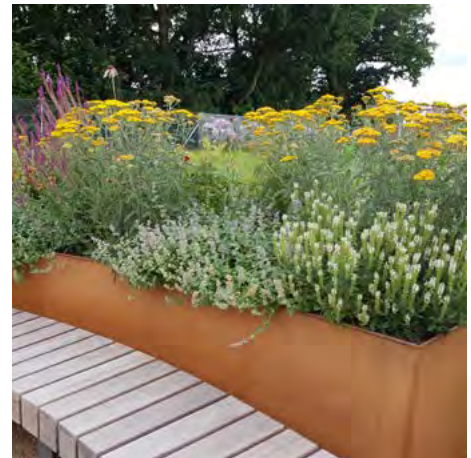


Abb. 11b: Dachbegrünungsvariante intensiv
© Schroth/HLNUG



Abb. 11c: Staudendetail
© Schroth/HLNUG



Abb. 12a: Vertikale Begrünung bodenge-
bunden © Hoeckner/HLNUG



Abb. 12b: Vertikale Begrünung wand-
gebunden © Schroth/HLNUG



Abb. 12c: Vertikale Begrünung wandge-
bunden © Schroth/HLNUG

Mitgestaltung „Grünes Klassenzimmer“

Das Team KLIMPRAX Stadtgrün vom Fachzentrum Klimawandel und Anpassung hat die Landesgartenschau Fulda in der Veranstaltungsreihe „Grünes Klassenzimmer“ mit Unterrichtseinheiten zu den Themen Klimabäume und Bauwerksbegrünung begleitet. An acht Tagen wurden jeweils beide Unterrichtseinheiten (vormittags und nachmittags) angeboten. Somit hatten Schülerinnen und Schüler (ab Jahrgangsstufe 8) die Gelegenheit, auf der Landesgartenschau Fulda spannende Informationen über den Klimawandel in Hessen und die Anpassung an den Klimawandel in Städten zu erfahren.





Fazit

Die Bedeutung von vitalem Stadtgrün für den Erhalt eines lebenswerten städtischen Umfelds im Klimawandel ist kaum zu unterschätzen. Grünstrukturen sind ein zentraler Bestandteil auf dem Weg zu zukunftsfähigen und gesunden Städten und Gemeinden in Hessen. Das Projekt KLIMPRAX Stadtgrün leistet hier einen großen Beitrag: Das Online-Tool „Stadtgrün im Klimawandel“ unterstützt eine standort- und klimaangepasste Grünplanung, sei es bei der Baumartenwahl, sei es bei der Begrünung von Dächern und Fassaden. Die Gestaltung des Klimabaumpfads und des Themengartens Bauwerksbegrünung auf der Landesgartenschau Fulda 2023 hat gelungene Praxisbeispiele geschaffen und einem breiten Publikum die Bedeutung des Themas verdeutlicht. Das Projekt stellt heraus: Es gibt für nahezu jeden Standort, jede Fläche und jedes Gebäude eine Begrünungsmöglichkeit – nutzen wir sie!

Links

Online-Tool Baum Klimaresiliente Baumarten und Bauwerksbegrünung:
<https://www.hlnug.de/themen/klimawandel-und-anpassung/projekte/klimprax-stadtgruen/online-tool>

Studentischer Planungswettbewerb der Hochschule Geisenheim University: <https://www.hs-geisenheim.de/hochschule/mitteilungen-veranstaltungen-termine/nachrichten/archiv/detail-start/n/studierende-der-hochschule-geisenheim-entwerfen-einen-schaugarten-zum-thema-bauwerksbegruenung-als-k/>

Teilbeitrag Klimabaumpfad auf der Landesgartenschau Fulda 2023:
<https://www.lgs-fulda-2023.de/planung/rahmenprojekte>

KLIMPRAX Stadtgrün auf der Landesgartenschau Fulda 2023: <https://www.hlnug.de/themen/klimawandel-und-anpassung/projekte/klimprax-stadtgruen/klimprax-stadtgruen-auf-der-landesgartenschau-fulda-2023>

DEZERNAT LUFTREINHALTUNG: IMMISSIONEN Luftschadstoffe – Von der Messung bis zum veröffentlichten Wert

Maximilian Steinbach, Stefan Weber, Daniel Schwarzloh, Diana Rose



Das HLNUG hat die gesetzliche Aufgabe, die Luftqualität in Hessen zu überwachen. Dafür messen wir die Belastung der Außenluft mit Schadgasen und Partikeln. Einen Teil unseres Luftmessnetzes bilden die mehr als 35 Luftmessstationen, mit denen wir die Konzentration der Luftschadstoffe Tag und Nacht im Blick behalten. Die Messwerte werden kontinuierlich veröffentlicht, unter anderem im Internet. Doch vom gemessenen bis zum veröffentlichten Wert ist es ein weiter Weg. Was wir alles unternehmen, damit wir verlässliche Daten präsentieren können, beleuchten wir in diesem Beitrag.

Das Hessische Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) betreibt aktuell mehr als 35 automatisierte Luftmessstationen, an denen kontinuierlich die Konzentrationen verschiedener Luftschadstoffe gemessen werden. Hinzu kommen zahlreiche weitere Messstellen, an denen mit verschiedenen Verfahren Proben von gas- oder partikelförmigen Luftschadstoffen gesammelt und später im Labor analysiert werden. Außerdem werden zusätzlich temporäre, projektbezogene Messungen durchgeführt.

Luftmessstationen verteilt über ganz Hessen

Gemessen werden die Luftschadstoffe zum einen im sogenannten *ländlichen Hintergrund*. In diesen Gebieten ist die Luftqualität weitgehend unbeeinflusst von lokalen Emissionen. Diese Standorte repräsentieren das großräumige Belastungsniveau, also eine Art Hintergrundbelastung. Des Weiteren gibt es zahlreiche Messstellen an Standorten, an denen die Messwerte die Schadstoffbelastung eines Großteils der städtischen Bevölkerung widerspiegeln. Dies wird als *städtischer Hintergrund* bezeichnet. Die Belastung ergibt sich hier aus den Emissionen verschiedener Quellen der Stadt selbst (z. B. Straßenverkehr, Heizungen, Gewerbe, Industrie) sowie denen des ländlichen Hintergrunds. Um auch die Luftqualität an den Orten der höchsten Belastung zu dokumentieren, gibt es weitere Messstellen an *Verkehrsschwerpunkten*.

Die Dichte an Messstellen in einem Gebiet ist umso höher, je mehr Menschen dort leben und je höher das Belastungsniveau der verschiedenen Luftschadstoffe in diesem Gebiet liegt. Somit müssen nicht an allen Messstellen alle Schadstoffe gemessen werden, da beispielsweise größtenteils vom Straßenverkehr emittiertes Kohlenmonoxid oder Stickoxide im städtischen und ländlichen Hintergrund nur eine untergeordnete Rolle spielen.

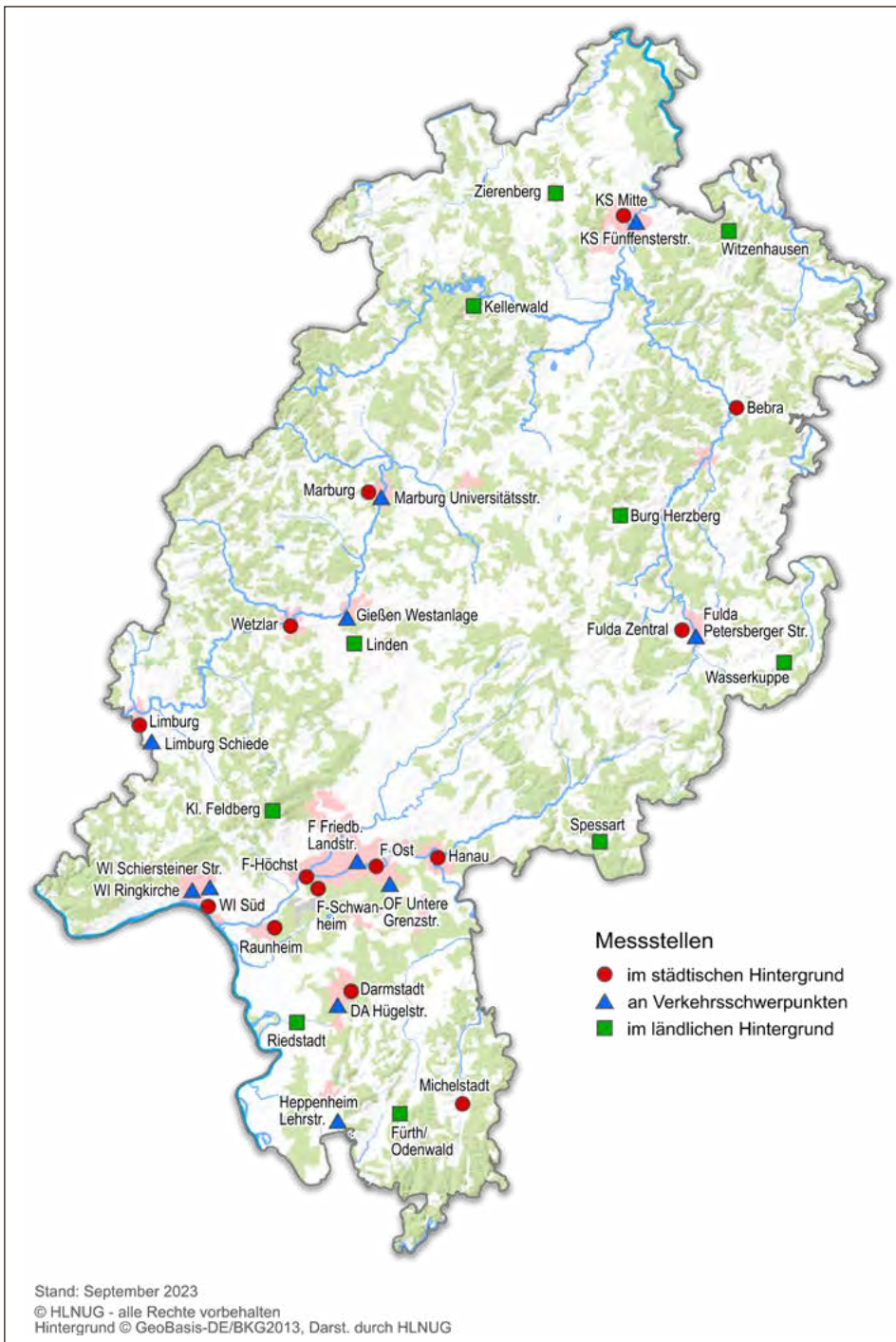


Abb. 1: Standorte der kontinuierlichen Messstationen zur Überwachung und Beurteilung der Luftqualität in Hessen

Für die gängigsten Luftschadstoffe, wie z. B. Stickstoffdioxid (NO_2), Ozon oder Feinstaub der Fraktionen PM_{10} und $\text{PM}_{2,5}$, existieren kontinuierliche Messverfahren. Die Messgeräte werden in einem klimatisierten Container verbaut und können somit vollautomatisch Tag und Nacht betrieben werden. In solch einem Messcontainer wird die Außenluft über ein Probenahmerohr nach innen geführt und auf die verschiedenen



Abb. 2: Luftmessstationen im ländlichen und städtischen Hintergrund sowie an Verkehrsschwerpunkten © HLNUG

Luftschadstoffmessgeräte aufgegeben. Zusätzlich werden an den meisten Stationen meteorologische Parameter wie Wind, Temperatur und Feuchte gemessen, welche später auch bei der Plausibilisierung und Beurteilung der Luftschadstoffdaten berücksichtigt werden. Die Messsignale aller Geräte im Container werden zur Verarbeitung an den Messstationsrechner übertragen.

Abb. 3: Messtechnik in einer unserer Luftmessstationen © HLNUG



Doch wie entstehen nun aus den Messungen der Luftschadstoffe an den jeweiligen Stationen die Messwerte, die beispielsweise über das Messdatenportal des HLNUG abgerufen werden können?

Automatisierte Übertragung der Messwerte in die Messnetzzentrale

Vom Messstationsrechner werden mindestens alle fünf Sekunden die Messwerte abgefragt und zu Halbstundenmittelwerten aggregiert. Die Halbstundenmittelwerte sowie die originalen Messwerte werden jede halbe Stunde über eine mobile Datenverbindung an die Messnetzzentrale im HLNUG übertragen.

Neben den Messwerten der Luftschadstoffe und meteorologischen Parameter werden außerdem gerätespezifische Status- und Fehlermeldungen, Daten der automatisch erfolgten Funktionskontrollen der Geräte sowie die aktuellen Messbedingungen, wie z. B. die Innenraumtemperatur der Messcontainer, die Volumenströme an den Probenahmerohren usw., übermittelt. All diese Daten werden in einer dafür entwickelten Software auf den Servern der Messnetzzentrale gespeichert.



Das Dezernat „I2 – Luftreinhaltung: Immissionen“ hat ein effektives Qualitätsmanagementsystem gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 eingeführt und ist seit 11.02.2008 akkreditiert.



Abb. 4: Luftschadstoffe – von der Messung bis zum veröffentlichten Wert
© HLNUG

Überprüfung der Messwerte auf Plausibilität – automatisiert und manuell

In der Messnetzzentrale findet die Plausibilitätsprüfung der Messwerte statt. Dabei werden alle Messwerte dahingehend überprüft, ob sie plausibel, also korrekt und nachvollziehbar sind oder nicht. Messwerte können etwa durch Gerätefehler oder Fehler bei der Probenahme verfälscht werden. Diese Fehler gilt es so schnell wie möglich zu entdecken und zu beheben. Doch nicht immer machen sich diese Fehler eindeutig und kurzfristig in den Messwerten bemerkbar. Deshalb ist die Plausibilitätsprüfung in mehrere Stufen unterteilt.



Im Messdatenportal des HLNUG werden alle Daten zu Luftschadstoffen, Gewässergüte, Grundwasserständen und weiteren Themen zusammengetragen und stehen dort zum Download bereit: hlnug.de/messwerte/datenportal

Zunächst erfolgt eine automatische statistische Vorprüfung der Messwerte durch die Messnetzzentralen-Software. Messdaten, die plötzliche unplausible Sprünge enthalten oder definierte Grenzen über- oder unterschreiten, werden mit einer Kennung für die weitere Plausibilisierung markiert und zunächst für die Veröffentlichung gesperrt. Alle übrigen Messwerte werden wenige Minuten nachdem die Daten vom Messstellenrechner abgerufen wurden, automatisch ins Messdatenportal des HLNUG übertragen und stehen damit allen Interessierten öffentlich zur Verfügung.

Zusätzlich erfolgen detaillierte manuelle Prüfungen durch die Mitarbeitenden der Messnetzzentrale. Hierbei vergleicht man die zeitlichen Verläufe eines Luftschadstoffs an mehreren benachbarten oder ähnlich charakterisierten Standorten. Eine weitere Möglichkeit ist der Vergleich der zeitlichen Verläufe verschiedener Luftschadstoffe an einem Standort. Treten Auffälligkeiten auf, wird das zuständige technische Personal informiert, das dann eine Überprüfung der Messgeräte vor Ort vornehmen kann.

Die manuellen Plausibilitätsprüfungen werden in Bezug auf unterschiedliche Zeithorizonte vorgenommen – mit Blick auf einige Tage, einige Monate und auf ein vollständiges Kalenderjahr. Dieser mehrstufige Prozess ist wichtig, da sich manche Fehler erst im längerfristigen Vergleich identifizieren lassen. Alle Überprüfungen von Messdaten finden grundsätzlich nach dem Mehraugenprinzip statt.

In der täglichen Routine werden die Messdaten aller Luftschadstoffe aller Messstationen in der Zusammenschau über einige Tage rückwirkend betrachtet. Die Zeiträume, die bereits durch die automatisierte Plausibilitätskontrolle als unplausibel identifiziert wurden, sowie Zeiträume nach stattgefundenen Messgerätewartungen oder nach einem Messgerätetausch, werden besonders intensiv analysiert.

Werden Messwerte als fehlerhaft eingestuft, so werden die Daten verworfen. Dies bedeutet nicht, dass die Daten gelöscht werden, sondern dass sie für die Veröffentlichung gesperrt werden und nicht mehr in weitere Datenauswertungen (z. B. das Bilden eines Jahresmittelwerts) einfließen. Sollte sich zu einem späteren Zeitpunkt herausstellen, dass die Messwerte doch plausibel sind, so können die Daten wiederhergestellt werden.

Es gibt verschiedene Gründe, warum Messdaten verworfen werden müssen. Dazu zählen Defekte an den Komponenten der Messgeräte oder der Gerätesoftware, Undichtigkeiten in den Zuleitungen oder Beeinträchtigungen des Luftstroms durch z. B. eingefrorene Messeinlässe im Winter. In seltenen Fällen, vornehmlich im Spätherbst, können die



Messungen auch von Spinnen oder Insekten beeinträchtigt werden, die sich in den Messgeräten oder Zuleitungen ein warmes Winterquartier suchen. Kurzzeitige, lokale Beeinträchtigungen der Luftqualität durch z. B. Baustellen, Straßenreinigung oder Straßenfeste werden hingegen nicht verworfen. Jedoch ist die Unterscheidung zwischen Messgerätefehlern und lokalen Besonderheiten nicht immer einfach. Deshalb sind weitere Kontrollstufen notwendig.

In der monatlichen Plausibilitätskontrolle wird speziell auf Fehler geachtet, die bei der Betrachtung kurzer Zeiträume nicht direkt auffallen. Um diese aufzudecken, wird oft der Einfluss vorherrschender Wetterlagen auf die Schadstoffkonzentrationen und Schadstoffausbreitung, aber auch das mittelfristige Verhalten von Messgeräten, beispielsweise nach einem Messgeräthewechsel, beobachtet. Hierfür werden rückwirkend meistens mehrere Monate betrachtet. Die monatliche Überprüfung stellt außerdem eine zusätzliche Kontrolle für die bei der Tagesplausibilitätskontrolle verworfenen Daten dar. Gegebenenfalls können bereits verworfene Daten unter Zuhilfenahme weiterer Messwerte oder Kalibrierfaktoren noch nachträglich korrigiert werden. Änderungen im Datensatz werden tagesaktuell ins Messdatenportal übernommen. Nach Abschluss der monatlichen Plausibilisierung wird ein lufthygienischer Monatsbericht erstellt. Dieser steht in digitaler Form ca. 4-6 Wochen nach dem jeweiligen Monatsende auf der Internetseite des HLNUG zur Verfügung.

Nach Abschluss eines Kalenderjahres wird eine erneute Überprüfung der Messdaten durchgeführt. Diese umfasst das gesamte zurückliegende Jahr. Dadurch können Effekte in den Messgeräten selber, wie beispielsweise Undichtigkeiten oder Drift, erkannt und gegebenenfalls korrigiert werden. Auch werden besonders hoch oder besonders niedrig belastete Episoden explizit betrachtet und ihre Plausibilität im Zusammenhang mit der Witterung oder im Vergleich zu den Messdaten umliegender Bundesländer untersucht. Diese Art von Vergleich kann

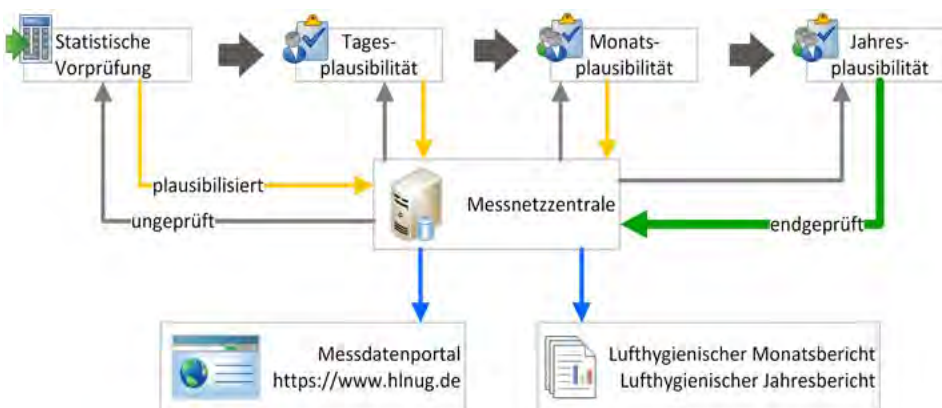


Abb. 5: Ablauf der mehrstufigen Plausibilisierung und Datenveröffentlichung © HLNUG

zum Beispiel Rückschlüsse auf einen überregionalen Schadstoffeintrag geben, der ursächlich für eine besonders hohe Belastung sein kann. Nach Abschluss der Überprüfung wird typischerweise im Februar der Lufthygienische Jahreskurzbericht veröffentlicht. Später wird der ausführlichere Lufthygienische Jahresbericht veröffentlicht, der dann auch eine Einordnung und Interpretation der Messwerte sowie die Ergebnisse der Sondermessprogramme beinhaltet.

Die gesetzlichen Bestimmungen zur Beurteilung der Luftqualität geben vor, dass eine bestimmte Anzahl an Messwerten vorhanden sein muss. Beispielsweise müssen für die Berechnung des Jahresmittelwerts für Stickstoffdioxid mindestens 90 % der Einstundenmittelwerte verfügbar sein. Die geltenden Mindestbelegungen werden jedoch seit mehreren Jahren zuverlässig eingehalten, da durch die gute Datenanbindung und die daraus resultierende schnelle technische Fehlerbehebung kaum noch größere Datenausfälle auftreten.

Außerdem erfordern die gesetzlichen Regelungen eine regelmäßige Berichterstattung der erhobenen Messdaten. Deshalb werden die Luftmessdaten des HLNUG nicht nur im Messdatenportal veröffentlicht, sondern auch an das Umweltbundesamt, die Europäische Umweltagentur oder auch an Medienanstalten wie den Hessischen Rundfunk geliefert. Ebenso werden die Daten auf Anfrage an private sowie gewerbliche Nutzer herausgegeben. Ingenieurbüros nutzen die Messdaten beispielsweise für die Abschätzung der Immissionsvorbelastung in Genehmigungsverfahren.



Fazit

Der Prozess, qualitativ hochwertige Messdaten bereitstellen zu können, ist deutlich aufwendiger als man auf den ersten Blick vielleicht denken würde. Ein engagiertes Team von Mitarbeitenden im HLNUG sorgt dafür, dass alle beschriebenen Schritte von der Messung bis zum veröffentlichten Messwert kompetent und sachgerecht durchgeführt werden. Dadurch können wir der Aufgabe, die Luftqualität in Hessen zum Schutz von Mensch und Umwelt zu überwachen, auch in Zukunft nachkommen.


DEZERNAT LUFTREINHALTUNG: IMMISSIONEN

Wenn eine Luftmessstation in die Jahre kommt...

Charlotte Matthias, Katja Wucher



■ Im Hessischen Luftmessnetz existieren viele Messstandorte schon seit mehreren Jahrzehnten. Um die kontinuierliche und zuverlässige Erfassung der Messdaten sicherzustellen, werden die Messeinrichtungen regelmäßig gewartet und bei Bedarf ersetzt. Die Stationscontainer selbst müssen in der Regel erst nach rund 20 Jahren Standzeit ausgetauscht werden. Doch wie erfolgt der Tausch einer Luftmessstation – was gibt es zu berücksichtigen? Und wie kann die Datenerfassung gewährleistet werden?



Durch den Austausch eines Stationscontainers gehen nur rund **1%** der jährlichen Daten verloren.

So funktioniert eine Luftmessstation

Die Messung der Luftschadstoffe im kontinuierlichen Verfahren erfolgt mit automatisierten Analysatoren. Dafür muss eine Luftmessstation als begehbarer Laborraum mit gleichbleibender Innentemperatur und Luftfeuchtigkeit ausgelegt werden. Jede Messstation setzt sich aus dem Probenahmesystem, den einzelnen Messgeräten mit Kalibriereinheit und der Stationselektronik zusammen. Der Stationsrechner fragt die Messwerte in kurzen Sekundenabständen ab und berechnet daraus die Halbstundenmittelwerte; diese werden anschließend in die Messnetzzentrale des HLNUG übertragen.

Wenn der Stationscontainer in die Jahre kommt...

Die äußere Hülle der Luftmessstation, der Stationscontainer, kann rund 20 Jahre im Einsatz bleiben. Die alten Messcontainer sind jedoch oft noch für die Messung mit inzwischen veralteten und nicht mehr verwendeten Messtechniken ausgelegt. Heute kann der Raum innerhalb der Station besser genutzt werden. Zum Beispiel ist die Lagerung der zum Betrieb der Messeinrichtungen benötigten Gasflaschen nicht mehr in einem abgeschlossenen Raum erforderlich, wodurch Platz für die Optimierung der Arbeitsbereiche frei wird. Dies kommt auch der Arbeitssicherheit bei den Wartungstätigkeiten zugute.

Das neue Modell

Zunächst muss der neue Container beschafft werden. Das heißt, dass auf Grundlage der benötigten Messeinrichtungen und des Standortes ein neuer Container als Spezialanfertigung entworfen und bestellt wer-

Wenn eine Luftmessstation in die Jahre kommt...

den muss. Zum Entwurf gehört auch die Gestaltung der Außenansicht der Messstation. Der Austausch der Messstation Wiesbaden Ringkirche etwa wurde dazu genutzt, um auf das 50-jährige Bestehen des HLNUG aufmerksam zu machen.

Obligatorisch: eine gute Vorbereitung

Weiterhin bedarf der Tausch umfangreicher organisatorischer Vorbereitungen (z. B. Genehmigungen für Straßensperrungen, falls erforderlich Gestattungsverträge zum Aufstellen und Betreiben der Station, Legen der Stromanschlüsse über den örtlichen Versorger). Oft wartet der bereits gelieferte neue Container auf einem anderen Stellplatz auf seinen Einsatz. Am Standort selbst werden Messgeräte wenige Tage vor dem großen Ereignis sukzessive ausgebaut und der alte Container noch während des Betriebes verbleibender Messeinrichtungen nach und nach leergeräumt. Nach vielen Jahren Standzeit hat sich unter der Station viel Abfall und Schutt angesammelt, der für die Aufstellung des neuen Containers weggeräumt werden muss. Diese Arbeiten können oft erst nach dem Entfernen des alten Containers abgeschlossen werden.

Abb. 1: Anlieferung des neuen Containers (Luftmessstation Wiesbaden Ringkirche) © HLNUG



Abb. 2: Alter und neuer Container – Umladen in beengten Verhältnissen (Luftmesstation Limburg)
© HLNUG



Abb. 3: In luftigen Höhen zum Erreichen der Zielposition auf dem Parkdeck (Luftmesstation Limburg)
© HLNUG



Präzisionsarbeit mit dem Kranwagen

Besonders im innerstädtischen Bereich ist es wichtig, einen günstigen Zeitpunkt für die Aufstellung zu wählen, damit die Beeinträchtigung des Berufsverkehrs möglichst gering ausfällt. Ist der alte Container beiseite gehoben, kann sein Nachfolger langsam aber sicher vom Kranwagen direkt auf den Standort abgesetzt werden. Gerade in beengten Verhältnissen ist dabei Präzisionsarbeit gefragt!

Inbetriebnahme

Jetzt heißt es: prüfen, ob alles in Waage ist, und noch die Anschlüsse vom örtlichen Stromversorger legen lassen, schon ist der Container für den Wiedereinbau neu kalibrierter Messgeräte bereit. Sobald auch die Messgeräte eingelaufen sind und die Datenübermittlung wieder erfolgt, wird geprüft, ob alle Messwerte – auch in Bezug auf die vorhergehenden Messungen mit den nun ausgebauten Geräten – plausibel und ohne Beeinflussung des Containers sind. Denn durch bestimmte Stoffe, beispielsweise durch verwendete Klebstoffe, kann durchaus eine Beeinflussung der Messwerte leichtflüchtiger Verbindungen erfolgen. Ist alles erfolgreich geprüft, kann der neue Messcontainer in den Alltagsbetrieb übergehen.



Abb. 4: Einbau der Messgeräte im neuen Container (Luftmesstation Bebra)
© HLNUG



Fazit

Der Tausch eines Stationscontainers erfordert insgesamt viel Planung. Gleichzeitig bietet er aber auch die Gelegenheit, Verbesserungen, Modernisierungen und Anpassungen an den Stationen umzusetzen, ohne die Datenerfassung dabei zu beeinträchtigen. Der nächste Containertausch an einem anderen Standort ist bereits in Planung.

DEZERNAT LUFTREINHALTUNG: EMISSIONEN

Emission ultrafeiner Partikel durch Kaminöfen

Dominik Wildanger, Jens Cordes



Im Rahmen eines Forschungsprojektes im Auftrag des Umweltbundesamtes hat das HLNUG ein Messverfahren für die Ermittlung der Konzentration ultrafeiner Partikel im Abgas von Kaminöfen validiert und die zugehörigen Verfahrenskenngrößen ermittelt. Außerdem wurde die Emissionsminderung durch einen elektrostatischen Staubabscheider im Kamin untersucht. Dabei zeigte sich, dass die Feinstaubemissionen durch den Einsatz eines einfach nachrüstbaren Elektrofilters erheblich reduziert werden können.



Durch den Einsatz eines Elektrofilters können die UFP-Emissionen eines Kaminofens um **97 %** reduziert werden.

Hintergrund

Kaminöfen werden einerseits als gemütliche Wärmequelle, die man im heimischen Wohnzimmer nicht missen möchte, und andererseits aufgrund ihrer Emissionen als nachbarschaftliches Ärgernis und Gesundheitsrisiko wahrgenommen. Im Rahmen eines Forschungsprojektes hat das HLNUG die Emissionen ultrafeiner Partikel (UFP) und die Minderungsmöglichkeit durch Elektrofilter untersucht.

Als ultrafeine Partikel bezeichnet man kleinste Staubteilchen, die bis tief in die Lunge eindringen können. Sie entstehen beispielsweise bei Verbrennungsprozessen wie in einem Kaminofen. Im Rahmen eines durch das Umweltbundesamt geförderten Forschungsprojekts wurde am HLNUG ein Messverfahren für die Bestimmung ultrafeiner Partikel in Kaminofenabgasen validiert. Weiterhin wurde untersucht, in welchem Umfang die Partikelemissionen von Kaminöfen durch den Einsatz eines elektrostatischen Partikelabscheiders gemindert werden können.

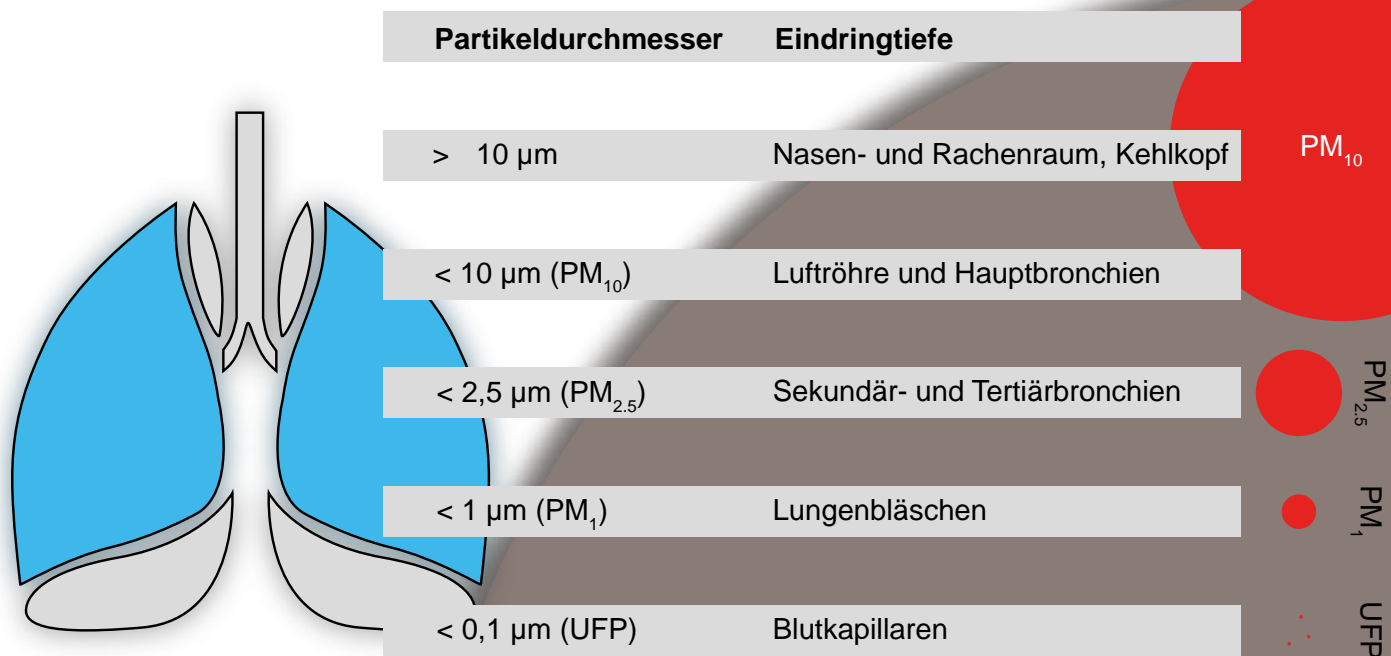
Um die Emission von Staubpartikeln aus Kaminöfen zu begrenzen, existiert ein gesetzlicher Grenzwert für Staubemissionen von Kaminöfen von 40 mg/m^3 . Aufgrund ihres geringen Volumens haben ultrafeine Partikel nur sehr geringe Massen. UFP tragen daher zur emittierten Staubmasse kaum bei und werden vom vorgenannten Grenzwert praktisch nicht reguliert. Gleichzeitig können diese Partikel jedoch tief in die menschliche Lunge eindringen. Entsprechend ist es wichtig, mehr über diese Emissionen zu lernen, und es bedarf eines Messverfahrens, das die Charakterisierung der Emissionen ultrafeiner Partikel und somit auch die Beurteilung von Minderungsmaßnahmen erlaubt. Ein solches Messverfahren erfasst nicht die freigesetzte Masse, sondern die Anzahl freigesetzter ultrafeiner Partikel.

Messung von Partikelanzahlkonzentrationen

Luftgetragene Staubemissionen, sogenannter Feinstaub, werden im Bereich des Umweltschutzes in verschiedene Größenklassen eingeteilt. Klassischerweise sind dies PM_{10} und $PM_{2,5}$. Dabei steht PM für „Particulate Matter“ (engl. für „partikelförmige Materie“, also Staub) und die Zahlen dahinter geben den maximalen aerodynamischen Durchmesser der berücksichtigten Staubteilchen in Mikrometer (μm) an. Entsprechend gehören zur Größenklasse PM_{10} alle Staubteilchen bis zu einem aerodynamischen Durchmesser von $10 \mu m$, und zur Größenklasse $PM_{2,5}$ alle Staubteilchen bis zu einem aerodynamischen Durchmesser von $2,5 \mu m$. $10 \mu m$ entsprechen nur ungefähr einem Sechstel des Durchmessers eines Haares, ultrafeine Partikel sind noch einmal um mehrere Größenordnungen kleiner.

Üblicherweise werden Staubemissionen anhand ihres Gewichts bestimmt. Dazu wird eine definierte Menge des zu analysierende Abgases durch geeignete Messfilter gesaugt. Die Staubteilchen werden vom Filter zurückgehalten und durch die Massenzunahme des Filters kann die Staubbelastung des Abgases in Bezug auf die Staubmasse quantifiziert werden. Ultrafeine Partikel sind jedoch so klein, dass sie kaum eine Masse

Abb. 1: Größenvergleich von Staubpartikeln verschiedener Durchmesser und ihre Eindringtiefe in die menschliche Lunge (7)





Aerodynamischer Durchmesser:

Da Staubteilchen beliebige Formen haben können, ist der geometrische Durchmesser nicht definiert und auch messtechnisch nicht zugänglich. Daher wird der sogenannte aerodynamische Durchmesser verwendet. Dieser gibt an, welchen Durchmesser ein kugelförmiger Partikel gleicher Dichte haben müsste, um in einem Luftstrom dasselbe (aerodynamische) Verhalten zu zeigen, wie das untersuchte Partikel.

tragen. Ein ultrafeines Partikel mit einem Durchmesser von 100 nm ist 1 000 000 mal leichter als ein PM_{10} Partikel mit einem Durchmesser von 10 μm . Entsprechend erlauben die massebezogenen Staubemissionsmessungen kaum Rückschlüsse auf die Emission ultrafeiner Partikel. Für die Bestimmung des Emissionsverhaltens ultrafeiner Partikel ist daher die Angabe der Anzahl der Partikel aussagekräftiger. Um Partikel zählen zu können, müssen diese irgendwie detektiert werden können. Aufgrund ihrer geringen Größe (der Durchmesser ist deutlich kleiner als die Wellenlänge des Lichts im sichtbaren Spektrum) sind ultrafeine Partikel allerdings für optischen Verfahren nicht direkt zugänglich, also quasi „unsichtbar“. Daher bedarf es eines Tricks, um diese Partikel „sichtbar“ und somit einfach zählbar zu machen. Der Trick besteht darin, die ultrafeinen Partikel größer zu machen, um sie dann mit optischen Verfahren detektieren zu können. Genau das passiert in einem Kondensationspartikelzähler (engl. Condensation Particle Counter, kurz CPC): In diesem wird das zu untersuchende Abgas bei erhöhter Temperatur mit einem Lösungsmittel gesättigt. Anschließend wird das mit Lösungsmittel gesättigte Abgas im sogenannten Kondensator leicht abgekühlt. Dies hat zur Folge, dass das gasförmige Lösungsmittel kondensiert. Dabei fungieren die ultrafeinen Partikel als Kondensationskeime, das heißt, dass sich an die ultrafeinen Partikel Lösungsmitteltropfen anlagern und die Partikel dadurch deutlich größer werden. Diese sind dann optisch detektierbar und können gezählt werden. Dieses in der Theorie einfach klingende Verfahren ist in der technischen Umsetzung relativ kompliziert. Dies gilt insbesondere, wenn die Messungen an Abgasen komplexer Zusammensetzung, wie beispielsweise an einem Kaminofen, durchgeführt werden. In diesen Fall bedarf es einer umfangreichen Aufarbeitung des Abgases, bevor die eigentliche Messung stattfinden kann.

Das Forschungsprojekt

Bisher gibt es nur in wenigen Bereichen, etwa dem Automobilsektor, Regulierungen für die Emission ultrafeiner Partikel durch Verbrennungsprozesse. Allgemein verbindliche Vorgaben existieren für die Emissionen von ultrafeinen Partikeln aus Kaminöfen bislang nicht. Besonders „saubere“ Kaminöfen mit einer entsprechenden Abgasreinigung können allerdings mit dem Umweltzeichen Blauer Engel ausgezeichnet werden. Die Vergaberichtlinie für den Blauen Engel für Kaminöfen sieht eine Obergrenze für die emittierte Partikelanzahlkonzentration vor, die ein Kaminofen für den Erhalt des Blauen Engels einhalten muss. Entsprechend bestand der Bedarf nach einem belastbaren Messverfahren, um die Vergabekriterien umsetzen zu können. Dazu wurde ein Messverfahren aus dem Automobilbereich auf die Bedingungen der Kamin-

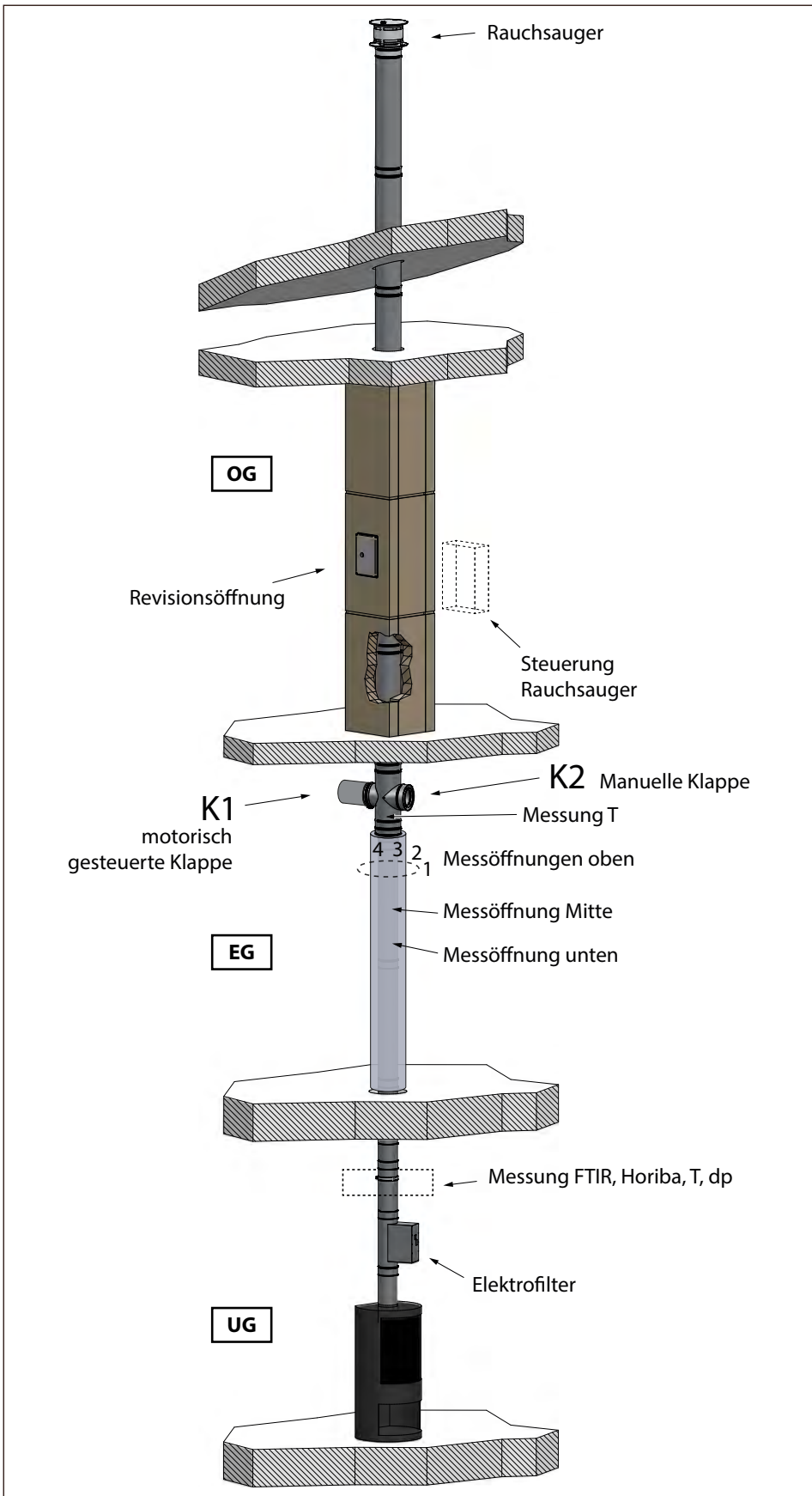


Abb. 2: Kaminofenprüfstand des HLNUG in Kassel

ofenabgase angepasst. Zur Validierung dieses Messverfahrens hat das HLNUG auf Grundlage seiner Erfahrungen mit Emissionsringversuchen einen Kaminofenprüfstand errichtet und einen Ringversuch vorbereitet und organisiert. Weiterhin wurden Untersuchungen durchgeführt, um das Emissionsminderungspotential von Elektrofiltern in Bezug auf Feinstaub und Ultrafeinstaub zu untersuchen.

Der Kaminofenprüfstand

Der Kaminofenprüfstand wurde im Keller eines Gebäudes des HLNUG in Kassel eingebaut, mit einem bis zum Kaminauslass senkrechten Abgasrohr (siehe Abbildung 2).

Im Erdgeschoss wurde ein Messraum eingerichtet, in dem über Messöffnungen Probenahmesonden für verschiedene Messgeräte in den Abgaskanal eingeführt werden können. In mehreren Voruntersuchungen sowie im Ringversuch wurden kontinuierlich die Konzentrationen von O_2 , CO_2 , CO , NO_x und H_2O gemessen. Außerdem wurden der Zug im Kamin, die Temperaturen in der Brennkammer und im Messquerschnitt, sowie die Partikelanzahlkonzentration im Abgas kontinuierlich erfasst. Zusätzlich wurden im Rahmen von Voruntersuchungen auch die Konzentrationen von gasförmigem Kohlenstoff (OGC) sowie der Partikelmasse untersucht. Die Durchführung dieser Messungen richtete sich dabei nach den Vorgaben der Vergabekriterien für den Blauen Engel für Kaminöfen.

Für die hier beschriebenen Untersuchungen wurde ein Kaminofen mit einer Nennwärmeleistung von 6 kW in Verbindung mit einer Software zur Abbrandsteuerung und einem elektrostatischen Staubabscheider verwendet. Der Betrieb des Kaminofens einschließlich des Nachlegens von Brennholz erfolgte nach Herstellerangaben ohne manuelle Eingriffe (wie dem Öffnen oder Schließen von Luftklappen), abgesehen von der Umstellung von Nennlast auf Teillast nach dem fünften Abbrand.

Das bei der Holzverbrennung im Kaminofen entstehende Rauchgas strömt in den Schornstein und durchströmt dort zunächst den Elektrofilter (ESP), der die Partikel elektrisch auflädt. Diese aggregieren dadurch zu größeren Flocken und lagern sich dann an den Wänden des Schornsteins ab.

Im nächsten Abschnitt des Kamins befindet sich eine beheizte Sonde mit Partikelfilter, die über eine beheizte Leitung einen Probengasstrom zu verschiedenen Gasanalysatoren leitet. Diese sind zum einen ein Gasanalysator mit vorgeschaltetem Gaskühler zur Messung von NO_x , CO , CO_2 und O_2 , ein FTIR (Fourier-Transformations-Infrarotanalysator) zur Messung des Wassergehaltes und ein Gesamtkohlenwasserstoffanalysator (FID).



Anzahl der
Kaminöfen in
Deutschland
2022:
11,5 Mio.

<https://www.schornsteinfeger.de/erhebungen.aspx>

Im nächsten Stockwerk des Gebäudes folgen die Messöffnungen zur Messung der Partikelanzahlkonzentration. Darüber befinden sich größere Öffnungen mit Klappen zur Zugregelung und am Ende des Schornsteins schließlich ein Rauchsauger.

Das zur Messung von Partikelanzahlkonzentrationen verwendete System besteht aus einem Zyklon zur Abscheidung großer Partikel und einer beheizten Leitung zur Verdünnungseinrichtung und zum Messgerät. Die für die Verdünnung benötigte Druckluft wurde vor ihrer Verwendung mit Filtern und Trocknern aufbereitet.

Der ESP wurde mit Werkseinstellungen betrieben und schaltet sich bei diesem Modell automatisch ein, wenn ein bestimmter Temperaturanstieg im Kamin registriert wird.

Der Ringversuch und seine Ergebnisse

Ziel des Ringversuches war die Validierung des Messverfahrens für ultrafeine Partikel. Unter einer Validierung versteht man die Bestimmung der sogenannten Verfahrenskenngrößen. Diese beschreiben, wie stark die Ergebnisse eines Messverfahrens streuen, wenn es mit gleichem Personal und gleicher Ausstattung wiederholt auf eine vergleichbare Probe (Wiederholstandardabweichung) bzw. wenn die gleiche Probe mit verschiedener Ausstattung und von unterschiedlichen Personen aber nach der gleichen Messvorschrift (Vergleichstandardabweichung) untersucht



Zyklon:

Als „Zyklon“ werden nicht nur Tropische Wirbelstürme, sondern in der Technik auch Flehkraftabscheider bezeichnet. In einem solchen Zyklon wird ein Gasstrom in einem speziell geformten Bauteil in eine Spiralbewegung gezwungen. Durch die dabei entstehenden Fliehkräfte werden schwere Teilchen (z. B. große Staubpartikel) an die Außenwände gedrückt und können so abgetrennt werden. Ein solcher Zyklon wird auch in „beutellosen“ Staubsaugern genutzt.

Abb. 3: Schichtung von Brennholz und Anzündern (paraffinetränkte Holz- wolle) zum Anzünden des Kamins

wird. Dazu war es erforderlich, den Kaminofen möglichst reproduzierbar in verschiedenen Zuständen zu betreiben. Um dies zu erreichen, wurde der Kaminofen mit genau definierten Holzstücken beladen und immer nach dem gleichen Verfahren angezündet und betrieben.

Für die Bestimmung der Wiederholstandardabweichung wurde der Kaminofen wiederholt gemäß den Vergaberichtlinien für den Blauen Engel betrieben und die Emission ultrafeiner Partikel gemessen. Dabei ergab sich eine relative Wiederholstandardabweichung von 16 Prozent. Das bedeutet, dass bei ein und demselben Kaminofen und unter Einsatz der immer gleichen Ausrüstung die Ergebnisse um 16 Prozent streuen. Anders ausgedrückt liegen bei wiederholten Messungen unter gleichen Voraussetzungen ungefähr 19 von 20 Messergebnissen in einem Bereich von $\pm 32\%$ um den Mittelwert der Messergebnisse.

Im nächsten Schritt wurde die Vergleichstandardabweichung bestimmt. Diese gibt an, wie sehr die Ergebnisse streuen, wenn verschiedene

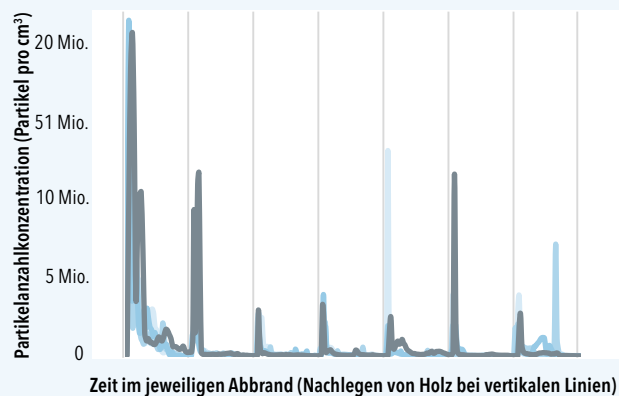


Abb. 4: Zeitlicher Verlauf der Partikelanzahlkonzentration in vier verschiedenen Abbrandreihen mit eingeschaltetem Staubabscheider

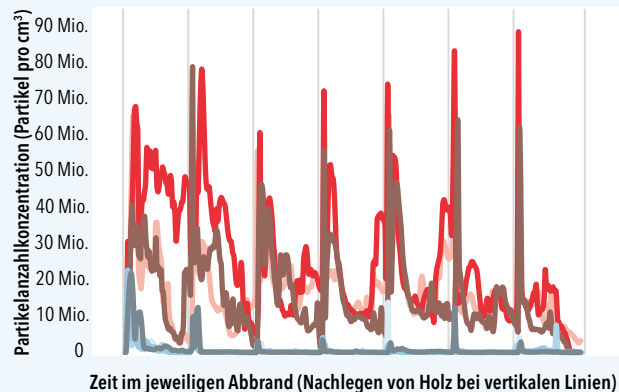


Abb. 5: Verlauf der Partikelkonzentration in vier Abbrandreihen mit eingeschaltetem (blaue Linien), sowie in drei Abbrandreihen mit ausgeschaltetem Staubabscheider (rote Linien)



Labore den gleichen Kaminofen bezüglich seines Emissionsverhaltens ultrafeiner Partikel charakterisieren. Dazu wurden acht Labore aus dem In- und Ausland (Deutschland, Dänemark und Schweiz) eingeladen, um mit ihren Messgeräten und ihrem Personal gleichzeitig Emissionsmessungen am Kaminofenprüfstand in Kassel durchzuführen. Diese Untersuchungen ergaben eine Streuung von 25 Prozent. Das heißt, dass bei Messungen durch verschiedene Labore, also mit unterschiedlichem Personal und unterschiedlicher Ausstattung, ungefähr 19 von 20 Messergebnissen in einem Bereich von $\pm 50\%$ um den Mittelwert der verschiedenen Laborergebnisse liegen.

Neben den Verfahrenskenngrößen wurden im Rahmen der Messungen auch zahlreiche Erkenntnisse über das Emissionsverhalten eines modernen Kamins mit Elektrofilter in Bezug auf ultrafeine Partikel gewonnen. In Abbildung 4 ist der zeitliche Ablauf der Emission ultrafeiner Partikel über mehrere Abbrandreihen illustriert. Jede Kurve stellt 7 Abbrände dar. Die einzelnen Versuche sind zeitlich so skaliert, dass die Zeitpunkte des Anzündens (1. Abbrand) bzw. des Nachlegens von Holz zusammenfallen und auf den vertikalen Gitterlinien liegen. Aus den Daten erkennt man, dass die höchsten Emissionen ultrafeiner Partikel während des Anzündens sowie dem Nachlegen von Holz während der ersten beiden Abbrände entstehen. Im Mittel über sieben Abbrände wurden Partikelanzahlkonzentrationen von 400 000 bis 700 000 Partikel pro cm^3 festgestellt.

Emissionsminderung durch Elektroabscheider

Der untersuchte Kaminofen bot die Möglichkeit, den Elektroabscheider einfach außer Betrieb zu nehmen. Dadurch ergab sich die Möglichkeit zu untersuchen, welches Emissionsminderungspotential Elektrofilter für ultrafeine Partikel und Feinstaub haben. Dazu wurden mehrere Versuche mit abgeschaltetem Elektrofilter durchgeführt und die Partikelemissionen bestimmt. Abbildung 5 zeigt den Vergleich mehrerer Abbrandreihen mit (blaue Kurven) und ohne (rote Kurven) Elektrofilter. Die Ergebnisse der Partikelmessungen sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Im Ergebnis beträgt die Minderung der Staubmassenkonzentration durch den Elektrofilter 84 Prozent und die Minderung der ultrafeinen Partikel 97 Prozent. Dieses Ergebnis ist sehr erfreulich, da Elektrofilter mit geringem Aufwand an praktisch jedem Kamin nachgerüstet werden können. Damit besteht eine einfache Möglichkeit, das Emissionsverhalten von bereits installierten Kaminöfen deutlich zu verbessern.

Tab. 1: Gemessene Partikelmassenkonzentrationen und Partikelanzahlkonzentrationen mit und ohne eingeschalteten Staubabscheider

Zeitraum	Partikelmassenkonzentration [mg/m ³]			Partikelanzahlkonzentration [#/cm ³]		
	Ohne Abscheider	Mit Abscheider	Minde- rungs- faktor (Abscheide- grad)	Ohne Abscheider	Mit Abscheider	Minde- rungs- faktor (Abscheide- grad)
Abbrand 1 (Anbrand- phase)	49,9	9,0	6 (82 %)	46,1 Mio.	3,43 Mio.	13 (93 %)
Abbrand 2 (Anbrand- phase)				28,0 Mio.	0,668 Mio.	42 (98 %)
Abbrand 3 (Volllast)	23,2	8,4	3 (64 %)	22,4 Mio.	0,164 Mio.	136 (99 %)
Abbrand 4 (Volllast)	71,0	2,7	26 (96 %)	18,2 Mio.	0,191 Mio.	96 (99 %)
Abbrand 5 (Volllast)	52,9	7,2	7 (86 %)	21,4 Mio.	0,245 Mio.	87 (99 %)
Abbrand 6 (Teillast)	7,8	1,8	4 (77 %)	22,1 Mio.	0,291 Mio.	76 (99 %)
Abbrand 7 (Teillast)	17,5	4,5	4 (74 %)	22,8 Mio.	0,398 Mio.	57 (98 %)
Mittelwert	38,6	6,3	6 (84 %)	25,4 Mio.	0,661 Mio.	38 (97 %)



Fazit

Im Rahmen des Forschungsprojektes im Auftrag des Umweltbundesamtes wurde ein Messverfahren für die Charakterisierung der Emission ultrafeiner Partikel durch Kaminöfen validiert und die zugehörigen Verfahrenskenngrößen ermittelt. Außerdem wurde mit diesem Verfahren der Umfang der Emissionsminderung partikelförmiger Emissionen durch einen Elektrofilter untersucht. Dabei zeigte sich, dass die Emissionen ultrafeiner Partikel und von Feinstaub durch den Einsatz eines einfach nachrüstbaren Elektrofilters erheblich reduziert werden können. Durch eine flächendeckende Nachrüstung von Kaminöfen könnte die von diesen ausgehende Umweltbelastung signifikant reduziert werden.



Literatur

- (1) World Health Organization. Regional Office for Europe (2021): Review of evidence on health aspects of air pollution: REVIHAAP project: technical report. (<https://iris.who.int/handle/10665/341712>)
- (2) NAEHER, L.P., BRAUER, M., LIPSETT, M., ZELIKOFF, J.T., SIMPSON, C.D., KONIG, J.Q. & SMITH, K.R. (2007): Woodsmoke Health Effects: A Review. – Inhalation Toxicology, 19: 67-106.
- (3) BIRMILI, W., PIETSCH, A., NIEMEYER, T., KURA, J., HOFFMANN, S., DANIELS, A., ZHAO, J., SUN, J., WEHNER, B., WIEDENSOHLER, A. (2020): Vorkommen und Quellen ultrafeiner Partikel im Innenraum und in der Außenluft – Aktueller Kenntnisstand. – Gefahrstoffe 80 Nr. 01-02: 33-43.
- (4) Erste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen – 1. BImSchV) vom 26. Januar 2010 (BGBl. I S. 38). (https://www.gesetze-im-internet.de/bimschv_1_2010)
- (5) RAL gGmbH (2020): Blauer Engel – Das Umweltzeichen – Kaminöfen für Holz – DE-UZ 212- Vergabekriterien – Ausgabe Januar 2020 – Version 8 (<https://www.blauer-engel.de/de/produktwelt/kaminofen-fuer-holz>)
- (6) CORDES, J., STOFFELS, B. & WILDANGER, D. (2015): Die neuen Emissionsringversuche des HLUG – größer, schneller, besser. – Jahresbericht 2014 des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie: 99-104, Wiesbaden. (www.hlnug.de/?id=13369)
- (7) CARVALHO, T.C., PETERS, J.I., WILLIAMS, R.O. 3RD (2011): Influence of particle size on regional lung deposition – what evidence is there? Int. J. Pharm. 406(1-2): 1-10.



DEZERNAT LÄRM, ERSCHÜTTERUNGEN, ABFALL,
LUFTREINHALTUNG: ANLAGEN

Datenangebot des hessischen Emissions- katasters

Dagmar Cornelius, Melanie Gandlau



☒ Rauchfahnen, Motorabgase, unsichtbare Gase – nicht unbedingt greifbar und dennoch sind sie da! Ist es immer nur der Schornstein der Industrie oder der Verkehr, der die Luft verunreinigt? Was, wo, wieviel Emissionen – diese Fragen beantwortet das Emissionskataster in Hessen.



© Countrypixel/stock.adobe.com



© elcovalana/stock.adobe.com

Doch nicht nur die Industrie? – sechs Emittentengruppen

Nach dem Verursacherprinzip berechnet das HLNUG den Schadstoffausstoß der sechs folgenden Emittentengruppen:

- Industrie (nach der 4. BImSchV genehmigungsbedürftige Anlagen)
- Kleingewerbe (sonstige nicht nach der 4. BImSchV genehmigungsbedürftige Anlagen)
- Gebäudeheizung (nicht genehmigungsbedürftige Feuerungsanlagen)
- Verkehr (Straßen-, Schienen¹- sowie Flugverkehr² bis 300 m über Grund)
- Biogene und nicht gefasste Quellen (Emissionen aus Landwirtschaft³, Wäldern und Deponien)
- Privater Verbrauch (haushaltschemische Produkte sowie synthetische Betriebsstoffe in privaten Haushalten)

Die Emissionsdaten werden in der Regel alle vier bis sechs Jahre neu erhoben. Die konkreten Erhebungsjahre sind in der Abbildung 1 dargestellt.

Beispiel Stickstoffdioxid

Um die jeweiligen Anteile der Emittentengruppen an den Gesamtemissionen und die zeitliche Entwicklung der Emissionen in Hessen zu beurteilen, sind im folgenden Beispiel die Stickstoffdioxid-Emissionen von 1994 bis 2020 für alle sechs Emittentengruppen dargestellt (Abbildung 2).

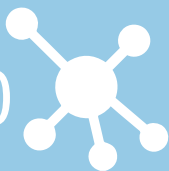
Die Stickstoffdioxid-Emissionen haben sich in Hessen von 1994 bis 2020 mehr als halbiert. Der Kfz-Verkehr ist für Stickstoffdioxid die Emittentengruppe mit dem größten Emissionsanteil an den Gesamtemissionen.

1 Daten der Deutschen Bahn AG

2 Daten der Fraport AG

3 Daten des Johann Heinrich von Thünen-Instituts - Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei (vTI)

Je nach Emittentengruppe wurden in der jeweils aktuellen Erhebung 1 bis 400 verschiedene Stoffe erhoben.



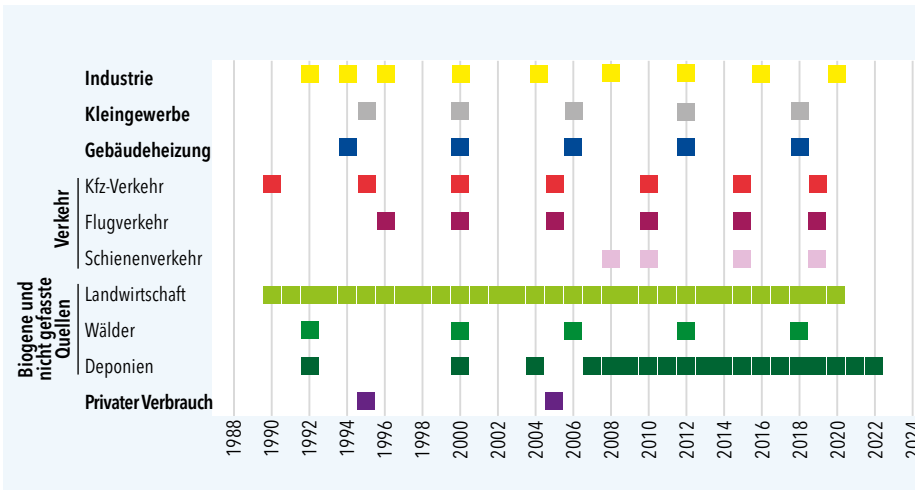


Abb. 1: Verfügbarer Jahrgänge der Emittentengruppen im Hessischen Emissionskataster

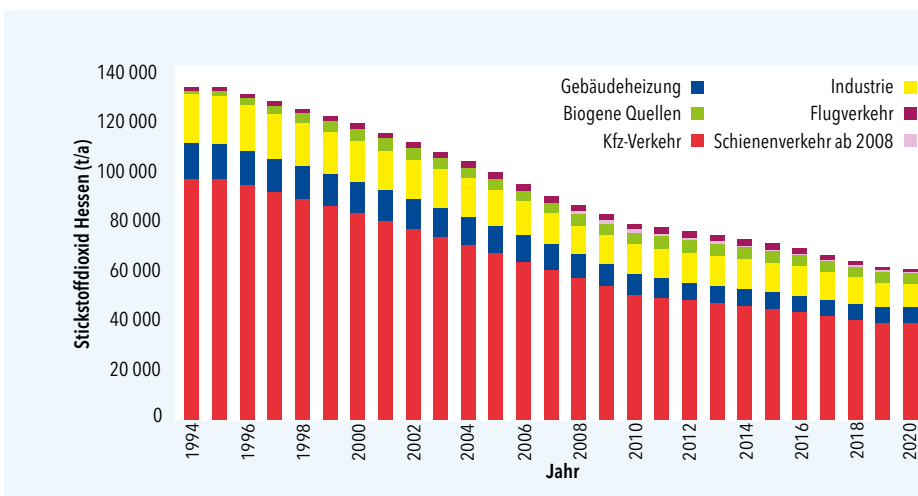


Abb. 2: Entwicklung der Stickstoffdioxid-Emissionen für Hessen von 1994 bis 2020 differenziert nach Emittentengruppen

Einsicht der Emissionsdaten

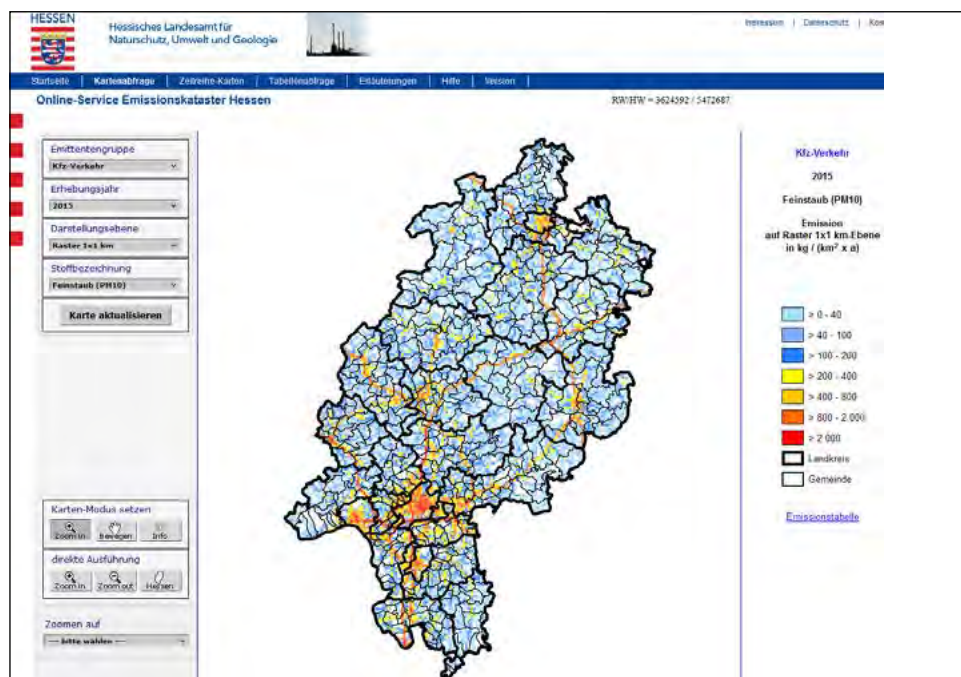
Die hessischen Daten zu Emissionen sind veröffentlicht und können über <https://www.hlnug.de/?id=400> eingesehen werden:

- **Web-Auftritt des Emissionskatasters:** Hier gibt es zu den einzelnen Emittentengruppen Unterseiten mit näheren Informationen, zum Teil mit ausführlichen Berichten zu den aktuellen Fortschreibungen.
- **Informationsblatt Emissionskataster Hessen:** Auf der oben genannten Homepage ist eine pdf-Datei verfügbar, die die Informationen zu den Emittentengruppen kurz und übersichtlich zusammenfasst sowie die zeitlichen Verläufe darlegt.
- **Online-Service Emissionskataster Hessen:** Im Online-Service Emissionskataster werden Emissionsdaten als Karten oder Tabellen dargestellt. Es lassen sich z. B. die Emissionen einzelner Gemeinden oder Landkreise anzeigen oder auch eine zeitliche Entwicklung einsehen. Zudem können Tabellen für verschiedene Stoffe zusammengestellt

und Daten exportiert werden. Der Link zum Online-Service Emissionskataster ist ebenfalls auf der oben genannten Seite zu finden.

- **Europäisches Emissionsportal (Früher: E-PRTR):** Hier können die vom HLNUG erhobenen Daten eingesehen werden, die über das Umweltbundesamt (UBA) an die Europäische Umweltagentur (EEA) berichtet wurden. (<https://industry.eea.europa.eu/>)
- **Weitere Daten anfragen:** Zusätzlich besteht die Möglichkeit, Daten aus dem hessischen Emissionskataster nach dem Hessischen Umweltinformationsgesetz (HUIG) individuell anzufragen. Je nach Aufwand für die Datenauswertungen können die Daten kostenpflichtig sein.

Abb. 3: Online-Service Emissionskataster Hessen



Fazit

Je nach emittiertem Stoff sind die Hauptverursacher in unterschiedlichen Bereichen zu finden. Einen Überblick zu den Emissionen in Hessen bietet das HLNUG über verschiedene Veröffentlichungen im Internet wie z. B. Emissionsberichte, Datenportale sowie als Printmedium an.

DEZERNAT STRAHLENSCHUTZ

Welche Strahlenbelastung geht von medizinischen Einrichtungen aus?

Isabell Deuter, Christian Heid



Radioaktivität ist allgegenwärtig und kann sowohl natürlichen Ursprungs als auch menschengemacht sein. Sie tritt in verschiedenen Bereichen auf, wie beispielsweise in der Medizin, der Forschung und in Kernkraftwerken. Der Gesetzgeber hat festgelegt, dass es einen Grenzwert gibt, der nur in Ausnahmefällen überschritten werden darf, zum Beispiel bei medizinischen Behandlungen. Jede Einrichtung, die ionisierende Strahlung freisetzen kann, muss vor Beginn ihrer Tätigkeiten nachweisen, dass dieser Grenzwert auch für Unbeteiligte eingehalten wird. Außerdem wird jährlich überprüft, ob genehmigungspflichtige Einrichtungen die Grenzwerte einhalten. Das HLNUG wurde vom HMUKLV damit beauftragt, diese Untersuchungen durchzuführen.

Der Grenzwert liegt bei
1 mSv/Jahr
für genehmigungs- oder
anzeigebedürftige
Tätigkeiten.



Strahlenbelastung in Deutschland: Grenzwerte für eine Einzelperson der Bevölkerung

Für Personen, die beruflich oder medizinisch keiner Strahlung ausgesetzt sind, oder überwacht werden, wurden jährliche Grenzwerte festgelegt. Solche Personen werden auch „Einzelpersonen der Bevölkerung“ (EdB) genannt. Dabei wird zwischen natürlicher und zivilisatorischer Strahlenexposition unterschieden. Durch die natürliche Strahlenexposition erhält jeder Mensch durchschnittlich etwa eine Dosis von 2,1 Millisievert (mSv/a). Die Dosis ist hierbei ein Maß für die Belastung durch die Strahlung (Exposition). Die Zusammensetzung des Wertes kann aus Abbildung 2 entnommen werden [Bfs 2023a].

Demgegenüber steht die zivilisatorische Strahlenexposition. Den größten Anteil liefert dabei die Medizin durch die Röntgendiagnostik mit einem

Abb. 1: In der Brachytherapie wird meistens die Strahlung des Nuklids ^{192}Ir eingesetzt, um Karzinome zu zerstören © Negro Elkha/stock.adobe.com



Welche Strahlenbelastung geht von medizinischen Einrichtungen aus?

Wert von 1,7 mSv pro Jahr. Die Nuklearmedizin steht an zweiter Stelle mit 0,2 mSv pro Jahr. In Abbildung 3 sind weitere jährliche Jahresdosiswerte und deren Ursprung dargestellt [BfS 2023b].

Nach § 80 des Strahlenschutzgesetzes (StrlSchG) darf eine Einzelperson der Bevölkerung durch genehmigungs- oder anzeigebedürftige Tätigkeiten eine jährliche Dosis von nicht mehr als 1 mSv erhalten. Im Falle von kerntechnischen Anlagen bedeutet das, dass der Grenzwert für die Summe der Strahlenexpositionen aus der Direktstrahlung und aus Ableitungen einzuhalten ist [§ 80 StrlSchG, §§ 99-101 StrlSchV].

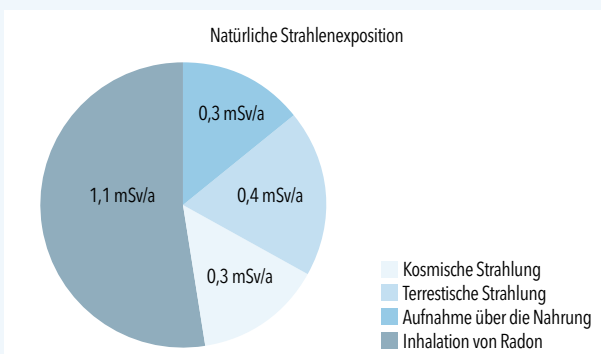


Abb. 2: Den größten Anteil der jährlichen erhaltenen natürlichen Strahlenexposition, macht die Inhalation von Radon mit einem Wert von 1,1 mSv/a aus

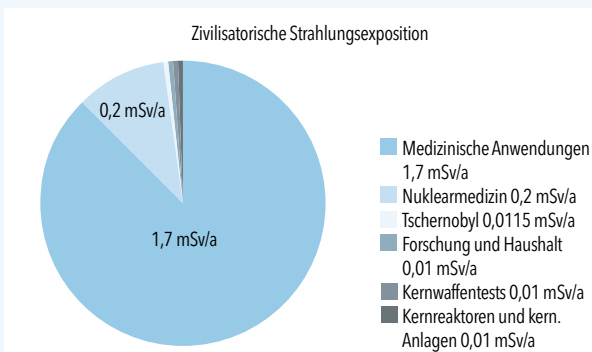


Abb. 3: In dieser Graphik wird verdeutlicht, wie sich die jährliche zivilisatorische Strahlungsexposition in Deutschland zusammensetzt

Ermittlung der tatsächlichen Exposition

Wie oben beschrieben ist für jede Einrichtung, die ionisierende Strahlung erzeugt, nach § 100 der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) nachgewiesen worden, dass die erforderlichen Grenzwerte des § 80 StrlSchG und § 99 StrlSchV eingehalten werden. Dabei wird eine repräsentative Person angenommen und mit konservativen Annahmen wie den höchst zugelassenen Werten (z.B. Aktivität, Behandlungen pro Jahr oder



Als Beispiel wären dies für eine medizinische Einrichtung: Arbeiter, die bei einer Drittfirma angestellt sind, Patienten im Nachbarzimmer oder Besucher sowie Belegärzte.



Abb. 4: Hier wird beispielhaft die Messung der Ortsdosisleistung während einer Patientenbehandlung bei einer Brachytherapie gezeigt. Die rot eingerahmte Messsonde zeichnet dabei die Messwerte auf.

Aufenthaltsdauer) gerechnet. Dadurch kommt es zu einer Überschätzung (konservative Annahme) der zu erwartenden jährlichen Strahlenexposition.

Dieses auf Annahmen beruhende Vorgehen wird auch als prospektive Ermittlung oder zu erwartende Strahlenexposition bezeichnet. Alle Personen, die nicht beruflich oder medizinisch strahlenüberwacht werden oder keinen direkten Bezug dazu haben, gehören dieser Gruppe an.

Nach § 101 der StrlSchV wird geprüft, welche Dosis eine EdB tatsächlich pro Kalenderjahr erhalten hat. Dieser Vorgang wird auch retrospektive Ermittlung genannt.

Das Hessische Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) wurde vom Hessischen Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUKLV) als zuständige Behörde beauftragt, die jährliche Einhaltung der Grenzwerte nach § 101 der StrlSchV zu überprüfen. Liegt der gemessene bzw. ermittelte Wert gleich oder unter 0,1 mSv pro Jahr, sind keine weiteren Messungen notwendig und das HLNUG wird wieder aktiv, wenn sich etwas an den Genehmigungsvoraussetzungen ändert. Dies ist das sogenannte 10 %-Kriterium. Dies besagt, wenn von der Direktstrahlung nicht mehr als 0,1 mSv in die Summe aus allen Belastungspfaden bzw. in den Grenzwert von § 80 einfließt, müssen keine weiteren Berechnungen vorgenommen werden. Da die höchsten Aktivitäten im Bereich der Medizin, insbesondere bei den Brachytherapien und Radio-Jod-Therapien, erwartet werden, fängt das HLNUG dort mit den Messungen an.

Die bisher durchgeführten Messungen in Brachytherapie-Einrichtungen sind im „Jahresbericht: Berichterstattung der von Einzelpersonen der Bevölkerung erhaltenen Expositionen nach § 101 StrlSchV“ veröffentlicht [2023c]. Das Ziel bei der Bestimmung der jährlichen Strahlenexposition nach § 101 ist es, zu keiner Unterschätzung der retrospektiven Ermittlung zu kommen [BANz 2019, BfS Leitfaden (2019), BfS Beispiele (2022)].

Was passiert bei einer Brachytherapie?

Bei einer Brachytherapie, auch als interne Strahlentherapie bezeichnet, werden bösartige Tumore mithilfe bestimmter radioaktiver Strahlenquellen (z. B. ^{192}Ir) innerhalb des Körpers gezielt zerstört. Dabei werden Radionuklide verwendet, die auf einer kurzen Strecke eine hohe Dosis erzeugen. Die Strahlenquelle kann entweder direkt in den Tumor oder in die unmittelbare Nähe geführt werden. Dabei wird sehr darauf geachtet, das gesunde Gewebe in unmittelbarer Nähe nicht zu verletzen.

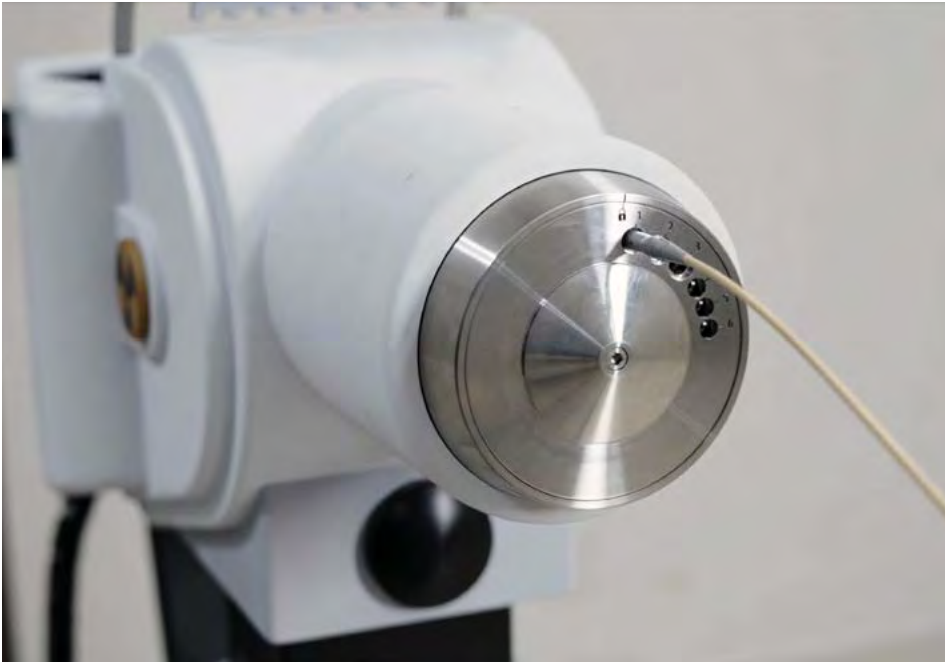


Abb. 5: Die Strahlenquelle befindet sich im after-loading-Gerät. Mit Hilfe dünner kleiner Röhrchen wird die Strahlungsquelle an der gewünschten Stelle im Körper positioniert. © blackboxguild/stock.adobe.com

Es werden drei Formen unterschieden: Die erste Form ist die Oberflächenapplikation. Hier wird die Strahlenquelle direkt auf die Haut geführt. Dies ist bei Hautkrebs der Fall. Eine weitere Form ist die intrakavitäre Brachytherapie. In diesem Fall wird die Strahlenquelle in Hohlräume des Körpers geführt, wie z. B. die Gebärmutter oder Speiseröhre. Die letzte Form ist die interstitielle Brachytherapie. Dort wird die Strahlenquelle in das Gewebe geführt, wie z. B. die Prostata oder die Brust.

Da sich die Strahlenquelle bei allen Formen nur für eine kurze Zeit und in der Nähe zum Tumor befindet, geht von der behandelten Person selbst keine Strahlung aus. Die Brachytherapie wird im sogenannten Nachladeverfahren (Afterloading) durchgeführt. Die radioaktive Strahlungsquelle befindet sich dabei im Afterloading-Gerät. Das Einführen der Strahlenquelle erfolgt ferngesteuert mithilfe kleiner dünner Röhrchen, die aus Metall oder Kunststoff bestehen und an den gewünschten Orten im Körper positioniert werden. Wie oft und wie lange die Strahlungsquelle im Körper verbleibt, hängt von der Art des Tumors ab [2023d, 2023e].

Vorgehensweise bei der Ermittlung der tatsächlichen Exposition

Unter den veröffentlichten Berichten und Beispielen vom BfS [BfS Leitfaden (2019), BfS Beispiele (2022)] werden zwei Vorgehensweisen erklärt, wie die tatsächliche Jahresexposition ermittelt werden kann. Entweder wird die jährliche Strahlenexposition mithilfe von Simulationsprogrammen und den tatsächlichen Parametern berechnet, oder es werden Messungen vor Ort durchgeführt, während die Anlage in Betrieb ist.

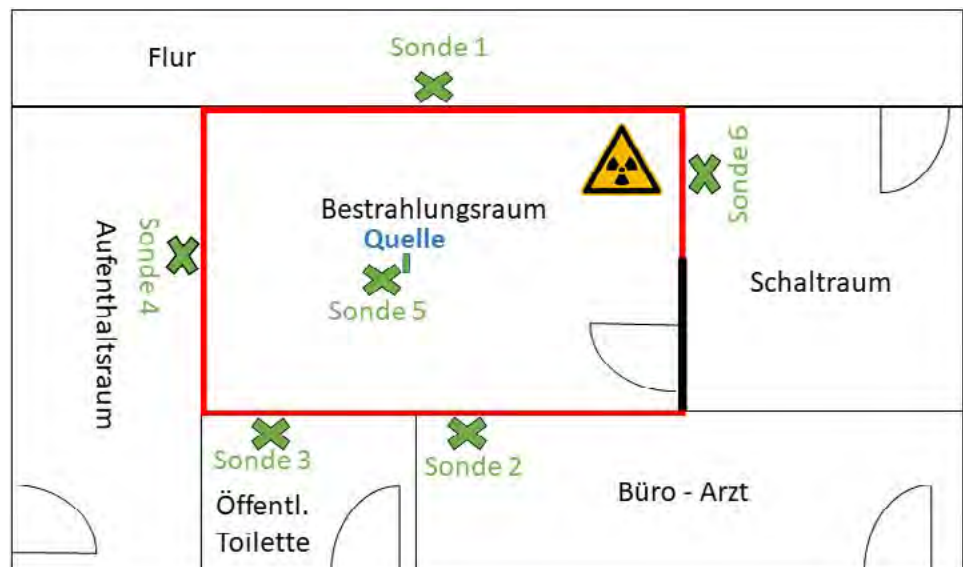


Da die Strahlen einen kurzen Weg im Körper zurücklegen und im Griechischen „brachys“ „kurz“ bedeutet, ist daraus der Name Brachytherapie entstanden.

Das HLNUG hat sich für die zweite Methode entschieden, um die Dosis zu ermitteln, die der tatsächlichen Praxis möglichst nahekommt. Entweder wurden die Messungen begleitend zu einer Patientenbehandlung oder mit einem Phantom, das die Präsenz eines Patienten simuliert, durchgeführt. Diese reichen von $T = 0,1$ (Aufenthalt Toilette, Warteräume) bis $T = 1$ (Arbeitsplätze, Daueraufenthaltsplätze).

Für die Aufzeichnung der Werte wurden Ortsdosisleistung-Sonden (ODL-Sonden) vom Typ MIRA-100-L4-B verwendet. Sie besitzen einen Messwertebereich von 10 Nanosievert pro Stunde (nSv/h) bis 10 Sievert pro Stunde (Sv/h) [Envinet 2023f]. Die Messsonden wurden an ihren entsprechenden Messpunkten aufgestellt. Die Messpunkte sind so zu wählen, dass sich dort potentiell eine EdB aufhalten könnte und sie möglichst nahe an der Bestrahlungsquelle liegen. Das kann z. B. der angrenzende Flur sein oder ein Aufenthaltsraum, der von nicht strahlenüberwachten Personen benutzt wird. Abbildung 6 kann beispielhaft entnommen werden, wo die Messsonden während der Bestrahlung aufgestellt wurden. Das x' kennzeichnet dabei den darüber liegenden Raum, in dem sich eine EdB befinden könnte.

Abb. 6: Hier wird beispielhaft gezeigt, wie die Messsonden während der Messung aufgestellt wurden



Herausforderungen bei der Dosisermittlung

Eine Schwierigkeit ist die Ermittlung von Aufenthaltsorten der EdB mit den dazugehörigen Aufenthaltszeiten. Nur aufgrund der Dokumentenlage kann keine realitätsnahe Bewertung erfolgen, da meistens Abweichungen zu den Bauplänen oder der aktuellen Raumnutzung vorliegen. Dies ist zwingend vorher mit den verantwortlichen Strahlenschutzbeauftragten zu besprechen, um die aktuellen Gegebenheiten zu berücksichtigen und eine realitätsnahe Dosisermittlung vorzunehmen.

Die Messsonden sollten möglichst nahe der Bestrahlungsquelle aufgestellt werden. Werden die Sonden z. B. zu weit links oder rechts aufgestellt, vergrößert sich der Abstand und die zu veranschlagende Dosisleistung wird unterschätzt.

Ergebnisse

Aktuell wurden Messungen in vier Brachytherapien durchgeführt. Bei zwei davon sind die Auswertungen abgeschlossen und diese Ergebnisse werden im „Jahresbericht: Berichterstattung der von Einzelpersonen der Bevölkerung erhaltenen Expositionen nach § 101 StrlSchV“, präsentiert. Es wurden Messungen begleitend zu einer Patientenbehandlung sowie mit einem Phantom durchgeführt. Je nachdem, welche Behandlung durchgeführt wurde und wie lange der letzte Quellenwechsel zurücklag, lag die Bestrahlungszeit zwischen vier und zehn Minuten. Die Aktivitäten der Iridium-Quellen lagen dabei zwischen 264 und 288 Gigabecquerel (GBq).

Die ausgehende Strahlenexposition während der Behandlung wurde mit vier MIRA-Sonden aufgezeichnet. Die Messsonden wurden an ihren entsprechenden Messpunkten aufgestellt. Befindet sich eine EdB hinter den Messpunkten (Aufenthaltsräume bzw. Räume), wurde die ODL konservativ ohne Berücksichtigung von zusätzlichen Abschirmungen über die Entfernung bestimmt [2023c].

Vor und nach der Bestrahlung wurde an den Messpunkten der Nulleffekt (NE) aufgenommen, siehe Abbildung 7. Auch ohne Anwesenheit einer radioaktiven Quelle zeichnen die Messsonden eine Ortsdosisleistung auf. Eine Ursache dafür kann die natürliche Hintergrundstrahlung (terrestrische Strahlung) sein. Dies wird dann als Nulleffekt bezeichnet.

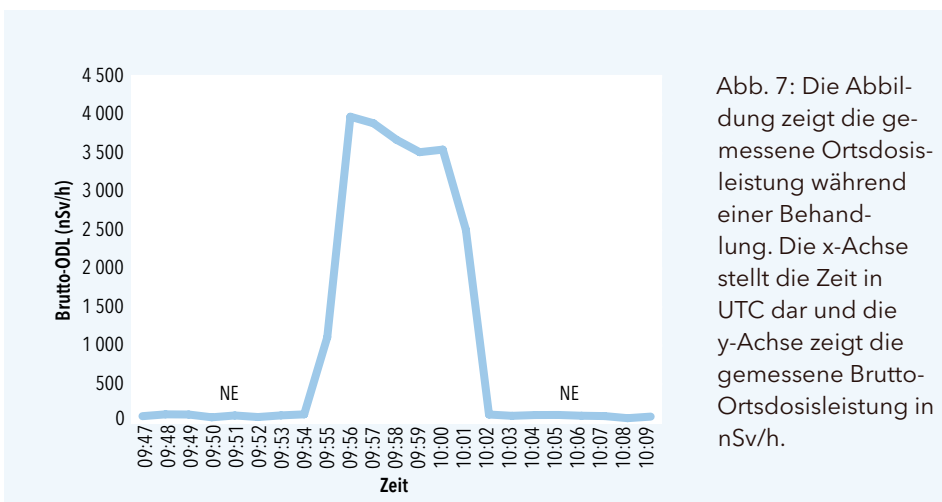


Abb. 7: Die Abbildung zeigt die gemessene Ortsdosisleistung während einer Behandlung. Die x-Achse stellt die Zeit in UTC dar und die y-Achse zeigt die gemessene Brutto-Ortsdosisleistung in nSv/h.

Um 09:54 Uhr steigt die Brutto-Ortsdosisleistung an. Dies lässt sich darauf zurückführen, dass die Bestrahlungsquelle (Ir-192) aus dem Afterloading-Gerät ausgefahren wurde. Mithilfe eines Plastikröhrchens, welches vor Beginn der Bestrahlung der Patientin in den Gebärmutterhals eingelegt wird, wird die Bestrahlungsquelle über die Schläuche in unmittelbarer Nähe des Tumors platziert. Nach ungefähr sechs Minuten (10:01 Uhr) wurde die Iridium-192-Quelle aus der Patientin geführt und zurück in das Afterloading-Gerät gefahren. Um 10:02 Uhr endete die Bestrahlung. Die Brutto-Ortsdosisleistung ist auf den Wert des Nulleffektes zurückgegangen. Für die Auswertung wurden die minutlichen Werte betrachtet. Da die Messwerte pro Stunde ausgegeben werden, müssen diese zuerst auf pro Minute umgerechnet werden. Um den tatsächlichen erhöhten Wert (Nettowert) während der Bestrahlungszeit zu erhalten, wird vom gemessenen Wert (Bruttowert) der zuvor ermittelte Nulleffekt abgezogen. Dieser berechnete Nettowert wird noch mit der Anzahl der Behandlung des jeweiligen Jahres (Brachytherapie 1: 49 Behandlungen, Brachytherapie 2: 68 Behandlungen) und dem entsprechenden Aufenthaltsfaktor ($T=0,1$) multipliziert, um die jährliche Strahlenexposition an den verschiedenen Messpunkten zu erhalten. Mit den vorhandenen tatsächlich berechneten Werten wird der ungünstigste Punkt bestimmt. Aus Tabelle 1 kann der ungünstigste Punkt für die jeweilige Einrichtung bestimmt werden (Brachytherapie 1: Messpunkt 4 und Brachytherapie 2: Messpunkt 1).

Tab. 1: Die Tabelle zeigt die ermittelten Jahresdosen für die abgeschlossenen Brachytherapien

Einrichtung	Messpunkt 1	Messpunkt 2	Messpunkt 3	Messpunkt 4
Brachytherapie 1	2.UG: Archiv 0,98 $\mu\text{Sv/a}$	1.UG: Flur 1 0,19 $\mu\text{Sv/a}$	1.UG: Flur 2 0,59 $\mu\text{Sv/a}$	EG: Flur 3 (CT) 1,8 $\mu\text{Sv/a}$
Brachytherapie 2	1.UG: Wartezimmer 0,23 $\mu\text{Sv/a}$	1.UG: Schaltraum 0,14 $\mu\text{Sv/a}$	1.UG: Toilette -	EG: Wiese -

Bei beiden ausgewerteten Einrichtungen liegen die gemessenen Werte deutlich unter den geforderten 1 mSv pro Jahr, siehe Tabelle 1. Die gemessenen Jahresdosen liegen zwischen 0,0018 und 0,00023 mSv pro Jahr. Eine Erhöhung der Brutto-Ortsdosisleistung konnte bei den Messpunkten 3 und 4 der Brachytherapie 2, während der Bestrahlung nicht festgestellt werden. Da sie auch unter dem 10 %-Kriterium liegen, müssen hier keine weiteren Messungen bzw. Berechnungen durchgeführt werden. Werden diese Ergebnisse mit der höchst zugelassenen Anzahl der Behandlungen pro Jahr (520) multipliziert, liegen dann die Werte zwischen 0,0187 und 0,0007 mSv pro Jahr. Auch hier liegen die Werte deutlich unter dem geforderten Wert von 1 mSv pro Jahr.

Vorab durchgeführte Berechnungen haben gezeigt, dass bei den anderen beiden Einrichtungen die jährliche Strahlenexposition auch unter 0,1 mSv pro Jahr liegen wird. Hier zeigt die Tendenz, dass die vorab ermittelten Werte niedriger ausfallen werden als bei den abgeschlossenen Einrichtungen. Die Messungen haben außerdem gezeigt, dass jede Einrichtung vom Aufbau, der Abschirmung oder der Nutzung der angrenzenden Räumlichkeiten unterschiedlich ist. Sie sind somit als nicht homogen zu betrachten.



Fazit

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das Messkonzept für die Brachytherapien sich als tragfähig erweist. Bei beiden Einrichtungen liegen die gemessenen Werte deutlich unter dem geforderten Grenzwert nach § 80 des StrlSchG. Dies gilt sowohl für die tatsächlichen Werte als auch für die höchstzulässigen Parameter. Die Berechnungen nach § 101 der StrlSchV sind für diese Einrichtungen abgeschlossen. Erst wenn sich bei diesen Einrichtungen etwas an den Genehmigungsvoraussetzungen ändert, wird das HLNUG aktiv und neue Messungen werden durchgeführt.

Bei den beiden durchgenommenen Brachytherapien würde eine EdB eine Strahlenexposition von 0,0018 mSv bzw. 0,00023 mSv pro Jahr erhalten. Zum Vergleich würde eine Person bei einem Flug von Frankfurt nach New York eine Dosis zwischen 0,032 und 0,075 mSv erhalten. Eine Patientin würde bei einer Mammographie eine Dosis zwischen 0,2 und 0,4 mSv erhalten und bei einer durchgeführten Computertomographie (CT) des Abdomens (Bauch) eine Dosis zwischen 8 und 20 mSv [2023g, 2023h].

Das HLNUG wird weitere Messungen in Brachytherapie-Einrichtungen vornehmen. In absehbarer Zeit sollen auch Messungen in Kliniken vorgenommen werden, die eine Radio-Jod-Therapie durchführen. Unter dem Link <https://www.hlnug.de/themen/strahlenschutz/avv-taetigkeiten> sind die aktuellen Ergebnisse veröffentlicht.

Literatur

- BfS-Bundesamt für Strahlenschutz (2023a): Natürliche Strahlung in Deutschland. [https://www.bfs.de/DE/themen/ion/umwelt/natuerliche-strahlung/natuerliche-strahlung_node.html; Stand: 12.06.2023].
- Ulkfonrad (2023b): Natürliche Strahlenbelastung. [<https://www.ulfkonrad.de/physik/9-10/kern/natuerliche-strahlenbelastung>; Stand: 26.07.2023].
- Strahlenschutzgesetz – StrlSchG (27.06.2017): Zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung. Zuletzt geändert durch Art. 1, 2 Erstes ÄndG vom 20.05.2021; Teil 2 Abschnitt 9 Kapitel 5 §80.
- Strahlenschutzverordnung – StrlSchV: Verordnung zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung (29.11.2018): Teil 2 Kapitel 6 Abschnitt 6 §99-101.
- Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (2023c): AVVV Tätigkeiten/§ 101 StrlSchG [<https://www.hlnug.de/themen/strahlenschutz/avv-taetigkeiten>; Stand: 22.09.2023]
- BAnz – Bundesanzeiger (16.06.2020): Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Ermittlung der Exposition von Einzelpersonen der Bevölkerung durch genehmigungs- oder anzeigebedürftige Tätigkeiten (AVV Tätigkeiten).
- BfS – Bundesamt für Strahlenschutz (11.2019): Leitfaden zur Ermittlung der Exposition von Einzelpersonen der Bevölkerung durch ionisierende Strahlung aus Anlagen oder Einrichtungen (Direktstrahlung).
- BfS – Bundesamt für Strahlenschutz (2022): Beispiele für Einzelpersonen der Bevölkerung.
- Gesundheitsinformation (2023d): Was ist eine Brachytherapie? [<https://www.gesundheitsinformation.de/was-ist-eine-brachytherapie.html>; Stand: 26.07.2023]
- BfS – Bundesamt für Strahlenschutz (2023e): Brachytherapie. [<https://www.bfs.de/DE/themen/ion/anwendung-medizin/strahlentherapie/formen/brachytherapie.html>; Stand: 25.09.2023]
- ENVINET GmbH München (2023f): MIRA-Gamma Dose Rate Detection System. [<https://scientaenvinet.com/en/products/mira.html>; Stand: 26.07.2023]

Welche Strahlenbelastung geht von medizinischen Einrichtungen aus?

Deutsche Norm: DIN 6853-2 (10.2005) - Medizinische ferngesteuerte, automatische betriebene Afterloading Anlagen - Teil 2: Strahlenschutzregeln für die Errichtung.

Deutsche Norm: DIN 6844-3 (07.2020) - Nuklearmedizinische Betriebe - Teil3: Strahlenschutzberechnungen.

BfS - Bundesamt für Strahlenschutz (2023g): Höhenstrahlung beim Fliegen. [<https://www.bfs.de/DE/themen/ion/umwelt/luft-boden/flug/flug.html>; Stand: 28.06.2023].

Medizinio (2023h): Tipp: Strahlung beim Röntgen und im CT. [<https://medizinio.de/blog/roentgen-strahlung-ct>; Stand: 27.07.2023].

Abteilung I im Internet

Neuigkeiten zu ultrafeinen Partikeln

Auch ohne rechtliche Verpflichtung sieht das HLNUG die Notwendigkeit, die Immissionsbelastung durch UFP zu erfassen und zu dokumentieren. Im Jahr 2023 wurden Kurzberichte zu den Messungen ultrafeiner Partikel in Flörsheim und Mainz-Hechtsheim veröffentlicht. Die Messungen in Mainz finden im Rahmen einer länderübergreifenden Kooperation mit Rheinland-Pfalz statt. Aktuelle Informationen, Berichte zu bisherigen Erkenntnissen und Messwerte bezüglich ultrafeiner Partikel sind auf unserer Webseite zu finden. [hlnug.de/?id=14862](https://www.hlnug.de/?id=14862)



Online-Tool „Stadtgrün im Klimawandel“ Bauwerksbegrünung aussuchen

Grüne Städte sind lebenswerter als Betonwüsten: Sie bieten Abkühlung, Erholung und Lebensraum für Menschen und Tiere. Bereits im vergangenen Jahr wurden die ersten Module des einfach anwendbaren Online Tools „Stadtgrün im Klimawandel“ veröffentlicht. Nun ist das Tool mit dem Modul „Bauwerksbegrünung aussuchen“ vorerst komplett. Zahlreiche Möglichkeiten der Dach- und Fassadenbegrünung lassen sich im Tool erkunden. Die Inhalte reichen von guten Beispielen bis hin zu technischen Empfehlungen und einzelnen Pflanzen, je nach Ausführung und Komplexität der gewählten Begrünungsoption. <https://www.hlnug.de/?id=20672>



Handlungshilfen zum Planungsrecht im Klimawandel

Unser Wohnumfeld soll auch in Zukunft ein lebenswerter Ort sein. Dazu müssen wir es an die bereits spürbaren Klimaveränderungen anpassen. In Neuplanungen und Anpassungen des Bestands sollten Belange wie Klimaanpassung aber auch Klimaschutz von Anfang an mitgedacht und direkt umgesetzt werden. Hier besteht die Möglichkeit, viele Maßnahmen integriert zu planen und umzusetzen. Wie in der Planung und im Planungsrecht die Anpassung an den Klimawandel aber auch der Klimaschutz verankert werden können, ist auf der neuen Seite zu „Handlungshilfen für Planung und Planungsrecht“ zu finden. [hlnug.de/?id=23114](https://www.hlnug.de/?id=23114)



ABTEILUNG N

Naturschutz





Als Fachdienststelle für Naturschutz in Hessen erfasst und bewertet die Abteilung Naturschutz die Vorkommen von gesetzlich geschützten Tier- und Pflanzenarten sowie Biotop- und Lebensraumtypen. Auf der Grundlage der Daten erfolgt eine Beratung und Information von Politik, Medien und Fachverwaltungen zu Fragen des Natur- und Artenschutzes. 2022 sind mit der Wildbiologischen Forschungsstelle, der Staatlichen Vogelschutzwarte und der Naturschutzakademie neue Aufgaben hinzugekommen.

DEZERNAT LEBENSÄÄUME

Artenreichtum im Grünland wird belohnt! Neue Bestimmungshilfe für hessische Kennarten

Claudia Hepting, Annika Peters, Kerstin Arndt



» Pflanzen wie Margerite oder Johanniskraut gehörten einst zum typischen Artenbestand der Wiesen und Weiden in der Agrarlandschaft. Heute sind sie selten geworden, da sie in Konkurrenz zu Ertrag und Futterwert stehen. Mit dem Kennartenprogramm der aktuellen Agrarförderung wird der Fokus auf genau jene Kennarten gelenkt, die stellvertretend für artenreiches Extensivgrünland stehen. Anstatt die Bewirtschaftung einzuschränken, werden in der neuen Öko-Regelung Gräser und Kräuter gezählt, für die eine Prämie gezahlt wird. Eine wichtige Unterstützung stellt dabei die Publikation „Kennart? Erkenn ich! – Bestimmungshilfe für hessische Kennarten der Öko-Regelung 5“ dar.

Das Ergebnis zählt!

Keine andere Berufsgruppe hat einen derartigen Einfluss auf die Gestalt unserer Landschaft wie die Landwirtinnen und Landwirte, und kaum ein anderes Biotop ist in seiner Ausprägung und Artenzusammensetzung so vielseitig wie das Grünland. Erst die landwirtschaftliche Nutzung hat über Jahrhunderte eine Vielzahl von Grünlandlebensräumen entstehen lassen, indem Mahdfrequenzen, Beweidungssysteme und landwirtschaftliche Stoffkreisläufe an unterschiedliche Standortbedingungen angepasst wurden. Das Ergebnis sind artenreiche, schützenswerte Grünlandbiotope, die zahllosen Pflanzen und Tieren einen Lebensraum geben und ein traditioneller Bestandteil unserer hessischen Kulturlandschaft geworden sind.

Der Einsatz von Düngemitteln und Maschinen, aber vor allem auch standardisierte Arbeitsabläufe kehren diesen Trend um. Ehemalige „Allerweltsarten“ wie Glocken- oder Schlüsselblume verschwinden auf ertragreichen Produktionsflächen und damit auch eine Vielzahl von abhängigen Insekten und Vögeln.

Die Öko-Regelung 5 („Ergebnisorientierte extensive Bewirtschaftung von Dauergrünlandflächen mit Nachweis von mindestens vier regionalen Kennarten“), umgangssprachlich auch „Kennartenprogramm“ genannt, ist ein wichtiger Förderbestandteil der Agrarförderung ab 2023 und einzig auf die vorkommenden Arten im Grünland ausgerichtet. Nach dem Motto „Vier gewinnt“ bekommen Betriebe eine Förderprämie von 240 €/ha für diejenigen Flächen ausgezahlt, auf denen sie mindestens vier repräsentative Arten des Extensivgrünlands nachweisen können. Landwirtinnen und Landwirte, die sich für eine extensive Bewirtschaftung ihrer Flächen entscheiden und damit seltene und schützenswerte Kennarten fördern, leisten einen wichtigen Beitrag für den Erhalt der Biodiversität.

Um die Strukturvielfalt in der Landschaft und bei der Bewirtschaftung zu erhalten, hat man in der Agrarförderung bisher auf das sogenannte Greening gesetzt. Die Verbote von Grünlandumbruch, Anbaudiversifizierung oder ökologische Vorrangflächen stellten verpflichtende Maßnahmen für den Erhalt der Direktzahlungen aus der 1. Säule der „Gemeinsamen europäischen Agrarpolitik“ (kurz GAP) dar. Mit dem neuen nationalen GAP-Strategieplan wurden erstmals sieben freiwillige Öko-Regelungen eingeführt, um die Direktzahlungsmittel noch stärker an Umwelt- und Klimaleistungen zu knüpfen. Die Öko-Regelung 5 stellt dabei ein ergebnisorientiertes Förderinstrument dar. Anstatt eine Entschädigung für die Einhaltung von Bewirtschaftungsauflagen bereitzustellen, werden die Erfolge auf der Fläche honoriert. Neben dem ökologischen Nutzen ergeben sich viele Vorteile für die teilnehmenden Betriebe, denn das Programm kommt ohne Nutzungsauflagen aus. Die Landwirtinnen und Landwirte entscheiden in Eigenregie, welche Maßnahmen zu treffen sind, um die Kennartenvorkommen auf ihren Flächen zu erhalten und zu entwickeln. Zeitpunkt sowie Art und Häufigkeit der Nutzung lassen sich flexibel an Witterungsbedingungen und den Aufwuchs anpassen. Letzten Endes zählt hier nur das Ergebnis!

Schützenswerte, artenreiche Wiesen und Weiden zu erhalten, lohnt sich. Der Weg in eine naturschutzverträgliche Landwirtschaft ist geebnet, denn die Fördergelder werden nicht mehr flächenbezogen ausgeschüttet, sondern sind mit der Öko-Regelung 5 an eine ökologische Mindestqualität des Grünlandes gebunden. Neben dem Kennartenprogramm können weitere Öko-Regelungen hinzugebucht werden, wie beispielsweise die Anlage von Altgrasstreifen (Öko-Regelung 1) oder bestimmte Bewirtschaftungsmethoden in Natura 2000 Gebieten (Öko-Regelung 7). Die Maßnahmen sind miteinander kombinierbar und können jährlich neu beantragt werden.

Herleitung und Ansprüche an die Kennartenliste

Die Zusammensetzung der verschiedenen Pflanzenarten im Grünland ist stark von der Bewirtschaftung der Fläche abhängig. Die Verteilung ist aber auch von Region zu Region sehr unterschiedlich, da sich spezialisierte Arten nur in bestimmten Höhenlagen oder auf bestimmten Böden etablieren. Bei der Entwicklung eines hessenweiten Kennartenprogramms müssen daher regionale Unterschiede einbezogen werden.

Bei der Gestaltung einer regionalen repräsentativen Artenliste besteht ein Gestaltungsspielraum der Bundesländer. Für Hessen hat unter anderem das Dezernat N1 „Lebensräume“ der Abteilung Naturschutz – Zentrum für Artenvielfalt des HLNUG fachlich an dieser Ausgestaltung

mitgewirkt und eine Liste erarbeitet, die sicherstellen soll, dass neben den fachlich wertvollen Grünlandbeständen auch das ökologisch mäßig wertvolle Grünland durch die Förderung erfasst wird.

Die Liste der hessischen Kennarten ist eine Synthese aus zwei bereits vorliegenden Listen für Hessen. Zunächst wurde die Liste für die Kartierung des High Nature Value-Farmland-Indikators (HNV) zugrunde gelegt. Der HNV-Indikator liefert bundesweit wichtige Daten zum Zustand und zur Entwicklung der biologischen Vielfalt in der Agrarlandschaft. Er dient als Messgröße für Landwirtschaftsflächen mit einem hohen Naturwert und wird für Hessen alle vier Jahre erhoben. Ergänzt wurde diese Liste um eine Kennartenliste, die bereits im „Hessischen Programm für Agrarumwelt- und Landschaftspflege-Maßnahmen“ (HALM) angewandt wurde. Mit dem HALM Kennartenprogramm war bereits in der letzten Förderperiode eine Grünlandförderung möglich, kam allerdings nur selten zur Anwendung. Zusätzlich zu diesen beiden Listen wurden einige wenige Arten zugefügt, um auch die mäßig wertvollen Grünlandbestände mit einer Förderung zu erreichen. Hierzu wurden im Dezernat N1 entsprechende Vegetationsaufnahmen aus Hessen ausgewertet und häufigere Arten des mäßig wertvollen Grünlands wie der Scharfe Hahnenfuß ergänzt.

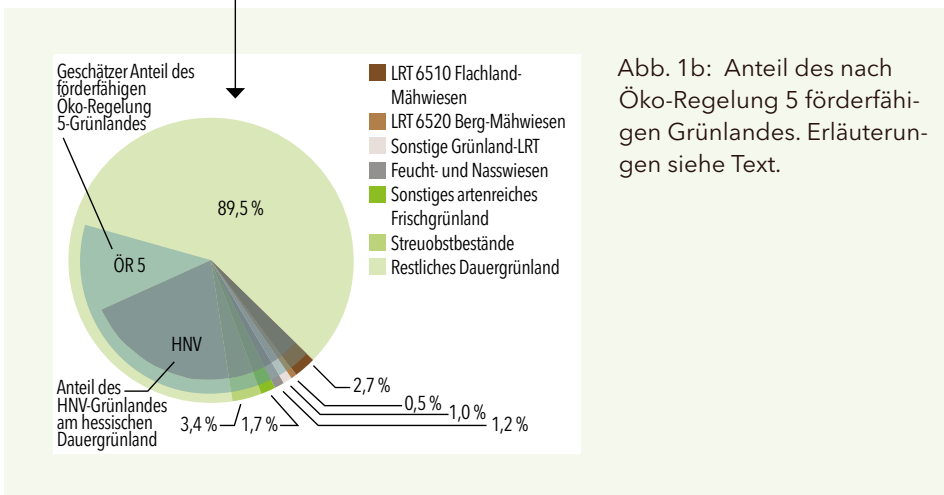
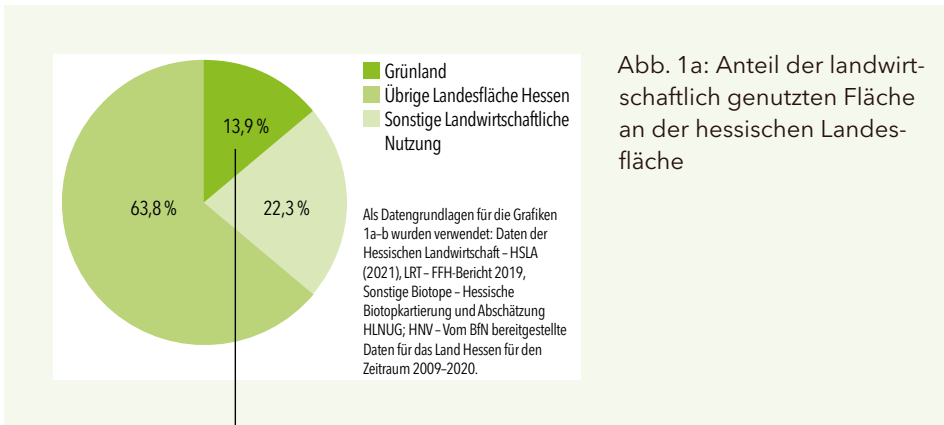
Wie viel Grünland in Hessen ist mit Öko-Regelung 5 förderfähig?

Die landwirtschaftlich genutzte Fläche in Hessen beträgt rund 764 700 ha, hiervon unterliegen 294 300 ha einer Dauergrünlandnutzung (HSLA 2021, vgl. Abb. 1a). Von dieser hessischen Dauergrünlandfläche gehören nur 10,5 Prozent zu den naturschutzfachlich wertvollsten „Premiumflächen“ Hessens (Abb. 1b). Diese sind beispielsweise die Lebensraumtypen (LRT) 6510 Magere Flachland-Mähwiesen, 6520 Berg-Mähwiesen oder weitere besondere Grünlandbiotope wie Feucht- und Streuobstwiesen.

Ein weiteres Drittel der Dauergrünlandfläche zeigt einen mittleren Artenreichtum und trägt damit zum Erhalt der Biodiversität bei. Über diese – potentiell durch die Öko-Regelung 5 förderfähigen mäßig wertvollen – Grünlandbereiche gibt es bisher keine zuverlässigen Daten, daher kann der von der Öko-Regelung 5 erreichte Anteil des „mäßig wertvollen“ Grünlandes nur grob geschätzt werden (vgl. Abb. 1b, graublauer, mit „ÖR 5“ gekennzeichnete Anteil des Gesamtgrünlandes).

Das HNV-Grünland umfasst landwirtschaftliche Flächen mit einem hohen Naturwert gemäß des High-Nature-Value (HNV) Farmland Indikators und macht rund 31 Prozent des Grünlandes aus (vgl. Abb. 1b, HNV-Anteil in dunklem graublau dargestellt). Durch die in der Öko-Regelung 5

um einige zusätzliche Arten und Artengruppen erweiterte HNV-Kennartenliste wurde davon ausgegangen, dass ca. 40 Prozent des hessischen Dauergrünlands förderfähig sind. Für die Öko-Regelung 5 wurden 2023 knapp 130 000 Hektar beantragt (Auskunft HMUKLV 2023, Stand: 21.09.2023). Dies entspricht einem Flächenanteil an der hessischen Dauergrünlandfläche von 44,17 Prozent (vgl. Abb. 1b).

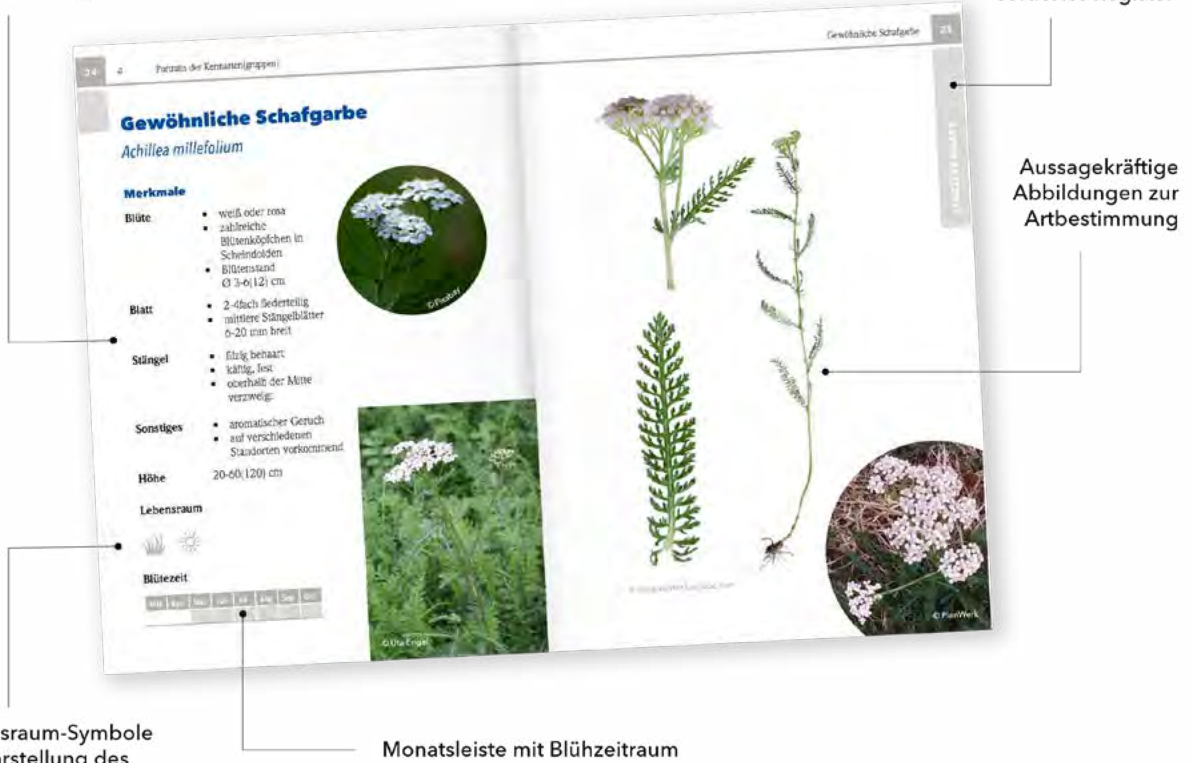


Ein Blick in die Bestimmungshilfe

Insgesamt gibt es 42 Kennarten und Kennartengruppen. Diese Auswahl umfasst diejenigen Pflanzenarten, die sich an nährstoffarme Standortbedingungen angepasst haben und somit stellvertretende Zeigerpflanzen von förderfähigem Grünland sind. Die Kennarten werden nach Blütenfarbe sortiert und anhand von kurzen Merkmalsbeschreibungen und Fotografien in der Bestimmungshilfe auf ein bis zwei Doppelseiten vorgestellt. Neben Einzelkennarten, wie der Schafgarbe (vgl. Abb. 2), gibt es auch Artengruppen, in denen mehrere Arten zusammengefasst werden. Zu einer Gruppe gehören entweder Arten der gleichen Gattung, wie

Tabelle mit Pflanzenmerkmalen als Bestimmungshilfe

Nach Blütenfarben sortiertes Register



Aussagekräftige Abbildungen zur Artbestimmung

Lebensraum-Symbole zur Darstellung des bevorzugten Lebensraums

Monatsleiste mit Blühzeitraum

Abb. 2: Kennartenporträt der Gewöhnlichen Schafgarbe als Beispiel einer Doppelseite für Einzelkennarten in der Bestimmungshilfe mit Beschreibung einzelner Elemente
© Annika Peters/HLNUG

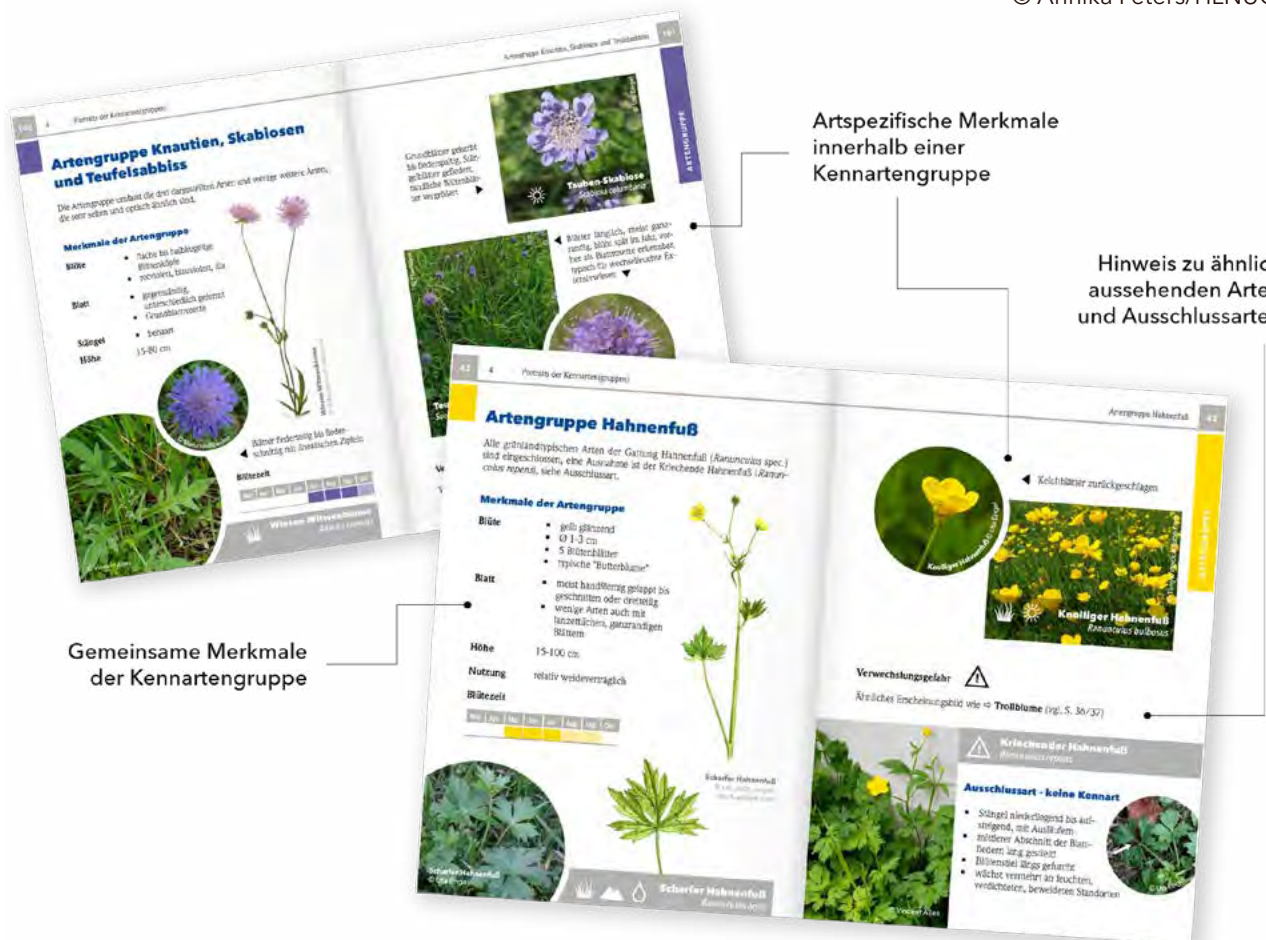
beispielsweise die Artengruppe „Hahnenfuß“, oder aber auch nur ähnlich aussehende Arten mit ähnlichen Merkmalen, z. B. die Artengruppe „Knautien, Skabiosen und Teufelsabbiss“ (vgl. Abb. 3). Dies erleichtert das Erkennen und Zuordnen, und in diesen Fällen ist keine eindeutige Artbestimmung notwendig, solange die Zuordnung zur Artengruppe erkannt wird. Es kommt nicht darauf an, welche Art der Kennartengruppe genau gefunden wird. Werden jedoch mehrere Arten einer Kennartengruppe auf einem Abschnitt der Begehungslinie gefunden, so zählen diese trotzdem nur als eine Kennart. Des Weiteren gibt es einige sogenannte „Ausschlussarten“, die aufgrund ihrer ökologischen Ansprüche nicht als Kennart erfasst werden und häufig auf gestörten oder eutrophierten bzw. gedüngten Grünlandstandorten vorkommen. Solche Ausschlussarten sind beispielsweise der Kriechende Hahnenfuß, welcher auf verdichteten Standorten wächst, oder der Löwenzahn, der als Stickstoffzeiger sehr nährstoffreiche Grünlandbereiche anzeigt und auch häufig im artenarmen, intensiver genutzten Wirtschaftsgrünland vorkommt. Einige Ausschlussarten sehen den Kennarten zum Verwechseln ähnlich und sind daher auf den entsprechenden Portrait-Seiten mit einem Warnsymbol dargestellt (vgl. Abb. 3).

Naturschutz und Landwirtschaft Hand in Hand

Die Bestimmungshilfe wurde von einer Arbeitsgruppe entwickelt, die in der Zeit von Oktober 2022 bis Anfang April 2023 nicht nur das Konzept entwickelte, sondern auch den Druck der Kennarten-Bestimmungshilfe realisieren konnte. Die Mitglieder der AG waren Dr. A. Wichelhaus von der Universität Kassel im Projekt „Schaf schafft Landschaft“, Frau M. Behrens und Dr. A. Techow vom Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen (LLH) unter Federführung von C. Hepting und A. Peters aus dem Dezernat N1 „Lebensräume“ der Abteilung Naturschutz - Zentrum für Artenvielfalt des Hessischen Landesamts für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG). Unterstützungsarbeiten erfolgten durch das Planungsbüro PlanWerk Nidda.

Der Zeitpunkt der Veröffentlichung zum Zeitpunkt der Antragstellung war sehr wichtig, um die Antragstellung der landwirtschaftlichen Betriebe bestmöglich zu unterstützen.

Abb. 3: Beispiele für Kennartenporträts der Artengruppen in der Bestimmungshilfe für hessische Kennarten mit Beschreibung der einzelnen Elemente
© Annika Peters/HLNUG



Wissen weitergeben

Für die Anwendung des Kennartenprogramms in der Fläche braucht es viele kundige Artenkenner und Multiplikatoren. Die praktische Umsetzung muss geschult und für Landwirtinnen und Landwirte wie für Ämter und Prüforganisationen einheitlich definiert sein. Aus diesem Grund haben die Dezernate N1 „Lebensräume“ und N5 „Naturschutzakademie“ der Abteilung Naturschutz – Zentrum für Artenvielfalt des HLNUG gemeinsam mit dem Bildungsseminar Rauischholzhausen des LLH im Jahr 2023 vier Schulungen zur Öko-Regelung 5 für verschiedene Zielgruppen durchgeführt. Die Konzeption erfolgte durch das Dezernat N1 „Lebensräume“.

Teilnehmende waren Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter aus Landschaftspflegeverbänden, Naturschutzbehörden, Landwirtschaftsämtern sowie Universitäten, die im Rahmen von Projekten an der Schnittstelle von Naturschutz und Landwirtschaft sowie an der Schnittstelle von Forschung und Praxis arbeiten.

Zwei Schulungen wurden zielgruppenspezifisch für die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Wirtschafts- und Infrastrukturbank (WIBank) Hessen konzipiert und durchgeführt (Abb. 4). Sie kontrollieren bei sogenannten „Vor-Ort-Kontrollen“ stichprobenartig die beantragten Flächen der Landwirtschaftsbetriebe auf das Vorhandensein des Erfassungsbogens und der vier Kennarten auf der Fläche.

Abb. 4: Mitarbeitende der Wirtschafts- und Infrastrukturbank (WIBank) Hessen als Teilnehmende der Kennarten-Schulung an der Naturschutzakademie mit Referentin Annika Peters (1. v. r)
© Claudia Hepting/
HLNUG



Die Schulungen fanden zunächst auf dem Gelände der Naturschutzakademie Hessen in Wetzlar statt.

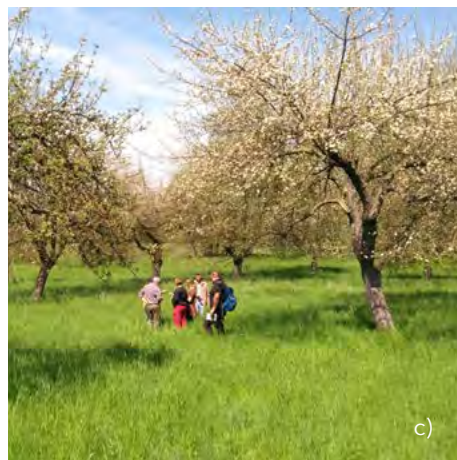
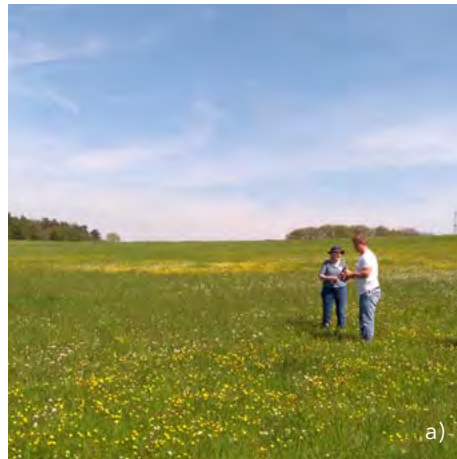
Neben einer theoretischen Einheit mit Vorstellung der Pflanzenportraits, wurde die Erfassung der Kennarten auch praktisch im Gelände geschult (Abb. 5a). In einem ersten Praxisteil wurden Pflanzenarten gesammelt, zusammengetragen sowie deren Merkmale und Zugehörigkeit zu Kennartengruppen besprochen (5b-5f).

In einem zweiten Praxisteil in Dutenhofen führten die Teilnehmenden in Kleingruppen eigenständig Kennartenprüfungen durch. Wie bei der Antragstellung wurden hierbei die Erfassungsbögen aus dem Agrarportal unter Zuhilfenahme der Bestimmungshilfe ausgefüllt. Durch die Auswahl unterschiedlicher Grünlandbiotope - niedrigwüchsige, artenreichere Magerrasen (Abb. 6a, d), mäßig artenreiche Grünlandbereiche in der Aue (Abb. 6b) sowie weniger artenreiche, hochwüchsige Vegetation im Unterwuchs von Streuobstwiesen (Abb. 6c) - wurde ein breites Spektrum von Arten und Aspekten des Grünlandes vermittelt.

Abb. 5: Erster Praxisteil der Kennarten-Schulungen auf dem Gelände der Naturschutzakademie. c) Referentin Claudia Hepding (1. v. r.) verdeutlicht die Bestimmungsmerkmale. a) - d) © Annika Peters/HLNUG, e) - f) © Beatrice Bohe/LLH



Abb. 6: Zweiter Praxisteil der Kennarten-Schulungen im Grünland bei Dutenhofen
© Annika Peters/HLNUG



Was bringt die Zukunft?

Das Kennartenprogramm hat bereits im ersten Jahr einen Wandel in der Wahrnehmung und Wertschätzung von Grünland verursacht. Landwirtinnen und Landwirte haben mit einem veränderten Blick ihre Flächen auf das Vorhandensein von Blühpflanzen untersucht und fleißig Art für Art zusammengetragen. Flächen, die im Produktionsablauf wirtschaftlich wertlos erschienen, stellten sich nun als bunte Glücksbringer heraus. Nicht nur die Erntemenge, sondern auch die Anzahl schützenswerter Blühpflanzen entschied darüber, ob eine Fläche wertvoll ist. Die lukrative Förderung von 240 €/ha hat offensichtlich stark motivierend auf die Antragstellung der Landnutzerinnen und Landnutzer gewirkt. Auch die wertvolle Zusammenarbeit mit den Vor-Ort-Kontrollierenden der WI-Bank, denen es innerhalb kürzester Zeit gelungen ist, einen Blick für artenreiches Grünland zu entwickeln, hat außerdem für die Akzeptanz der Landwirtinnen und Landwirte für das Förderprogramm gesorgt und damit zu deren Zufriedenheit beigetragen.

Mit dem Kennartenprogramm wird die Artenkenntnis und damit naturschutzfachliches Expertenwissen gezielt geschult und angewendet. Es wird ein Interesse dafür geweckt, welche Maßnahmen die Artenvielfalt in der Fläche fördern können. Wer sich mit den verschiedenen Gräsern und Kräutern beschäftigt, setzt sich automatisch mit ihren unterschiedlichen Standortansprüchen auseinander und passt unter Umständen die eigenen, betriebsinternen Bewirtschaftungsformen an. Landwirtschaftliche Betriebe, die lange Zeit auf die Produktion von Lebensmitteln reduziert waren, haben nun wieder Einfluss auf die Gestaltung der Landschaft.

Was bringt die neue Öko-Regelung?

Die Einführung der Öko-Regelung 5 ist grundsätzlich als Erfolg zu bewerten, der die Anliegen von Landwirtschaft und Naturschutz aufeinander zu bewegt. Die Förderung des Grünlands mit mittlerem Artenreichtum verbessert die Rentabilität der Grünlandbewirtschaftung, auch außerhalb der intensiv bewirtschafteten Fläche.

Dies leitet den Prozess des Umdenkens ein: Nicht nur große und intensiv bewirtschaftete Flächen können rentabel sein, sondern auch artenreiche. Die Landwirtschaft bekommt dadurch die Chance, zur Biodiversität beizutragen. Damit wird sie auch ihrer ursprünglichen Rolle gerecht, Landschaften und Lebensräume zu gestalten und vielfältige Strukturen für den Naturhaushalt in der Kulturlandschaft zu schaffen.

Die Bestimmungshilfe stellt eine wichtige Unterstützung für die Umsetzung dar. Zusätzliche Schulungsangebote sowohl für die Kontrollbehörden als auch für Multiplikatorinnen und Multiplikatoren an der Schnittstelle von Naturschutz und Landwirtschaft sind ein weiterer wichtiger Baustein, um die praktische Umsetzung der Öko-Regelung 5 in Hessen erfolgreich für Naturschutz und Landwirtschaft zu gestalten.

Literaturverzeichnis

- HEPTING, C., PETERS, A., WICHELHAUS, A., BEHRENS, M., TECHOW, A., HAHN, M. & WAGNER, V. (2023): Kennart? Erkenn ich! – Bestimmungshilfe für hessische Kennarten der Öko-Regelung 5. – HLNUG – Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (Hrsg.), LLH – Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen (Hrsg.), Universität Kassel, Schaf schafft Landschaft (Hrsg.). – 1. Fassung, 127. S.; Wiesbaden. [Online verfügbar unter: https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/naturschutz/Naturschutz_und_Landwirtschaft/Kennartenbroschuere_Fassung1_DIGITALVERSION_2023-03_17MB.pdf; Stand: 04.12.2023]
- HSLA – Hessisches Statistisches Landesamt (2021): Ausgewählte Daten der hessischen Landwirtschaft. [https://statistik.hessen.de/sites/statistik.hessen.de/files/2022-06/ausgewaehlte_daten_der_landwirtschaft_2010-2020_25052021.pdf; Stand: 10.10.2023].
- LLH – Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen (2023): Informationen zur Kennartenbroschüre und zur Öko-Regelung 5. [<https://llh.hessen.de/unternehmen/agrarpolitik-und-foerderung/informationsbroschuere-zu-kennarten-im-gruenland-oeko-regelung-5-jetzt-erhaeltlich>; Stand: 10.10.2023].

DEZERNAT ARTEN;
DEZERNAT NATURSCHUTZDATENHALTUNG

Online-System für die Erfassung von Meldungen mit Wolfsverdacht

Laura Hollerbach, Frank Franken



Es gibt wieder sesshafte Wölfe in Deutschland, so auch in Hessen. In den EU-Staaten ist ein Monitoring verpflichtend, die Entwicklung der Wolfsvorkommen muss also beobachtet werden. Hierfür wird das aktive Wolfsmonitoring, welches mittels Kamerafallen und Suche nach Anwesenheitshinweisen durchgeführt wird, ergänzt durch das passive Monitoring. In diesem Rahmen werden Meldungen mit Wolfsverdacht von Bürgerinnen und Bürgern vom Wolfszentrum Hessen (WZH) entgegengenommen und nach bundesweiten Standards ausgewertet. Um die Meldewege zu strukturieren und die wachsende Zahl an Meldungen erfassen und auswerten zu können, hat das HLNUG ein Online-Meldesystem für Wolfsverdachtsfälle entwickelt, welches seit Juni 2023 unter wolfsmonitoring.hlnug.de zur Verfügung steht.



Wölfe in Hessen

Vor 15 Jahren siedelte sich der erste sesshafte Wolf (*Canis lupus*) seit der Ausrottung der Art Mitte des vorvergangenen Jahrhunderts wieder in Hessen an: zwischen 2008 und 2011 war ein einziges Wolfsterritorium eines sesshaften männlichen Tiers im nordhessischen Reinhardswald registriert. Es folgten mehrere Jahre, in denen ausschließlich einzelne Wolfsnachweise von durchziehenden Tieren erfasst wurden. Seit 2020 stieg die Anzahl der Wolfsterritorien an, sodass aktuell (Stand: 30. April 2023) sieben Territorien für Hessen registriert werden. Dabei handelt es sich um drei Rudel mit Reproduktion (Wolfsterritorien Waldkappel, Wildflecken und Rüdesheim) sowie vier Einzeltiere (Wolfsterritorien Butzbach, Greifenstein, Ludwigsau und Spangenberg). Zwischen Mai 2022 und April 2023 wurden insgesamt 331 sichere Wolfsnachweise in Hessen erbracht, z. B. über Kamerafallenbilder oder genetische Analysen von Proben wie Kot oder Abstrichen an Beutetieren.

Warum werden Meldungen mit Wolfsverdacht erfasst?

Der Wolf ist eine Tierart, die in der europäischen Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie in den Anhängen II und IV gelistet ist und aufgrund letzterer Einordnung in Deutschland als streng geschützt eingestuft wird. Die Richtlinie verpflichtet in Artikel 17 die Mitgliedsstaaten der Europäischen Union dazu, im Rahmen eines Monitorings zu erfassen, wie sich der Erhaltungszustand der in Anhang IV gelisteten Arten – also auch des Wolfes – entwickelt. Hierfür ist eine gute Datenlage aus allen Bundesländern mit Wolfsvorkommen erforderlich. Zusätzlich ist die Dokumentation des Wolfsvorkommens in Hessen eine wichtige Grundlage für Managemententscheidungen der zuständigen Behörden und zur Information von Bürgerinnen und Bürgern einschließlich der Weidetierhalterinnen und -halter.

Aktives und passives Wolfsmonitoring

Aus den Gründen der Berichtspflicht, der Wolfsmanagementberatung und zur Information der Öffentlichkeit führt das WZH beim HLNUG ein aktives Wolfsmonitoring durch. Dabei kommen Kamerafallen zum Einsatz, die vor allem in den Gebieten mit sesshaften Wölfen regelmäßig Nachweise liefern und z. B. Aufschluss darüber geben, ob in einem Territorium Reproduktion stattgefunden hat und Wolfswelpen geboren wurden. Zusätzlich werden aktive Suchen nach Anwesenheitshinweisen von Wölfen, wie Kot für die genetische Analyse, durchgeführt. Dieses aktive Monitoring wird von dem sogenannten passiven Monitoring ergänzt, in dessen Rahmen Meldungen mit Wolfsverdacht von Bürgerinnen und Bürgern entgegengenommen und nach einem bundesweit gültigen Standardwerk (Monitoringstandards, siehe REINHARDT et al. 2015) ausgewertet werden. Anhand der festgelegten Kriterien wird für jede Meldung entschieden, ob sie z. B. als sicherer Wolfsnachweis oder als unbestätigter Wolfshinweis gewertet wird. Um eine Meldung entsprechend auswerten zu können werden unterschiedliche Informationen, wie z. B. Angaben zu Ort und Zeit einer Beobachtung, benötigt. Meldungen mit Wolfsverdacht von Bürgerinnen und Bürgern erreichten das WZH bisher auf unterschiedlichen Wegen: per Email und Telefon, aber auch mündlich im direkten Gespräch, als Brief, Postkarte oder Fax. Zwischen Mai 2022 und April 2023 gingen auf diesen Wegen und auf Basis des aktiven Monitorings insgesamt 807 Meldungen mit Wolfsverdacht beim WZH ein. Jeder dieser Datensätze wurde im WZH dokumentiert und entsprechend ausgewertet.

Digitalisierung der Meldewege

Aufgrund der wenig strukturierten Meldewege waren bisher meist eine bis mehrere Rückfragen seitens des WZH an die Melderinnen und Melder nötig, um alle für die standardisierte Auswertung erforderlichen Informationen zu jeder Meldung zusammenzutragen. Zudem mussten zahlreiche Meldungen im WZH zunächst digitalisiert werden. Um die Meldewege zu strukturieren und zu digitalisieren, wurde deshalb ein Onlinesystem entwickelt, welches unter wolfsmonitoring.hlnug.de erreichbar ist. Das Meldesystem kann von jeder Person genutzt werden, die eine Meldung mit Wolfsverdacht in Hessen machen möchte.

Seit dem 23. Juni 2023 werden Meldungen ausschließlich über das hier beschriebene Meldesystem entgegengenommen (Informationen zur Meldung von Wildtierrissen und Nutztierschäden siehe unten).



Kontakt
Wolfszentrum Hessen:

hlnug.de/wolf

Wolfshinweise:

wolfsmonitoring.hlnug.de

Wolfshotline:

0641 20009522



Abb. 1: Typische Wolfsspuren im sogenannten geschnürten Trab
© Laura Hollerbach

Was kann über das Online-System gemeldet werden?

Bürgerinnen und Bürger können das System nutzen, um Sichtungen, Spuren, Fotofallaufnahmen, wolfsähnliches Heulen oder Kot, der von einem Wolf stammen könnte, zu melden.

Bei Sichtungen kann es sich um Ereignisse mit oder ohne Dokumentation handeln, z.B. um eine vermutete Begegnung mit einem Wolf oder um eine Beobachtung aus einem Fahrzeug heraus. Wurde ein Foto oder ein Video von einem Tier mit Wolfsverdacht angefertigt, kann dies für die Auswertung im WZH bei der Meldung mit eingereicht werden. Fotos und Videos können bei entsprechender Qualität und nach Überprüfung des Standortes im Gelände als sichere Wolfsnachweise eingestuft werden.

Spuren sind Pfotenabdrücke bzw. eine Folge von Abdrücken, welche den Wolf als Verursacher vermuten lassen (Abb. 1). Auch wenn Spuren aufgrund der Verwechslungsgefahr mit Abdrücken von Hundepfoten nicht als sichere Wolfsnachweise eingestuft werden können (REINHARDT et al. 2015), so liefern sie, sofern sie korrekt dokumentiert wurden, trotzdem wertvolle Hinweise für das Wolfsmonitoring. Sie können z.B. Hinweise darauf geben, in welchen Gebieten das aktive Monitoring verstärkt werden sollte. Die Dokumentation von Spuren sollte Vermessungen und Fotos enthalten, welche im Meldesystem angegeben werden können.

Auch Aufnahmen aus Kamerafallen können über das Online-System gemeldet und hochgeladen und so für die Auswertung im Rahmen des hessischen Wolfsmonitorings zur Verfügung gestellt werden. Je nach Qualität der Aufnahme ist bei Kamerafallenbildern eine Einstufung als sichere Wolfsnachweise möglich, sofern hierfür die Kriterien laut Monitoringstandards erfüllt wurden (REINHARDT et al. 2015).

Heulereignisse, also wolfsähnliches Heulen, können gemeldet und mögliche Aufnahmen als Datei in das Online-Meldesystem hochgeladen

werden. Aufgrund der Verwechslungsgefahr mit heulenden Hunden können entsprechende Ereignisse jedoch höchstens als unbestätigte Wolfshinweise gewertet werden.

Auch Kotfunde sind für das Wolfsmonitoring von Interesse, da bei ausreichender Probenqualität über genetische Analysen das Wolfsindividuum bestimmt werden kann. Kotfunde, die im Verdacht stehen von einem Wolf zu stammen, können also ebenfalls über das Online-System gemeldet werden, ggf. wird auf Grundlage der Meldung eine genetische Beprobung durch das WZH veranlasst.

Es ist zu beachten, dass Nutztierschäden oder Wildtierkadaver mit Verdacht auf Tötung durch einen Wolf nicht von Bürgerinnen und Bürgern über das Online-System gemeldet werden können. In solchen Fällen ist umgehend die Wolfshotline unter 0641 20009522 (Montag bis Sonntag und an Feiertagen, 8 bis 16 Uhr) zu informieren. Außerhalb dieser Zeiten können regionale ehrenamtliche Wolfsberaterinnen und Wolfsberater direkt kontaktiert werden (Kontakt Daten unter hlnug.de/wolf). Hintergrund ist, dass potenzielle Rissereignisse möglichst zeitnah dokumentiert und beprobt werden müssen, um die Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen genetischen Analyse zu erhöhen. Informationen zu dokumentierten Nutztierschäden und Wildtierkadavern mit Verdacht auf Tötung durch einen Wolf werden durch die zuständige Wolfsberaterin bzw. den zuständigen Wolfsberater in das Meldesystem eingegeben.

Welche Funktionen hat das Online-System für Bürgerinnen und Bürger?

Die Hauptfunktion des Online-Meldesystems für Bürgerinnen und Bürger ist die Erfassung und Übermittlung von Wolfsverdachtsmeldungen einschließlich Dokumentationen. Vor der ersten Meldung muss der Melder oder die Melderin sich registrieren. Werden Fotos, Videos oder Aufnahmen von Kamerafallen in das System hochgeladen, so kann die meldende Person für jede Aufnahme selbst entscheiden, ob das Material ausschließlich für die Auswertung im Rahmen des hessischen Wolfsmonitorings zur Verfügung stehen soll oder ob es im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit des WZH genutzt werden darf. In letzterem Fall entscheidet die Melderin bzw. der Melder, ob im Falle einer Veröffentlichung im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit, z. B. auf der Homepage des WZH, der Name anonymisiert werden soll oder ob eine namentliche Nennung gewünscht ist.

Das Online-System verfügt über eine Funktion für den automatisierten E-Mailversand. Melderinnen und Melder erhalten nach der Übermittlung eines Wolfsverdachtsfalls unmittelbar eine E-Mail mit einer Eingangsbestätigung sowie Informationen über die weiteren Schritte im

Ablauf. Sobald die Meldung beim WZH nach den bundesweit geltenden Standards ausgewertet wurde, wird eine weitere E-Mail mit dem Ergebnis der Auswertung und einer Erläuterung der möglichen Auswertungskategorien versendet. Handelt es sich um einen sicheren Nachweis auf Basis einer genetischen Analyse, wird nachfolgend bei Vorliegen des abschließenden Ergebnisses der genetischen Individualisierung erneut eine E-Mail mit den entsprechenden Informationen versendet.

Meldende Personen können sich im Online-System eine Liste mit den von Ihnen eingegebenen Meldungen einschließlich einer Auswertung durch das WZH anzeigen lassen. In der Tabelle werden unter anderem der Status der Meldung, Zeitpunkt und Ort des Ereignisses sowie die Auswertung angezeigt. Umfasst die Meldung mindestens eine DNA-Probe, wird auch das Ergebnis der genetischen Analyse dargestellt, sofern dieses einen sicheren Wolfsnachweis begründet. Alternativ zu der Tabelle können die eigenen Meldungen auch in einer Kartenansicht betrachtet werden, in der sie je nach Auswertung durch das WZH optisch unterschiedlich dargestellt werden.

Die sicheren Wolfsnachweise aus dem Online-System werden automatisch in eine Karte auf der Homepage des WZH übertragen (Abb. 2). Die Karte zeigt eine gerasterte Darstellung von sicheren Wolfsnachweisen, die je nach Anzahl der Nachweise die Rasterzellen optisch differenziert. In der Karte können unterschiedliche Zeitschnitte ausgewählt und so auch die räumliche Ausdehnung des Wolfsvorkommens in Hessen über die Jahre dargestellt werden. Meldende Personen tragen somit unmittelbar zum hessischen Wolfsmonitoring und der transparenten Darstellung der Monitoringergebnisse bei. Auch eine Liste mit gemeldeten Nutztierschäden mit Verdacht auf Wolfsbeteiligung wird aus dem Online-Meldesystem zur Ansicht auf der Homepage des WZH generiert. In der Liste ist das Ereignisdatum, die Verortung, die betroffene Tierart und die abschließende Bewertung des WZH (Ergebnis der amtlichen Feststellung) einsehbar.

Neben den Funktionen für Bürgerinnen und Bürger bietet das Online-System Filter- und Kartenansichtsfunktionen für Wolfsberaterinnen und Wolfsberater sowie unterschiedliche Auswertungsmöglichkeiten für das WZH. Zudem besteht eine Schnittstelle zur Genetik-Auftragsdatenbank des Nationalen Referenzzentrums für genetische Untersuchungen an Luchs und Wolf der Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung. Eine weitere Schnittstelle besteht zu MultibaseCS, somit fließen alle Daten auch in die landesweite Artendatenbank AKH (Artkartierung Hessen) und anschließend in die Hessische Biodiversitätsdatenbank HEBID ein. Ebenfalls haben die Regierungspräsidien über das Online-System Einsicht in Informationen, die für die Abwicklung von Schadensausgleichen in ihren Zuständigkeitsbereichen relevant sind.

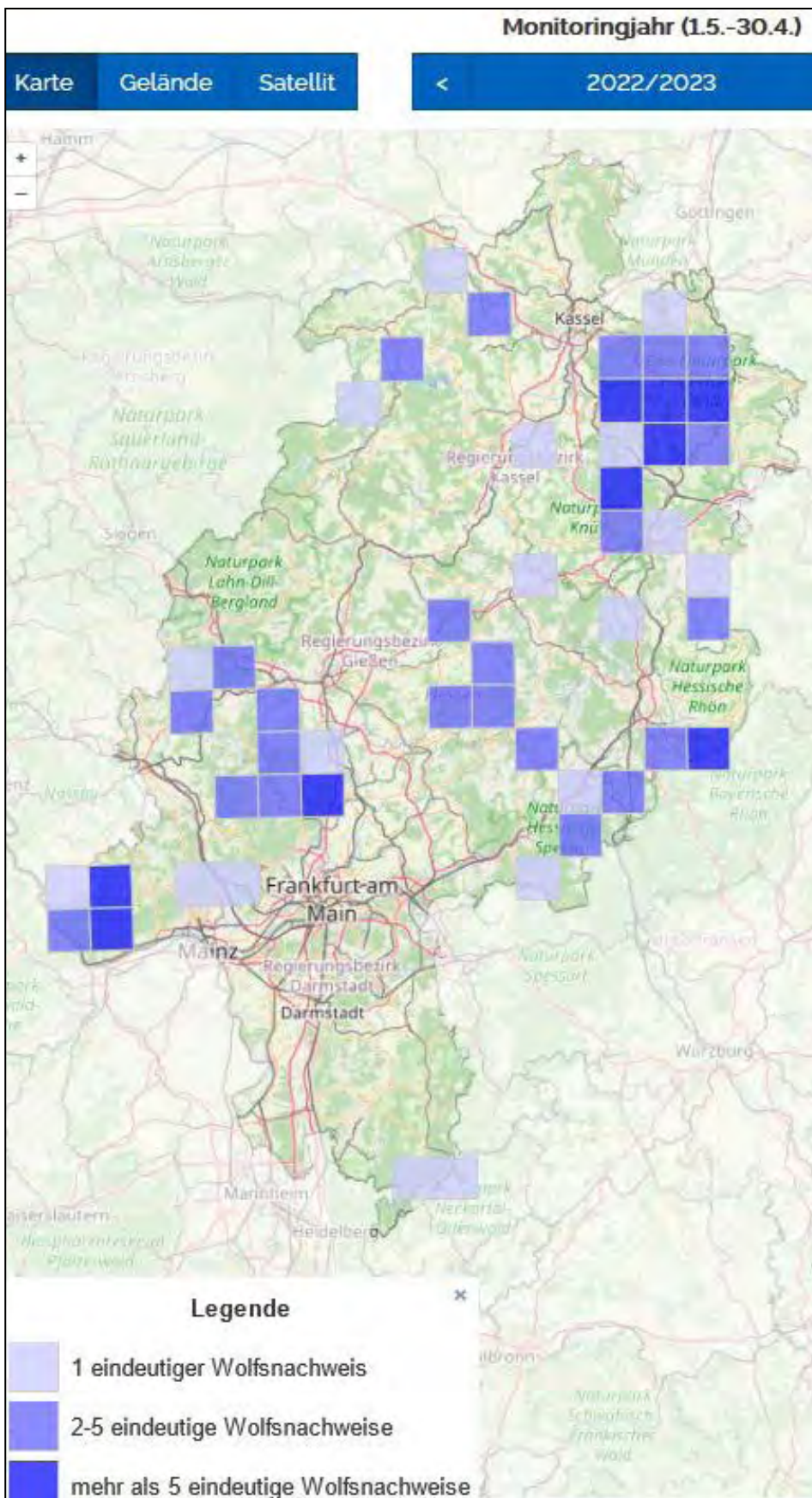


Abb. 3: Aus dem Online-Meldesystem gespeiste Rasterkarte mit hessischen Wolfsnachweisen aus dem Wolfsmonitoringjahr 2022/2023

Ausblick

Zukünftig ist die Entwicklung einer App geplant, damit Eingaben in das System auch von unterwegs vorgenommen werden können. So können z. B. Smartphone-Fotos zur Dokumentation und die Standortbestimmung direkt vor Ort ins System geladen werden, beispielsweise wenn eine Kotprobe mit Wolfsverdacht gefunden wurde. Sollte im Gelände keine mobile Datenverbindung bestehen, wird ein Hochladen der Daten zu einem späteren Zeitpunkt möglich sein (Offline-Nutzung im Gelände).

In Zukunft ist auch eine Schnittstelle des Online-Meldesystems zur Datenbank der Dokumentations- und Beratungsstelle des Bundes zum Thema Wolf (DBBW) geplant. Dabei geht es vorrangig um das Zusammenführen der Länder-Daten für die jährliche Auswertung des Wolfsmonitorings auf Bundesebene.



Fazit

Seit Juni 2023 werden Wolfsverdachtsmeldungen von Bürgerinnen und Bürgern sowie Wolfsberaterinnen und Wolfsberatern aus Hessen über ein Online-System vom WZH entgegengenommen. Die Digitalisierung der Meldewege erzielt eine systematische Strukturierung der Daten, führt meldende Personen durch den Eingabeprozess und bietet ihnen eine Übersicht zu bereits eingeschickten Meldungen einschließlich Auswertungsergebnisse. Das Onlinesystem speist automatisiert eine Übersichtskarte von Wolfsnachweisen in Hessen sowie eine Liste mit gemeldeten Nutztierschäden und gewährleistet so eine transparente Information der Öffentlichkeit. Zusätzlich ermöglicht es Datenauswertungen für das WZH und einen direkten Datenaustausch mit der Stelle für genetische Analysen von Wolfsverdachtsproben bei der Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung. Alle Daten werden in die landesweite Artendatenbank und in die Hessische Biodiversitätsdatenbank überführt.

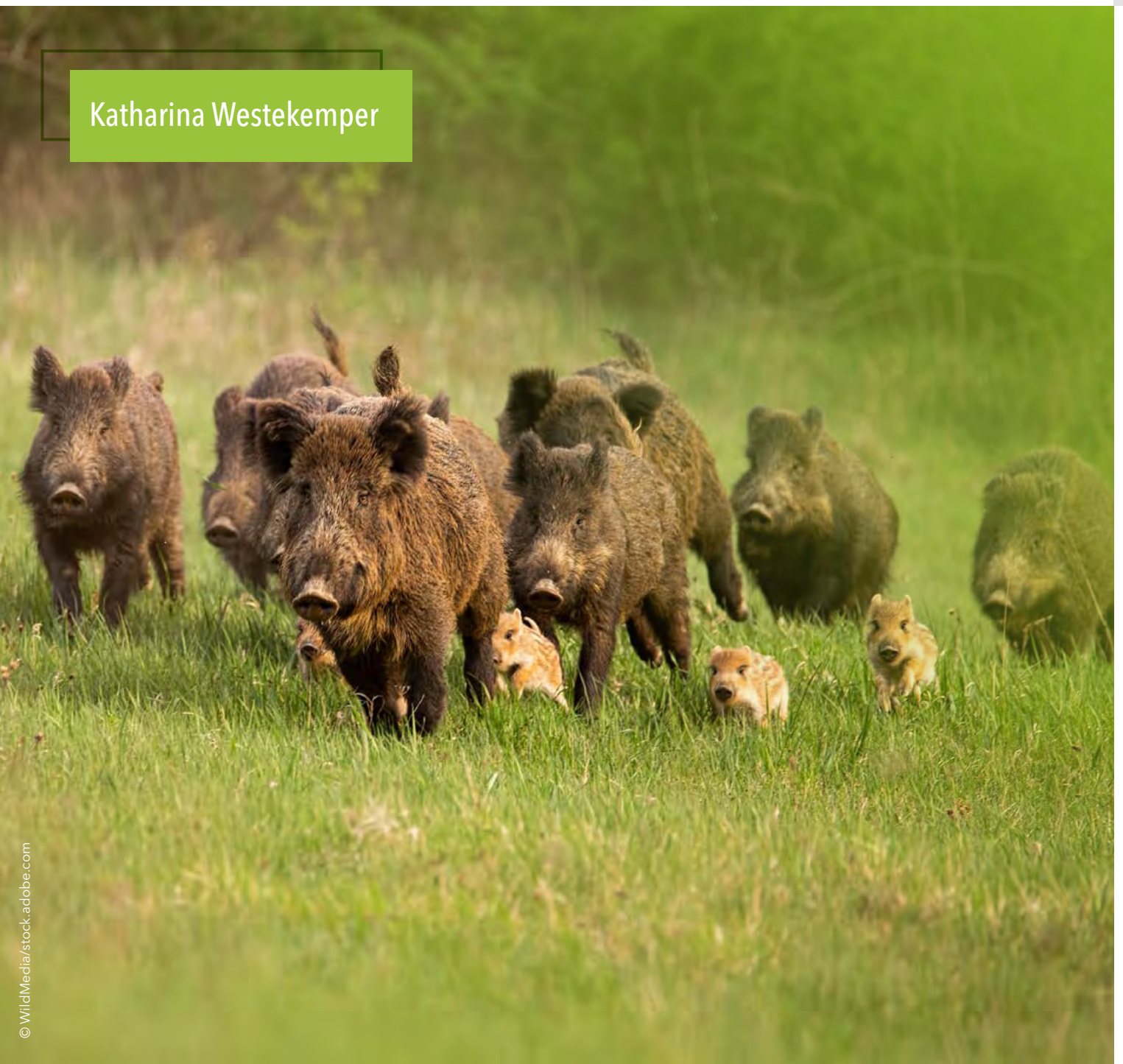
Literatur

REINHARDT, I., KACZENSKY, P., KNAUER, F., RAUER, G., KLUTH, G., WÖFL, S., HUCKSCHLAG, D. & WOTSCHIKOWSKY, U. (2015): Monitoring von Wolf, Luchs und Bär in Deutschland. – 96 S.; Bonn (Bundesamt für Naturschutz).

DEZERNAT WILDBIOLOGISCHE FORSCHUNGSSTELLE

Die Wildbiologische Forschungsstelle – erste Einblicke in das jüngste Dezernat des HLNUG

Katharina Westekemper



Wildlebende Tiere wie Reh, Rothirsch und Wildschwein, aber auch Fuchs, Feldhase und Rebhuhn sind relevante Teile von Ökosystemen. Sie können durch ihr Verhalten die Funktion und Beschaffenheit von Lebensräumen verändern – sowohl positiv als auch negativ. Die neu gegründete Wildbiologische Forschungsstelle im Zentrum für Artenvielfalt konnte Anfang 2023 ihre Arbeit aufnehmen und wird sich neben dem Monitoring von Wildarten mit objektiver wissenschaftlicher Forschung zu Themen rund um Wildtiere und ihre Lebensräume befassen.

Nur 5

Bundesländer haben eigene Institutionen, die sich mit wildbiologischen Fragestellungen auseinandersetzen – Hessen ist eines davon.



Am 01. Februar 2023 hat die Wildbiologische Forschungsstelle als Dezernat N4 in der Abteilung Naturschutz – Zentrum für Artenvielfalt ihre Arbeit aufgenommen. Neben dem Dezernat N3 „Staatliche Vogelschutzbehörde“ und dem Dezernat N5 „Naturschutzakademie, Freiwilligendienste“ ist die Wildbiologische Forschungsstelle das dritte neue Dezernat, das in das Anfang 2022 gegründete Zentrum für Artenvielfalt integriert wurde. Hessen ist somit eins der wenigen Bundesländer, das in einer Fachbehörde eigenständige wildbiologische Forschung betreibt.

Die Arbeit der Wildbiologischen Forschungsstelle wird von einem Beirat begleitet, der in der Regel einmal jährlich über das aktuelle Arbeitsprogramm sowie die zukünftigen Pläne unterrichtet wird. Diesem Beirat gehören Mitglieder aus mit Wildtieren und Naturschutz befassten Institutionen an, der Vorsitz obliegt der obersten Jagdbehörde. Im Beirat sind folgende Institutionen und Verbände vertreten: der Landesjagdverband Hessen e. V., der Ökologische Jagdverein Hessen e. V., die Berufsjäger, der Landesbetrieb HessenForst, die Falkner, die Arbeitsgemeinschaft Naturgemäße Waldwirtschaft (Landesgruppe Hessen), der Landesnaturschutzbeirat, der Tierschutz (auf Vorschlag des Landestierschutzbeirates), die Waldbesitzenden (auf Vorschlag des Landesforstausschusses), die Landwirtschaft (auf Vorschlag des Landesagrar Ausschusses), der Verband der Eigenjagdbesitzer und Jagdgenossenschaften e. V., das Jagdgebrauchshundewesen, der Arbeitskreis Wildbiologie der Justus-Liebig-Universität Gießen und die Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie der Georg-August-Universität Göttingen.

Die Hauptaufgaben der Wildbiologischen Forschungsstelle verteilen sich auf die Bereiche Monitoring, Forschung und Management. Außerdem berät die Wildbiologische Forschungsstelle zu wildbiologischen Fachfragen.



Abb. 1: Der Feldhase hat in den letzten Jahren einen erheblichen Populationsrückgang erlebt
© Frank Franken

Monitoring

Die Erfassung von Wildbeständen ist eine zentrale Aufgabe der Wildbiologischen Forschungsstelle. Über das Monitoring von Wildtieren können Erkenntnisse über die Verbreitung einer Art, ihre Vorkommenshäufigkeit und ihre Bestandsentwicklung gesammelt werden. Hieraus entsteht über die Jahre ein wertvoller Datenschatz, mit dem detaillierte Aussagen über die hessischen Bestände getroffen werden können. Die Wildbiologische Forschungsstelle wird das Monitoring stetig weiterentwickeln und an neuste Methoden anpassen, beispielsweise im Bereich der Wildbestandsschätzungen. Neben den bedrohten Niederwildarten wie dem Feldhasen und dem Rebhuhn werden zukünftig auch jagdbare Arten wie das Reh, der Rothirsch oder das Wildschwein in einem Monitoring begutachtet werden. Die Wildbiologische Forschungsstelle übernimmt künftig zudem die Rückrechnung der Populationsstruktur beim Rotwild von der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt bzw. der Abteilung Wildtierwissenschaften der Georg-August-Universität Göttingen und wird das Verfahren weiterentwickeln.

Das Monitoring der jagdbaren Arten wird in enger Zusammenarbeit mit den Jagenden und den Verantwortlichen in der Fläche stattfinden, um Synergien für beide Seiten zu nutzen. Die Wildbiologische Forschungsstelle erstellt hierzu Monitoringanleitungen über einfach durchzuführende Verfahren sowie zur Interpretation der Ergebnisse.



Abb. 2: Das Reh ist eine der zu erforschenden Arten der Wildbiologischen Forschungsstelle
© Monikasurzin/stock.adobe.com

Forschung

Die zweite Säule der Wildbiologischen Forschungsstelle stellt die Forschung rund um das Thema Wildtiere dar. Im Rahmen von Forschungsprojekten wird sich die Wildbiologische Forschungsstelle zukünftig Aufgaben im Bereich des Wildtiermonitorings und -managements sowie dem Spannungsfeld zwischen Wildtiermanagement und Naturschutz widmen. Besonderes Augenmerk wird auf bedrohte Niederwildarten wie Rebhuhn und Feldhase gelegt. Zukünftig erforscht und erprobt die Wildbiologische Forschungsstelle auch Maßnahmen zur Lebensraumverbesserung.

Der Einfluss von Rehen und Rothirschen auf Waldökosysteme ist ein stets aktueller Diskussionspunkt. Die Wildbiologische Forschungsstelle wird sich mit der Erforschung von Effekten menschlicher Landnutzung auf das lokale und temporäre Verhalten von wildlebenden Tieren wie beispielsweise Rehen, Rothirschen und Wildschweinen, ihrem Management und ihrer gezielten Lenkung beschäftigen.

In Zukunft ist es geplant, viele zu erforschende Aspekte artübergreifend zu behandeln, beispielsweise in den Themenbereichen Biotopverbund, Störungsbiologie und Verhalten von Wildtieren im urbanen Bereich, einem immer aktueller werdenden Thema, das auch in das Forschungsfeld der Mensch-Wildtier-Konflikte hereinspielt.

Die zukünftig geplanten Kooperationen im Bereich Forschung werden vielfältig sein und reichen von abteilungsinternen bis zu behördenüber-

Der europäische
Rebhuhnbestand
ist seit 1980 um **93 %**
zurückgegangen (EBCC 2020).



greifenden Kooperationen. Durch Kooperationen mit Hochschulen werden die Aktualität der angewandten Methoden und der Auswertungen sichergestellt und die Grundsätze der guten wissenschaftlichen Praxis eingehalten. Die Kommunikation der wissenschaftlichen Ergebnisse an ein breites Fachpublikum wird durch Veröffentlichungen in wissenschaftlichen Fachzeitschriften und durch die Teilnahme an landesweiten und internationalen Fachtagungen und Gremien sichergestellt.

Fachkonzepte und Beratung

Basierend auf den Ergebnissen des Monitorings sowie der Forschung wird die Wildbiologische Forschungsstelle Fachkonzepte in den Bereichen Wildtiermanagement und Wildökologische Raumplanung erstellen. Sie wird zudem die Erstellung von Artenhilfsprogrammen unterstützen.

Die Wildbiologische Forschungsstelle berät in Zukunft Naturschutz-, Umwelt-, Agrar-, Forst-, Veterinär- und Jagdbehörden, aber auch Verbände, die Politik, Medien, Jagende und andere Gruppen sowie Bürgerinnen und Bürger zu wildbiologischen, managementbezogenen und naturschutzfachlichen Fragestellungen. Die Weitergabe von wissenschaftlichen Erkenntnissen und allgemeinen Informationen wird neben Broschüren und Publikationen auch über Fortbildungen und Informationsveranstaltungen sichergestellt. Zukünftig sollen Fort- und Weiterbildungen im Themenkomplex Naturschutz, Wildtiermanagement und biologische Vielfalt für den ehrenamtlichen Naturschutz, Jagende, Mitarbeitende der Landesverwaltung sowie interessierte Bürgerinnen und Bürger angeboten werden.

Die Wildbiologische Forschungsstelle hat es sich zur Aufgabe gemacht, den wildtierwissenschaftlichen Austausch und die Vernetzung der Wildforschung in Deutschland zu fördern. Zukünftig wird ein regelmäßiger Austausch mit den mit der Wildtierforschung beauftragten Institutionen in Deutschland stattfinden.

Fazit

Wildtiermonitoring, Forschung rund um Wildtiere und ihr Management sind aktuelle und naturschutzfachlich relevante Themen. Hessen ist eines von nur fünf Bundesländern mit einer eigenen wildbiologischen Fachbehörde. Die neu gegründete Wildbiologische Forschungsstelle setzt sich zukünftig mit Fragestellungen rund um Wildtiere aller Art auseinander.

23 000 Jagende

gibt es etwa in Hessen
(HMUKLV 2023).



Die geplanten Ziele der Wildbiologischen Forschungsstelle sind neben qualitätsgesichertem Monitoring die wildbiologische Forschung mit den Schwerpunkten Niederwild (Arten wie beispielsweise Feldhase oder Rebhuhn) und Schalenwild (Arten wie beispielsweise Reh, Rothirsch oder Wildschwein) sowie die Beratung von Akteurinnen und Akteuren und Behörden. Die Wildbiologische Forschungsstelle wird in Zukunft dazu beitragen, die hessischen Wildbestände im Detail kennenzulernen und die gewonnenen Erkenntnisse für das praktische Management von Wildtieren zu nutzen.

Literatur

European Common Bird Monitoring Scheme EBCC (2020). pecbms.info/trends-and-indicators/species-trends/

Hessisches Ministerium für Umwelt Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2023). <https://umwelt.hessen.de/wald/jagd>

ABTEILUNG N IM INTERNET

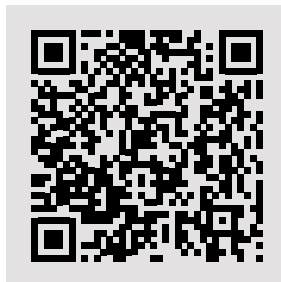
Arbeitsgruppe „Wolf in Hessen“ auf HLNUG-Website

Was bedeutet es für uns Menschen, dass sich hier wieder Wölfe ansiedeln? Wer ist wie davon betroffen und welche Schritte müssen im Wolfsmanagement unternommen werden, um mögliche Schäden abzuwenden? Mit diesen und vielen weiteren Fragen befassen sich die Mitglieder verschiedener Organisationen und Institutionen in der Arbeitsgruppe „Wolf in Hessen“. Das HLNUG hat nun einen neuen Bereich auf seiner Webseite eingerichtet, auf der fortlaufend über die Arbeit der AG Wolf informiert wird. Neben der Dokumentation der bisherigen Treffen und der konkreten Ergebnisse der Zusammenarbeit in der AG Wolf, sind in einem PDF-Dokument auch die Empfehlungen der AG Wolf für das Wolfsmanagement abgebildet. Darüber hinaus findet sich auf der neuen Webseite eine Liste aller Mitglieder der AG „Wolf in Hessen“.
hlnug.de/themen/naturschutz/ag-wolf-in-hessen



N2GO – Naturschutz to go

Die digitale Naturschutzreihe N2Go vermittelt kurz & kompakt naturschutzrelevante Themen – und zwar einmal pro Quartal immer mittwochs von 11.00-12.30 Uhr. So kann jeder egal ob von zuhause oder aus dem Büro heraus, sich über neueste naturschutzrelevante Themen auf dem aktuellsten Stand zu bringen. 2023 gab es Vorträge zu den Themen Geburtshelferkröte, Vogelschlag, Lichtverschmutzung und Eichenprachtkäfer. Die Naturschutzakademie Hessen bietet darüber hinaus ein umfangreiches Bildungsprogramm.
hlnug.de/themen/naturschutz/naturschutzakademie/bildungsprogramm



Naturschutzeroberfolg: Seit zehn Jahren wieder Fischotter in Hessen

Mehrere Jahrzehnte lang galt der Fischotter in Hessen als ausgestorben. Im Jahr 2013 konnte der scheue Wassermarder erstmals wieder nachgewiesen werden. Seither dokumentiert das HLNUG seine langsame aber stetige Wiederausbreitung. Dabei konnte mittels genetischer Untersuchung von Lösungsproben bestätigt werden, dass die Tiere aus den Nachbarländern Bayern, Thüringen und Niedersachsen eingewandert sind. Zehn Jahre nach der Rückkehr des Fischotters haben sich vier stabile Vorkommen etabliert. Das stimmt zuversichtlich für den weiteren Fortbestand der Art in Hessen, auch wenn die Population aufgrund der nach wie vor kleinen und isolierten Bestände immer noch als gefährdet anzusehen ist.
hlnug.de/themen/naturschutz/tiere-und-pflanzen/arten-melden/fischotter



ABTEILUNG W
Wasser





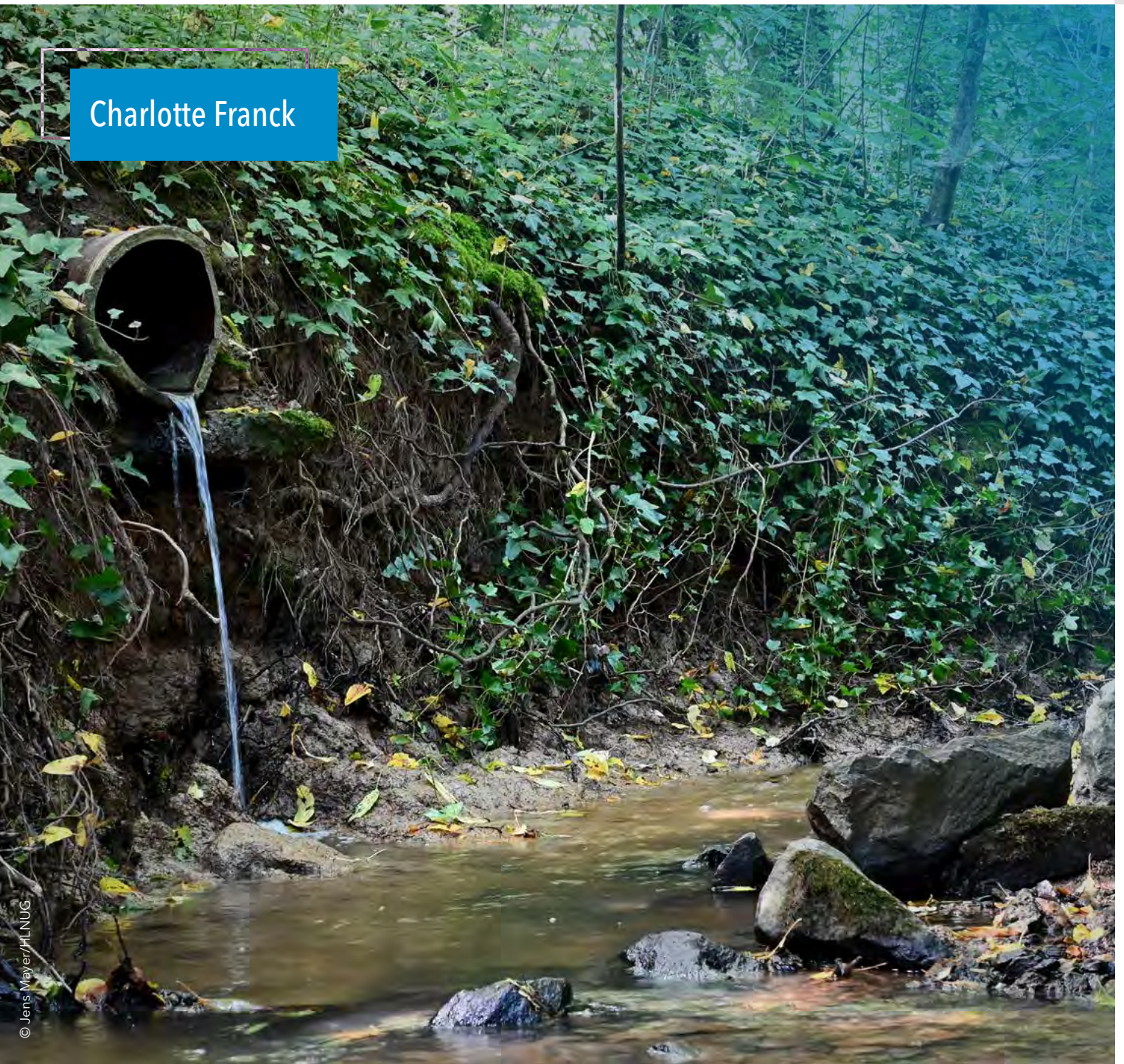
Wasser ist für Menschen, Tiere und Pflanzen lebensnotwendig. Die Abteilung Wasser erfasst und veröffentlicht Gewässerdaten zum Erhalt und zur Wiederherstellung naturnaher Fließgewässer, Seen und Grundwasservorkommen sowie zum Wasserhaushalt und Hochwasserschutz. Sie führt die Anerkennung von Sachverständigen durch und unterstützt die Behörden u. a. bei der Überwachung und Bewertung.

DEZERNAT GEWÄSSERGÜTE

Einträge von Pestiziden in hessische Fließgewässer



Charlotte Franck



Die Ökosysteme in Fließgewässern sind vielen Stressoren ausgesetzt. Die daraus entstehenden Belastungen lassen sich unter anderem in einem Rückgang der Artenvielfalt beobachten, der durch Schadstoffeinträge vorangetrieben wird (SÁNCHEZ-BAYO & WYCKHUYS 2019). Pestizide sind Teil dieser Verunreinigung. Sie werden vielfältig eingesetzt und können bereits in geringsten Konzentrationen negativ auf Organismen einwirken. Aus diesem Grund werden solche Substanzen in Gewässern überwacht, Eintragspfade aufgeklärt und Maßnahmen zur Reduktion umgesetzt. Hierbei gibt es viele Herausforderungen, die zu berücksichtigen sind.



Über 1 900

Pflanzenschutzmittel sind derzeit beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft zur Anwendung zugelassen.

Pestizide – ein vielfältiger Sammelbegriff

Die Gruppe der Pestizide vereint Stoffe unterschiedlicher Einsatzfelder, Wirkungsweisen und chemisch-physikalischer Eigenschaften. Mit ihnen sollen Schadorganismen oder Krankheitsüberträger bekämpft werden. Dabei sind zwei große Untergruppen zu unterscheiden: Die Anwendung der Wirkstoffe an Pflanzen dient der Wachstumsförderung und der Erhaltung der Pflanzengesundheit. Solche Produkte werden als Pflanzenschutzmittel bezeichnet. Daneben werden zum Teil dieselben Substanzen zur Konservierung von Farben, zum Schutz von Werkstoffen oder zur Beseitigung von Kleinstlebewesen im Haushalt eingesetzt. In diesen Fällen wird von Bioziden gesprochen. Darüber hinaus gibt es weitere Möglichkeiten, um Pestizide einzuteilen. Besonders häufig wird nach dem Zielorganismus unterschieden. Hierbei kommt zum Beispiel die Wirkung gegen Pflanzen (Herbizide), Pilze (Fungizide) oder Insekten (Insektizide) in Frage.

Monitoring in Fließgewässern

In der chemischen Gewässeruntersuchung gehören Pestizide zu den Spurenstoffen. Damit sind Stoffe gemeint, die typischerweise in einem sehr niedrigen Konzentrationsbereich auftreten. Die Größenordnung liegt im Rahmen von Mikrogramm pro Liter bis Nanogramm pro Liter. Weitere Beispiele für Spurenstoffe in Gewässern sind Arzneimittel oder Bestandteile von Körperpflegeprodukten. Pestizide unterliegen je nach Substanz und Anwendungsfeld verschiedenen rechtlichen Restriktionen, die die Zeiträume vor der Markteinführung, während des Einsatzes und nach Beendigung einer Zulassung umfassen. Im Rahmen der Zulassungsverfahren findet eine Bewertung der Wirkstoffe statt. Das Ziel hierbei ist es, dass die erwarteten Konzentrationen im Gewässer ein tolerier-

bares Niveau nicht überschreiten. Dies ist jedoch nicht gleichbedeutend mit bindenden Grenzwerten in der Überwachung. Einige Wirkstoffe werden daher unabhängig von der Zulassung mit sogenannten Umweltqualitätsnormen (UQN) versehen. Durch die Verankerung in der Oberflächengewässerverordnung (OGewV) sind diese Werte für die Feststellung von Grenzwertüberschreitungen ausschlaggebend. Dabei werden entsprechend des angestrebten Schutzziels Jahresdurchschnittswerte (JD-UQN) und Maximalwerte (ZHK-UQN) unterschieden.

Das HLNUG erhebt umfangreiche Messdaten, die nach Ablauf eines Messjahres mit den UQN verglichen werden können. Die dafür ausgewählten Messstellen sind in drei Gruppen eingeteilt, die sich jährlich abwechseln und gemeinsam einen Zyklus ergeben. Eine Messstelle ist somit in der Regel alle drei Jahre Bestandteil des Messprogramms. Innerhalb eines Jahres findet die Routineprobenahme an den meisten Standorten organisatorisch begründet in Form von monatlichen Stichproben statt. Die Eintragsdynamik von Pestiziden hängt unter anderem von Anwendungszeiten im Pflanzenschutz, von lokalen Gegebenheiten und insbesondere von Niederschlagsereignissen ab. Konzentrationspitzen bei starkem Regen sind hier typisch. Diese können jedoch nur gezielt durch eventgesteuerte Beprobungen erfasst werden, bei denen dann der Einsatz von automatischen Probenehmern notwendig ist. Der Einfluss von Niederschlägen wurde in einer deutschlandweiten Studie über mehrere Jahre gezeigt (LIess et al. 2021).

Im letzten Messzyklus (2019–2022) des HLNUG wurden an ausgewählten Gewässern Wasserproben genommen und im Rahmen des Monitorings auf 206 Pestizidwirkstoffe und Metaboliten untersucht. Davon haben 65 Substanzen eine UQN, die zur Bewertung der Ergebnisse verwendet werden konnte. In Abbildung 1 ist die Aufteilung der Parameter in Bezug auf vorhandene UQN dargestellt. Der Großteil der Pestizidwirkstoffe findet sich demnach nicht in der OGewV von 2016 wieder.

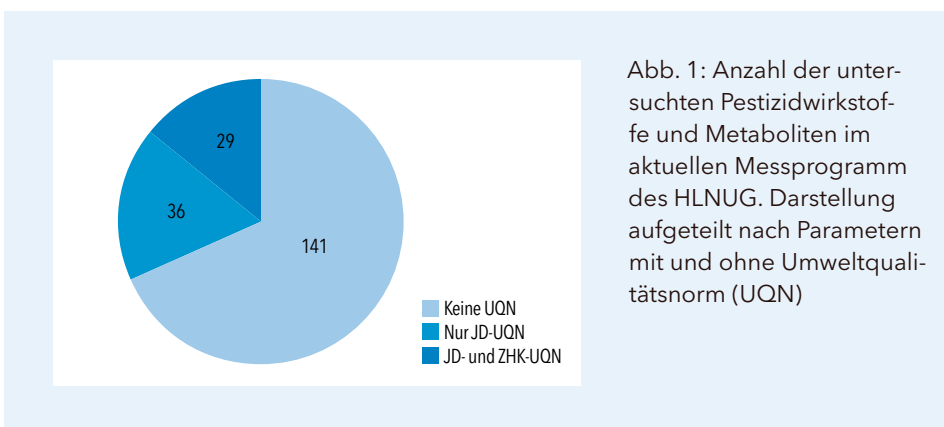


Abb. 1: Anzahl der untersuchten Pestizidwirkstoffe und Metaboliten im aktuellen Messprogramm des HLNUG. Darstellung aufgeteilt nach Parametern mit und ohne Umweltqualitätsnorm (UQN)



Monitoring in Fließgewässern:

Pestizide können bereits in einer Konzentration von einem Nanogramm pro Liter toxisch für Wasserorganismen sein. Dies entspricht einem Salzkorn aufgelöst in der Wassermenge von etwa 250 Badewannen.

Die Messung von Parametern mit und ohne UQN macht deutlich, dass nicht nur Parameter mit UQN für die Gewässerbelastung eine wichtige Rolle spielen. Die Darstellung der Befunde an den Messstellen kann auf verschiedene Weisen erfolgen. Eine Kenngröße ist die Anzahl der nachgewiesenen Substanzen. Sie zeigt den Stoffumfang, in dem die Gruppe der Pestizide präsent ist. Für die rechtlichen Anforderungen ist die Anzahl von Überschreitungen entscheidend. Abbildung 2 zeigt beide Ansätze gemeinsam. Der Balken für jede Messstelle ist aufgeteilt in Befunde von Parametern ohne UQN, mit eingehaltener UQN und mit überschrittener UQN. In manchen Fällen kommt es zudem vor, dass keine Bewertung möglich ist. Grund dafür kann zum Beispiel eine zu hohe Bestimmungsgrenze sein. Dieser Anteil ist ebenfalls dargestellt. In der Auswertung wird außerdem nach dem Worst-Case-Prinzip vorgegangen. Ein Parameter wird demnach als überschritten bewertet, wenn entweder die ZHK- oder JD-UQN nicht eingehalten wurde. Wenn Daten aus mehreren Jahren vorhanden sind, wird ebenfalls das schlechteste Messjahr abgebildet.

Die meisten Pestizid-Parameter wurden in der Ems nachgewiesen. Dort lagen 39 Stoffe mindestens einmal oberhalb der Bestimmungsgrenze. Die Ems befindet sich in Nordhessen in einer stark landwirtschaftlich geprägten Region und mündet in die Eder. Die meisten Pestizid-Parameter mit UQN-Überschreitung traten hingegen im Sandbach und in der Modau auf. Diese Fließgewässer liegen südlich von Darmstadt im hessischen Ried. Bei der genaueren Betrachtung der Überschreitungen ist auffällig, dass sie besonders häufig von zwei Wirkstoffen verursacht werden. Dies trifft für ganz Hessen, auch außerhalb der benannten Gebiete, zu. Das Herbizid Flufenacet war insgesamt für Überschreitungen an 14 Messstellen verantwortlich. Es wird in der Landwirtschaft vorwiegend im Ackerbau, aber auch im Gemüsebau eingesetzt. Das Herbizid Terbutryn führte zu Überschreitungen an 8 Messstellen. Es ist im

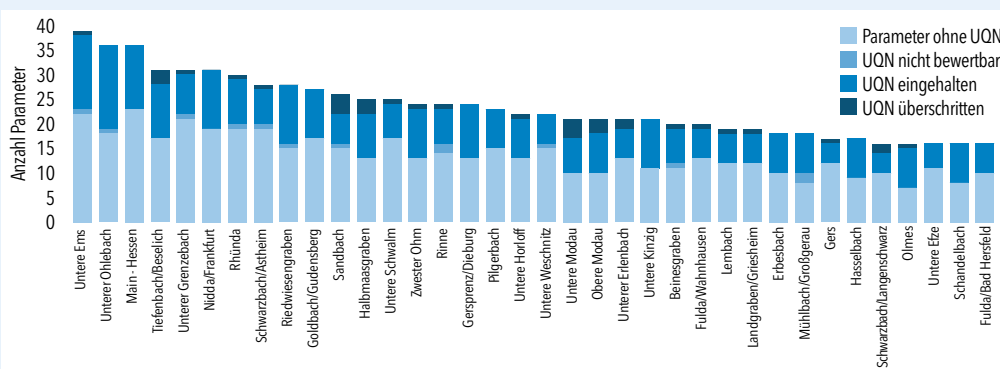


Abb. 2: Anzahl der Pestizid-Parameter, die an einer Messstelle im Zyklus 2019-2022 nachgewiesen wurden. Darstellung aufgeteilt nach Parametern mit und ohne Umweltqualitätsnorm (UQN), inkl. Bewertung. Gezeigt sind die Standorte mit einer Gesamtzahl von mehr als 15 Befunden.

Pflanzenschutz nicht mehr zugelassen, wird aber in verschiedenen Biozidprodukten verwendet. Somit sind beide Teilgruppen der Pestizide relevant für die Gewässerbewertung.

Untersuchung von Kläranlageneinleitungen

Pestizide können über verschiedene Pfade in Oberflächengewässer gelangen. Im Allgemeinen lassen sich Punktquellen und diffuse Quellen unterscheiden. Punktquellen befinden sich an einer definierten Stelle und leiten dort direkt in das Gewässer ein. Dazu gehören Abläufe von Kläranlagen und Misch- oder Regenwasserentlastungen. Zu den diffusen Quellen zählen Abflüsse von Wasser an der Oberfläche und im Boden (auch Drainagen) oder Einträge aus der Luft, wie etwa durch Verdriftungen bei der Applikation. Es ist entscheidend, alle relevanten Eintragspfade zu identifizieren, um zielgerichtete Maßnahmen zur Eintragsminderung treffen zu können.

Untersuchungen im Jahr 2022 sollten insbesondere den Eintragspfad über Kläranlagen betrachten. Dieser kann für verschiedene Anwendungsfälle von Pestiziden relevant sein. Eine Rolle spielt zum Beispiel die Reinigung von Spritzgeräten für Pflanzenschutzmittel auf befestigten Flächen. Die Wirkstoffe gelangen in diesem Fall über Hofabläufe in die Kanalisation. In den Kläranlagen werden sie nur unzureichend abgebaut, sodass mit dem gereinigten Abwasser ein Transport in Fließgewässer stattfindet (SINGER et al. 2010). Aus diesem Grund ist heutzutage die Reinigung von Gerätschaften auf dem Feld ein Bestandteil der guten fachlichen Praxis im Pflanzenschutz (BMELV 2010). Die Anwendung auf öffentlichen Grünflächen, in Kleingärten oder auf nicht bewirtschafteten Flächen kann aber ebenso zu entsprechenden Einträgen führen. Im Bereich der Biozide gibt es weitere mögliche Quellen. Im häuslichen Abwasser sammeln sich abgewaschene Desinfektionsmittel oder Insektensprays sowie Bestandteile von Wandfarben und Lacken durch die Reinigung von Pinseln. Bei der Ableitung von Regenwasser können Wirkstoffe aus Fassaden, Dächern und anderen Beschichtungen ausgewaschen werden. Durch die vielfältigen Einsatzfelder ist es besonders schwierig, die Befunde von Wirkstoffen einzelnen Ursachen zuzuordnen.

Die Eintragsdynamik kann durch lokale Betrachtungen besser nachvollzogen werden. Im Einzugsgebiet der Gersprenz, der Modau und am Halbmaasgraben wurden daher insgesamt acht Kläranlagen ausgewählt. Dort wurde der Ablauf selbst und zusätzlich das Gewässer oberhalb und unterhalb der Einleitstelle beprobt. Der Gesamtumfang belief sich auf 90 Proben. Die Ergebnisse der Untersuchung sind als Masterarbeit über die Website des HLNUG abrufbar (FRANCK 2022).

Insgesamt lagen 55 Substanzen aus dem Bereich der Pestizidwirkstoffe und Metaboliten mindestens einmal oberhalb der Bestimmungsgrenze. Durch die Vielfalt der Stoffpalette kann es schwierig sein, die Belastung der Standorte untereinander zu vergleichen. Dies ist notwendig, um die Bedeutung der Einleitungen einzuordnen. Dieselbe Konzentration unterschiedlicher Wirkstoffe ist nicht immer gleich kritisch zu bewerten. Wie bereits beschrieben liegen aber für viele Substanzen keine Referenzwerte in Form von UQN vor. Eine Ausweichoption ist die Nutzung ökotoxikologischer Kennzahlen. Damit können sogenannte Toxic Units (TU) berechnet werden. Als Kennzahl aus dem Labor wird der LC50 genutzt. LC steht für „lethal concentration“ (= tödliche Konzentration). Der Wert definiert die Konzentration, die 50 Prozent der eingesetzten Testorganismen in einer Studie nicht mehr überleben. Der Organismus ist in diesem Fall *Daphnia magna*. Durch das Einbeziehen dieser Daten wird weniger die Menge, jedoch verstärkt der Effekt der Wirkstoffe auf die Organismen verglichen. Solche Effekte sind schlussendlich der entscheidende Faktor für das Ökosystem im Gewässer. Dieser Ansatz der Auswertung wird aktuell vorwiegend im Forschungskontext angewendet, wo er sich als geeigneter Indikator gezeigt hat (LIESS & VON DER OHE 2005). Der TU ergibt sich aus dem Verhältnis zwischen der gemessenen Konzentration eines Stoffs und dem LC50. Für die hier gewählte Betrachtung von gesamten Proben werden die TU-Werte der untersuchten Einzelsubstanzen aufsummiert (TU_{SUM}).

In der Auswertung der Ergebnisse der Messkampagne konnten Pestizideinträge aus Kläranagen deutlich nachgewiesen werden. Die Relevanz eines einzelnen Standorts hing dabei von verschiedenen Faktoren ab. Als besonders wichtig ist die Anzahl landwirtschaftlicher Betriebe (für Pflanzenschutzmittel) und der Abwasseranteil im Gewässer zu nennen. Zusammenfassend über alle Beprobungen ist im Mittel eine steigende Belastung durch die Einleitstellen sichtbar, wie Abbildung 3 darstellt.

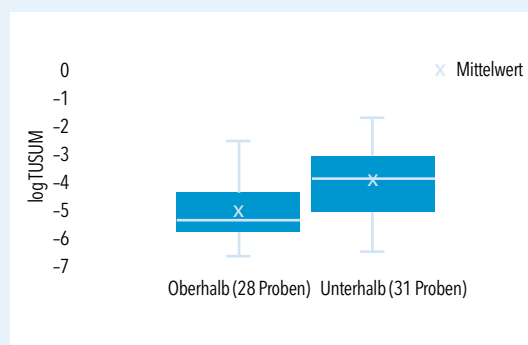


Abb. 3: Summe der Toxic Units (TU_{SUM}) an Messstellen oberhalb und unterhalb von Kläranlageneinleitungen als Boxplot. Die Abweichung zwischen den Gruppen ist statistisch signifikant (FRANCK 2022).

Die bestimmten Konzentrationen lagen im Gewässer in einer ökotoxikologisch relevanten Größenordnung. Die berechnete Summe der TU-Werte zeigt unterhalb der Kläranlagen signifikant höhere Werte als oberhalb. Dies unterstreicht die Bedeutung des Eintragspfads Kläranlage. In der Planung und Durchführung von Maßnahmen zur Verringerung der Gewässerbelastung mit Pestiziden sollte dies berücksichtigt werden, zum Beispiel bei der inhaltlichen Ausgestaltung von Beratungsangeboten für verschiedene Akteure.

Die vorgestellten Resultate verdeutlichen das Potenzial für weitere Untersuchungen. Messprogramme außerhalb des Routinemonitorings ermöglichen erst die konkrete Beschreibung der Belastungssituation und die Identifikation von Belastungsquellen. Eine Ausweitung auf andere Regionen und Standortfaktoren ist entscheidend, um die Beobachtungen in den Gesamtkontext hessischer Fließgewässer einzuordnen. Insgesamt konnte jedoch bereits gezeigt werden, dass die Eliminierung punktueller Pestizideinträge weiterhin eine wichtige Aufgabe im Gewässerschutz bleibt.

Aktuelle Maßnahmen und Projekte in Hessen

Die Minimierung von Pestizidkonzentrationen in Gewässern kann über verschiedene Ansatzpunkte erfolgen. Im Jahr 2021 hat das Land Hessen gemeinsam mit verschiedenen Verbänden und Organisationen die „Kooperationsvereinbarung Landwirtschaft und Naturschutz“ abgeschlossen (HMUKLV 2021). Es wurden gemeinsame Ziele beschrieben, die alle Beteiligten erreichen wollen. Eines dieser Ziele ist die Reduzierung des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln um 30 Prozent bis 2030. Im Pestizidreduktionsplan, der im Frühjahr 2023 veröffentlicht wurde, ist dieses Ziel mit konkreten Maßnahmen ergänzt worden (HMUKLV 2023a). Begleitend zur Durchführung der Maßnahmen findet in diesem Rahmen eine intensiviertere Überwachung der Fließgewässer statt. In ausgesuchten Modellregionen wird deutlich umfassender beprobt und gemessen, als es in der Routineüberwachung möglich ist. Auch eventgesteuerte Probenahmen zur Untersuchung von Niederschlagsereignissen sind ein Bestandteil der Strategie. Abbildung 4 zeigt ein Beispielfoto für ein solches Gerät. Mit diesem Vorgehen soll durch eine fundierte Datenlage erkennbar werden, wie sich die Konzentrationen in den Gewässern im Verlauf der kommenden Jahre auch aufgrund von Maßnahmen entwickeln.

Die geplanten Maßnahmen im Rahmen der Kooperationsvereinbarung sind vorwiegend anwendungsorientiert. Das bedeutet, dass beim Schritt der Verwendung der Substanzen angesetzt wird. Eine weitere Möglichkeit im Falle punktueller Einträge über Kläranlagen sind nachgeschaltete



Abb. 4: Foto des Aufbaus eines automatischen Probennehmers am Gewässer zur Beprobung von Regenereignissen
© Charlotte Franck/
HLNUG

Maßnahmen. Hierzu gehört die erweiterte Abwasserreinigung durch eine vierte Reinigungsstufe. Pestizidwirkstoffe und auch weitere Spurenstoffe können dadurch besser eliminiert werden. Die erste vierte Reinigungsstufe an einer hessischen kommunalen Kläranlage wurde 2023 in Mörfelden-Walldorf in Betrieb genommen (HMUKLV 2023b).

Pestizidreduktion in Privathaushalten

Der Pestizidreduktionsplan adressiert auch Privathaushalte. Alle Menschen können durch einen bewussten Umgang mit Pestiziden zum Gewässerschutz beitragen. Dies wird insbesondere durch die zum Teil hohen Wirkstoffmengen in Konzentraten deutlich. Beispielsweise ist das Herbizid 2,4-D mit Konzentrationen von 70 g/l für nichtberufliche Anwender erhältlich. Das bedeutet, dass 1 ml der unverdünnten Flüssigkeit ausreicht, um in 70 000 Litern die ZHK-UQN (1 µg/l) zu erreichen. Dementsprechend müssen Anwendungshinweise dringend beachtet werden.

Die private Verwendung von Pflanzenschutzmitteln in Haus- und Kleingärten ist eine verbreitete Möglichkeit zur Behandlung von Nutz- oder Zierpflanzen. In diesen Fällen ist neben der sachgerechten Anwendung besonders dafür Sorge zu tragen, dass Produktreste fachgerecht entsorgt werden. Die Entleerung in den Abfluss und damit in das Kanalsystem ist unbedingt zu vermeiden. Auch bei der Anwendung kann dies berücksichtigt werden, indem die verwendeten Hilfsmittel (z. B. Gießkanne) nochmal mit Wasser gefüllt und dann im Pflanzenbeet ausgespült werden und nicht im Waschbecken. Auf diese Weise wird ein Zufluss in Kläranlagen deutlich vermindert.

Biozide werden häufig bei Renovierungsarbeiten, zur Schädlingsbekämpfung oder in der Hygiene verwendet. Nicht immer ist direkt ersichtlich, dass biozide Wirkstoffe enthalten sind. Biozidprodukte sind zum Beispiel über angegebene Zulassungsnummern (beginnend mit DE-) oder Registriernummern (beginnend mit N-) erkennbar. Darüber hinaus gibt es nach EU-Verordnung 528/2012 auch sogenannte „behandelte Waren“. Diese Produkte haben einen anderen primären Einsatzzweck als die Bekämpfung von Schadorganismen. Ein Beispiel für eine behandelte Ware ist etwa ein Holzpfosten, der vor dem Vertrieb zum Schutz vor Verwitterung mit Herbiziden oder Fungiziden behandelt wurde. Solche Produkte unterliegen nicht denselben Regularien und verfügen daher nicht zwingend über die oben genannten Nummern, können jedoch Biozide in die Umwelt abgeben.

Für viele Anwendungen können dennoch bewusst Alternativen ohne Biozide oder Pflanzenschutzmittel gewählt werden. Zu beiden Themen liefert das Umweltbundesamt viele wichtige Informationen, die bei der Entscheidungsfindung unterstützen (UBA 2023a und UBA 2023b).



Fazit

Pestizide sind eine relevante Schadstoffgruppe für hessische Fließgewässer. Sie können nach dem Eintrag in die Umwelt aquatische Ökosysteme negativ beeinflussen und werden daher regelmäßig an ausgewählten Messstellen überwacht. An einigen dieser Messstellen wurden Pestizide nachgewiesen, zum Teil auch oberhalb von Umweltqualitätsnormen. Für viele Stoffe sind allerdings keine verbindlichen Grenzwerte im Gewässer vorgeschrieben. Die ökotoxikologische Relevanz muss in diesen Fällen mit anderen Hilfsmitteln eingeordnet werden. Als Ursache für Belastungen kommen mehrere Eintragspfade in Betracht. Die Ermittlung von Quellen ist daher nicht immer einfach. Aktuelle Untersuchungen haben gezeigt, dass neben diffusen Einträgen auch Kläranlageneinleitungen weiterhin eine entscheidende Rolle spielen können und aus diesem Grund nicht vernachlässigt werden dürfen. Die Reduktion von Pestizidkonzentrationen in Gewässern bleibt somit eine wichtige Aufgabe für die kommenden Jahre. Mit dem Pestizidreduktionsplan und

einem zugehörigen verstärkten Monitoring wurden die ersten Schritte bereits begonnen. Darüber hinaus kann grundsätzlich ein bewusster Umgang mit Pestiziden einen Beitrag zur Verbesserung der chemischen Gewässerqualität leisten.

Literatur

- BMELV – Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2010): Bekanntmachung der Grundsätze für die Durchführung der guten fachlichen Praxis im Pflanzenschutz. BAnz Nr. 76a vom 21. Mai 2010. Bonn.
- FRANCK, C. (2022): Erfassung der Einträge von Pestiziden aus Kläranlagen und Siedlungsentwässerungen in Hessen. Masterarbeit. Hochschule RheinMain, Rüsselsheim. [https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/wasser/fliessgewaesser/chemie/spurenstoffe/PSM/Masterarbeit_Franck_Charlotte.pdf; Stand: 04.08.2023].
- HMU KL V – Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2021): Kooperationsvereinbarung Landwirtschaft und Naturschutz in Hessen. [https://umwelt.hessen.de/sites/umwelt.hessen.de/files/2022-09/060921_koopvereinbarung.pdf; Stand: 19.09.2023].
- HMU KL V – Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2023a): Pestizidreduktionsplan Hessen 2023-2030. [https://umwelt.hessen.de/sites/umwelt.hessen.de/files/2023-05/pestizid_reduktionsplan_bf.pdf; Stand: 04.08.2023].
- HMU KL V – Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (Hrsg.) (2023b): Beseitigung von kommunalen Abwässern in Hessen. Lagebericht 2022. Bearbeitung durch das HLNUG. [https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/wasser/abwasser/kommunales_abwasser/Lageberichte/Lagebericht_Hessen_2022.pdf; Stand: 04.08.2023].
- LISS, M. & VON DER OHE, P.C. (2005): Analyzing effects of pesticides on invertebrate communities in streams. – Environ Toxicol Chem **24** (4): 954-965.

LISS, M., LIEBMANN, L., LÜCK, M., VORMEIER, P., WEISNER, O., FOIT, K., KNILLMANN, S., SCHÄFER, R.B., SCHULZE, T., KRAUSS, M., BRACK, W., REEMTSMA, T., HALBACH, K., LINK, M., SCHREINER, V.C., SCHNEEWEISS, A., MÖDER, M., WEITERE, M., KASKE, O., VON TÜMPLING, W., GUNOLD, R., ULRICH, N., PASCHKE, A., SCHÜÜRMAN, G., SCHMITT-JANSEN, M., KÜSTER, E. & BORCHARDT, D. (2022): Umsetzung des Nationalen Aktionsplans zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln (NAP) – Pilotstudie zur Ermittlung der Belastung von Kleingewässern in der Agrarlandschaft mit Pflanzenschutzmittel-Rückständen. Abschlussbericht. UBA Texte 07/2022. [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte_07-2022_umsetzung_des_nationalen_aktionsplans_zur_nachhaltigen_anwendung_von_pflanzenschutzmitteln.pdf; Stand: 04.08.2023].

Oberflächengewässerverordnung (OGewV) vom 20. Juni 2016 (BGBl. I S. 1373), die zuletzt durch Artikel 2 Absatz 4 des Gesetzes vom 9. Dezember 2020 (BGBl. I S. 2873) geändert worden ist.

SÁNCHEZ-BAYO, F. & WYCKHUYS, K.A. (2019): Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. – *Biological Conservation* 232: 8–27.

SINGER, H., JAUS, S., HANKE, I., LÜCK, A., HOLLENDER, J. & ALDER, A.C. (2010): Determination of biocides and pesticides by on-line solid phase extraction coupled with mass spectrometry and their behaviour in wastewater and surface water. – *Environ Pollut* **158** (10): 3054–3064.

UBA – Umweltbundesamt (2023a): Biozid-Portal. [<https://www.umweltbundesamt.de/themen/chemikalien/biozide/biozid-portal-start>; Stand: 04.08.2023].

UBA – Umweltbundesamt (2023b): Pflanzenschutz im Garten. [<https://www.umweltbundesamt.de/pflanzenschutz-im-garten-startseite>; Stand: 04.08.2023].

Verordnung (EU) Nr. 528/2012 des Europäischen Parlaments und Rates vom 22. Mai 2012 über die Bereitstellung auf dem Markt und die Verwendung von Biozidprodukten.

Dezernat Hydrogeologie, Grundwasser

Ermittlung von Nährstoffausträgen aus Drainagen



Britta Schmalz (Fachgebiet Ingenieurhydrologie und Wasserbewirtschaftung
Technische Universität Darmstadt) & Michael Zacharias



🌊 Bisher wurde in Modellberechnungen zu Nährstoffeinträgen aus Drainagen in Fließgewässer von einer eher untergeordneten Rolle ausgegangen. Erste Ergebnisse zeigen aber, dass bei zahlreichen Analysen von Drainagewässern Nitratkonzentrationen mit mehr als 50 mg/l festgestellt wurden. Die Orientierungswerte für Ortho-Phosphat und Ammonium werden bei den untersuchten Oberflächengewässern an den meisten Messterminen ebenfalls überschritten.



Über 1 Mio. t

Stickstoff aus der Landwirtschaft werden jährlich seit 1995 in die Umwelt eingetragen (Umweltbundesamt, 2021).

Motivation und Fragestellung

Die Grund- und Oberflächengewässer in Hessen weisen bei einer landwirtschaftlichen Flächennutzung im Einzugsgebiet überwiegend hohe Nährstoffbelastungen auf. Im aktuellen hessischen Bewirtschaftungsplan (HMUKLV, 2021) sind insgesamt 29 Grundwasserkörper (GWK) in einem schlechten chemischen Zustand (Abb. 1). Dabei sind die Einstufungen von 23 GWK auf Schwellenwertüberschreitungen von Nitrat, Ammonium, Sulfat und Phosphat zurückzuführen. Die Stickstoffeinträge aus diffusen Quellen in das Grundwasser belaufen sich in Hessen auf rund 12 000 t im Jahr. Insgesamt sind ca. 89 Prozent der Nitratbelastungen der hessischen Grundwässer durch landwirtschaftliche Flächennutzung verursacht (BACH et al., 2021).

Mit der Novellierung der Düngeverordnung (DüV, 2020) müssen in Hessen mindestens alle vier Jahre eutrophierte und mit Nitrat belastete Gebiete abgegrenzt sowie die Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft in die Gewässer bewertet werden. Die methodische Vorgehensweise für die Ausweisung dieser Gebiete ist bundesweit einheitlich in der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zur Ausweisung von mit Nitrat belasteten und eutrophierten Gebieten (AVV GeA, 2022) vorgeschrieben. Eine wichtige Grundlage für die Gebietsausweisung ist die Quantifizierung landwirtschaftlicher Nährstoffeinträge in Grundwässer und Oberflächengewässer.

Modellhaft werden hierfür mit dem Modellverbund AGRUM-DE u. a. die Einflüsse über landwirtschaftliche Drainagen berechnet (ZINNBAUER et al., 2023). Bisher gab es in Hessen keine Möglichkeit, diese Modellergebnisse mit realen Daten zu validieren und zu vergleichen. Dieses Defizit beeinträchtigt die Akzeptanz insbesondere bei den landwirtschaftlichen Flächennutzern in Bezug auf die Umsetzung der Hessischen Ausführungsverordnung der Düngeverordnung (AV DüV, 2022).

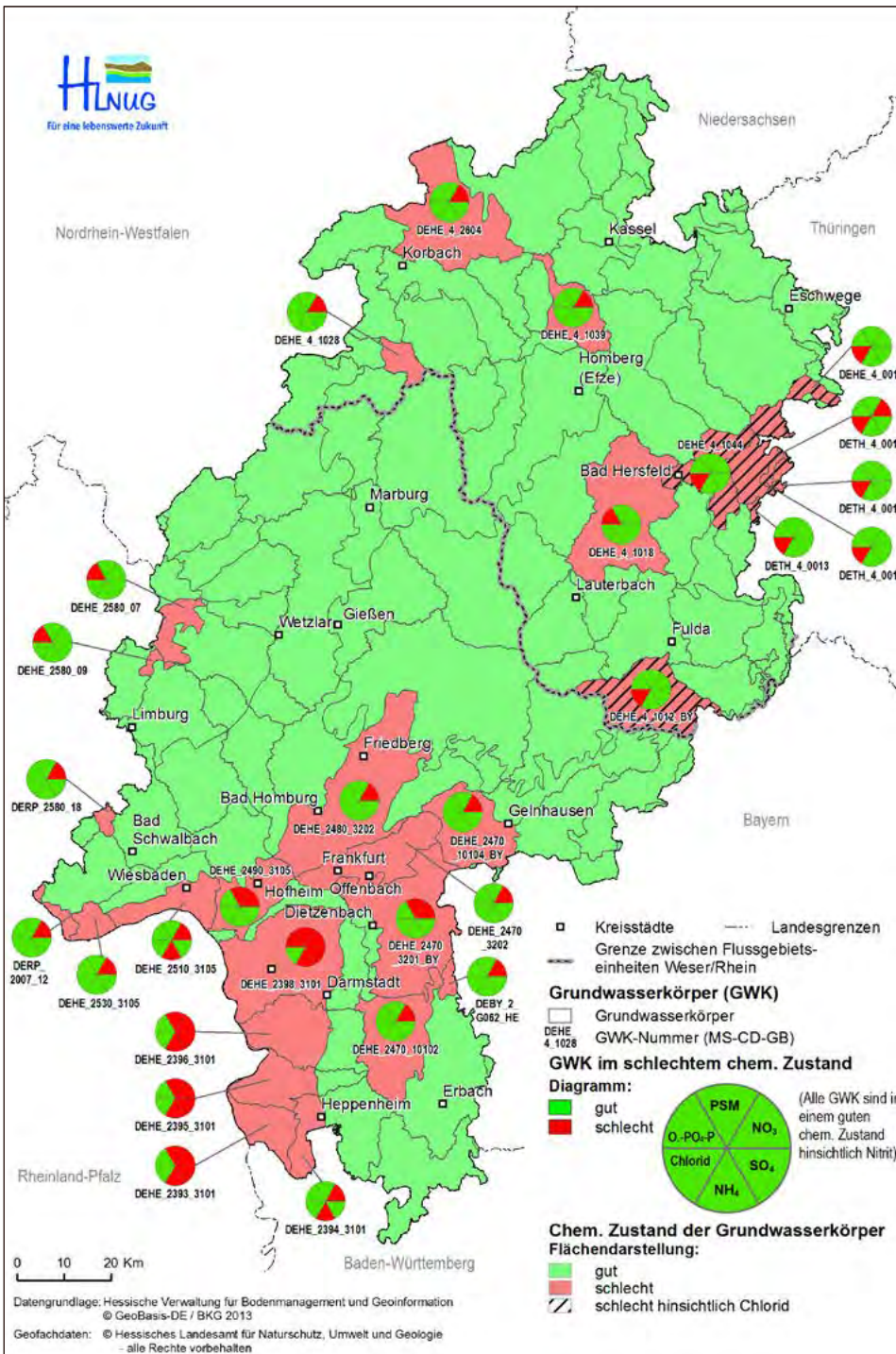


Abb. 1: Chemischer Zustand der hessischen Grundwasserkörper nach der aktuellen Bewertung im Rahmen des Bewirtschaftungsplans (2021–2027) zur Umsetzung der Wasser-rahmenrichtlinie



Grenzwert von Nitrat:

Der Grenzwert für Nitrat von 50 mg Nitrat je Liter ist nicht für eine lebenslange Exposition berechnet, sondern für eine akute Exposition von in diesem Fall besonders empfindlichen Säuglingen. Ein weniger saures Magenmilieu kann zur Reduktion des Nitrates zu Nitrit führen und dadurch die Sauerstoffaufnahme reduzieren.

Zusätzlich ist Deutschland im Zusammenhang mit dem Vertragsverletzungsverfahren gegen Deutschland wegen unzureichender bzw. Nicht-Umsetzung der Nitratrichtlinie (Urteil des EuGHs vom 21.06.2018) verpflichtet, die Wirkungen der Aktionsprogramme (DüV) auf die Eutrophierung der Oberflächengewässer und der Nitratbelastung in den Grundwässern zu belegen und gegebenenfalls nachzusteuern, falls diese keine positive Entwicklung erkennen lassen.



AGRUM-DE:

AGRUM-DE ist ein deutschlandweiter Modellverbund, mit dem Analysen zur Wasserhaushalts-, Stoffaustrags- und Nährstoffmodellierung von Agrar- und Umweltmaßnahmen im Bereich des landwirtschaftlichen Gewässerschutzes vor dem Hintergrund der WRRL in Deutschland durchgeführt werden können.

Die unmittelbaren Wirkzusammenhänge zwischen ergriffenen landwirtschaftlichen Flächenbewirtschaftungsmaßnahmen und Veränderungen in der Beschaffenheit der Gewässer sind nur schwer nachvollziehbar. Vor allem stellt sich die Frage des zeitlichen Wirkversatzes der ergriffenen Maßnahmen und der Entwicklung der chemischen Beschaffenheit der Grundwässer und Oberflächengewässer. Hierfür bedarf es hilfsweise modelltechnischer Ansätze (u. a. den Modellverbund AGRUM-DE), die vor allem kleinräumig noch sehr ungenaue und teilweise unzureichende Ergebnisse liefern. Dies liegt hauptsächlich an der geringen Auflösung qualitativ hochwertiger Daten für einzelne Eintragspfade wie den Drainagen. Deshalb müssen vor allem kleinere Einzugsgebiete näher betrachtet werden, um Rückschlüsse auf flächenhafte Nährstoffausträge ziehen zu können.

Vor diesem Hintergrund sollen über das Kooperationsprojekt „Ermittlung von Nährstoffausträgen aus Drainagen eines Einzugsgebietes mit landwirtschaftlicher Nutzung zur Validierung der Modellansätze von AGRUM-DE“ (01.10.2021 bis 31.12.2024) zwischen der Technischen Universität Darmstadt (TU Darmstadt) und dem HLNUG diese Erkenntnislücken durch mehrjährige Messungen an landwirtschaftlichen Drainagen geschlossen werden. Hierbei untersucht die TU Darmstadt ein Einzugsgebiet hinsichtlich der diffusen Nährstoffausträge über Drainagen auf relevante Parameter (Stickstoff- und Phosphorverbindungen). Die Ergebnisse der Untersuchungen sollen als Nährstofffrachten quantifiziert und qualitativ im Zusammenhang mit den Orientierungswerten bzw. Schwellenwerten für die Oberflächengewässer- (OGewV, 2020) und Grundwasserverordnung (GrwV, 2022) bewertet werden. Aufgrund der jahreszeitlichen Schwankungen der Abfluss- und Sickerwasserraten und auch der zeitlich im Jahresverlauf variierenden landwirtschaftlichen Flächenbewirtschaftungen erfolgen die Untersuchungen des Einzugsgebietes über mehrere Jahre. Nur so können statistisch abgesicherte Ergebnisse für die Modellplausibilisierung, -kalibrierung und -validierung verwendet werden.

Methoden

Untersuchungsgebiet

Das im Rahmen des Kooperationsprojektes ausgewählte Untersuchungsgebiet liegt nördlich von Richen, einem Stadtteil von Groß-Umstadt im südhessischen Landkreis Darmstadt-Dieburg. Die landwirtschaftlich genutzten Flächen sind zum Teil drainiert und entwässern in die Fließgewässer Amorbach, Richerbach und Röderbach. Die verschiedenen Zuflüsse des Richerbaches sowie der Amorbach fließen Richtung Norden

und münden nach ihrem Zusammenfluss als Ohlebach bei Babenhau-
sen in die Gersprenz (Abb. 2).

Für die Beantwortung der Fragestellung im Kooperationsprojekt ist ein
geeignetes Gebiet erforderlich. Das Fachgebiet Ingenieurhydrologie
und Wasserbewirtschaftung (ihwb) der Technischen Universität Darm-
stadt betreibt seit 2016 ein hydrologisches Feldlabor im Gersprenz-Ein-
zugsgebiet (Abb. 2) und seinem Fischbach-Teileinzugsgebiet.

Hydrologische Feldlabore werden eingerichtet und genutzt, um das
Verständnis hydrologischer Prozesse zu erweitern, Modelle anzuwen-
den, zu entwickeln und in Bezug auf Sensitivitäten und Unsicherheiten
zu testen sowie die Auswirkung von Klima- und Landnutzungswandel,
Landmanagement und Wasserbewirtschaftung abzubilden (SCHMALZ et
al., 2015). In diesen kleinen hydrologischen Untersuchungsgebieten fin-
den langjährig angelegte intensive Datenerfassungs- und Forschungs-
aktivitäten statt.

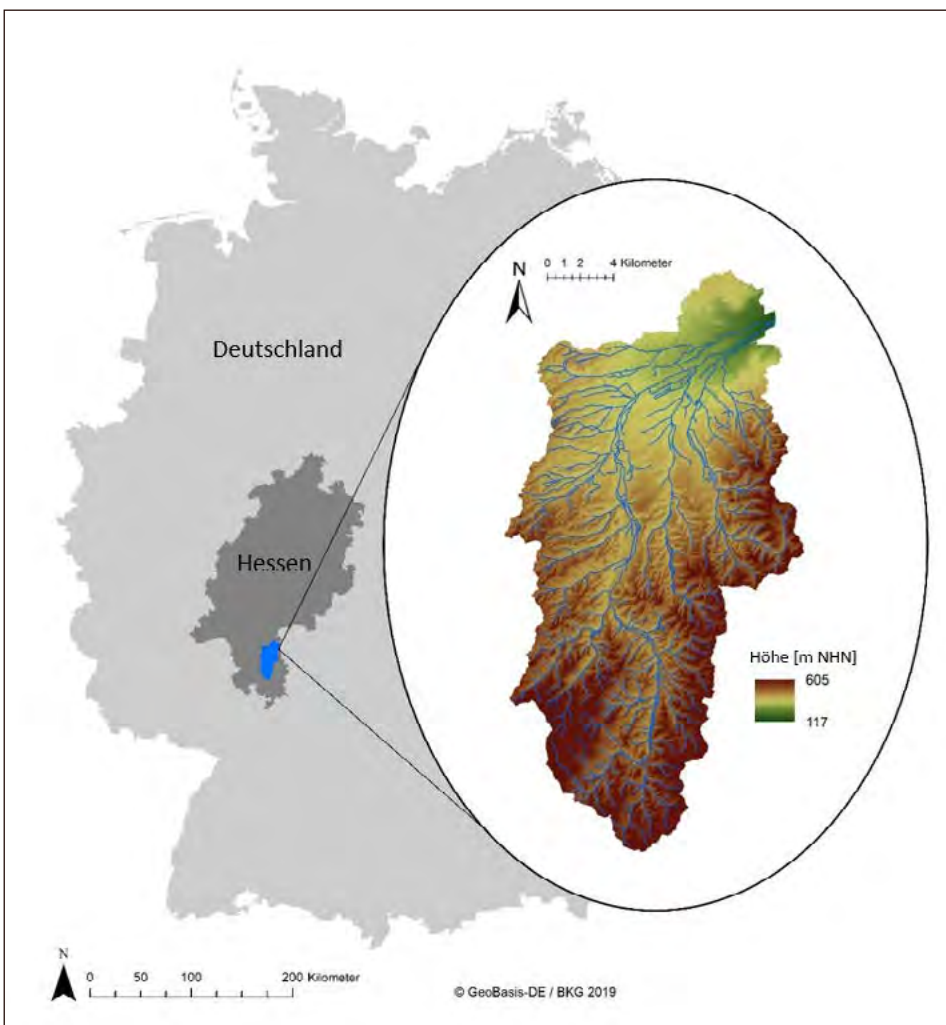


Abb. 2: Lage des Gersprenz-Einzugsgebiets
(Abb. nach GROSSER &
SCHMALZ, 2023)

So werden auch im ihwb-Feldlabor der Gersprenz zusätzlich zu den schon vorhandenen langjährigen Landesdaten weitere hochaufgelöste Messdaten und Zeitreihen erhoben (SCHMALZ & KRUSE, 2019; GROSSER et al., 2022). Es sind Sensoren installiert, die kontinuierlich Wassertemperatur, Wasserstand und elektrische Leitfähigkeit erfassen, z. T. aber auch Trübung, Sauerstoffgehalt und pH-Wert. Wöchentliche manuelle Messungen verdichten die Messdaten in ihrer räumlichen Auflösung. Zusätzlich liefert die ihwb-Wetterstation die wichtigsten Wetterparameter in hoher zeitlicher Auflösung. Ergebnisse aus hydrologischen Modellstudien im Rahmen von Dissertationen oder Bachelor- und Masterarbeiten ergänzen die Datenbasis und das Prozessverständnis und helfen bei der Beantwortung praxisrelevanter Fragestellungen (DAVID et al., 2021, 2023). Feldlabore werden außerdem für experimentelle Abschlussarbeiten, Feldpraktika und Exkursionen in der Lehre genutzt. In Fallstudien können Übungen und Messungen durchgeführt sowie Prozesse erklärt werden und erlauben so einen wichtigen Beitrag zur Ausbildung der Studierenden. Auch im ausgewählten Untersuchungsgebiet, welches innerhalb des Feldlabors liegt, wurde bereits eine Bachelorarbeit (SCHULTE, 2022) erfolgreich abgeschlossen. Die gute Prozesskenntnis und Datenlage sowie bestehende Kontakte zu Akteuren und Anwohnern vor Ort sind eine sehr gut geeignete Basis für Forschungsprojekte und dieses Kooperationsprojekt.

Untersuchungsprogramm

Damit eine gesicherte Aussage über den flächenhaften Austrag von diesen landwirtschaftlich genutzten Flächen getroffen werden kann, umfasst das Untersuchungsprogramm des Kooperationsprojekts 14 Mess- und Probenahmepunkte. Diese unterteilen sich in sieben Drainagerohre (2, 3, 8, 9, 12, 15, 16), zwei Gräben (G-D2, G-D8) und fünf Oberflächengewässer (Roe1, Ri1, Ri2, Ri3, A1) (Abb. 3).

Es wurden dazu drei räumlich angeordnete Gruppen gebildet (Abb. 3).

I) Im südlichen Bereich des Untersuchungsgebietes wird der Richerbach (Ri1) unterstromig von Richen einschließlich des Klärwerks und gleichzeitig oberstromig der untersuchten landwirtschaftlichen Flächen beprobt. Zudem wurden drei Drainagen (12, 15 und 16; Abb. 4) als Mess- und Probenahmepunkte in diesem Bereich ausgewählt.

II) Weiter nordwestlich werden Proben aus den Drainagerohren 8 und 9 entnommen, ebenso aus dem Graben unterhalb von 8, bevor er in den Röderbach fließt (G-D8). Der nächste Messpunkt wurde im Röderbach vor seiner Mündung in den Richerbach festgelegt (Roe1). Der Richerbach wird oberstromig vor (Ri2) und nach (Ri3) dem Zusammenfluss mit dem Röderbach untersucht.

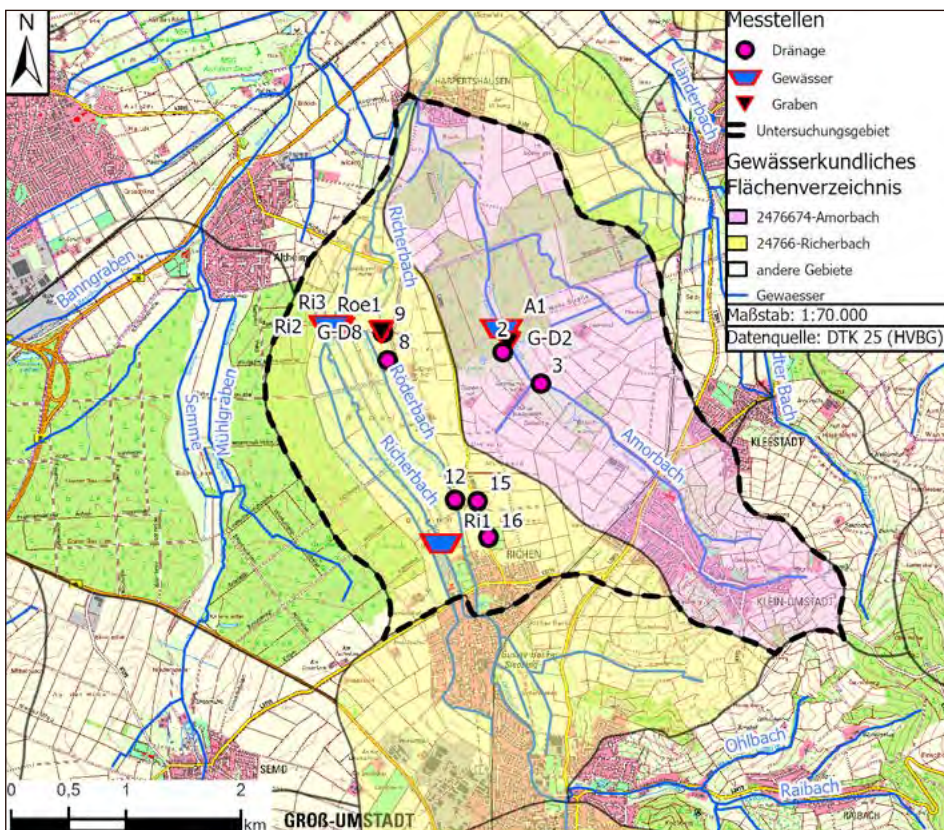


Abb. 3: Untersuchungsgebiet mit Lage der Mess- und Probenahmepunkte

III) Bei der nordöstlichen Messpunkt-Gruppierung fließt das Wasser von Drainagerohr 2 in einen Graben, der wiederum unterstromig vor seiner Mündung in den Amorbach beprobt wird (G-D2). Ein weiterer Messpunkt befindet sich unterstromig im Amorbach (A1).

Die Mess- und Probenahmekampagnen werden wöchentlich durchgeführt. Dafür wird jede Messstelle durch das ihwb aufgesucht und fotografisch dokumentiert. Bei wasserführenden Messstellen werden vor Ort Wasserstand, Querschnittsbreite, Profilart, ggf. Fließgeschwindigkeit, ggf. Abfluss, sowie Wassertemperatur, Sauerstoffkonzentration, pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit und Trübung erfasst. Zudem wird an jeder Messstelle eine Wasserprobe genommen.

Alle Wasserproben werden im Anschluss an die jeweilige Messkampagne durch die Stadtwerke Groß-Umstadt im Labor der Kläranlage Groß-Umstadt analysiert. Dazu werden Küvettentests für die photometrische Auswertung auf Ammonium, Nitrit, Nitrat, Ortho-Phosphat und Gesamtphosphor verwendet (DIN 32645).

Schließlich erfolgt eine Aufbereitung und Plausibilisierung der vor-Ort-Messdaten und der Labordaten. Zusätzlich wird der Abfluss aus den Wasserstands- bzw. Fließgeschwindigkeitsdaten berechnet, um die Nährstofffrachten zu ermitteln.

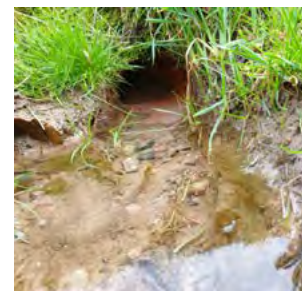


Abb. 4: Beispiele der Mess- und Probenahmepunkte: Drainagen 8 (25.01.2022, oben), 15 (07.03.2023, Mitte) und 16 (22.02.2022, unten) © ihwb

Herausforderungen

Der routinemäßigen Durchführung der Feldkampagnen standen einige Herausforderungen entgegen. Zum einen ergaben sich Schwierigkeiten, die durch die Wasserführung bedingt waren. Dass Drainagen, aber auch kleine Bäche oder Gräben während der Sommermonate trockenfallen, war zu erwarten. An diesen Tagen konnten keine Wasserproben genommen werden. Bei hohen Wasserständen lagen die Drainagerohre jedoch teilweise unterhalb des Wasserspiegels, so dass ebenfalls keine Beprobung durchgeführt werden konnte. Auch an einigen Frost- und Eistagen war eine Probenahme an einigen wenigen Standorten nicht möglich. Durch die unterschiedlichen Wasserstände ändern sich auch die Fließquerschnitte. Die Definition und die Unregelmäßigkeit der Querschnitte stellen bei ihrer Vermessung für die Frachtberechnung eine große Herausforderung dar. So ist der Querschnitt im Graben G-D2 veränderlich, und im Drainageauslass 12 ist der Querschnitt undefiniert, so dass diese Drainage als Schüttung gekennzeichnet wurde. Eine Quantifizierung des Abflusses ist dadurch nicht möglich.

Zum anderen wurden die hydrologischen Gegebenheiten im Gebiet durch Biberaktivitäten verändert. So führten diese seit etwa Mitte Juli 2022 am Richerbach ca. 150 m unterstrom der Messstelle Ri3 zu einem dauerhaften Rückstau an den Messstellen Ri2, Ri3 und temporär auch an Roe1 und G-D8. Die Messstelle Ri3 wurde daher im Juni 2023 aufgegeben. Weitere Biberdämme im Untersuchungsgebiet haben bislang zu keiner direkten Beeinträchtigung der Messstellen geführt, allerdings kommt es abschnittsweise zu Rückstau im Richerbach und Überflutungen der anliegenden landwirtschaftlichen Flächen mit seitlichem Abfluss in den westlich gelegenen Flutgraben und ggf. auch darüber hinaus.

Gesetzlicher Rahmen

Die Einordnung der Gewässergüte erfolgte für die Drainagen nach den Schwellenwerten der Grundwasserverordnung und für die Oberflächengewässer nach den Orientierungswerten der Oberflächengewässerverordnung.

Tab. 1: Schwellenwerte für die Drainagen nach der GrwV (2022) bzw. Orientierungswerte für die Oberflächengewässer nach der OGewV (2020)

Drainagen			Oberflächengewässer		
Nitrat (NO ₃)	50	mg/l	Nitrat (NO ₃) bzw. Nitrat-N (NO ₃ -N)	50 bzw. 11,295	mg/l
Ammonium (NH ₄)	0,5	mg/l	Ammonium (NH ₄) bzw. Ammonium-N (NH ₄ -N)	0,1288 bzw. 0,1	mg/l
Ortho-Phosphat (PO ₄)	0,5	mg/l	Ortho-Phosphat (o-PO ₄) bzw. Ortho-Phosphat-Phosphor (o-PO ₄ -P)	0,3066 bzw. 0,1	mg/l

Erste ausgewählte Ergebnisse

Im Folgenden wird der Fokus auf die Ergebnisse von Nitrat, Ammonium und Ortho-Phosphat für den Zeitraum Sept. 2022 bis März 2023 gelegt.

Tabelle 2 zeigt, dass bei den Drainagen die jeweiligen Schwellenwerte hauptsächlich für Nitrat (8, 9, 15) sowie Ortho-Phosphat (2, 3, 8) mehrfach überschritten wurden. Ammonium wurde nur an einem Messtermin in Drainage 8 überschritten. Bei den Gräben und Bächen ist für Ammonium und Ortho-Phosphat an fast allen Messstellen eine häufige und z. T. deutliche Überschreitung der Orientierungswerte festzustellen, während nur an einer Messstelle (Ri1) und nur an einem Messtermin eine Nitrat-Überschreitung des Orientierungswertes erfasst wurde. Diese Ergebnisse werden ebenfalls in den Abbildungen 5 bis 7 deutlich.

Tab. 2: Überschreitung [%] der Schwellenwerte bei den untersuchten Drainagen, Gräben und Bächen im Zeitraum Sept. 2022 bis März 2023

Messstelle	Messungen	Nitrat	Ammonium	Ortho-Phosphat
2	5	0 %	0 %	40,0 %
3	14	0 %	0 %	14,3 %
8	13	30,8 %	7,7 %	38,5 %
9	8	100,0 %	0 %	0 %
12	15	6,7 %	0 %	0 %
15	14	92,9 %	0 %	0 %
16	0	-	-	-
G-D2	6	0 %	0 %	16,7 %
G-D8	14	0 %	14,3 %	78,6 %
A1	23	0 %	0 %	0 %
Ri1	30	3,3 %	63,3 %	36,7 %
Ri2	30	0 %	86,7 %	73,3 %
Ri3	30	0 %	83,3 %	66,7 %
Roe1	28	0 %	17,9 %	39,3 %

Trockene Witterung in Verbindung mit hohen Temperaturen führt im Sommer zur Austrocknung der Böden, so dass die Drainagen dann regelmäßig kein Wasser führen. Auch für den dargestellten Zeitraum konnte festgestellt werden, dass erst im November die erste der ausgewählten Drainagen wieder wasserführend war. Sogar die Niederschläge Mitte Sept. 2022 waren nicht ausreichend, um die Wurzelzone zu sättigen, so dass Wasser über die Drainagen abgeführt werden konnte. Die Niederschläge um Weihnachten 2022 führten hingegen zu Drainageabflüssen bei der Mehrheit der Messpunkte (außer 9 und 16). Generell gibt es eine zeitliche Verzögerung zwischen Niederschlag und Nährstoffaustrag (Abb. 5 bis 7).

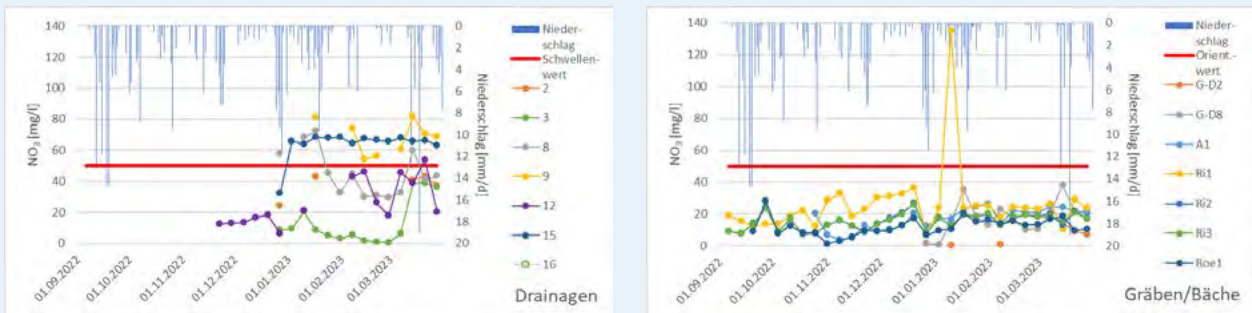


Abb. 5: Nitrat-Konzentrationen der Drainagen (links) und Gräben und Bäche (rechts)

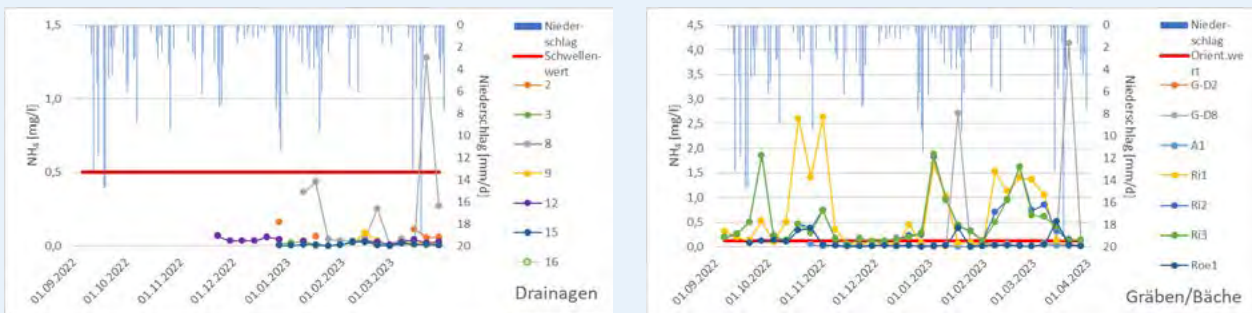


Abb. 6: Ammonium-Konzentrationen der Drainagen (links) und Gräben und Bäche (rechts)
(Hinweis: unterschiedliche Skalierung der vertikalen Achsen für Ammonium (NH₄))

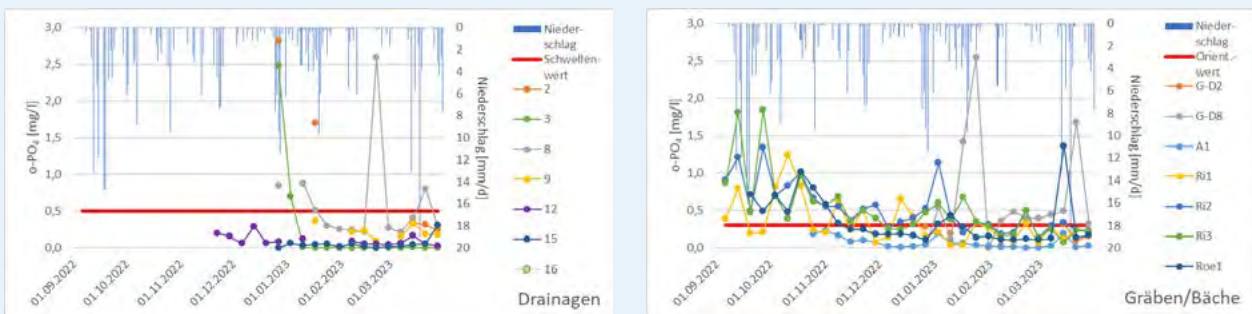


Abb. 7: Ortho-Phosphat-Konzentrationen der Drainagen (links) und Gräben und Bäche (rechts)



Ausblick

Eine Modellierung der Phosphor (P)-Einträge aus diffusen und punktuellen Quellen mit dem Modell MEPhos wurde für Hessen zuletzt 2020 aktualisiert (TETZLAFF et al., 2020). Schwerpunkte der Aktualisierung waren die Modellierung des gesamten Phosphors (P_{ges}). Als Ergebnis der Modellierung zeigte sich, dass der P_{ges} -Eintrag über Drainagen mit $0,08 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ eine untergeordnete Rolle spielt. Dieses Ergebnis wird in den kommenden zwei Jahren mit den erhobenen Daten aus dem Kooperationsprojekt für das Einzugsgebiet abgeglichen werden. Weiterhin werden die in den Drainagen gemessenen Stickstoffparameter mit den Ergebnissen der Modellrechnungen mit DENUZ-WEKU abgeglichen, um die berechneten Sickerwasserkonzentrationen der Nitratfrachten zu plausibilisieren.

Das Kooperationsprojekt soll bis Ende 2026 verlängert werden, um die Datenbasis weiter zu verbessern. Zum einen sollen die Drainagen und Entwässerungsgräben weiter untersucht werden, um die jahreszeitlichen Schwankungen und Jahreseffekte besser zu erfassen. Zum anderen sollen die Untersuchungen auch auf die im Einzugsgebiet vorhandenen P-Gehalte im Boden ausgeweitet werden, um bessere Rückschlüsse auf die durch die Düngung verursachten Einträge abbilden zu können.



DENUZ-WEKU:

DENUZ-WEKU sind Stoffausstragsmodelle, die Bestandteil des Modellverbundes AGRUM-DE sind.

Literatur

- AV DüV (2022): Ausführungsverordnung zur Düngeverordnung; geändert durch die Verordnung zur Änderung der Ausführungsverordnung zur Düngeverordnung vom 21.11.2022.
- AVV GeA (2022): Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Ausweisung von mit Nitrat belasteten und eutrophierten Gebieten (AVV Gebietsausweisung - AVV GeA); BAnz AT 16.08.2022 B2.
- BACH, M., BREUER, L., KNOLL, L. & KILIAN, J. (2021): Nicht-agrarbedingte im Vergleich zu den agrarbedingten Einflussfaktoren auf die Nitratbelastung von Grundwasserkörpern in Hessen; Studie im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (Z. III 7 - 79d 16.11.02).
- DAVID, A. & SCHMALZ, B. (2021): A Systematic Analysis of the Interaction between Rain-on-Grid-Simulations and Spatial Resolution in 2D Hydrodynamic Modeling. *Water*, 13(17), 2346. DOI: 10.3390/w13172346.
- DAVID, A., RUIZ RODRIGUEZ, E. & SCHMALZ, B. (2023): Importance of catchment hydrological processes and calibration of hydrological-hydrodynamic rainfall-runoff models in small rural catchments. *Journal of Flood Risk Management*: e12901; 30 p. DOI: 10.1111/jfr3.12901.
- DIN 32645 (2008): Chemische Analytik - Nachweis-, Erfassungs- und Bestimmungsgrenze unter Wiederholbedingungen - Begriffe, Verfahren, Auswertung. Ausgabe 2008-11.
- GROSSER, P.F., XIA, Z., ALT, J., RÜPPEL, U. & SCHMALZ, B. (2022): Virtual field trips in hydrological field laboratories: The potential of virtual reality for conveying hydrological engineering content. *Education and Information Technologies*: 27 p. DOI: 10.1007/s10639-022-11434-5.
- GROSSER, P.F. & SCHMALZ, B. (2023): Projecting Hydroclimatic Extremes: Climate Change Impacts on Drought in a German Low Mountain Range Catchment. *Atmosphere* 14(8): 1203. DOI: 10.3390/atmos14081203.
- GrwV (2022): Verordnung zum Schutz des Grundwassers (Grundwasserverordnung - GrwV) - Grundwasserverordnung vom 09.11.2010 (BGBl. I S. 1513), zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 12.10.2022 (BGBl. I S. 1802).

- Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUKLV) (2021): Umsetzung der Wasser-rahmenrichtlinie in Hessen: Bewirtschaftungsplan 2021-2027; ISBN: 978-3-89274-435-1; (<https://flussgebiete.hessen.de/information/bewirtschaftungsplan-2021-2027>).
- OGewV (2020): Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (Oberflächengewässerverordnung - OGewV) - Oberflächengewässerverordnung vom 20.06.2016 (BGBl. I S. 1373), zuletzt geändert durch Artikel 2 Absatz 4 des Gesetzes vom 09.12.2020 (BGBl. I S. 2873).
- SCHMALZ, B. & KRUSE, M. (2019): Impact of land use on stream water quality in the German low mountain range basin Gersprenz. *Landscape online*, 72: 1-17. DOI 10.3097/LO.201972.
- SCHMALZ, B., LOOSER, U., MEESENBURG, H., SCHRÖDER, U. & SCHUMANN, S. (2015): Kleine hydrologische Untersuchungsgebiete in deutschsprachigen Ländern Mitteleuropas. Projektbericht. *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung*, 59(4): 184-189.
- SCHULTE, C. (2022): Nährstoff-Austräge aus landwirtschaftlichen Flächen über Dränagen in Oberflächengewässer – Auswertung einer Messkampagne in Südhessen. Bachelorarbeit an der TU Darmstadt im Studiengang B.Sc. Umweltingenieurwissenschaften.
- TETZLAFF, B., TA, P., ZANG, C., MICHAELIS, B. & ZACHARIAS, M. (2020): Modellierung des Phosphor-Eintrags aus diffusen Quellen in die Oberflächengewässer Hessens; Projektbericht im Auftrag des HLNUG; 71 Seiten.
- ZINNBAUER, M., EYSOLDT, M., HENSELER, M., HERRMANN, F., KREINS, P., KUNKEL, R., NGUYEN, H., TETZLAFF, B., VENOHR, M., WOLTERS, T. & WENDLAND, F. (2023): Quantifizierung aktueller und zukünftiger Nährstoffeinträge und Handlungsbedarfe für ein deutschlandweites Nährstoffmanagement – AGRUM-DE; Thünen Report 108; ISBN 978-3-86576-256-6.

ABTEILUNG W IM INTERNET

Spurenstoff-Steckbriefe

Im Rahmen des Dialogforums „Spurenstoffe im Hessischen Ried“ werden derzeit für ausgewählte Spurenstoffe, die in den Gewässern des Hessischen Rieds nachgewiesen werden, Steckbriefe erstellt. Diese sollen allgemeinverständlich auf die Spurenstoff-Situation in hessischen Gewässern und im Speziellen im wasserwirtschaftlich besonders sensiblen Hessischen Ried aufmerksam machen, sodass durch umweltbewusstes Verhalten der Bevölkerung eine Vermeidung beziehungsweise Verringerung von Spurenstoffeinträgen erzielt werden kann. Die ersten beiden Steckbriefe zum Schmerzmittelwirkstoff Diclofenac und dem Korrosionsschutzmittel Benzotriazol wurden bereits veröffentlicht. hlnug.de/themen/wasser/fliessgewaesser/fliessgewaesser-chemie/spurenstoffe/spurenstoff-steckbriefe



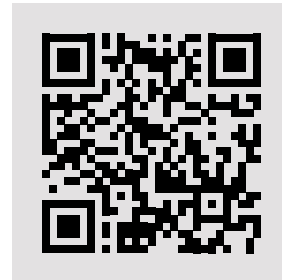
Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS)

Die Stoffgruppe der per- und polyfluorierten Alkylsubstanzen (PFAS) erfährt seit einiger Zeit eine immer größere Aufmerksamkeit und ist von besonderer Relevanz, da diese Stoffe in der Umwelt mittlerweile weit verbreitet und nicht bzw. kaum abbaubar sind. Viele der rund 10000 PFAS zeigen bereits in niedrigen Konzentrationen öko- und humantoxische Wirkungen. PFAS finden sich etwa in schmutz- und wasserabweisenden Textilien, in Imprägniermitteln, in Farben und Spezialpapieren. Aber auch Altlasten von Feuerlöschschäumen sowie Galvaniken sind relevante Eintragspfade. Aufgrund der Bedeutung der Stoffgruppe wurde nun eine Karte erstellt, die die aktuelle Belastungssituation in hessischen Oberflächengewässern darstellt. hlnug.de/themen/wasser/fliessgewaesser/fliessgewaesser-chemie/spurenstoffe/pfas



Aktualisierte Darstellung von Wasserstands-, Durchfluss- und Niederschlagsdaten


Die überarbeitete Webanwendung WISKI Web 3 stellt aktuelle und historische hydrometeorologische Größen (Wasserstands-, Durchfluss- und Niederschlagsdaten) in Karten- und Tabellenansichten dar. Ergänzt werden diese Angaben durch laufend aktualisierte Hochwasservorhersagen an ausgewählten Pegeln. Insgesamt sind Wasserstände für ca. 170 Pegel in Hessen verfügbar, davon ca. 130 Pegel mit Hochwassermeldestufen. Zusätzlich können Daten von über 50 hessischen Niederschlagsmessstationen angesehen werden. Die neue Anwendung stellt zudem erweiterte Download-Möglichkeiten für Daten über einen Zeitraum der letzten vier Tage, den letzten Monat oder das letzte Jahr sowie die entsprechenden interaktiven Grafiken zur Verfügung. hlnug.de/static/pegel/wiskiweb3/webpublic/



ABTEILUNG G

Geologie und Boden, Geologischer Landesdienst





Die Ressourcen der Erde sind endlich, ihre genaue Kenntnis ist Voraussetzung für eine nachhaltige Nutzung. Die geologische, bodenkundliche, ingenieur- und rohstoffspezifische Erkundung des Landes schafft die Basis für eine fachgerechte Beratung zu allen geowissenschaftlichen Fragestellungen der Landesplanung, zu Georisiken und zum Bodenschutz. Sie unterstützt auch die Abwehr oder Beseitigung schädlicher Veränderungen des Bodens und des Gesteinsuntergrundes und damit die Erhaltung oder Wiederherstellung wesentlicher Lebensgrundlagen.

DEZERNATE GEOLOGISCHE GRUNDLAGEN;
GEOLOGISCHE BELANGE DER LANDESPLANUNG,
GEORISIKEN; ROHSTOFFGEOLOGIE UND GEOENERGIEN

Die Forschungsbohrung in Frankfurt Rebstock - Erste Ergebnisse

Sven Rumohr, Johann-Gerhard Fritsche, Benjamin Homuth,
Nicola Hug-Diegel, Anne Kött, Jan Marx, Charlotte Redler



☰ Eine 1 060 m tiefe Forschungsbohrung in Frankfurt wurde vom Hessischen Wirtschaftsministerium gefördert, von der Stadt Frankfurt in Auftrag gegeben und vom HLNUG wissenschaftlich begleitet. Sie erbrachte aufregende neue Erkenntnisse über den tiefen Untergrund Frankfurts und bestätigte eine vom HLNUG postulierte geothermische Anomalie, die eine wichtige Rolle bei der Wärmeversorgung Frankfurts in der Zukunft spielen kann.

Forschungsbohrung Frankfurt Rebstock: Idee und Umsetzung

Zu den Aufgaben der geologischen Landesaufnahme zählt unter anderem die Entwicklung von Planungsgrundlagen zur umweltverträglichen Nutzung des Untergrunds. Daten und Expertise des HLNUG als staatlicher geologischer Dienst des Landes Hessen stellen die Grundlage zur Entwicklung innovativer Lösungen für die Nutzung und den Umgang mit der begrenzten Ressource „Untergrund“ dar.

Die in der Vergangenheit aus zahlreichen staatlichen, privaten und gewerblichen Vorhaben stammenden und beim HLNUG fachlich aufbereiteten Daten werden zur Grundlage für die Ermittlung des Untergrundpotenzials für verschiedenste Nutzungen, beispielsweise Rohstoffversorgung, Wasserversorgung oder Energiegewinnung. Bei der Auswertung vorhandener Daten zeigt sich einerseits das Potenzial, andererseits können sich aber auch Defizite bzw. zusätzlicher Erkundungsbedarf zeigen.

Zur Erkundung der tatsächlichen geologischen Gegebenheiten und geothermischen Potenziale im tieferen Untergrund ließ die Stadt Frankfurt am Main (Klimareferat) als Bauherrin von Anfang November 2022 bis August 2023 am Standort des Rebstockbades die „Forschungsbohrung Rebstock“ durchführen. Das Hessische Wirtschaftsministerium (HMWEVW) sowie die Stadt Frankfurt stellten hierfür finanzielle Mittel zur Verfügung. Mit der bohrtechnischen Planung, der Erarbeitung von Unterlagen zu bergrechtlichen Genehmigungsverfahren und der Bauaufsicht wurde die Firma Geologische Landesuntersuchungen GmbH, Freiberg (GLU) beauftragt. Die Bohrarbeiten wurden von der Firma Daldrup & Söhne AG ausgeführt. Das HLNUG konzipierte und leitete im Rahmen der geologischen Landesaufnahme federführend die wissenschaftlichen Untersuchungen unter Beteiligung mehrerer Kooperationspartner: Institut für Angewandte Geowissenschaften der TU Darmstadt, Lehrstuhl für Hydrogeologie/Hydrochemie der TU Bergakademie Freiberg, Leibnitz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG) sowie Vulcan Energy Subsurface Solutions GmbH. Nach Abschluss der wissenschaftlichen Untersuchungen wurde die Bohrung von der BäderBetriebe Frankfurt GmbH übernommen.

Warum eine tiefe Bohrung in Frankfurt?

Die bis zum Frühjahr 2023 tiefste Bohrung im Frankfurter Stadtgebiet wurde zwischen 1881 und 1883 in Sachsenhausen bis auf eine Tiefe von 286 m abgeteuft und erreichte gemäß dem in v. REINACH (1894) veröffentlichten Schichtenverzeichnis das Rotliegend im Tiefenbereich von 268-283 m. Der in dieser Tiefe beobachtete Zutritt mindestens 30 °C warmen Wassers mit einem Lösungsgehalt von 2500 mg/l (überwiegend NaCl) war der früheste Hinweis auf ein Thermalwasservorkommen. Auch zu späteren Zeitpunkten wurde gelegentlich Thermalwasser erschlossen (KÜMMERLE & SEIDENSCHWANN 2009), die Bohrungen in der Regel aber aufgrund einer fehlenden Nutzbarkeit wieder verschlossen.

Im Zusammenhang mit der Errichtung großer geothermischer Anlagen wurden in den vergangenen fast 20 Jahren an zahlreichen Standorten im Bereich von Frankfurt Wärmeleitfähigkeits- und Temperaturdaten des Untergrundes bis in eine Tiefe von meist 100 m, teils bis 250 m erhoben. Die erste gezielte Auswertung dieser Daten durch das HLNUG im Jahr 2012 (RUMOHR 2013) belegte die Existenz einer oberflächennahen Temperaturanomalie im westlichen Innenstadtgebiet von Frankfurt, die sich mit Temperaturen von 18-23 °C in 100 m und in einem Fall mit 26 °C in 150 m Tiefe deutlich vom weiteren Umfeld mit durchschnittlichen 12-14 °C in gleichen Tiefen abhebt (Abb. 1). Der geothermische Gradient, der in Deutschland im Mittel 3 Kelvin Temperaturzunahme pro 100 m Tiefe beträgt, liegt im Bereich der Anomalie bei bis zu 9 K/100 m, der geothermische Wärmefluss bei bis zu 120 mW/m², die Wärmeleitfähigkeit ist mit 1,3-1,8 W/m/K gering.

Aufgrund der vorliegenden Daten ist davon auszugehen, dass das Thermalwasservorkommen vermutlich von Tiefenwässern aus dem Oberrheingraben gespeist wird. Dieses Vorkommen bedingt einen erhöhten geothermischen Wärmestrom in den überlagernden Schichten und führt zu den erhöhten Temperaturen im oberflächennahen Bereich. Da in Messstellen und Brunnen mit Tiefen um 100-150 m neben einer erhöhten Temperatur auch meist eine erhöhte NaCl-Konzentration nachgewiesen wird, ist zu vermuten, dass es auch einen Aufstieg von Thermalwasser gibt.

Die Forschungsbohrung (FB) hat die Möglichkeit eröffnet, diese Hypothese zur Ursache der oberflächennahen geothermischen Anomalie und zudem die Möglichkeit der Nutzung des prognostizierten Thermalwasservorkommens zu untersuchen. Außerdem sollten grundlegende Erkenntnisse über die tatsächliche geologische Schichtabfolge im tiefen Untergrund gewonnen werden.

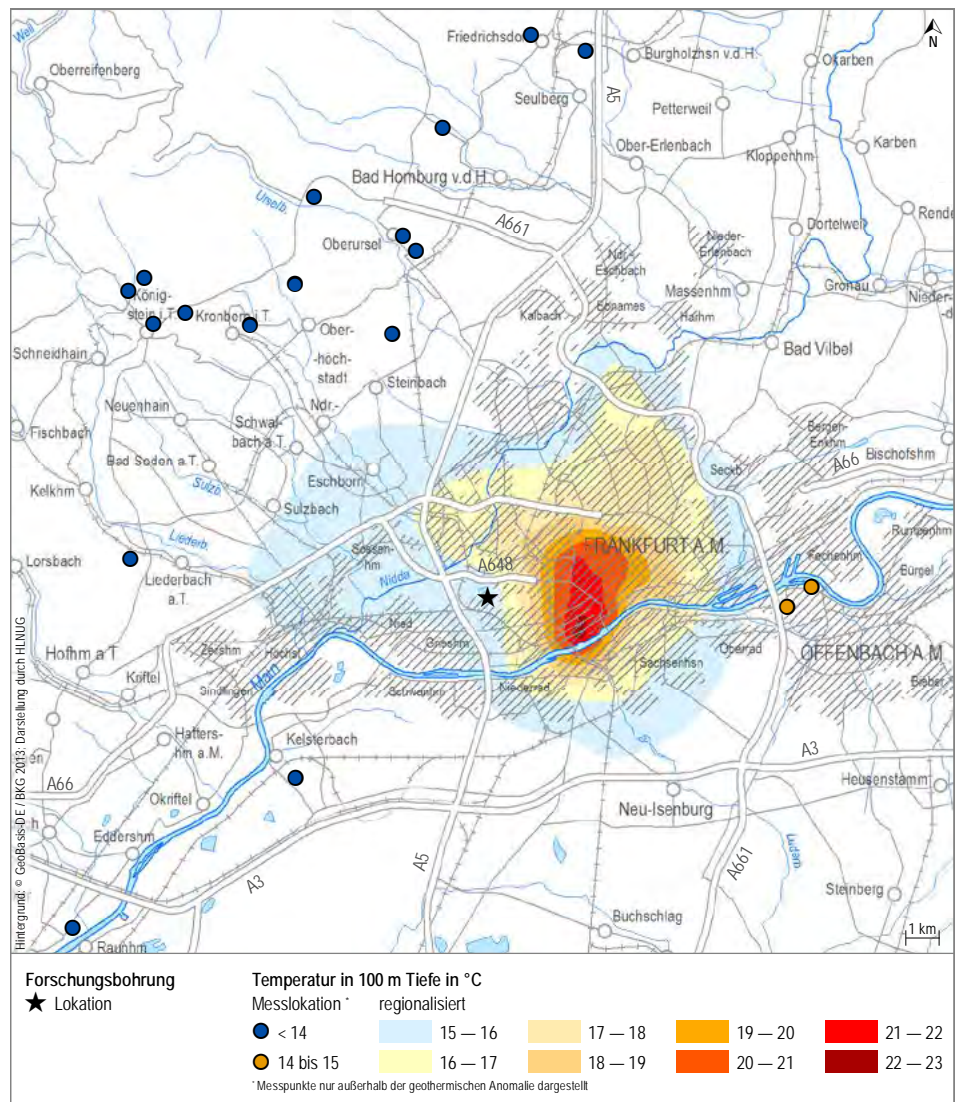


Abb. 1: Karte der geothermischen Anomalie Frankfurt a.M. © HLNUG

Die Existenz einer positiven geothermischen Anomalie im Untergrund dieses dicht besiedelten urbanen Raumes, in dem andere regenerative Energieformen wie Windkraft, Solarthermie oder Photovoltaik nur eingeschränkt zum Einsatz kommen können, ist ein äußerst günstiger Umstand und als eine große Chance zur Erreichung energie- und klimapolitischer Ziele in einer solchen Metropolregion zu werten.

Auf Grundlage der spärlich vorhandenen geologischen Daten über den tieferen Untergrund wurde das Rotliegend am Standort Rebstock in einer Tiefenlage von ca. 500–800 m erwartet (Abb. 2). Die Planung sah daher eine Bohrtiefe von rd. 800 m vor. In den Rotliegendeschichten, welche auch das Thermalwasser führen, sollten durchgehende Bohrkerne gewonnen werden. Die Kernstrecke sollte zudem zur Durchführung hydraulischer und hydrochemischer Untersuchungen zunächst nicht verrohrt werden.

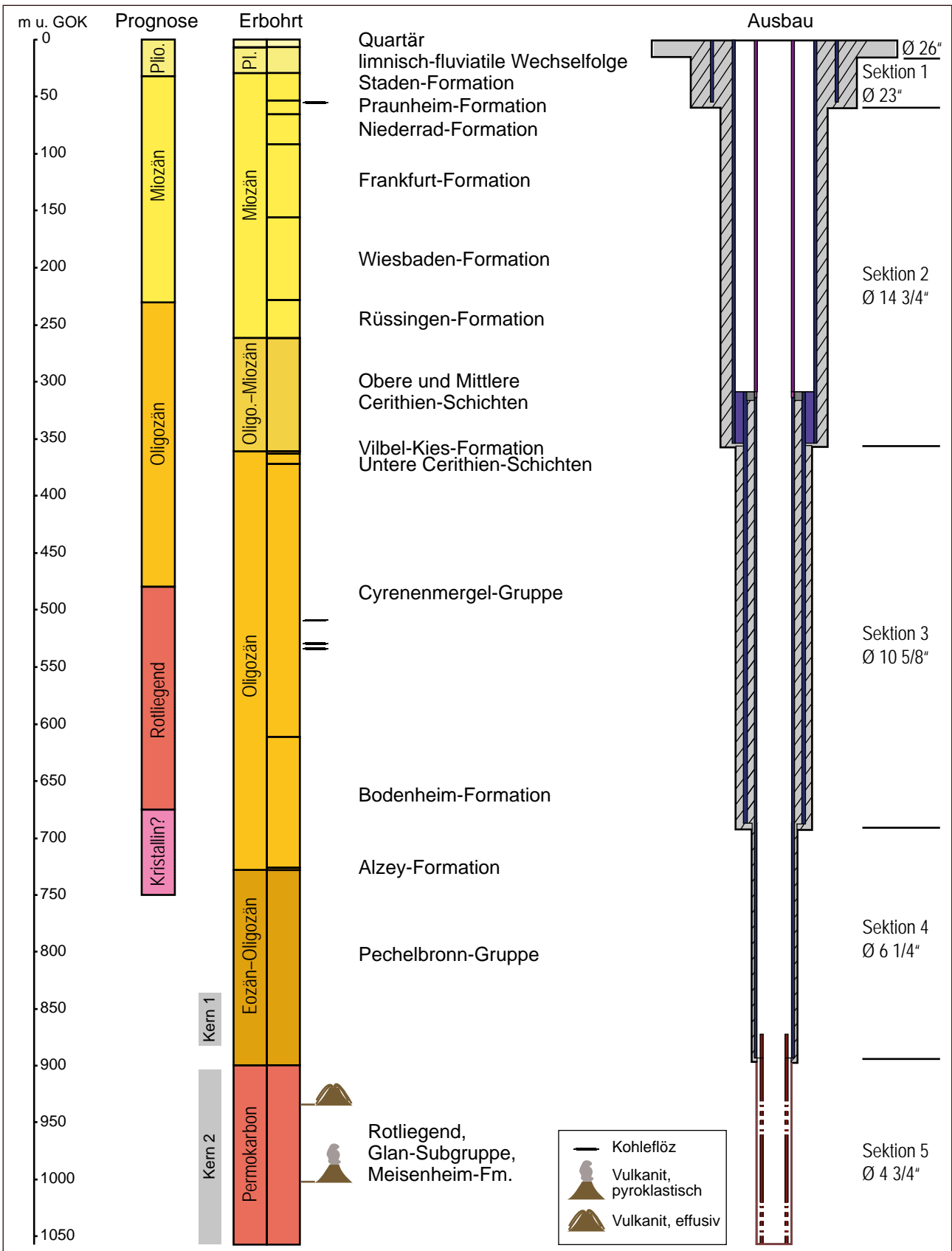


Abb. 2: Erbohrtes Schichtprofil (Mitte) im Vergleich mit dem prognostizierten Profil (links), Bohrungsausbau (ganz rechts)

Nachdem das Rotliegend aufgrund einer unerwartet hohen Mächtigkeit der tertiären Schichtenfolge bei einer Bohrtiefe von 800 m noch nicht erreicht war, wurden die Bohrarbeiten bis zu einer Bohrtiefe von 1 060 m fortgesetzt.

Geologische Übersicht

Der Ansatzpunkt der Forschungsbohrung liegt zwischen Oberrheingraben und Hanau-Seligenstädter-Senke. Bei beiden Strukturen handelt es sich um Teile des Europäischen Känozoischen Riftsystems, welches maßgeblich die Geologie und Morphologie des Rhein-Main-Gebiets bestimmt. Im Nordwesten werden diese känozoischen Strukturen vom Taunus, einem Teil des Rheinischen Schiefergebirges, begrenzt, im Süden von Odenwald und Spessart, die Teil der Mitteldeutschen Kristallinzone sind.

Während des Rotliegend vor ca. 258-299 Millionen Jahren wurden in einem WSW-ENE verlaufenden System intramontaner Molassebecken, das von Lothringen über Hessen bis nach Sachsen-Anhalt reichte, vorherrschend in Flüssen und Seen Sand- und Tonsteine abgelagert, in welche vulkanische Lagen eingeschaltet sind.

Im Tertiär, etwa ab dem Eozän, senkte sich der Oberrheingraben ab. Durch Flüsse und Seen wurden Tone, Sande und Kiese abgelagert. In Zeiten besonders starker Absenkung kam es zu Meereseinbrüchen und der Ablagerung mariner Sedimente, z. B. Kalkstein und Mergel. So bestand beispielsweise im Oligozän vor ca. 31 Millionen Jahren zeitweise eine Verbindung über die Niederhessische Senke bis zur Paläo-Nordsee. Nach Süden reichte der Meeresarm möglicherweise bis zur Paratethys.

Im Quartär, ab 2,6 Millionen Jahren vor heute, wurde der Sedimentationsraum durch die Ablagerungen des Mains und Einwehungen von Löss geprägt.

Geologie der Bohrung

Nachfolgend werden die in der Forschungsbohrung Rebstock ange-troffenen Gesteinseinheiten und deren stratigraphische Einstufung vom Jüngsten ins Ältteste beschrieben (Abb. 2). Bis 838,5 m Bohrtiefe wurde im Lufthebe- und direkten Rotary-Bohrverfahren lediglich Bohrklein („Cuttings“) aus der Bohrspülung entnommen. Ab 838,5 m wurden im Seilkern-Bohrverfahren durchgehende Bohrkernkerne gewonnen, mit einer Unterbrechung zwischen 880,5 und 902,5 m.

Quartär (0-6,7 m)

Nach den obersten 0,5 m anthropogenen Ablagerungen folgen bis 6,7 m eiszeitliche Schotter des Mains in Form von hellgraubraunen Terrassensanden und -kiesen.

Tertiär (6,7-900 m)

Die obersten Schichten des Tertiärs werden von kalkfreien, meist gräulichen, teils braunkohlehaltigen Sanden und Tonen der **limnisch-fluviatilen Wechselfolge** des Oberpliozäns (6,7-29 m) aufgebaut.

Die in weiten Teilen des Stadtgebiets abgelagerten miozänen Basalte fehlen an dieser Stelle. Es folgen die Sedimente des Untermiozäns mit Tonen, Schluffen und Sanden der **Staden-Formation** (29-53 m), welche, ähnlich wie die pliozänen Ablagerungen, in einer Seen-Flüsse-Landschaft (limnisch-fluviatil) entstanden sind. Darunter folgen die Relikte von Sumpfwäldern und Sümpfen in Form von Braunkohlen und bituminösen (Mergel-)Tonen der **Praunheim-Formation** (53-65 m). Im Liegenden schließt sich die **Niederrad-Formation** (65-92 m) mit ihren dunkelgrauen, teils grün- und blautichigen Schluffmergeln und Mergeltonen an (Abb. 3), in die, neben dünnen Dolomitsteinbänken, immer wieder Algenriffe eingeschaltet sind. Sie sind Ausdruck eines relativ flachen, lichtdurchfluteten Gewässers mit limnisch-brackischer Salinität (Salzgehalt). Deutlich eintöniger dagegen sind die **Frankfurt-Formation** (92-156 m) und **Wiesbaden-Formation** (156-229 m) - aufgrund ihres weiten Verbreitungsgebiets in der Frankfurter Innenstadt auch „Frankfurter Tone“ und wegen des durchgängigen Vorkommens von Hydrobien (kleine Wattschnecken) früher auch als „Hydrobienschichten“ bekannt. Sie bestehen aus dunkelgrauen Mergeltonen, in die vereinzelt geringmächtige Dolomitsteinbänke und Algenriffe eingeschaltet sind und sind die Zeugen eines brackischen bis schwach marinen Binnengewässers. Die Obergrenze der Wiesbaden-Formation wird von einem markanten Horizont (156-160 m) aus nahezu kalkfreien Sanden und Tonen ausgebildet. Darunter folgen die Dolomitsteine und Mergeltone der **Rüssingen-Formation** (229-262 m), die durch das Leitfossil *Hydrobia inflata* stratigraphisch gut abgegrenzt werden kann. Die Ablagerung geschah in einem flachen Binnengewässer mit stark schwankenden Salinitäten.

Es schließen sich die **Oberen und Mittleren Cerithien-Schichten** (262-362 m) an, die in erster Linie aus kalksandigen, gräulichen Mergeltonen und Mergeln bestehen, in die gelegentlich Kalkstein- und Dolomitsteinbänke eingeschaltet sind. Reste von Schnecken und Muscheln sind vergleichsweise häufig. Als Ablagerungsraum wird ein relativ flaches Gewässer mit brackischen bis annähernd marinen Salinitäten angenommen. Unterbrochen werden die tonig-mergeligen Sedimente der

Cerithien-Schichten von stark sandigen Feinkiesen der **Vilbel-Kies-Formation** (362–364 m), welche als Schüttungen aus dem Bereich des Rheinischen Schiefergebirges im Norden gedeutet werden. Unterhalb davon schließen sich die **Unteren Cerithien-Schichten** (364–373 m) mit Mergeln, Algenkalksteinen und schwach verfestigten, kalkigen Feinsanden an.

Im Liegenden bilden Schluffmergel, Mergeltone, Mergel sowie kalkige, schwach verfestigte Feinsande die **Cyrenenmergel-Gruppe** (373–606 m). Lagenweise treten Fossilien von Schnecken und Muscheln auf. Im unteren Abschnitt sind zudem kleinere Braunkohleflöze eingeschaltet. Die Artenvielfalt ist vergleichsweise gering und deutet auf brackische Verhältnisse hin, wohingegen die Kohleflöze die zeitweise starke Aussüßung des Gewässers widerspiegeln. Deutlich monotoner hingegen sind die Ablagerungen der **Bodenheim-Formation** (606–728 m). Diese, ehemals als „Rupelton“ bezeichnet, setzen sich größtenteils aus dunkelolivgrauen bis dunkelbraunen Mergeltonen zusammen. Makrofossilien sind selten, jedoch kann – typisch für marine Bedingungen – eine artenreiche Foraminiferenfauna (Einzeller) vorgefunden werden (Abb. 3). Die im Liegenden der Bodenheim-Formation befindliche **Alzey-Formation** (728–730 m), auch „Meereskalk“ genannt, wurde in Form eines kalkhaltigen, feinsandigen Schluffes erbohrt und stellt den küstennahen Aufarbeitungshorizont der zweiten Rupel-Transgression (Meeresvorstoß) dar.

Den unteren Abschluss der tertiären Schichtenfolge bildet die Pechelbronn-Gruppe (730–900 m). Sie lässt sich dreiteilen, wobei die Oberen Pechelbronn-Schichten größtenteils aus grauen, teils kieshaltigen Quarzsanden in schluffiger Matrix bestehen, in die bunte Ton-/Schluffsteine eingeschaltet sind. Es handelt sich um fluviatile Bildungen. Die Mittleren Pechelbronn-Schichten in ihrer typisch brackisch-marinen Ausbildung (Erste Rupeltransgression) konnten in der Bohrung bisher nicht zweifelsfrei identifiziert werden. So enthalten die Proben bei 790–814 m neben grauen und bunten Ton-/Schluffsteinen zwar, wenn auch nur untergeordnet, Mergel, jedoch fehlt die für diese Schichten typische Fossilfauna. Schwarzpelite (organikreiche, dunkle Tonsteine), die in der Literatur als Altwasserablagerungen gedeutet werden, sind dagegen häufig. Es ist denkbar, dass die brackisch-marinen Sedimente nicht bis in diese Region vorgedrungen sind. Die Unteren Pechelbronn-Schichten setzen sich aus bunten Ton-, Schluff- und Sandsteinen sowie Brekzien zusammen. Die Gesteine wurden fluviatil abgelagert. Gelegentlich kommen Wühl- und Grabgänge vor. Die bunten, meist roten und gelben Ton-/Schluffsteine weisen auf Phasen intensiver Bodenbildung hin (Abb. 3).

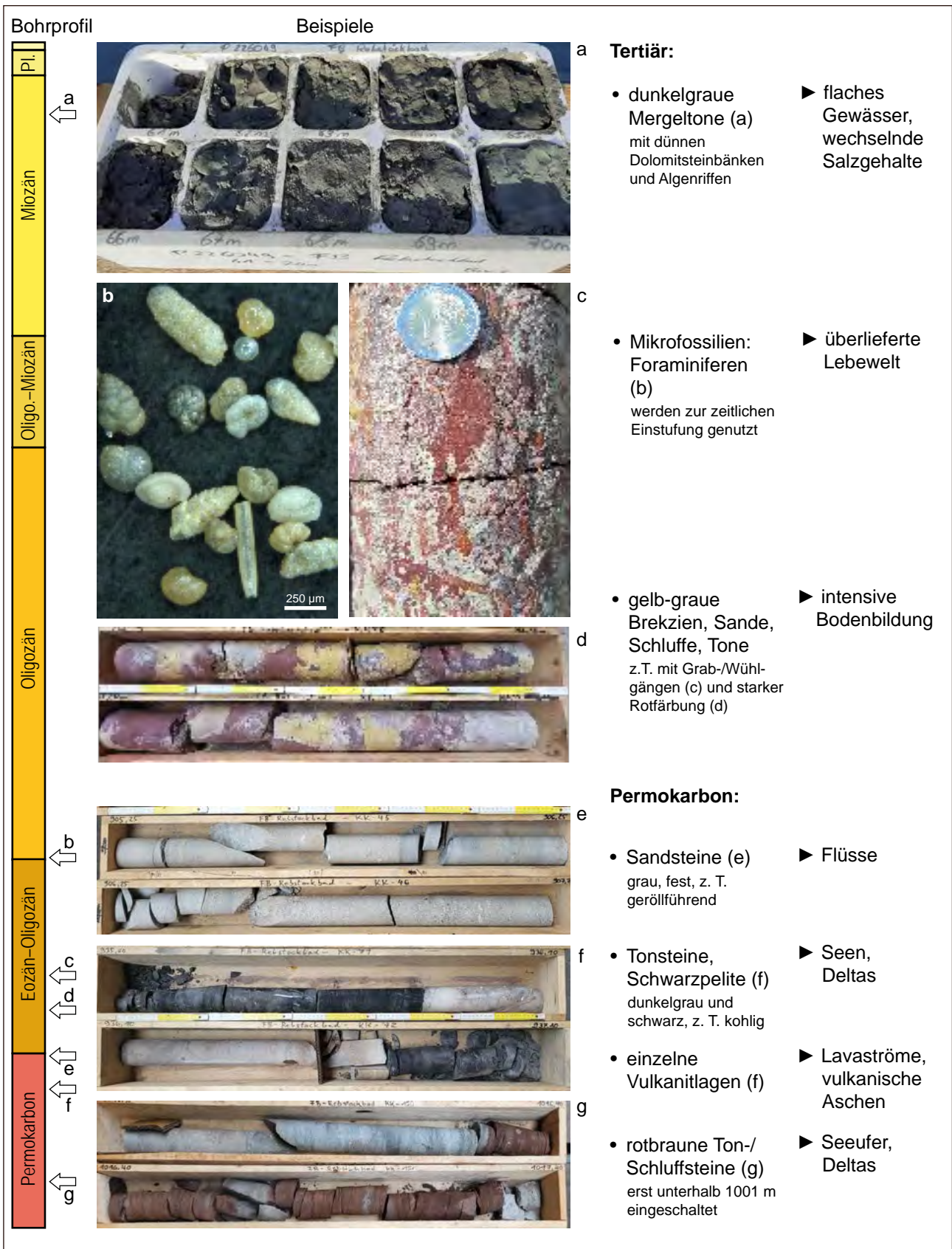


Abb. 3: Spülproben, Fossilien und Bohrkerne aus der FB Rebstock, mit exemplarischen Ableitungen der Ablagerungsmilieus

Permokarbon (900-1 060 m)

Ab 902,5 m wurden bis zur Endteufe Bohrkerne gewonnen.

Von 912-922 m Teufe dominieren graue, mittel- bis grobkörnige, feldspatreiche, feste Sandsteine und Konglomerate (Abb. 3). Sie sind Ablagerungen eines relativ energiereichen, sog. verwilderten Flusssystem.

Von 912-922 m folgt ein stark zerbohrter Abschnitt aus grauen Schluff- und Sandsteinen, die vermutlich in einer Störungszone tektonisch brekziiert wurden. Unterhalb von 922 m dominieren bis 944 m weiterhin graue Feinsand- und Schluffsteine, in die mehrere Schwarzpelite sowie einzelne dünne, schwarze Kohlelagen mit pyritisierten Pflanzenresten eingelagert sind. In einer der Schwarzpelite ist ein 90 cm mächtiger, basaltisch-andesitischer, sekundär stark alterierter Vulkanit eingeschaltet (Abb. 3). Von 944-977 m sind die Sandsteine tendenziell grobkörniger, enthalten jedoch weiterhin Schwarzpelit- und Kohlelagen. Die Sedimente dieses sandsteindominierten Bereichs entstanden in einem Flussdelta am Rand eines schlecht durchlüfteten Sees, in den vereinzelt vulkanische Ablagerungen gelangten.

Eine graue Konglomeratbank zwischen 977-980 m mit Geröllen bis 8 cm Durchmesser belegt größere Strömungsenergien in einer Fließrinne des Deltas.

Der Abschnitt von 980-1 035 m wird von einer Wechsellagerung von Ton-Schluffsteinen und Feinsandsteinen eingenommen. Die Sedimentfarbe ist zunächst weiterhin grau, erst unterhalb von 1001 m sind einige rotbraune, meist tonig-schluffige Bereiche eingeschaltet (Abb. 3). Auffallend sind eine biogene Kalksteinlage mit Strukturen von Algenmatten, eine vulkanische Aschen-Lapillituff-Schicht sowie mehrere grünlichgraue feinkörnige Lagen, bei denen es sich ebenfalls um vulkanische Aschentuffe handeln könnte. Schwarzpelite und Kohlen kommen in diesem rot-grauen Abschnitt nicht vor. Die Sedimente wurden im relativ gut durchlüfteten Uferbereich eines Sees abgelagert, in den zeitweise vulkanische Aschen eingetragen wurden.

Unterhalb von 1 035 m schalten sich einige kiesige Sandsteine und Konglomeratlagen in die weiterhin feinkörnig dominierte, abwechselnd rote und graue Abfolge ein. Ab 1 055 m kommen auch Schwarzpelit- und sehr dünne Kohlelagen wieder vor. Dies spricht für wechselnd gut oder schlecht durchlüftete Bereiche eines Deltas in einen See, mit zeitweise hoher Strömungsenergie in Fließrinnen.

Die ab ca. 900 m erbohrten Festgesteine werden derzeit der Meisenheim-Formation (Glan-Subgruppe, frühes Rotliegend) zugeordnet. Es gibt je-

doch bislang noch keine Beweise, dass es sich nicht um Ablagerungen des Oberkarbons handelt. Sogar die Einstufung in das älteste Tertiär (Eozän bis Unter-Oligozän) bis zur Endteufe schien zunächst grundsätzlich denkbar, da die Ablagerungsmilieus in diesen drei Zeitabschnitten im Rhein-Main-Gebiet sehr ähnlich waren. Weitere Untersuchungen der in Schwarzpeliten und Kohlen enthaltenen Pollen, Sporen und Pflanzenreste (Palynologie, Paläobotanik), der Beschaffenheit und maximalen Versenkungstiefe der Kohlen (Kohlenpetrographie) sowie die Bestimmung der mineralogischen Zusammensetzung der Sandsteine und vulkanischen Gesteine (Dünnschliffmikroskopie, Mineralogie, Gesteinschemie) sollen hier Klarheit bringen.

Die korrekte stratigraphische Einstufung hat große Bedeutung, unter anderem für die Kenntnis der Paläogeographie, der Versenkungsgeschichte des Oberrheingrabens sowie nicht zuletzt der großtektonischen Strukturen und deren Verarbeitung in 3D-Modellen des Rhein-Main-Gebietes.

Bohrlochgeophysik und Pumpversuche

Zur Unterstützung der geologischen Interpretation (z. B. der stratigraphischen Einstufung) und zur Herleitung verschiedener Gesteinskennwerte sowie physikalischer und chemischer Eigenschaften wurden bohrlochgeophysikalische Messungen durchgeführt. Pumpversuche sollten Aufschluss über die hydraulischen Eigenschaften der verschiedenen Gesteinsschichten geben.

Bohrlochgeophysik

Die bohrlochgeophysikalischen Messungen erfolgten in Zusammenarbeit mit dem Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG) im Juli und August 2023. Zur Durchführung des Messprogramms wurden verschiedene Sonden verwendet und in das Bohrloch hinabgelassen. Aufgrund der Teufe der Bohrung von über 1 000 m und einer maximalen Messgeschwindigkeit der unterschiedlichen Sonden von ca. 1–10 m pro Minute dauerten die Messungen mehrere Tage. Einige Messungen konnten über die gesamte Länge der Bohrung (verrohrter und unverrohrter Teil) erfolgen, andere nur im unverrohrten untersten Teil der Bohrung, da eine Messung in der Verrohrung die Daten zu stark beeinflusst hätte und daher wissenschaftlich nicht sinnvoll gewesen wäre (z. B. akustischer TelevIEWer, Abb. 4).

Aufgrund der Instabilität des unverrohrten Bereiches der Bohrung mussten die Messungen zum Teil sektionsweise aus einem Bohrgestänge/ einer Bohrkronen heraus erfolgen. Trotz mehrmaliger Versuche setzten

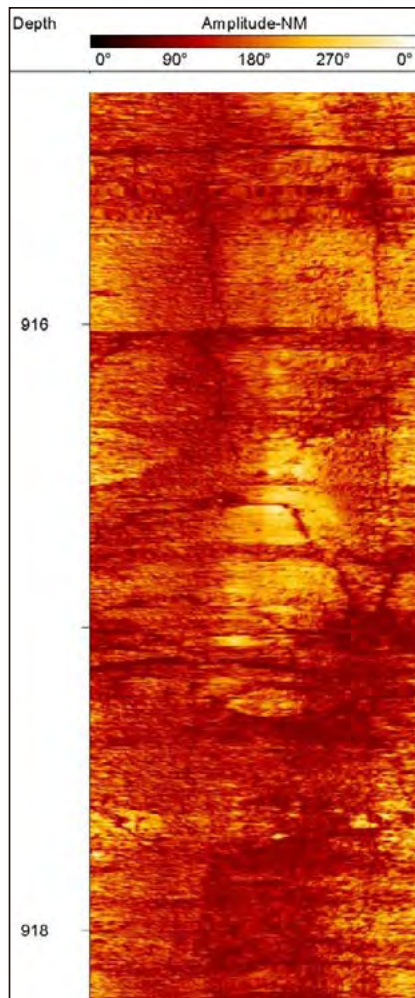


Abb. 4: Auszug aus dem akustischen Televiwer-Log (Amplitude des Ersteinsetzes des akustischen Signals) für den Tiefenbereich 915-918 m der FB Rebstock, welches ein Abbild der gesamten (360° umfassenden) Bohrlochinnenwand darstellt. Im Log sind Störungsbereiche, Risse und Klüfte, die Rückschlüsse auf Wasserwegsamkeiten und das Spannungsfeld in der Tiefe liefern können, als Linien sichtbar.

die Sonden trotzdem aufgrund von Hindernissen im Bohrloch auf, so dass einige Messungen nicht wie ursprünglich geplant durchgeführt werden konnten. Tabelle 1 enthält eine Übersicht über alle bisher durchgeführten bohrlochgeophysikalischen Messungen in der Forschungsbohrung Rebstock und darüber, in welchem Tiefenbereich Messdaten gewonnen werden konnten.

In Verbindung mit den geologischen Daten von Spülproben und Bohrkernen soll eine möglichst umfassende Beschreibung der Gesteinseigenschaften in der Bohrung erfolgen. Zusammen mit der Auswertung der Pumpversuche werden zudem die geothermischen, hydrogeologischen und hydrochemischen Eigenschaften erfasst.

Tab. 1: Bohrlochgeophysikalische Messungen in der FB Rebstock

Messlog	erfasster Tiefenbereich	Anmerkungen
Temperatur	0-1 060 m	
Salinität	0-1 060 m	
Gamma Ray	0-1 060 m	
Televiwer (Acoustic)	897-948 m und 1 008-1 060 m	Abschnitt 948-1 008 m nicht messbar
Spektrales Gamma Ray	1 002-1 060 m	Oberhalb 1 002 m keine Messung möglich aufgrund von Bohrloch-Instabilitäten
Laterolog (Elektrischer Widerstand)	890-932 m	Aufsetzen der Sonde bei 932 m
Dip (Neigung)	890-937 m	Aufsetzen der Sonde bei 937 m
Sonic (P- und S-Welle)	890-932 m und 1 008-1 060 m	Aufsetzen der Sonde bei 932 m, Bereich 932-1 008 m nicht messbar

Ausbau der Bohrung, Pumpversuche und Geothermie

Die Bohrung wurde in sechs Sektionen teleskopiert ausgebaut (Abb. 2). Nachdem zunächst die oberen fünf Sektionen mit zementhinterfüllten Vollrohren ausgestattet waren, blieb der Bereich des Permokarbon offen (Abb. 2). Mit insgesamt vier Pumpversuchen wurde angestrebt, das Bohrloch von der in das Gebirge eingedrungenen Bohrspülung (insgesamt ca. 250 m³) freizuspülen, die hydraulischen Eigenschaften des Gesteins zu testen und Wasserproben zu entnehmen. Hierbei zeigte sich, dass die klüftigen Sandsteine und die Störungsbereiche in diesem Bohrabschnitt zu Bohrlochwandausbrüchen neigen. Dadurch konnten sowohl nicht alle geophysikalischen Bohrlochmessungen bis zur Endteufe durchgeführt als auch keine befriedigenden Ergebnisse bei den Pumpversuchen erzielt werden. Im Oktober 2023 erfolgte die Herstellung eines behelfsmäßigen Brunnenfilters in den bis dahin offenen Bohrlochabschnitt von

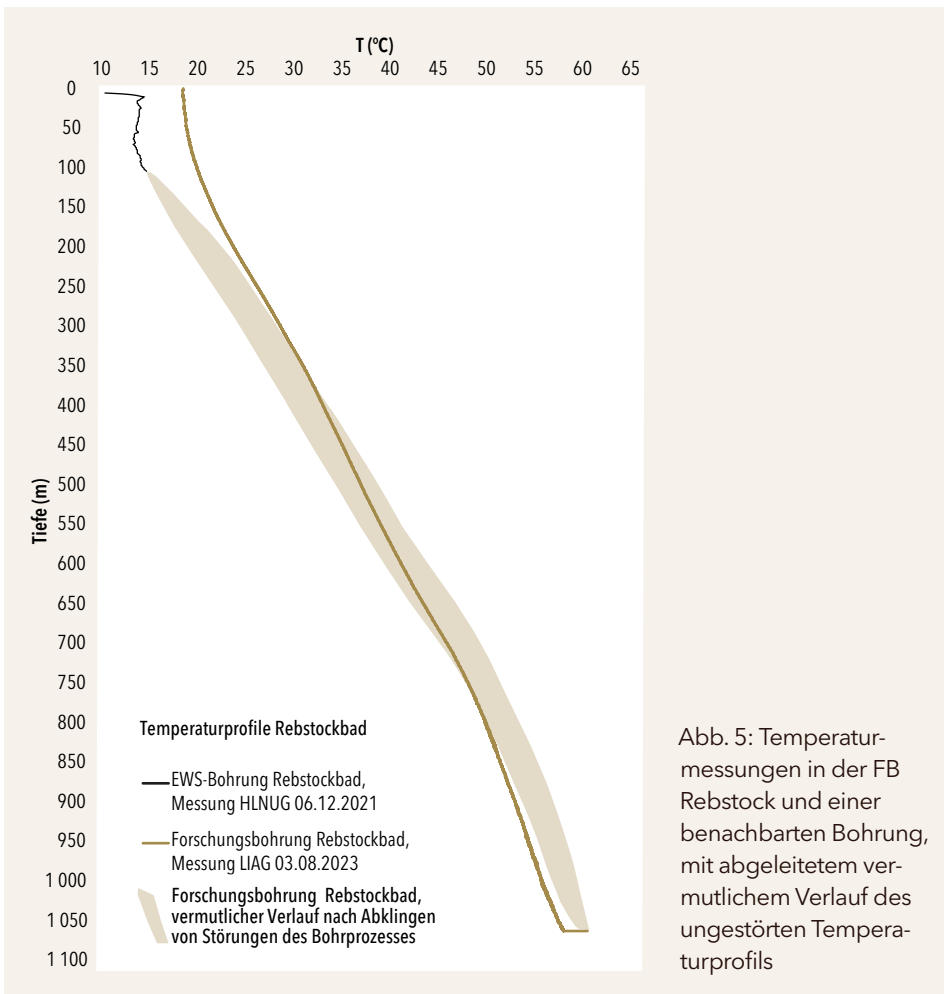


Abb. 5: Temperaturmessungen in der FB Rebstock und einer benachbarten Bohrung, mit abgeleitetem vermutlichem Verlauf des ungestörten Temperaturprofils

900–1060 m, um das Gebirge zu stabilisieren und die Möglichkeit für einen erfolgreichen Pumpversuch mit Wasserprobennahme zu bieten. Hierzu wurde das Bohrgestänge genutzt, das nach Einfahren bis auf 1060 m in den Tiefenbereichen 930–960 m und 1030–1050 m mittels Hohlladungen mit insgesamt 962 geschossenen Löchern versehen und dann ebenfalls mittels Hohlladung bei rd. 870 m Tiefe abgetrennt wurde. Bis Ende Oktober 2023 wurde ein Pumpversuch mit Entnahme von Wasserproben durchgeführt, deren Auswertung noch aussteht.

Am 3. August 2023 wurde vom LIAG eine erste durchgehende Temperatur-Tiefenprofilmessung von der Erdoberfläche bis zur Endteufe bei 1060 m durchgeführt (Abb. 5). Da die Messung zum Schutz der Messsonde bis rd. 1000 m innerhalb des Bohrstrangs durchgeführt wurde und zudem noch kurz zuvor Bohrarbeiten und Pumpversuche liefen, waren die Temperaturen zum Zeitpunkt der Messung noch gestört. Das Ausmaß der Störung lässt sich anhand der Temperaturdaten einer rd. 180 m westlich errichteten Erdwärmesonde sowie der sog. Bottom Hole Temperature (BHT) abschätzen. In der benachbarten Erdwärmesonde,

die in einem vom HLNUG initiierten Projekt zur Erkundung der oberflächennahen geothermischen Situation durchgeführt wurde (HLNUG 2022), ist die Untergrundtemperatur in 100 m Tiefe mit rd. 15 °C mehr als 5 K geringer als in gleicher Tiefe in der FB (Abb. 5). Die BHT, zu deren Messung die Messsonde für rd. 10 Minuten in einer Tiefe von 1 060 m verblieb, stellte sich bei 61 °C ein. Der sich aus diesen Temperaturen ableitende Verlauf des ungestörten Temperaturprofils ist in Abb. 5 mittels Schraffur dargestellt. Der geothermische Gradient zwischen den Tiefenlagen 100 m und 1 060 m beträgt demnach im Mittel 4,8 K/100 m.

Sowohl die Temperatur von 61 °C in 1 060 m wie auch der Gradient von 4,8 K/100 m sind höher als dies für den Standort der FB am Rand der geothermischen Anomalie erwartet wurde.



Fazit

Die Existenz der vom HLNUG postulierten geothermischen Anomalie wurde bestätigt. Das Tertiär am Standort der Forschungsbohrung übertrifft mit rund 900 m die ursprünglich erwarteten rund 500 m Mächtigkeit deutlich. Ebenfalls bemerkenswert ist das mächtige Auftreten der Pechelbronn-Gruppe, die im Frankfurter Raum bislang weitgehend unerforscht ist.

Die erbohrten mächtigen grauen Festgesteine unterhalb 900 m Bohrtiefe, die wahrscheinlich während des frühen Rotliegend abgelagert wurden, unterscheiden sich deutlich von den im Osten Frankfurts an der Oberfläche zutage tretenden roten Sedimenten des Rotliegend. Die erbohrte Abfolge kann dem Ablagerungsraum des Saar-Nahe-Beckens zugeordnet werden und legt dessen Ausdehnung bis in den Frankfurter Raum nahe.

Weiterführende Literatur

- Deutsche Stratigraphische Kommission (2011, Hrsg.; Koordination und Redaktion: K.I. GRIMM für die Subkommission Tertiär): Stratigraphie von Deutschland IX. Tertiär, Teil 1: Oberrheingraben und benachbarte Tertiärgebiete. - Schriftenr. Dt. Ges. Geowiss., 75: 464 S.; Hannover.
- Deutsche Stratigraphische Kommission (2012, Hrsg.; Koordination und Redaktion: H. LÜTZNER & G. KOWALCZYK für die Subkommission Perm-Trias): Stratigraphie von Deutschland X. - Rotliegend der variscischen Innenbecken. - Schriftenr. Dt. Ges. Geowiss., 61: 882 S.; Hannover.
- Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (2021, Hrsg.): Geologie von Hessen. - 706 S.; Stuttgart (Schweizerbart).
- Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (2022): Steckbrief Oberflächennahe Geothermie (EWS) Geltungsbereich: Frankfurt-Rebstock; Download-Link: www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/geologie/erdwaerme/Steckbrief_ONG_Frankfurt_Rebstock_07-20.pdf
- KÜMMERLE, E. & SEIDENSCHWANN, G. (2009, 3. Aufl.): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1 : 25 000, Blatt Nr. 5817 Frankfurt am Main West. - 308 S.; Wiesbaden.
- VON REINACH, A. (1894): Resultate einiger Bohrungen, die in den Jahren 1891-93 in der Umgebung von Frankfurt ausgeführt wurden. - Bericht über die Senckenbergische naturforschende Gesellschaft: 17-42; Frankfurt a. M.
- RUMOHR, S. (2013): Wärmeanomalie im mitteltiefen Untergrund von Frankfurt am Main - Neue Erkenntnisse und Chancen. - Tagungsband 8. Tiefengeothermieforum, Darmstadt.

DEZERNAT BODEN UND ALTLASTEN

Bodenerosion durch Wasser in Hessen: Neues von der Gefahrenabwehr

Fabian Achten



☰ Wind oder Wasser können Bodenteilchen aus unbedeckten Bodenoberflächen lösen und verlagern. Dieser als Bodenerosion bezeichnete Prozess ist eine der weltweit größten Gefahren für Böden und ihre Funktionen. Ein wichtiges Instrument des Boden- bzw. Erosionsschutzes sind Anordnungen zur Gefahrenabwehr von Bodenerosion. In den zurückliegenden Jahren spielte die Gefahrenabwehr für den Vollzug des Bodenschutzes in Hessen nur eine untergeordnete Rolle, gewinnt aber immer mehr an Bedeutung. In diesem Zusammenhang kommt dem HLNUG eine wichtige Aufgabe als beratende Fachbehörde zur Bekämpfung von Bodenerosion zu.

Ca. 1 Million
Tonnen

Bodenmaterial gehen im Schnitt
jedes Jahr in
Hessen durch
Bodenerosion
verloren.



Hintergründe zur Gefahrenabwehr von Bodenerosion

Bodenerosion ist grundsätzlich ein natürlicher Prozess, dieser tritt jedoch vornehmlich in Verbindung mit landwirtschaftlicher Nutzung auf. In Hessen ist, bedingt durch die Lage im Mittelgebirgsraum, vor allem die Erosion durch Wasser von Bedeutung, bei der fruchtbares Bodenmaterial durch Oberflächenabfluss infolge von Starkregen abgetragen wird. Die Auswirkungen gehen dabei häufig über die Grenzen der Erosionsflächen hinaus. Einträge von abgespültem Bodenmaterial in Siedlungen oder Gewässer können zu Sachschäden bzw. ökologischen Beeinträchtigungen führen.

Wiederkehrende, „erhebliche“ Bodenabträge verursachen eine „schädliche Bodenveränderung“ im Sinne des Bundes-Bodenschutzgesetzes (BBodSchG). Diese gilt es zu vermeiden. Dazu regelt die Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) die sogenannte „Gefahrenabwehr bei Bodenerosion durch Wasser oder Wind“ (§ 9), auf deren Grundlage die Bodenschutzbehörde Maßnahmen zur Abwehr von Gefahren durch Bodenerosion anordnen kann.

Wer macht was? - Arbeitsteilung bei der Bekämpfung von Bodenerosion

Vorsorge ist besser als Nachsorge, dies gilt auch beim Thema Bodenerosion. Auf landwirtschaftlich genutzten Flächen liegt die Pflicht zur Vorsorge beim Eigentümer oder der Eigentümerin bzw. dem Bewirtschafter oder der Bewirtschafterin der Fläche. Diese müssen bei ihrer landwirtschaftlichen Bodennutzung die Grundsätze der guten fachlichen Praxis einhalten und Bodenabträge durch Bodenerosion durch eine standort-

angepasste Nutzung so weit wie möglich vermeiden. Dieser Grundsatz soll neben den weiteren Grundsätzen der guten fachlichen Praxis von den landwirtschaftlichen Beratungsstellen der Bundesländer vermittelt werden. In Hessen ist dies der Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen (LLH). Kommt es auf einer landwirtschaftlich genutzten Fläche wiederholt zu erheblichen Bodenabträgen oder sind diese wiederholt zu erwarten, spricht man von einer schädlichen Bodenveränderung. In diesem Fall war die Vorsorge nicht ausreichend.

Im Rahmen eines Verfahrens zur Gefahrenabwehr können dann die zuständigen Behörden (in Hessen die Regierungspräsidien als obere Bodenschutzbehörden) geeignete erosionsmindernde Maßnahmen anordnen. Das Verfahren zur Gefahrenabwehr von Bodenerosion ist somit ein wichtiges Instrument für den Boden- bzw. Erosionsschutz, das jedoch in Hessen bislang nur wenig angewandt wurde.



i

Schädliche Bodenveränderungen:

Schädliche Bodenveränderungen sind Beeinträchtigungen der Bodenfunktionen, die erhebliche Nachteile oder Belästigungen für den einzelnen oder die Allgemeinheit herbeiführen.

Dem Eintritt einer schädlichen Bodenveränderung ist mithilfe von Vorsorgemaßnahmen entgegenzuwirken. Sofern der wahrscheinliche Eintritt einer schädlichen Bodenveränderung droht, gilt die Gefahrenabwehr.

Abb. 1: Erosionsrinnen und Ablagerungen von erodiertem Bodenmaterial nach einem Starkregen auf einem Spargelacker
© HLNUG

Herausforderungen bei der Gefahrenabwehr von Bodenerosion

Die Möglichkeit der Bodenschutzbehörden, Anordnungen zur Gefahrenabwehr bei Bodenerosion zu treffen, wurde in Hessen bis zum Jahr 2020 in keinem dem HLNUG bekannten Fall genutzt. Notwendige Erfahrungswerte bei Verfahren zur Gefahrenabwehr von Bodenerosion fehlen damit. Ursächlich können hierfür mangelnde Fachkenntnisse und das geringe Bewusstsein für die Problematik von Bodenerosion, aber auch die Unkenntnis der Möglichkeiten zur Anordnung von Erosionsschutzmaßnahmen sein. Außerdem weisen Erosionsfälle meist eine erhöhte Komplexität auf, die einen größeren Abstimmungsbedarf erfordern. So sind in der Regel viele Akteurinnen und Akteure betroffen, die berücksichtigt werden müssen. Neben den zuständigen Behörden aus Landwirtschaft und Bodenschutz zählen dazu Vertreterinnen und Vertreter der jeweiligen Kommune (Bürgermeisterinnen und Bürgermeister, Bauhof etc.), die Flächenbewirtschafterinnen und -bewirtschafter sowie weitere Fachbehörden (z.B. aus den Bereichen Wasser oder Naturschutz). Daraus resultieren Unklarheiten über Zuständigkeiten, die einen schnellen und einfachen Verfahrensablauf erschweren.

Zusätzliche Herausforderungen bei Verfahren zur Gefahrenabwehr von Bodenerosion ergeben sich aus der fachlichen Komplexität sowie aus der rechtlichen Unschärfe von Beurteilungskriterien. Dabei geht es vor allem um die in der BBodSchV aufgeführten Kriterien für eine schädliche Bodenveränderung durch Bodenerosion, die maßgeblich für die Einleitung von Verfahren zur Gefahrenabwehr sind. Die Kriterien für das Vorhandensein einer schädlichen Bodenveränderung aufgrund von Erosion sind, dass einerseits erhebliche Mengen an Bodenmaterial aus einer Fläche abgetragen wurden (**Erheblichkeit**) und andererseits weitere erhebliche Abträge zu erwarten sein müssen (**Wiederkehrwahrscheinlichkeit**).

Aktuell gibt es keine allgemein gültige bzw. rechtlich vorgegebene Definition, welche Menge Bodenabtrag als erheblich gilt. Konkrete Werte, vergleichbar mit Vorsorge-, Prüf- oder Maßnahmenwerten zur Bewertung von stofflichen Bodenbelastungen, existieren nicht. Dazu kommt, dass für die Beurteilung der Erheblichkeit zunächst das Schadensausmaß eines Erosionsereignisses vor Ort erfasst, dokumentiert und quantifiziert werden muss. Dafür sind die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der zuständigen Behörden oft nicht ausreichend geschult.

Ähnliches gilt auch für das zweite Kriterium – die Wiederkehrwahrscheinlichkeit. Diese ist für eine betroffene Fläche gegeben, wenn dort entweder in den vergangenen zehn Jahren mindestens in einem weiteren Fall erhebliche Mengen Bodenmaterial abgetragen wurden

oder sich aus den Standortdaten ergibt, dass in den nächsten zehn Jahren erneut mit erheblichen Bodenabträgen zu rechnen ist. Es finden sich allerdings in der BBodSchV keine Spezifizierungen, wie die Wahrscheinlichkeit zukünftiger Bodenabträge für einen zehnjährigen Betrachtungszeitraum konkret zu bestimmen ist. Abschätzungen allein anhand der Wiederkehrwahrscheinlichkeit von Niederschlagsmengen, wie es einige Produkte des Deutschen Wetterdienstes (DWD) ermöglichen, sind im Zusammenhang mit Bodenabträgen nicht ausreichend (AUERSWALD et al. 2019).

Die Schadenserfassung sowie die Bewertung der Erheblichkeit und der Wiederkehrwahrscheinlichkeit von Bodenabträgen stellen aufgrund der fachlichen Komplexität und der rechtlich unscharfen Beurteilungskriterien eine große Herausforderung für den Vollzug dar. Dieser Umstand wird durch ein noch gering verbreitetes Problembewusstsein sowie einen strukturell anspruchsvollen Verfahrensablauf verstärkt.

Die Aufgabe des HLNUG bei der Gefahrenabwehr von Bodenerosion

Durch die Zunahme von Extremwetterereignissen im Zuge des Klimawandels steigt auch die Zahl der Erosionsereignisse, teils mit massiven Auswirkungen. Dies nahm das damalige Hessische Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUKLV) 2020 zum Anlass, ein Ablaufschema für Verfahren zur Gefahrenabwehr von Bodenerosion einzuführen. Das Schema regelt die Zuständigkeiten im Verfah-

Abb. 2: Vermessung von Erosionsschäden auf einer betroffenen Ackerfläche
© HLNUG



Abb. 3: Vereinfachtes Ablaufschema für Verfahren zur Gefahrenabwehr von Bodenerosion, verändert nach HMUKLV 2020



rensablauf und soll den Vollzug insgesamt erleichtern (siehe Abb. 3). Darüber hinaus bietet das Dezernat G3 – Boden und Altlasten am HLNUG Unterstützung bei fachlichen Fragen und bei der Bewertung von Erosionsereignissen an.

Das HLNUG kann die Regierungspräsidien als zuständige Behörden bei Verdachtsfällen insbesondere mit der Durchführung von orientierenden Untersuchungen (2. Punkt im Ablaufschema) unterstützen. Hierbei soll geklärt werden, ob es sich bei einem konkreten Erosionsereignis um eine schädliche Bodenveränderung handelt. Außerdem können Vorschläge für individuelle Schutzmaßnahmen formuliert werden. Bei der Untersuchung werden zunächst die Ausmaße der Erosionsschäden auf den und abseits der Flächen über eine Erosionskartierung erfasst, dokumentiert und quantifiziert (siehe Abb. 2 & 4). In vielen Fällen wird die Kartierung durch Luftbilddaufnahmen mithilfe einer Drohne unterstützt (siehe Abb. 5).

Darüber hinaus wird die landwirtschaftliche Bewirtschaftung auf den betroffenen Flächen erfasst und beurteilt. Durch eine Kombination der aufgenommenen Schadens- und Bewirtschaftungssituation sowie von Niederschlagsdaten lassen sich, unter Zuhilfenahme von Erosionsmodellen,



Ein Beispiel für ein Erosionsmodell ist die „Allgemeine Bodenabtragungsgleichung“ (ABAG), die auch Grundlage des vom HLNUG bereitgestellten Bodenerosionsatlas von Hessen ist: hlnug.de/themen/boden/auswertung/bodenerosionsbewertung/bodenerosionsbewertung/bodenerosionsatlas



Abb. 4: Aufnahme der Tiefe einer Erosionsrinne
© HLNUG

die Abläufe der Erosionsereignisse hinreichend genau rekonstruieren und auch hinsichtlich ihrer Erheblichkeit und Wiederkehrwahrscheinlichkeit beurteilen. Die Erkenntnisse der Untersuchung durch das HLNUG werden den für den Vollzug zuständigen Bodenschutzbehörden zur Verfügung gestellt. Auf Basis der Ursachenanalyse und einer Empfehlung von gezielten Schutzmaßnahmen können dann, falls erforderlich, weitere Schritte eingeleitet werden. Das HLNUG trägt somit entscheidend zur Verfahrenserleichterung bei der Gefahrenabwehr von Bodenerosion bei.

Gleichzeitig engagiert sich das HLNUG bei der Verbesserung der wissenschaftlichen Grundlagen zur Erosionsbewertung. Hierbei steht die Konkretisierung der Kriterien einer schädlichen Bodenveränderung aufgrund von Bodenerosion in Abstimmung mit den anderen Bundesländern im Fokus. In diesem Zusammenhang wurden bereits einige Ansätze entwickelt, die jedoch noch nicht abschließend evaluiert sind und daher noch keine Anwendung finden können.

Auch die Einflüsse des Klimawandels auf die Bodenerosion sind Gegenstand von Arbeiten am HLNUG. Denn mit einer klimawandelbedingten Zunahme von Extremwetter geht möglicherweise auch eine Zunahme



Niederschlags-erosivität :

Die Niederschlagserosivität beschreibt die Ablösungsenergie eines Regens, der auf einen unbedeckten Boden einwirkt. Sie ist ein Maß dafür, mit welcher Stärke ein Regenereignis einen Boden erodieren kann, indem Bodenteilchen durch die Energie des Aufpralls von Regentropfen gelöst und durch die Menge des abfließenden Wassers fortgespült werden.



Abb. 5: Luftbildgestützte Erosionskartierung einer betroffenen Erosionsfläche © HLNUG

von Bodenerosion einher. Klimaveränderungen wirken sich auf die Erosionsgefahr sowohl durch die absolute Höhe der Niederschlagserosivität von Starkregenereignissen als auch durch die relative Verteilung der Starkregenereignisse über das Jahr im Verhältnis zur Bodenbedeckung durch Pflanzen aus. Eine erste Abschätzung der Entwicklung der Erosionsgefahr für Hessen unter Berücksichtigung des Klimawandels konnte 2021 im Rahmen einer vom HLNUG betreuten Masterarbeit erstellt werden (vgl. HLNUG 2022). Die Auswertungen basieren auf Klimaprojektionen unter der Annahme eines kontinuierlich fortschreitenden Ausstoßes von Treibhausgasen. Im Ergebnis konnten für die Höhe der Niederschlagserosivität, aufgrund der Defizite der verwendeten Berechnungsmethode, keine merklichen Veränderungen aufgezeigt werden. Für die untersuchten Anbaukulturen Mais und Winterweizen ist in der nahen Zukunft (bis 2050) wie auch in der fernen Zukunft (bis 2100) mit einem Anstieg der Erosionsgefahr zu rechnen. Dies ist mit einer vermehrten Starkregenwahrscheinlichkeit in Zeiträumen geringer Bodenbedeckung dieser Kulturen zu begründen. Ursächlich für die Zunahme ist u. a. eine Veränderung der Pflanzenentwicklung unter den projizierten zukünftigen klimatischen Bedingungen. Die Ergebnisse zeigen damit zukünftig eine Zunahme der Erosionsgefährdung und unterstreichen den dringenden Handlungsbedarf sowohl beim Klima- als auch beim Bodenschutz.

Aktueller Stand der Gefahrenabwehr von Bodenerosion in Hessen

Aus der seit über drei Jahren durchgeführten systematischen Erfassung und Bewertung von einzelnen Erosionsereignissen im Rahmen von Verfahren zur Gefahrenabwehr von Bodenerosion durch das HLNUG lassen sich folgende Erkenntnisse ableiten:

Grundsätzlich liefert die systematische Bearbeitung von Schadensfällen neue und detaillierte Informationen zur Problematik der Wassererosion.

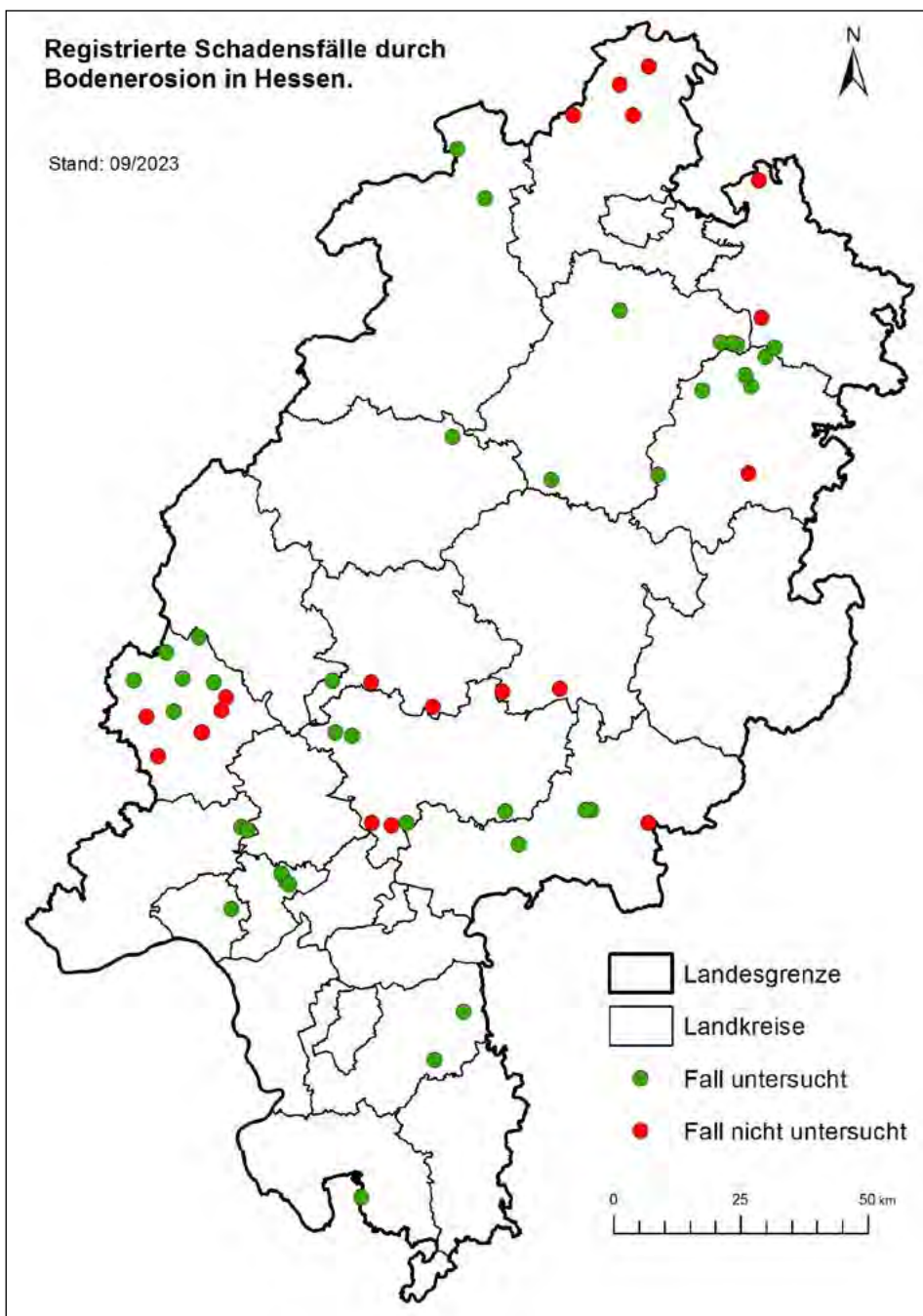


Abb. 6: Übersicht der vom HLNUG registrierten Schadensfälle durch Bodenerosion in Hessen, Stand 09/2023

Aussagen zum Ausmaß der Bodenerosion in Hessen insgesamt sind auf dieser Basis allerdings nicht möglich, da in erster Linie größere Erosionsereignisse untersucht werden, bei denen ein Anfangsverdacht einer schädlichen Bodenveränderung vorliegt. Die Vielzahl kleinerer Erosionsereignisse sowie schleichende, flächenhafte Abträge werden hingegen kaum erfasst.

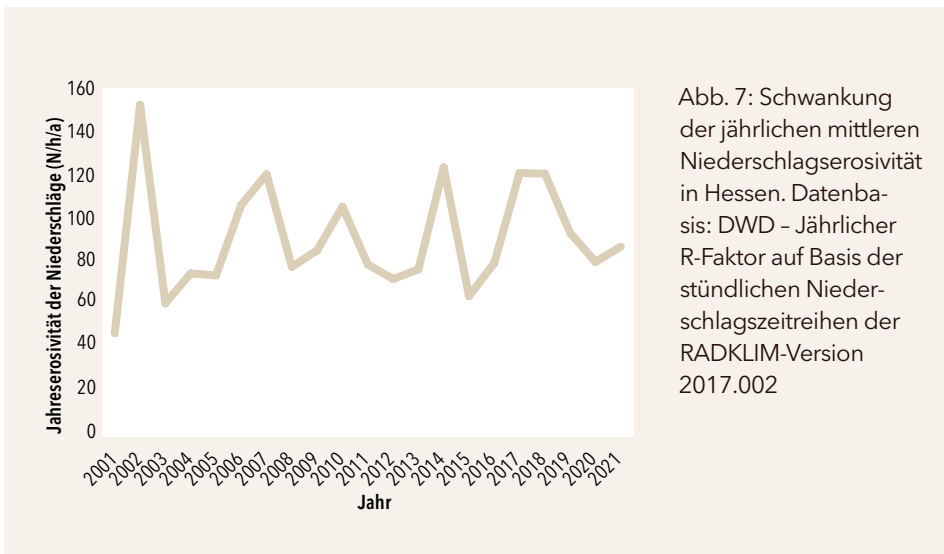
In der Zeit von Juni 2020 bis September 2023 wurden landesweit über 60 Erosionsflächen im Zusammenhang mit 40 Einzelereignissen vom HLNUG untersucht, auf denen erosionsbedingte Bodenabträge im größeren Ausmaß auftraten (siehe Abb. 6). Zusätzlich konnten über 20 Erosionsfälle mit erheblichen Schäden abseits von Erosionsflächen registriert werden. Jedoch war hier aufgrund des zeitlichen Verzugs der Meldungen eine eindeutige Identifizierung der betroffenen Flächen und eine detaillierte Aufnahme des Schadensausmaßes nicht mehr möglich. Dies zeigt, wie wichtig eine zeitnahe Aufnahme und Erfassung der Schadenssituation im Anschluss an ein Schadensereignis für die Qualität der Untersuchung und das weitere Verfahren ist.

Leider gibt es aber immer wieder größeren Verzug bei der Meldung von Erosionsereignissen. Hier könnte eine Auswertung der regionalen Presse nach Starkregenereignissen helfen, Verdachtsfälle von massiver Bodenerosion zeitnah aufzuspüren. So stehen Berichte über „SchlammLawinen“ oder „Schlammfluten“, die nach Starkregenereignissen durch Ortschaften fließen oder Straßen unbefahrbar machen, oft in Zusammenhang mit Erosionsereignissen. Rückschlüsse über die Ursprünge des verfrachteten Materials bleiben in der Berichterstattung meistens aus. Oft werden die Ereignisse als „höhere Gewalt“ abgetan, ohne Bodenerosion überhaupt als Ursache zu benennen oder diese mit mangelnder Vorsorge (guter fachlicher Praxis) in Verbindung zu bringen. Dass Maßnahmen zur Gefahrenabwehr von Bodenerosion gerade für solche Fälle eine Möglichkeit zur zukünftigen Vermeidung vergleichbarer Schäden darstellen, ist in der Öffentlichkeit, bei Kommunen und manchmal auch bei den Behörden nicht bekannt.

Aus den bisherigen Meldungen über Erosionsereignisse lassen sich für Hessen keine Regionen herausstellen, die besonders häufig durch Bodenerosion betroffen sind. Bislang wurden Erosionsfälle in 16 der 26 hessischen Landkreise und kreisfreien Städte erfasst. Eine Häufung von Fällen in einzelnen Landkreisen ist vorwiegend auf eine verstärkte Meldeaktivität in diesen Kreisen zurückzuführen. Grundsätzlich lässt sich daraus aber schließen, dass auch in den übrigen Landkreisen mehr Fälle von Bodenerosion auftreten, die lediglich nicht wahrgenommen bzw. gemeldet werden.

Die Anzahl der Erosionsereignisse variiert mitunter stark zwischen einzelnen Jahren und ist u. a. abhängig von der Anzahl und der Ausprägung

erosionsauslösender Niederschlagsereignisse (siehe Abb. 7). Bei diesen handelt es sich meist um kleinräumige und kurzzeitige Starkregen im Sommerhalbjahr. Während im Jahr 2022 in ganz Hessen vergleichsweise wenige solcher Starkregen auftraten und auch weniger Erosionsfälle bekannt wurden, war 2023 von deutlich mehr Starkregen und Erosion geprägt. Dies lässt sich auf bestimmte Wetterlagen in Zeiträumen mit besonders hoher Erosionsanfälligkeit einiger Anbaukulturen zurückführen.



In über zwei Drittel der dem HLNUG bekannt gewordenen Fälle waren die Erosionsflächen mit erosionsanfälligen Reihen- und Hackfrüchten wie Mais, Kartoffeln oder Zuckerrüben bestellt. Über die Hälfte aller Fälle traten dabei allein auf Maisäckern auf. Flächen, auf denen diese Kulturen angebaut werden, sind vor allem im Frühsommer besonders anfällig gegenüber Erosion, da keine ausreichend schützende Bodenbedeckung durch die noch jungen Pflanzen vorhanden ist. Sofern auf diesen Flächen keine anderweitigen Maßnahmen zum Erosionsschutz getroffen wurden, kann bereits ein durchschnittliches Sommergewitter zu massiven und auch erheblichen Bodenabträgen führen. Ein zweiter vulnerabler Zeitraum liegt im Spätsommer bzw. Frühherbst nach der Ernte und der Saattbettbereitung für die Winterungen. Die frisch bearbeiteten und häufig nahezu unbedeckten Böden sind dann besonders anfällig gegenüber spät im Jahresverlauf auftretende Starkregen. Im Jahr 2022 ereignete sich ein solcher Fall in der Gemeinde Wächtersbach (Main-Kinzig-Kreis), als bei einem schweren Gewitter im Oktober eine Vielzahl von frisch eingesäten Ackerflächen in großem Ausmaß erodiert wurden (Abb. 8).

Die Dimension der erfassten Schäden variiert ebenfalls stark von Fall zu Fall. Bodenabträge im Ausmaß mehrerer Dezitonnen sind auf Flächen,

Die Erosionsanfälligkeit von Mais ist etwa **drei Mal so hoch** wie bei Winterweizen.

Abb. 8: Luftbildaufnahme von Erosionsschäden auf mehreren Ackerflächen bei Wächtersbach infolge eines Starkregens im Oktober 2022 © HLNUG



die im Rahmen der Gefahrenabwehr untersucht werden, eher die Regel. Je nach Schadensausmaß und Größe der betroffenen Flächen sind auch mehrere hundert Tonnen an erodiertem Bodenmaterial keine Seltenheit. Das Maximum aller bislang erfassten Bodenabträge betrug über 1 400 Tonnen, die im Jahr 2021 auf einem einzigen, 36 ha großen Maisacker erodiert wurden – das entspricht etwa 90 LKW-Ladungen. Bei Bodenabträgen in dieser Größenordnung fällt die Bewertung der Erheblichkeit relativ einfach. Gleiches gilt für Fälle, bei denen ganze Straßenzüge mit Schlamm überfrachtet werden.

Abb. 9: Erosionsschutzstreifen und Bearbeitung parallel zu Höhenlinien als Beispiele für Erosionsschutzmaßnahmen auf einer gefährdeten Ackerfläche © HLNUG





Fazit und Ausblick

Die Gefahr von Bodenerosion nimmt zukünftig aufgrund der Veränderungen durch den Klimawandel weiter zu. Dies stellt den Bodenschutz in Hessen vor neue Herausforderungen. Durch die Möglichkeit gemäß § 9 BBodSchV, Maßnahmen zur Gefahrenabwehr von Bodenerosion anzuordnen, besitzen die Bodenschutzbehörden ein wirksames Instrument, das zukünftig an Bedeutung gewinnen und sich weiter etablieren wird. Gleichzeitig besteht die Chance, dass durch eine Konkretisierung der Anforderungen aus der Gefahrenabwehr auch die Vorsorge gegenüber Bodenerosion auf Seiten der Landwirtschaft gestärkt wird und letztlich das Bewusstsein für das Thema weiter steigt.

Bereits nach wenigen Jahren der Unterstützung durch das HLNUG bei der Gefahrenabwehr von Bodenerosion in Hessen sind deutliche Fortschritte erkennbar. Die ersten Verfahren konnten abgeschlossen und notwendige erosionsmindernde Maßnahmen auf betroffenen Flächen umgesetzt werden (vgl. Abb. 9). Eine Herausforderung besteht aber weiterhin in der Bewertung der Erheblichkeit und der Wiederkehrwahrscheinlichkeit von Bodenabträgen, da es noch an eindeutigen Kriterien mangelt. Zu dieser Thematik gibt es jedoch bereits bundesweite Aktivitäten, bei denen das HLNUG mitwirkt.

Literatur

AUERSWALD, K., FISCHER, F.K., WINTERRATH, T., ELHAUS, D., MAIER, H. & BRANDHUBER, R. (2019): Klimabedingte Veränderung der Regenerosivität seit 1960 und Konsequenzen für Bodenabtragsschätzungen. Bodenschutz, Ergänzbare Handbuch der Maßnahmen und Empfehlungen für Schutz, Pflege und Sanierung von Böden, Landschaft und Grundwasser; Berlin.

DIN 19708:2022-08 (2022): Bodenbeschaffenheit – Ermittlung der Erosionsgefährdung von Böden durch Wasser mit Hilfe der ABAG. Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin.

HLNUG (2022): Boden und Altlasten – Nachrichten aus Hessen – Ausgabe 2022: https://www.hlnug.de/fileadmin/shop/publikationen/altlasten/nachrichten/Boeden_Altlasten_Newsletter_2022_web_fin__1_.pdf



Acker- & pflanzenbauliche Maßnahmen:

- Erhalt einer möglichst ganzjährigen Bodenbedeckung durch Pflanzen(reste)
- Bearbeitung nicht in Richtung des Hanggefälles
- Streifenanbau bzw. Wechsel der Kulturen im Hangverlauf
- Anlage von Erosionsschutzstreifen bzw. Begrünung von Tiefenlinien

Technische Maßnahmen:

- Änderung der Wegeführung oder Flächengliederung
- Anlage von Wällen oder Gräben
- Anpassungen am Entwässerungssystem

ABTEILUNG G IM INTERNET

Informationen zum Geologiedatengesetz

Das Geologiedatengesetz vom 30. Juni 2020 hat eine enorme Bedeutung für die Aufgaben der Geologischen Landesaufnahme insbesondere auf die Behandlung aller in Hessen erhobenen Daten zu geologischen Untersuchungen. Daten zu Bohrungen, geophysikalischen Messungen, hydrogeologischen Erkundungen oder aber zur Erkundung von Georisiken müssen dem HLNUG angezeigt und übermittelt werden. Das HLNUG ist verpflichtet diese Daten zu speichern, zu kategorisieren und gemäß den gesetzlichen Regelungen öffentlich bereitzustellen. Umfangreiche Informationen zur Umsetzung des Geologiedatengesetzes im HLNUG wurden und werden auf unserer Homepage bereitgestellt. hlnug.de/geologie/geologiedatengesetz-geoldg



Boden und Altlasten – Nachrichten aus Hessen, Ausgabe 2023

Im September 2023 ist die dritte Ausgabe der jährlich erscheinenden Veröffentlichungsreihe „Boden und Altlasten – Nachrichten aus Hessen“ erschienen. Das aktuelle Heft enthält Berichte u. a. zu folgenden Themen: Vorstellung des Dezernates Boden und Altlasten am HLNUG, Vorstellung des Ackerbodens als Boden des Jahres 2023, Neuauflage Bodenerosionsatlas Hessen, Quartäre Alkylammoniumverbindungen in Böden, die „Ewigkeitschemikalien“ PFAS, Überwachung natürlicher Abbau- und Rückhalteprozesse sowie die hessische Bohranzeige und Bohrdatenbank. Das Heft kann kostenfrei heruntergeladen werden. hlnug.de/fileadmin/shop/publikationen/boden/nachrichten/Schriften_Boden_767_Newsletter_Nachrichten_aus_Hessen_2023.pdf



Steckbriefe Oberflächennahe Geothermie mittels Erdwärmesonden (EWS)

Zur Unterstützung privater und kommunaler Bauherren bei der Entscheidung für die Nutzung der oberflächennahen Geothermie mittels Erdwärmesonden (EWS) haben das 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 von drei ausgewählten Baugebieten initiiert und in den Jahren 2021 und 2022 mit 20 Bohrungen weitergeführt. Die Steckbriefe der 2021 untersuchten 10 Standorte sind 2023 mit 10 weiteren Standort-Steckbriefen ergänzt worden. hlnug.de/themen/geologie/erdwaerme-geothermie/oberflaechennahe-geothermie/projekt-ong-in-baugebieten



ABTEILUNG Z

Zentrale Aufgaben



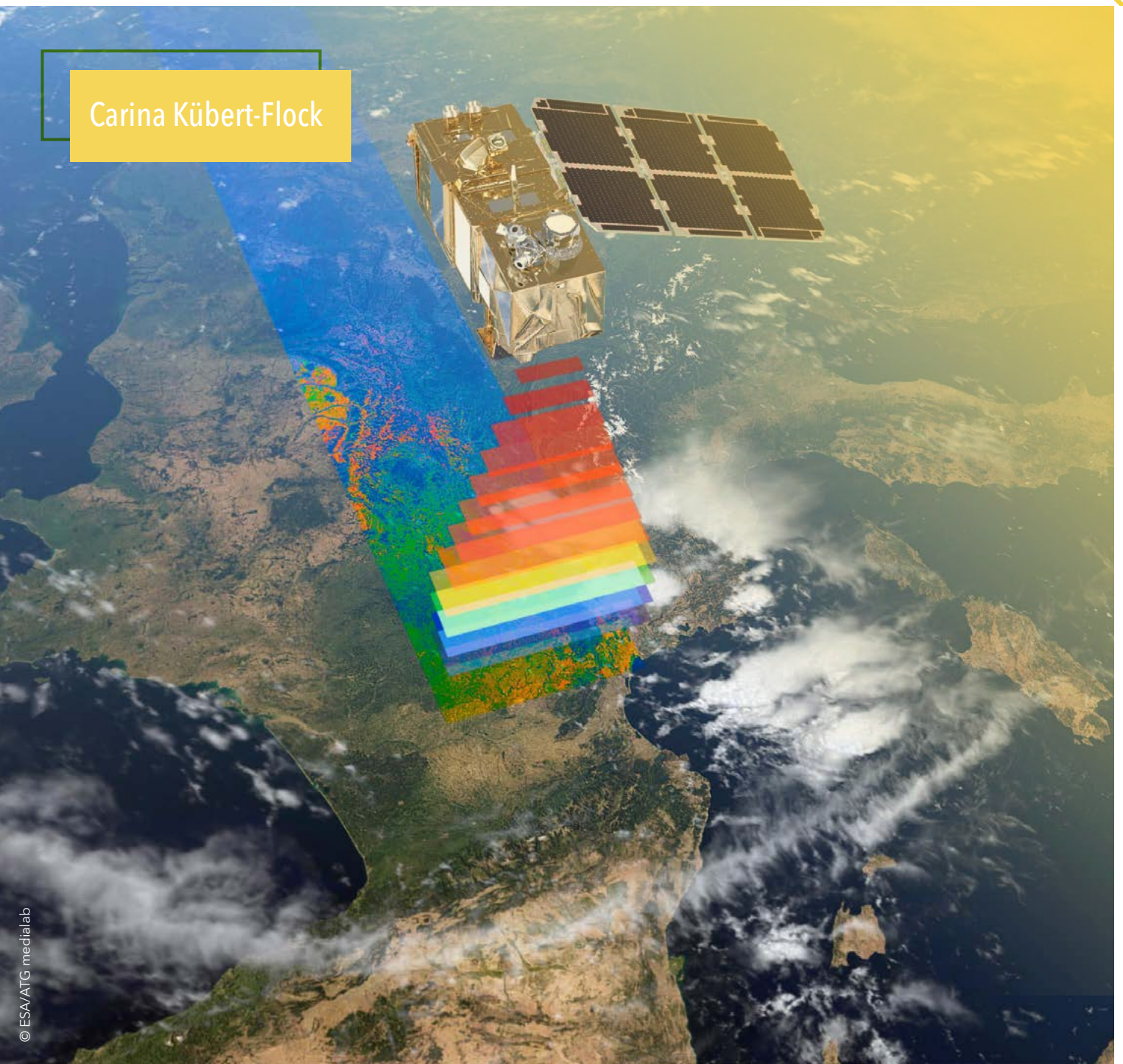


Wie in jeder anderen Behörde, so ist sie auch im HLNUG unverzichtbar: Die Abteilung Zentrale Aufgaben. Sie sorgt dafür, dass die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des HLNUG ihren vielfältigen Aufgaben nachkommen können. Von der Beschaffung über den Haushalt und das Controlling, die IT, das Personal- und Immobilienmanagement, das Justizariat bis hin zum Fuhrpark und vielen weiteren organisatorischen Aufgaben gewährleistet die Abteilung Z Tag für Tag, dass das HLNUG an einer lebenswerten Zukunft arbeiten kann.

DEZERNAT INFORMATIONSTECHNIK

Hessen aus dem All: Fernerkundung für das Umweltmonitoring

Carina Kübert-Flock



▤ In diesem Beitrag begeben wir uns auf eine Höhe von etwa 800 km über der Erdoberfläche und richten unseren Blick aus dem All nach Hessen. Von hier oben können wir mit Sensoren auf zahlreichen Satelliten, die die Erde täglich umrunden, verschiedene Umweltmedien flächenhaft, kontinuierlich und objektiv messen und beobachten. Diese Technologie kam in den letzten beiden Jahren unter anderem durch die Arbeit der Kompetenzstelle Fernerkundung vermehrt für die Aufgaben des HLNUG zum Einsatz. Wie und was diese Sensoren messen, welche Routine-Arbeiten damit unterstützt werden und welche Informationsprodukte für verschiedenen Fachanwendungen erstellt wurden, stellt dieser Beitrag vor.



Fernerkundung:

Fernerkundung ist der Oberbegriff für alle Techniken, mit denen man Informationen über ein weit entferntes Objekt erheben kann, ohne mit diesem in Kontakt zu stehen. Die Messung findet aus der Ferne statt. Ähnlich wie mit Teleskopen auf der Erde astronomische Objekte, wie Sterne oder Schwarze Löcher, beobachtet werden, kann mit Hilfe von Sensoren auf Satelliten die Erdatmosphäre und -oberfläche erfasst werden. Man spricht dann von Satellitenfernerkundung oder Erdbeobachtung.

Was ist Fernerkundung?

Die Mehrzahl der rund 900 Fernerkundungssatelliten befindet sich auf einem niedrigen Erdumlauf (Orbit) in einer Entfernung von rund 700-800 km. Der Orbit führt dabei über die Polarregionen und ein Umlauf dauert etwa 90-100 Minuten, während sich die Erde im Tagesverlauf um ihre Achse dreht. Beginnt der Satellit dann mit dem nächsten Umlauf, überfliegt er einen räumlich versetzten Streifen der Erde, bis er nach einer bestimmten Zeit (zeitliche Auflösung) den gesamten Planeten erfasst hat (Abb. 1).

Dieser Umlauftyp ermöglicht es, je nach Sichtfeld der Sensoren unterschiedlich breite Streifen der Erdoberfläche aufzunehmen. Damit kann ein Sensor an einem Tag die gesamte Erdoberfläche mit grober geometrischer Auflösung aufnehmen (z. B. MODIS auf Terra) oder einzelne Streifen mit hoher geometrischer Auflösung (z.B. MSI auf Sentinel-2). Diese Streifen werden anschließend vom Herausgeber der Daten vertikal in mehrere Szenen aufgeteilt. Zur Abdeckung von Hessen mit Sentinel-2 benötigt man beispielsweise zwei Umläufe mit insgesamt sieben Szenen.



Abb. 1: Veranschaulichung des Low Earth Orbit mit polarer Umlaufbahn © DLR (CC BY 3.0)

Die Rolle der Auflösung

Die Auflösungsigenschaften der Sensoren sind ein entscheidender Faktor, ob ein Sensor für eine bestimmte Fragestellung geeignet ist. Hier unterscheidet man geometrische, zeitliche, spektrale und radiometrische Auflösung.

Tab. 1: Auflösungsigenschaften von Satellitendaten

Auflösung	Erläuterung
geometrisch (räumlich)	Größe des kleinsten Objekts, das vom Sensor dargestellt werden kann; entspricht der Größe eines einzelnen Pixels
temporal (zeitlich)	Zeitraum zwischen zwei identischen Aufnahmen eines Gebiets
spektral	Anzahl und Lage der Kanäle im elektromagnetischen Spektrum
radiometrisch	Detailschärfe des gemessenen Signals

Eine besondere Rolle spielt die geometrische Auflösung, die auch als Pixelgröße angegeben wird. Sie kennzeichnet, welcher Flächenabschnitt in einem Pixel dargestellt wird. Da der Sensor die physikalische Messung über diese Fläche erfasst, wirken Daten mit abnehmender geometrischer Auflösung zunehmend verpixelt (Abb. 2).

Daten mit einer hohen geometrischen Auflösung sind aber nicht immer denen mit geringerer Auflösung vorzuziehen, weil damit meist der zeitliche Abstand zwischen zwei Aufnahmen desselben Gebiets zunimmt. Diese zeitliche Auflösung ist jedoch beispielsweise für zeitlich variable Größen besonders relevant. Hier bieten sich multi-temporale Auswertungen, wie die Zeitreihenanalyse, an. Zur Verbesserung der zeitlichen Auflösung setzt die ESA mit ihren Sentinel-Satelliten zwei baugleiche Satellitensysteme (z. B. Sentinel-1A und Sentinel-1B) ein, die um 180° versetzt auf demselben Orbit fliegen. Damit kann die zeitliche Auflösung verdoppelt werden.

Unsichtbares sichtbar machen: Was und wie „sehen“ Sensoren?

Elektromagnetische Strahlung ist eine Form der Energie, die auch im Vakuum (Weltall) übertragen wird. Sie wird von einer Energiequelle (beispielsweise unserer Sonne oder einem RADAR-Satelliten) ausgesendet und von den Objekten der Erdoberfläche unterschiedlich absorbiert oder reflektiert. Der Anteil der reflektierten Strahlung wird dann als Signal am Sensor physikalisch gemessen. Für die Fernerkundung sind jedoch nicht alle Bereiche des elektromagnetischen Spektrums relevant, sondern nur ein Ausschnitt, beginnend bei kurzen Wellenlängen im

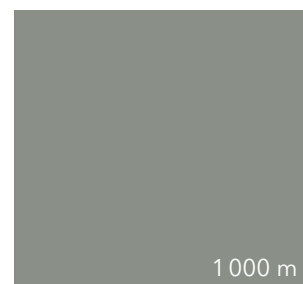
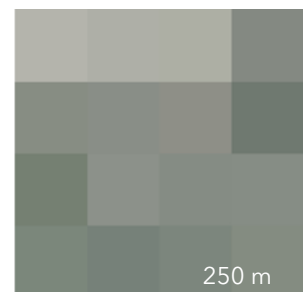
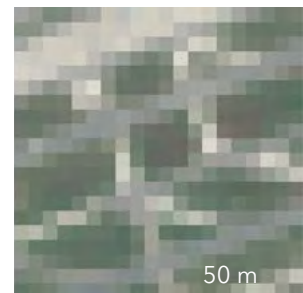
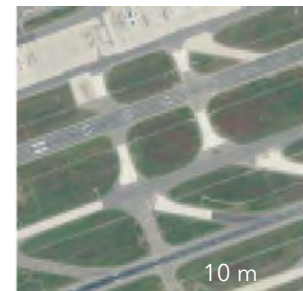
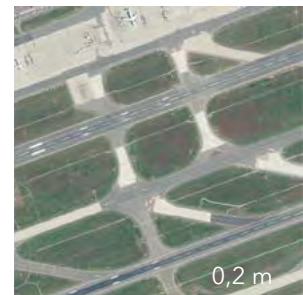


Abb. 2: Detailgehalt bei veränderter geometrischer Auflösung; Datenquelle: DOP HVBG, Bearbeitung HLNUG

violetten Bereich des sichtbaren Lichts über das nahe und ferne Infrarot über den thermalen Bereich bis hin zu Mikro- und Radiowellen.

Mit Hilfe der Spektralbereiche des elektromagnetischen Spektrums wird die Fernerkundung in drei große Bereiche unterteilt: optische (Sichtbares Licht und Infrarot), thermale und RADAR-Fernerkundung (Abb. 3).

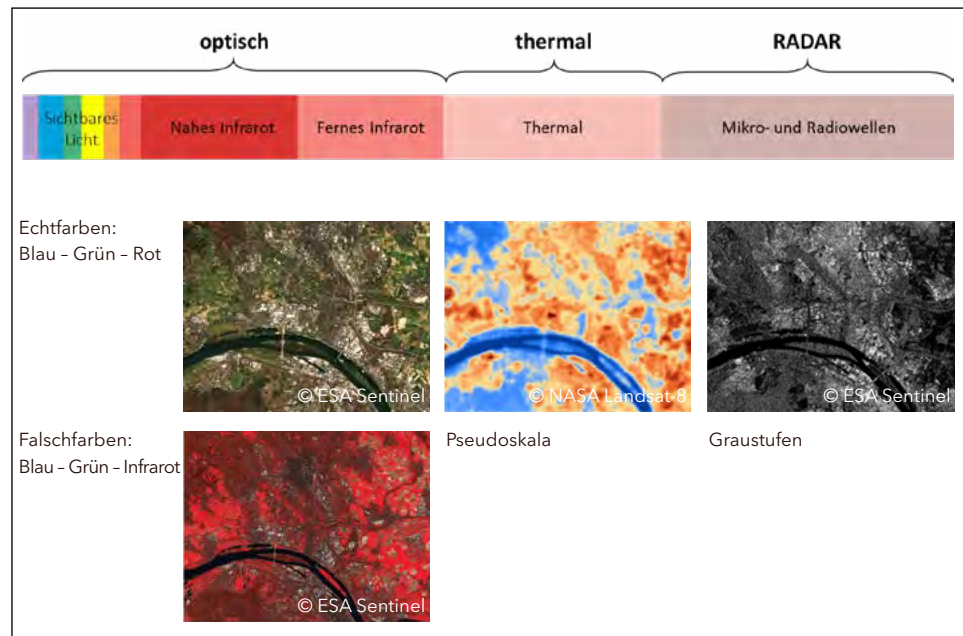


Abb. 3: Visualisierungen von Daten aus unterschiedlichen Spektralbereichen

Jede Wellenlänge erlaubt es, andere Eigenschaften von Objekten zu erkennen. Unsere Augen – auch das sind Sensoren – sehen elektromagnetische Strahlung, die von der Sonne oder künstlichen Lichtquellen ausgesendet und von Objekten reflektiert wird. Weil wir diese Strahlung sehen können, nennen wir sie „sichtbares Licht“. Ein Pflanzenblatt sieht für uns grün aus, weil es vor allem grünes Licht zurückstrahlt und ein rotes Fahrrad ist rot, weil es viel rotes Licht reflektiert. Gesunde Vegetation reflektiert aber vor allem Strahlung im nahen Infrarotbereich. Die Satelliten können in diesem Bereich „sehen“, ob die Vegetation z. B. unter Wassermangel leidet oder ob in einem See Algen wachsen. Diese Information stammt dann aus dem infraroten Kanal und kann in einer Falschfarbendarstellung (z. B. Blau - Grün - Infrarot) visualisiert werden.

Satelliten sind unsere Augen im All. Durch Visualisierungen der verschiedenen Wellenlängen können wir für uns Unsichtbares (z. B. Thermalstrahlung in Pseudofarben von blau (kalt) nach rot (warm)) sichtbar machen.

Energie in Informationen umwandeln: Mehr als bunte Bilder

Diese Visualisierungen beeindruckten ohne Zweifel, zeugen sie doch direkt oder indirekt von den Einflüssen des Menschen auf das System

Erde. Dadurch schafft die Fernerkundung ein Bewusstsein für die Einzigartigkeit unseres Planeten (DECH et al. 2008). Sie bot große Fortschritte beim Verständnis des Klimasystems und seiner Veränderungen durch die Quantifizierung von Prozessen und raum-zeitlichen Zuständen der Atmosphäre, des Landes und der Ozeane (YANG et al. 2013). Als eigenständige Forschungsdisziplin liefert sie eine umfassende Datenbasis, vielfältige Methoden der Datenverarbeitung zum Ableiten von Geoinformationen (z.B. Berechnung von Indizes, Modellierung (bio-) physikalischer Parameter, statistische Verfahren) und Validierung. Damit trägt sie evidenzbasiert zum Prozessverständnis bei (BALLARI et al. 2023; JETZ et al. 2019; PETTORELLI et al. 2016).

Das Zitat von Peter Drucker lässt sich auf die Aufgaben des HLNUG übertragen: Fachleute verschiedener Disziplinen messen den Zustand und die Veränderung der wesentlichen Umweltmedien Wasser, Boden und Luft, das Klima sowie die naturschutzrelevanten Lebensräume und Arten in Hessen. Daten werden erfasst, gesammelt, in Informationen umgewandelt und schließlich in Form von Konzepten, Handlungsempfehlungen und Gutachten genutzt sowie in Fachinformationssystemen zugänglich gemacht.

Die jahrzehntelange Expertise im Aufbau, dem Betrieb und der Instandhaltung von Messsystemen und Messnetzen sowie in der Planung, Durchführung und Auswertung von Messkampagnen wird nun durch technologische Innovationen aus dem All unterstützt: Die Fernerkundung blickt seit dem Start des ersten Landsat-Satelliten im Jahr 1972 ebenfalls auf eine lange Tradition der Datenaufnahme zurück (CRACKNELL 2018). Die Weiterentwicklung der Raumfahrt, verbesserte Sensorensysteme, Fortschritte in der computergestützten Informationstechnologie und die freie sowie die kostenlose Verfügbarkeit von Satellitendaten und Auswertetools der amerikanischen und europäischen Raumfahrtorganisationen führten die Fernerkundung in ein „Goldenes Zeitalter“ (McCABE et al. 2017) und zu Daten mit einer noch nie dagewesenen räumlichen und zeitlichen Detailgenauigkeit (McCABE et al. 2019).

Die Kompetenzstelle Fernerkundung im HLNUG

Die Kompetenzstelle Fernerkundung im HLNUG ist zentraler Ansprechpartner für das Thema Fernerkundung und widmet sich der Synthese von fernerkundlichen Methoden und fachspezifischen und fachübergreifenden Fragestellungen. Sie ist dem Dezernat Z4 Informationstechnik zugeordnet und aufgrund der räumlich verorteten Datengrundlage im Fachbereich Geodateninfrastruktur und Fachanwendungen angesiedelt. Mit ihr wurde eine Möglichkeit geschaffen, die Potenziale und

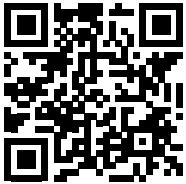


„Man kann nicht verwalten, was man nicht messen kann. Und man kann nicht verbessern, was man nicht verwalten kann“

– Peter Drucker



[hlnug.de/themen/
fernerkundung](https://hlnug.de/themen/fernerkundung)



Limitation der Fernerkundung für das Umweltmonitoring im Land Hessen zu eruieren.

Als zentraler Ansprechpartner für die Fernerkundung koordiniert sie die Aktivitäten in Zusammenarbeit mit allen Beteiligten im HLNUG, mit weiteren hessischen Landesbehörden, dem hessischen Raumfahrtkoordinator und anderen Landesumweltämtern sowie dem Bund. Als eine erste Maßnahme hat die Kompetenzstelle im Juli 2021 die hausinterne „Arbeitsgruppe Fernerkundung“ aufgebaut, in der zum aktuellen Stand 14 Kolleginnen und Kollegen der Fachabteilungen und -dezernate vertreten sind. Die aktive Mitgestaltung der Fachkolleginnen und Fachkollegen spielt dabei eine zentrale Rolle für den Einsatz der Fernerkundung als komplementäre Datenbasis. Die regelmäßigen Sitzungen fördern den Informationsaustausch hinsichtlich der Projektfortschritte, Fachwissen (z. B. durch Workshops und Weiterbildungen Dritter) sowie die Identifikation von Synergieeffekten.

Die Dynamik und stetig wechselnde Anforderungen erfordern eine kontinuierliche Weiterführung und Konkretisierung des Konzepts zur Nutzung von Copernicus- und anderen Erdbeobachtungsdaten in den Arbeitsprozessen des HLNUG. Die sehr heterogenen fachlichen Anforderungen und die immensen zur Verfügung stehenden Datenmengen setzen eine intensive (Literatur-)Recherche für die Identifikation relevanter Satelliten- und ergänzender Daten und anwendbarer Methoden voraus. Es werden Analysen der Chancen und Grenzen der Satellitenfernerkundung durchgeführt und Konzepte erarbeitet.

Die Kompetenzstelle unterstützt und begleitet die Fachabteilungen bei der Initiierung und Durchführung von Fernerkundungsprojekten, steuert den Wissensaufbau und -transfer im HLNUG, nimmt an Veranstaltungen des HLNUG (z.B. Stadtklimaveranstaltung, HLNUG-Kolloquium) und Dritter (z.B. Konferenz Hessen in Space, Runder Tisch Satellitendaten) teil und organisiert selbst Workshops oder Schulungen. Eine Veranstaltung zu Möglichkeiten und Limitationen der Fernerkundung im Umweltbereich für unterschiedliche Interessengruppen steht im Fokus der Arbeiten für das kommende Jahr.

Die Umsetzung von Projekten bedarf einer leistungsfähigen und effizienten IT-Infrastruktur mit zugehöriger Fachsoftware. Hierzu wurden und werden nicht nur hausintern Speicher- und Prozessierungsmöglichkeiten geschaffen, sondern es werden auch Synergien und Potenziale berücksichtigt, die sich aus der Zusammenarbeit mit anderen Behörden ergeben. Auch die niedrighschwellige Bereitstellung der fernerkundungsbasierten Informationen über Web-Services, die sowohl der europäischen INSPIRE-Richtlinie als auch dem hessischen Open-Data-Gesetz

(HODaG) entsprechen müssen, sind Aufgaben der Kompetenzstelle, die in enger Zusammenarbeit mit dem Fachbereich Geodateninfrastruktur und Fachanwendungen realisiert werden.

Schließlich entwickelt die Kompetenzstelle auch eigene Projekte zur Verbesserung des Vollzugs des Umweltrechts, zur Ergänzung des Serviceangebots des HLNUG (z.B. Hitzeviewer) und zur effizienteren Erledigung bestehender Aufgaben. Dazu gehört auch die Einwerbung von Fremdmitteln zur Finanzierung von Projekten sowie die Beteiligung an der Durchführung institutions- oder länderübergreifender Projekte.

Fernerkundungsbasierte Fachanwendungen am HLNUG

Auch für lokale und regionale Fragestellungen ist die Fernerkundung heute zu einem wichtigen Werkzeug geworden – so auch für uns in Hessen und in besonderem Maß für das Umweltmonitoring. Für jede Fachabteilung werden nachfolgend Anwendungsbeispiele dargestellt, die mittels eigener oder assoziierter Projekte, Drittmittel oder durch Vergaben durchgeführt werden. Ergänzt werden sie durch studentische Abschlussarbeiten und Förderprojekte, die beispielsweise durch das Fachzentrum Klimawandel und Anpassung und den Hessischen Biodiversitätsfonds – zukünftig durch das Lore-Steubing-Institut – gefördert werden.

Thema Wasser

Mit der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EG, EU-Wasserrahmenrichtlinie (2000)) geht die Verpflichtung zum regelmäßigen Reporting einer Reihe von Gewässerqualitätsmerkmalen einher, wobei das HLNUG für die Überwachung des Gewässerzustandes und die Datenverarbeitung zuständig ist. Die Überwachung der Wasserqualität ist traditionell arbeitsintensiv und kostspielig, was die Probenahme in zeitlicher und räumlicher Hinsicht einschränkt. Wenn Proben genommen werden, sind die Messungen oft lokal begrenzt und repräsentieren möglicherweise nicht die benachbarten Gewässerareale. Proben, die an einem bestimmten Tag entnommen werden, sind unter Umständen nicht repräsentativ für die Wasserqualität an diesem Ort über eine Woche, einen Monat oder eine Saison (PAPATHANASOPOULOU et al. 2019).

Die Verwendung von Fernerkundungssatellitendaten bietet Methoden zur Ableitung von Wasserqualitätsmaßen und ermöglicht flächenhafte Messungen in verbessertem zeitlichem und räumlichem Umfang. Hier setzt das Verbundprojekt „BIGFE – Erfassung der Wasserqualität und Wasserflächenausdehnung von Binnengewässern durch Fernerkundung“

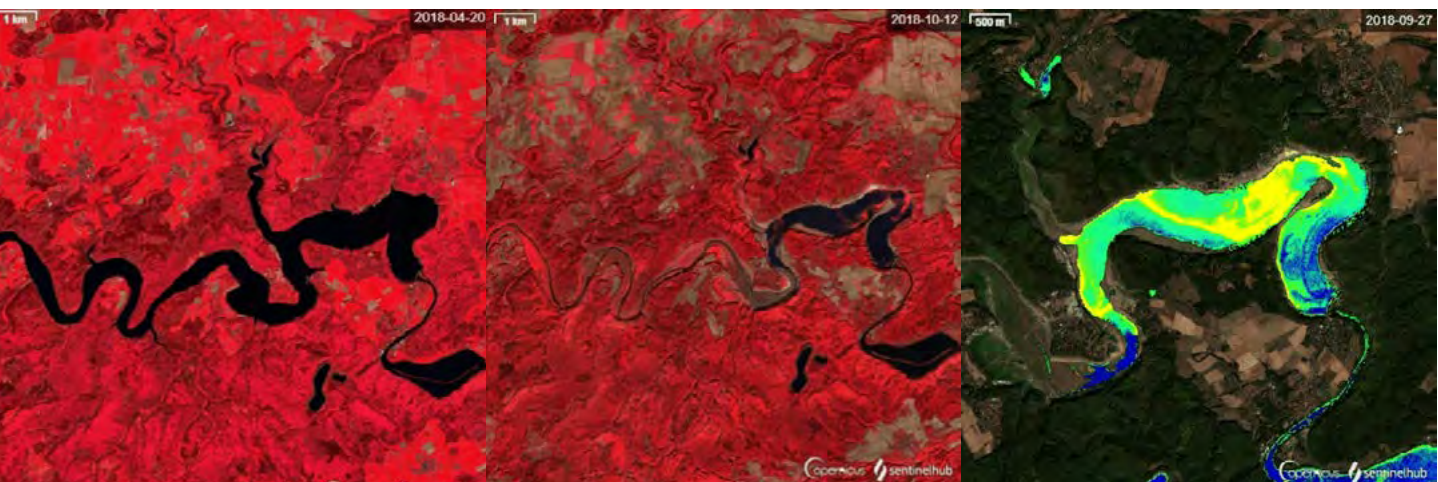


Abb. 4: Die Edertalsperre im Jahresverlauf links und mittig: Falschfarbendarstellungen der Wasserfläche am 20.04. und 12.10.2018, rechts: Vegetation und Algen im Wasser am 27.09.2018 (blau: klares Wasser, gelb: Algenblüte, enthält modifizierte Copernicus Sentinel-Daten [2018], die von Sentinel Hub verarbeitet wurden); Quelle: ESA Sentinel und Sentinel Hub EO Browser

(Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH (UFZ) 2023) an, bei dem das HLNUG als assoziierter Partner zu einer systematischen Untersuchung über die Eignung der Fernerkundung für das behördliche Wasserqualitätsmonitoring und die Wasserflächenausdehnung beiträgt.

Der entwickelte Water-Mask-Analyser ist ein Werkzeug, das die Ausdehnung und Dynamik von Gewässerflächen auf Basis von multitemporalen Sentinel-1-, Sentinel-2- und Landsat-8-Daten bestimmt (BUETTIG et al. 2022). Ein automatischer Schwellenwert-Algorithmus unterscheidet Wasser- von Nicht-Wasserflächen. Für ausgewählte Talsperren wurden Ganglinien der Wasseroberfläche für mehrere Jahre mit In-situ-Daten validiert. Hinsichtlich der Gewässergüte stehen für die Edertalsperre zwei (vorläufige) Steckbriefe mit Übersichten von Zeitreihen und Validierungsmaßen für Chlorophyll-a und Sichttiefe für die Jahre 2016–2020 zur Verfügung. Sie visualisieren den Vergleich von Satelliten- und in-situ-Analyseergebnissen und ordnen diese ein (Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH (UFZ) 2023). Vor allem die Sentinel-2-Daten ergänzen und verdichten die in-situ-Messungen, was wiederum zu neuen Erkenntnissen in der Gewässerforschung führen wird.

Thema Geologie

Aktuelle Geoinformationen werden für Planungsprozesse und strategische Entscheidungen, z.B. bei der Verkehrswegeplanung, benötigt. Sie sind unverzichtbare Grundlage, um Gefährdungen von Gebäuden und Infrastruktur, etwa durch großflächige durch Setzungen und Hebungen, beurteilen zu können. Während die Absenkung des Grundwassers oder Bodens durch Bergbau, Industrie oder Baumaßnahmen regional leicht eingrenzbar ist, können klimawandelbe-

dingte Veränderungen nur schlecht vorhergesagt werden (IWASZCZUK et al. 2022). Aus regelmäßigen Befliegungen mit flugzeuggestützten Laserscannern werden räumlich hochaufgelöste digitale Gelände- und Oberflächenmodelle erstellt (Hessische Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation (HVBG) 2023). Vorteile dieser Laserscan-Daten sind die hohe räumliche Auflösung und die Möglichkeit, auch kleinräumige Bewegungen unterhalb der Vegetationsbedeckung zu erkennen. Nachteilig ist die geringe zeitliche Auflösung von mehreren Jahren zwischen den Befliegungen (IWASZCZUK et al. 2022).

Satellitengestützte Interferometrische SAR-Messungen (InSAR) liefern eine sehr hohe zeitliche Auflösung von etwa sechs Tagen zwischen den Datenpunkten. Die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) betreibt den „Bodenbewegungsdienst Deutschland“, der auf bundesweiten Copernicus Sentinel-1 Daten beruht und an dessen Entwicklung auch das HLNUG beteiligt war (Abb. 5). Allerdings ist die räumliche Verteilung der InSAR-Punkte zufällig und stark heterogen, so ist in Städten die Punktdichte extrem hoch und in unbebauten Regionen quasi nicht vorhanden (IWASZCZUK et al. 2022).

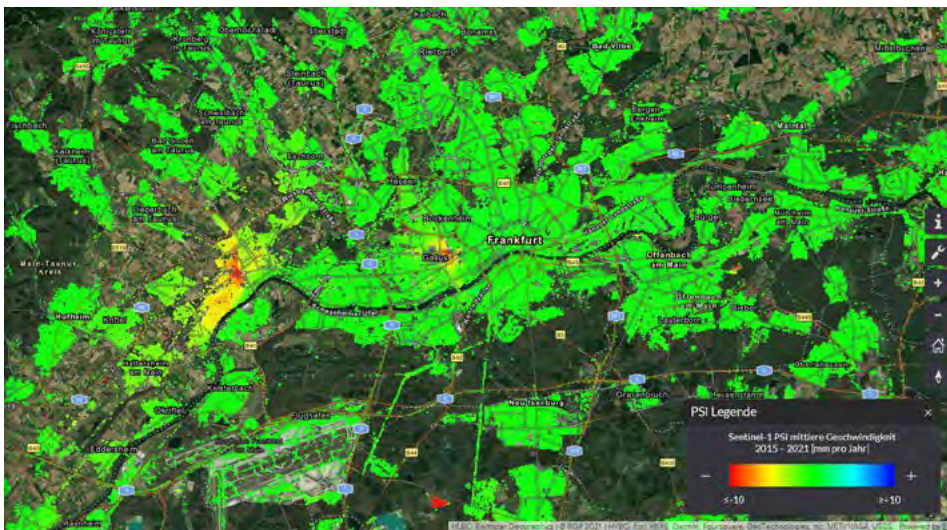


Abb. 5: Ausschnitt des Bodenbewegungsdienst für Frankfurt a.M.; Quelle: <https://bodenbewegungsdienst.bgr.de>

Das vom Hessischen Digitalisierungsministerium geförderte Projekt „Umwelt 4.0 – Nutzung digitaler Geländemodelle und Copernicus-Daten“ kombiniert die flugzeug- und satellitengestützten Daten, um auftretende Bodenbewegungen und sogar Massenbewegungen frühzeitig zu erkennen und Maßnahmen einzuleiten.

Es liegt dadurch eine flächenhafte Darstellung von Bodenbewegungen mit einer horizontalen Auflösung von wenigen Millimetern für ganz Hessen vor. Darüber hinaus wurden Bodenbewegungs-Hot Spots in Hessen automatisiert identifiziert. Für Fokus-Gebiete wurden die Bodenbewe-

gungen im Vergleich mit anderen Geodaten (z.B. Füllstände von Gasspeichern, Niederschläge und Pegelstände) verschnitten und analysiert. Perspektivisch werden die Daten im Geologie-Viewer (<https://geologie.hessen.de>) veröffentlicht, was auch die Weiternutzung fachübergreifender Fragestellungen (z.B. Hochwasserschutz, kritische Infrastruktur oder Erosion) ermöglichen wird.

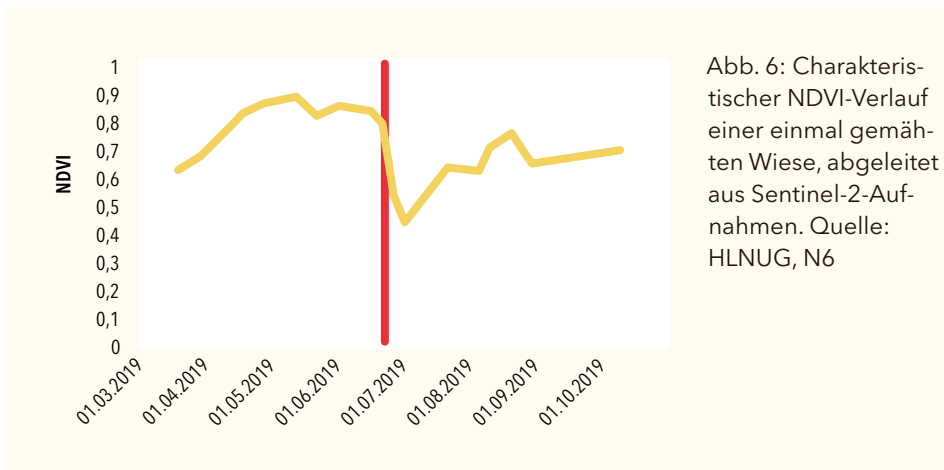
Thema Naturschutz

Die Überwachung und Berichterstattung über den Zustand der Natur hat in der Europäischen Union mit der Umsetzung der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie und der EG-Vogelschutzrichtlinie im Rahmen des Natura-2000-Netzes (SSYMANK et al. 1998) an Bedeutung gewonnen. Die Berichterstattung über den Erhaltungszustand von Lebensräumen erfordert detaillierte Kenntnisse über viele Aspekte von Lebensräumen auf verschiedenen räumlichen Ebenen. Darüber hinaus entfällt eine Fläche von 442 867 ha – also ein Fünftel Hessens – auf Natura 2000-Gebiete.

Die Flächenhaftigkeit und Wiederholbarkeit fernerkundlicher Messungen macht diese zu einem leistungsfähigen Instrument zur Erfassung synoptischer Daten (VANDEN BORRE et al. 2011). In der Abteilung Naturschutz wird die Fernerkundung für eine Vielzahl von Anwendungen geprüft und eingesetzt.

Für ökologische und den Naturschutz betreffende Fragen sind vor allem multi-temporale Zeitreihen optischer und RADAR-Daten eine geeignete Datengrundlage. Die nahezu wetterunabhängigen RADAR-Daten komplementieren dabei die wolkenbeeinflussten optischen Daten. Aus der am Sensor gemessenen Strahlung werden Indizes (einheitslose Größen, wie der normalisierte, differenzierte Vegetationsindex NDVI) oder Parameter ((bio-)physikalische Größen, wie der Anteil der photosynthetisch aktiven Strahlung) ermittelt, die dann statistisch ausgewertet werden.

Jährlich beauftragt das HLNUG Gutachterinnen und Gutachter, die die Lebensräume und Biotope im Gelände erfassen sowie auf einer Karte verzeichnen und darüber hinaus – nach hessenweit einheitlichen Vorgaben – biotoptypische Arten, Habitate und Strukturen sowie Beeinträchtigungen ermitteln. Diese zeit- und personalaufwändige terrestrische Kartierung wird im HLNUG aus dem All unterstützt: Optische Sentinel-2-Aufnahmen zusammen mit anderen GIS-Daten erlauben die Erstellung der „Suchraumkulisse Grünland“. Diese dient den Kartierenden als wertvolle Hilfe bei der Kartiervorbereitung. Hier wird auch deutlich, dass die Fernerkundung traditionelle Mess- und Kartierverfahren keineswegs ersetzen kann und soll, diese aber effizient ergänzt.

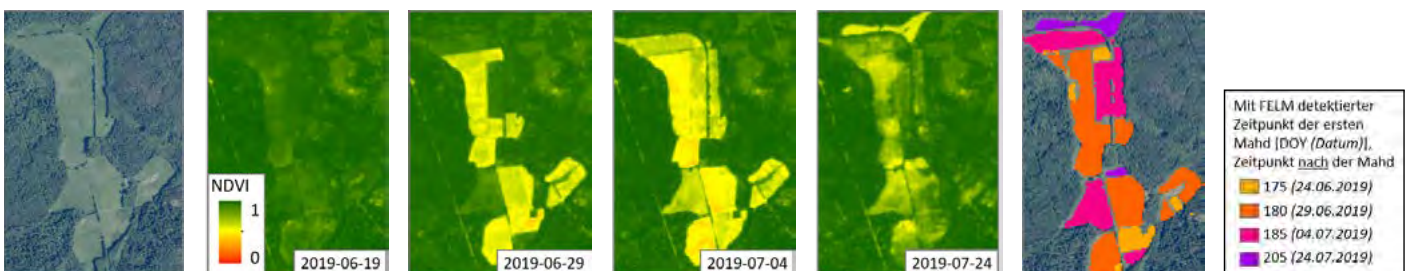


Auch die Überwachung von Management-Praktiken gemäß der Natura 2000-Bestimmungen kann aus dem All unterstützt werden. Hier war das HLNUG in Kooperation mit den Landesumweltämtern Sachsen (BfUL) und Rheinland-Pfalz (LfU) an der (Weiter-)Entwicklung der Software FELM (Fernerkundungsgestützte Erfassung von Lebensraumtypen für das Natura 2000-Monitoring) beteiligt, das von der Firma EFTAS Fernerkundung Technologietransfer GmbH entwickelt wird (BUCK et al. 2018). Mit dem ArcGIS-Add-in können der Mahdzeitpunkt und die Mahdhäufigkeit von Grünlandflächen detektiert werden: Der zeitliche NDVI-Verlauf spiegelt das Maß der Photosyntheseaktivität wider. Gemähte Flächen zeigen sich durch einen deutlichen Abfall des NDVI-Signals, weil nach der Mahd weniger grüne Vegetation vorhanden ist (Abb. 6 und 7).

Aus den jährlichen Ergebnissen wurde eine hessenweite Zusammenstellung von Mahdhäufigkeiten und erstem Mahdzeitpunkt des Jahres erstellt, die für unterschiedliche Monitoringfragen eingesetzt werden.

Die Arbeiten werden in einem zweiten DLR-Leuchtturmprojekt „Cop-Grün“, an dem das HLNUG ebenfalls als assoziierter Partner beteiligt ist, fortgeführt. Es wird erwartet, dass die aufwendige behördliche Überwachung von geschütztem und schutzwürdigem Grünland, welches aufgrund von Flächenverbrauch und Nutzungsintensivierung unter hohem Druck steht, über ein niederschwelliges, nutzungsorientiertes und den Landesämtern kostenlos zur Verfügung gestelltes User-Interface unter-

Abb. 7: Ergebnis der FELM Mahdanalyse für eine Grünland-Fläche bei Darmstadt in Hessen (Scheffheimer Wiesen). Berechnet mit Sentinel-2-Aufnahmen von 2019.



stützt und erleichtert wird (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR) 2021).

Im Januar 2023 startet ein zweijähriges Buchenwaldprojekt, bei dem hessenweit Buchenwaldsuchräume erfasst werden sollen und die Vitalität von Buchenwäldern betrachtet wird.

Thema Hitzebelastung

Der Klimawandel ist in Deutschland und Hessen angekommen. Das war im Sommer 2018 deutlich zu spüren: Die Jahresdurchschnittstemperatur lag 3 °C höher als im langjährigen Mittel (1961–1990). In Frankfurt am Main wurde deutschlandweit die höchste Jahresmitteltemperatur (12,9 °C) gemessen (Hessisches Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie (HLNUG) 2022). Diese Informationen werden aus kontinuierlichen Wetteraufzeichnungen in 2 m Höhe über dem Boden an 37 DWD-Stationen, an denen die Temperatur gemessen wird, ermittelt. Um flächenhafte Aussagen für ganz Hessen machen zu können, müssen aufwändige Interpolationsverfahren eingesetzt werden.

Thermale Sensoren, wie MODIS auf dem Satelliten Terra oder TIRS auf dem Satelliten Landsat-8, messen die Landoberflächentemperatur direkt flächenhaft für ganz Hessen. Unter Mitwirkung des Fachzentrums Klimawandel und Anpassung (FZK) hat die Kompetenzstelle Fernerkundung für ganz Hessen zwei Produkte entwickelt, die auf verschiedenen räumlichen und zeitlichen Maßstäben Informationen zum Thema „Hitzebetroffenheit“ in Hessen liefern: Eine Informationsbroschüre mit Informationen zur entwickelten Methodik und den online verfügbaren Hitzeviewer Hessen. Im Hitzeviewer finden sich verschiedene, interaktive Karten auf zwei Maßstäben: Während MODIS tägliche Daten seit dem Jahr 2000 in einer räumlichen Auflösung von 1 km x 1 km liefert, erlaubt TIRS eine detailliertere Auflösung von 100 m x 100 m. Die Auflösungsvorteile des jeweiligen Sensors wurden in den Karten mit unterschiedlichen Aspekten der Hitzebelastung im Hitzeviewer Hessen kombiniert.

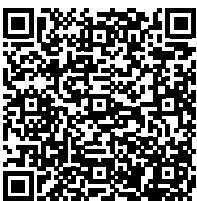
Insgesamt stehen 24 Karten auf einem landesweiten Maßstab zur Verfügung. Die Karte der maximalen Landoberflächentemperatur im Sommer 2018 (Abb. 8) zeigt eine hohe Hitzebelastung im Rhein-Main-Gebiet von Hanau bis Wiesbaden, in Darmstadt und vielen Kommunen im Hessischen Ried, in Limburg, Fulda, Gießen und Baunatal. Aber auch für viele andere Städte und Kommunen wurden hohe Temperaturen ermittelt, von Niestetal über Wabern, Bad Hersfeld, Schwalmstadt, Bad Nauheim, Babenhausen bis nach Michelstadt im Odenwald. Es sind also bei weitem nicht nur die Ballungsräume und großen Städte von Hitze



umweltdaten.hessen.de/hitzeviewer



hlnug.de/fileadmin/dokumente/klima/Handlungshilfen/Broschuere_Satellitenfernerkundung-Hessen_Hitzekarten.pdf



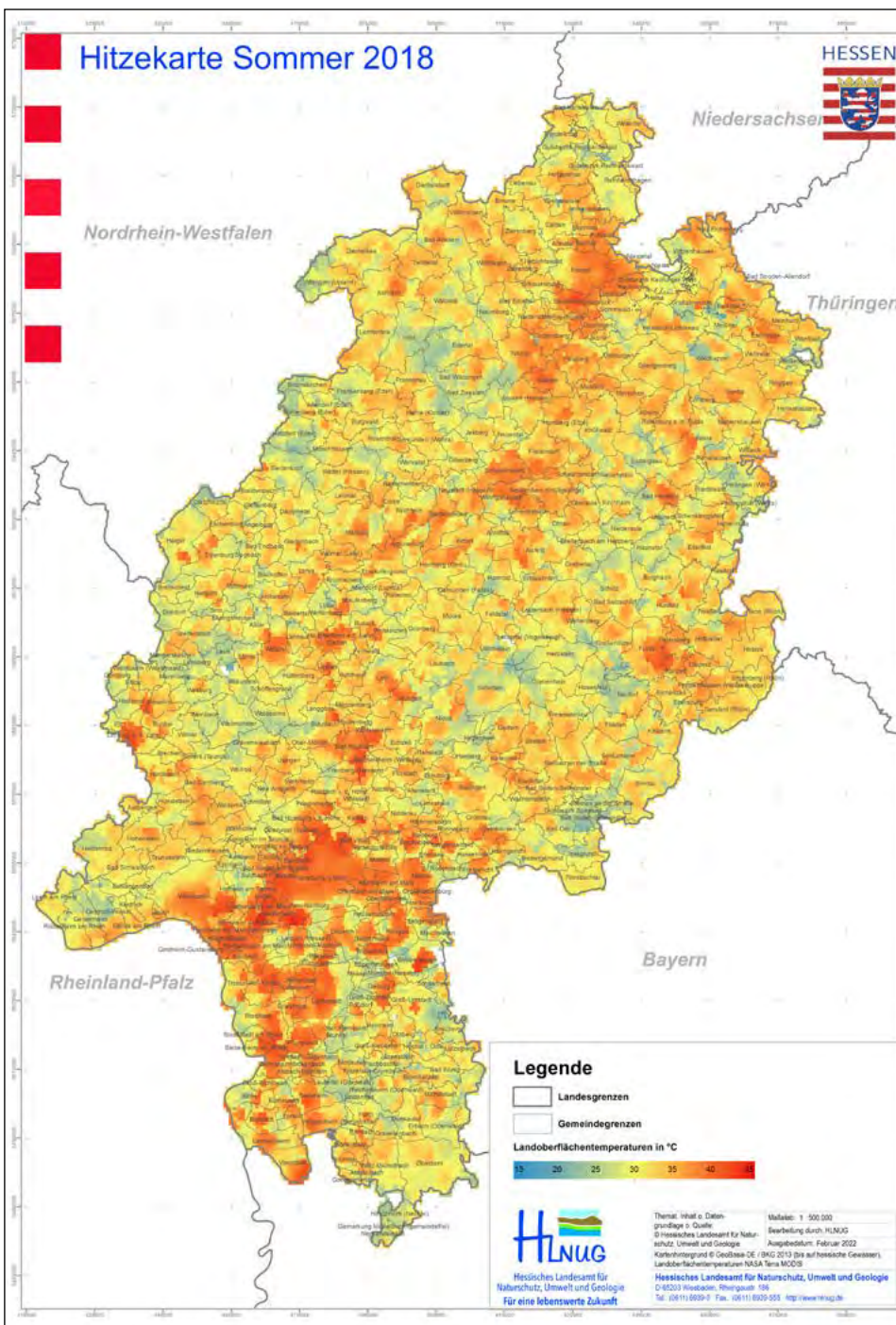
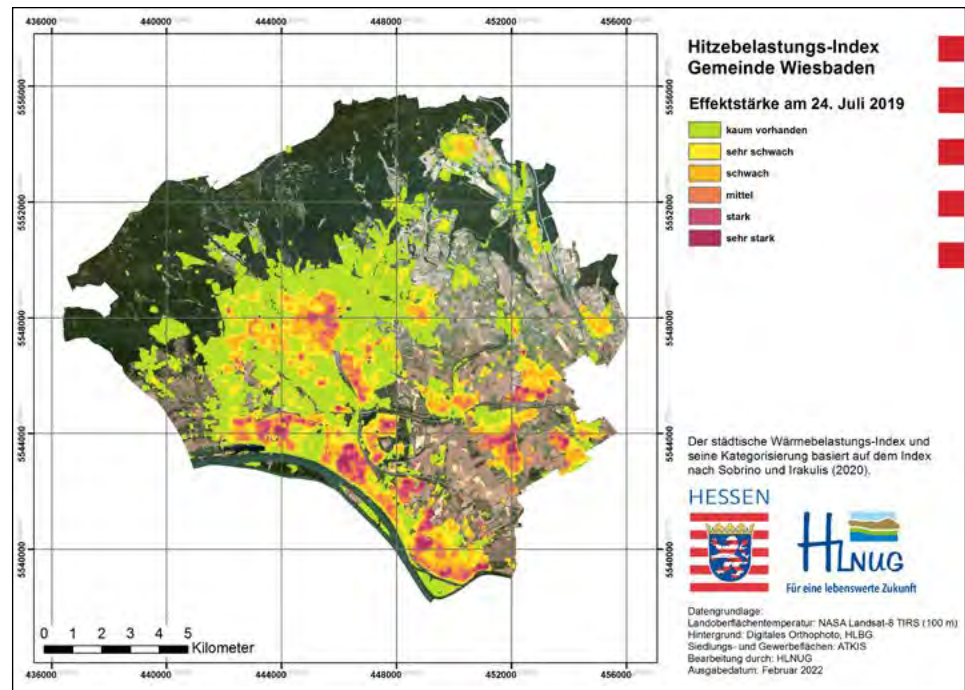


Abb. 8: Hitze im Sommer 2018 - maximale Landoberflächentemperaturen

betroffen, sondern auch kleinere Städte und Kommunen wie Korbach oder Witzenhausen im Norden Hessens. Kühle Gebiete finden sich vor allem in den bewaldeten Höhenlagen Hessens oder dem Nationalpark Kellerwald-Edersee. Während Abb. 8 die maximale Landoberflächentemperatur für lediglich ein einzelnes Jahr wiedergibt, zeigt der Datensatz „Mittlere Hitzebelastung im Sommer der Jahre 2001–2020“ eine Einordnung des Mittelwerts (Perzentilzuordnung) im Zeitraum von 20 Jahren (2001–2020, hier nicht gezeigt). Die Hitzebelastung wurde in

Abb. 9: Hitzebelastungsindex von Wiesbaden am 24.07.2019



sieben Klassen quantifiziert und erlaubt gemeinsam mit den jährlichen Daten eine weitere - vor allem jährlich variable - Differenzierung der Hitzebelastung in Hessen.

Zur Unterstützung der hessischen Kommunen stellt das Fachzentrum Klimawandel und Anpassung vielfältige Handlungshilfen, Checklisten und Methodenbaukästen bereit. Diese werden mit dem Hitzeviewer durch kommunale Karten auf Basis von Landsat-8-Daten vom 24. Juli 2019 ergänzt: Sie zeigen zum einen Cold Spots und Hot Spots, also Gebiete, die kälter oder wärmer als der Mittelwert der Kommune sind. Zum anderen setzt der Hitzebelastungsindex (SOBRINO & IRAKULIS 2020) die Oberflächentemperatur einer versiegelten oder bebauten Fläche in Bezug zur mittleren Oberflächentemperatur an allen Punkten der Siedlungs- und Gewerbeflächen der Kommune. Der Hitzebelastungsindex kategorisiert den Wärmeinseleffekt in sechs Effektstärken (Abb. 9).

Für ganz
Hessen stehen
jährlich rund **492**
Sentinel-2-Szenen
mit weniger als 50 %
Wolkenbedeckung zur
Verfügung.

Thema Informationstechnologie

Fernerkundliche Daten und Anwendungen weisen eine große Heterogenität der Datenmodelle und -formate sowie eine große Komplexität der Verarbeitung auf. Besonders bei hoher Auflösung wächst die Datenmenge einer Szene in den Gigabyte-Bereich. Eine leistungsfähige IT-Infrastruktur und anwendungsfreundliche Software sind für die effiziente Prozessierung unabdingbar. Gemeinsam genutzte Speicher- und Rechenkapazitäten, auch im Verbund mit anderen hessischen Behörden, bieten einen ganzheitlichen Ansatz, der von Abfragesprachen und

Skalierbarkeit bis hin zu mobilem Zugang und Visualisierung reicht (BAUMANN et al. 2016).

Für fernerkundliche Auswertungen stehen in der zentralen IT im HLNUG skalierbare, hochperformante IT-Infrastruktursysteme bereit, auf denen Anwendungssoftware und Datenbanken zur Datenprozessierung und Programmierung betrieben werden.

Die Strategie „Digitales Hessen“ benennt den Technologiebereich „Geoinformationen“ als eines von vier Handlungsfeldern, die eine zentrale Grundlage für Aufbau und Betrieb der digitalen Verwaltung darstellen. Das von der Hessischen Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation (HVBG) geleitete Projekt „GEO-HUB - Untersuchung neuer Bereitstellungsmöglichkeiten und Anwendungspotentiale von multidimensionalen Geodaten mit Raum-Zeit-Eigenschaften“ setzt sich zum Ziel, Fernerkundungsdaten des Copernicus-Programms (Sentinel-2) und weiterer Geobasisdaten performant und dienstbasiert bereitzustellen. Die Machbarkeitsstudie nutzt das Datenbankmanagementsystem „Rasdaman“, welches in der Verfahrenscloud Hessen der Hessischen Zentrale für Datenverarbeitung als Cloud-Technologie umgesetzt wird. Die Kompetenzstelle Fernerkundung ist in alle Projekttreffen eingebunden und wird die Umsetzung mittels Praxistests gemeinsam mit der HVBG bewerten.



Fazit

Als wichtige Informationsquelle spielt die Fernerkundung schon lange eine Rolle bei den Fragenstellungen des Globalen Wandels und Herausforderungen wie dem Klimawandel oder der Biodiversitätskrise. Auch auf kleineren Maßstäben, wie bei uns in Hessen und ganz besonders für das Umweltmonitoring, leistet sie einen wesentlichen Beitrag, vor allem aufgrund ihrer Flächenhaftigkeit und Wiederholbarkeit. Die physikalischen Messungen in verschiedenen Bereichen des elektromagnetischen Spektrums werden in vielfältige Informationen umgewandelt und sind am HLNUG inzwischen in allen Fachabteilungen mit Anwendungen etabliert: vom Wasserqualitätsmonitoring mittels der optischen Sentinel-Satelliten und der Detektion von Bodenbewegungen mit SAR-Daten von Sentinel-1 über multitemporale Zeitreihenanalyse für das Zustands- und Veränderungsmonitoring von Grünland bis hin zur zwei Dekaden umfas-

senden Auswertung thermaler Daten für den Hitzeviewer. Die Kompetenzstelle Fernerkundung arbeitet dabei an Lösungen für die Speicherung und Prozessierung von Satellitendaten und ist zentraler Ansprechpartner zum Thema Fernerkundung.

Literatur

- BALLARI, D., VILCHES-BLÁZQUEZ, L.M., ORELLANA-SAMANIEGO, M.L., SALGADO-CASTILLO, F., OCHOA-SÁNCHEZ, A.E., GRAW, V., TURINI, N. & BENDIX, J. (2023): Satellite Earth Observation for Essential Climate Variables Supporting Sustainable Development Goals: A Review on Applications. – *Remote Sens.* 15 (11): 2715–2740; Basel.
- BAUMANN, P., MAZZETTI, P., UNGAR, J., BARBERA, R., BARBONI, D., BECCATI, A., BIGAGLI, L., BOLDRINI, E., BRUNO, R., CALANDUCCI, A., CAMPALANI, P., CLEMENTS, O., DUMITRU, A., GRANT, M., HERZIG, P., KAKALETRIS, G., LAXTON, J., KOLTSIDA, P., LIPSKOCH, K., MAHDIRAJI, A. R., MANTOVANI, S., MERTICARIU, V., MESSINA, A., MISEV, D., NATALI, S., NATIVI, S., OOSTHOEK, J., PAPPALARDO, M., PASSMORE, J., ROSSI, A.P., RUNDO, F., SEN, M., SORBERA, V., SULLIVAN, D., TORRISI, M., TROVATO, L., VERATELLI, M.G. & WAGNER, S. (2016): Big Data Analytics for Earth Sciences: the EarthServer approach. – *Int. J. Digit. Earth* 9 (1): 3–29; Milton Park.
- BUCK, O., RÜHL, J., SCHROIFF, A., MÜNCH, D., WIEDE, S., BICSAN, A., MÜLLER, S., KLINK, A., HINTERLANG, D. & MÜTERTHIES, A. (2018): Der Einsatz von Fernerkundung im FFH-Monitoring am Beispiel der Anwendung FELM. – *Natur u. Landschaft* 93 (5): 215–233; Stuttgart.
- BUETTIG, S., LINS, M. & S. GOIHL (2022): WaterMaskAnalyzer (WMA) – A User-Friendly Tool to Analyze and Visualize Temporal Dynamics of Inland Water Body Extents. – *Remote Sens.* 14 (18): 1–12; Basel.
- CRACKNELL, A.P. (2018): The development of remote sensing in the last 40 years. – *Int. J. Remote Sens.* 39 (23): 8387–8427; Milton Park.
- DECH, S.W., GLASER, R., MEISNER, R. (2008): *Globaler Wandel. Die Erde aus dem All* – 259 S.; München (Frederking & Thaler).
- DLR (2021): Copernicus leuchtet Grün. Integration und Praxistransfer von Copernicus-Aktivitäten für ein umfassendes behördliches Monitoring von Grünland. [<https://d-copernicus.de/daten/beispiele-und-anwendungen/umwelt-und-naturschutz/copernicus-leuchtet-gruen/>; Stand: 02.10.2023].

- EU Wasserrahmenrichtlinie (2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (EU WRRL), vom 23.10.2000. [<https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2000L0060:20090625:DE:PDF>, Stand: 02.10.2023].
- HVBG (2023): 3D-Daten. [<https://hvbh.hessen.de/landesvermessung/geotopographie/3d-daten>, Stand: 02.10.2023].
- HLNUG (2022): Satellitenfernerkundung in Hessen - Mit Hitzekarten Hot Spots erkennen. [https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/klima/Handlungshilfen/Broschuere_SatellitenfernerkundungHessen_Hitzekarten.pdf, Stand: 02.10.2023].
- IWASZCZUK, D., HENK, A., HOMUTH, B., RUDOLF, M., TREFFEISEN, T. & KRZEPEK, K. (2022): Zwischenbericht Umwelt 4.0 - Cluster I. Nutzung digitaler Geländemodelle und Copernicus-Daten.
- JETZ, W., MCGEOCH, M.A., GURALNICK, R., FERRIER, S., BECK, J., COSTELLO, M.J., FERNANDEZ, M., GELLER, G.N., KEIL, P., MEROW, C., MEYER, C., MULLER-KARGER, F.E., PEREIRA, H.M., REGAN, E.C., SCHMELLER, D.S. & E. TURAK (2019): Essential biodiversity variables for mapping and monitoring species populations. - Nat. Ecol. Evol. 3 (4): 539-551; London.
- MCCABE, M.F., MIRALLES, D., HOLMES, T.R.H. & FISHER, J.B. (2019): Advances in the Remote Sensing of Terrestrial Evaporation. - Remote Sens. 11 (9): 1138; Basel.
- MCCABE, M.F., RODELL, M., ALSDORF, D.E., MIRALLES, D.G., UIJLENHOET, R., WAGNER, W., LUCIEER, A., HOUBORG, R., VERHOEST, N.E.C., FRANZ, T.E., SHI, J., GAO, H. & WOOD, E.F. (2017): The Future of Earth Observation in Hydrology. - Hydrol. Earth Syst. Sci. 21 (7): 3879-3914; Göttingen.
- PAPATHANASOPOULOU, E., SIMIS, S., ALIKAS, K., ANSPER, A., ANTTILA, S., ATILA, J., BARILLÉ, A.-L., BARILLÉ, L., BRANDO, V., BRESCIANI, M., BUČAS, M., GERNEZ, P., GIARDINO, C., HARIN, N., HOMMERSOM, A., KANGRO, K., KAUPPILA, P., KOPONEN, S., LAANEN, M., NEIL, C., PAPADAKIS, D., PETERS, S., POIKANE, S., POSER, K., PIRES, M.D., RIDDICK, C., SPYRAKOS, E., TYLER, A., VAIČIŪTĖ, D., WARREN, M. & ZOFFOLI, M.L. (2019): Satellite-assisted monitoring of water quality to support the implementation of the Water Framework Directive. EOMORES white paper. [<https://zenodo.org/records/3903776>; Stand: 02.10.2023].

- PETTORELLI, N., WEGMANN, M., SKIDMORE, A., MÜCHER, S., DAWSON, T.P., FERNANDEZ, M., LUCAS, R., SCHAEPMAN, M.E., WANG, T., O'CONNOR, B., JONGMAN, R.H., KEMPENEERS, P., SONNENSCHNEIN, R., LEIDNER, A.K., BÖHM, M., HE, K.S., NAGENDRA, H., DUBOIS, G., FATOYINBO, T., HANSEN, M.C., PAGANINI, M., DE KLERK, H.M., ASNER, G.P., KERR, J.T., ESTES, A.B., SCHMELLER, D.S., HEIDEN, U., ROCCHINI, D., PEREIRA, H.M., TURAK, E., FERNANDEZ, N., LAUSCH, A., CHO, M.A., ALCARAZ-SEGURA, D., MCGEOCH, M.A., TURNER, W., MUELLER, A., ST-LOUIS, V., PENNER, J., VIHERVAARA, P., BELWARD, A., REYERS, B. & GELLER, G.N. (2016): Framing the concept of satellite remote sensing essential biodiversity variables: challenges and future directions. - *Remote Sens Ecol Conserv* 2 (3): 122-131; New Jersey.
- SOBRINO, J.A. & IRAKULIS, I. (2020): A Methodology for Comparing the Surface Urban Heat Island in Selected Urban Agglomerations Around the World from Sentinel-3 SLSTR Data. - *Remote Sens.* 12 (12): 2052; Basel.
- SYMANK, A.; HAUKE, U.; RÜCKRIEM, C.; SCHRÖDER, E.; MESSER, D. (1998): BfN-Handbuch zur Umsetzung der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (92/43/EWG) und der Vogelschutzrichtlinie (79/409/EWG). - 560 S., Bonn.
- UFZ (2023): Leuchtturm-Projekt „BIGFE - Erfassung der Wasserqualität und Wasserflächenausdehnung von Binnengewässern durch Fernerkundung“. [<https://www.ufz.de/bigfe/index.php?de=48596>, Stand: 02.10.2023].
- VANDEN BORRE, J., PAELINCKX, D., MÜCHER, C.A., KOOISTRA, L., HAEST, B., DE BLUST, G. & SCHMIDT, A.M. (2011): Integrating remote sensing in Natura 2000 habitat monitoring: Prospects on the way forward. - *J Nat Conserv* 19 (2): 116-125; Amsterdam.
- YANG, J., GONG, P., FU, R., ZHANG, M., CHEN, J., LIANG, S., XU, B., SHI, J. & DICKINSON, R. (2013): The role of satellite remote sensing in climate change studies. - *Nature Clim Change* 3 (10): 875-883; London.

NEUES AUS DEM HLNUG

Erfahrungsbericht einer Auszubildenden

Hallo zusammen! Mein Name ist Valeria, ich bin 26 Jahre alt und habe am 1. September 2023 meine Ausbildung als Verwaltungsfachangestellte im Hessischen Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) begonnen. Hier bin ich im Dezernat Z2 „Organisation“ eingesetzt.

Im Moment durchlaufe ich verschiedene Stellen in unserem Dezernat. So habe ich schnell Anschluss gefunden und die Kolleginnen und Kollegen kennengelernt. Zusammen arbeiten wir den täglich anfallenden Bedarf ab und besprechen themenspezifische Inhalte. Eine praxisorientierte Ausbildung ermöglicht es mir, frühzeitig bei realen Verwaltungsaufgaben mitzuwirken und wertvolle Erfahrungen zu sammeln. Die Ausbildungsprogramme sind darauf ausgerichtet, ein breites Spektrum an Fähigkeiten und Kenntnissen zu erlangen. Man wird in Bereichen wie Büroorganisation, Personalwesen, Finanzmanagement und vielem mehr geschult.

Gemeinsam mit einer Kollegin und anderen Auszubildenden durfte ich schon eine unserer Außenstellen besuchen: In Gießen ist die Abteilung Naturschutz des HLNUG. Hier haben wir an zwei Tagen in der Bibliothek





gearbeitet. Viele Fachzeitschriften und Bücher wurden von uns neu einsortiert und in das System, mit dem die Bibliothek arbeitet, aufgenommen.

Durch die ständige Zusammenarbeit untereinander bleibt man nicht nur an einer Stelle beschäftigt, sondern lernt auch die anderen Abteilungen kennen. Eine tolle Abwechslung, die man nutzen sollte, um Arbeitsabläufe besser zu verstehen, sind Außeneinsätze mit unseren Fachabteilungen. Dabei kann man die Kolleginnen und Kollegen begleiten und aktiv mitwirken. Mit der Abteilung Wasser haben wir einen ganzen Tag lang verschiedene Messstationen aufgesucht, um Proben aus unserem Grundwasser zu nehmen.

Eine der häufigen Fragen, die mir gestellt werden, ist: „Wieso möchtest du in einer Verwaltung lernen?“ Ganz einfach: Weil es mir Spaß macht. Und ich finde, die Arbeit sollte einem Spaß machen. So wird das bestmögliche Ergebnis erzielt. Nicht nur für den Arbeitgeber, sondern auch für einen selbst. Man sollte alles mit Freude angehen. Wieso dann nicht auch eine Ausbildung in der Verwaltung?

Meine Arbeitswoche fängt erst einmal an wie bei jedem anderem auch. Aufstehen, sich fertigmachen und zur Arbeit gehen. Der Arbeitsweg ist sehr angenehm, weil hier viele Buslinien Anschluss finden. Mit dem Landesticket, welches uns vom Arbeitgeber zur Verfügung gestellt wird, kann ich kostenlos die öffentlichen Verkehrsmittel nutzen, um zur Arbeit zu gelangen. Auch in meiner Freizeit kann ich damit rund um die Uhr fahren.

Auch die Gleitzeit bietet mir viele Vorteile: Ich kann meine Arbeitszeit flexibel anpassen und meine persönlichen Bedürfnisse besser mit meiner Dienstzeit vereinbaren. Das bedeutet mehr Freiheiten bei der Planung meines Tages und eine sehr gute Work-Life-Balance. Ich kann morgens länger schlafen, wenn ich nachmittags produktiver bin, oder früher gehen, wenn ich einen Arzttermin wahrnehmen muss. Mit Gleitzeit kann ich meine Arbeitszeit effektiver nutzen und fühle mich motivierter und zufriedener an meinem Arbeitsplatz.

Neben der Arbeit besuche ich an zwei Tagen in der Woche die Berufsschule in Wiesbaden. In der Berufsschule lernen wir fachbezogene Inhalte, die uns helfen, unsere beruflichen Fähigkeiten zu erweitern. Neben dem praktischen Wissen lernen wir die theoretischen Grundlagen, die für unsere Verwaltungstätigkeiten wichtig sind.

Während der Ausbildung wird Wert daraufgelegt, einen zu unterstützen und die persönliche und berufliche Weiterentwicklung zu fördern. Hier wird Vielfalt und eine angenehme Ausbildungsumgebung geschaffen. Und es wird darauf geachtet, wie wir mit einander umgehen – schließlich hat ein gutes Arbeitsklima einen positiven Einfluss auf unsere Verwaltungstätigkeit.

Ich finde: Die Ausbildung beim HLNUG ist eine großartige Möglichkeit, um eine solide berufliche Grundlage zu legen und vielfältige Karrieremöglichkeiten zu entdecken!





Gesunde Wege gehen: Nachhaltiges Betriebliches Gesundheitsmanagement als Motor für Erfolg und Wohlbefinden im HLNUG

Interview mit Franziska Deißler, Beauftragte für das BGM am HLNUG

Dem HLNUG liegt die Gesundheit seiner Mitarbeitenden sehr am Herzen, denn wir sind überzeugt: Ein gesundes Arbeitsumfeld fördert nicht nur die individuelle Lebensqualität unserer Beschäftigten, sondern steigert auch die Arbeitszufriedenheit und garantiert den langfristigen Erfolg des HLNUG. Gesundheit ist nicht nur ein Wert für jeden Einzelnen, sondern auch der Grundpfeiler einer gesunden Arbeitskultur.

Betriebliches Gesundheitsmanagement - worum geht es da eigentlich?

Betriebliches Gesundheitsmanagement (BGM) ist ein ganzheitlicher Ansatz, der darauf abzielt, die Gesundheit der Beschäftigten zu fördern und zu erhalten. Dabei handelt es sich um einen Prozess, der gesundheitsgerechte betriebliche Rahmenbedingungen schafft, die Mitarbeiterbeteiligung fördert und das gesundheitsgerechte Verhalten der Beschäftigten stärkt. Ziel des strukturellen BGM ist es, die Arbeitszufriedenheit, Motivation sowie Leistungsbereitschaft und -fähigkeit der Beschäftigten zu bewahren und zu steigern. Hierfür werden gesundheitsförderliche Rahmenbedingungen im Arbeitsumfeld geschaffen und die individuelle Gesundheitskompetenz der Mitarbeitenden gestärkt. Das BGM setzt sich aus den folgenden drei elementaren Säulen zusammen: 1. Arbeits- und Gesundheitsschutz, 2. Betriebliches Eingliederungsmanagement (BEM) und 3. Betriebliche Gesundheitsförderung (BGF).

Warum ist das wichtig bzw. was sind die Hauptprobleme und Handlungsfelder?

Hauptprobleme und Handlungsfelder im Bereich der Mitarbeitenden-Gesundheit sind unter anderem Stress am Arbeitsplatz, mangelnde Work-Life-Balance, ergonomische Herausforderungen, das frühzeitige Erkennen und Bearbeiten von Konflikten, psychosoziale Belastungen, demografische Herausforderungen, Umgang mit Süchten und deren Prävention, Sicherstellung des Arbeits- und Gesundheitsschutzes sowie die Wiedereingliederung von längerfristig erkrankten Mitarbeitenden durch Maßnahmen im Rahmen des BEM. Durch die ganzheitliche Herangehensweise des BGM können wir diesen Herausforderungen proaktiv begegnen und nachhaltige Lösungen implementieren. BGM ist somit nicht nur eine Antwort auf bestehende Probleme, sondern auch eine Investition in die langfristige Gesundheit und Leistungsfähigkeit unserer Mitarbeitenden.

Die kombinierte Strategie aus Verhaltens- und Verhältnisprävention zur Gesundheitsförderung und -fürsorge im BGF zielt darauf ab, die individuelle Gesundheit der Mitarbeitenden zu fördern und gleichzeitig strukturelle Bedingungen am Arbeitsplatz zu verbessern:

Verhältnisprävention: Die Verhältnisprävention zielt darauf ab, strukturelle und organisatorische Bedingungen am Arbeitsplatz zu verbessern. Dazu gehören Maßnahmen wie die Gestaltung gesundheitsförderlicher Arbeitsbedingungen, die Reduzierung von Belastungen und die Schaffung eines unterstützenden Arbeitsumfelds.

Was gibt es für Angebote?

Unsere BGM-Angebote sind so vielfältig wie die Bedürfnisse unserer Mitarbeitenden:

Das Gesundheitsteam bietet regelmäßig Online-Bewegungsangebote an, um flexibel und bequem von jedem Ort aus aktiv zu sein. Hierzu zählen u. a. Yoga, Pilates, Rückenfit. Darüber hinaus gibt es jede Woche digitale Kurzimpulse zu den wesentlichsten Präventionsbereichen, um ein breites Spektrum abzudecken.

Für diejenigen, die die persönliche Interaktion bevorzugen, bieten wir vor Ort in Wiesbaden und Gießen Sportangebote in Präsenz an. In den Som-



monatlich organisieren wir bewegte Pausen im Innenhof des HLNUG in Wiesbaden, die nicht nur Bewegung, sondern auch den sozialen Austausch fördern. An jedem Standort gibt es bereits Bewegungsspiele, die für eine aktive Pause ausgeliehen werden können.

Unsere Beteiligung am Stadtradeln an allen Standorten zeigt Engagement für gemeinsame Aktivitäten und umweltfreundliche Fortbewegung.

Die Gesundheitstage in Kassel und Gießen boten den Mitarbeitenden die Möglichkeit sich einen Tag mit ihrer Gesundheit auseinanderzusetzen und wichtige Impulse mitzunehmen. Die Teilnahme am Firmenlauf in Kassel förderte nicht nur die Fitness, sondern auch den Teamgeist.

Besonderes Augenmerk legen wir auch auf die Gesundheitsvorsorge, hierzu wurde 2023 eine Darmkrebs- und eine Diabetesvorsorgeaktion durchgeführt.

Mit einer Ergonomieberatung am Arbeitsplatz sorgt der Arbeitsschutz des HLNUG dafür, dass die Mitarbeitenden ihren Arbeitsplatz optimal auf ihre individuellen Bedürfnisse anpassen können, um gesundheitliche Belastungen zu minimieren und eine ergonomische Arbeitsumgebung zu schaffen. Daneben werden verschiedene Maßnahmen wie Augenuntersuchungen und Impfungen angeboten.

Da wir einen ganzheitlichen Ansatz verfolgen, haben wir an unserem Standort in Kassel Rückenscouts ausgebildet, die als Multiplikatorinnen und Multiplikatoren für Rückfragen der Mitarbeitenden zur Verfügung stehen.

Darüber hinaus werden verschiedene Vorträge und Workshops zu verschiedenen gesundheitsrelevanten Themen angeboten. Dazu zählen Workshops zu Resilienz, Kommunikation, Bewegung und Suchtprävention.

Die Beauftragten für das BEM begleiteten im Jahr 2023 einige Mitarbeitende nach längeren Arbeitsunfähigkeitszeiten durch die Entwicklung individueller Maßnahmen. In enger Zusammenarbeit mit den betroffenen Mitarbeitenden wurden gezielte Schritte erarbeitet, um die Rückkehr an den Arbeitsplatz zu ermöglichen, erneuter Arbeitsunfähigkeit vorzubeugen und gleichzeitig den Erhalt der Arbeitsfähigkeit durch präventive Maßnahmen sicherzustellen.

Zusammenfassend lässt sich sagen: Unser breit gefächertes Angebot hat im Jahr 2023 umfassend die Gesundheit und das Wohlbefinden der Mitarbeitenden am HLNUG gefördert.



Wie wirkt sich das langfristig aus?

Wir sehen diese Maßnahmen im Rahmen des BGM als Investition in Gesundheit und Zufriedenheit unserer Mitarbeitenden. Durch Arbeits- und Gesundheitsschutz, die Unterstützung von langfristig erkrankten Mitarbeitenden und gezielte Verhaltens- und Verhältnisprävention im Bereich des BGF tragen wir dazu bei, das Arbeitsumfeld sicherer, angenehmer und gesundheitsförderlicher zu gestalten. Die Gesundheit der Mitarbeitenden wird somit von verschiedenen Blickwinkeln betrachtet und unterstützt.

Was melden Mitarbeitende zurück?

Schon an der großen Nachfrage können wir ablesen, dass unser Angebot sehr gut ankommt. Das Feedback der Mitarbeitenden zu den Gesundheitsangeboten ist überwiegend positiv. Sie wertschätzen die Vielfalt der Möglichkeiten, durch die sie individuell passende Angebote finden können. Die Mitarbeitenden schätzen die gezielten Vorsorgeaktionen und Präventivmaßnahmen, wie die Diabetesvorsorge, und sehen die Fortbildungen zu verschiedenen Gesundheitsthemen als wertvoll an. Die umfassenden Angebote werden als unterstützend für das persönliche Wohlbefinden, die Arbeitszufriedenheit und die Förderung eines gesunden Lebensstils wahrgenommen.

Wie entwickelt ihr neue Angebote? Beruht das auch auf Feedback von Mitarbeitenden?

Die Entwicklung neuer BGM-Maßnahmen ist ein komplexer Prozess, in dem zum Beispiel der Steuerungskreis Gesundheit eine elementare Rolle spielt. Der Steuerungskreis ist ein Gremium, das wichtige Akteurinnen und Akteure im Gesundheitsbereich innerhalb des HLNUG zusammenführt, um eine umfassende Steuerung und Koordination von Gesundheitsmaßnahmen zu gewähr-



Die Mannschaft des HLNUG auf dem Firmenlauf in Kassel
© HLNUG

leisten. Der Steuerungskreis ist dafür verantwortlich, Gesundheitsmaßnahmen zu initiieren, zu überwachen, zu bewerten und gegebenenfalls anzupassen.

Zunächst erfolgt eine Analyse, auf deren Grundlage die Zielsetzung definiert wird. Anschließend erfolgt die Maßnahmenplanung, Umsetzung, Evaluation und die Nachhaltigkeitsphase.

Insbesondere in Umfragen, persönlichen Gesprächen und den jährlich stattfindenden Gesundheitszirkeln haben Mitarbeitende die Gelegenheit, ihre Erfahrungen und Ideen einzubringen, welche im Steuerungskreis im Anschluss besprochen werden. Durch diese partizipative Einbindung fördern wir nicht nur die Mitarbeitenden-Beteiligung und die Akzeptanz gegenüber den Maßnahmen, sondern steigern auch die Bereitschaft zur Teilnahme und stärken das Gemeinschaftsgefühl innerhalb der Belegschaft.

Was ist eure Vision für das HLNUG in 10 Jahren im Hinblick auf Gesundheit und Prävention?

In den kommenden Jahren strebt das HLNUG an, ein ganzheitliches Konzept für die Gesundheit seiner Mitarbeitenden zu verwirklichen. Durch eine strategische Ausrichtung des BGM und einer übergreifenden Kombination von Arbeits- und Gesundheitsschutz, BEM und BGF soll die Gesundheitskultur noch weiterentwickelt und ausgebaut werden. Unsere Motivation ist es, nicht nur sichere Arbeitsbedingungen zu gewährleisten, sondern auch erkrankte Beschäftigte weiterhin bei der Rückkehr in das Berufsleben zu unterstützen sowie die individuelle Gesundheit durch präventive Maßnahmen zu fördern. Unser Ziel ist, dass die Belegschaft nicht nur gesund arbeitet, sondern auch mit Freude und langfristiger Leistungsfähigkeit die beruflichen Herausforderungen meistert.



Das #TeamHLNUG beim Stadtradeln Wiesbaden 2023

Auch 2023 hat das HLNUG wieder am Stadtradeln in Wiesbaden – dem #Wiesradeln – teilgenommen. Für einen Zeitraum von drei Wochen werden beim Stadtradeln in verschiedenen Teams mit dem Fahrrad gefahrene Kilometer gesammelt und damit für nachhaltige Mobilität und fahrradfreundliche Infrastruktur geworben.

In diesem Jahr hat das #TeamHLNUG mit 40 aktiv Radelnden rund 9 400 km beigesteuert und damit innerhalb der Kommune Platz 16 belegt, in der Kategorie „Ämter/Verwaltung“ sogar Platz 5. Das Vorjahresergebnis konnten wir fast verdoppeln!

Bei der Auftaktveranstaltung zum Stadtradeln am 4. Juni 2023 – unter anderem mit Wiesbadens Oberbürgermeister Gert-Uwe Mende – hat unser Team dieses Jahr zum ersten Mal als erkennbare Gruppe teilgenommen und damit das Engagement des HLNUG *für eine lebenswerte Zukunft* verdeutlicht. Dies hat andere offenbar inspiriert: Im Anschluss an die rund 6 Kilometer lange Auftaktfahrt wurde uns von anderen Teams signalisiert, dass sie im kommenden Jahr auch geschlossen und erkennbar auftreten möchten. Vielleicht gibt es dann ja mehr Teamshirts zu sehen und das #TeamHLNUG war Trendsetter.

Wir freuen uns schon auf nächstes Jahr und hoffen, dass wir uns steigern können!

Weitere Informationen zum Stadtradeln: stadtradeln.de
Die Auswertung für Wiesbaden: stadtradeln.de/wiesbaden
Wiesradeln: wiesradeln.de

Im Bild vlnr: Thomas Wanke, Carina Zang, Nico Föll, Lukas Herok von Garnier, Juliane Gronmayer, Norbert van der Pütten, Judith Behr
© HLNUG



ANHANG

Lehrtätigkeiten

PD DR. HEIKE HÜBENER: „Wetteranalyse und -prognose“, Justus-Liebig-Universität Gießen, Fachbereich Geographie, Wintersemester 2022/2023

DR. MATTHIAS LOCHMANN & TINA PAVELT: Hochschule RheinMain, Fachbereich Architektur und Bauingenieurwesen, Veranstaltung: „Immissionsschutz“

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, Veranstaltung: „Luftreinhaltung – Bestimmung und Bewertung von Emissionen und Immissionen“

Vom HLNUG betreute Bachelor- und Masterarbeiten

AXMANN, JANNIK: Bestimmung von Radonkonzentrationen im Grundwasser in Kassel und deren Einordnung im geologischen Kontext.

- Masterarbeit, Technische Universität Darmstadt

BECK, TOBIAS: Modellierung eines effizienten Verteilungsnetzes der Bauschutttaufbereitungsanlagen in Hessen - Reduktion der CO₂-Emissionen durch verkürzte Transportwege.

- Bachelorarbeit, Hochschule Rhein Main

BLUMRICH, ANTONIA: Der Flächenkonflikt von Dachbegrünung und Photovoltaikanlagen zwischen Klimawandel, Energie- und Biodiversitätskrise - Am Beispiel der hessischen Kommunen Frankfurt am Main und Marburg.

- Bachelorarbeit Technische Hochschule Bingen

HILLMANN, SELINA: Analyse der Grundwasserstandsänderungen in Kassel und Erstellung eines standardisierten Monitoringkonzeptes.

- Masterarbeit, Technische Universität Darmstadt

KRONER, JULIA: Algal blooms at Lake Edersee: Challenging satellite-based analyses for inland water monitoring?

- Bachelorarbeit, Justus-Liebig-Universität Gießen

REIN, LENNART: Erkundung geologischer Störungszonen im nördlichen Odenwald anhand von Radonkonzentrationen und VLF-EM Messungen.

- Bachelorarbeit, Technische Universität Darmstadt

RÖHLINGER, LAJOS: Untersuchung einer neotektonischen Störung mittels der Scherwellenseismik und der Messung der Radonkonzentration im nördlichen Oberrheingraben.

- Masterarbeit, Technische Universität Darmstadt

SPERBER, SANDRA: Human-Pharmaka in hessischen Fließgewässern - Entwicklung von Diclofenac, Carbamazepin und Metformin sowie der Summenparameter der Sartane, Psychoanaleptika und Kontrastmittel von 2013-2021.

- Masterarbeit, Justus-Liebig-Universität Gießen

WEDEL, MAITE: Beitrag des Gipsrecyclings zur Substitution von REA-Gips.

- Masterarbeit, Hochschule Darmstadt



Publikationen 2023



SCHRIFTENREIHE: HYDROGEOLOGIE VON HESSEN – TAUNUS UND IDSTEINER SENKE
Heft 4, Jahrgang 2023,
ISSN 2364-9828
ISBN 978-3-89026-963-4



BODEN DES JAHRES 2023 – ACKERBODEN
Postkarte, Jahrgang 2023



KENNART? ERKENN ICH!
BESTIMMUNGSHILFE FÜR HESSISCHE
KENNARTEN DER ÖKO-REGELUNG 5
gebunden, Jahrgang 2023
ISBN 978-3-89026-399-1



JAHRESBERICHT DES HLNUG
gebunden, Jahrgang 2023,
ISSN 1610-496X
ISBN 978-3-89026-398-4



WANDKALENDER 2024 „KLIMAWANDEL UND ANPASSUNG IN HESSEN“
Jahrgang 2023, Preis, 9 €



ROTE LISTE DER FLECHTEN, FLECHTEN-BEWOHNDENDEN UND FLECHTENÄHNLICHEN PILZE HESSENS – 2. FASSUNG
gebunden, Jahrgang 2023,
ISSN 1617-4038
ISBN 978-3-89026-400-4





**BODEN UND ALTLASTEN -
NACHRICHTEN AUS HESSEN**
gebunden, Jahrgang 2023,
ISSN 1610-496X
ISBN 978-3-89026-398-4



**ROTE LISTE DER SÄUGETIERE
HESSENS - 4. FASSUNG**
gebunden, Jahrgang 2023
ISSN 1617-4038
ISBN 978-3-89026-401-1



**LUFTHYGIENISCHER
JAHRESBERICHT 2022**
gebunden,
Jahrgang 2023,



**GESTEIN DES JAHRES
2023 - GRAUWACKE**
Folder, Jahrgang
2023



**GEWÄSSERKUNDLICHER
JAHRESBERICHT 2022 -
HEFT 25**
gebunden,
Jahrgang 2023,
ISBN 978-3-89026-725-8



**BODEN DES JAHRES
2024 - WALDBODEN**
Poster, Faltblatt,
Jahrgang 2023



**ROTE LISTE DER BESTANDSGEFÄHRDETEN
BRUTVOGELARTEN HESSENS -
11. FASSUNG, STAND DEZEMBER 2021**
gebunden, Jahrgang 2023,
ISSN 1617-4038
ISBN 978-3-89026-403-5



**GRUNDWASSERBESCHAFFEN-
HEITSBERICHT 2022 - HEFT 5**
gebunden,
Jahrgang 2023,
ISBN 978-3-89026-964-1
ISSN 2364-9828



Veröffentlichungen in Publikationsorganen außerhalb des HLNUG

- AUSEMS, A.N.M.A., KUEPPER, N.D., ARCHUBY, D., BRAUN, C., GĘBCZYŃSKI, A.K., GLADBACH, A., HAHN, S., JADWISZCZAK, P., KRAEMER, P., LIBERTELLI, M.M., LORENZ, S., RICHTER, B., RUSS, A., SCHMOLL, T., THÉBAULT, J., THORN, S., TURNER, J., WOJCZULANIS-JAKUBAS, K., JAKUBAS, D. & QUILLFELDT, P. (2023): Where have all the petrels gone? 40 years of Wilson's Storm Petrel (*Oceanites oceanicus*) population dynamics in a changing climate. *Polar Biology* 46: 655-672.
- BALKENHOL, N., VAN BEECK CALKOEN, S., DUTTA, T., GERBER, N., HOHM, M., SIGNER, J. & WESTEKEMPER, K. (2023): Lenkung von Schalenwild durch Bejagung: Wissenschaft und Praxis. *AFZDerWald*, 10/2023, 12-15.
- BASILE, M., KRIŠTÍN, A., MIKUSIŃSKI, G., THORN, S., ŽMIHORSKI, M., PASINELLI, G. & BROCKERHOFF, E.G. (2023): Salvage logging strongly affects woodpecker abundance and reproduction: a meta-analysis. *Current Forestry Reports* 9: 1-14.
- CHIU, C-H., CHAO, A., VOGEL, S., KRIEGEL, P. & THORN, S. (2023): Quantifying and estimating ecological network diversity based on incomplete sampling data. *Philosophical Transactions of the Royal Society* 378 (1881): 20220183.
- DHILLON, M.S., DAHMS, T., KÜBERT-FLOCK, C., LIEPA, A., RUMMLER, T., ARNAULT, J., STEFFAN-DEWENTER, I. & ULLMANN, T. (2023): Impact of STARFM on Crop Yield Predictions: Fusing MODIS with Landsat 5, 7, and 8 NDVIs in Bavaria Germany. – *Remote sensing* 15 (6): 1651. DOI: 10.3390/rs15071830.
- DHILLON, M.S., KÜBERT-FLOCK, C., DAHMS, T., RUMMLER, T., ARNAULT, J., STEFFAN-DEWENTER, I. & ULLMANN, T. (2023): Evaluation of MODIS, Landsat 8 and Sentinel-2 Data for Accurate Crop Yield Predictions: A Case Study Using STARFM NDVI in Bavaria, Germany. – *Remote sensing* 15 (7): 1830. DOI: 10.3390/rs15061651.
- GLATZLE, I., HUNDERTMARK, I., COCCHIARARO, B. (2023): Rückkehr des Fischotters (*Lutra lutra*) nach Hessen: Ein Blick auf 10 Jahre Monitoring und genetische Untersuchungen. *Jahrbuch Naturschutz in Hessen*, Band 22/2023: S. 74-76.
- GOSSMANN, A., AMBROŽOVÁ, L., CIZEK, L., DRAG, L., GEORGIEV, K., NEUDAM, L., PERLÍK, M., SEIDEL, D. & THORN, S. (2023): Habitat openness and predator abundance determine predation risk of aposematic coloured long-horn beetles (Cerambycidae) in temperate forest. *Journal of Insect Science* 23 (2): 16.

- GREGOR, T., HODVINA, S., OPITZ, A. (2023): Konnte das Aussterben von Pflanzenarten in Hessen gestoppt werden? *Botanik und Naturschutz in Hessen* 35, 93-112.
- HLNUG, Dezernat W2 „Gewässergüte“: Lagebericht 2022 „Beseitigung von kommunalen Abwässern in Hessen“; veröffentlicht unter umwelt.hessen.de/wasser/gewaesserschutz/abwasser; Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz.
- HOMUTH, B. (2022): Neufassung des Erdbebenkataloges des Landes Hessen. 82. Jahrestagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft, 07.-10.03.2022, München, DOI: 10.23689/fidgeo-5326.
- HOMUTH, B., KRZEPEK, K., RUDOLF, M., IWASZCZUK, D. & HENK, A. (2023): Automatische Detektion großflächiger Bodenbewegungsmuster in Hessen mittels Radarinterferometrie und Laserscan. 83. Jahrestagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft, 05.-09.03.2023, Bremen, DOI: <https://doi.org/10.23689/fidgeo-5756>.
- KRIEGEL, P., VOGEL, S., ANGELERI, R., BALDRIAN, P., BORKEN, W., BUSSLER, H., BOUGET, C., BRIN, A., COCCIUFA, C., FELDMANN, B., GOSSNER, M.M., HAELER, E., HAGGE, J., HARDERSEN, S., HARTMANN, H., HJÄLTÉN, J., KOTOWSKA, M.M., LACHAT, T., LARRIEU, L., LEVERKUS, A.B., MACAGNO, A.L.M., MITESSER, O., MÜLLER, J., OBERMAIER, E., PARISI, F., PELZ, S., SCHULDT, B., SEIBOLD, S., STENGEL, E., SVERDRUP-THYGESON, A., WEISSER, W. & THORN, S. (2023): Ambient and substrate energy influence decomposer diversity differentially across trophic levels. *Ecology Letters* 26:1157-1173.
- KRZEPEK, K., RUDOLF, M., HOMUTH, B., HENK, A. & IWASZCZUK, D. (2023): Raster Representation of Ground Motion Service Data and Automated Hot-Spot Detection; Proceedings, Joint Urban Remote Sensing Event, 17.-19.05.2023, Heraklion, Griechenland, DOI: 10.1109/JURSE57346.2023.10144217.
- LEHNÉ R. & HEGGEMANN, H. (2023): Digitalisierung von unüblichen geologischen Informationsträgern - vom Handstück zum 3D-Objekt. - Vortrag GeoBerlin2023, Topics: 4.08 Geological surveying as services for the public delivered by the State Geological Surveys of Germany - Current Issues; Berlin.
- MAIR, J., BUNESS, H., HENK, A., LEHNÉ, R. & RÖHLINGER, L. (2023): Multi-Method Geophysical Investigation of Fault Structures in the Northern Upper Rhine Graben: Insights from the NeoNORG Project. - Poster GeoBerlin2023, Topics: Exploration of near-surface geological structures using active and passive seismic methods; Berlin.



- MÜLLER, J., MITESSER, O., CADOTTE, M.W., VAN DER PLAS, F., MORI, A.S., AMMER, C., CHAO, A., SCHERER-LORENZEN, M., PETR BALDRIAN, P., BÄSSLER, C., BIEDERMANN, P., CESARZ, S., CLASSEN, A., DELORY, B.M., FELDHAAR, H., FICHTNER, A., HOTHORN, T., KUENZER, C., PETERS, M.K., PIERICK, K., SCHMITT, T., SCHULDT, B., SEIDEL, D., SIX, D., STEFFAN-DEWENTER, I., THORN, S., VON OHEIMB, G., WEGMANN, M., WEISSER, W.W. & EISENHAUER, N. (2023): Enhancing the structural diversity between forest patches – A concept and real-world experiment to study biodiversity, multifunctionality and forest resilience across spatial scales. *Global Change Biology* (29) 6: 1437–1450.
- PERLÍK, M., KRAUS, D., BUSSLER, H., NEUDAM, L., PIETSCH, S., MERGNER, U., SEIDEL, D., ŠEBEK, P. & THORN, S. (2023): Canopy openness as the main driver of aculeate Hymenoptera and saproxylic beetle diversity following natural disturbances and salvage logging. *Forest Ecology and Management* 540: 121033.
- PIETSCH, S., DÖRFLER, I., KRAUS, D. & THORN, S. (2023): Post-storm management determines early tree species composition and browsing intensity in regenerating beech forest. *Forest Ecology and Management* 543: 121132.
- PLOENES, A. (2023): Wölfe zurück in Hessen- Anzahl der Wolfsterritorien über die letzten vier Jahre leicht angestiegen. *Naturschutz in Hessen. Jahrbuch, Band 22/2023*: S. 7–8.
- SEIBOLD, S., WEISSER, W., AMBARLI, D., GOSSNER, M.M., MORI, A., CADOTTE, M.W., HAGGE, J., BÄSSLER, C. & THORN, S. (2023): Drivers of community assembly change during succession in wood-decomposing beetle communities. *Journal of Animal Ecology* 92 (5): 965–978.
- SINGTUEN, V., PHAJUY, B., ANUMART, A., CHARUSIRI, P., CHAWTHAI, N., HEGGEMANN, H. (2023): Geochemistry and provenance of Mesozoic sandstones in Khon Kaen Geopark: Implication fortectonics of the western Khorat Plateau of Thailand. – *PLoS ONE* 18(4): e0284974. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0284974>.
- WEBER, C.J., BASTIJANS, J.E., LÜGGER, K. & HELLER, C. (2023): Microplastic in long-term soil monitoring: first spatial and temporal data on plastics in agricultural topsoils. – *Journal of Soils and Sediments* (2023). <https://doi.org/10.1007/s11368-023-03663-z>.
- WEISSBECKER, M., KUPRIAN, M., WICHMANN, L. (2023): Die „Pledges“ zur Biodiversitätsstrategie 2030 der EU – ein neuer Ansatz zur Verbesserung der Erhaltungszustände der Natura 2000-Schutzgüter. *Jahrbuch Naturschutz in Hessen, Band 22/2023*: S. 83–88.

- WESTEKEMPER, K. & BALKENHOL, N. (2023): Genetische Auswirkungen der Landschaftszerschneidung auf Rothirsche in Deutschland. In: KINSER, A. & HACKLÄNDER, K. (Hrsg.) (2023): 20 Jahre die Stimme des Rothirschs - Rückblick und Ausblick. Tagungsband zum 10. Rotwildsymposium der Deutschen Wildtier Stiftung am 19. und 20. Mai 2022 in Berlin, ISBN 978-3-936802-39-9, 169 S.
- ZEEDEN C., SCHEIDT, S., KABOTH-BAHR, S. & HOSELMANN, C. (2023): Exploring the Plio/Pleistocene stratigraphy of a core from Riedstadt/Hesse (Upper Rhine Graben). - Poster GeoBerlin 2023, Topics: 3.10 Constraining the rate of change in the Earth System through integrated stratigraphic approaches; Berlin.



IMPRESSUM

ISSN 1610-496X
ISBN 978-3-89026-404-2

Jahresbericht 2023
des Hessischen Landesamtes für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Redaktion: Nico Diehl, Cornelia Löns-Hanna, Lars Möller,
Maximilian Steinbach, Franziska Vogt

Layout: Nadine Fechner, Nadine Senkpiel

Titelbild: Filterwechsel auf der Luftmessstation Wiesbaden-Ringkirche
© DeSoto Studios

Portrait S. 3: © DeSoto Studios

Collage S. 7: Menschen beim HLNUG © DeSoto Studios
und Oliver Rüter (1. Reihe/3. Bild v. l. und 4. Reihe/1. Bild v. l.)

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

www.hlnug.de

Diese Broschüre wurde mit FSC-Zertifizierung gedruckt.

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



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

www.hlnug.de

