



# Boden und Altlasten - Nachrichten aus Hessen

Ausgabe 2023



# **Boden und Altlasten - Nachrichten aus Hessen**

Wiesbaden, 2023

# Impressum

## Boden und Altlasten – Nachrichten aus Hessen – Ausgabe 2023

Bearbeitung: HLNUG Dezernat G3 „Boden und Altlasten“  
Lena Jedmowski, Katrin Lügger, Volker Zeisberger

Titelbild: links oben: DeSoto Studios  
rechts oben: HLNUG  
links unten: HLNUG  
rechts unten: HIM-ASG

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

Telefon: 0611 69 39-111  
Telefax: 0611 69 39-555  
E-Mail: [vertrieb@hlnug.hessen.de](mailto:vertrieb@hlnug.hessen.de)

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

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

Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter. Nachdruck – auch auszugsweise – nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers.

## Inhalt

Impressum.....	2
Vorwort .....	4
Daten erheben, informieren und beraten – das Dezernat Boden und Altlasten stellt sich vor .....	5
Boden des Jahres 2023 – Ackerboden.....	14
Dritte Auflage des Bodenerosionsatlas Hessen.....	21
Quartäre Alkylammoniumverbindungen in hessischen Böden .....	25
Die Ewigkeitschemikalien PFAS – von der Verwendung über die Verbreitung bis zum Verbot.....	31
Überwachung natürlicher Abbau- und Rückhalteprozesse im Grundwasser bei Altlasten – Erfahrungen aus Hessen.....	37
Die Bohranzeige nach dem Geologiedatengesetz und die Bohrdatenbank von Hessen.....	43
Neuerscheinungen.....	49
Interessantes und Wissenswertes .....	55

## Vorwort



Mit der dritten Ausgabe hat sich die Reihe „Boden und Altlasten – Nachrichten aus Hessen“ bereits etabliert und ist fester Bestandteil der HLNUG-Schriftenreihen geworden. Auch der diesjährige Band bietet Ihnen ein „Crossover“ an boden- und altlastenrelevanten Themen.

Eingangs stellt sich das **Dezernat G3 – Boden und Altlasten** mit seinen vier Fachgebieten Bodenerhebung und Bodeninformation, Bodenschutz, Altlasten und Altflächendatei näher vor. Im zweiten Beitrag wird in guter Tradition der aktuelle **Boden des Jahres** präsentiert. In diesem Jahr ist es der Ackerboden – unsere Grundlage für die landwirtschaftliche Produktion von Nahrungs- und Futtermitteln sowie nachwachsenden Rohstoffen. Der Beitrag vermittelt u. a., warum es so wichtig ist, ihn vor Überbauung, Erosion und Schadstoffeinträgen zu schützen.

Eine wichtige Grundlage, um die Erosionsgefährdung auf Ackerflächen zu bewerten, ist der **Bodenerosionsatlas Hessen**, den das HLNUG bereits in seiner dritten Auflage zur Verfügung stellt. Aufgrund einer neu vorgegebenen Methodik zur besseren Berücksichtigung von erosiven Niederschlägen ergab sich der Anlass zur Aktualisierung einiger Datengrundlagen, was – wie im Artikel genauer erläutert – erhebliche Änderungen der Bewertungen nach sich zieht.

Schon die ersten beiden Ausgaben der „Nachrichten aus Hessen“ enthielten Artikel zur Schadstoffgruppe der **per- und polyfluorierten Alkylverbindungen (PFAS)**. Diese haben in den letzten Monaten als sogenannte „Ewigkeitschemikalien“ oder „Jahrhundertgift“ besondere mediale Aufmerksamkeit erfahren. Zusammen mit Norwegen, Schweden, Dänemark und den Niederlanden hat Deutschland auf europäischer Ebene einen umfassenden Beschränkungsvorschlag für die gesamte Stoffgruppe eingereicht. Im diesjährigen Beitrag wird neben dem chemikalienpolitischen Umgang mit PFAS auch ihre Verwendung und Verbreitung in Böden, Gewässern und Lebensmitteln thematisiert.

Eine bisher weniger im Fokus der Öffentlichkeit stehende Schadstoffgruppe sind **Quartäre Alkylammoniumverbindungen (QAAV)**, die als Wirkstoffe in Desinfektionsmitteln und Tensiden verwendet werden und in Verdacht stehen, durch ihr Vorkommen in der Umwelt Antibiotikaresistenzen zu fördern. In einer Kooperation mit der Justus-Liebig-Universität Gießen wurden Bodenproben der hessischen Boden-Dauerbeobachtung auf diese Stoffe untersucht.

Ein Beitrag aus dem Bereich Altlasten beschäftigt sich mit der Überwachung natürlicher Abbau- und Rückhalteprozesse im Grundwasser (**Monitored Natural Attenuation, MNA**). Anhand eines aktuellen Fallbeispiels eines ehemaligen Raffineriestandortes nahe des Mains wird über die hessischen Erfahrungen zu diesem Thema berichtet.

Seit drei Jahren ist das Geologiedatengesetz in Kraft. Es löst das veraltete Lagerstättengesetz aus dem Jahr 1934 ab und regelt die Anzeige und die öffentliche Bereitstellung von geologischen Untersuchungen. Zuständig für die Umsetzung ist das HLNUG. In einem Beitrag des Dezernates „Geologische Grundlagen“ wird das Internetportal **„Bohranzeige online“** sowie die **Bohrdatenbank** von Hessen vorgestellt, in der derzeit rund 120 000 Schichtenverzeichnisse verfügbar sind.

In der Rubrik „Interessantes und Wissenswertes“ finden Sie kurze Informationen zu weiteren aktuellen Projekten sowie Fortbildungsveranstaltungen des Dezernates G3. Die Vorstellung interessanter hessischer und bundesweiter Publikationen aus dem Bereich Boden und Altlasten vervollständigen den diesjährigen Band.

Ich wünsche Ihnen eine informative und anregende Lektüre und bedanke mich herzlich bei allen, die zum Gelingen dieser Ausgabe beigetragen haben.

*Thomas Schmid*

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

## Daten erheben, informieren und beraten - das Dezernat Boden und Altlasten stellt sich vor

JOHANNA BUSCH\*

### 1 Einleitung

Das Hessische Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) ist eine Umweltbehörde im Geschäftsbereich des Hessischen Ministeriums für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUKLV) und für das Land Hessen eine wichtige technisch-wissenschaftliche Informations-, Beratungs- und Untersuchungsstelle. Über 400 Fachleute verschiedener Disziplinen untersuchen und überwachen für Hessen die Umweltmedien Wasser, Boden und Luft sowie die naturschutzrelevanten Lebensräume und Arten in Hessen. Außerdem nehmen die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter zentrale Aufgaben für die hessische Umweltverwaltung wahr, wie zum Beispiel die Weiterentwicklung der Geodateninfrastruktur.

Eines von 23 Dezernaten ist das Dezernat Boden und Altlasten, in dem derzeit 20 Fachleute in vier Schwerpunktbereichen arbeiten: Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter von G3 erheben und sammeln Grundlagendaten zu den Böden in Hessen und stellen diese qualitätsgeprüft zur Verfügung (Abb. 1). Sie erarbeiten elementare Entscheidungsgrundlagen für Fragestellungen des Bodenschutzes. Sie führen die Altflächendatei zuverlässig und sind erprobtes Kompetenzzentrum für die Altlastensanierung. Bei vielen Themen arbeitet das Dezernat eng mit dem Referat III 8 „Vorsorgender Bodenschutz, Bodenschutzrecht, Altlasten“ im HMUKLV sowie den Bodenschutzdezernaten der Regierungspräsidien und den Unteren Bodenschutzbehörden zusammen. Im Bereich Boden besteht eine bewährte Kooperation mit der Bodenschätzung bei der Oberfinanzdirektion Frankfurt am Main und dem Referat Boden des Landesamtes für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz.



Abb. 1: Mitarbeiter des Dezernates Boden und Altlasten bei der Entnahme einer Bodenprobe © DeSoto Studios

## 2 Fachgebiet Bodenerhebung und Bodeninformation

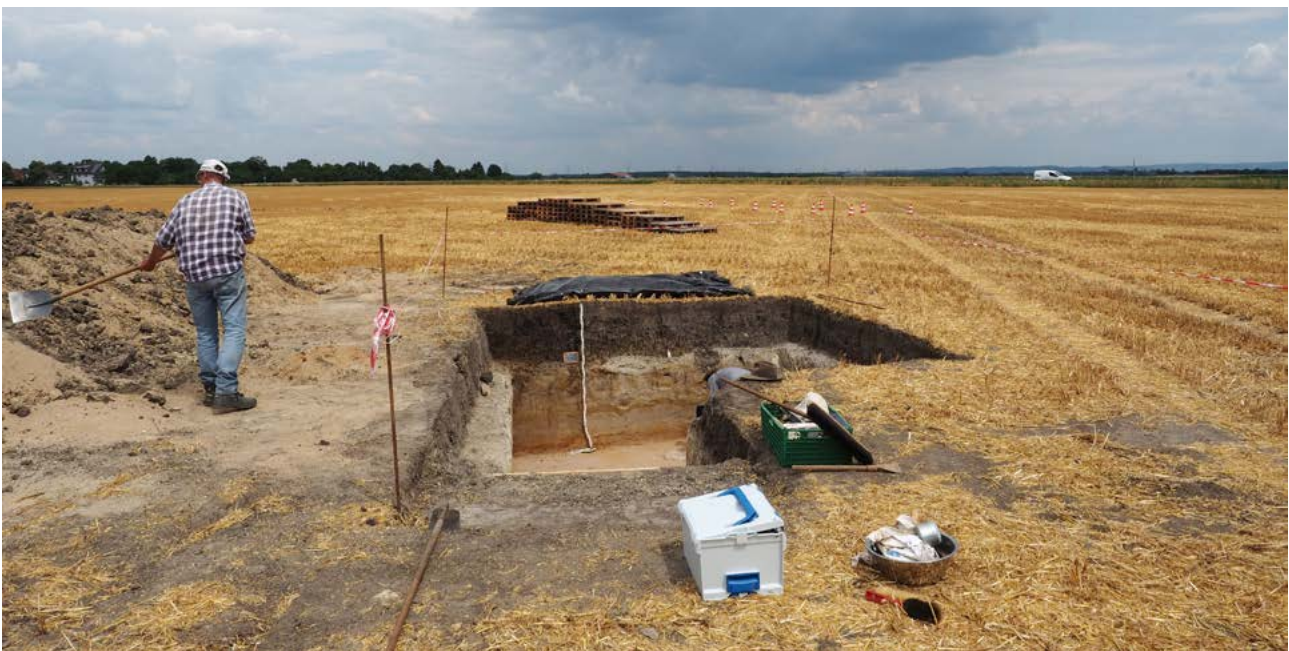
Hauptaufgabe des Fachgebietes Bodenerhebung und Bodeninformation ist die landesweite Erkundung und Beschreibung der Böden in Hessen und die Bereitstellung von **Bodenfachdaten**. Genutzt werden die Daten u. a. für Fragestellungen des Bodenschutzes, für verschiedene Bodennutzungen, wie z. B. die Landwirtschaft, von Ingenieur- und Planungsbüros sowie von Fachverwaltungen, die im Rahmen von Planungs- und Genehmigungsverfahren den Bodenschutz berücksichtigen müssen.

Der Bedarf an bodenkundlichen Daten steigt seit vielen Jahren kontinuierlich an. Neben der Bodenkarte in klassischer analoger Form gewinnen digitale Informationen zu den Boden- bzw. Standortfunktionen und -eigenschaften für Fragestellungen in der Planung und für die Umsetzung von EU-Vorgaben, wie z. B. der gemeinsamen Agrarpolitik oder der Wasserrahmenrichtlinie, an Bedeutung. In Hessen wurde mit der bodenkundlichen Landesaufnahme Ende der 1940er Jahre begonnen. Vordringlich war damals die großmaßstäbige bodenkundliche Kartierung der hessischen Weinbaugebiete, um wichtige Grundlagen zur Bekämpfung der Reblaus bereitstellen zu können [1]. Heute werden die Bodeninformationen in Hessen überwiegend in drei Maßstabsebenen (1 : 5 000, 1 : 50 000, 1 : 300 000) erarbeitet und für den Maßstab 1 : 50 000 flächendeckend und im

Maßstab 1 : 5 000 für die Agrarfläche im **Bodenviewer Hessen** und für weinbaulich genutzte Flächen im **WeinbaustandortViewer** digital bereitgestellt.

Insbesondere die **Bodenflächendaten im mittleren Maßstabbereich von 1 : 50 000** (BFD50) sind ein wichtiges digitales bodenkundliches Kartenwerk und haben die traditionellen Bodenkarten ersetzt. Zielsetzung ist, allgemeine flächenbezogene bodenkundliche Datengrundlagen auswertbar für vielfältige Fragestellungen bereitzustellen. Um die Nutzerinnen und Nutzer schnell und individuell bedienen zu können, wurden die BFD50 als allgemeine Bodenflächeninformation im Rahmen des Fachinformationssystems Boden/Bodenschutz aufgebaut. Aus den Grundlagendaten werden für derzeit sieben Themen fachspezifische Ableitungen angeboten. Bei Bedarf können für aktuelle Fragestellungen weitere Auswertungen bereitgestellt werden. Derzeit ist das Fachthema Grabbarkeit als Entscheidungsgrundlage für Erdarbeiten in Vorbereitung.

Ein aktueller Schwerpunkt der bodenkundlichen Landesaufnahme ist die stärkere Differenzierung der Auenböden. Hierzu wurden Kartierungen durchgeführt bzw. beauftragt, die im nächsten Schritt nach umfangreichen Prüfungen in die Bodenflächendaten eingearbeitet werden.



**Abb. 2:** Profilgrube der Bodenschätzung der Oberfinanzdirektion Frankfurt am Main © HLNUG

Die **Bodenflächendaten für landwirtschaftliche Nutzfläche im Maßstab 1:5 000** (BFD5L) werden ebenfalls für viele Fragen des Bodenschutzes, der Landwirtschaft, des Grundwasser- und Gewässerschutzes, der Hochwasservorsorge sowie bei Bodenordnungsverfahren und Planungen genutzt. Hierbei liegt das Augenmerk nicht auf der Erstellung von Bodenkarten im herkömmlichen Sinne, sondern auf nutzungsorientierten Auswertungen für angewandte Fragestellungen. Bei der Erhebung der BFD5L arbeitet das Fachgebiet seit vielen Jahren mit der Oberfinanzdirektion Frankfurt am Main eng zusammen. Dank dieser Kooperation können in Hessen die Daten der Bodenschätzung als Informationsquelle für landwirtschaftlich genutzte Flächen eingesetzt werden (Abb. 2). Für die Forstflächen sind bisher noch keine großmaßstäbigen Bodenflächendaten verfügbar. Eine perspektivische Aufgabe ist es, auch für diese Flächen entsprechende Daten zu generieren.

Die Bewertung der Bodenerosion ist für viele Anwendungsbereiche, wie z. B. die Bewirtschaftungs-

beratung oder die Bildung von Kulissen für Umweltmaßnahmen aus dem Bereich Landwirtschaft oder Gewässerschutz, eine wichtige Grundlage. Das HLNUG erarbeitet deshalb Grundlagen zur Bewertung der standortbezogenen Erosionsgefährdung und stellt sie seit 2013 im **Bodenerosionsatlas Hessen** zusammen. Seit Februar 2023 liegt der Erosionsatlas in der dritten Auflage vor (vgl. Beitrag „Dritte Auflage des Bodenerosionsatlas Hessen“, S. 21–24).

Die fortlaufende Aktualisierung und Verbesserung der Bodendaten und des Bodenviewers ist Zielsetzung und zugleich Herausforderung für das Fachgebiet mit seinen derzeit sechs Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, insbesondere auch vor dem Hintergrund der Verwaltungsdigitalisierung, der Umsetzung von EU-Richtlinien und des Datenschutzes. Mehr Informationen zu den Aufgaben und Produkten des Fachgebietes finden sich auf der Homepage des HLNUG unter [www.hlnug.de/themen/boden/information/bodenflaechenkataster-und-kartenwerke](http://www.hlnug.de/themen/boden/information/bodenflaechenkataster-und-kartenwerke).

### 3 Fachgebiet Bodenschutz

Das Fachgebiet Bodenschutz wurde 1996 noch beim ehemaligen Hessischen Landesamt für Bodenforschung als eigenständiges Dezernat gegründet. Damals gewannen in Zusammenhang mit dem Gesetzgebungsverfahren des Bundes-Bodenschutzgesetzes (BBodSchG) Bodenschutzthemen zunehmend an Bedeutung. Da Bodenschutz viele Lebensbereiche betrifft, bearbeitet das Fachgebiet ein breites Spektrum an Themen, für das es fachliche Grundlagen bereitstellt oder andere hessische Behörden berät.

Eine ernstzunehmende Gefahr für das Entstehen von schädlichen Bodenveränderungen ist die **Bodenerosion**. Aufgrund der Zunahme von Starkregenereignissen durch den Klimawandel hat sie in den letzten Jahren deutlich zugenommen. G3 hat deshalb seine Kompetenz in diesem Bereich verstärkt und bietet nun u. a. den Regierungspräsidien als zuständigen Behörden fachliche Hilfestellung bei der Begutachtung von Erosionsschäden an. Auf der Grundlage der HLNUG-Gutachten können dann Maßnahmen zur Gefahrenabwehr und ggf. Anordnungen getroffen werden. Auch steht das Fachgebiet beim Thema Erosion in einem Austausch u. a. mit dem Landesbe-

trieb Landwirtschaft Hessen (LLH). Der LLH soll gemäß § 17 Absatz 1 BBodSchG im Rahmen seiner Beratungstätigkeit die Grundsätze der guten fachlichen Praxis bei der landwirtschaftlichen Bodennutzung vermitteln und berät damit auch zur Vorsorge gegen Bodenerosion.

In der Neufassung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV n. F.), die im August 2023 in Kraft tritt, werden in § 3 Absatz 1 Nr. 3 erstmals physikalische Einwirkungen als Gefahr für das Entstehen schädlicher Bodenveränderungen „namentlich“ aufgeführt. Beeinträchtigungen der Bodenfunktionen durch Verdichtung werden damit im Vollzug zukünftig mehr Beachtung finden. Zur Unterstützung bereitet das Fachgebiet Bodenschutz derzeit eine Arbeitshilfe vor, die erste fachliche Hilfestellungen zum Thema **Bodenverdichtung** geben wird.

Bei nahezu allen Bau- und Planungsverfahren sind Böden betroffen. Um hierbei besonders wertvolle Böden zu berücksichtigen und so z. B. vor Zerstörung zu schützen, werden Informationen zu den Bodenfunktionen benötigt. Für den mittleren Maß-

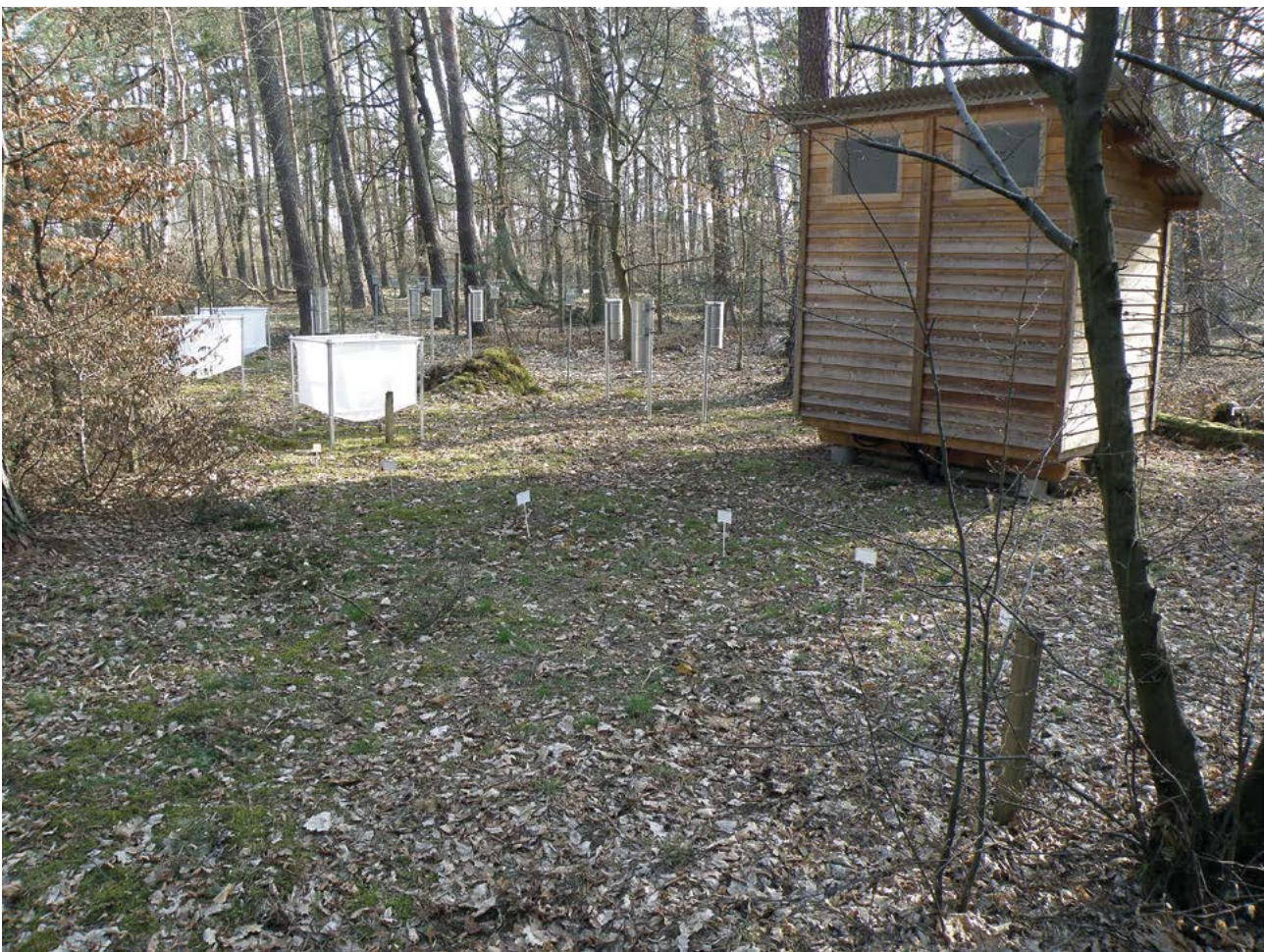


stabsbereich der Regionalplanung hat das HLNUG deshalb auf Basis der BFD50 Bereiche mit besonders schützenswerten Böden identifiziert (vgl. Entwurf Regionalplan Mittelhessen ab S. 95 [2]). Daneben liegt für Hessen eine **Bodenfunktionsbewertung** für die landwirtschaftliche Nutzfläche im Maßstab 1 : 5 000 auf Basis der Bodenschätzungsdaten vor [3]. Dieser flächenscharfe Maßstabsbereich eignet sich z. B. gut für Verfahren der Bauleitplanung, aber auch für die Eingriffs- und Ausgleichsplanung auf Basis des Naturschutzrechtes.

Die Eingriffs-/Ausgleichsregelung nach Bau- oder auch Naturschutzrecht ist ein wichtiges Instrument, um die Funktionsfähigkeit des Naturhaushaltes auch außerhalb geschützter Gebiete aufrechtzuerhalten. Böden und ihre Funktionen spielen eine Schlüsselrolle im Naturhaushalt, weshalb bei Eingriffen auch die Auswirkungen auf den Boden bewertet und ggf. Ausgleichs- oder Ersatzmaßnahmen ergriffen werden

müssen. Mit der 2023 veröffentlichten Neuauflage der Arbeitshilfe „**Kompensation des Schutzguts Boden in Planungs- und Genehmigungsverfahren**“ unterstützt das HLNUG den Vollzug dieser Regelung wirksam [4].

Um zu erforschen, wie sich Böden langfristig in ihren Eigenschaften verändern und welche Einflüsse dazu beitragen, werden seit 1992 67 **Boden-Dauerbeobachtungsflächen** (BDF) sowie eine Intensiv-BDF in Hessen als repräsentative Standorte in regelmäßigen Abständen beprobt (Abb. 3). Die dabei gewonnenen Rückstellproben ermöglichen einen Blick in die Vergangenheit und dienen oft auch Dritten als Untersuchungsmaterial für aktuelle Fragestellungen in der Bodenforschung, wie z. B. zur Belastung von Böden mit Mikroplastik [5] oder Quartären Alkylammoniumverbindungen [6]. Diskutiert wird derzeit auch, die Boden-Dauerbeobachtung zum Monitoring der Biodiversität zu nutzen. In Verbindung mit dem



**Abb. 3:** Intensiv-BDF am Frankfurter Flughafen mit Depositionssammlern, unterirdischem Messfeld zur Sickerwassergewinnung und Messhütte © LUBW

Nationalen Monitoringzentrum zur Biodiversität, das am 26.03.2021 eröffnet wurde, ist beabsichtigt ein bundesweites Bodenbiodiversitätsmonitoring aufzubauen. Dabei sollen auch bestehende Programme wie die Boden-Dauerbeobachtung einbezogen werden [7].

Eine weitere wichtige Aufgabe des Fachgebietes Bodenschutz ist die Ermittlung des stofflichen Bodenzustands. Die punktbezogenen Bodendaten aus unterschiedlichen Projekten werden im **Bodenzustandskataster Hessen** zusammengeführt und dienen u. a. zur Ableitung von Hintergrundwerten für hessische Böden [8]. Ein Schwerpunkt in diesem Zusammenhang ist seit mehreren Jahren die Erforschung der stofflichen Beschaffenheit von Auenböden. Ziel ist eine systematische Erfassung, Dokumentation und Bewertung des Bodenzustandes in hessischen Auen [9].

Als obere Fachbehörde ist das HLNUG auch **Träger öffentlicher Belange** (TöB). Beispielsweise wird das Dezernat im Zuge der Landesplanung bei der Erstellung der Regionalen Raumordnungspläne für die Berücksichtigung der Belange des Bodenschutzes beteiligt. Auch nimmt das Fachgebiet bei landesweiten oder regierungspräsidiumsübergreifenden Vorhaben wie Trassenplanungen für frei- und erdverlegte Leitungen regelmäßig Stellung und unterstützt auf An-

frage bei anderen „komplexen“ Planungen sowie Einzelfragen.

Vielen Akteuren, die auf oder mit dem Boden arbeiten, ist seine große Bedeutung, z. B. für das Ökosystem oder die Ernährung, oftmals nicht bewusst. Eine wichtige Aufgabe im Bodenschutz ist deshalb die Bewusstseinsbildung für seinen Wert und seinen Schutz. Das Fachgebiet Bodenschutz engagiert sich hier, indem es **Informationsmaterialien** für Aktivitäten und Ausstellungen zur Verfügung stellt und sich an öffentlichkeitswirksamen Aktionen beteiligt. Beispielsweise wird es das Land Hessen tatkräftig unterstützen, wenn dieses im Jahr 2026 die Schirmherrschaft für den **Boden des Jahres** übernimmt.

Mit aktuellen umweltpolitischen Schwerpunkten ergeben sich häufig auch für den Bodenschutz neue Fragestellungen. So erreichen derzeit viele Fragen im Zusammenhang mit **Klimaschutz, Klimawandel und Klimaanpassung** das Dezernat. Nicht nur hier werden umweltpolitische Herausforderungen das Fachgebiet Bodenschutz, das mit derzeit acht Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern das größte der vier Fachgebiete im Dezernat Boden und Altlasten ist, vor immer neue Aufgaben stellen. Mehr Informationen zu den Aufgaben und Veröffentlichungen des Fachgebietes finden sich auf der Homepage des HLNUG unter <https://www.hlnug.de/themen/boden>.

## 4 Fachgebiet Altlasten

Beim Umgang mit oder bei der Lagerung von umweltgefährdenden Stoffen können insbesondere auf Industrie- und Gewerbeflächen Bodenbelastungen entstehen, die zu Gefahren für die menschliche Gesundheit oder die Umwelt wie insbesondere das Grundwasser führen. Auch auf Flächen, auf denen Abfälle behandelt oder gelagert werden bzw. wurden, können Boden- bzw. Grundwasserbelastungen vorliegen (Abb. 4). Die Probleme mit den sogenannten Altlasten wurden Mitte der 1980er Jahre erkannt und in Hessen wurde in den 1990er Jahren mit der systematischen Altlastenerfassung und -sanierung begonnen. Seit dieser Zeit ist das Landesamt ein wertvoller Ansprechpartner und Kompetenzstelle für den Vollzug der Altlastensanierung, für den in Hessen die Regierungspräsidien als obere Bodenschutzbehörden zuständig sind.

Zur Unterstützung der Bodenschutzbehörden erarbeitet das HLNUG **Arbeitshilfen zur Altlastenerkundung und -sanierung**. Einen weiteren Schwerpunkt bildet die Beratung der Bodenschutzbehörden bei schwierigen und komplexen Altlasten. Unverzichtbar ist hierbei die enge Zusammenarbeit mit Fachleuten aus anderen Bundesländern und dem Umweltbundesamt. Die Kompetenzen des HLNUG umfassen beispielsweise die Themen Sickerwasserprognose, Schadstoffbewertung und -analytik, innovative Erkundungs- und Sanierungsmethoden, natürliche Abbau- und Rückhalteprozesse im Grundwasser sowie die Verhältnismäßigkeit und Nachhaltigkeit von Sanierungen.

Aktuell stehen die bearbeiteten Themen oft in Verbindung mit der **Novellierung der BBodSchV**.

Beispielsweise muss die Sickerwasserprognose beim Wirkungspfad Boden-Grundwasser weiterentwickelt werden. Zudem wird derzeit eine Arbeitshilfe zur Expositionsabschätzung für den Wirkungspfad Boden-Mensch erstellt. Daneben befasst sich das Fachgebiet mit stofflichen und analytischen Themen und wirkt in diversen hessischen und länderübergreifenden Arbeitsgruppen bei der Erstellung wichtiger Regelwerke und Arbeitsgrundlagen mit, wie beispielsweise der **Methodensammlung Feststoffuntersuchung** [10]. Das Fachgebiet begleitet zudem in der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz die Novellierung des **Fachmoduls Boden und Altlasten** sowie die Pflege des **Informationssystems zur Qualitätssicherung bei der Altlastenbearbeitung**. Dieses Informationssystem bietet Vollzugsbehörden einen Überblick über Regularien, Arbeitshilfen und Methoden hinsichtlich der Bewertung und Sanierung von Altlasten und schädlichen Boden- und Grundwasserveränderungen und enthält Verweise und Verlinkungen auf die vorhandenen Fachveröffentlichungen aus Bund und Ländern [11].

Eine weitere Aufgabe des Fachgebietes ist die Mitwirkung bei der Anerkennung von **Sachverständigen nach § 18 BBodSchG** in Hessen.

Ein aktuelles Thema im Umweltschutz sind die per- und polyfluorierten Alkylsubstanzen, die sogenannten **PFAS**. Seitdem sich fünf EU-Staaten im Februar 2023 für ein Verbot der Chemikalien ausgesprochen haben, wurde in den Medien viel über die Schadstoffgruppe berichtet. Das Dezernat Boden und Altlasten beschäftigt sich bereits seit vielen Jahren mit diesen Substanzen und ihrem Verhalten im Boden.

In regelmäßigen Abständen organisiert das Fachgebiet mit seinen derzeit drei Mitarbeitern das zweitägige **Altlastenseminar** und bietet der Fachszene in Hessen damit ein Forum, um sich über aktuelle Altlastenthemen, Schadensfälle und neueste Entwicklungen auszutauschen. Mehr Informationen zu den Aufgaben und Veröffentlichungen des Fachgebietes finden sich auf der Homepage des HLNUG unter <https://www.hlnug.de/themen/altlasten>.



**Abb. 4:** Durchgerostete Ölfässer auf einer südhessischen Altlast © HIM-ASG

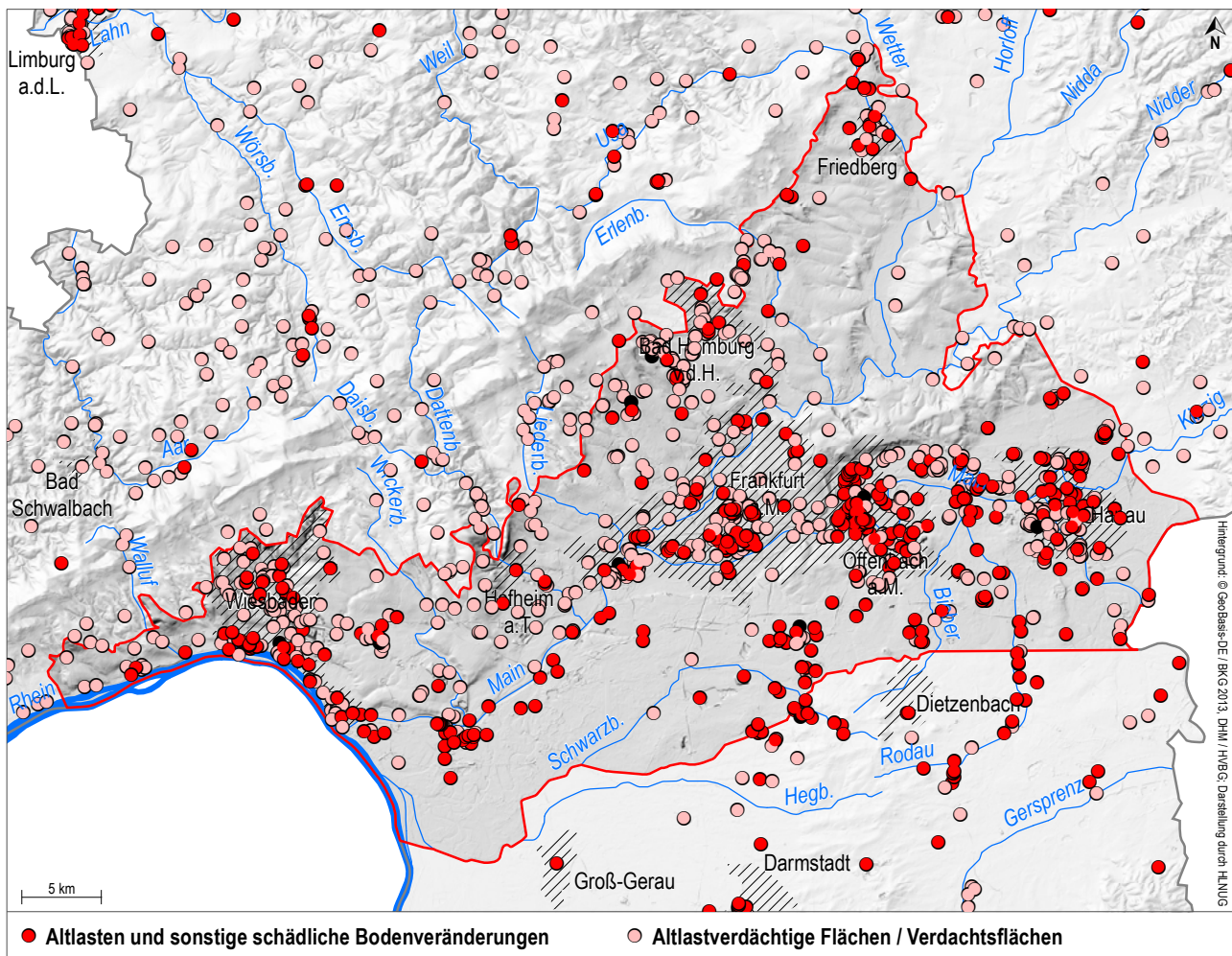
## 5 Fachgebiet Altflächendatei

Bei der Altlastenbearbeitung werden altlastenverdächtige Flächen erfasst, untersucht, bewertet und erforderlichenfalls überwacht und saniert. In Hessen werden die hierfür relevanten Daten, inklusive der Daten zu Grundwasserschadensfällen und schädlichen Bodenveränderungen, in einem zentralen Informationssystem, der sogenannten **Altflächendatei**, erfasst. Derzeit enthält die Datenbank ca. 108 000 Datensätze zu potenziellen Altstandorten, Verdachtsfällen, Altlasten und sanierten Altlasten. Ziel ist es, eine möglichst vollständige und aktuelle Datengrundlage für Planungen, Auskünfte und Einzelverfahren der Altlastenbearbeitung in einer bedarfsgerechten Form hessenweit bereitzustellen.

Die Altflächendatei besteht aus mehreren Anwendungen: Dem **Fachinformationssystem Altflächen und Grundwasserschadensfälle** (FIS AG)

als zentralem Bestandteil der Altflächendatei, dem **FIS AG GIS**, einem geografischen Informationssystem, mit dem behördenintern die Lage von Standorten und Messstellen aus FIS AG dargestellt werden können, und dem Datenübertragungssystem **DATUS online**, einem Anwendungsprogramm für Kommunen und beauftragte Ingenieurbüros zum Datenaustausch mit dem FIS AG.

Das Führen der Altflächendatei ist eine wichtige Daueraufgabe des HLNUG und im Hessischen Altlasten- und Bodenschutzgesetz (HAltBodSchG) rechtlich verankert [12]. Sie wird vom Fachgebiet Altflächendatei mit derzeit drei Mitarbeiterinnen in enger Absprache mit dem HMUKLV zusammen mit den Bodenschutzbehörden der Regierungspräsidien, der Landkreise und kreisfreien Städte geführt. Sie ist nur den zuständigen Behörden und nicht der Öffentlichkeit zugänglich.



**Abb. 5:** Altlasten, sonstige schädliche Bodenveränderungen und altlastverdächtige Flächen – Ausschnitt Rhein-Main-Gebiet (Erfassungsstand 01.07.2020)

lich. Auskünfte aus der Datenbank können bei den jeweiligen Regierungspräsidien eingeholt werden.

Da in Hessen die Kommunen für die Erhebung der Altstandorte zuständig sind, ist eine gute Zusammenarbeit Voraussetzung. Die Kommunen müssen nach dem HAltBodSchG dem HLNUG ihre Kenntnisse über Altstandorte für die Erfassung in der Altflächen-datei mitteilen. Hierzu stellt das HLNUG die oben genannte Anwendung DATUS online zur Verfügung. Um den Kommunen zu helfen ihrer Verpflichtung nachzukommen, wurde 2022/23 ein E-Learning Modul für das Datenübertragungssystem der Altflächen-datei entwickelt und online gestellt.

Neben der Verbesserung und Verdichtung der Daten ist die kontinuierliche Aktualisierung und Optimierung des Systems eine zentrale Aufgabe. Hierzu erfolgt u. a. der regelmäßige Austausch mit den Nutzerinnen und Nutzern bei den Bodenschutzbehörden.

Eine aktuelle Herausforderung ist die Umsetzung des **Onlinezugangsgesetzes**. Das Gesetz verpflichtet Bund und Länder, ihre Verwaltungsleistungen seit Ende 2022 auch elektronisch über Verwaltungsportale anzubieten. Vor diesem Hintergrund wird derzeit in Zusammenarbeit mit dem HMUKLV, den Regierungspräsidien und der Hessischen Zentrale für Datenverarbeitung daran gearbeitet, eine Onlineabfrage einzurichten, die es den Bürgerinnen und Bürgern ermöglicht, automatisiert Auskunft darüber zu bekommen, ob ein Grundstück ggf. in der Altflächen-datei geführt wird.

Eine weitere wichtige Aufgabe des Fachgebietes ist es, die Öffentlichkeit regelmäßig über den **Stand der Altlastenbearbeitung** in Hessen zu informieren. Mehr Informationen zu den Aufgaben und Veröffentlichungen des Fachgebietes finden sich auf der Homepage des HLNUG unter <https://www.hlnug.de/themen/altlasten/altflaechendatei>.

## Literatur und weiterführende Quellen

- [1] THEWS, J.-D. (2006): 60 Jahre Staatlicher Geologischer Dienst in Hessen. Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (Hrsg.); Wiesbaden.
- [2] Regionalplan Mittelhessen – Entwurf zur Beteiligung gemäß § 6 Abs. 2 und 3 HLPG i. V. m. § 9 ROG – Beschlossen durch die Regionalversammlung Mittelhessen am 23.09.2021. [[https://rp-giessen.hessen.de/sites/rp-giessen.hessen.de/files/2022-04/regionalplan\\_mittelhessen\\_-\\_textentwurf\\_-\\_2021\\_09\\_15\\_0.pdf](https://rp-giessen.hessen.de/sites/rp-giessen.hessen.de/files/2022-04/regionalplan_mittelhessen_-_textentwurf_-_2021_09_15_0.pdf); Stand: 01.06.2023].
- [3] Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (2008): Großmaßstäbige Bodeninformationen für Hessen und Rheinland-Pfalz – Auswertung von Bodenschätzungsdaten zur Ableitung von Bodenfunktionen und -eigenschaften. – 65 S.; Wiesbaden. [[https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/boden/Bodenschaetzung/sonderheft\\_BS\\_08.pdf](https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/boden/Bodenschaetzung/sonderheft_BS_08.pdf); Stand: 01.06.2023].
- [4] Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (2023): Kompensation des Schutzguts Boden in Planungs- und Genehmigungsverfahren – Arbeitshilfe zur Ermittlung des Kompensationsbedarfs für das Schutzgut Boden in Rheinland-Pfalz und Hessen. – Böden und Bodenschutz in Hessen 16; Wiesbaden. [[https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/boden/BBH16\\_2023.pdf](https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/boden/BBH16_2023.pdf); Stand: 27.07.2023].
- [5] Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (2022): Pressemitteilung Mikroplastik in hessischen Auenböden. [<https://www.hlnug.de/presse/pressemitteilung/mikroplastik-in-hessischen-auenboeden>; Stand: 01.06.2023].
- [6] Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (2022): Pressemitteilung Desinfektionsmittel in hessischen Böden. [<https://www.hlnug.de/presse/pressemitteilung/desinfektionsmittel-in-hessischen-boeden>; Stand: 01.06.2023].
- [7] Eckpunktepapier zur Weiterentwicklung des bundesweiten Bodenbiodiversitätsmonitorings durch das Fachgremium „Monitoring der Bodenbiodiversität und -funktionen“. – Leipzig, 26.09.2022. [[https://www.monitoringzentrum.de/sites/default/files/2023-01/Eckpunktepapier\\_FG\\_Bodenmonitoring\\_GFG\\_barrrierefrei\\_3\\_0.pdf](https://www.monitoringzentrum.de/sites/default/files/2023-01/Eckpunktepapier_FG_Bodenmonitoring_GFG_barrrierefrei_3_0.pdf); Stand: 01.06.2023].
- [8] LÜGGER, K., KLEIN, B., SCHUHMACHER, N. & STEINICKE, C. (2023): Bodenzustand hessischer Bach- und Flussauen – Belastungen der Auenböden der Diemel. – In: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie: Jahresbericht 2022: 119-129; Wiesbaden. [[https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/das\\_hlnug/jahresberichte/2022/16\\_jb\\_2022\\_G3\\_Auenprojekt\\_Diemel\\_Web.pdf](https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/das_hlnug/jahresberichte/2022/16_jb_2022_G3_Auenprojekt_Diemel_Web.pdf); Stand: 01.06.2023].
- [9] Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (2011): Hintergrundwerte von Spurenstoffen in hessischen Böden. – 144 S.; Wiesbaden. [[https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/boden/hgw/Hintergrundwerte\\_Hessen.pdf](https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/boden/hgw/Hintergrundwerte_Hessen.pdf); Stand: 01.06.2023].

- [10] Methodensammlung Feststoffuntersuchung V 2.0 [[https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/359/dokumente/20210615\\_methodensammlungfeststoffuntersuchung\\_v2\\_final.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/359/dokumente/20210615_methodensammlungfeststoffuntersuchung_v2_final.pdf); Stand: 01.06.2023].
- [11] Ständiger Ausschuss Altlasten der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz: Informationssystem zur Qualitätssicherung bei der Altlastenbearbeitung (ISQAB). [<https://isqab.lbeg.de/>; Stand: 01.06.2023].
- [12] Hessisches Altlasten- und Bodenschutzgesetz (HAlt-BodSchG) [[https://www.rv.hessenrecht.hessen.de/bshe/document/jlr-AltLast\\_BodSchGHERahmen](https://www.rv.hessenrecht.hessen.de/bshe/document/jlr-AltLast_BodSchGHERahmen); Stand: 20.07.2023].

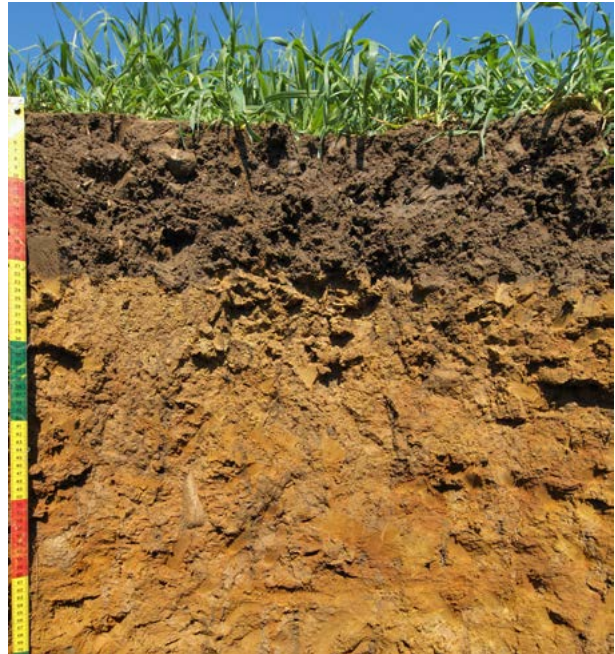
## Boden des Jahres 2023 - Ackerboden

LENA JEDMOWSKI\*

### 1 Einleitung

Ackerböden sind Grundlage für die landwirtschaftliche Produktion von Nahrungs- und Futtermitteln sowie nachwachsenden Rohstoffen. Sie speichern Kohlenstoff und Wasser und sind Lebensraum für Bodenlebewesen, von Bakterien und Pilzen über Regenwürmer bis hin zu Feldhamstern. Unsere Kulturlandschaft ist wesentlich durch Ackerbau geprägt. Dieser macht bundesweit 33 % und in Hessen 22 % der Flächen aus. Um auf die besondere Rolle der Böden unter Ackernutzung aufmerksam zu machen, wurde der Ackerboden zum Boden des Jahres 2023 gewählt.

Den Ackerboden gibt es im bodenkundlichen Sinne eigentlich nicht. Vielmehr werden unter dem Begriff unterschiedliche Böden zusammengefasst, denen die ackerbauliche Nutzung gemeinsam ist. Für alle gilt, dass eine angepasste und nachhaltige Bewirtschaftung notwendig ist, um sie dauerhaft in einem guten Zustand zu erhalten.



**Abb. 1:** Ackerboden bei Hünfeld Nüst mit Pflughorizont (Pseudogley aus Hauptlage über Basislage über pleistozänem Flusssand) © HLNUG

### 2 Gemeinsamkeiten und Unterschiede

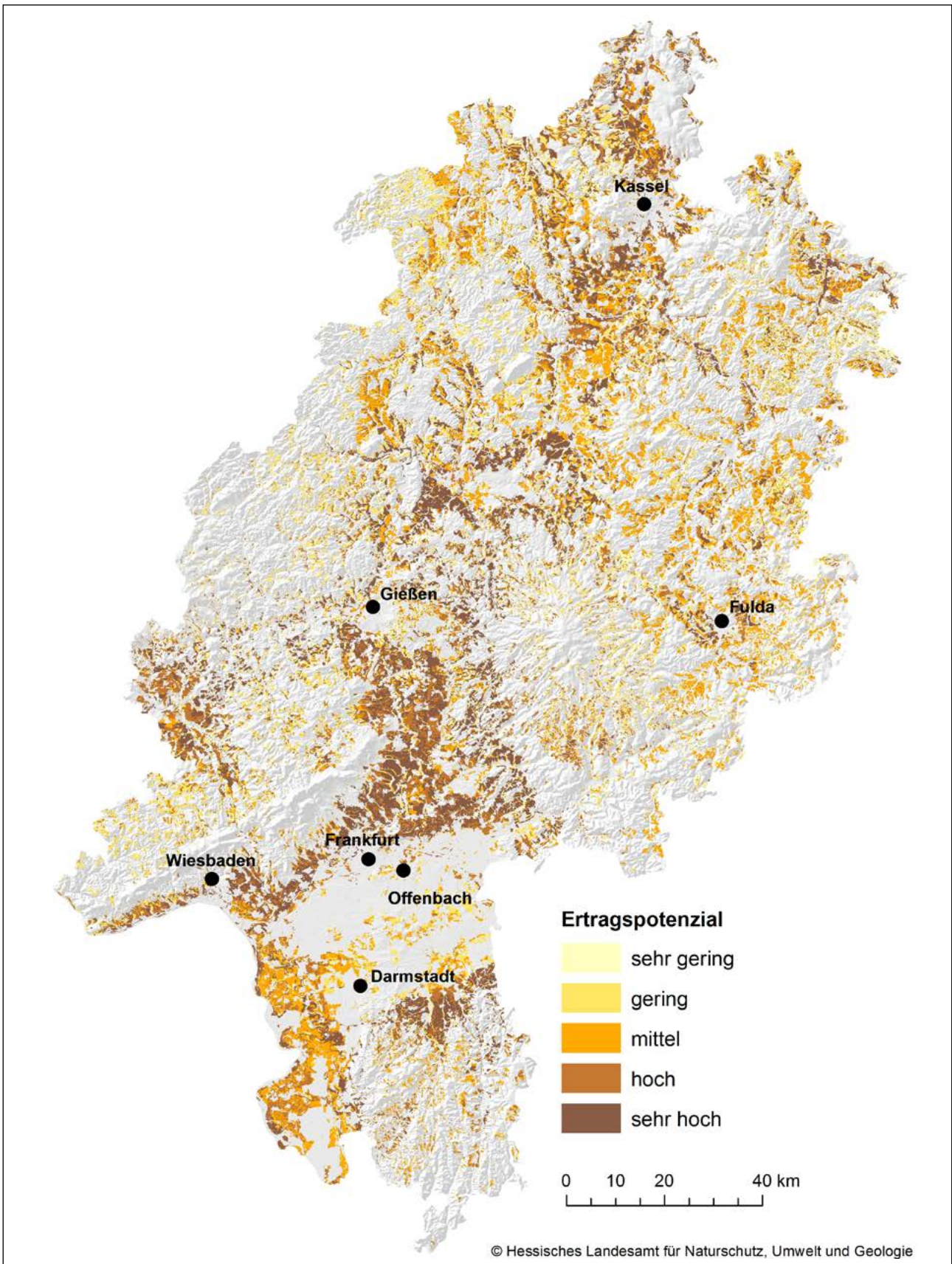
Charakteristisch für alle Ackerböden ist der Pflughorizont, der typischerweise 20 bis 30 cm tief reicht (Abb. 1). Er bildet sich durch das regelmäßige Wenden mit dem Pflug, wodurch er vermischt, gelockert und homogenisiert wird. Mittlerweile wird alternativ eine reduzierte Bodenbearbeitung angewendet, bei der auf das Pflügen weitgehend verzichtet wird. Auch in Wald- oder Grünlandböden lassen sich heute noch alte Pflughorizonte erkennen. Hier hat sich die Landnutzung im Laufe der Zeit geändert, der frühere Ackerbau lässt sich aber immer noch im Boden ablesen.

Ackerböden in Hessen sind sehr vielfältig: Der besonders tiefgründige Lössboden ist ebenso vertreten wie steinreiche, sandige oder tonige Böden. Die Diversität der Böden erklärt die regionalen Unter-

schiede im Ertragspotenzial zwischen den Lösslandschaften, den verschiedenen Mittelgebirgsregionen und den großen Flusstälern (Abb. 2).

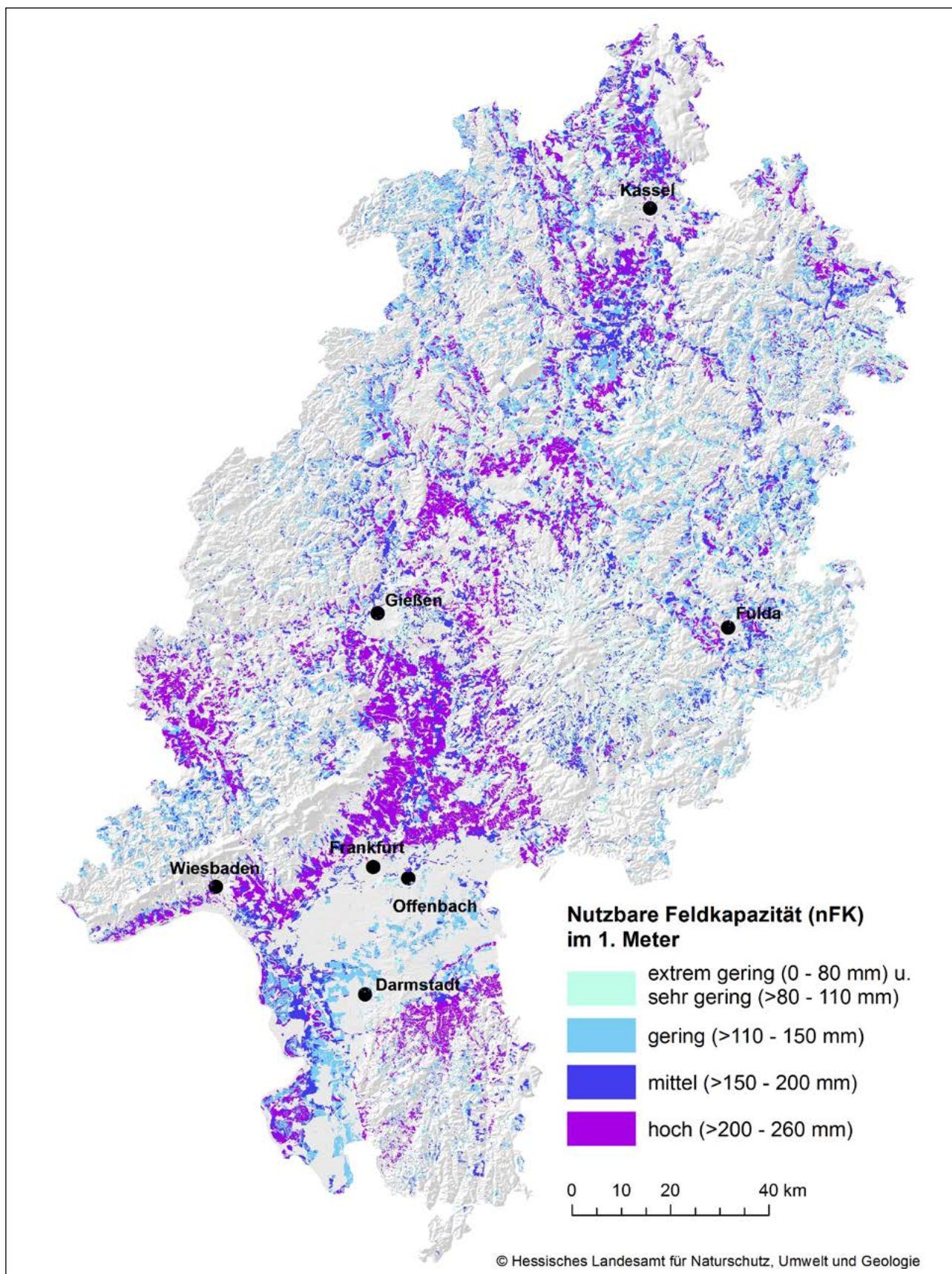
Auch die Resilienz der Böden bei Dürreperioden ist unterschiedlich: Kann ein Boden viel Wasser speichern, kann er den Feldfrüchten auch ohne Niederschläge längere Zeit Wasser zur Verfügung stellen als Böden mit einer geringeren Speicherkapazität. Ein Maß für die Wasserspeicherfähigkeit ist die nutzbare Feldkapazität, die beschreibt, wieviel pflanzenverfügbares Wasser Böden in ihren Poren festhalten können (Abb. 3).

Manche Ackerböden besitzen eine wasserstauende Schicht, die Niederschlagswasser nur verzögert in den Untergrund versickern lässt (Abb. 4). Die



**Abb. 2:** Ertragspotenzial der Ackerböden in Hessen





**Abb. 3:** Nutzbare Feldkapazität der Ackerböden in Hessen

dadurch entstehende Sauerstoffarmut im Boden kann das Pflanzenwachstum hemmen. Der Boden wird durch die hohe Feuchtigkeit außerdem anfällig für eine schädliche Verdichtung durch Befahren. Um eine ackerbauliche Nutzung dieser Böden zu er-

möglichen, werden sie oft drainiert. Ein stauender Horizont kann sich jedoch auch positiv auswirken, denn er hilft, während niederschlagsarmer Perioden einen Wasservorrat in den oberen Bodenschichten zu halten.



**Abb. 4:** Pseudogley über Basaltverwitterung (Feldatal-Windhausen), der helle Bereich zeigt eine Bleichung durch Stauwasser an  
© HLNUG

### 3 Ackerböden in den hessischen Senken- und Beckenlandschaften

In den hessischen Senken- und Beckenlandschaften wie der Wetterau werden insbesondere Lössböden ackerbaulich genutzt (Abb. 5). Diese Böden sind fruchtbar, leicht zu bearbeiten und gut durchwurzelbar. Sie speichern viel Wasser, wodurch Dürreperioden besser ausgeglichen werden können. Entsprechend haben die Ackerböden in den Lössgebieten ein sehr hohes Ertragspotenzial.

Die Böden dort sind auch ein potenzieller Lebensraum für den selten gewordenen Feldhamster (Abb. 6). Sie haben jedoch eine hohe Erosionsanfälligkeit und sollten durch richtige Bearbeitungstechnik vor schädlichem Bodenabtrag geschützt werden.



**Abb. 5:** Parabraunerde aus Löss (Mittelbuchen) © HLNUG



**Abb. 6:** Der Feldhamster hat spezifische Ansprüche an den Boden © Manfred Sattler, Arbeitsgemeinschaft Feldhamsterschutz

## 4 Ackerböden in den hessischen Mittelgebirgsregionen

In den hessischen Mittelgebirgen werden häufig Regosole und die etwas tiefgründigeren Braunerden als Ackerböden genutzt (Abb. 7). Diese bestehen meist aus einem Gemisch aus eiszeitlich eingewehtem Löss und dem verwitterten Gestein, das den Untergrund prägt. In Hessen sind dies u. a. Gesteine des Buntsandsteins, metamorphe Gesteine des Schiefergebirges oder auch vulkanische Gesteine aus dem Tertiär, zum Beispiel im Vogelsberg.

Die Eigenschaften dieser Böden hängen von der Art des Gesteins und dessen Verwitterung sowie dem Lössanteil ab. Flachgründige, steinige Böden oder Böden, die aus einem tonig oder sandig verwitterndem Gestein hervorgehen, können weniger pflanzenverfügbares Wasser speichern und sind anfälliger bei Dürren. Das Ertragspotenzial der Mittelgebirgsböden schwankt je nach Beschaffenheit von sehr gering bis mittel.



**Abb. 7:** Flachgründiger Regosol über Buntsandsteinverwitterung mit hohem Steingehalt (Bebra-Lüdersdorf) © HLNUG

## 5 Ackerböden in den Tälern der hessischen Flüsse

In den breiten Tälern der Flüsse sind Ackerböden auf den lockeren Sedimenten verbreitet, die diese Flüsse seit den Eiszeiten abgelagert haben (Abb. 8). Dabei können diese Böden hohe Kies- und Sandanteile besitzen oder bei größeren Ton- und Schluffgehalten feinkörniger ausgeprägt sein. Das Ertragspotenzial dieser Böden ist mittel bis hoch.

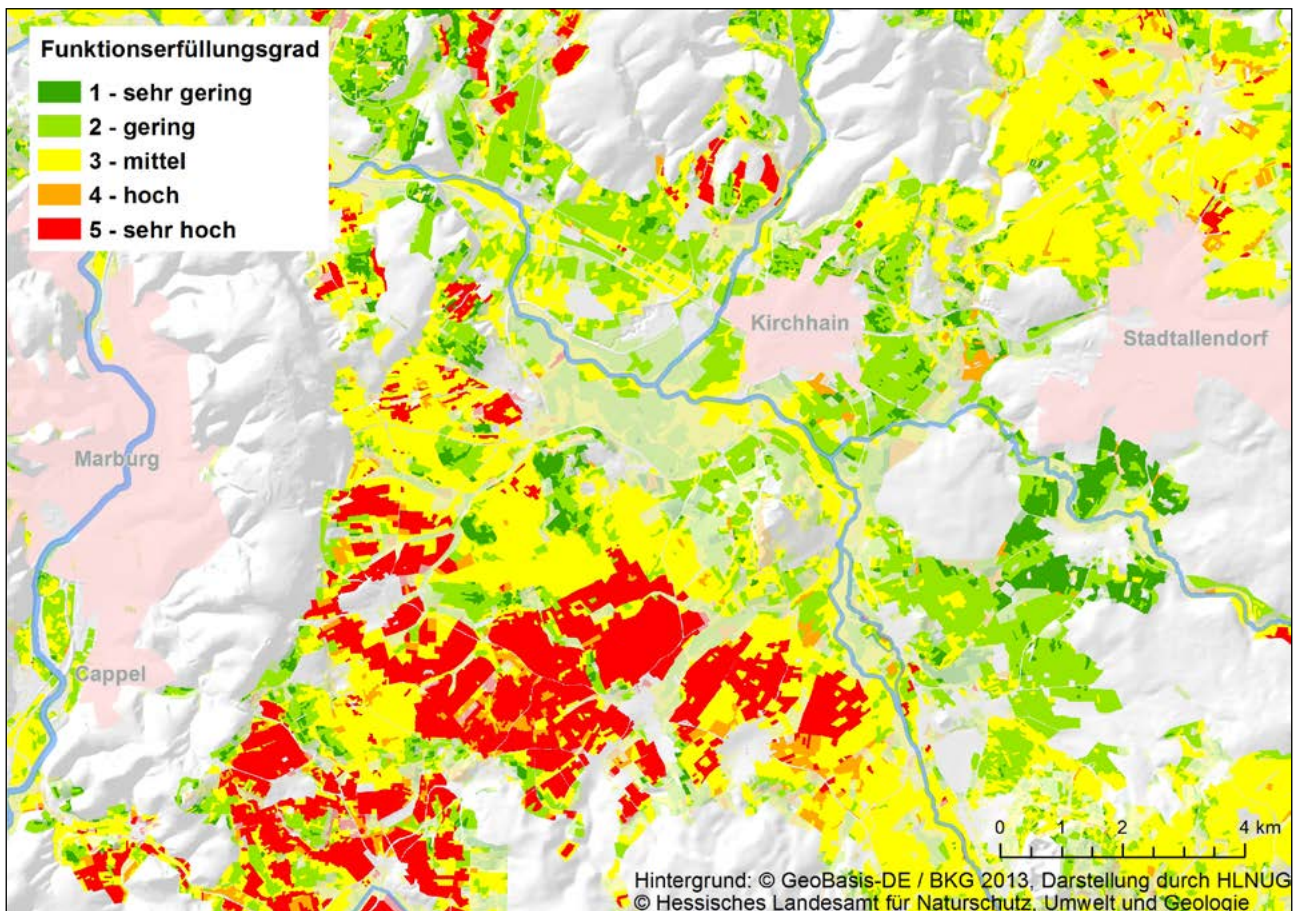
Vor allem im Oberrheingraben wurden ursprünglich sehr feuchte Böden erst nach Absenken des Grundwasserspiegels als Ackerböden nutzbar. Dies macht sich oft durch einen hohen Humusgehalt oder Torfreste bemerkbar, die sich unter den vormals feuchteren Bedingungen gebildet hatten. Heute zersetzt sich das organische Material langsam und setzt dabei Nährstoffe sowie CO<sub>2</sub> frei. Das muss bei der Bewirtschaftung berücksichtigt werden, um ein Überangebot von Nährstoffen und einen Kohlenstoffverlust zu vermeiden. Dieser Prozess könnte durch eine Wiedervernässung der entsprechenden Flächen gestoppt werden.

## 6 Gefährdung der Ackerböden

Ortschaften und Städte sind oft von Ackerflächen umgeben, die bei der Erweiterung von Siedlungen und Infrastruktur von Überbauung und Versiegelung betroffen sind. Diese Ackerböden gehen dem Landschaftshaushalt und der landwirtschaftlichen Produktion damit unwiederbringlich verloren. Dabei gerät oft der Wert aus dem Blick, den der Ackerboden durch das Erfüllen seiner natürlichen Funktionen besitzt. Um einen nachhaltigen Bodenschutz im Spannungsfeld zwischen der Bewahrung der natürlichen Funktionen und der Flächeninanspruchnahme zu ermöglichen, müssen die wertvollen Eigenschaften der Böden in der Abwägung, ob und wenn ja wo gebaut werden soll, berücksichtigt werden. Die Bodenfunktionsbewertung auf Grundlage der hessischen Bodenflächendaten für landwirtschaftliche Nutzfläche im Maßstab 1 : 5 000 (BFD5L) des HLNUG ist hierfür ein wichtiges Instrument (Abb. 9).



**Abb. 8:** Pararendzina aus Flusssand mit hohem Humusgehalt im Pflughorizont (Bürstadt-Riedrode) © HLNUG



**Abb. 9:** Bodenfunktionale Gesamtbewertung auf Grundlage der BFD5L (Ausschnitt östlich von Marburg, Grünlandböden mit Transparenz dargestellt)

Weitere Informationen und Materialien zur Aktion „Boden des Jahres“ und zum „Boden des Jahres 2023 – Ackerboden“ finden Sie hier:

Webseite des HLNUG: <https://www.hlnug.de/themen/boden/erleben/boden-des-jahres>  
Webseite des Kuratoriums Boden des Jahres: <https://boden-des-jahres.de>

Webseite der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft: <https://www.dbges.de/de/boden-des-jahres>

Webseite des Bundesverband Boden: <https://www.bvboden.de/aktuelles/boden-des-jahres>

Webseite von BonaRes: <https://www.bonares.de/boden-des-jahres>

Seite zum Boden des Jahres in der Schweiz: <https://www.boden-des-jahres.ch/de/2023/der-ackerboden>

Flyer und Poster zur deutschlandweiten Aktion: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/flyer-boden-des-jahres-2023-ackerboden>

<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/poster-boden-des-jahres-2023-ackerboden>

Video zur Vorstellung des Ackerbodens als Boden des Jahres 2023 am Weltbodentag: <https://bioe-konomie.de/service/mediathek/boden-des-jahres-2023-der-ackerboden>

Video der Laudatio zum Ackerboden am Weltbodentag: <https://youtu.be/iGMefa4HFWE>

Video der Podiumsdiskussion zum Ackerboden am Weltbodentag: <https://youtu.be/qAqS2YInFMU>

# Dritte Auflage des Bodenerosionsatlas Hessen

FABIAN ACHTEN, MATHIAS SCHMANKE\*

## 1 Einführung

Bodenerosion ist eine der relevantesten Bodengefahren in Hessen. Beim Erosionsprozess wird Bodenmaterial durch Wind, Wasser oder Bodenbearbeitung abgetragen und verlagert. Für Hessen ist vor allem die Wassererosion von besonderer Bedeutung. Zur Bewertung der standortbezogenen Erosionsgefährdung durch Wasser erarbeitet das HLNUG Grundlagen, die im Bodenerosionsatlas Hessen dokumentiert sind.

## 2 Grundlagen

Der Bodenerosionsatlas stellt neben einzelnen Erosionsfaktoren die potenzielle Bodenerosion durch Wasser nach der Allgemeinen Bodenabtragsgleichung (ABAG) für verschiedene Bodennutzungsszenarien bereit. Die ABAG ist ein weit verbreitetes, empirisches Erosionsmodell zur Abschätzung langjähriger mittlerer flächenhafter Bodenabträge durch Regen. Nach DIN 19708 [1] wird der langjährig zu erwar-

$$A = R * K * S * L * C * P$$

A = langjähriger mittlerer Bodenabtrag [t/(ha\*a)]

R = Regenerositätsfaktor

K = Bodenerodierbarkeitsfaktor

S = Hangneigungsfaktor

L = Hanglängenfaktor

C = Bodenbedeckungs- und Bodenbearbeitungsfaktor

P = Faktor zur Berücksichtigung von Erosionsschutzmaßnahmen

Der Bodenerosionsatlas Hessen liegt seit Anfang des Jahres 2023 in der dritten Auflage vor. Für die neue Auflage wurden die meisten Datengrundlagen aktualisiert. Insbesondere die Veränderungen der Regenerosität gaben Anlass zur Überarbeitung und bewirken teils eine erhebliche Änderung der Bewertung der Erosionsgefährdung im Vergleich zur vorangegangenen Auflage von 2018.

tende, mittlere Bodenabtrag in Tonnen pro Hektar und Jahr mithilfe der ABAG durch die Multiplikation mehrerer Erosionsfaktoren ermittelt.

Für den Erosionsatlas Hessen wurden diese Faktoren bestimmt, der langjährige mittlere Bodenabtrag berechnet und in Erosionsgefährdungsklassen eingestuft. Eine Ausnahme bildet der Faktor zur Berücksichtigung von Erosionsschutzmaßnahmen (P-Faktor), der aufgrund fehlender Informationen über eventuell getroffene Erosionsschutzmaßnahmen, wie z. B. Konturpflügen, für eine landesweite Modellierung nicht ermittelt werden konnte. Er geht mit dem Faktor 1 in die Berechnung ein.

Die einzelnen Erosionsfaktoren und die verschiedenen Bewertungen der Erosionsgefährdung sind als Kartendarstellungen im BodenViewer Hessen (<https://bodenviewer.hessen.de/>) unter „Bodenerosionsatlas 2023 (ABAG)“ einzusehen.

## 3 Aktualisierungen

### 3.1 Gebietskulisse

Für die zu betrachtende Gebietskulisse werden die InVeKoS-Daten (Daten des Integrierten Verwaltungs- und Kontrollsystems in der Gemeinsamen Agrarpoli-

tik der Europäischen Union) nach Bodennutzungen kategorisiert. Unmittelbar aneinandergrenzende Schläge werden zu einem Feldblock zusammenge-

fasst. Die Gebietskulisse wurde dahingehend aktualisiert, dass für die neue Auflage die Daten der Jahre 2016 bis 2021 betrachtet wurden. Der vorige Betrachtungszeitraum umfasste die Jahre 2011 bis 2016. Somit werden Veränderungen der Abgrenzungen der bewirtschafteten Schläge sowie der angebauten Kulturen im Verlauf der letzten Jahre berücksichtigt. Diese Anpassung der Gebietskulisse wird auch in zu-

künftigen Aktualisierungen des Erosionsatlas erfolgen, kann aber nicht jährlich fortgeschrieben werden.

Eine weitere wichtige Neuerung ist, dass Flächen, auf denen im Beobachtungszeitraum ausschließlich Grünlandnutzung verzeichnet ist, nun als eigenständige Bereiche betrachtet und nicht mit Flächen anderer Nutzungen zusammengefasst werden.

### 3.2 Erosionsfaktoren

#### Regenerositätsfaktor (R-Faktor):

Der R-Faktor stellt in der ABAG regional differenziert die Erosivität der Niederschläge dar. Dieser Erosionsfaktor wurde in der neuen Auflage des Erosionsatlas vollständig überarbeitet. Das ist damit zu begründen, dass die bislang verwendete Methodik zur Berechnung des R-Faktors mithilfe einer Regressionsgleichung nach SCHWERTMANN et al. [2] veraltet ist und deshalb für aktuelle Fragestellungen nicht mehr angewendet werden sollte. Stattdessen soll nach DIN 19708 [1] die vom Deutschen Wetterdienst (DWD) erstellte Karte der mittleren R-Faktoren genutzt werden, die auf Basis von Niederschlagsdaten der Radarklimatologie (RADKLIM) der Jahre 2001 bis 2017 entwickelt wurde [3]. Die jeweiligen Werte aus der Mittelwertkarte wurden in der neuen Auflage des Bodenerosionsatlas als Eingangsdatensatz für den R-Faktor verwendet. Als zusätzliche Anpassung erfolgte eine Mittelwertbildung des Faktors für Flächen mit landwirtschaftlicher Nutzung auf Gemarkungsebene.

zur vorangegangenen Auflage. Im hessenweiten Mittel ist durch die Aktualisierung eine Zunahme des R-Faktors um etwa 50 % festzustellen.

Aufgrund einer Veränderung der Niederschlagscharakteristik ist nach DIN 19708 [1] eine regelmäßige Aktualisierung der Mittelwertkarte der R-Faktoren notwendig. Eine mögliche Ursache der veränderten Niederschlagscharakteristik ist eine Intensivierung der Niederschläge im Zuge des Klimawandels [4]. Der DWD beschreibt auf seiner Internetseite die Methodik zur Umrechnung der Mittelwertkarte von 2001 bis 2017 auf ein jüngeres Zentraljahr. Dieser Methodik folgend wird im Erosionsatlas neben dem mittleren R-Faktor von 2001 bis 2017 zusätzlich ein auf das Zentraljahr 2021 bezogener R-Faktor bereitgestellt. Im Vergleich zum Mittel von 2001–2017 zeigt sich hierbei eine Erhöhung um 17 %. Alle Betrachtungen der Erosionsgefährdung sind sowohl unter Einbezug des mittleren R-Faktors als auch des auf 2021 bezogenen R-Faktors im Bodenerosionsatlas abrufbar.

Der neue R-Faktor zeigt – u. a. aufgrund der besseren Erfassung kleinräumiger, erosiver Niederschläge mittels Radar – deutlich höhere Werte im Vergleich

#### Bodenbedeckungs- und Bodenbearbeitungsfaktor (C-Faktor):

Der C-Faktor bewertet die erosionsschützende Wirkung der Vegetation für den Oberboden im Vergleich zu einem vegetationslosen Acker. Um eine langfristige Aussage über die Schutzwirkung der Vegetation treffen zu können, müssen die typischen Fruchtfolgen auf den Ackerschlägen bekannt sein. In der neuen Auflage des Erosionsatlas wurde der Betrachtungszeitraum für den mittleren C-Faktor der Frucht-

folge aktualisiert. Hierzu wurden die kulturspezifischen C-Faktoren der Einzeljahre für den neuen Betrachtungszeitraum von 2016 bis 2021 gemittelt. Ackerschläge mit weniger als drei Eingangswerten bekamen den Gemarkungsmittelwert der C-Faktoren zugewiesen. Die C-Faktoren wurden für die neue Auflage in geringem Umfang aktualisiert bzw. ergänzt.

#### Weitere Erosionsfaktoren:

Die übrigen Einzelfaktoren wurden im Vergleich zur letzten Version des Bodenerosionsatlas nicht oder

nur in geringem Ausmaß überarbeitet. Zur Berechnung des Hangneigungsfaktors (S-Faktor) und des

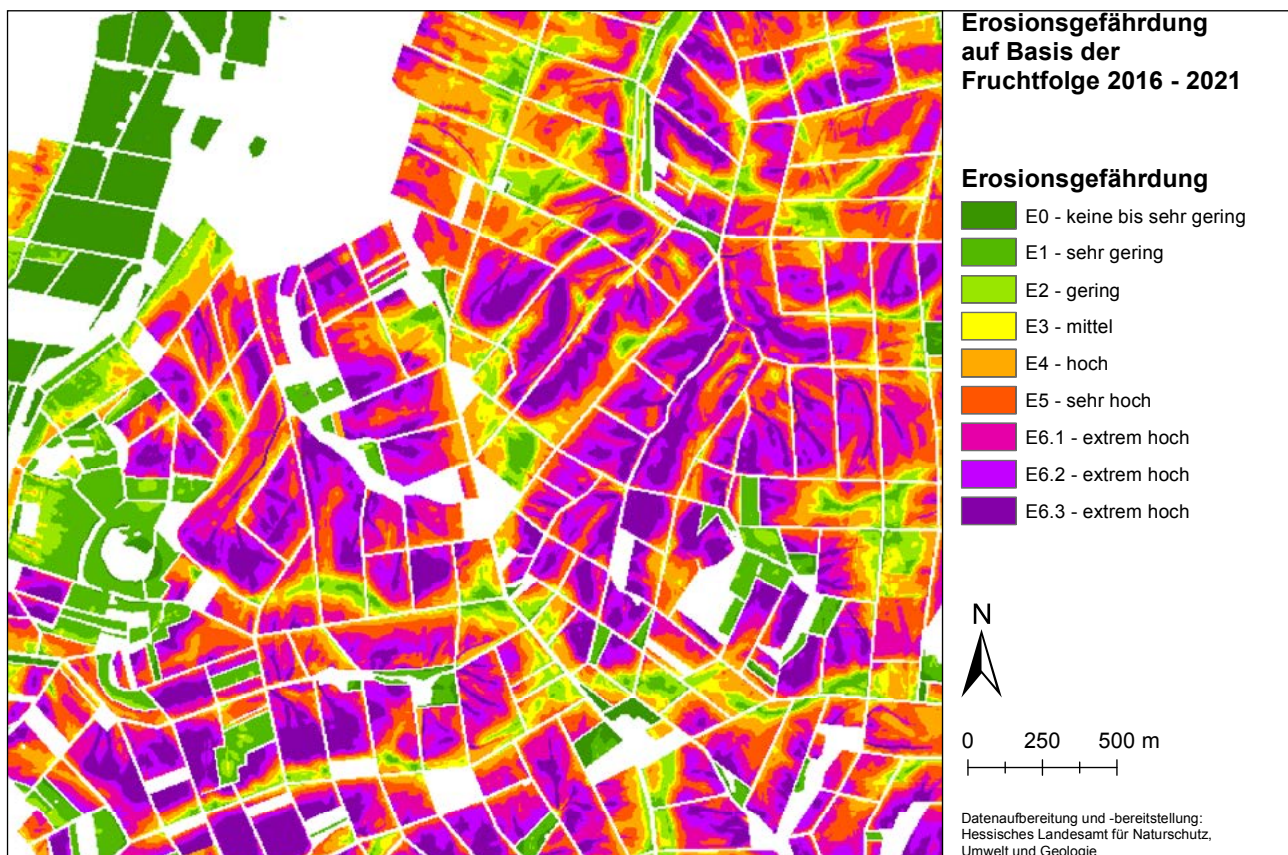
Hanglängenfaktors (L-Faktor) wurde ein aktuelleres Basis-Höhenmodell aus dem Jahr 2021 verwendet, welches zur Glättung kleinräumiger heterogener Bereiche, wie z. B. Bearbeitungsspuren, einer Tiefpassfilterung unterzogen wurde. Für die Darstellung

des L-Faktors und der Erosionsgefährdung unter Einbezug des L-Faktors ergibt sich visuell dadurch ein deutlich glatterer Eindruck. Der Bodenerodierbarkeitsfaktor (K-Faktor) wurde im Vergleich zur letzten Version des Erosionsatlas nicht überarbeitet.

### 3.3 Erosionsgefährdung

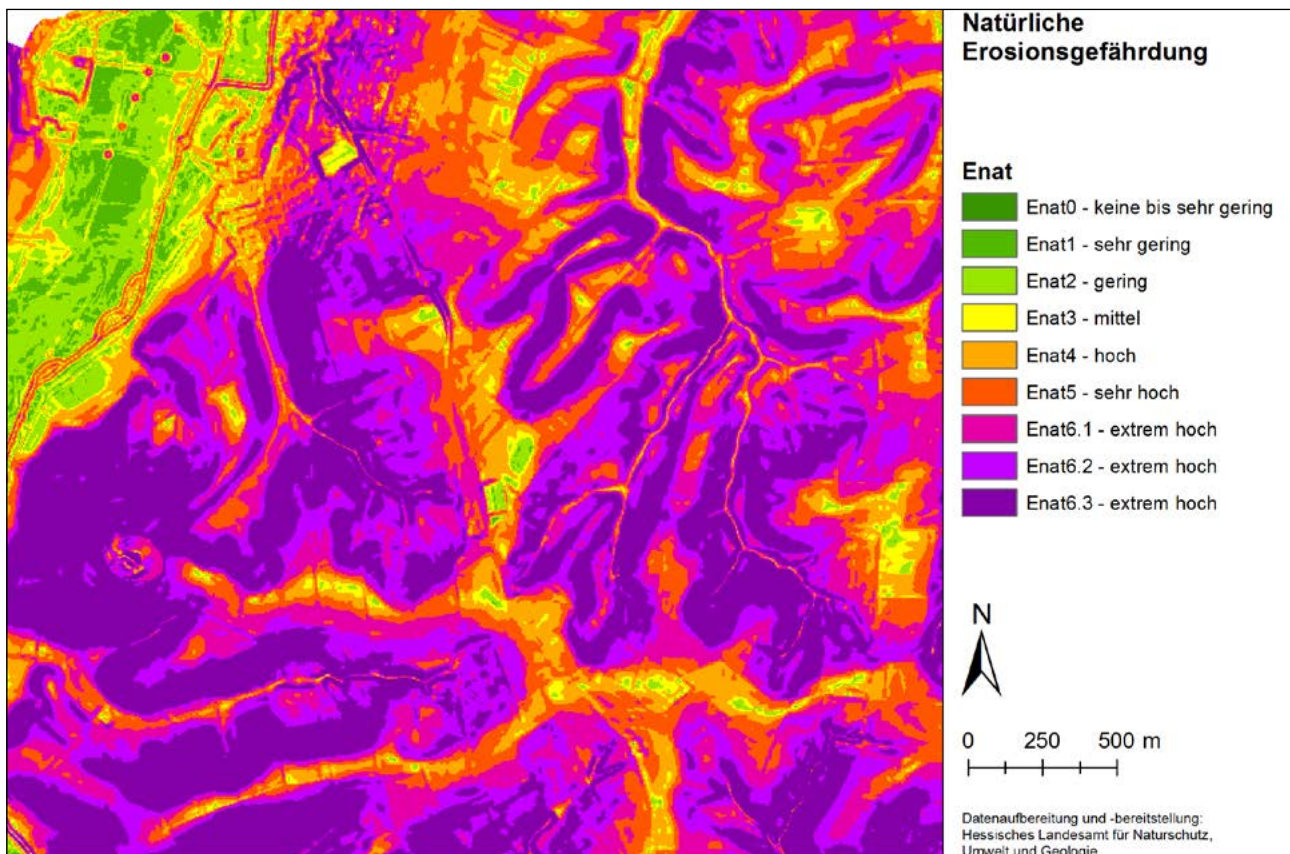
Durch die Multiplikation der einzelnen Erosionsfaktoren wurden die langjährigen mittleren Bodenabträge in  $t/(ha \cdot a)$  errechnet, die anschließend entsprechend der DIN 19708 [1] in Erosionsgefährdungsklassen (E0 – „keine bis sehr gering“ bis E6 – „extrem hoch“) eingeteilt wurden. Im Bodenerosionsatlas stehen für verschiedene Nutzungsszenarien Auswertungen der Erosionsgefährdung nach ABAG zur Verfügung. Neben dem Fruchtfolgeszenario unter Einbezug des aktualisierten mittleren C-Faktors von 2016 bis 2021 (siehe Abb. 1), werden auch Szenarien für einen flächendeckenden Anbau von Mais (C-Faktor = 0,35) sowie von Winterweizen (C-Faktor = 0,12) bereitgestellt.

Als Neuerung wird im Bodenerosionsatlas zudem eine Auswertung der natürlichen Erosionsgefährdung ( $E_{nat}$ ) präsentiert. Das Ergebnis zeigt die natürliche Empfindlichkeit eines Standortes gegenüber Wassererosion, ohne den Einfluss der Nutzung mit einzu beziehen. Zur Berechnung wurden hierzu die „natürlichen“ Erosionsfaktoren R, K und S multipliziert und entsprechend der DIN 19708 [1] in Erosionsgefährdungsklassen von  $E_{nat}0$  („keine bis sehr gering“) bis  $E_{nat}6$  („extrem hoch“) eingestuft (siehe Abb. 2). Diese Auswertung vermittelt einen Eindruck von der natürlichen Erosionsanfälligkeit eines Standortes und kann als Entscheidungsgrundlage für eine angepasste Bodennutzung hinsichtlich der Vermeidung von Bodenerosion herangezogen werden.



**Abb. 1:** Erosionsgefährdung auf Basis der Fruchtfolge von 2016 bis 2021. Ausschnitt aus dem Bodenerosionsatlas Hessen 2023.





**Abb. 2:** Natürliche Erosionsgefährdung ( $E_{nat}$ ). Ausschnitt aus dem Bodenerosionsatlas Hessen 2023.

## Literatur

- [1] DIN 19708:2022-08 (2022): Bodenbeschaffenheit – Ermittlung der Erosionsgefährdung von Böden durch Wasser mit Hilfe der ABAG. – Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin.
- [2] SCHWERTMANN, U., VOGL, W. & KAINZ, M. (1987): Bodenerosion durch Wasser. – Stuttgart (Eugen Ulmer Verlag).
- [3] AUERSWALD, K., FISCHER, F. K., WINTERRATH, T. & BRANDHUBER, R. (2019a): Rain erosivity map for Germany derived from contiguous radar rain data. – Hydrology and Earth System Sciences, 23: 1819–1832.
- [4] AUERSWALD, K., FISCHER F. K., WINTERRATH, T., ELHAUS, D., MAIER, H. & BRANDHUBER, R. (2019b): Klimabedingte Veränderung der Regenintensität seit 1960 und Konsequenzen für Bodenabtragsschätzungen. – In: BACHMANN, G., KÖNIG, W. & UTERMANN, J. (Hrsg.): Bodenschutz – Ergänzbare Handbuch der Maßnahmen und Empfehlungen für Schutz, Pflege und Sanierung von Böden, Landschaft und Grundwasser (Loseblattsammlung); – 2. Band, Kapitel 4090; Berlin (Erich Schmidt Verlag).

## Quartäre Alkylammoniumverbindungen in hessischen Böden

KAI JANSEN, CHRISTIAN MOHR, KATRIN LÜGGER, CHRISTIAN HELLER, JAN SIEMENS, INES MULDER\*

Die Justus-Liebig-Universität (JLU) Gießen hat in Kooperation mit dem HLNUG das Vorkommen wichtiger Wirkstoffe von Desinfektionsmitteln und Tensiden, Quartäre Alkylammoniumverbindungen (kurz QAAV), in hessischen Böden analysiert. In 97 % der 65 untersuchten Bodenproben aus ganz Hessen konnten QAAV nachgewiesen werden. Diese Ergeb-

nisse haben auch medial einige Aufmerksamkeit auf sich gezogen, insbesondere da uns Desinfektionsmittel vom oftmals alltäglichen Gebrauch während der SARS-CoV-2-Pandemie vertraut sind. Aber was genau sind eigentlich QAAV, wo werden sie eingesetzt und welche Risiken bergen sie?

### 1 Struktur und Wirkung von Quartären Alkylammoniumverbindungen

Quartäre Ammoniumverbindungen wurden bereits vor über hundert Jahren entwickelt. Erste Aufzeichnungen stammen aus dem Jahr 1856 [1]. Seit den 1930er Jahren kamen sie erstmals als Biozid und in den 1940er und 1950er Jahren unter anderem im Zuge des Zweiten Weltkrieges und mit dem Beginn der Massengeflügelhaltung dann als Desinfektionsmittel weltweit zum Einsatz [2]. Aufgrund ihrer molekularen Eigenschaften sind sie mittlerweile eine wirtschaftlich bedeutende Klasse von Industriechemikalien, die neben ihrem Einsatz als Desinfektionsmittel auch in Pflanzenschutzmitteln, als Zusätze bei technischen Anwendungen wie Farben, Lacken oder Flussmitteln, in Weichspülern, Textilhilfsmitteln und (kosmetischen) Pflegeprodukten zum Einsatz kommen.

Unter dem Sammelbegriff QAAV werden all jene Verbindungen zusammengefasst, bei denen die vier Wasserstoffatome der Ammoniumgruppe durch organische Reste ersetzt worden sind. Dabei besteht mindestens ein Rest aus einer Alkylkette der Kettenlänge C8-C22. Zudem ergibt sich eine permanente positive Ladung am Stickstoff, der die Wasserlöslichkeit der QAAV erklärt. Insgesamt sind QAAV also amphiphile, grenzflächenaktive Verbindungen, die auch als kationische Tenside Verwendung finden [3]. Je nach Substituenten können QAAV in Alkyltrimethylammoniumverbindungen (ATMAV), Benzylalkylammoniumverbindungen (BAV) und Dialkyldimethylammoniumverbindungen (DADMAV) differenziert werden, wie beispielhaft in Abbildung 1 dargestellt.

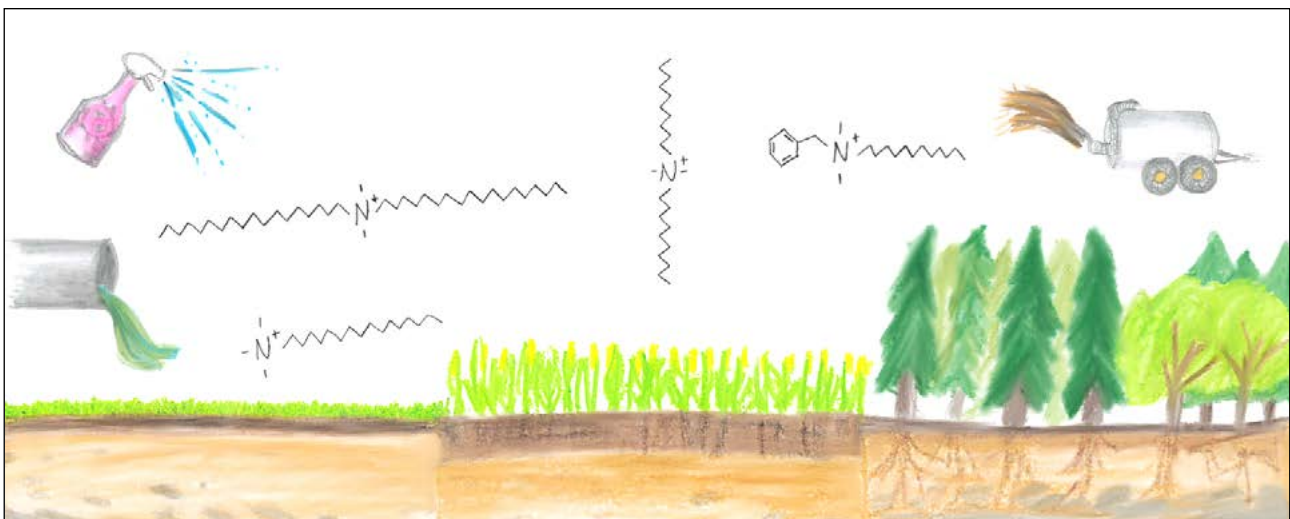


Abb. 1: Beispielhafte molekulare Strukturen der QAAV und symbolische Eintragswege in hessische Böden unterschiedlicher Nutzung [4].

Eine steigende Anzahl und Länge der Alkylketten je Verbindung bewirken eine zunehmende Hydrophobizität und sinkende Abbaubarkeit der Verbindungen. Zudem beeinflusst die Länge der Alkylketten die Toxizität der QAAV [5]. Eine akut toxische Wirkung auf den Menschen, beispielsweise auf eine intakte Hautschutzfunktion, erfordert eine lange, regelmäßige Aufnahme von mehr als  $3,4 \text{ mg kg}^{-1}$  Körpergewicht und Tag und ist eher unwahrscheinlich [6].

Vor dem Hintergrund der Entwicklung von multi-resistenten pathogenen Bakterien, die eine potenzielle Bedrohung für die Gesundheit der Menschen

und damit eine der großen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts darstellt, wiegt ein anderes Risiko deutlich schwerer: Die Exposition gegenüber QAAV kann nicht nur zu mikrobiellen Resistenzen gegenüber QAAV führen, sondern könnte auch Resistenzen gegenüber verschiedenen Antibiotika fördern. Es besteht die Sorge, dass die Exposition gegenüber subinhibitorischen Konzentrationen (d. h. Konzentrationen unterhalb ihrer Hemmwirkung) zur Entwicklung von Kreuz- und Co-Resistenzmechanismen führt, die die Anfälligkeit von Mikroorganismen für viele Antibiotika verringert [7].

## 2 QAAV in der Umwelt und in Böden

Aufgrund ihrer vielfältigen Nutzung ist es keine Überraschung, dass QAAV in teilweise beachtlichen Konzentrationen in der Umwelt dokumentiert sind. Dabei erreichen die Konzentrationen in Klärschlämmen, aber auch in Sedimenten oftmals den  $\text{mg kg}^{-1}$ -Bereich und deuten auf die strukturell bedingte Neigung zur Anreicherung an (negativ geladenen) Partikeln hin. Das Auftreten von QAAV in Kläranlagen hat in den vergangenen Jahren großes Interesse geweckt, da diese Anlagen als Hotspots für die Verbreitung von Antibiotikaresistenzen identifiziert wurden [8]. Über das Vorkommen in Kläranlagen, Klärschlämmen und Sedimenten hinaus könnte die Anreicherung von QAAV in Böden besonders relevant sein, falls

die Sorption von QAAV an den negativ geladenen Oberflächen von Tonmineralen zu einer langfristigen subinhibitorischen Exposition der mikrobiellen Bodengemeinschaft führt [9]. Es ist anzunehmen, dass insbesondere landwirtschaftlich genutzte Böden, die im Sinne des Nährstoffrecyclings einer organischen Düngung oder einer Bewässerung mit Abwässern ausgesetzt sind, einen Eintrag erhöhter Mengen an QAAV erfahren. Allerdings sind die bisher durchgeführten Bodenuntersuchungen auf einzelne landwirtschaftliche Standorte beschränkt, die entweder durch direkte QAAV-Kontamination, die Ausbringung von Klärschlamm oder die Bewässerung mit unbehandeltem Abwasser gekennzeichnet waren [10–12].

## 3 Zielsetzung und Durchführung der Studie

Ziel der Studie war es deshalb, einen ersten Überblick über das Vorkommen von QAAV in hessischen Böden zu gewinnen. Dafür wurde auf archivierte Rückstellproben der hessischen Boden-Dauerbeobachtung zurückgegriffen, die in der Bodenprobenbank des HLNUG eingelagert waren und unterschiedliche Boden-, Landnutzungs- und Gebietstypen umfassten (Abb. 2). Ausgehend von bekannten Eintragspfaden, wie der Ausbringung von Klärschlamm, Gülle und Pestiziden (vgl. Abb. 1), erwarteten wir die höchsten Konzentrationen von QAAV in Acker-, Grünland- und Weinbergböden. Mit einem Nachweis in Waldböden wurde nicht gerechnet.

Insgesamt wurden im Rahmen der Studie 65 Proben von Boden-Dauerbeobachtungsflächen (BDF) analysiert. Dabei handelte es sich um 52 Oberbodenproben verschiedener Landnutzungstypen (26 Acker-, 18 Grünland-, sechs Wald- und zwei Weinbergproben). An den Waldstandorten wurden zusätzlich sechs Proben aus den Humusauflegehorizonten untersucht. Ergänzend zu den Proben aus der Boden-Dauerbeobachtung wurden weitere Proben an Auenstandorten (eine Acker- und vier Grünlandproben) und an einem bei Starkregen regelmäßig mit Abwasser überfluteten Grünlandstandort genommen (nahe Abwasserrohr: Proben-ID 91; fern: Proben-ID 90). Die Lage der Probennahmestandorte wird in Abb. 3 dargestellt. Die Proben des HLNUG



Abb. 2: Blick in die Bodenprobenbank des HLNUG, in der aktuell rund 9000 Rückstellproben unterschiedlicher Projekte archiviert sind.

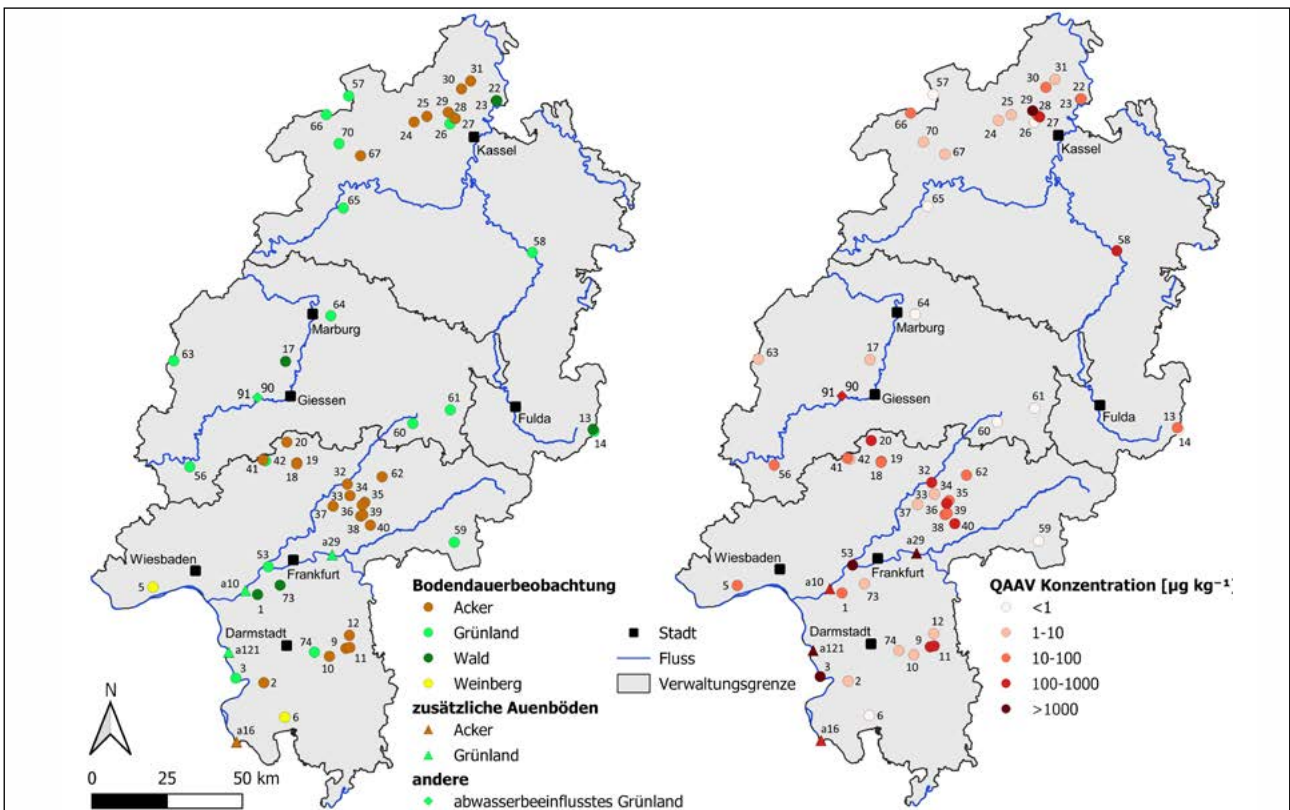


Abb. 3: Probenahmestandorte mit Proben-ID, differenziert nach Landnutzungsart und Untersuchungsprogramm (links) und gemessene Gesamtkonzentrationen an QAAV in den Oberbodenproben (rechts) [4]

wurden zwischen Mai 2014 und Mai 2021 entnommen, luftgetrocknet und in Braunglasflaschen in der Bodenprobenbank aufbewahrt. Die beiden Proben des abwasserbeeinflussten Grünlandstandortes wurden von der JLU im Juni 2021 entnommen. Alle

getrockneten Proben wurden mithilfe von Lösungsmittel und Ultraschall extrahiert und mittels Flüssigchromatographie-Massenspektrometrie (HPLC-MS/MS) auf 17 verschiedene QAAV-Einzelverbindungen analysiert [13].

## 4 Ergebnisse

Entgegen unserer Erwartung zeigte sich, dass QAAV fast ubiquitär in den untersuchten Böden vorhanden waren (Abb. 3 rechts). Die Verbindungen konnten in jeder Ackerbodenprobe nachgewiesen werden; die QAAV-Gesamtgehalte umfassten eine Spanne von 2,4 bis 1 530  $\mu\text{g kg}^{-1}$ , mit einem Mittelwert von 170  $\mu\text{g kg}^{-1}$  und einem Median von 36,4  $\mu\text{g kg}^{-1}$  – letzterer ist in guter Übereinstimmung mit einer Schätzung zur vorhergesagten Bodenkonzentration bei Klärschlamm Düngung [9]. Die höchsten Konzentrationen auf Ackerstandorten wurden in den Proben eines Pelosols nahe Kassel (Proben-ID 29) und eines Gley-Pelosols nordwestlich von Frankfurt (Proben-ID 36) gemessen, die beide sehr hohe Tongehalte aufwiesen. Auch im untersuchten Oberboden einer der beiden Weinbaustandorte konnten Spuren von DADMAV-C16 und -C18 gemessen werden, was auf Klärschlammapplikation oder den Einsatz von QAAV-haltigen Fungiziden zurückzuführen sein könnte. Leider liegen für die Standorte aber keine Informationen zur Nutzungshistorie vor.

Im Rahmen der Studie wurden erstmals auch Bodenproben von Grünlandstandorten auf QAAV untersucht: In Proben von 19 der insgesamt 22 Standorte konnten Vertreter dieser Stoffgruppe nachgewiesen werden. Dabei wurden maximale Gehalte von bis zu 5 500  $\mu\text{g kg}^{-1}$  erreicht (Mittelwert 560  $\mu\text{g kg}^{-1}$ , Median 4  $\mu\text{g kg}^{-1}$ ), vor allem bedingt durch sehr hohe Gehalte an DADMAV-C16 und -C18. Diese hohen Werte sind vergleichbar mit zuvor in Flusssedimenten gemessenen Konzentrationen [14]. Insgesamt wurden die höchsten Gehalte in alluvial beeinflussten Böden analysiert, was durch den Eintrag über Schwebstoffe aus den Flüssen (z. B. Rhein und Main) während Hochwasserereignissen erklärt werden

kann. Im Falle der Proben des abwasserbeeinflussten Grünlandstandortes zeigte die Probe mit der direkten Überflutung mit Abwasser (Proben-ID 91) für alle QAAV eine um mindestens eine Größenordnung höhere Belastung gegenüber dem Vergleichsstandort (Proben-ID 90) und zählte damit ebenfalls zu den stärker belasteten Proben. Neben den teilweise bemerkenswert hohen gemessenen Konzentrationen war erstaunlich, dass selbst in Proben von Waldstandorten, wie beispielsweise dem Hintertaunus, dem Vogelsberg und der Rhön, QAAV nachgewiesen werden konnten, obwohl ein unmittelbarer Eintrag durch Überschwemmungen bzw. über Gülle-, Klärschlamm- oder Pestizidausbringung wie auf landwirtschaftlichen Flächen in Wäldern allgemein nicht gegeben ist.

Aufgrund der vermutlich stärkeren Verwendung von QAAV in industriellen und dicht besiedelten Gebieten wurden höhere Werte in Böden, die in Verdichtungsräumen liegen, erwartet. Diese Annahme konnte zwar nicht für die Acker-, jedoch für die Grünlandböden bestätigt werden. Entgegen unserer Annahme, basierend auf den Stoffeigenschaften der QAAV, ließ sich kein Zusammenhang zwischen den QAAV-Konzentrationen und dem Tongehalt der Proben nachweisen. Signifikante positive Korrelationen der organischen Bodensubstanz mit den QAAV-Gehalten konnten nur für die BAV bestätigt werden. Derselbe Zusammenhang war zwischen den pH-Werten und den DADMAV-Gehalten festzustellen. Die QAAV-Gesamtgehalte wiesen auch positive Korrelationen mit einigen persistenten organischen Schadstoffen und Schwermetallen auf, was auf ähnliche Eintragspfade hindeutet, wie dies bereits für QAAV und Schwermetalle gezeigt wurde [10].

## 5 Fazit und Ausblick

Die Gehalte der QAAV in hessischen Böden überschritten teilweise Werte von 1 000 µg kg<sup>-1</sup> und liegen damit zwei bis drei Größenordnungen oberhalb von Gehalten, wie sie für Arzneimittel und Antibiotika in Böden nachgewiesen wurden [15]. Eine entscheidende Relevanz des Vorkommens von QAAV in der Umwelt ergibt sich aus der Fähigkeit der Stoffe, Antibiotikaresistenzen durch Co-Selektion fördern zu können. Deshalb ist eine weite Verbreitung dieser Desinfektionsmittelgruppe in Böden kritisch zu beurteilen und könnte, neben dem missbräuchlichen Einsatz von Antibiotika, das Problem der Antibiotikaresistenzen zusätzlich verschärfen. Ob und in welcher Weise die QAAV in hessischen Böden zu Resistenzen in Mikroorganismen und Pathogenen beitragen, ist allerdings noch nicht bekannt.

Da die Stoffgruppe der QAAV analytisch nur schwer zugänglich ist, steht die Forschung zu deren Verbreitung und Effekten in Böden noch am Anfang. Aktuell werden an der JLU in Kooperation mit dem HLNUG weitere Untersuchungen zum Abbauverhalten der QAAV in hessischen Böden durchgeführt. Daneben steht der Effekt der SARS-CoV-2-Pandemie auf Umweltkonzentrationen, das Vorkommen der QAAV in weiteren Bodenproben aus ganz Deutschland und die Untersuchung von Eintrags- und Transportwegen im Fokus laufender Arbeiten.

Alle Ergebnisse und weitere Abbildungen sind frei zugänglich im Fachmagazin *Science of the Total Environment* publiziert und können unter <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159228> eingesehen werden. Finanziert wurde das Projekt durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft mit der Projektnummer 419420624.

## Literatur

- [1] RUSSELL, A.D. (2002): Introduction of biocides into clinical practice and the impact on antibiotic-resistant bacteria. – *Journal of Applied Microbiology* 92 (Supplement): 121S–35S; Hoboken (New Jersey).
- [2] LANDECKER, H. (2019): Antimicrobials before antibiotics: war, peace, and disinfectants. – *Palgrave Communications* 5 (45); London.
- [3] BEHLER, A. (2013): Quartäre Ammoniumverbindungen. – In: BÖCKLER, F., DILL, B., EISENBRAND, G., FAUPEL, F., FUGMANN, B., GAMSE, T., MATISSEK, R., POHNERT, G., RÜHLING, A., SCHMIDT, S., SPRENGER, G. (Hrsg.): RÖMPP Online, Georg Thieme Verlag KG; Stuttgart.
- [4] JANSEN, K., MOHR, C., LÜGGER, K., HELLER, C., SIEMENS, J. & MULDER, I. (2023): Widespread occurrence of quaternary alkylammonium disinfectants in soils of Hesse, Germany. – *Science of The Total Environment* 857 (1): 159228; Amsterdam.
- [5] MULDER, I., SCHMITTDIEL, M., FREI, H., HOFFMANN, L., GERBIG, D. & SIEMENS, J. (2020): Soil water solutes reduce the critical micelle concentration of quaternary ammonium compounds. – *Environmental Science and Pollution Research* 27: 45311–45323; Luxemburg.
- [6] Deutscher Bundestag (2019): Zur Frage gesundheitlicher Risiken durch quartäre Ammoniumverbindungen –17 S; Berlin.
- [7] TEZEL, U. & PAVLOSTATHIS, S.G. (2011): Role of Quaternary Ammonium Compounds on Antimicrobial Resistance in the Environment. – In: KEEN, P.L., MONTFORTS, M.H.M.M. (Eds.): *Antimicrobial Resistance in the Environment*. S. 349–387; Hoboken (New Jersey) (John Wiley & Sons, Inc.).
- [8] WOLTERS, B., HAUSCHILD, K., BLAU, K., MULDER, I., HEYDE, B.J., SØRENSEN, S.J., SIEMENS, J., JECHALKE, S., SMALLA, K. & NESME, J. (2022): Biosolids for safe land application: does wastewater treatment plant size matters when considering antibiotics, pollutants, microbiome, mobile genetic elements and associated resistance genes? – *Environmental Microbiology* 24 (3): 1573–1589; Hoboken (New Jersey).
- [9] MULDER, I., SIEMENS, J., SENTEK, V., AMELUNG, W., SMALLA, K. & JECHALKE, S. (2018): Quaternary ammonium compounds in soil: implications for antibiotic resistance development. – *Reviews in Environmental Science and Biotechnology* 17 (1): 159–185; Dordrecht.
- [10] HEYDE, B.J., ANDERS, A., SIEBE, C., SIEMENS, J. & MULDER, I. (2021): Quaternary alkylammonium disinfectant concentrations in soils rise exponentially after long-term wastewater irrigation. – *Environmental Research Letters* 16 (6): 064002; Bristol.
- [11] KANG, H.I. & SHIN, H.S. (2016): Rapid and Sensitive Determination of Benzalkonium Chloride Biocide Residues in Soil Using Liquid Chromatography–Tandem Mass Spectrometry after Ultrasonically Assisted Extraction. – *Bulletin of the Korean Chemical Society* 37 (8): 1219–1227; Seoul.

- [12] GERIKE, P., KLOTZ, H., KOOIJMAN, J.G.A., MATTHIJS, E. & WATERS, J. (1994): The determination of di-hardenedtallowdimethyl ammonium compounds (DHTDMAC) in environmental matrices using trace enrichment techniques and high performance liquid chromatography with conductometric detection. – *Water Research* 28 (1): 147–154; Amsterdam.
- [13] HEYDE, B.J., BARTHEL, A., SIEMENS, J. & MULDER, I. (2020): A fast and robust method for the extraction and analysis of quaternary alkyl ammonium compounds from soil and sewage sludge. – *PLOS ONE* 15 (8): e0237020; San Francisco.
- [14] MARTINEZ-CARBALLO, E., GONZALEZ-BARREIRO, C., SITKA, A., KREUZINGER, N., SCHARF, S. & GANS, O. (2007): Determination of selected quaternary ammonium compounds by liquid chromatography with mass spectrometry. Part II. Application to sediment and sludge samples in Austria. – *Environmental Pollution* 146 (2): 543–547; Amsterdam.
- [15] DALKMANN, P., SIEBE, C., AMELUNG, W., SCHLOTER, M. & SIEMENS, J. (2014): Does Long-Term Irrigation with Untreated Wastewater Accelerate the Dissipation of Pharmaceuticals in Soil? – *Environmental Science & Technology* 48 (9): 4963–4970; Washington, D.C.

# Die Ewigkeitschemikalien PFAS - von der Verwendung über die Verbreitung bis zum Verbot

PETER HANISCH\*

Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS) sind im Jahr 2023 durch investigativen Journalismus über die Belastungssituation in Europa und ein Verbotverfahren auf europäischer Ebene in den Fokus der

öffentlichen Aufmerksamkeit gerückt. Ein Blick auf den chemikalienpolitischen Umgang mit der PFAS-Stoffgruppe erlaubt auch eine Einschätzung der Auswirkungen auf Böden, Gewässer und Lebensmittel.

## 1 Chemie der PFAS

Als PFAS wird eine Gruppe mit schätzungsweise 10 000 Einzelverbindungen bezeichnet, die ausschließlich anthropogen hergestellt werden. PFAS werden anhand ihrer chemischen Struktur definiert: Sie enthalten eine oder mehrere vollständig fluorierte Methyl- ( $-\text{CF}_3$ ) oder Methylengruppen ( $-\text{CF}_2-$ ), wobei – etwas vereinfacht – keine unmittelbare Bindung zu einer Amin-, Alkohol- oder Carbonylgruppe bestehen darf [1]. Diese Stoffgruppendefinition fußt darauf, dass die Bindung zwischen Fluor und Kohlenstoff außerordentlich stark ist und vollstän-

dig fluorierte Methyl-/Methylengruppen dadurch chemisch und thermisch äußerst stabil sind [2]. Diese Stabilität bedeutet gleichzeitig, dass PFAS-Verbindungen in der Umwelt gar nicht oder nur bis zu ihrem perfluorierten Rest abgebaut werden können. PFAS werden daher auch „*forever chemicals*“ bzw. Ewigkeitschemikalien genannt. Somit sind sie eine Stoffgruppe, die per Definition aus Verbindungen besteht, die selbst persistent sind oder nur zu einem persistenten Rest abgebaut werden können.

## 2 Verwendung von PFAS

Außer ihrer großen Beständigkeit gegenüber Chemikalien und hohen Temperaturen können PFAS weitere Eigenschaften haben, die sie für die unterschiedlichsten Anwendungen interessant machen – sie können insbesondere wasser-, fett- und schmutzabweisend sein. PFAS werden daher seit den späten 1940er Jahren für zahlreiche Verwendungen entwickelt und produziert, um diese Eigenschaften zu nutzen [2]. Beispielhaft seien hier etwa PFAS in

Feuerlöschschäumen, imprägnierten Textilien, Pappen oder Papieren, Kältemitteln oder auch Kosmetika genannt – jedoch ist die PFAS-Stoffgruppe derart verbreitet, dass sie in fast jeder Industriebranche und unzähligen Verbraucherprodukten zu finden ist [3]. Besonders weit verbreitet sind auch Fluorpolymere, die zur Stoffgruppe der PFAS gehören – zum Beispiel Polytetrafluorethylen (PTFE), das unter dem Handelsnamen Teflon bekannt ist.

## 3 Gefährliche Eigenschaften von PFAS

In den vergangenen Jahren ist jedoch nicht nur die Entwicklung immer weiterer PFAS-Verbindungen oder neuer Einsatzgebiete fortgeschritten, auch der Kenntnisstand zu ihren gefährlichen Eigenschaften sowie ihrer Verbreitung in Umwelt, Mensch und Nahrungskette hat sich weiterentwickelt. Alleine die außerordentlich hohe Persistenz der PFAS beziehungsweise ihrer Abbauprodukte macht sie ins-

gesamt zu einer besorgniserregenden Stoffgruppe [4]. Hinzu kommen immer mehr Erkenntnisse zu weiteren problematischen Eigenschaften, wie eine sehr hohe Mobilität und Bioakkumulierbarkeit – PFAS können sich über Luft und Wasser leicht verteilen und in der Nahrungskette anreichern. Für einzelne PFAS-Verbindungen sind – teils ohne Wirkschwelle – endokrine Wirkungen, Kanzerogenität, Neuroto-

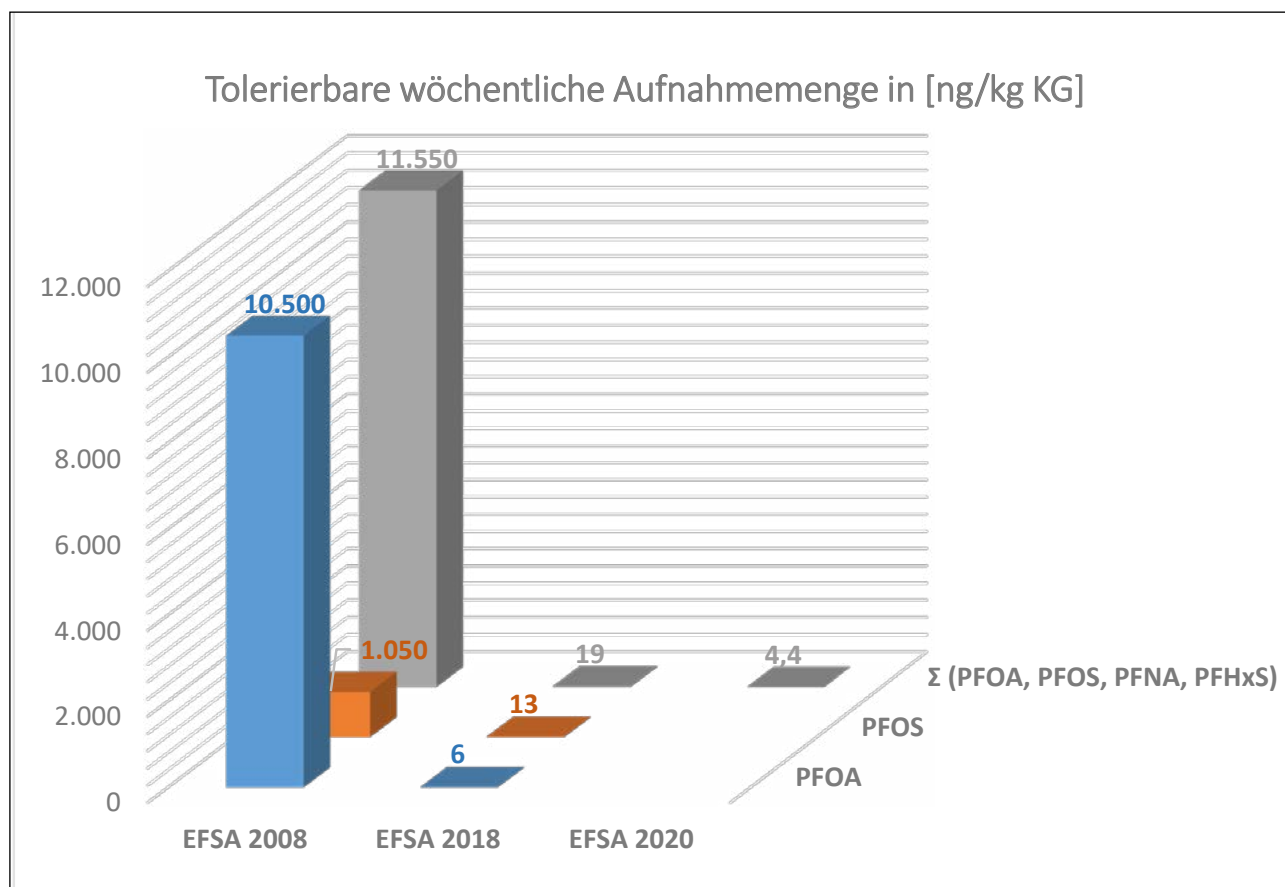


xizität oder eine Verringerung der Immunantwort nachgewiesen [2]. Die im Jahr 2020 vorgenommene, neue wissenschaftliche Bewertung der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (*European Food Safety Authority*, EFSA) für die wichtigen PFAS-Verbindungen Perfluorooctansäure (PFOA), Perfluorononansäure (PFNA), Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS) und Perfluorooctansulfonsäure (PFOS) wird in Abbildung 1 mit den Bewertungen aus 2008 und 2018 verglichen. Die gruppenbezogene tolerierbare wöchentliche Aufnahmemenge (*tolerable weekly intake*, TWI) wurde auf 4,4 ng/kg Körpergewicht und Woche [5] und damit um den Faktor > 2 500 im Vergleich zu den 2008 eingeführten Werten für PFOS und PFOA [6] abgesenkt, was die drastischen Konsequenzen, die sich aus den neuen Erkenntnissen über PFAS ergeben, eindrucksvoll verdeutlicht.

Bislang sind erst wenige PFAS so gut untersucht, dass eine toxikologische Bewertung die Ableitung von Grenzwerten für die unterschiedlichen Fachbereiche erlaubt. Oft fehlt bereits eine normierte Ana-

lytik. Dies ist angesichts der enormen Anzahl synthetisierter Verbindungen und einer unbekanntenen Zahl von Abbauprodukten auch leicht nachvollziehbar. Somit können aber insbesondere in Umweltprouben nicht alle PFAS-Verbindungen als Einzelverbindungen analytisch untersucht, geschweige denn reguliert werden. Als Lösung kommen insbesondere PFAS-Summenparameter für die Analytik und effektbasierte Methoden für die Bewertung in Frage. Nach Ansicht des Autors sollte die Regulierung von PFAS auch über Summenparameter realisiert werden.

Gerade chemikalienrechtlich sind bisher erst einige wenige Einzelsubstanzen reguliert worden. Verboten oder als besonders besorgniserregend (*Substance of Very High Concern*, SVHC) eingestuft sind im Wesentlichen langkettige perfluorierte Verbindungen. Ebendiese relativ gut untersuchten Stoffe sind in der Regel auch für die bisher bekannten PFAS-Schäden verantwortlich. Weil schon seit Jahrzehnten zunehmend kurzkettige, teilfluorierte (polyfluorierte) Verbindungen sowie Fluorpolymere verwendet



**Abb. 1:** Anpassung des TWI in ng/kg Körpergewicht (KG), bezogen auf die Summe der vier PFAS-Einzelverbindungen PFOA, PFOS, PFNA und PFHxS durch die EFSA zwischen 2008 und 2020

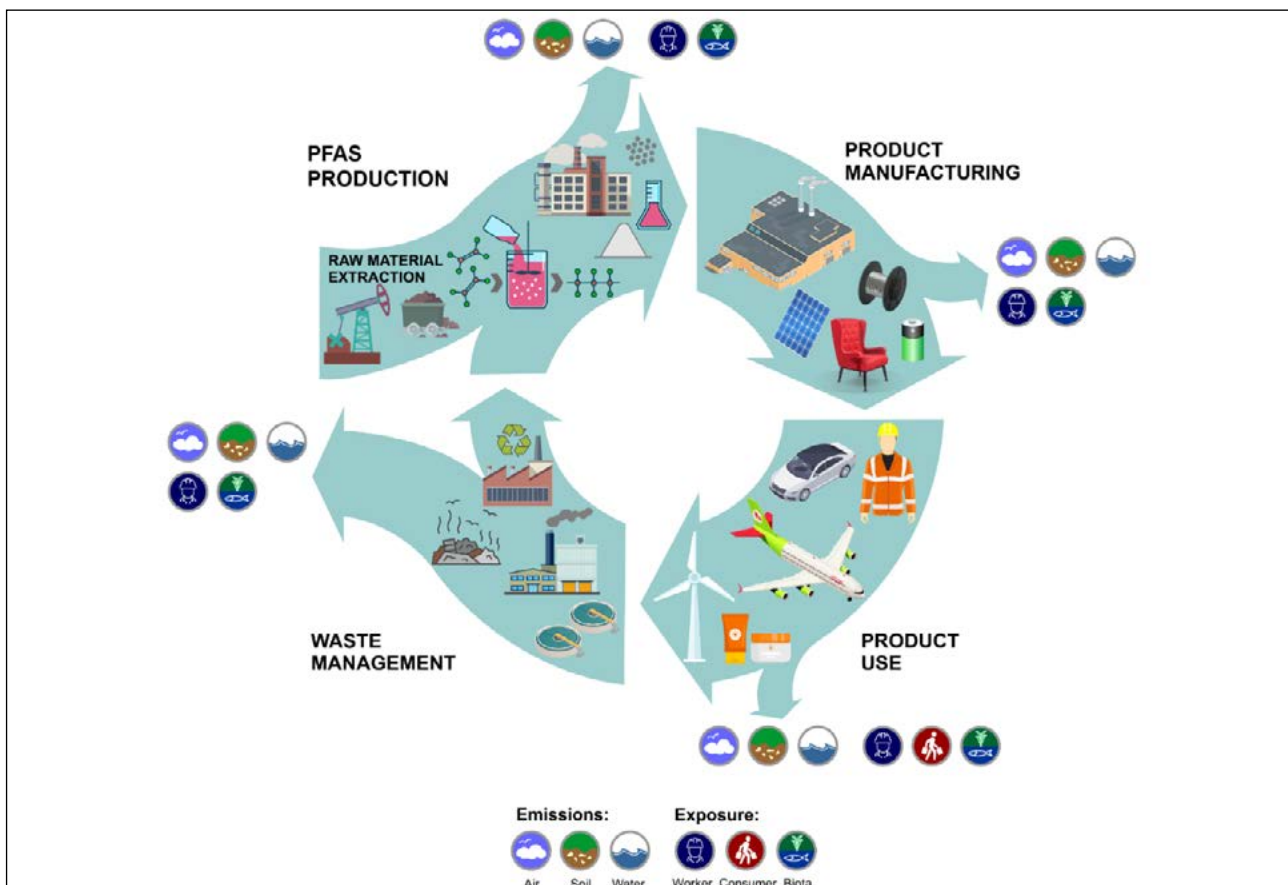
werden, muss davon ausgegangen werden, dass sich diese bisher wenig untersuchten Verbindungen unbeobachtet in der Umwelt akkumulieren und für (zukünftige) Schäden ursächlich sind bzw. sein werden. Da der Ersatz der bisher beschränkten PFAS-Verbindungen oftmals durch ebenso oder noch problematischere Stoffe der gleichen Gruppe erfolgte, spricht man von *regrettable substitutions*. Die Abbaumechanismen bei der Degradierung von Fluorpolymeren sind kaum verstanden. Sicher ist dabei

jedoch, dass die Abbauprodukte ihrerseits wiederum persistent sind und Fluorpolymere daher folgerichtig auch regelmäßig bei Untersuchungen zu Mikroplastik in der Umwelt nachgewiesen werden [2]. An dieser Stelle sei erwähnt, dass Polymere (und damit auch die weitverbreiteten Fluorpolymere) nach der europäischen REACH-Verordnung [7] von einer Registrierung ausgenommen sind (Art. 2 Abs. 9), die Daten aus Registrierungs dossiers jedoch wesentliche Grundlage jeder weiteren Regulierungsoption sind.

## 4 Die PFAS-Belastung der Umwelt

Nicht zuletzt durch die eingangs erwähnte Veröffentlichung des europäischen Recherchekollektivs „*The Forever Pollution Project*“ [8] ist auch in der Öffentlichkeit das Bewusstsein über Belastungen der Umwelt mit PFAS gestiegen. Auch wenn es dabei teils an einer sachgerechten Einstufung von Messwerten mangelt, ist festzustellen: Von den in Deutschland recherchierten 1 500 Standorten, an denen PFAS

nachgewiesen wurden, lassen sich nur die wenigsten durch konkrete Schadensfälle, wie Löscheinsätze oder Industriebetriebe, die mit PFAS umgehen, erklären. Vielmehr verdeutlichen die Rechercheergebnisse die in der Fachöffentlichkeit bereits bekannte ubiquitäre Belastung der Umwelt mit PFAS [2, 9, 10, 11]. Auf Bundesebene zeigen Untersuchungen des Umweltbundesamtes (UBA), dass in Deutschland Kinder



**Abb. 2:** Der Lebenszyklus von PFAS am Beispiel Fluorpolymere © European Topic Centre Waste and Materials in a Green Economy [14]

und Jugendliche zwischen 3 und 17 Jahren zu viele PFAS im Blut haben. In einem Fünftel der untersuchten Proben lag die Konzentration für PFOA über dem von der Kommission Human-Biomonitoring festgelegten HBM-I-Wert [12]. Für das Land Hessen zeigt sich die ubiquitäre Belastung der Umwelt mit PFAS u. a. in den Gehalten an PFOA, PFNA, PFHxS und PFOS in Wildschweinlebern und -muskelfleisch. Die seitens des Hessischen Landeslabors (LHL) gefundenen Konzentrationen haben eine Verzehrwarnung für Wildschweinleber in Hessen hervorgerufen [13].

Dabei gilt es im Auge zu behalten, dass aufgrund der oben beschriebenen Defizite bei der Analytik die von der Antarktis bis zu den Alpen gefundenen PFAS-Konzentrationen meist nur die Spitze des Eisbergs sein können – untersucht wird regelmäßig nur eine niedrige Zahl (i. d. R. 1–4) Einzelverbindungen, keinesfalls aber alle PFAS. Hinzu kommen, wie

oben bereits erwähnt, stetig neue PFAS-Ersatzstoffe und insgesamt eine immer weiter steigende Produktionsmenge [2]. Neben vielerlei offenen Fragen bei der wichtigen Bearbeitung von PFAS-Schadensfällen (Analytik, Sicherungs-/Sanierungsoptionen, Sanierungspflichtige) sollte daher die ubiquitäre Belastung mit PFAS in den Fokus genommen werden. Aber wie gelangen PFAS außer über Schadensfälle in die Umwelt? Antworten dazu liefert ein Blick auf den „Lebenszyklus“ von PFAS (bezogen auf Fluorpolymere), der in Abbildung 2 zu sehen ist. Von der Herstellung der PFAS selbst, über Weiterverarbeitung, Benutzung und schließlich Entsorgung PFAS-haltiger Produkte kommt es stets auch zur Emission von PFAS in Luft, Böden und Gewässer. Diese Emissionen sind auch für die Exposition von Arbeiterinnen und Arbeitern, Biota und/oder Konsumentinnen und Konsumenten verantwortlich.

## 5 PFAS-Beschränkungsvorschlag

Die in Abbildung 2 veranschaulichten Emissionen zeigen, dass bei der Betrachtung des gesamten Lebenszyklus eine geschlossene Verwendung von PFAS nicht möglich ist. In jeder Phase kommt es zwangsläufig zu einer Freisetzung von PFAS in die Umwelt. Dabei ist insbesondere die Entsorgung problematisch, denn für die sichere Vernichtung von PFAS sind Temperaturen von mindestens 1 100 °C notwendig [2], die beispielsweise in einer Müllverbrennungsanlage (850 °C bei 2 Sekunden Verweilzeit) bei weitem nicht erreicht werden. Für eine Lösung der PFAS-Problematik kommen daher keine *end-of-pipe*-Techniken in Frage, es erscheint einzig ein Ansatz an der Quelle möglich. Dies hat auch die EU-Kommission erkannt und in ihrer Chemikalienstrategie die Notwendigkeit einer Beschränkung der gesamten PFAS-Stoffgruppe festgestellt, auch um *regrettable substitutions* zukünftig zu verhindern [15].

Am 7. Februar 2023 hat die ECHA einen Beschränkungsvorschlag für die gesamte PFAS-Stoffgruppe veröffentlicht. Der dem Vorschlag zugrundeliegende Bericht nach Anhang XV der REACH-Verordnung ist von den zuständigen Behörden Deutschlands, der Niederlande, Dänemarks, Norwegens und Schwedens in den vergangenen drei Jahren erarbeitet wor-

den. Der Vorschlag basiert auf der oben beschriebenen OECD-Definition für PFAS und betrifft deren Herstellung, Inverkehrbringen und Verwendung insgesamt – nach Schätzung der Behörden 230 000 t PFAS, die jedes Jahr in der EU in Verkehr gebracht werden. Der wissenschaftliche Bericht geht daher auch auf die große Vielzahl unterschiedlichster Branchen ein, in denen PFAS eingesetzt werden. Zudem werden konkrete Verwendungen diskutiert, für die noch keine oder keine marktreifen Alternativen bestehen und für die daher in der *Restriction Option 2* des Vorschlags Übergangsfristen definiert werden. Hinsichtlich des Umfangs der betroffenen Stoffe, der Verwendungen und möglicher Übergangsfristen sowie der zugrunde gelegten besorgniserregenden Eigenschaften, ist dieser Beschränkungsvorschlag einzigartig [16].

Der Beschränkungsvorschlag befindet sich nun bis zum 25. September 2023 im Konsultationsverfahren [17]. Dabei sollen insbesondere fachliche Informationen zum Vorschlag – inklusive entsprechender Nachweise – vorgelegt werden, wobei explizit auch Daten zur Umweltbelastung in Böden, Gewässern oder der Luft gefordert sind. Im weiteren Verfahren sollen innerhalb eines Jahres die wissenschaftlichen Ausschüsse der ECHA für Risikobeurteilung (RAC)

und sozioökonomische Analyse (SEAC) Stellung nehmen. Anschließend gibt es ein weiteres Konsultationsverfahren zur SEAC-Stellungnahme, ehe Vorschlag und Stellungnahmen der Europäischen Kommission zugeleitet werden. Diese kann darauf aufbauend einen eigenen Vorschlag vorlegen, über den dann mit den Mitgliedstaaten und dem Europäischen Parlament final entschieden wird. Mit dieser Entscheidung ist jedoch nicht vor 2025 zu rechnen – angesichts des Umfangs des Beschränkungs-vorschlags sowie dem längst angelaufenen Widerstand von Lobbyverbänden erscheint ein sehr viel späterer Termin realistischer.

Bis ein mögliches Verbot beschlossen und etwaige Übergangsfristen vorüber sind, wird es somit wohl noch einige Jahre dauern. Es ist aber auch nicht auszuschließen, dass sich die Profiteure des Status Quo (keine weitere PFAS-Regulierung) durchsetzen und eine Regulierung ganz oder in wesentlichen Teilen scheitert. Der Eintrag und die immer weitere Akkumulation von PFAS in der Umwelt enden mit dem nun vorgelegten Vorschlag also keineswegs. Vielmehr benötigt der PFAS-Beschränkungs-vorschlag aktive Unterstützung – wenn er nicht scheitern soll. In jedem Fall werden die PFAS-Ewigkeitschemikalien Politik, Gesellschaft und gerade auch die Umweltbehörden zukünftig noch weiter beschäftigen.

## Literatur

- [1] OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development (2021): Reconciling Terminology of the Universe of Per- and Polyfluoroalkyl Substances: Recommendations and Practical Guidance. – Series on Risk Management No. 61, 43 S.; Paris. [<https://www.oecd.org/chemicalsafety/portal-perfluorinated-chemicals/terminology-per-and-polyfluoroalkyl-substances.pdf>]; Stand: 25.07.2023].
- [2] BRUNN, H., ARNOLD, G., KÖRNER, W., RIPPEN, G., STEINHÄUSER, K.G. & VALENTIN, I. (2023): PFAS: forever chemicals – persistent, bioaccumulative and mobile. Reviewing the status and the need for their phase out and remediation of contaminated sites. – Environmental Sciences Europe 35, 20. [<https://doi.org/10.1186/s12302-023-00721-8>]; Stand: 25.07.2023].
- [3] GLÜGE, J., SCHERINGER, M., COUSINS, I.T., DEWITT, J.C., GOLDENMAN, G., HERZKE, D., LOHMANN, R., NG, C.A., TRIER, X. & WANG, Z. (2020): An overview of the uses of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS). – Environ. Sci.: Processes Impacts 22: 2345–2373. [<https://pubs.rsc.org/en/content/articlepdf/2020/em/d0em00291g>]; Stand: 25.07.2023].
- [4] COUSINS, I.T., NG, C.A., WANG, Z. & SCHERINGER, M. (2019): Why is high persistence alone a major cause of concern? – Environ. Sci.: Processes Impacts 21: 781–792. [<https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2019/em/c8em00515j>]; Stand: 25.07.2023].
- [5] EFSA – European Food Safety Authority – Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM) (2020): Risk to human health related to the presence of perfluoroalkyl substances in food. – EFSA Journal 18(9): 6223; Parma. [<https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2020.6223>]; Stand: 25.07.2023].
- [6] EFSA – European Food Safety Authority – Panel on Contaminants in the Food Chain CONTAM (2008): Perfluorooctane sulfonate (PFOS), perfluorooctanoic acid (PFOA) and their salts. Scientific opinion of the panel on contaminants in the food chain. – EFSA Journal 653:1–131; Parma. [<https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2903/j.efsa.2008.653>]; Stand: 25.07.2023].
- [7] Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Dezember 2006 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH) (REACH-Verordnung).
- [8] [<https://foreverpollution.eu>]; Stand: 25.07.2023].
- [9] COUSINS, I.T., JOHANSSON, J.H., SALTER, M.E., SHA, B. & SCHERINGER, M. (2022): Outside the Safe Operating Space of a New Planetary Boundary for Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS). – Environ. Sci. Technol. 56, 16: 11172–11179. [<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.2c02765>]; Stand: 25.07.2023].
- [10] LIU, L., QU, Y., HUANG, J. & WEBER, R. (2021): Per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs) in Chinese drinking water: risk assessment and geographical distribution. – Environ. Sci. Eur. 33, 6. [<https://doi.org/10.1186/s12302-020-00425-3>]; Stand: 25.07.2023].
- [11] Gemeinsame Veröffentlichung des Bayerischen Landesamt für Umwelt (LfU) und des Umweltbundesamts Österreich (2021): PureAlps 2016–2020 – Monitoring von Schadstoffen in den Alpen – Abschlussbericht. – 277 S.; Wien. [[https://www.lfu.bayern.de/analytik\\_stoffe/projekte\\_alpenschutz/purealps/publikationen/index.htm](https://www.lfu.bayern.de/analytik_stoffe/projekte_alpenschutz/purealps/publikationen/index.htm)]; Stand: 25.07.2023].

- [12] UBA – Umweltbundesamt (2023): Ergebnisbericht, Deutsche Umweltstudie zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen 2014–2017 (GerES V) – Teil 1: Human-Biomonitoring. – 472 S.; Dessau-Roßlau. [[https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/uug\\_02-2023\\_deutsche\\_umweltstudie\\_zur\\_gesundheit\\_von\\_kindern\\_und\\_jugendlichen\\_2014-2017.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/uug_02-2023_deutsche_umweltstudie_zur_gesundheit_von_kindern_und_jugendlichen_2014-2017.pdf)]; Stand: 25.07.2023].
- [13] HMUKLV – Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2021): Pressemitteilung – Umweltchemikalie PFC in Wildschweinlebern nachgewiesen. – Wiesbaden. [<https://umwelt.hessen.de/Presse/Umweltchemikalie-PFC-in-Wildschweinlebern-nachgewiesen>]; Stand: 25.07.2023].
- [14] EEA – European Environment Agency (EEA) (2021): Fluorinated polymers in a low carbon, circular and toxic-free economy, Technical report – Eionet Report – ETC/WMGE 2021/9, 145 S.; Mol. [[https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-wmge/products/etc-wmge-reports/fluorinated-polymers-in-a-low-carbon-circular-and-toxic-free-economy/@@download/file/EEA%20task%20on%20fluoropolymers\\_Full%20report\\_December%2014%202021.pdf](https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-wmge/products/etc-wmge-reports/fluorinated-polymers-in-a-low-carbon-circular-and-toxic-free-economy/@@download/file/EEA%20task%20on%20fluoropolymers_Full%20report_December%2014%202021.pdf)]; Stand: 25.07.2023].
- [15] Europäische Kommission (2020): Chemikalienstrategie für Nachhaltigkeit – Für eine schadstofffreie Umwelt (Chemikalienstrategie). – COM(2020) 667 final, 30 S.; Brüssel. [<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:52020DC0667>]; Stand: 25.07.2023].
- [16] [<https://echa.europa.eu/de/registry-of-restriction-intentions/-/dislist/details/0b0236e18663449b>]; Stand: 25.07.2023].
- [17] [[https://comments.echa.europa.eu/comments\\_cms/AnnexXVRestrictionDossier.aspx?RObjecId=0b0236e1885e69de](https://comments.echa.europa.eu/comments_cms/AnnexXVRestrictionDossier.aspx?RObjecId=0b0236e1885e69de)]; Stand: 25.07.2023].

# Überwachung natürlicher Abbau- und Rückhalteprozesse im Grundwasser bei Altlasten - Erfahrungen aus Hessen

VOLKER ZEISBERGER\*

## 1 Einführung

Im Jahr 1999 veröffentlichte die US-amerikanische Umweltbehörde (US-EPA) eine Richtlinie zu überwachten natürlichen Abbau- und Rückhalteprozessen (Monitored Natural Attenuation, MNA) im Grundwasser [1], die auch diesseits des Atlantiks mit großem Interesse aufgenommen wurde. Nichts-Tun statt Sanieren? Die Bodenschutz- und Wasserbehörden rechneten mit zahlreichen Anfragen von Sanierungspflichtigen und Ingenieurbüros. In Hessen reagierte man mit der Gründung einer behördeninternen Arbeitsgruppe, deren Arbeitsergebnisse 2004 im Handbuch Altlasten des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie veröffentlicht wurden [2].

Parallel wurde länderübergreifend das LABO-Positionspapier zu MNA erarbeitet und 2005 veröffentlicht [3]. Die letzte Überarbeitung dieses Positionspapiers stammt aus 2015. Zwar gibt es im Detail Unterschiede zwischen dem LABO-Positionspapier und der hessischen Arbeitshilfe, jedoch auch eine große Schnittmenge. Daher können beide Arbeitshilfen in Hessen angewendet werden.

Für die hessische Arbeitshilfe wurde die MNA-Definition der US-EPA übernommen. Die zentralen Aussagen lauten:

- MNA ist keine Sanierung im Sinne des BBodSchG; sie kann als Schutz- und Beschränkungsmaßnahme angesehen werden.
- MNA ist möglich, wenn entweder eine Grundwassersanierung unverhältnismäßig wäre oder eine laufende Grundwassersanierung sich mittlerweile als unverhältnismäßig zeigt.
- Als Schadstoff-Minderungsprozess soll der biologische Schadstoffabbau im Vordergrund stehen.
- Eine Sanierung der Schadstoffquelle soll erfolgt sein.
- Die Abschätzung der Schadstoffminderung soll auf einer „fundierte Prognose“ beruhen.
- Das Sanierungsziel für eine aktive Grundwassersanierung gilt gleichermaßen für MNA.
- Als maximaler, überschaubarer Zeitraum werden 30 Jahre bis zum Erreichen der Sanierungsziele genannt.

Die Autorinnen und Autoren der hessischen Arbeitshilfe, darunter eine Juristin des Umweltministeriums, verwendeten häufig Formulierungen wie „grundsätzlich“ und „in der Regel“, um den Vollzugsbehörden einen Ermessensspielraum zu ermöglichen.

## 2 Der erste hessische MNA-Fall

Schon während der Erarbeitung der hessischen Arbeitshilfe stand die Untere Wasserbehörde der Stadt Kassel im engen Kontakt mit dem Betreiber eines Tanklagers, bei dem bereits Sanierungsmaßnahmen durchgeführt worden waren (Boden, Bodenluft, Grundwasser) und von dem weiterhin eine Benzolfahne ausging. Die Länge der Schadstofffahne betrug ca. 60 m und es war der oberste, geringmächtige Grundwasserleiter betroffen. Hauptschadstoff war Benzol mit einer Konzentration von maximal

30 000 µg/l im Schadenszentrum. Eine Machbarkeitsstudie zeigte, dass der Benzolabbau im reduzierenden Milieu im Wesentlichen durch Sulfatreduzierung und Methanogenese erfolgte.

Der behördliche Bescheid aus dem Jahr 2004 griff erstmalig die Kernpunkte der hessischen Arbeitshilfe auf und enthielt u. a. folgende Festlegungen:

- Die Sanierungszielwerte der laufenden hydraulischen

lischen Sanierungsmaßnahme gelten auch für MNA.

- Konkrete Grundwassermessstellen wurden benannt, an denen das Monitoring erfolgen sollte.
- Eine Rückfalloption wurde benannt, falls MNA eine geringere Schadstoffminderung als erwartet zeigen sollte (zunächst Verdichtung der Beprobungsintervalle, ggf. Notmaßnahmen zur Verhinderung des Abströmens von kontaminiertem Grundwasser).
- Für die ersten 10 Jahre wurde erwartet, dass die Fahne stationär ist.
- Nach 20 Jahren soll die Fahne deutlich ge-

schrumpft sein, die Schadstoffkonzentrationen sollen auf 20 % der Ausgangswerte zurückgegangen sein.

- Nach 30 Jahren sollen die Sanierungszielwerte erreicht sein.

Erste Erfahrungen zu diesem MNA-Fall wurden 2007 vorgestellt [4]. Nach 19 Jahren Monitoring zeigt sich inzwischen, dass die Schadstoffkonzentrationen kontinuierlich abnehmen. Das Zwischenziel „Rückgang der Benzolkonzentrationen auf max. 20 % nach 20 Jahren“ wird 2024 voraussichtlich erreicht werden.

### 3 Ein aktueller hessischer MNA-Fall

Im Vergleich zum oben beschriebenen Fallbeispiel ist der im Folgenden dargestellte Fall deutlich größer und komplexer hinsichtlich der freigesetzten Schadstoffmenge, Fahnenlänge, Fracht und Zahl der Messstellen. Auch ist ein oberirdisches Gewäs-

ser betroffen. Es handelt sich um einen ehemaligen Raffineriestandort nahe des Mains. Zuständige Bodenschutzbehörde ist das Regierungspräsidium Darmstadt (RP).

#### 3.1 Historie

Auf dem Raffineriegelände kam es 1974 infolge einer defekten Rohrleitung zum Austritt von ca. 2 000 Tonnen Pyronaphtha, einem Gemisch aus aliphatischen und aromatischen Kohlenwasserstoffen. In der Schadstofffahne dominiert Benzol. Die Länge der Schadstofffahne beträgt ca. 900 m und erreicht den Vorfluter Main. Bisher wurden umfangreiche Sanierungsmaßnahmen durchgeführt, auch um einen Schadstoffeintrag in den Main zu minimieren. Hinsichtlich der Grundwassersanierung kamen hydraulische Sanierungsverfahren zum Einsatz (von 1974 bis 2005 Pump & Treat in den Schadenszentren, im

Zeitraum 1992 bis 2005 mit Nitrat-Zugabe), zusätzlich wurde und wird ein Sicherungsbrunnen in Mainnähe betrieben (Abstand zum Main ca. 90 m, die Förderleistung beträgt maximal 25 m<sup>3</sup>/h).

Für den Übergang von der hydraulischen Sanierung auf MNA wurde 2010 ein MNA-Konzept ausgearbeitet und mit dem RP abgestimmt. Das RP hat auf der Grundlage des MNA-Konzepts im Jahr 2012 per Bescheid den Übergang von der hydraulischen Sanierung auf MNA geregelt.

#### 3.2 Hydrogeologie

Der relevante Grundwasserleiter befindet sich in den Terrassensedimenten des Mains und ist sandig ausgeprägt. In ca. 20 m unter Geländeoberkante stehen tonige Sedimente des Tertiärs an. Der Grundwas-

ser-Flurabstand korrespondiert mit dem Mainwasserstand. Die Grundwasserabstandsgeschwindigkeit beträgt ca. 100–200 m/a.

#### 3.3 Schadstoffabbau

Durch Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass nicht nur nitratreduzierende, sondern auch sulfatreduzierende Prozesse und Methanogenese zu einem

relevanten Schadstoffabbau führen; die Hintergrundkonzentration von Sulfat beträgt im Anstrom des Standorts ca. 100 mg/l.

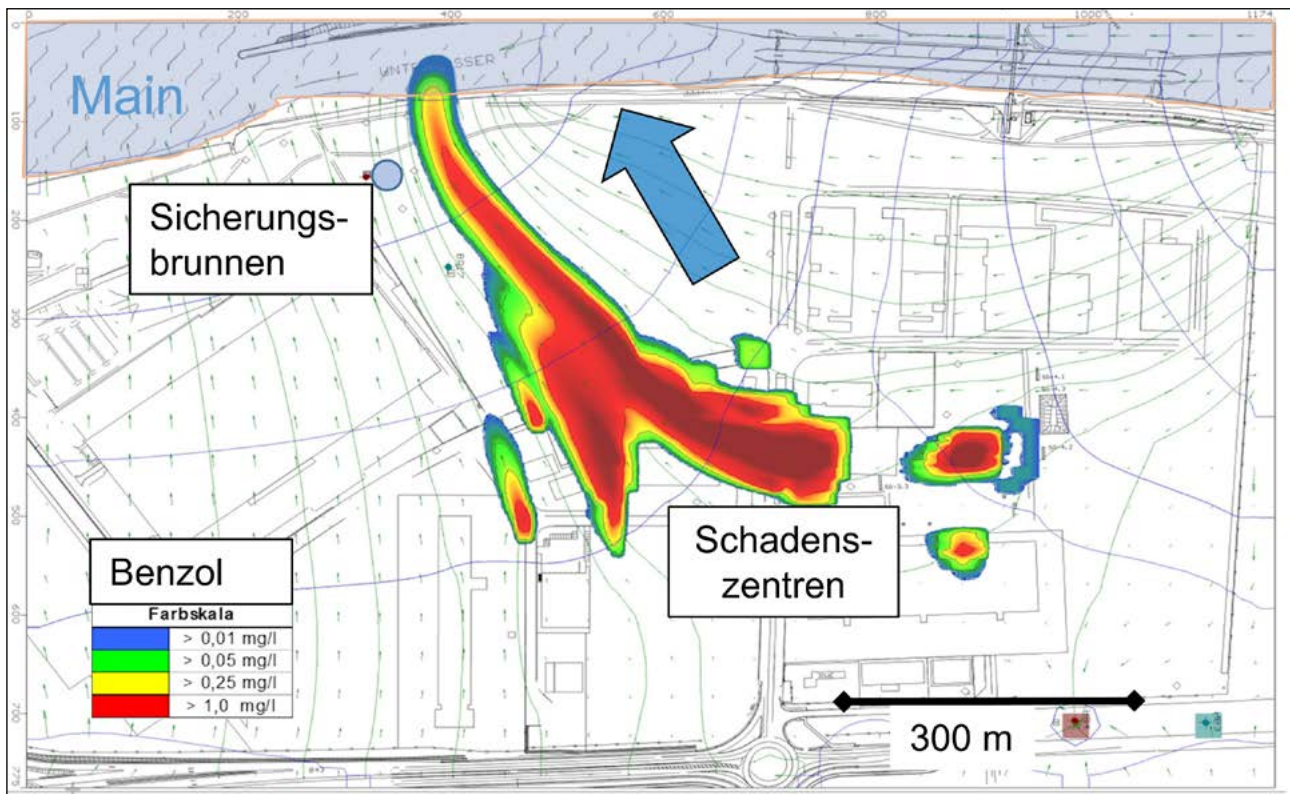


Abb. 1: Benzol-Fahne des ehemaligen Raffineriestandorts

Der natürliche Kohlenwasserstoffabbau beträgt ca. 1,6–2,5 t/a. Der natürliche Abbau im Bereich der Schadstofffahne ist ausreichend wirksam, um auch den Hauptschadstoff Benzol weitgehend zu reduzie-

ren. Allerdings werden im Bereich einer schmalen höherbelasteten Schadstofffahne immer noch relativ hohe Benzolkonzentrationen an der Fahnenspitze nachgewiesen.

### 3.4 Sanierungsziel, Rückfallebene

Für die Ableitung der Sanierungs-/Maßnahmenziele wurde diejenige Benzolfracht herangezogen, die gemäß Sanierungsplan beim Betrieb der hydraulischen Grundwassersanierung/-sicherung maximal in den Main eingeleitet werden darf. Berücksichtigt wurde auch ein prognostizierter Benzolabbau auf der Fließstrecke zwischen letzter Kontrollebene im Grundwasser und dem Main (dieser Bereich ist infrastrukturell nicht durch Messstellen erkundbar).

Zur Entscheidung, ob die Voraussetzungen für den Übergang zu MNA vorliegen, wurden in Abstim-

mung mit dem RP sogenannte „Bewertungsindices“ entwickelt. Eingangsgrößen zur Berechnung der Bewertungsindices sind u. a. die Schadstoff-Konzentrationen, die an den beiden Kontrollebenen (jeweils 4 bzw. 5 Grundwassermessstellen quer zur Grundwasserfließrichtung) gemessen werden. Für den Fall, dass nach der Umstellung auf MNA wieder erhöhte Bewertungsindices auftreten, soll im ersten Schritt das RP informiert und die Beprobungsintervalle auf einen monatlichen Turnus verkürzt werden. Bei weiter steigenden Bewertungsindices ist die hydraulische Sicherung wieder aufzunehmen.

### 3.5 Modellierung, Reduzierung der Förderrate

Mit einem Grundwasserströmungsmodell wurde insbesondere der Einfluss der Förderrate am Siche-

rungsbrunnen sowie der Einfluss eines benachbarten Brauchwasserbrunnens überprüft. Als reaktives



Stofftransportmodell zur Abschätzung der Benzol-ausbreitung wurde MT3D angewendet.

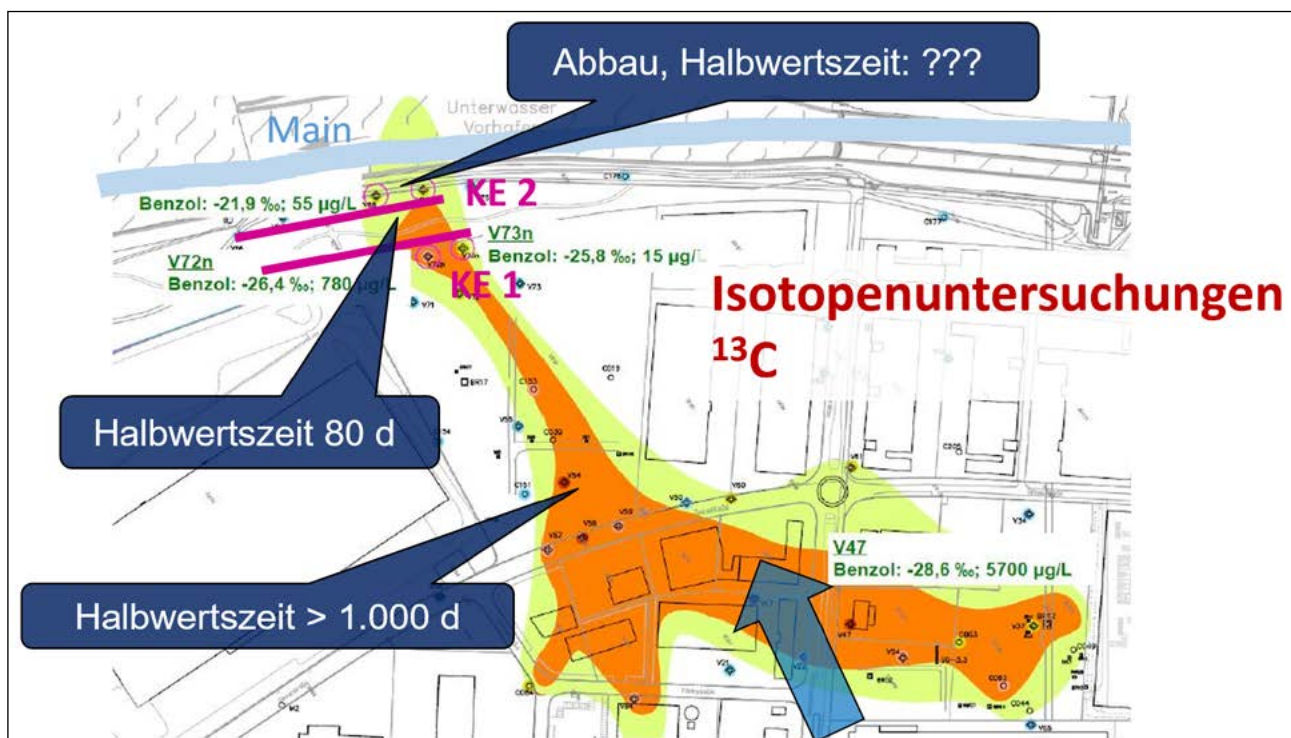
Bei Vollast (ca. 25 m<sup>3</sup>/h) erfasst der Sicherungsbrunnen die gesamte Fahnenbreite. In Abstimmung

mit der Behörde wurde die Förderrate in den letzten Jahren stufenweise reduziert. Anvisiert ist die Abschaltung des Sicherungsbrunnens, dies entspricht dem Übergang zu MNA.

### 3.6 Isotopenuntersuchungen

Die im Bereich der schmalen, hochbelasteten Schadstofffahne durchgeführten Isotopenuntersuchungen ergaben für die Fließstrecke vom Schadenszentrum bis zur ersten Kontrollebene eine relativ niedrige Benzol-Abbaurrate von 0,0004 d<sup>-1</sup>. Wahrscheinlich ist der biologische Abbau durch die Verfügbarkeit von Elektronenakzeptoren (insbesondere Sulfat) limitiert. Für die Fließstrecke von der ersten zur zwei-

ten Kontrollebene ergibt sich demgegenüber eine um den Faktor 20 höhere Abbaurrate. Diese Stimulation des biologischen Benzolabbaus ist wahrscheinlich auf die bessere Verfügbarkeit von Elektronenakzeptoren zurückzuführen, bewirkt durch wechselnde Förderraten am Sicherungsbrunnen und durch den Einfluss wechselnder Mainwasserstände.



**Abb. 2:** Isotopenuntersuchungen auf dem ehemaligen Raffineriestandort (Benzol-Fahne: orange und gelb; grüne Schrift: Messwerte der Isotopenuntersuchungen (Kohlenstoffisotopenverhältnisse ( $\delta^{13}\text{C}$ -Werte), Konzentrationen); KE 1: Kontrollebene 1, KE 2: Kontrollebene 2.

### 3.7 Sedimentuntersuchungen im Vorfluter

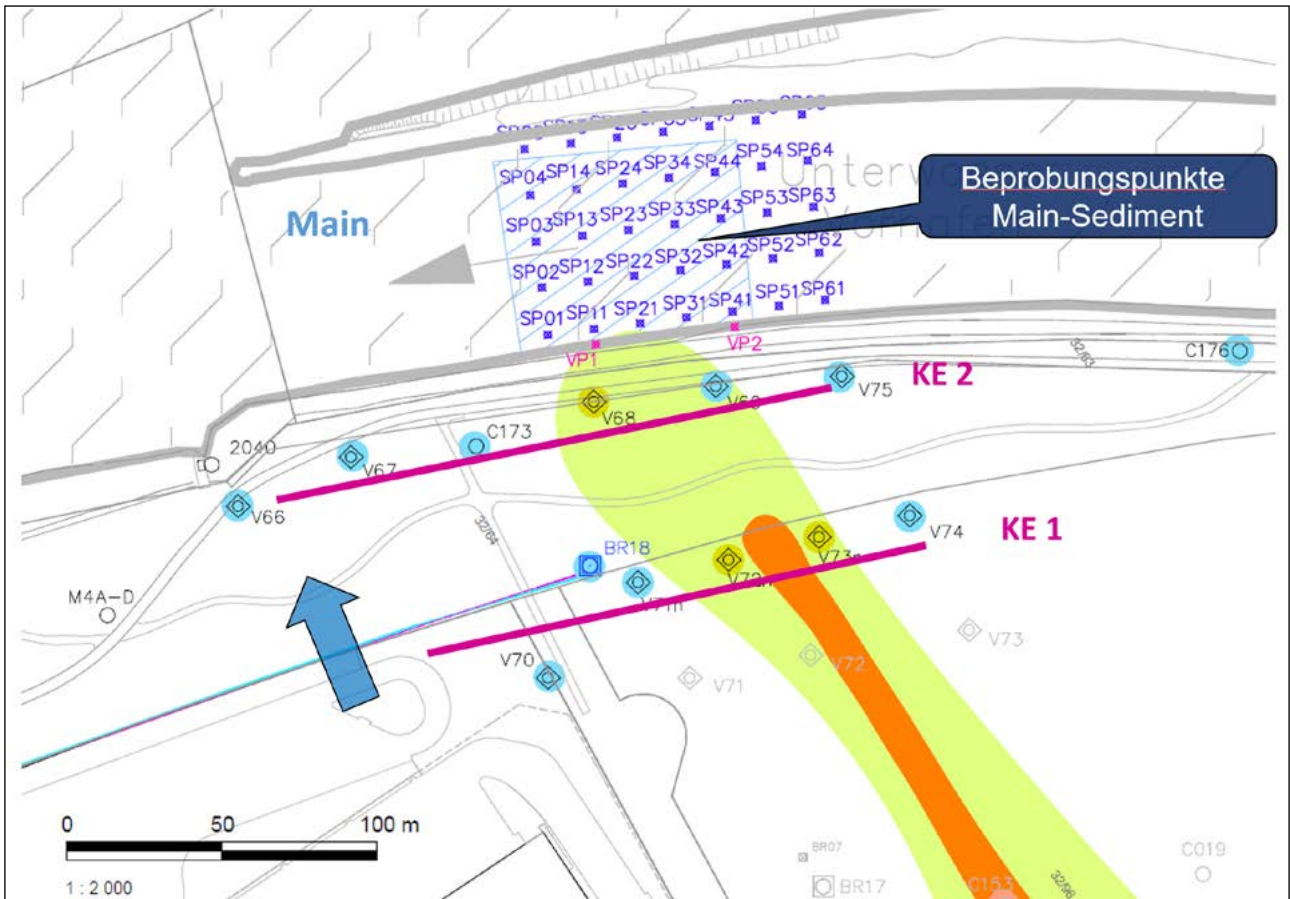
Damit die Bodenschutzbehörde dem Übergang zu MNA zustimmen kann, ist folgende Frage zu klären: Findet zwischen der letzten Kontrollebene und dem Main ein besonders starker (aerober) Abbau statt? Die auf der Annahme eines aeroben Abbaus durchgeführten Modellberechnungen ließen erwarten, dass Benzol auf der letzten Fließstrecke zum Main

vollständig abgebaut wird. Direkte Grundwasser-Messungen in Mainnähe waren nicht umsetzbar, da der Bau von Messstellen dort infrastrukturbedingt nicht möglich ist.

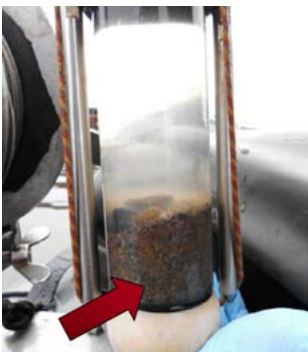
Hier brachte der Gutachter die Idee einer Untersuchung der Main-Sedimente ins Spiel. Denn unter

Annahme effluenter Verhältnisse (Grundwasser fließt in die Vorflut) kann das im Main-Sediment angetroffene „Sedimentwasser“ als Grundwasser angesehen werden (unmittelbar bevor es in den Main einfließt, siehe Abb. 5).

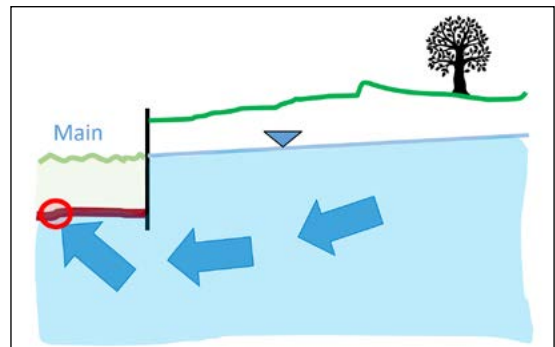
An 20 Beprobungspunkten wurden Sedimentproben entnommen und das „Sedimentwasser“ analysiert. Nur an zwei Beprobungspunkten wurden Spurengehalte von Benzol nachgewiesen. Dies ist ein deutliches Indiz, dass zwischen der letzten Kontrollebene KE2 und dem Main deutlich höhere Abbauraten vorliegen als im übrigen Bereich des Standorts (siehe Kap. 3.6 Isotopenuntersuchungen).



**Abb. 3:** Beprobungspunkte für das Main-Sediment (Benzol-Fahne: orange und gelb; KE 1: Kontrollebene 1, KE 2: Kontrollebene 2)



**Abb. 4:** Beprobung von Main-Sediment mittels Sedi-Corer (Fa. Uwi-tec) © BCE Koblenz



**Abb. 5:** Schematische Darstellung des Fließwegs von Grundwasser (senkrechte schwarze Linie: Spundwand/Uferbefestigung; roter Kreis: Main-Sediment, siehe Abb. 3)

### 3.8 Fazit

Die vollständige Umstellung von einer hydraulischen Sicherungsmaßnahme auf MNA konnte noch nicht erfolgen. Jedoch wurde in Abstimmung mit der Behörde die Förderleistung des Sicherungsbrunnens stufenweise und deutlich gemindert (von 25 auf 3 m<sup>3</sup>/h). Die Umstellung auf MNA ist damit

„in greifbarer Nähe“. Die Entscheidungsgrundlagen sind per Bescheid festgelegt und wurden in den letzten Jahren mehrfach einvernehmlich angepasst. Die Gefährdung des Schutzguts Oberflächengewässer (Main) kann mittlerweile als gering eingestuft werden.

## 4 Zusammenfassung

Biologische Abbauprozesse werden in vielen hessischen Grundwasserschadensfällen mit organischen Schadstoffen betrachtet. Sie sind ein wichtiger Aspekt bei der Prüfung der Verhältnismäßigkeit von Sanierungsmaßnahmen. Das Thema „MNA“ wird insbesondere bei langlaufenden Sanierungen diskutiert (Umstellung hydraulischer Sanierungen auf MNA). Stofftransportmodellierungen sind bei größeren Fällen i. d. R. sinnvoll, während sie bei kleineren Fällen verzichtbar erscheinen.

Lehrbuchhafte MNA-Fälle sind vergleichsweise selten. Weiterhin ist dem HLNUG nicht bekannt, dass sich viele Sanierungspflichtige durch „Nichts-Tun statt Sanieren“ ihrer Verantwortung entziehen wollen. Für solche Fälle wären die Behörden durch die

beiden in Hessen relevanten Arbeitshilfen gewappnet. Die beiden vorgestellten Fälle zeichnen sich durch eine sehr konstruktive Zusammenarbeit zwischen Sanierungspflichtigem, Büro und Behörde aus. Die Vorgehensweise ist transparent.

Aus Sicht des HLNUG gilt: Je besser bei einem konkreten Einzelfall das Prozessverständnis über die relevanten Schadstoffverteilungs- und -minderungsprozesse und je größer die Bereitschaft zur Zusammenarbeit zwischen Sanierungspflichtigem, Büro und Behörde ist, desto flexibler kann die Behörde innerhalb ihres Ermessensspielraums agieren, so dass letztendlich effiziente Maßnahmen zum Schutz der Umwelt getroffen werden können.

## Literatur

- [1] U.S.-EPA (1999): Use of Monitored Natural Attenuation at Superfund, RCRA Corrective Action and Underground Storage Tank Sites. – United States Environmental Protection Agency, OSWER Directive 9200.4-17P; Washington, DC.
- [2] HLUg - Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (2005): Arbeitshilfe zu überwachten natürlichen Abbau- und Rückhalteprozessen im Grundwasser (Monitored Natural Attenuation MNA). – Handbuch Altlasten Band 8, Teil 1, 2. Auflage, 41 S.; Wiesbaden. [[https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/altlasten/handbuch/hba8\\_1\\_web.pdf](https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/altlasten/handbuch/hba8_1_web.pdf); Stand: 25.07.2023].
- [3] LABO – Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (2015): Berücksichtigung der natürlichen Schadstoffminderung bei der Altlastenbearbeitung. – Positionspapier, 56 S.; Berlin.
- [4] HLUg – Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (2008): Altlasten-annual 2007 – 206 S.; Wiesbaden. [[https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/altlasten/handbuch/aa2007\\_001\\_206.pdf](https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/altlasten/handbuch/aa2007_001_206.pdf); Stand: 25.07.2023].

# Die Bohranzeige nach dem Geologiedatengesetz und die Bohrdatenbank von Hessen

CHRISTIAN HOSELMANN\*

## 1 Einleitung

Die Ergebnisse von geologischen Bohrungen werden seit vielen Jahrzehnten vom Geologischen Dienst im Hessischen Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) bzw. von seinen Vorgängerbehörden gesammelt, interpretiert und archiviert. Die älteste in Hessen archivierte Bohrung stammt aus dem Jahr 1822 und war seinerzeit im Rahmen der Grundwassererkundung in Bad Nauheim abgeteuft worden. In den darauffolgenden Jahren kamen nur wenige Bohrdokumentationen hinzu. Die Anzahl der beim Geologischen Dienst eingereichten Bohrergebnisse stieg erst mit dem Lagerstättengesetz an, das in seiner ersten Fassung 1934 in Kraft getreten war und nach verschiedenen Fortschreibungen am 29. Juni 2020 außer Kraft gesetzt worden ist [1]. Seit dem 30. Juni 2020 ist das Geologiedatengesetz (GeolDG) gültig [2]. Das GeolDG regelt die Anzeige und öffentli-

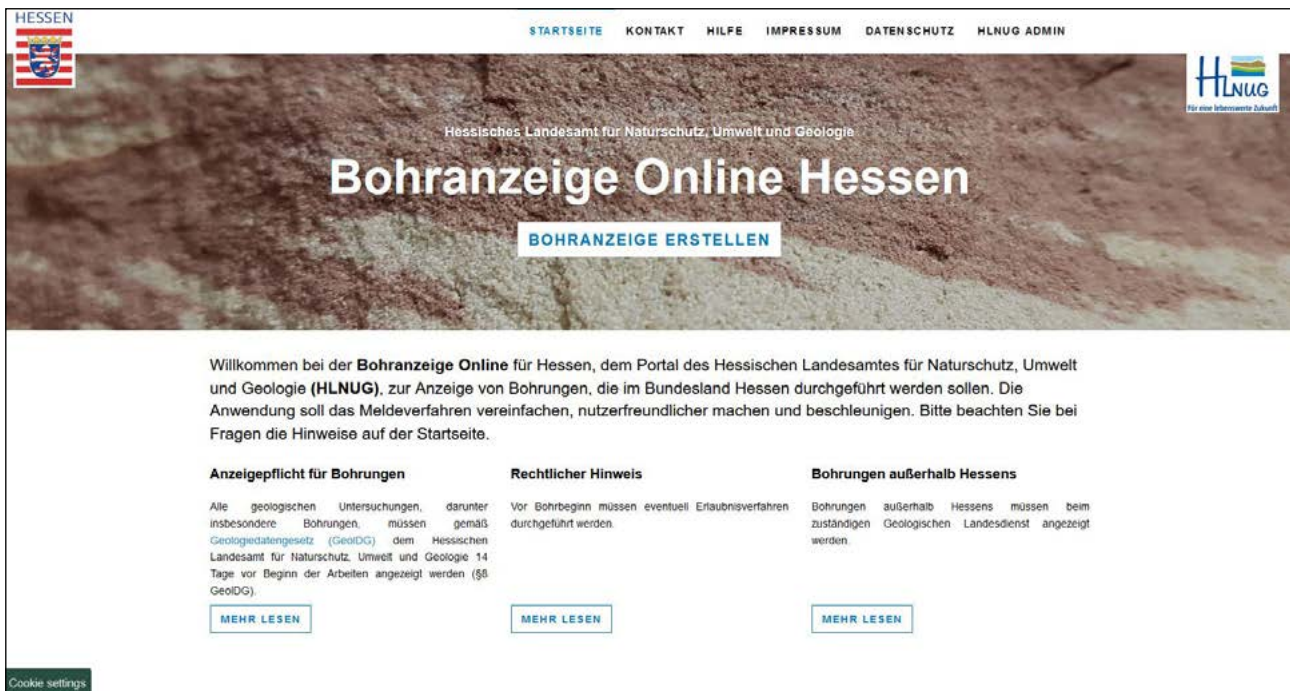
che Bereitstellung geologischer Untersuchungen. Sowohl das ehemalige Lagerstättengesetz als auch das GeolDG verpflichten den Auftraggeber von geologischen Untersuchungen, also auch von Bohrungen, diese beim zuständigen Staatlichen Geologischen Dienst (SGD) 14 Tage vor Beginn der Untersuchung/Bohrarbeiten anzuzeigen sowie die Ergebnisse inkl. einem Schichtenverzeichnis dem SGD zur Verfügung zu stellen. Seitdem ist der Datenbestand an Bohrdokumentationen bei Geologischen Diensten stark angewachsen. Allein in Hessen sind derzeit rund 120 000 Schichtenverzeichnisse verfügbar und werden im Wesentlichen für Privatpersonen, Planer, Bohrfirmen, also die breite Öffentlichkeit, bereitgestellt. Die Zuständigkeit des HLNUG für das GeolDG ist mit dem Errichtungsgesetz in der Fassung vom 11. Mai 2022 [3] festgelegt worden.

## 2 Bohranzeige

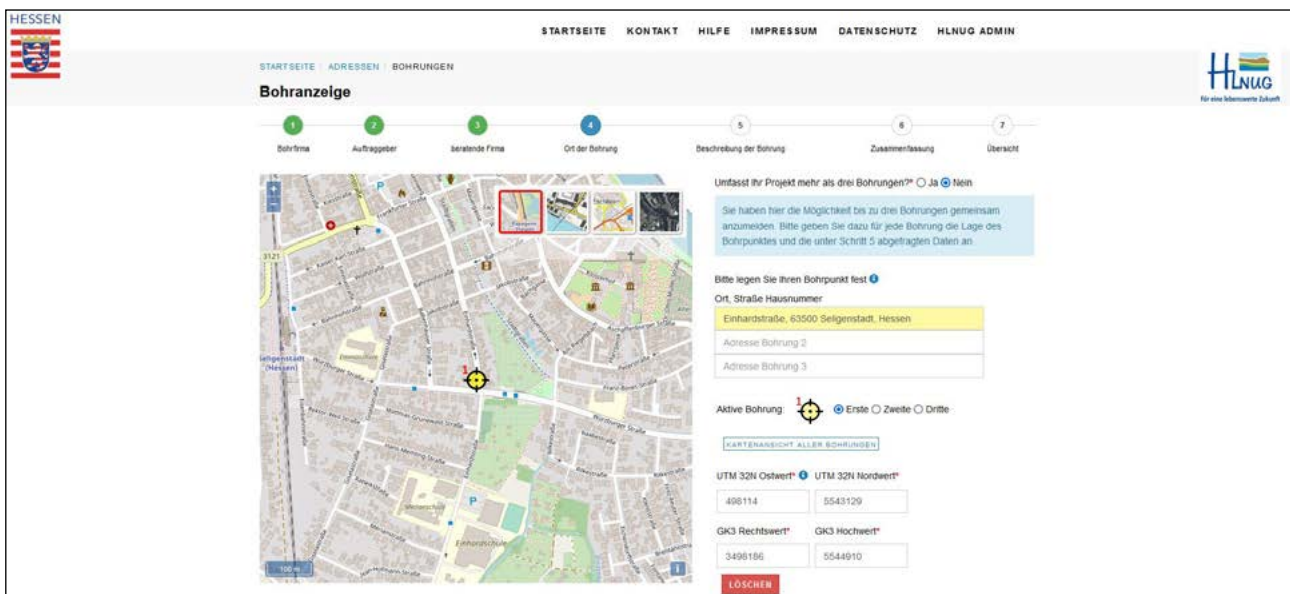
Um geologische Untersuchungen sowie Bohrungen beim HLNUG komfortabel anzeigen zu können, wurde 2019 die Webanwendung „Bohranzeige Online Hessen“ freigeschaltet ([www.bohranzeige.de](http://www.bohranzeige.de)), die zwischenzeitlich in der dritten Ausbaustufe betrieben wird (Abb. 1). Mit der Webanwendung kann entweder die Bohrfirma, die auftraggebende Person oder die beratende Firma Bohrungen und künftig auch sämtliche anderen geologischen Untersuchungen gemäß den Vorgaben des GeolDG beim HLNUG anzeigen. Zwischenzeitlich werden mit dieser Anwendung mehr als 99 % aller Bohranzeigen abgewickelt. Besonders komfortabel ist die Auswahl des Bohransatzpunktes, der entweder durch Adresseingabe, Kartenwerkzeuge oder Koordinateneingabe erfolgen kann (Abb. 2). Nach Eingabe der Grunddaten

der Bohrung – wie Bohrungsname, geplanter Beginn, Bohrtiefe, Bohrzweck – muss noch der Lagerungs-ort der Bohrproben angegeben werden, damit dem HLNUG die Möglichkeit gegeben wird, das Bohrmaterial selbst geologisch aufzunehmen. Die Bohrproben dürfen daher erst in Rücksprache mit dem HLNUG vernichtet werden.

Nach Fertigstellung der Bohranzeige erhält die anzeigende Person eine E-Mail zur Bestätigung des Eingangs der Bohranzeige mit einem Upload-Link für die spätere Übermittlung der Bohrergebnisse. Diese müssen spätestens drei Monate nach Beendigung der geologischen Untersuchung hochgeladen werden (Abb. 3).



**Abb. 1:** Startseite der Webanwendung „Bohranzeige Online Hessen“ – hier wird neben rechtlichen Grundlagen auch auf die Webanwendungen der anderen Staatlichen Geologischen Dienste verwiesen



**Abb. 2:** Die Lage eines Bohrpunktes kann mit Hilfe der Webanwendung entweder über die Eingabe einer Adresse, graphisch im Kartenfenster oder mit Koordinaten eingegeben werden

**Abb. 3:** Die Ergebnisse der Bohrung bzw. der Bohrungen werden über ein Portal innerhalb von drei Monaten nach Beendigung der Bohrarbeiten hochgeladen

### 3 Bohrdatenbank

Bohrungen, deren geologische Aufnahme und die dann systematisch in einer Datenbank abgelegten Bohrergebnisse, wie z. B. die Schichtenverzeichnisse, sind geowissenschaftliche Grundlagen für die geologische Landesaufnahme. Die bei Bohrungen gewonnenen Informationen über den geologischen Untergrund werden für Planungen im Bereich der Grundwassergewinnung, des Grundwasserschutzes, der Ingenieurgeologie, der Lagerstätten erkundung, der Geothermie und auch im Bereich der geologi-

schen Grundlagen zwingend benötigt und besitzen somit einen erheblichen volkswirtschaftlichen Nutzen. Je nach Fragestellung gibt es verschiedene Bohrvorgänge, so dass die Qualität der gewonnenen Informationen unterschiedlich sein kann. Das reicht von Forschungsbohrungen mit qualitativ hochwertigen Kernen (Abb. 4, 5) bis zu Spülbohrungen, z. B. bei Erdwärmesondenbohrungen, deren Probenmaterial mitunter nur eingeschränkt für die geologische Aufnahme nutzbar ist.



**Abb. 4:** links: Bohrgerät der 323 Meter tiefen Forschungsbohrung bei Riedstadt-Erfelden (nördlicher Oberrheingraben); rechts: Liner mit Bohrkern eines ein Meter-Segments von 143 bis 144 m der Forschungsbohrung. © HLNUG



**Abb. 5:** Die halbierten Bohrkern der Forschungsbohrung Riedstadt-Erfelden werden im Bohrkernlager des HLNUG geologisch bearbeitet und für weitere wissenschaftliche Untersuchungen beprobt © HLNUG

Nach der geologischen Beschreibung des Probenmaterials wird das erstellte Schichtenverzeichnis in die Bohrdatenbank von Hessen überführt. Dies erfolgt mit sämtlichen Schichtenverzeichnissen, die im Rahmen der Dokumentationspflichten laut GeoIDG dem HLNUG bereitgestellt werden, sowie mit den geologischen Aufnahmen von Bohrungen, die von Mitarbeitenden des HLNUG erarbeitet wurden. In der Bohrdatenbank werden die geologischen Informationen nach dem hessischen Datenmodell strukturiert abgelegt [4, 5]. Zu den Schichtenverzeichnissen können weitere Informationen, wie geophysikalische Vermessungen des Bohrlochs, Analysenergebnisse zu den Bohrkernen und petrographische Eigenschaften,

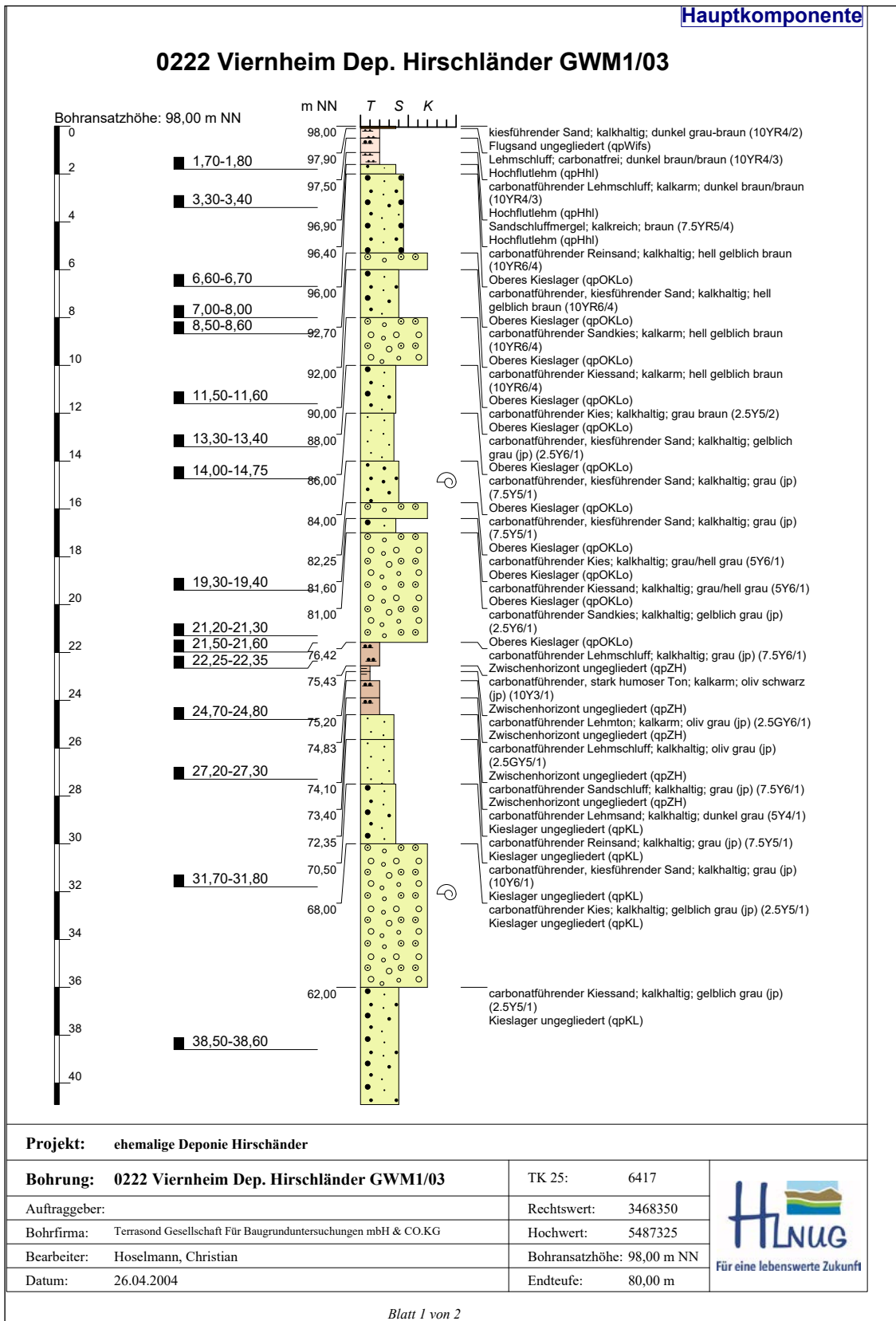
aber auch die Ausbaudaten des Bohrlochs, z. B. bei einer Grundwassermessstelle, abgelegt werden.

Die gesamte Bohrdatenbank kann räumlich und inhaltlich abgefragt und ausgewertet werden. Wichtig ist die graphische Ausgabe von Schichtenverzeichnissen, die frei konfiguriert und somit an die Fragestellung der Nutzerinnen und Nutzer angepasst werden kann (Abb. 6). Es gibt die Möglichkeit, Analysenergebnisse und Bohrlochmessungen mit der Darstellung des Schichtenverzeichnisses zu verknüpfen und darzustellen. Weiterhin ist es möglich, geologische Schnitte zu erzeugen.

### Wie kommen die Inhalte der Bohrdatenbank zum Kunden?

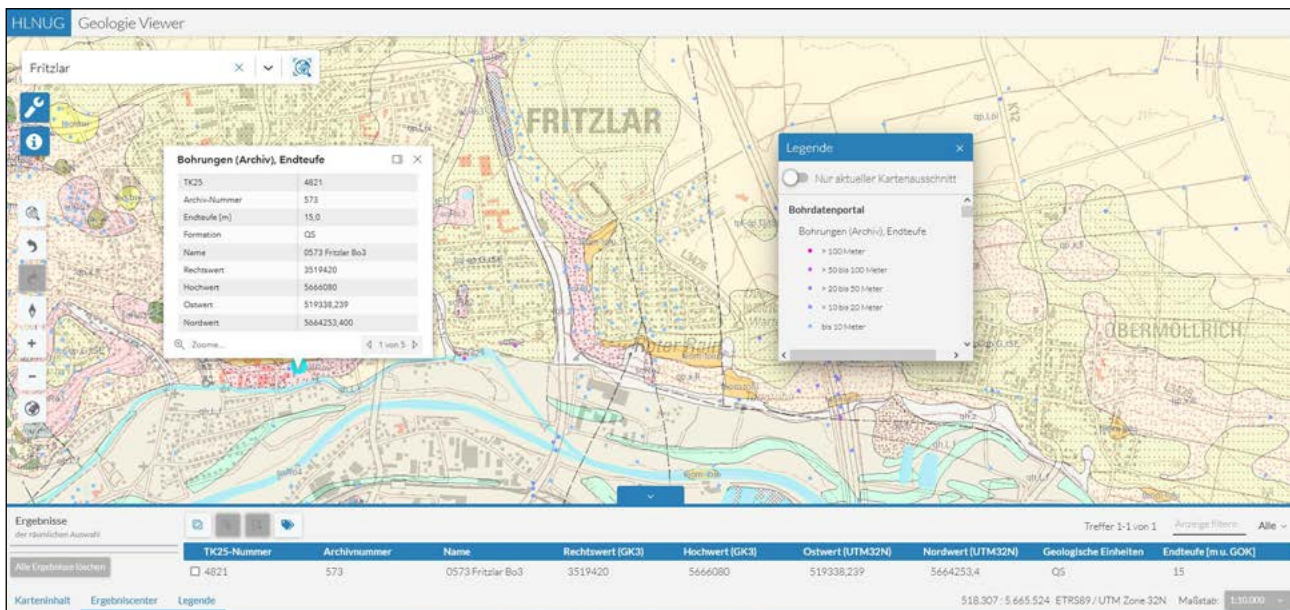
Für die Bereitstellung geowissenschaftlicher Daten gibt es den Geologie-Viewer des HLNUG, der unter der Webadresse [geologie.hessen.de](http://geologie.hessen.de) Geodaten aus dem Fachinformationssystem Geologie zur Verfügung stellt. Darunter sind u. a. geologische Karten im Maßstab 1 : 25 000 und 1 : 300 000, Informationen zu Grundwasser, Rohstoffen, Geothermie, Geogefahren und ein 3D-Modell des nördlichen Oberrheingrabens. Eingestellt ist auch das Bohrdatenportal. Es erlaubt eine Recherche nach den Metadaten sämtlicher hessischer Bohrungen der Bohrdatenbank von Hessen und ermöglicht eine räumliche Datenabfrage. Im Ergebnis erhalten die Nutzerinnen und

Nutzer eine Tabelle mit den gewünschten Bohrungen, die zur weiteren Datenanalyse exportiert werden kann (Abb. 7). Die eigentlichen Schichtdaten der Bohrungen müssen derzeit noch beim HLNUG per E-Mail-Anfrage bestellt werden. Die Bestellung von einzelnen oder aber auch von großen Mengen an Geodaten werden dem Kunden im PDF-Format oder aber interoperabel als Auszug aus der Datenbank im GeODin-Format kostenfrei zur Verfügung gestellt.



**Abb. 6:** Ausschnitt eines Schichtenverzeichnisses zu einer Grundwassermessstelle bei Viernheim im nördlichen Oberrheingraben. Auf der linken Seite sind die Probenentnahmepunkte verzeichnet; die Bohrsäule wird als Korngrößenprofil dargestellt – je breiter die Bohrsäule ist, umso größer ist die Korngröße.





**Abb. 7:** Ausschnitt aus dem Geologie-Viewer im Raum Fritzlar. Die Punkte in der Geologischen Karte 1 : 25 000 (GK 25) stehen für Bohrungen, wobei die Farbe das jeweilige Endteufenintervall markiert. Bohrungen können einzeln oder über ein frei wählbares Rechteck abgefragt werden. Zu jeder einzelnen Bohrung werden wichtige Stammdaten im Viewer entweder als Tabelle oder einzeln als Pop-up angezeigt.

## 4 Ausblick

Die im HLNUG eingesetzte Bohrdatenbanksoftware wird ständig weiterentwickelt. Eine wichtige Neuerung wird sein, dass Schichtenverzeichnisse durch Nutzerinnen und Nutzer direkt im Geologie-Viewer abgerufen werden können. Weiterhin sollen die allgemeinen Daten zu einer Bohrung (Stammdaten) sowie die eigentlichen geologischen Inhalte hinsicht-

lich ihrer Qualität eingestuft werden, damit Kundinnen und Kunden besser einschätzen können, ob die Inhalte für ihre Fragestellung verlässlich sind. Eine moderne, nutzungsfreundliche und kontinuierlich aktualisierte Bohrdatenbank ist auch in Zukunft eine wesentliche Arbeitsgrundlage und Aufgabe im Geologischen Dienst von Hessen.

## Literatur

- [1] Lagerstättengesetz. [<https://de.wikipedia.org/wiki/Lagerstättengesetz>; Stand: 25.07.2023].
- [2] Geologiedatengesetz. [<https://www.gesetze-im-internet.de/geoldg/index.html>; Stand: 25.07.2023].
- [3] Errichtungsgesetz. [<https://www.rv.hessenrecht.hessen.de/bshe/document/jlr-LAmtUmwGeo-ErGHEV5P2>; Stand: 25.07.2023]
- [4] ULMER, D., FRIEDRICH, K. & ULMER, S. (1999): Das Hessische Erdinformationssystem (HEISS). – Geologie in Hessen 3, 35 S.
- [5] WÄCHTER, J., LEHNÉ, R., PREIN, A., HOSELMANN, C. & SCHÜTH, C. (2018): Zusammenführung von Bohrschichtinformationen zur bundeslandübergreifenden 3D-Modellierung im nördlichen Oberrheingraben. – Grundwasser – Zeitschrift der Fachsektion Hydrogeologie, 23(4): 337–346.

## Neuerscheinungen

### Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG): Kompensation des Schutzguts Boden in Planungs- und Genehmigungsverfahren - Neuauflage 2023

Baumaßnahmen als Ergebnis von Planungs- und Genehmigungsverfahren führen meist zu einem vollständigen oder teilweisen Verlust des Bodens und seiner Funktionen. Auswirkungen von Vorhaben auf die Umwelt einschließlich des Bodens sind nach dem Baugesetzbuch (BauGB) bzw. dem Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) und nach der hessischen Kompensationsverordnung (KV Hessen 2018) zu ermitteln und zu bewerten. Die Vermeidung und der Ausgleich von Beeinträchtigungen der Umwelt sind in der Abwägung zu berücksichtigen.

Hierzu dient die neu aufgelegte Arbeitshilfe. Änderungen und auch umfangreiche Ergänzungen ergeben sich im Bereich der rechtlichen und planerischen Grundlagen für die Anwendung in Planungs- und Genehmigungsverfahren sowie aufgrund der novellierten Kompensationsverordnung in Hessen. Die Arbeitshilfe ermöglicht es schon während der Planungsphase, die Funktionen des Bodens und seinen Zustand vor und nach einem Eingriff zu bewerten. Damit lassen sich beispielsweise Vor- und Nachteile verschiedener Planungsvarianten für das Schutzgut Boden ermitteln. Für eine gewählte Planungsvariante lässt sich durch den Vergleich des Zu-

stands vor und nach einem Eingriff auch der Umfang des Eingriffs nachvollziehbar berechnen. Steckbriefe zu Kompensationsmaßnahmen geben Planenden ein Werkzeug an die Hand, um einen Eingriff beurteilen und ausgleichen zu können.



Die Arbeitshilfe und die Steckbriefe können unter folgenden Adressen abgerufen werden:

Arbeitshilfe: [https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/boden/BBH16\\_2023.pdf](https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/boden/BBH16_2023.pdf)

Steckbriefe: <https://www.hlnug.de/themen/boden/vorsorge/bodenschutz-in-der-planung/kompensation-schutzgut-boden/massnahmensteckbriefe-boden>

### Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG): Jahresbericht 2022

Nach zweijähriger Pause liegt für das Jahr 2022 wieder ein Jahresbericht des HLNUG vor. In diesem geben die Fachbereiche Wasser, Luft, Geologie und Boden, Naturschutz, Strahlenschutz, Lärm sowie Klimawandel und Anpassung Einblicke in die vielfältigen Themen und Aufgabenbereiche, die am hessischen Landesamt bearbeitet werden.

Die Abteilung Geologie und Boden berichtet über frühgeschichtliche Hochwässer in Hessen und die Amtshilfe, die im Rahmen der Flutkatastrophe an

der Ahr geleistet wurde, sowie zur geothermischen Erkundung in Baugebieten. Weiterhin ist der Bodenzustand hessischer Bach- und Flussauen am Beispiel der Diemel Thema und es werden die Ergebnisse eines Laborversuches zur Mobilisierung von PFAS durch biologische Prozesse vorgestellt. Der Naturschutz informiert u. a. über das hessische Wildbienen- und Wespenmonitoring sowie das Wolfszentrum. Außerdem gibt es Artikel zum fortschreitenden Klimawandel, der das HLNUG in vielen Bereichen beschäftigt, beispielsweise zu Grundwasserneubil-



dition sowie zu Dürre und Trockenheit. Auch über das neue Klimaportal Hessen, in dem Klimadaten aus Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft visualisiert werden können, sowie über das Fachzentrum Röntgen und die Arbeiten zur Umgebungslärmkartierung wird informiert.

Neben der Vorstellung dieser und weiterer Themen beinhaltet der Jahresbericht 2022 Informationen zu besonderen Ereignissen und Neuigkeiten sowie einen Überblick über die neuen Publikationen des HLNUG, weitere Veröffentlichungen von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Hauses, deren Lehrtätigkeiten an Universitäten/Hochschulen und am HLNUG betreute Bachelor- und Masterarbeiten.

Der Jahresbericht 2022 kann kostenlos im Vertrieb des HLNUG bestellt (vertrieb@hlnug.hessen.de) oder unter folgender Adresse abgerufen werden:

[https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/das\\_hlnug/jahresberichte/2022/Jahresbericht\\_2022\\_gesamt\\_Web.pdf](https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/das_hlnug/jahresberichte/2022/Jahresbericht_2022_gesamt_Web.pdf)

## Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUKLV): Rechtliche, planerische und fachliche Grundlagen zum Bodenschutz - Übersicht und Erläuterung



Um eine Übersicht über die Vielzahl an hessischen und bundesweiten Arbeitshilfen, Leitfäden und Vorschriften zu geben, die im Hinblick auf das Schutzgut Boden relevant sind, hat das Hessische Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUKLV) eine kompakte Zusammenfassung der rechtlichen und planerischen sowie fachlichen Grundlagen veröffentlicht. Die Grundlage für diese Zusammenstellung bildete das erweiterte und aktualisierte erste Kapitel des Bodenschutzkonzeptes für die Stadt Wetzlar (HMUKLV, Stadt Wetzlar 2020).

Die Veröffentlichung erläutert zunächst in übersichtlichen Kapiteln die rechtlichen und planerischen Grundlagen zu den Themen Schutz der Bodenfunktionen, Gefahrenabwehr, Vorsorgegrundsatz, Vor-

bildfunktion und Beteiligungspflicht, Bauleitplanung, Raumordnung, Eingriffs-/Ausgleichsregelung und Kompensation, Umgang mit Boden auf Baustellen, Verwertung von Bodenmaterial, Schadstoffbelastung von Böden und Bodenerosion. In einem zweiten Teil werden zu diesen Themenbereichen die wichtigsten untergesetzlichen Regelungen, DIN-Vorschriften sowie Leitfäden und Arbeitshilfen aufgelistet und ihr Inhalt kurz zusammengefasst. Ein umfangreiches Quellenverzeichnis schließt diese hilfreiche Zusammenfassung ab. Die ab 1. August 2023 geltende Neufassung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) wurde noch nicht berücksichtigt.

Die Grundlagen zum Bodenschutz sind unter folgender Adresse verfügbar:

[https://umwelt.hessen.de/sites/umwelt.hessen.de/files/2022-05/rechtliche\\_planerische\\_und\\_fachliche\\_grundlagen\\_zum\\_bodenschutz\\_bf.pdf](https://umwelt.hessen.de/sites/umwelt.hessen.de/files/2022-05/rechtliche_planerische_und_fachliche_grundlagen_zum_bodenschutz_bf.pdf)

Die Veröffentlichung erläutert zunächst in übersichtlichen Kapiteln die rechtlichen und planerischen Grundlagen zu den Themen Schutz der Bodenfunktionen, Gefahrenabwehr, Vorsorgegrundsatz, Vor-

## Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUKLV): Klimaplan Hessen - Auf dem Weg zur Klimaneutralität

Anfang März 2023 wurde der neue Klimaplan Hessen vorgelegt, der von allen hessischen Ministerien gemeinsam mit einem wissenschaftlichen Fachkonsortium und im Rahmen einer Öffentlichkeitsbeteiligung erarbeitet wurde. Er soll helfen, die Ziele des im Januar verabschiedeten ersten hessischen Klimagesetzes zu erreichen. In dem Gesetz wird festgelegt, dass Hessen bis 2045 klimaneutral werden muss und 65 Prozent der Treibhausgasemissionen bis 2030 im Vergleich zu 1990 eingespart haben soll. Als Nachfolger des bisherigen Integrierten Klimaschutzplans Hessen 2025 (IKSP) beinhaltet der neue Klimaplan einen umfangreichen Maßnahmenkatalog bis zum Jahr 2030 mit 90 Maßnahmen in zehn Handlungsfeldern. Dabei werden 33 bestehende Maßnahmen des IKSP fortgeführt und 57 neue kommen dazu. Unterteilt sind die Maßnahmen in die beiden Themenfelder „Klimaschutz“ und „Klimawandelanpassung“.

Maßnahmen, die den Boden betreffen, sind im Handlungsfeld „Landnutzung“ verortet. So soll beispielsweise der Schutz von Moorböden weiter ausgebaut werden, der Erhalt von Dauergrünland gefördert und die Kohlenstoffspeicherung in hessischen Waldböden stabilisiert werden. Neu ist die „Hessische Bodenschutzaktion“, die zum Ziel hat, intakte und leistungsfähige Böden in ihrer wichtigen Rolle für Klimaschutz und Klimawandelanpassung bestmöglich zu sichern und zu erhalten. Dazu soll die herausragende Bedeutung der Bodenfunktionen Planenden, Ausführenden und der Öffentlichkeit deutlicher bewusst gemacht werden. Verstärkt zum



Einsatz gebracht werden sollen zu diesem Zweck die Instrumente der kommunalen Bodenschutzkonzepte sowie der produktionsintegrierten Kompensation. Außerdem soll ein „Runder Tisch Bodenschutz“ eingerichtet werden, der die relevanten Akteurinnen und Akteure auf Landesebene zur regelmäßigen Diskussion zusammenführt.

Der Klimaplan Hessen kann unter folgender Adresse heruntergeladen werden:

[https://hessen.de/sites/hessen.hessen.de/files/2023-03/der\\_klimaplan\\_hessen\\_barrierefrei.pdf](https://hessen.de/sites/hessen.hessen.de/files/2023-03/der_klimaplan_hessen_barrierefrei.pdf)

Weitere Informationen zum Klimaplan sind abrufbar unter:

<https://www.klimaplan-hessen.de>

## Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO): Einrichtung, Betrieb und Auswertung von Boden-Dauerbeobachtungsflächen

Die Boden-Dauerbeobachtung ist das Langzeit-Programm zur Untersuchung von Böden und stellt ein zentrales Element der Umweltbeobachtung und des vorsorgenden Bodenschutzes dar. Aufgrund ihrer langen Laufzeit seit Mitte der 1980er Jahre (in Hessen seit 1992) gehören die Boden-Dauerbeobachtungsflächen (BDF), die durch die jeweiligen Bundesländer betrieben werden, inzwischen zu den am besten und längsten untersuchten Böden in

Deutschland. Mit Hilfe der gewonnenen Ergebnisse lassen sich Trends in der Entwicklung der jeweiligen Bodeneigenschaften und ihrer Veränderungen abbilden. Die Auswertungen erfolgen dabei sowohl länderspezifisch, als auch bundesweit.

Bereits vor 23 Jahren wurde die Arbeitshilfe „Boden-Dauerbeobachtung, Einrichtung und Betrieb von Boden-Dauerbeobachtungsflächen“ (BARTH et al.



2000) von der damaligen Ad-hoc-AG „Bodendauerbeobachtung“ im Rahmen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) erarbeitet. Viele der in dieser Arbeitshilfe enthaltenen Empfehlungen waren nicht mehr auf dem aktuellen Stand. Deshalb wurde eine

Redaktionsgruppe zur Überarbeitung und Erweiterung eingerichtet.

Der Fokus der nun zur Verfügung stehenden aktualisierten und ergänzten Arbeitshilfe liegt auf der Angleichung und Erweiterung der bisherigen Methoden an den Stand der Technik (z. B. Aktualisierung der empfohlenen Analyseverfahren und Aufnahme weiterer Untersuchungsparameter wie PFAS etc.) sowie der Überarbeitung bzw. Ergänzung geeigneter statistischer Auswertemethoden. Neu aufgenommen

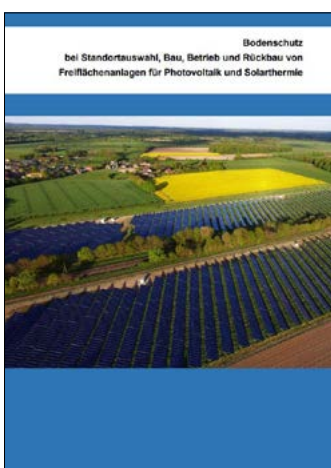
wurde ein Kapitel mit Ausführungen zur Lagerung von Rückstellproben in einer Bodenprobenbank. Daneben soll die Kontinuität der bestehenden Untersuchungen im Programm der Boden-Dauerbeobachtung gewährleistet werden, um bereits existierende Zeitreihenuntersuchungen erfolgreich weiterführen zu können.

Die aktualisierte Arbeitshilfe ist im Handbuch Bodenschutz des Erich Schmidt Verlages veröffentlicht und außerdem auf den Webseiten der LABO verfügbar:

BARTH, N., BORHO, W., CORDSSEN, E., HELLER, C., HÖPER, H., LUDWIG, B., MARX, M., MEESENBURG, H., SPÖRLEIN, P. & WELLER, M. (2022): Einrichtung, Betrieb und Auswertung von Boden-Dauerbeobachtungsflächen. – In: ROSENKRANZ, D., BACHMANN, G., KÖNIG, W. & EINSELE, G. (Hrsg.): Bodenschutz – Ergänzbare Handbuch der Maßnahmen und Empfehlungen für Schutz, Pflege und Sanierung von Böden, Landschaft und Grundwasser. – 3. Band, Kapitel 9060, 151 S.; Berlin (Erich Schmidt Verlag).

[https://www.labo-deutschland.de/documents/Methodenhandbuch\\_BDF.pdf](https://www.labo-deutschland.de/documents/Methodenhandbuch_BDF.pdf)

## Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO): Bodenschutz bei Standortauswahl, Bau, Betrieb und Rückbau von Freiflächenanlagen für Photovoltaik und Solarthermie



Vor dem Hintergrund der Energiewende und mit der beschlossenen Novelle des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) werden Freiflächenanlagen für Photovoltaik und Solarthermie (FFA) zunehmend auch auf bisher landwirtschaftlich genutzten Böden errichtet. Bisher

fehlten jedoch bundeseinheitliche Empfehlungen und Standards zum Schutz der Böden bei Bau, Betrieb und Rückbau solcher Freiflächenanlagen, so

dass teilweise die Vorsorge vor schädlichen Beeinträchtigungen des Bodens unzureichend berücksichtigt wurde. Um diese Lücke zu füllen wurde im Auftrag der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) mit Mitteln des Länderfinanzierungsprogramm Wasser, Boden und Abfall in Abstimmung mit einer projektbegleitenden Arbeitsgruppe aus Vertretern der ständigen Ausschüsse „Vorsorgender Bodenschutz“ (BOVA) und „Recht“ (BORA) die Arbeitshilfe „Bodenschutz bei Standortauswahl, Bau, Betrieb und Rückbau von Freiflächenanlagen für Photovoltaik und Solarthermie“ erstellt. Ihr Ziel ist dabei nicht die Verhinderung der Errichtung von Freiflächenanlagen, sondern eine bodenschonende Standortauswahl sowie die Etablierung von Bodenschutzmaßnahmen bei Bau, Betrieb und Rückbau der Anlagen.

In der umfangreichen Arbeitshilfe werden zunächst die geltenden rechtlichen Rahmenbedingungen für die Errichtung von FFA erläutert, insbesondere im Hinblick auf die Möglichkeiten zur Verankerung und Umsetzung bodenschutzfachlicher Anforderungen. Verschiedene Anlagentypen und -bauweisen werden beschrieben und hinsichtlich ihrer Wirkungen bodenschutzfachlich bewertet, wobei die Sonderformen Agri-Photovoltaik (Agri-PV) und FFA auf Moorböden separat erörtert werden. Ausführlich werden die Anforderungen an die Standortauswahl, den Bau und Rückbau sowie die Betriebsphase besprochen und allgemeingültige sowie arbeitsschritt-spezifische Maßnahmen zum Bodenschutz textlich und tabellarisch in Stichworten erläutert. Außerdem

werden Empfehlungen zu deren Festsetzungen und Hinweisen im Bebauungsplan gegeben, die in Merklisten zusammengefasst werden. Abschließend stellt die Arbeitshilfe Checklisten zur Verfügung, deren Anwendung den Nutzerinnen und Nutzern die Überprüfung der Berücksichtigung aller Anforderungen und Maßnahmen zum Bodenschutz erleichtern soll.

Die Arbeitshilfe ist unter folgender Adresse abrufbar:

[http://www.laenderfinanzierungsprogramm.de/static/LFP/Dateien/LABO/B5\\_22\\_Arbeitshilfe\\_Bodenschutz\\_PV\\_FFA\\_Solarthermie.pdf](http://www.laenderfinanzierungsprogramm.de/static/LFP/Dateien/LABO/B5_22_Arbeitshilfe_Bodenschutz_PV_FFA_Solarthermie.pdf)

## Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO): Das Umweltschadensgesetz (USchadG) im Bereich des Bodenschutzes

Im Jahr 2004 wurde die europäische Umwelthaftungsrichtlinie (Richtlinie 2004/35/EG) erlassen, deren Zweck es ist, das bestehende europäische Umweltrecht um Pflichten zur Vermeidung und Sanierung von Umweltschäden zu ergänzen. Durch das Umweltschadensgesetz (USchadG) vom 10. Mai 2007 wurde diese Richtlinie in Deutschland in nationales Recht umgesetzt. 2009 hat der ständige Ausschuss „Recht“ (BORA) der LABO dazu die Auslegungshilfe "Das Umweltschadensgesetz (USchadG) im Bereich des Bodenschutzes" veröffentlicht. Sie richtet sich in erster Linie an die für den Vollzug zuständigen Bodenschutzbehörden. Die Auslegungshilfe soll insbesondere die Schnittstellen zwischen Umweltschadensgesetz und Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) erläutern und aufzeigen, an welchen Punkten Anforderungen gestellt werden, die über das Bodenschutzrecht und andere Rechtsvorschriften hinausgehen und von den zuständigen Behörden zu beachten sind.

2019 wurde die europäische Umwelthaftungsrichtlinie zur Angleichung der Berichterstattungspflichten im Bereich der Rechtsvorschriften mit Bezug zur Umwelt geändert. Eine Neufassung des USchadG

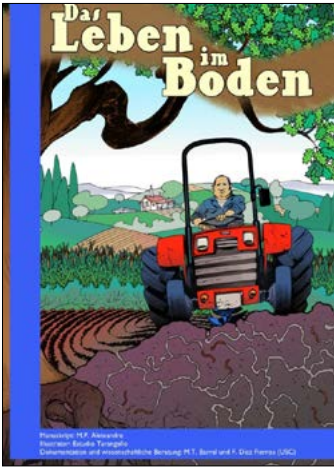
wurde am 5. März 2021 bekannt gegeben und trat am 1. September 2021 in Kraft. In Folge wurde die Auslegungshilfe überarbeitet und an seit 2009 eingetretene Rechtsänderungen angepasst.

Die Umweltministerkonferenz hat die aktualisierte Auslegungshilfe zur Kenntnis genommen und ihrer Veröffentlichung zugestimmt. Sie steht auf der LABO-Webseite unter „Veröffentlichungen – Auslegung von Rechtsnormen“ zur Verfügung oder kann direkt unter folgendem Link heruntergeladen werden:

[https://www.labo-deutschland.de/documents/LABO\\_USchadG-Auslegungshilfe\\_2023.pdf](https://www.labo-deutschland.de/documents/LABO_USchadG-Auslegungshilfe_2023.pdf)



## Das Leben im Boden



Die Comic-Geschichte "Vivir no solo" wurde ursprünglich vom galizischen Kulturrat veröffentlicht, um junge Menschen für die Wichtigkeit des Bodens und die Notwendigkeit seines Schutzes zu sensibilisieren. Um seine internationale Verbreitung zu erhöhen

wurde der Comic anlässlich des Internationalen Jahr des Bodens (2015) angepasst und unter dem Titel „Living in the soil“ auch auf Englisch herausgegeben. Im Rahmen der internationalen Bodendekade (2015–2024) ist nun in Zusammenarbeit der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft (DBG) mit der Spanischen Gesellschaft für Bodenkunde (SECS) auch eine Version des Comics in deutscher Sprache er-

schienen. Eingebettet in die Geschichte eines Nachbarnstreites um die Bebauung einer fruchtbaren Ackerfläche, wird in dem Comic auf kurzweilige Art und Weise Wissen zum Boden, seiner Entstehung und seinen Funktionen vermittelt sowie seine vielfältige Gefährdung thematisiert. Auch konkrete Empfehlungen, wie der Boden besser geschützt werden kann, werden gegeben.

Die deutsche Version des Comics kann auf folgender Seite der DBG heruntergeladen werden:

<https://www.dbges.de/de/Das-Leben-im-Boden-Eine-Comic-Geschichte>

Sämtliche Sprachversionen sind auf den Seiten der Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO) zu finden:

<https://www.fao.org/world-soil-day/campaign-materials/en/#c786861>

## Interessantes und Wissenswertes

### Fortbildung im Umweltsektor: Bodenschutz - Neue Entwicklungen in der Kompensation

Termin: 14. und 15. November 2023, Schloss Buchenau (Gemeinde Eiterfeld)

Anlässlich der Neuauflage der Arbeitshilfe „Kompensation des Schutzguts Boden in Planungs- und Genehmigungsverfahren“ wird im Jahresprogramm im Umweltsektor 2023 in Zusammenarbeit mit dem Landesbetrieb Landwirtschaft (LLH) eine Fortbildung zur bodenbezogenen Kompensation angeboten.

Die Arbeitshilfe bietet Planungsbüros und Vollzugsbehörden ein fundiertes Werkzeug zur Beurteilung von Eingriffen in das Schutzgut Boden und zur Ableitung eines bodenbezogenen Ausgleichs. Im Fokus der Fortbildung wird die praktische Anwendung der Arbeitshilfe und die Berechnung des Kompensationsbedarfs durch die Teilnehmerinnen und Teilnehmer anhand von ausgewählten Fallbeispielen stehen. Außerdem werden Best-Practice-Beispiele zur bodenbezogenen Kompensation vorgestellt und diskutiert.

<https://llh.hessen.de/beratung/veranstaltungen/61593/>



**Abb. 1:** Vollentsiegelung als Beispiel einer Kompensationsmaßnahme © Schnittstelle Boden

### Masterarbeit „Elementgehalte in Böden und Oberflächengewässern eines ehemaligen Kupferbergbaugebietes bei Dillenburg in Mittelhessen“

Historischer Bergbau kann, besonders im Fall des Abbaus von Buntmetallerzen, zu Belastungen der Umwelt mit Schwermetallen führen. Größere zusammenhängende Gebiete, wie z. B. das Erzgebirge in Sachsen, wurden in der Vergangenheit diesbezüglich bereits umfassend untersucht. Eine Vielzahl kleinerer historischer Bergbaugebiete, die es auch in Hessen gibt, wurden bislang aber noch nicht näher betrachtet. Spuren des Erzabbaus in Form erhöhter Schwermetallgehalte in verschiedenen Umweltmedien lassen sich aber auch dort möglicherweise noch nachweisen.

In einer Kooperation des HLNUG mit der Justus-Liebig-Universität Gießen konnte im August 2022 eine Masterarbeit im Studiengang Umweltwissenschaften erfolgreich abgeschlossen werden, welche sich mit den



**Abb. 2:** Bewachsene Abraumhalde, entstanden durch den historischen Bergbau im Untersuchungsgebiet © HLNUG



Folgen des historischen Bergbaus beschäftigt hat. Dazu wurde ein unbesiedeltes Gebiet in der Nähe von Dillenburg untersucht, in dem jahrhundertlang Eisen, Kupfer, Silber, Nickel und Blei abgebaut worden war. Die studentischen Arbeiten umfassten die Erkundung des Gebietes sowie die Beprobung möglicher Belastungshotspots, wobei verschiedene Umweltkompartimente (Wasser aus Oberflächengewässern, Bachsedimente und Böden) betrachtet wurden. Die entnommenen Proben wurden anschließend im Labor auf Schwermetalle untersucht. Nach Auswertung und Darstellung der Ergebnisse zeigte sich, dass nur die während der berg-

baulichen Tätigkeiten angelegten Halden und die sich im Abstrom befindlichen Auenböden von Belastungen betroffen waren. In den entsprechenden Proben konnten vereinzelt bodenschutzrelevante Gehalte der Elemente Kupfer und Nickel bestimmt werden. Wasser und Sedimente zeigten hingegen keine Auffälligkeiten, was auf eine historische fluviatile Verlagerung der belasteten Substrate hindeutet. Da die Halden aktuell bewaldet sind und sich die Belastung der Auenböden auf tiefere Bodenschichten beschränkt, ist heute von den betrachteten Arealen des Untersuchungsgebietes keine Gefahr für Schutzgüter zu erwarten.

## Bodenschutzforum

Um den fachlichen Austausch im Bereich des landwirtschaftlichen Bodenschutzes zu stärken, hat der Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen (LLH) das Bodenschutzforum ins Leben gerufen. An der ersten Veranstaltung im Dezember 2022 nahmen sowohl Experten verschiedener Fachrichtungen und Behörden aus dem Bereich des Bodenschutzes, als auch Praktiker aus landwirtschaftlichen Betrieben teil.

Die Ziele der Zusammenarbeit dieses Austauschforums liegen in einer Bestandsaufnahme zum Stand des Wissens und der Identifikation relevanter Themen des angewandten Bodenschutzes. Daraus sollen Lösungen und neue Ansätze unter Berücksichtigung derzeitiger und zukünftiger Rahmenbedingungen erarbeitet und durch einen Wissenstransfer in die

landwirtschaftliche Beratungspraxis integriert werden.

Im Rahmen des zweiten Treffens im Februar 2023 wurden zu diesem Zweck verschiedene Arbeitsgruppen gegründet, die sich mit aktuellen Fragen zum Bodenschutz in Hessen beschäftigen sollen.

Eine Arbeitsgruppe unter Leitung des LLH diskutiert alternative Anbauverfahren. Zwei Arbeitsgruppen unter Federführung des Dezernats G3 des HLNUG wurden zu den Themenbereichen „Humus und Bodenbiologie“ sowie „Starkniederschläge und Bodenrosion“ eingerichtet. Die Ergebnisse aus den Arbeitsgruppen sollen zukünftig halbjährig vorgestellt und diskutiert werden.



**Abb. 3:** Bodenerosion auf Ackerflächen nach einem Starkregenereignis im Main-Kinzig-Kreis – zu dieser Thematik wurde eine AG eingerichtet © HLNUG

## Neues zu per- und polyfluorierten Alkylsubstanzen (PFAS)

Das Thema „PFAS“ ist weiterhin von Bedeutung. Der „Leitfaden zur PFAS-Bewertung“ des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV), der Empfehlungen für die bundeseinheitliche Bewertung von Boden- und Gewässerverunreinigungen sowie für die Entsorgung PFAS-haltigen Bodenmaterials gibt, wurde mittlerweile in Hessen per Erlass am 12. April 2023 eingeführt. Dieser enthält für den Vollzug zudem Hinweise zu den Themen „Analytik“, „Eluat-Untersuchungen“, „Verwertung“ und „Vollzug der EU-Verordnung über persistente organische Schadstoffe (EU-POP-VO)“.

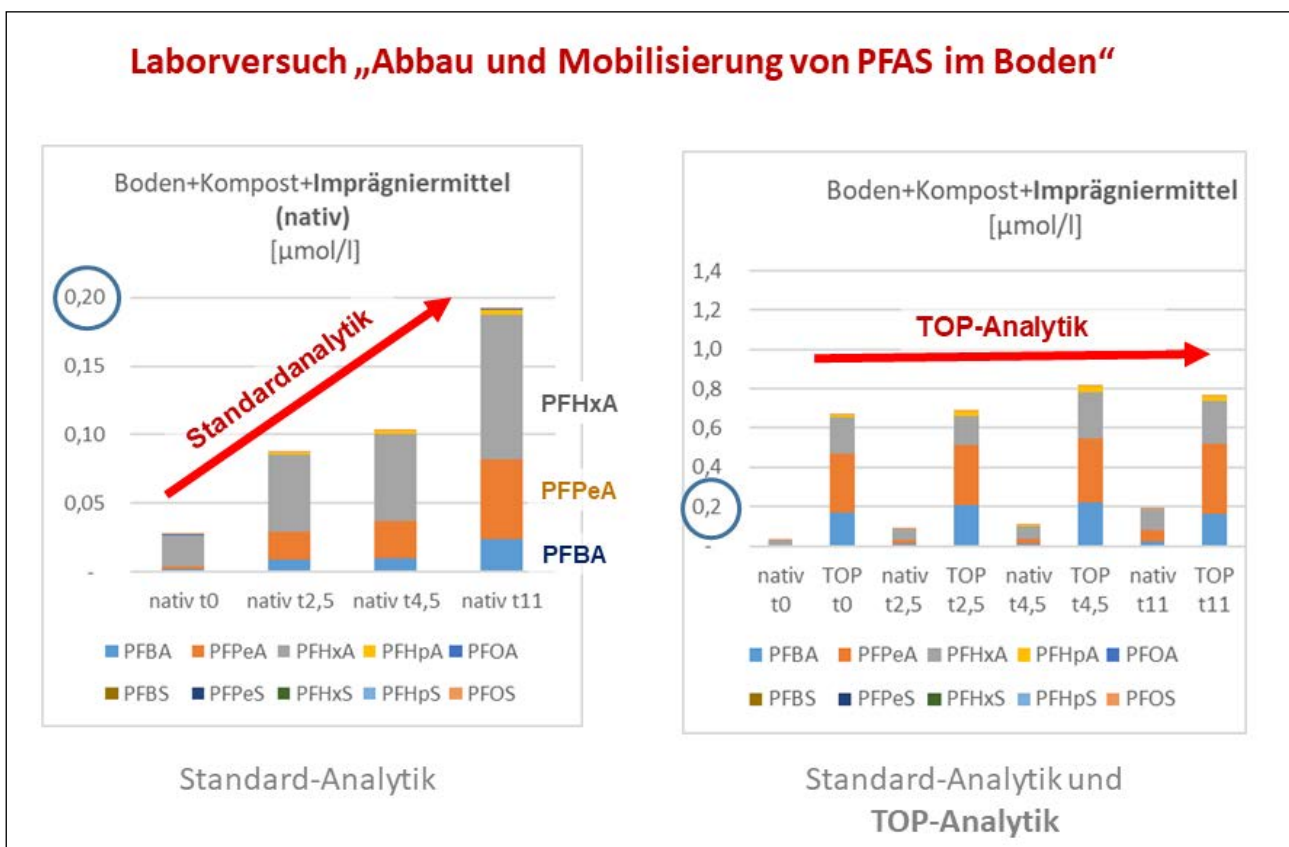
Der Leitfaden zur PFAS-Bewertung kann auf der Webseite der LABO heruntergeladen werden:

[https://www.labo-deutschland.de/documents/pfas\\_leitfaden\\_bf.pdf](https://www.labo-deutschland.de/documents/pfas_leitfaden_bf.pdf)

Der in der Ausgabe „Boden und Altlasten – Nachrichten aus Hessen 2022“ bereits vorgestellte Laborversuch „Abbau und Mobilisierung von PFAS im Boden“ wurde um ein Jahr verlängert und erweitert. Ergänzend zu den bisherigen Untersuchungen (Standard-Analytik nach DIN 38407-42 sowie TOP-Analytik) wurde ein Spezial-Analysenverfahren eingesetzt, das sogenannte „TOP-direct-Verfahren“. Hierbei wurden PFAS-haltige Materialien ohne den üblichen Extraktionsschritt direkt mit einem hohen Überschuss an Oxidationsmittel (Peroxodisulfat) versetzt. Im Gegensatz zu anderen, mildereren Verfahren können mit dem „TOP-direct-Verfahren“ auch solche polyfluorierten PFAS analysiert werden, die mit üblichen PFAS-Analysenverfahren unentdeckt bleiben.

Ein Übersichtsbeitrag über PFAS wurde im Rahmen der Veranstaltungsreihe „HLNUG-Kolloquien“ gehalten und ist über folgende Webseite abrufbar:

<https://www.hlnug.de/kolloquium>



**Abb. 4:** Versuchsergebnisse des Laborversuchs „Abbau und Mobilisierung von PFAS im Boden“ mit Standard-Analytik (nativ, links) und TOP-Analytik (total oxidable precursor, rechts)

## ISQAB - Informationssystem zur Qualitätssicherung bei der Altlastenbearbeitung

Die Altlastenbearbeitung gliedert sich in verschiedene Stufen. Sowohl bei der systematischen Erfassung als auch bei Einzelfallprüfungen sind vielfältige Themen und Aspekte zu berücksichtigen. Hierzu existiert auf Ebene des Bundes und der Bundesländer eine Vielzahl an technischen Dokumenten, Regelwerken und sonstigen Informationen, die für die mit der Altlastenbearbeitung betrauten Personen von Interesse sind. Um die Recherche nach diesen Fachveröffentlichungen für die Anwendung möglichst übersichtlich und unkompliziert zu gestalten, wurde das webbasierte Informationssystem zur Qualitätssicherung bei der Altlastenbearbeitung (ISQAB) etabliert.

ISQAB wurde mit Mitteln des Länderfinanzierungsprogramms Wasser, Boden und Abfall finanziert und von einer Arbeitsgruppe des ständigen Ausschusses Altlasten (ALA) der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Boden (LABO) erarbeitet.

Das System bietet einen Überblick über bestehende Regularien und Methoden mit Bezug zur Bearbeitung von Altlasten sowie schädlichen Boden- und Grundwasseränderungen. Es stellt eine Plattform

mit Verweisen und Verlinkungen auf die originären Fundstellen der entsprechenden Dokumente dar. Durch die Gliederung und die vorhandenen Suchfunktionen bietet sich die Möglichkeit der zielgerichteten Recherche. Die Plattform richtet sich primär an Gutachterinnen und Gutachter, Ingenieurbüros, Sanierungspflichtige und für Altlasten zuständige Vollzugsbehörden; sie kann jedoch auch für die fachinteressierte Öffentlichkeit von Interesse sein. Abrufbar ist das frei verfügbare Informationssystem kostenfrei unter [www.isqab.de](http://www.isqab.de).

Um die hinterlegten Dokumente und Verlinkungen stets auf einem aktuellen Stand zu halten, wurde im Anschluss an die Etablierung des ISQAB ein Redaktionsteam gegründet, in dem der Bund und die Bundesländer vertreten sind. Die Mitglieder des Redaktionsteams sorgen dafür, dass Änderungen aus ihrem Zuständigkeitsbereich (Bund bzw. Bundesland), wie z. B. Neuerscheinungen oder Neufassungen, in das System eingepflegt werden.

Das HLNUG hat sich an der Etablierung des Systems beteiligt und ist auch im Redaktionsteam zur Pflege/Aktualisierung der hessischen Dokumente vertreten.

**ISQAB**  
Informationssystem zur Qualitätssicherung bei der Altlastenbearbeitung

Gesetze, Verordnungen, Arbeitshilfen, Merkblätter, Veröffentlichungen

Startseite | Bund/Länder | Basis-Infos | Praxis | Suchen

**ISQAB**

**Das Informationssystem zur Qualitätssicherung bei der Altlastenbearbeitung (ISQAB) ist ein Projekt des ALA der LABO**

Das ISQAB soll Vollzugsbehörden einen Überblick über Regularien (z.B. Länderverordnungen) und Methoden (z.B. Sickerwasserprognose) hinsichtlich der Bewertung und Sanierung von Altlasten, schädliche Boden- und Grundwasseränderungen bieten sowie Verweise und Verlinkungen auf aktuelle Arbeitshilfen und vollzugsrelevante behördliche Dokumente geben. Es werden nur bereits veröffentlichte Dokumente über Verweise dargestellt. Die integrierte Volltextsuche berücksichtigt den vollständigen Inhalt der Dokumente.

Nachfolgende Abbildungen verdeutlichen beispielhaft die Nutzung in 2 Varianten:

**ISQAB**  
Informationssystem zur Qualitätssicherung bei der Altlastenbearbeitung

Gesetze, Verordnungen, Arbeitshilfen, Merkblätter, Veröffentlichungen

Auswahl über Thema und Attribute

1. Thema im Menu auswählen
2. Unterthema auswählen
3. Nach Bedarf mit Attributen einschränken

**Abb. 5:** Startseite des neuen Informationssystems zur Qualitätssicherung bei der Altlastenbearbeitung



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

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



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