



# Boden und Altlasten - Nachrichten aus Hessen

Ausgabe 2021



**Altlasten**

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

Wiesbaden, 2021

# Impressum

## Boden und Altlasten – Nachrichten aus Hessen – Ausgabe 2021

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

Titelbild: links oben: HLNUG  
rechts oben: Collin Weber  
links unten: HLNUG  
rechts unten: Regierungspräsidium Darmstadt

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.....	3
Vorwort .....	5
Lössboden – Boden des Jahres 2021 .....	6
Die Rolle des HLNUG bei der Gefahrenabwehr von Bodenerosion durch Wasser.....	9
Auch in Hessen: Mikroplastik in Böden! Laufende Untersuchung der Plastikgehalte in den Auenböden von Lahn und Nidda .....	12
Zweite Ausbaustufe der Bodenflächendaten 1 : 50 000 .....	16
Aufbringung von Bodenmaterial zur landwirtschaftlichen oder erwerbsgärtnerischen Bodenverbesserung.....	17
Thermische Boden- und Grundwassersanierung – Beispiele aus Südhessen .....	19
PFC – Tausendundeine Verwendungsmöglichkeiten.....	30
Neues aus dem Bereich der Altflächendatei .....	35
Neuerscheinungen.....	38
Interessantes und Wissenswertes .....	43



## Vorwort



Im Jahr 1999 erschien die erste Ausgabe des „Altlasten-annual“, in dem jährlich über neue Entwicklungen zu Altlastenthemen berichtet wurde. Mit 20 Ausgaben von jeweils etwa 100 Seiten war es ein wichtiger und traditionsreicher Bestandteil der HLNUG-Schriftenreihen.

Heute halten Sie die Erstausgabe einer neuen Veröffentlichungsreihe in der Hand: **Boden und Altlasten – Nachrichten aus Hessen** tritt einerseits in die Fußstapfen des „Altlasten-annual“, andererseits wurde das Themenfeld weiter aufgespannt. Denn Bodenschutz beginnt nicht mit der „Nachsorge“, also der Sanierung von Altlasten und schädlichen Bodenveränderungen, sondern mit der Vorsorge. Dies spiegelt sich auch in der Organisationsstruktur der hessischen Umweltbehörden wider: Beim Umweltministerium, bei den Regierungspräsidien und beim HLNUG sind der vorsorgende und der nachsorgende Bodenschutz „vereint“ in den jeweiligen Referaten/Dezernaten angesiedelt.

Die jährlich erscheinende Reihe berichtet für die interessierte Fachöffentlichkeit über Forschungsprojekte, Arbeitsfortschritte und neue Erkenntnisse. Sie informiert zudem über interessante Aktivitäten und Publikationen im Bereich Bodenschutz und Altlastensanierung auch außerhalb von Hessen.

Die Themen in der vorliegenden Erstausgabe sind vielfältig: Der **„Boden des Jahres“** ist der Lössboden, der in Hessen als fruchtbarer Ackerstandort von Bedeutung ist. **Mikroplastik** in den Weltmeeren ist ein öffentlichkeitswirksames Thema, aber auch die Belastung von Böden rückt zunehmend in den Fokus der Wissenschaft und Öffentlichkeit. Beispielsweise gelangt oft auch Plastik in die Biotonne und findet sich dann im Kompost und auf den Äckern wieder. Nach Starkregenereignissen taucht regel-

mäßig das Thema **Bodenerosion** auf, welches von der Allgemeinheit meist in Form von „SchlammLawinen“ wahrgenommen wird. Dabei müsste die Verhinderung von Erosion und somit der Erhalt der Bodenfruchtbarkeit von höchster Priorität sein, um die wachsende Weltbevölkerung dauerhaft zu ernähren. Neben dem unbeabsichtigten Abschwemmen von Böden ist auch das gezielte **Aufbringen von Bodenmaterial** auf landwirtschaftlich genutzte Böden von Umweltrelevanz, denn die beaufschlagten Böden sollen weder durch Verdichtung noch durch Schadstoffe beeinträchtigt werden.

Die Schadstoffgruppe **PFC**, die spezielle fluorierte Chemikalien umfasst und vielfältige Einsatzbereiche hat, wird in Fachkreisen intensiv diskutiert; so erstaunt es, dass diese Stoffgruppe trotz ihrer hohen Umweltrelevanz in der Öffentlichkeit nur in wenigen Fällen wahrgenommen wird, z. B. in Zusammenhang mit Outdoorbekleidung und Löschschäumen. Bei hessischen Altlastensanierungen gewinnen die **thermischen Sanierungsverfahren** an Bedeutung. Dabei wird der Boden soweit aufgeheizt, dass flüchtige Schadstoffe nahezu vollständig entfernt werden.

Eine Grundlage für viele Themen und Fragestellungen in Planung und Anwendung bieten die bodenkundlichen Kartenwerke und Flächendaten des HLNUG. Die **digitalen Bodenflächendaten** im Maßstab 1 : 50 000 stehen nach einer umfangreichen Überarbeitung nun in einer aktualisierten Version, auch zur kostenfreien Nutzung in Form von Diensten, zur Verfügung.

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

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

## Lössboden - Boden des Jahres 2021

LENA JEDMOWSKI\*

Der Lössboden ist Boden des Jahres 2021. Löss ist ein eiszeitliches, vom Wind verlagertes, feinkörniges Sediment, das sich vor allem in Senken- und Beckenlagen bis zu mehreren Metern mächtig ablagern konnte. Große Lössgebiete in Hessen sind die Bergstraße und das Reinheimer Hügelland, der Rheingau, das Main-Taunus-Vorland, die Wetterau, das Limburger sowie das Amöneburger Becken und die Westhessische Senke (Abb. 2).

Aus Löss sind leicht zu bearbeitende Böden mit hoher Fruchtbarkeit entstanden, die auch ein wichtiger Filter und Puffer im Wasserkreislauf sind: In einem Kubikmeter Lössboden lassen sich bis zu 400 Liter Wasser speichern – das sind mehr als drei gefüllte Badewannen.

Lössböden haben häufig eine lange Nutzungsgeschichte, da sie schon den frühen Ackerbauern ideale Bedingungen boten. Die lange und intensive landwirtschaftliche Nutzung der Lössböden blieb allerdings nicht ohne Folgen, denn sie sind anfällig für Erosion. Viele Lössböden sind so stark abgetragen, dass nur noch Reste der ursprünglichen Bodenbildung übrig sind. Abbildung 1 zeigt das für erodierte Lössböden typische Profil einer Pararendzina in Hessen.

Die Erzeugung von Nahrungsmitteln auf Lössböden steht in starker Konkurrenz zu anderen Flächennutzungen. Die frühe und mittlerweile auch intensive Besiedlung der Lössgebiete bringt einen starken Bedarf an Infrastruktur und Bebauung mit sich. Lössböden werden vielerorts versiegelt und überbaut – die wertvollen Böden gehen dadurch unwiderruflich verloren.

Interessantes zu Lössböden in Hessen:

- Flyer zum Boden des Jahres 2021 – Lössboden: [https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/boden/boden-infos/Boden\\_des\\_Jahres/Boden\\_des\\_Jahres\\_2021\\_Loessboden.pdf](https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/boden/boden-infos/Boden_des_Jahres/Boden_des_Jahres_2021_Loessboden.pdf) oder als gedrucktes Exemplar erhältlich.
- Bodeninformationsstationen Gladbacherhof, Aumenau und Domäne Mechtildshausen: [www.hlnug.de/themen/boden/erleben/bodeninformationsstationen](http://www.hlnug.de/themen/boden/erleben/bodeninformationsstationen)
- Bodenwandausstellung des HLNUG, insbesondere der Bodenquader „Löss mit Tuffband“: [www.hlnug.de/themen/boden/erleben/infomaterial-und-publikationen/bodenwandausstellung](http://www.hlnug.de/themen/boden/erleben/infomaterial-und-publikationen/bodenwandausstellung)
- Informationsblatt „Die Schwarzerde – Boden des Jahres 2005“: [https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/boden/boden-infos/BJ\\_2005\\_EndfassungSchwarzerde.pdf](https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/boden/boden-infos/BJ_2005_EndfassungSchwarzerde.pdf)

Weitere Informationen zum Boden des Jahres:

- Kuratorium Boden des Jahres: <https://boden-des-jahres.de/>
- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe: [https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Boden/Bodenbewusstsein/Boden\\_des\\_Jahres/Boden\\_des\\_Jahres\\_2021.html](https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Boden/Bodenbewusstsein/Boden_des_Jahres/Boden_des_Jahres_2021.html)
- Festveranstaltung zum Weltbodentag 2020 mit Vorstellung des Lössbodens als Boden des Jahres: [https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Boden/Bodenbewusstsein/Boden\\_des\\_Jahres/Boden\\_des\\_Jahres\\_2021-Festveranstaltung.html](https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Boden/Bodenbewusstsein/Boden_des_Jahres/Boden_des_Jahres_2021-Festveranstaltung.html) mit Laudatio von Prof. Dr. Tamás Harrach (Gießen): „Der Lössboden: Was macht ihn zum besten Ackerstandort? Dynamik der Bodenqualität während der Nutzungsgeschichte“: <https://www.youtube.com/watch?v=nn-xiptCjm8>
- Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft: <https://www.dbges.de/de/boden-des-jahres>
- Bundesverband Boden: <https://www.bvboden.de/aktuelles/boden-des-jahres>
- Umweltbundesamt: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/loessboden-ist-boden-des-jahres-2021>





**Abb. 1:** Pararendzina aus Löss © HLNUG



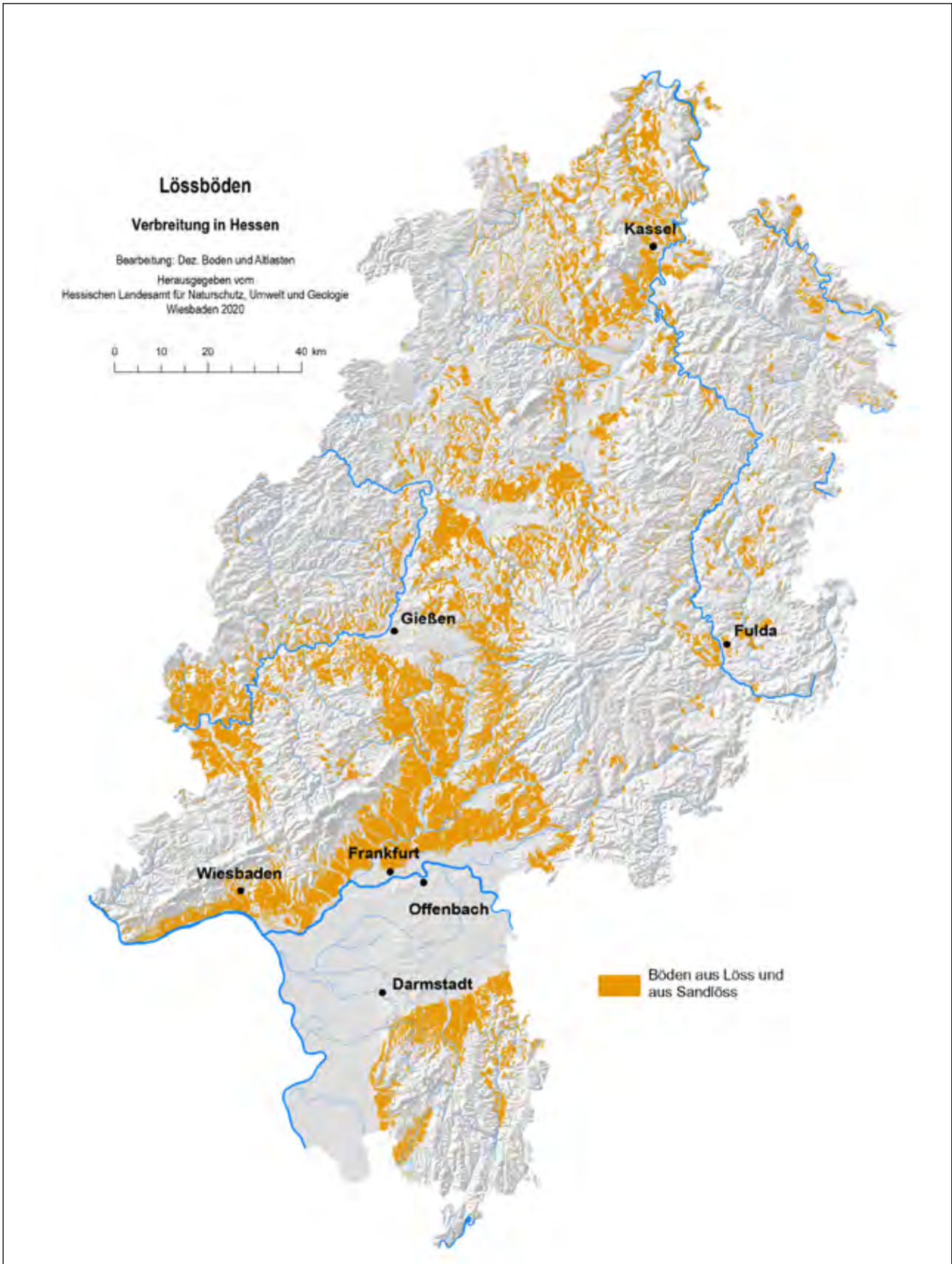


Abb. 2: Karte der Lössböden in Hessen © HLNUG



## Die Rolle des HLNUG bei der Gefahrenabwehr von Bodenerosion durch Wasser

FABIAN ACHTEN\*

Bodenerosion stellt weltweit eine der größten Bedrohungen für die Böden dar. Durch Wind oder Wasser ausgelöste Erosionsprozesse führen zu Verlusten von fruchtbarem Bodenmaterial, wodurch auch die für Menschen existenzielle Lebensgrundlage schwindet. Auf den Erosionsflächen (on-site) führt der Verlust des Bodenmaterials u. a. zu einer Abnahme an organischer Substanz und Nährstoffen sowie zu einer Verminderung der Bodenmächtigkeit, was den unwiederbringlichen Verlust von Bodenfunktionen und der natürlichen Bodenfruchtbarkeit bedeuten kann. Abseits der Erosionsflächen (off-site) können Trübstoffe oder unerwünschte

Nährstoffe in Gewässer gelangen und die dortige ökologische Qualität beeinträchtigen. Zusätzlich kann es beim erosionsbedingten Bodeneintrag in angrenzende Flächen auch zu Sach- und Personenschäden kommen. Dem Aspekt des Erosionsschutzes kommt daher in Deutschland auch gesetzlich eine wichtige Bedeutung zu. Erhebliche Bodenabträge durch Erosion werden als eine „schädliche Bodenveränderung“ nach dem Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) angesehen, die es abzuwehren gilt. Bei Erosionsfällen, die den Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung aufweisen, kann gemäß § 8 der Bundes-Bodenschutz- und Alt-



**Abb. 1:** Erosionsrinne auf einer Ackerfläche in der Wetterau als Folge von Bodenabschwemmungen bei einem Starkregenereignis  
© HLNUG



lastenverordnung (BBodSchV) ein Verfahren zur „Gefahrenabwehr von schädlichen Bodenveränderungen aufgrund von Bodenerosion durch Wasser“ eingeleitet werden. Für den Vollzug der Gefahrenabwehr bei Bodenerosion sind in Hessen die Regierungspräsidien als obere Bodenschutzbehörden zuständig.

Vor dem Hintergrund einer deutlichen Zunahme massiver Bodenerosion infolge von Starkregenereignissen in Hessen wurde mit Erlass vom 30. November 2020 vom Hessischen Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUKLV) ein Ablaufschema entwickelt, welches die gesetzlich festgelegten Inhalte und Abläufe nach § 8 und Anhang 4 der BBodSchV konkretisiert und somit Hilfestellung für einen rechtssicheren Vollzug der Verfahren geben soll. Das Ablaufschema steht unter folgendem Link zum Download zur Verfügung: [https://umwelt.hessen.de/sites/umwelt.hessen.de/files/2021-10/verfahrensablauf\\_zur\\_gefahrenabwehr\\_bei\\_bodenerosion.pdf](https://umwelt.hessen.de/sites/umwelt.hessen.de/files/2021-10/verfahrensablauf_zur_gefahrenabwehr_bei_bodenerosion.pdf).

[de/files/2021-10/verfahrensablauf\\_zur\\_gefahrenabwehr\\_bei\\_bodenerosion.pdf](https://umwelt.hessen.de/sites/umwelt.hessen.de/files/2021-10/verfahrensablauf_zur_gefahrenabwehr_bei_bodenerosion.pdf).

Bei Fachfragen, die sich im Zusammenhang mit den Verfahren zur Gefahrenabwehr bei Bodenerosion ergeben, kann das Dezernat Boden und Altlasten des HLNUG unterstützen. Insbesondere kann durch das HLNUG eine orientierende Untersuchung durchgeführt werden, welche den Anfangsverdacht einer schädlichen Bodenveränderung aufgrund von Bodenerosion ausräumen oder bestätigen soll, sodass im Weiteren ein Verfahren zur Gefahrenabwehr von den oberen Bodenschutzbehörden eingeleitet werden kann. Von dem Vorliegen einer schädlichen Bodenveränderung ist insbesondere dann auszugehen, wenn durch Oberflächenabfluss erhebliche Mengen Bodenmaterial aus einer Erosionsfläche geschwemmt wurden und weitere Bodenabträge dieser Art zu erwarten sind. In diesem Sinne gilt es, im Rahmen der orientierenden Untersuchung festzustellen, auf



**Abb. 2:** Luftbildaufnahme von Erosionsschäden auf einer Ackerfläche in der Wetterau mittels eines Quadropters © HLNUG

welche Erosionsfläche die Bodenabschwemmungen zurückgeführt werden können, ob eine erhebliche Menge Bodenmaterial abgeschwemmt wurde und ob weitere Bodenabträge zu erwarten sind.

Zur Beurteilung dieser Kriterien wird zunächst die Schadens- sowie die Bewirtschaftungssituation auf den betroffenen Flächen durch das HLNUG erfasst. Dazu wird vor Ort eine Erosionskartierung vorgenommen, bei der alle relevanten Hinweise im Zusammenhang mit dem zu beurteilenden Erosionsereignis aufgenommen werden. Hierzu zählen beispielsweise sichtbare Erosionsformen oder Übertrittsstellen von Bodenmaterial. Ziel ist letztlich eine Beschreibung, Dokumentation und Quantifizierung sämtlicher Erosionsschäden auf den Erosionsflächen. Die Erosionskartierung wird mitunter durch Aufnahmen von Luftbildern mittels eines Quadropters unterstützt (vgl. Abb. 2). Neben der Erfassung der Erosionsschäden wird die Bewirtschaftungssituation der betroffenen Flächen beschrieben und bewertet. Aus den Ergebnissen dieser Erfassung vor Ort lassen sich unter Zuhilfenahme von hydrologischen Abflussmodellierungen und Erosionsmodellen, wie dem vom HLNUG bereitgestellten Bodenerosionsatlas Hessen, die Ursachen der Erosionsschäden ermitteln, damit letztlich geeignete Maßnahmenempfehlungen für die Gefahrenabwehr zukünftiger Erosionsereignisse abgeleitet werden können.

Zur Beurteilung, ob erhebliche Mengen Bodenmaterial abgetragen wurden, werden anschließend einzelfallbezogen die Auswirkungen der erfassten

Abtragsmengen auf die standorttypischen Bodenfunktionen betrachtet. Als Indikatoren dienen hierbei beispielsweise die erosionsbedingten Verluste an organischer Substanz oder der Feldkapazität auf den betroffenen Flächen. Von einer Erheblichkeit der Abträge ist auszugehen, sofern deren Auswirkungen zu nachhaltigen Beeinträchtigungen der Bodenfunktionen führten oder durch Off-Site-Schäden erhebliche Nachteile oder Belästigungen für Einzelne oder die Allgemeinheit entstanden sind.

Ferner wird überprüft, ob innerhalb der nächsten zehn Jahre mit hinreichendem Verdacht mit einem erneuten Bodenabtrag zu rechnen ist. Dieses Kriterium gilt als erfüllt, wenn aus der Analyse der Niederschlagsituation zum Zeitpunkt des Erosionsereignisses eine Wiederkehrwahrscheinlichkeit eines vergleichbaren Ereignisses innerhalb von zehn Jahren abgeleitet werden kann oder bereits mindestens ein weiteres erhebliches Erosionsereignis in den vergangenen zehn Jahren auf derselben Fläche stattgefunden hat.

Die Ergebnisse der orientierenden Untersuchung werden abschließend in Bodenschutz-Fachgutachten dokumentiert. Diese dienen den oberen Bodenschutzbehörden im weiteren Verfahrensablauf als fachliche Beurteilungsgrundlage. Dem HLNUG kommen in der Rolle als wissenschaftliche Fachbehörde bei Verfahren der Gefahrenabwehr von Bodenerosion somit die Aufgaben der Schadenserfassung und -beurteilung, der Ursachenermittlung und der Maßnahmenempfehlung zu.



# Auch in Hessen: Mikroplastik in Böden! Laufende Untersuchung der Plastikgehalte in den Auenböden von Lahn und Nidda

COLLIN J. WEBER\*

## 1 Mikroplastik: Nicht nur ein Problem der Weltmeere

Die Umweltverschmutzung durch Plastik sowie mögliche ökologischen Folgen sind heute einer breiten Öffentlichkeit bekannt. Bilder von Müllteppichen an Stränden oder den sogenannten Plastikstrudeln des Atlantiks sind in den Medien immer öfter zu sehen. In den vergangenen Jahrzehnten zeigte sich allerdings, dass Mikroplastik auch in Flüssen und Seen oder sogar entlegenen Bergregionen nachweisbar ist. Da es sich bei Plastikrückständen in der Umwelt immer um (Plastik-)„Partikel“ handelt, werden diese nach ihrer Größe zumeist als Makro- (> 25 mm), Meso- (> 5 mm), Mikro- (5 mm bis 1 µm) und Nanoplastik (< 1 µm) unterteilt [1]. Es handelt sich dabei immer um rein menschlich erzeugte Kunststoffe, sogenannte Polymere, wie beispielsweise Polyethylen (PE), die heutzutage aus unserem Alltag nicht mehr wegzudenken sind. Die globale Kunststoffproduktion hat seit den 1960er Jahren um das Zwanzigfache zugenommen (311 Milliarden t in 2014) [2]. Mit dieser Zunahme

gelangt seit nun über 60 Jahren auch zunehmend mehr Kunststoff in die Umwelt. Plastikpartikel können dabei beispielsweise durch das achtlose Wegwerfen von Müll (sogenanntes „Littering“) oder Abwasser (bspw. Bekleidungsfasern) in die Umwelt gelangen. Durch die Eigenschaften der Polymere werden größere Plastikpartikel mit der Zeit zerkleinert, was dazu führt, dass zunehmend mehr Mikro- oder Nanoplastik in den Umweltmedien Wasser, Luft und Boden nachweisbar ist. Nachweise von Mikroplastikpartikeln in Pflanzen und Tieren, Trinkwasser und sogar im Menschen selbst (bspw. in menschlichen Plazentas) in Verbindung mit möglichen Gefahren durch die Aufnahme dieser Fremdkörper sollten aufhorchen lassen [3]. Insbesondere die potenziellen Gefahren durch Mikroplastik für Ökosysteme, aber auch uns Menschen selbst, macht eine genaue Betrachtung von Mikroplastik in Böden notwendig, da nicht zuletzt 95 % der globalen Nahrungsmittel direkt oder indirekt auf Böden produziert werden [4].

### 1.1 Mikroplastik in (Auen-)Böden

Innerhalb des jungen Forschungsfeldes, welches sich mit Plastik in der Umwelt beschäftigt, stellen die Böden ein Umweltmedium dar, welches erst seit wenigen Jahren in den Fokus gerückt ist. Dieses neue Forschungsfeld verlangt zunächst die Entwicklung neuer Analysemethoden und Untersuchungsansätze, um Plastik in Böden überhaupt finden zu können und eine repräsentative Beprobung von Böden zu ermöglichen. Inzwischen konnte weltweit Mikroplastik in landwirtschaftlich genutzten Böden und Gartenböden, aber auch in Auenböden [5, 6, 7] nachgewiesen werden. Auenböden, bekannt als Landschaftsarchive durch ihre Entstehung in Folge von Sedimentablagerungen bei Hochwässern, aber auch ihre verbreitete Nutzung als landwirtschaftlicher Standort, sind für die Untersuchung von Plastikgehalten besonders interes-

sant. Versucht man die globalen Prozesse, welche zu einer Verbreitung und Verteilung von Plastik innerhalb der Umwelt beitragen, zu erfassen, rücken Flüsse und Flusssysteme als potenzielle Transportrouten in den Fokus. Es stellt sich die Frage, wie das Plastik in die Weltmeere gelangt, da nur ein Bruchteil der globalen Plastikproduktion und Nutzung im direkten Umfeld der Meere stattfindet. Inzwischen hat sich gezeigt, dass vor allem Flüsse, welche immer von (Fluss-)Auen und ihren Böden umgeben sind, einen erheblichen Anteil an dem Transport von Plastik haben. Diese Feststellung wirft unter anderem die Frage auf, welche Rolle Auenböden als mögliche Senken für Plastikpartikel spielen, da auch die Senkenfunktion von Auenböden für Nährstoffe wie auch Schadstoffe (bspw. Schwermetalle) bekannt ist.

Das Projekt „Microplastic in floodplain soils“ (Mikroplastik in Auenböden), welches am Fachbereich Geographie der Philipps-Universität Marburg angegliedert ist und seitens des HLNUG unterstützt wird, stellt sich seit 2019 diesen und anderen Fragen am Beispiel hessischer Auenböden an Lahn und Nidda. Ziel des Projekts ist es dabei, einen neuen, räumlich prozessorientierten Untersuchungsansatz zu entwickeln, um die räumlichen Dynamiken von

Mikroplastik und möglichen Zusammenhängen mit Schwermetallen zu verstehen. Mit Hilfe dieses räumlichen Untersuchungsansatzes, welcher verschiedene Bereiche der Flussauen und unterschiedliche Auenböden erfasst, sowie dem Einsatz verschiedener Analysemethoden zur Mikroplastikdetektion und Erfassung verschiedener Bodenparameter, konnten erste Nachweise von Mikroplastik in hessischen Auenböden erbracht werden.



**Abb. 1:** Überflutete Lahnaue und Mikroplastikpartikel. a: Lahnaue bei Roth während des Frühjahrhochwassers 2020, b: Polyethylen Bruchstück mit anhaftendem Feinboden, c: Polystyrol Partikel © Collin Weber

## 2 Mikroplastik in hessischen Auenböden

Neben ersten Ergebnissen auf konzeptioneller Ebene [8] liegen erste Ergebnisse zu Meso- und Mikroplastikgehalten aus einer systematischen Feldstudie im Auenbereich der Lahn vor. Innerhalb der Forschungsarbeiten wird zwischen Mesoplastik (> 5 mm), grobem Mikroplastik (5–2 mm) und größerem Mikroplastik (2–0,5 mm) unterschieden. Gehalte an Plastik werden in Anzahl der Partikel je kg Boden (Trockenmasse) angegeben. Für die drei Größenklassen konnten im Bereich der Lahnaue aus 12 Bodenprofilen an vier Untersuchungsstandorten mittlere Gehalte von 2,06 p/kg für Mesoplastik und grobes Mikroplastik sowie von 1,24 p/kg für Mikroplastik festgestellt werden. Deutlich unterscheiden sich hier die maximalen Gehalte, welche zwischen 5,37 p/kg (Mesoplastik), 8,59 p/kg (grobem Mikroplastik) und 13,54 p/kg (Mikroplastik) liegen. Im Vergleich mit anderen Stu-

dien scheinen diese Gehalte zunächst vergleichsweise gering, wobei dies nicht zuletzt auf die unterschiedlichen Untersuchungs- und Analysemethoden zurückzuführen ist, da genormte Analysemethoden bislang fehlen. Grundsätzlich sollte jedoch ebenfalls beachtet werden, dass es bei Plastikrückständen im Gegensatz zu vielen anderen Schadstoffen keine natürlichen Hintergrundgehalte gibt, da Kunststoffe nur durch den Menschen produziert werden und in die Umwelt gelangen können.

Die maximalen Gehalte treten unabhängig von Landnutzung und Bodentyp in den oberen 40 cm der Auenböden auf (Abb. 2). Allerdings konnten in Ufernähe ebenfalls grobe Mikroplastikpartikel bis zu einer Tiefe von 100 cm und Mikroplastikpartikel bis zu einer Tiefe von 150–200 cm nachgewiesen werden.

Hauptsächlich finden sich bekannte Polymertypen wie beispielsweise Polyethylen (PE), Polyamide (PA) oder verschiedene Harze. Diese entsprechen häufig verwendeten Kunststoffarten, welche sowohl in der Industrie oder Landwirtschaft als auch vor allem für Verpackungen im Alltag Verwendung finden.

Die meisten gefundenen Partikel sind stark degradiert oder verwittert, was auf eine längere Verweildauer im Boden oder in der Umwelt schließen lässt. Frische Partikel mit nichtdegradierten Oberflächen treten lediglich in landwirtschaftlich genutzten Oberböden auf, was auf einen stetigen Eintrag durch die Landwirtschaft schließen lässt. Die Auswertung der räumlichen Verteilung und der Einbezug von regionalen Sedimentationsraten (Raten der Flusssedimentablagerung in mittelhessischen Auen in Zentimetern pro Jahr) ergab, dass sowohl Plastikeinträge durch den Fluss (Hochwässer) als auch weitere diffuse Quellen (bspw. Müll, Landwirtschaft) zusammenwirken. Des Weiteren ist die Tiefenverteilung der Plastikpartikel nicht nur auf natürliche Ablagerungsprozesse, sondern wahrscheinlich ebenfalls auf vertikale Tiefenverlagerungen innerhalb der Böden für die

vergleichsweise großen Partikel zurückzuführen. Zusammenfassend lässt sich aus den bisherigen Ergebnissen festhalten, dass Plastikpartikel in Auenböden zwar weiter und tiefer verbreitet sind als bisher angenommen, jedoch räumlich sehr heterogen auftreten. Des Weiteren kann ein komplexes Zusammenspiel unterschiedlicher Plastikquellen in den Auenlandschaften angenommen werden [6].

Weitere, bisher unveröffentlichte und derzeit in Auswertung befindliche Ergebnisse zeigen, dass die räumlich heterogene Verteilung auch für kleinere Partikel im Größenbereich 2–0,5 mm besteht. Maxima finden sich vor allem in ufernahen Bereichen und wie bei den größeren Partikeln in Oberböden. Die Einbeziehung von Schwermetallanalysen und weiteren Bodendaten in Kombination mit ersten Datierungsergebnissen eines Sedimentkerns deuten an, dass Mikroplastik in den oberen 40 cm der Böden durch rezente Sedimentablagerungen seit den späten 1950er Jahren abgelagert wurde, allerdings nach dieser Ablagerung auch vertikal durch natürliche Prozesse (bspw. Bodentiere, Regenwasser, Grundwasser) in tiefere Bodenschichten gelangen konnte.

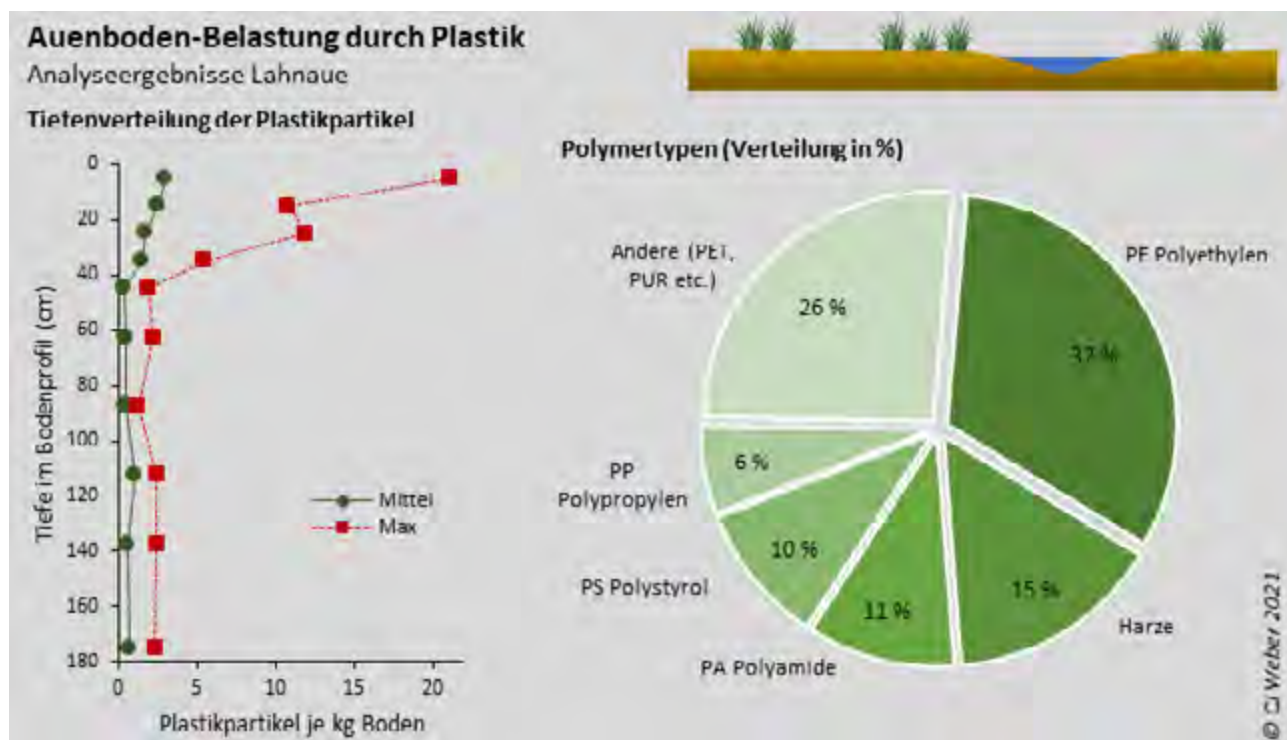


Abb. 2: Auenboden-Belastung durch Plastik: Auszüge aus den Analyseergebnissen im Bereich der Lahnaue © Collin Weber



### 3 Ausblick

Aus dem laufenden Projekt werden im Jahr 2021 weitere Veröffentlichungen erwartet. Des Weiteren wird die Analyse aus dem Auenbereich der Nidda im laufenden Jahr abgeschlossen. Daneben wurde die Problematik von Mikroplastik in Böden inzwischen auch von politischer Seite erkannt. Die Aufnahme von Mikroplastik als mögliche Bodenkontamina-

tion in die neue Bodenstrategie der Europäischen Kommission ist ein wichtiges Beispiel dafür. In den kommenden Jahren ist somit eine weitere Auseinandersetzung mit dem Themenkomplex Mikroplastik insbesondere für den Bodenschutz zu erwarten und dringend erforderlich!

### Literatur

- [1] ANDRADY, A.L. (2017): The plastic in microplastics: A review. *Marine Pollution Bulletin* 119 (1), 12–22. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2017.01.082.
- [2] Ellen MacArthur Foundation (2017): The new plastics economy: Rethinking the future of plastics & catalysing action. Cowes: Ellen MacArthur Foundation.
- [3] RILLIG, M.C., ZIERSCH, L., & HEMPEL, S. (2017): Microplastic transport in soil by earthworms. *Scientific Reports* 7 (1), 1362. DOI: 10.1038/s41598-017-01594-7.
- [4] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2015): Healthy soils are the basis for healthy food production. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- [5] SCHEURER, M. & BIGALKE, M. (2018): Microplastics in Swiss Floodplain Soils. *Environmental Science & Technology* 52 (6), 3591–3598. DOI: 10.1021/acs.est.7b06003.
- [6] WEBER, C.J. & OPP, C. (2020): Spatial patterns of mesoplastics and coarse microplastics in floodplain soils as resulting from land use and fluvial processes. *Environmental Pollution* 267, 115390. DOI: 10.1016/j.envpol.2020.115390.
- [7] LECHTHALER, S., ESSER, V., SCHÜTTRUMPF, H. & STAUCH, G. (2021): Why analysing microplastics in floodplains matters: application in a sedimentary context. *Environ. Sci.: Processes Impacts* 71, 299. DOI: 10.1039/DOEM00431F.
- [8] WEBER, C.J., WEIHRAUCH, C., OPP, C. & CHIFFLARD, P. (2020): Investigating microplastic dynamics in soils: Orientation for sampling strategies and sample pre-processing. *Land Degradation & Development* 32 (1), 270–284. DOI: 10.1002/ldr.3676.

## Zweite Ausbaustufe der Bodenflächendaten 1 : 50 000

LENA JEDMOWSKI, MATHIAS SCHMANKE\*

Die zweite Ausbaustufe der digitalen Bodenflächendaten im Maßstab 1 : 50 000 (BFD50) steht nach einer inhaltlichen und geometrischen Überarbeitung und einer Neuberechnung der Auswertungsthemen zur Verfügung. Damit geht eine größere Umstellung bezüglich der Datenbereitstellung einher. Statt einer Vielzahl vorkonfektionierter Produkte, wird der zukünftige Vertrieb fast ausschließlich über Dienste laufen.

Der Bedarf an bodenkundlichen Flächendaten bzw. Kartenwerken steigt seit vielen Jahren kontinuierlich an. Das Fachgebiet Bodenerhebung und Bodeninformation des Dezernates Boden und Altlasten im HLNUG erfasst Bodendaten, wertet diese aus und stellt die Ergebnisse in einem Informationssystem für Bürgerinnen und Bürger, Verwaltung und Facheinrichtungen zur Verfügung.

Für Fragestellungen in der Planung und Anwendung gewinnen neben der Bodenkarte in klassischer Form vor allem Aussagen zu den Boden- bzw. Standortfunktionen und -eigenschaften an Bedeutung. Die BFD50 geben einen hessenweiten Überblick über die Böden sowie ihre Eigenschaften und Funktionen. Der Maßstab eignet sich für eine Vielzahl von Fragestellungen in der regionalen Planung und Forschung.

Um die Nutzerinnen und Nutzer schnell und individuell bedienen zu können, wurden die BFD50 als allgemeine Bodenflächeninformationen im Rahmen des Fachinformationssystems Boden/Bodenschutz (FISBO) aufgebaut. Aus den Grundlegenden Daten können fachspezifische

Ableitungen in Form thematischer Auswertungen bereitgestellt werden. Hierzu zählen die Themen Bodenkarte, Nitratrückhaltevermögen, Ertragspotenzial, Standorttypisierung für die Biotopentwicklung, nutzbare Feldkapazität und Feldkapazität (Abb. 1).

Die Bodenflächendaten stehen als verschiedene Produkte zur Verfügung. Das HLNUG bietet die Fachthemen der BFD50 zur Ansicht im BodenViewer Hessen an. Das Thema „Bodenkarte von Hessen“ gibt es weiterhin als pdf-Datei oder als Ausdruck im Produkteshop. Sollen die Bodendaten mit Geo-Informationssystemen (GIS) weiterverarbeitet werden, so stehen zwei Datenformate zur Auswahl: WMS- oder WFS-Dienste. Letztere sind geeignet, Daten herunterzuladen und lokal weiterzuverarbeiten.

Zur kartografischen Umsetzung der gelieferten Daten werden für GIS-Anwendungen Zeichnungsgrundlagen bereitgestellt. Zurzeit stehen entsprechende Dateien für ArcGIS/ArcMap ab Version 10.4. zur Verfügung. Geplant ist eine Unterstützung von QGIS.



Abb. 1: Die verschiedenen Auswertungsthemen der BFD50 © HLNUG

### Wichtige Links

BodenViewer Hessen:

<http://bodenviewer.hessen.de/>

Produkteshop:

<https://shop.hlnug.de/vertrieb/karten.html>

WMS- und WFS-Dienste des HLNUG für den Themenbereich Boden:

<https://www.hlnug.de/themen/geografische-informationssysteme/geodienste/boden>

## Aufbringung von Bodenmaterial zur landwirtschaftlichen oder erwerbsgärtnerischen Bodenverbesserung

**KATRIN LÜGGER, THOMAS VORDERBRÜGGE\***

Die sogenannte „Landwirtschaftliche Bodenverbesserung“ hat das Ziel, Bodeneigenschaften zu verbessern und die Ertragsfähigkeit zu steigern. Hierzu gehörten früher vor allem technische Meliorationsmaßnahmen wie Drainagen oder Lockerungen. In jüngerer Zeit wird aber vor allem Bodenmaterial, welches zunehmend durch Baumaßnahmen anfällt, auf landwirtschaftlich genutzte Böden aufgetragen. Die Bodenverbesserung soll hier in erster Linie durch eine Vergrößerung des Wurzelraumes erfolgen.

Das Aufbringen von anfallendem Bodenaushub kleinerer, lokaler Baumaßnahmen auf die in der Gemarkung liegenden landwirtschaftlichen Nutzflächen hat eine lange Tradition. In jüngerer Zeit werden allerdings zunehmend größere Mengen, häufig mehrere

tausend Kubikmeter, auf landwirtschaftlich genutzte Böden aufgebracht. Hierbei werden die materiellen Vorgaben des Baugesetzbuches sowie des Bodenschutzrechts nicht immer berücksichtigt (Abb. 1). Auch führt die technische Umsetzung, z. B. durch Befahren des Bodens bei zu hoher Feuchtigkeit, oft zu massiven Schäden in den Böden.

Um hier dem Bodenschutzvollzug, der Landwirtschaft und den Bauunternehmern fachliche und rechtliche Unterstützung zur ordnungsgemäßen Umsetzung der gesetzlichen Vorgaben zu geben, wurde unter Federführung des HMUKLV von einem projektbegleitenden Arbeitskreis der hessischen Umweltverwaltung unter Mitarbeit des HLNUG die Arbeitshilfe „Aufbringung von Bodenmaterial



**Abb. 1:** Aufbringung von Bodenmaterial mit zu hohem Steingehalt und zu geringem Humusgehalt © HLNUG



zur landwirtschaftlichen oder erwerbsgärtnerischen Bodenverbesserung“ erstellt: [https://umwelt.hessen.de/sites/umwelt.hessen.de/files/2021-10/arbeitshilfe\\_bodenverbesserung.pdf](https://umwelt.hessen.de/sites/umwelt.hessen.de/files/2021-10/arbeitshilfe_bodenverbesserung.pdf). Sie soll den Behörden aus den Bereichen Bau, Bodenschutz, Landwirtschaft, Naturschutz, Gewässerschutz und Abfallwirtschaft sowie den Vorhabensträgern, die Material auf Böden aufbringen wollen, Hilfestellung geben und Sicherheit bei der komplexen Zulässigkeitsprüfung schaffen.

Die Arbeitshilfe definiert eingangs verschiedene Aufbringungsmaßnahmen und gibt Hinweise zu Anzeige, Genehmigung und Zulässigkeit. In einem separaten Kapitel werden die Anforderungen an einen Untersuchungsbericht zum Boden am Entnahmeort und am Aufbringungsort thematisiert. Praxisbezogene Checklisten mit Prüfkriterien für die verschiedenen Rechtsbereiche erleichtern die umfassende Prüfung der Genehmigungsfähigkeit bzw. Zulässigkeit

von Aufbringungsmaßnahmen. Ein Entscheidungsbaum zum Verfahrensablauf gibt dabei einen Überblick über Akteure, Verfahrens- und Prüfschritte sowie den Einsatz dieser Checklisten.

Verantwortlich für die ordnungsgemäße Durchführung einer Aufbringungsmaßnahme ist grundsätzlich die Vorhabenträgerin oder der Vorhabenträger (i. d. R. Eigentümer, Pächter oder Nutzer des Grundstücks), der diese vornimmt oder veranlasst. Der Anhang der Arbeitshilfe enthält Merkblätter, die die fachlichen und gesetzlichen Anforderungen für den Vorhabenträger erläutern und die im Verfahren erforderlichen Unterlagen auflisten.

Die Arbeitshilfe strukturiert somit den Ablauf einzelner Maßnahmen und erleichtert allen Beteiligten eine sachgerechte und rechtskonforme Aufbringung von Bodenmaterial auf landwirtschaftlich und erwerbsgärtnerisch genutzten Flächen (Abb. 2).



**Abb. 2:** Auf landwirtschaftlicher Fläche ordnungsgemäß aufgebracht Bodenmaterial © HLNUG

# Thermische Boden- und Grundwassersanierung - Beispiele aus Südhessen

MICHAEL WOLF\*

## 1 Einleitung

Nach Feststellung einer schädlichen Bodenveränderung erfolgt idealerweise eine Sanierung oder Sicherung des Schadens. Hierbei nimmt man sich schwerpunktmäßig den Quellbereich vor. Viele Schadensfälle sind auf Havarien mit flüssigen und flüchtigen organischen Schadstoffen zurückzuführen. Ist ein Bodenaushub aus wirtschaftlichen oder auch immissionsschutzrechtlichen Gründen nicht darstellbar, erfolgt i. d. R. eine konventionelle Sanierung mittels Bodenluftabsaugung und/oder Pump&Treat-Maßnahme.

Wegen der chemisch-physikalischen Eigenschaften, insbesondere der leichtflüchtigen halogenierten

Kohlenwasserstoffe (LHKW), dauern konventionelle Grundwasser- und Bodenluftsanierungen viele Jahre an. Hier macht es Sinn, eine Neubewertung der Sanierungsmaßnahme und der realisierbaren Sanierungsziele durchzuführen. Interessant sind die sogenannten innovativen Verfahren, bei denen biologisch, chemisch oder physikalisch auf Boden und Grundwasser eingewirkt wird. Ein physikalisches Verfahren ist die thermische In-Situ-Sanierung (TISS).

Nachfolgend werden die verschiedenen Methoden der TISS erläutert und die genehmigungsrechtlichen Aspekte beleuchtet. Abschließend werden drei Fallbeispiele aus Südhessen vorgestellt.

## 2 Thermische In-Situ-Sanierung (TISS)

Der Einsatzbereich der TISS liegt bei leicht- bis mittelflüchtigen DNAPL und LNAPL<sup>1</sup>.

TISS-Verfahren werden in der Regel nur dort eingesetzt, wo man mit konventionellen Verfahren an die Grenzen der Machbarkeit gestoßen ist. Es handelt sich also um Standorte mit hoher Quellstärke (Quellbereich) [1]. Wegen der aufwendigen Installationen sind diese Methoden für die Sanierung langer Abstromfahnen eher ungeeignet.

Charakteristisch für TISS ist das Einbringen von Wärmeenergie in den Untergrund. Der Dampfdruck der Schadstoffe steigt und es sinken die Oberflächenspannung, Viskosität und Dichte, so dass die leichtflüchtigen Schadstoffe bevorzugt in die Gasphase übergehen. Sie werden mit Hilfe einer Bodenluftabsaugung entfernt. Es gibt verschiedene Verfahren [2] (Abb. 1):

1 DNAPL (dense non aqueous phase liquid) = wasserunlösliche organische Flüssigkeit mit einer größeren Dichte als Wasser ( $\rho > 1$ ), z. B. LHKW; LNAPL (light non aqueous phase liquids) = wasserunlösliche organische Flüssigkeit mit einer kleineren Dichte als Wasser ( $\rho < 1$ ), aufschwimmend, z. B. Benzin

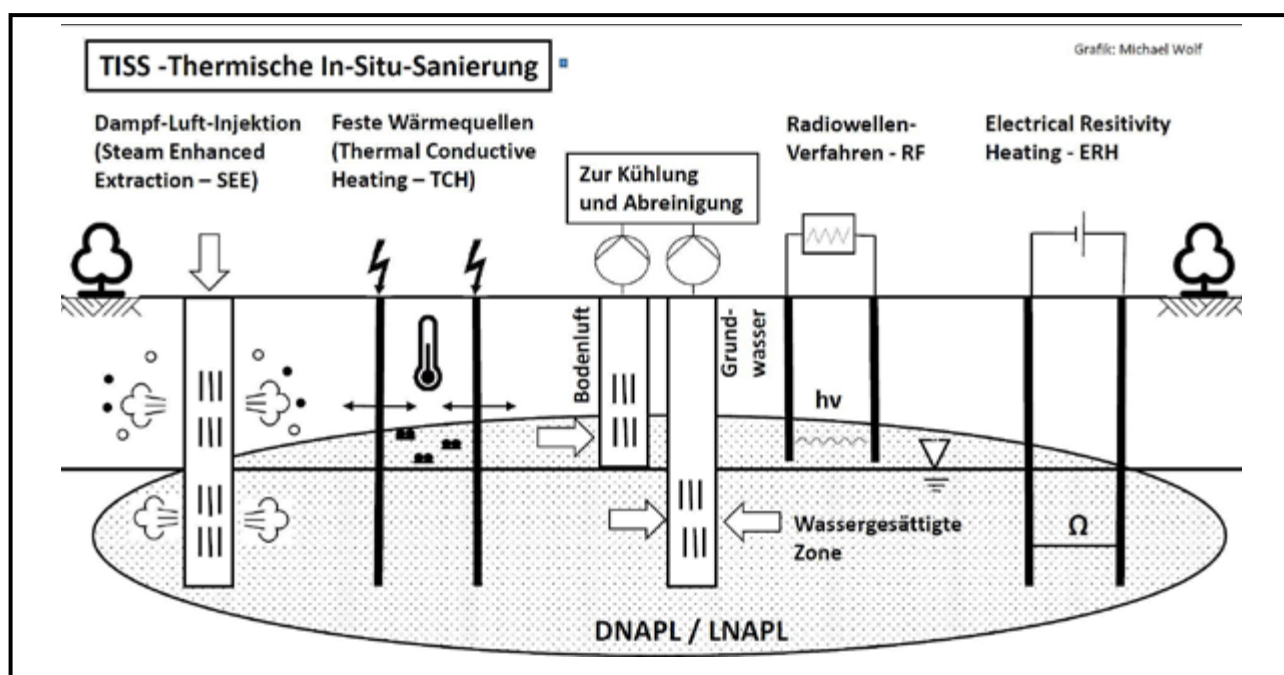


Abb. 1: Thermische In-Situ-Sanierung – Verfahren (Kap. 2.1–2.4) © Michael Wolf

## 2.1 Dampf-Luft-Injektion (Steam Enhanced Extraction - SEE)

### Prinzip: Konvektiver Wärmeeintrag

Ein Dampf-Luftgemisch (bis 180 °C im Dampfkessel) wird in den Boden eingetragen. Grundwasser wird zum Teil verdrängt. Die Dampf-Luft-Injektion ist an eine hinreichende Durchlässigkeit des Untergrundes gebunden (z. B. Sande, Kiese). Die Dampfausbreitung erfolgt konvektiv in den besser durchlässigen Schichten.

ten. Bindige Schichten geringer Mächtigkeit werden dabei konduktiv erwärmt. In der gesättigten Zone strömt der Dampf bedingt durch den Auftrieb nach oben. Der Dampf kondensiert an der kalten Bodenmatrix und gibt seine Wärme so lange an den Boden ab, bis dieser die Dampftemperatur erreicht hat.

## 2.2 Feste Wärmequellen (Thermal Conductive Heating - TCH)

### Prinzip: Konduktive Erwärmung des Bodens (Wärmeleitung)

Elektrisch oder mittels Heißluft betriebene feste Wärmequellen (Heiz-Lanzen) werden im Abstand von 3–5 m in den gesättigten/ungesättigten Boden eingebaut. Sie können auf 500–800 °C erhitzt werden. Mit zunehmender Entfernung zu den Lanzen

sinkt die Temperatur. Die Heterogenität des Bodens ist dabei von untergeordneter Bedeutung, da die Wärmeleitung unterschiedlicher Böden im Gegensatz zur Durchlässigkeit nur verhältnismäßig gering variiert.

## 2.3 Radiowellen-Verfahren (RF)

### Prinzip: Dielektrisch, ähnlich dem Mikrowellenofen.

Es werden Elektroden mit Dreiecksanordnung in den Boden eingebaut. Mit Radiowellen werden bevorzugt polare Moleküle angeregt, also zumeist Wasser. Es können Temperaturen von über 100 °C erreicht

werden, so dass auch nicht polare Schadstoffe mobilisiert werden. Für den Einsatz in der wassergesättigten Zone ist die Methode eher ungeeignet.



## 2.4 Electrical Resistivity Heating (ERH)

### Prinzip: Erwärmung durch ohmschen Widerstand.

Metall-Elektroden aus Stahl oder Kupfer werden in den Boden eingebracht und eine elektrische Spannung angelegt. Der Elektronenfluss sucht sich den Weg des geringsten Widerstandes, das sind zumeist Bereiche mit einem hohen Wassergehalt. Der Boden

erwärmt sich nach dem gleichen Prinzip wie der Glühfaden in der Glühbirne. Ist das erhitzte Bodenwasser verdampft, sucht sich der Strom einen anderen Weg. Sandböden sind wegen ihrer geringen Leitfähigkeit eher ungeeignet.

## 2.5 Energieeffizienz der TISS-Verfahren

Die TISS-Verfahren sind nur auf den ersten Blick energieintensiv, was aber grundsätzlich für fast jede aktive Sanierungsmaßnahme gilt. Eine LUA-NRW-Arbeitshilfe [3] führt hierzu aus:

*„Bis zu einem spezifischen Energieverbrauch (SE) von etwa 1 000 kWh/kg LCKW kann eine Bodenluftsanierung als effizient bezeichnet werden [...], ab einem spezifischen Energiebedarf von etwa 2 000 kWh/kg LCKW ist der (Weiter-)Betrieb einer Bodenluftsanierungsmaßnahme [...] nicht mehr empfehlenswert.“*

Bei einem Pilotierungsversuch mit dem TCH-Verfahren wurden mit 21 500 kWh Hilfsenergie rd. 19 kg LHKW ausgetragen, das sind rund 1 130 kWh/kg.

Der Versuch begann für einige Tage mit kalter Bodenluftabsaugung mit einem spezifischen Energieverbrauch (SE) von 12 500 kWh/kg für diesen Zeitraum. Der Strombedarf der Absauganlagen lag für die gesamte Versuchsdauer bei knapp 7 500 kWh, somit bei etwa einem Drittel des Gesamtstrombedarfs.

Folglich ist der Energiebedarf der Seitenkanalverdichter oder Vakuumpumpen erheblich. Bei Anwendung von TISS steigt der Schadstoffaustrag durch die eingebrachte Wärmeenergie um ein Vielfaches. Somit ist TISS i. d. R. energieeffizienter als die kalte Bodenluftabsaugung, da die Pumpen-Laufzeiten bei Anwendung von TISS auf einen Bruchteil reduziert werden.

## 3 Genehmigungsrechtliche Aspekte

Vor und während der Durchführung einer thermische In-Situ-Sanierung sind eine Reihe von genehmigungsrechtlichen Aspekten zu beachten.

### 3.1 Eingriff Grundwasser

Wie bei der Nutzung von Geothermie dringt man bei dieser Sanierungstechnologie mit „Bauwerken“ in das Grundwasser ein. Das Grundwasser erfährt eine physikalische Veränderung, die viel erheblicher ist als bei der Geothermie: Das Bodenwasser wird

fast zum Sieden gebracht, was auf den ersten Blick dem § 48 Wasserhaushaltsgesetz (WHG) [4]<sup>2</sup> widerspricht. Da die Maßnahme aber der Gefahrenabwehr dient, wiegt der Nutzen durch die Erwärmung mehr als der Schaden; es greift hier der § 8 (2) WHG<sup>3</sup>.

2 § 48 WHG – Reinhaltung des Grundwassers – (1) Eine Erlaubnis für das Einbringen und Einleiten von Stoffen in das Grundwasser darf nur erteilt werden, wenn eine nachteilige Veränderung der Wasserbeschaffenheit nicht zu besorgen ist...

3 § 8 WHG – Erlaubnis, Bewilligung – (2) Keiner Erlaubnis oder Bewilligung bedürfen Gewässerbenutzungen, die der Abwehr einer gegenwärtigen Gefahr für die öffentliche Sicherheit dienen, sofern der drohende Schaden schwerer wiegt als die mit der Benutzung verbundenen nachteiligen Veränderungen von Gewässereigenschaften. Die zuständige Behörde ist unverzüglich über die Benutzung zu unterrichten.

### 3.2 Bohraufschlüsse

Es entstehen viele Bohraufschlüsse für Heizanlagen oder Elektroden, für Bodenluftabsaugpegel und zur Kontrolle auch Grundwassermessstellen.

(Grundwasser-)Bohrungen Dritter sind gemäß § 8 Geologiedatengesetz (GeolDG) [5]<sup>4</sup> anmeldepflichtig, üblicherweise bei den Geologischen Diensten der Länder (Hessen: Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie). Diese prüfen die Anmeldungen und fordern bei Bedarf Proben oder Schichten-

verzeichnisse vom Betreiber bzw. den zuständigen Bohrfirmen zur eigenen Bearbeitung und Beschreibung an.

Eine Anzeige der Erdaufschlüsse nach § 49 WHG<sup>5</sup> erübrigt sich, wenn die verfahrensführende Behörde gleichzeitig die zuständige Wasserbehörde ist, wie das zum Beispiel bei der oberen Wasser- und Bodenschutzbehörde in Hessen der Fall ist.

### 3.3 Abfall

Der Sanierungspflichtige wird Erzeuger der durch den Bohrvortrieb entstehenden Abfälle im Sinne von § 3 (8) Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) [6]<sup>6</sup>. Wegen der möglichen Ausgasungen ist das Bohrgut direkt in abgedeckte Transportcontainer zu überführen

und unmittelbar nach Abschluss der Bohrarbeiten in eine für die Entsorgung dieses Abfalls zugelassene Anlage abzufahren. Die verfahrensführende Behörde bindet i. d. R. die zuständige Abfallbehörde im Vorfeld des Verfahrens ein.

### 3.4 Arbeitsschutz

Durch die Vielzahl an bodennahen Bauwerken, Rohrleitungen und Kabeln entstehen im Sanierungsfeld Stolperfallen. In Abhängigkeit des gewählten Verfahrens kommt es zur Ausbildung von elektrischen und magnetischen Feldern. Durch den Sanierungspflichtigen ist eine Beurteilung der Arbeitsbe-

dingungen nach § 5 Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) [7]<sup>7</sup> durchzuführen und die notwendigen Schutzmaßnahmen festzulegen. Ein Arbeitsschutzplan ist aufzustellen. Die verfahrensführende Behörde bindet i. d. R. die zuständige Arbeitsschutzbehörde im Vorfeld des Verfahrens ein.

### 3.5 Immissionsschutz

Die abgesaugte Bodenluft enthält flüchtige Schadstoffe, wie LHKW, BTEX und MKW. Diese dürfen nicht ungefiltert in die Atmosphäre entlassen werden. Die Anforderungen an die Luftreinhaltung ergeben sich aus dem Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) [8] in Verbindung mit der Technischen Anleitung zur

Reinhaltung der Luft (TA Luft) [9]. Die Abreinigung erfolgt i. d. R. über Aktivkohle. Auch eine katalytische Nachverbrennung/Oxidation oder andere Verfahren sind denkbar.

- 
- 4 § 8 GeolDG - Anzeige geologischer Untersuchungen und Übermittlung von Nachweisdaten an die zuständige Behörde - Spätestens zwei Wochen vor Beginn einer geologischen Untersuchung haben die nach § 14 Satz 1 Nummer 1, 2 und 3 verpflichteten Personen die geologische Untersuchung der zuständigen Behörde unaufgefordert anzuzeigen, unbeschadet der für die Untersuchung einschlägigen Vorschriften anderer Gesetze.
- 5 § 49 WHG - Erdaufschlüsse - (1) Arbeiten, die so tief in den Boden eindringen, dass sie sich unmittelbar oder mittelbar auf die Bewegung, die Höhe oder die Beschaffenheit des Grundwassers auswirken können, sind der zuständigen Behörde einen Monat vor Beginn der Arbeiten anzuzeigen.
- 6 § 3 KrWG - Begriffsbestimmungen - [...] (8) Erzeuger von Abfällen im Sinne dieses Gesetzes ist jede natürliche oder juristische Person - 1. durch deren Tätigkeit Abfälle anfallen (Ersterzeuger) oder - 2. die Vorbehandlungen, Mischungen oder sonstige Behandlungen vornimmt, die eine Veränderung der Beschaffenheit oder der Zusammensetzung dieser Abfälle bewirken (Zweiterzeuger).
- 7 § 5 ArbSchG - Beurteilung der Arbeitsbedingungen - (1) Der Arbeitgeber hat durch eine Beurteilung der für die Beschäftigten mit ihrer Arbeit verbundenen Gefährdung zu ermitteln, welche Maßnahmen des Arbeitsschutzes erforderlich sind [...].

Die verfahrensführende Behörde bindet die zuständige Immissionsschutzbehörde im Vorfeld des Verfahrens ein. Wegen der stark schwankenden Schadstoffkonzentrationen bei der Anwendung der thermischen Verfahren sollten Kontrollmessungen in kurzen Intervallen erfolgen. Idealerweise kann man

die Anlage aus der Ferne steuern und überwachen („Remote Control“). Ein mobiler Gaschromatograph ist an allen maßgeblichen gasführenden Leitungen angeschlossen und ein Fernzugriff durch das überwachende Ingenieurbüro ist möglich.

### 3.6 Explosionsschutz

Wenn die abgesaugte Bodenluft brennbare Stoffe wie BTEX und MKW in hohen Konzentrationen enthält, können diese möglicherweise Explosionen hervorrufen. Hier ist schon im Vorfeld eine Explosionsschutz-Gefähr-

ungsbeurteilung durchzuführen. Mit Hilfe von Bypässen kann die Konzentration unter die untere Explosionsgrenze gesenkt werden. Grundsätzlich erfordert das eine entsprechende Mess- und Regeltechnik vor Ort.

### 3.7 Bautenschutz

Durch Austrocknung des Bodens kann es zu Setzungen im bebauten Raum kommen. Bei Anwendung der Dampf-Luft-Injektion kann es Hebungen durch Quellungen geben. Dem Sanierungspflichtigen wird ein Beweissicherungsverfahren durch einen Bausachver-

ständigen aufgegeben: Vor Beginn der Sanierungsmaßnahme sind die Gebäudezustände zu dokumentieren für einen später erforderlichen Beweis, ob Schäden durch die Sanierungsmaßnahme verursacht wurden oder schon vor Beginn der Bauarbeiten vorhanden waren.

### 3.8 Raumluf

Durch die Erwärmung des Bodens werden flüchtige Schadstoffe mobil und dringen möglicherweise in Gebäude ein. Hierbei sei auf § 12 Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG)[10]<sup>8</sup> hingewiesen. Es

sollte eine frühzeitige Bürgerinformation erfolgen. Darüber hinaus sollten Raumlufmessungen in allen betroffenen Gebäuden vor Beginn, begleitend und nach Ende der Sanierungsmaßnahme erfolgen.

## 4 Abschaltkriterien Heiztechnik

Die Abschaltung der Heiztechnik erfolgt i. d. R. noch vor Abschaltung der Fördertechnik (Bodenluftabsaugung). Die verbleibende Wärme im Boden trägt dazu bei, das weiterhin Schadstoffe beschleunigt über die

Fördertechnik ausgetragen werden. Die Abkühlung des Untergrunds dauert oft Monate. Wann ist der richtige Zeitpunkt für die Abschaltung der Heiztechnik gegeben?

### 4.1 Entwicklung der Schadstofffracht

Abschaltkriterium nach dem TASK-Leitfaden [11] kann u. a. die Entwicklung der Austragsfrachten (Masse pro Zeit, z. B. g/d) über Bodenluft und Grundwasser sein. Voraussetzung hierfür sind das Erreichen und Halten einer definierten Zieltemperatur (i. d. R. Gemischsiedetemperatur) über einen definierten Zeitraum unter Beachtung der Entwicklung der Schadstoffausträge bzw. deren Minderung im zeitlichen Verlauf.

Das Abschaltkriterium ist erreicht, wenn eine deutliche Minderung oder Stagnation der ausgetragenen Schadstoffe eingetreten ist. Auch der spezifische Energieverbrauch je kg Schadstoff sollte betrachtet werden (siehe Kap. 2.5).

8 § 12 BBodSchG - Information der Betroffenen - Die nach § 9 Abs. 2 Satz 1 zur Untersuchung der Altlast und die nach § 4 Abs. 3, 5 und 6 zur Sanierung der Altlast Verpflichteten haben die Eigentümer der betroffenen Grundstücke, die sonstigen betroffenen Nutzungsberechtigten und die betroffene Nachbarschaft (Betroffenen) von der bevorstehenden Durchführung der geplanten Maßnahmen zu informieren. [...]



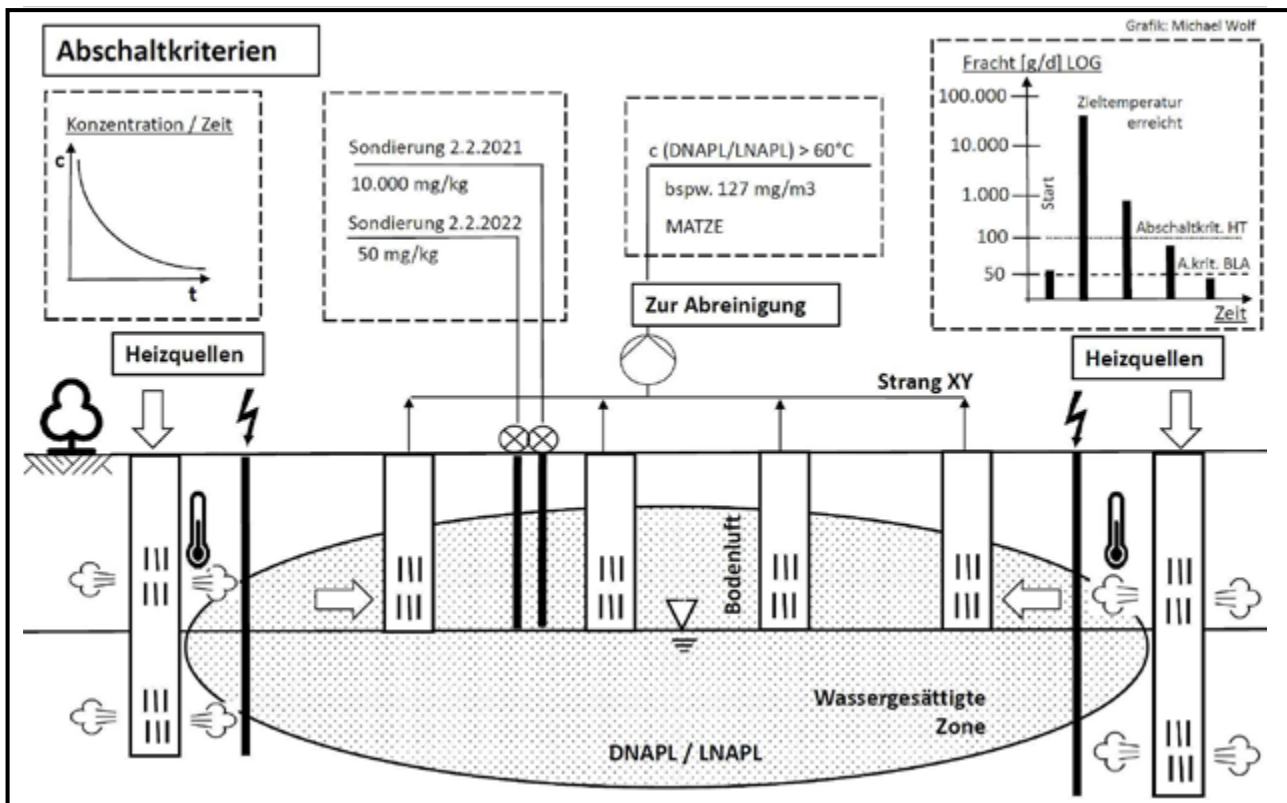


Abb. 2: Abschaltkriterien für TISS (Kap. 4.1-4.4) © Michael Wolf

#### 4.2 Vorher-Nachher-Feststoffanalytik

Durch Voruntersuchungen sind die Schadstoffgehalte im Boden bekannt. Nach weitgehender Stagnation der Konzentrationen (siehe 4.1) ist eine Beweissicherung durchzuführen. Hierzu werden erneute Sondierungen an gleicher Stelle der Voruntersuchungen durchgeführt und die Ergebnisse mit der Ausgangssituation verglichen.

#### 4.3 Umrechnung warme auf kalte Bodenluft

An einem Sanierungsstandort lagen ein Jahr nach Außerbetriebnahme der Heiztechnik die Bodentemperaturen noch bei 25–47 °C, in einer Bohrung sogar bei 80 °C! Die Abkühlung des aufgeheizten Bodens kann also Monate dauern. Bei höheren Temperaturen befinden sich jedoch mehr Schadstoffe in der Gasphase. Doch welcher Konzentration entspricht das bei Normaltemperatur?

Im nachfolgend betrachteten Fall (Kap. 6.1) wurde zunächst ein Abschaltkriterium von je 25 mg/m<sup>3</sup> LHKW bei 25 °C festgelegt. Daher wurde ein Algo-

Aber: Durch die sehr heterogene Verteilung der Schadstoffe im Boden kann eine Messabweichung erfolgen, da sich der Ort der Erstmessung nicht exakt treffen lässt. Da die Bodenproben nach Durchführung von TISS noch warm sein können, besteht zudem die Gefahr der Verflüchtigung der Schadstoffe und der damit einhergehenden Verfälschung des Messergebnisses.

rithmus entwickelt, welcher LHKW-Konzentration 25 mg/m<sup>3</sup> (25 °C) bei 60 °C entspricht. Im Ergebnis wurden 135 mg/m<sup>3</sup> LHKW (60 °C) als Abschaltkriterium festgelegt.

Ähnlich arbeitet das Excel-basierte Rechenmodell MATZE (modellhafte Abschätzung temperatur- und zeitabhängiger Einflüsse) [12]. Auch hier wird die Konzentration der warmen Bodenluft mit Temperaturen von über 60 °C auf natürliche Bedingungen bei 10 °C umgerechnet.

#### 4.4 Definierte Fracht

In einem weiteren Fall (Kap. 6.2) wurden nach Erreichen der Zieltemperatur mehrere 1 000 g pro Tag und Sanierungsstrang ausgetragen. Man einigte sich, dass das Abschaltkriterium für die Heizelemente er-

reicht ist, wenn die Fracht auf unter 100 g/d gefallen ist. Die Abschaltung der Fördertechnik folgt bei < 50 g/d.

## 5 Sanierungsziel Grundwasser / Bodenluft

Schädliche Bodenveränderungen und Grundwasser-Verunreinigungen sind nach § 4 (3) BBodSchG [10] so zu sanieren, dass dauerhaft keine Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für den Einzelnen oder die Allgemeinheit entstehen. Das Sanierungsziel ist somit gesetzlich abstrakt vorgegeben, und unter Berücksichtigung der Verhältnismäßigkeit zu definieren.

In Hessen ist beispielsweise eine Gefahrenabwehr sichergestellt, wenn im Grundwasser die Geringfügigkeitsschwellenwerte (GFS-Werte) der GWS-VwV [13] eingehalten werden. Kommt eine vollständige Gefahrenabwehr aus Gründen der Verhältnismäßigkeit nicht in Frage, kann die Behörde ein weniger strenges Sanierungsziel festlegen. Die Anpassung des

Sanierungszieles richtet sich insbesondere nach dem Gefährdungspotenzial.

Hilfreich ist eine Fracht- und Mengenbetrachtung der verbliebenen Schadstoffe im Grundwasser nach der HLNUG-Arbeitshilfe zur Sanierung von Grundwasser-Verunreinigungen [14]. Auch die Gesamtkosten pro Kilogramm Schadstoff, die sich i. d. R. zum Ende einer Sanierung progressiv entwickeln, spielen in der Arbeitshilfe eine Rolle.

Für die Bodenluft bietet sich in einem definierten Zeitraum nach Abschaltung von Heiz- und Fördertechnik ein Absaugtest nach der ITVA-RL H 1-1 [15] an. Im Fokus ist hier insbesondere die Entwicklung des spezifischen Energieverbrauchs in [kWh/kg].

## 6 Praxisbeispiele

### 6.1 Fallbeispiel Dampf-Luft-Injektion (DLI)

Auf einem kleinen Grundstück im Taunus wurden LHKW gelagert sowie Destillierapparate zur Aufbereitung von Tri- und Tetrachlorethen und eine Fassreinigung betrieben. Umwelttechnische Untersuchungen ergaben Bodenluftbelastungen bis zu 4 200 mg/m<sup>3</sup> LHKW und Grundwasserbelastungen bis zu 680 000 µg/l LHKW. Raumluftuntersuchungen in dem Wohnhaus auf dem Grundstück erbrachten Überschreitungen der 2. BImSchV für Tetrachlorethen im Wohn-/Arbeitszimmer und im Keller.

Wegen der LHKW-Verunreinigungen bis ca. 14 m unter Geländeoberkante (GOK) wurde ein Sanierungskonzept mit einer Dampf-Luft-Injektion (DLI) und vorlaufender Aushubsanierung erarbeitet. Hierdurch wollte man auch der denkmalgeschützten Bebauung und den engen Platzverhältnissen gerecht werden. Im vorliegenden Fall erfolgt die Injektion eines Wasserdampf-Luft-Gemisches in die Sicker-

wasserzone unterhalb bzw. auf Höhe des Schadenszentrums sowie in den Schichtwasserbereich (teilgesättigte Zone). Schadstoffe werden über eine Bodenluftabsaugung (BLA) aus der ungesättigten Bodenzone entfernt. Mit der Erwärmung erfolgt auch eine erhöhte Lösung der Schadstoffe im Grundwasser. Die Schadstoffe beginnen bereits bei Temperaturen unterhalb der Dampftemperatur des Wassers von 100 °C zu verdampfen (Wasserdampfdestillation). Im Falle des am Standort anzutreffenden Tri- und Tetrachlorethen-Gemischs liegt die Gemisch-Siedetemperatur (Azeotrop) unter 88 °C, so dass beim Erreichen dieser Temperatur die Schadstoffe verdampfen und über die BLA entfernt werden.

Als Sanierungsziele wurden festgelegt: < 25 mg/m<sup>3</sup> LHKW in der Bodenluft, < 10 µg/l LHKW im Grundwasser. Später wurde ein Algorithmus entwickelt, welcher LHKW-Konzentration der Sanierungsziel-

wert von  $25 \text{ mg/m}^3$  ( $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ) bei  $60 \text{ }^\circ\text{C}$  entspricht. Im Ergebnis ergab sich ein Abschaltkriterium von  $135 \text{ mg/m}^3$  LHKW ( $60 \text{ }^\circ\text{C}$ ) für die DLI.

Nach Beseitigung des oberen kontaminierten Bodenmeters erfolgte die Sanierung mit dem DLI-Verfahren in vier Teilfeldern über vier Absaugstränge mit 23 Brunnen und einer Flächendrainage. Über Pump&Treat wurde Grundwasser am Standort mit ca.  $150 \text{ l/h}$  entnommen, über Wasseraktivkohle abgereinigt und das gereinigte Wasser der Kanalisation zugeschlagen. Eine abstromige Grundwassermessstelle wurde auch an die Wasseraufbereitungsanlage angeschlossen.

Im Sommer 2019 fielen die Schadstoffkonzentrationen in fast allen Absaugbrunnen unter das Abschaltkriterium von  $135 \text{ mg/m}^3$  LHKW ( $60 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Also wurde die Aufheizung des Untergrundes beendet, die Bodenluftabsaugung aber bis Dezember 2020 weiter betrieben. An 17 der 18 Bodenluftabsaugbrunnen wurde 2020 bei zwei aufeinanderfolgenden Messungen der Sanierungszielwert von

$< 25 \text{ mg/m}^3$  LHKW erreicht. Zu Beginn der Sanierung wurden bis zu  $14\,000 \text{ mg/m}^3$  LHKW ausgetragen. Folglich wurden die LHKW deutlich reduziert.

Im Verlauf der DLI wurden ca. 3 bis 4 t LHKW extrahiert bei einem Eintrag von rd. 2 900 MWh Wärmeenergie. Das entspricht einem spezifischen Energieverbrauch (SE) von  $< 1\,000 \text{ kWh/kg}$  LCKW (s. Kap. 2.5).

Regelmäßige Raumluftmessungen erfolgten in mehreren umgebenden Gebäuden. Der für den Standort festgelegte Eingreifwert von  $100 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  LHKW und der vom Ausschuss für Innenraumrichtwerte (AIR) ausgewiesene „risikobezogene Leitwert“ von  $20 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  für Trichlorethen wurde in den jüngeren Messungen nicht überschritten.

Wegen der noch erhöhten LHKW-Konzentrationen an einem Brunnen unterhalb eines Gebäudes wird als Sicherungsmaßnahme und aus Vorsorgegründen weiterhin abgesaugt, bis das Sanierungsziel von  $< 25 \text{ mg/m}^3$  LHKW erreicht ist.



**Abb. 3:** Einrichtung der DLI auf engstem Raum (Kap. 6.1) © Regierungspräsidium Darmstadt



## 6.2 Praxisbeispiel Feste Wärmequellen (Thermal Conductive Heating - TCH)

An einem Industriestandort wurde Trichlorethen (TCE) als Lösemittel verwendet sowie Benzin, Toluol u. a. in vier unterirdischen Tanks gelagert. Das TCE wurde in einer Rückgewinnungsanlage recycled. In einem 54 m tiefen Betriebsbrunnen stellte man Belastungen mit TCE bis zu 370 µg/l fest. Weitere Untersuchungen ergaben in der Bodenluft TCE-Konzentrationen bis 136 mg/m<sup>3</sup>.

Wegen der Belastungen mit TCE und BTEX-Aromaten wurde die Bodenluft in vier Absaugbrunnen zwischen 2–10 m unter Gelände mit Seitenkanalverdichtern abgesaugt. Am ehem. Betriebsbrunnen erfolgte ab 1989 eine Grundwassersanierung. Von 1995 bis Ende 2011 wurden über 4 259 kg LHKW, 480 kg BTEX und 2 678 kg Kohlenwasserstoffe aus dem Untergrund beseitigt. Die jährlichen Austragsfrachten über die Bodenluftabsaugung blieben jedoch weitestgehend konstant.

Wegen der konstanten Austragsfrachten vermutete das Regierungspräsidium (RP) Darmstadt eine unbekannte Schadstoffquelle mit einem erheblichen Nachlieferungspotential. Erneute vertiefende Untersuchungen ergaben tatsächlich bis 18 m unter Gelände erhebliche Schadstoffgehalte. Als Quelle der lateralen Schadstoffausbreitung wurden Havarien im Bereich eines möglicherweise undichten Regenwassersammlers vermutet.

Im Rahmen eines Sanierungsaudits schied großvolumiges Ausbohren oder das Fortführen der kalten Bodenluftabsaugung aus. Das RP stimmte im Jahr 2014 der Durchführung einer thermischen in-situ-Sanierung zu. Daraufhin erfolgten die Installationen für den Betrieb von 320 Heizelementen, 98 Bodenluftabsaugpegel und 12 Grundwasserbrunnen. Elektrisch betriebene Heizelemente wurden bis max. 18 m u. GOK eingebaut. Den Boden erwärmte man auf ca. 80–100 °C. Die Schadstoffe wurden mit

einer BLA gefasst und über Kühlfälle und Luftaktivkohlefiltern entfernt. Anstehendes Wasser wurde abgepumpt und mit der vorhandenen Strippanlage gereinigt. Die Überwachung des Sanierungsfortschritts erfolgte mit automatisierten Probennahme- und Analysesystemen.

Im Jahre 2016 wurde das Abschaltkriterium für die Heizelemente auf eine Fracht unter 100 g/d festgelegt. Die Abschaltung der Fördertechnik folgt bei < 50 g/d. Weiterhin verabschiedete man sich von der ursprünglichen Planung einer 4-stufigen Teilfelder-Sanierung, die jeweils den kompletten Umzug der Heiz- und Fördertechnik auf das Nachbarfeld vorsah, wenn die Sanierungsziele erreicht waren. Die Sanierungsbereiche wurden nun in 10 aufeinander folgenden Betriebsphasen saniert. Ergaben Einzelpegeltests die o. g. Abschaltkriterien, wurden gereinigte Bereiche außer Betrieb genommen und die freiwerdende Heiztechnik und verzögert auch die Absaugtechnik in nicht sanierte Bereiche umgesetzt.

Bis Sanierungsende im Mai 2018 wurden knapp 5 000 kg Schadstoffe über die Bodenluft ausgetragen, davon 74 % TCE. Somit wurde in 2,5 Jahren TISS etwa die gleiche Schadstoffmenge ausgetragen wie zuvor in 16 Jahren konventioneller Sanierung. Zur Erfolgskontrolle wurden Absaugversuche nach der ITVA-Richtlinie H1-1 mit einer Dauer zwischen 4 und 72 Stunden durchgeführt. Der spezifische Energiebedarf der Absaugtests lag zwischen 2 000 und 37 000 kWh/kg Schadstoff. Das ist ein sehr hoher Energiebedarf, womit ein Weiterbetrieb der Absaugtechnik unverhältnismäßig wäre.

Die hydraulische Abstomsicherung erfolgte an verschiedenen Brunnen von 2015 bis 2018. Es wurden insgesamt rd. 25 000 m<sup>3</sup> Grundwasser gefördert und hierbei ca. 40 kg Schadstoffe (75 % TCE) extrahiert.

## 6.3 Praxisbeispiel Electrical Resistivity Heating (ERH)

Auf einer Bundesliegenschaft wurde ein Teilbereich als Abstellfläche für Schwerlast-Fahrzeuge genutzt. Umwelttechnische Untersuchungen ergaben erhebliche Boden- und Grundwasserkontaminationen, vor allem mit Trichlorethen (TCE). Die ungesättigte Zone besteht aus Lehm, Schluff und Sand, die gesättigte Zone aus Sand, Ton und gelegentlichen Schluff-

linsen. Die Kontamination erstreckt sich von 2 m bis rund 12 m u. GOK, der größte Teil davon über oder im oberen Teil einer Tonschicht. Das Grundwasser ist in Tiefen ab 2 bis 2,5 m u. GOK anzutreffen. Die maximale gemessene Schadstoffkonzentration in diesem Bereich beträgt 93 000 µg/l.

In den Jahren 1999 bis 2001 wurden bereits eine Bodenluftsanierungsmaßnahme durchgeführt, die allerdings keine zufriedenstellenden Ergebnisse lieferte und deshalb vorzeitig eingestellt wurde. Daraufhin wurden verschiedene Sanierungsvarianten geprüft. Ein Pilotversuch bestehend aus einer Kombination aus Electrical Resistivity Heating (ERH) und In-Situ-Chemischer Oxidation (ISCO) wurde 2017 genehmigt und durchgeführt.

Im Ergebnis wurde im Jahr 2020 ein Sanierungskonzept basierend auf Abreinigung mittels ERH vorgelegt und genehmigt. Hierbei werden Widerstandselektroden aus Kupfer in den Untergrund bis 12,9 m Tiefe abgeteuft und ein elektrischer Strom angelegt. Die Elektroden liegen also größtenteils innerhalb der gesättigten Zone, so dass die elektrische Leitfähigkeit gewährleistet ist. Durch den elektrischen Widerstand erhöht sich die Grundwassertemperatur auf  $> 73\text{ °C}$ , so dass Schadstoffe leichter in die Gasphase

gehen. Mit Hilfe von Rückgewinnungsbrunnen wird ein Unterdruck erzeugt, um die Schadstoffe aus dem Untergrund abzutransportieren. Die Abreinigung der Bodenluft vor Entlassung in die Atmosphäre erfolgt über einen Kondensator und zwei Aktivkohlefilter, wobei der TA Luft-Grenzwert eingehalten werden soll. Das kondensierte Grundwasser wird vor Versickerung oder Einleitung in die Kanalisation über Wasser-Aktivkohle abgereinigt. Für die Bohrungen fallen ca. 110 t Bohrgut an, welche in Containern zwischengelagert werden sollen.

Die Sanierungsfläche beträgt  $1\,112\text{ m}^2$  bei einem Sanierungsvolumen von  $11\,120\text{ m}^3$ . Sanierungsziel ist die Reduzierung der TCE-Konzentrationen im Grundwasser auf  $< 100\text{ }\mu\text{g/l}$  innerhalb des Behandlungsvolumens. Der Energiebedarf wird mit  $3\,680\text{ MWh}$  kalkuliert.

Die Maßnahme ist noch nicht abgeschlossen.



**Abb. 4:** Vorbereitung der Kupferelektroden für ERH (Kap. 6.3) © Regierungspräsidium Darmstadt

## 7 Fazit

Thermische Bodensanierungen stellen eine effiziente Technologie zur Quellensanierung von leicht- und mittelflüchtigen Schadstoffen dar. Mit dieser wird die Sanierungszeit erheblich verkürzt. Vorteil für den Gewässerschutz: Das Nachbluten aus der Quelle in den Grundwasserkörper wird früher unterbunden. Richtig geplant, installiert und betrieben spart sie sogar Energie und Kapital gegenüber konventionellen Verfahren. Nachteil aus kaufmännischer Sicht: Kapital muss in hoher Summe für einen kurzen Sanierungszeitraum zur Verfügung gestellt

werden. Für eine Abstrom- oder Fahnenanierung ist diese Technologie aufgrund der oft erheblichen Fahnenlängen eher ungeeignet. Sie trägt aber maßgeblich zum Fahnenabriss bei. Schon in der Phase der Sanierungsplanung sind eine Reihe genehmigungsrechtlicher Aspekte zu beachten. Für die Festlegung des Abschaltkriteriums/Sanierungsziels und der Zeitdauer der Sanierung bedarf es einer wiederkehrenden Evaluierung zwischen Behörde, Sanierungspflichtigem und ausführendem Ingenieurbüro.

## Literatur

- [1] HIESTER, U. & BIEBER, L.: „Dominierende Prozesse bei der thermischen In-situ-Sanierung (TISS) kontaminierter Geringleiter.“ in: Grundwasser – Zeitschrift der Fachsektion Hydrogeologie (2017) 22, ISSN 1430-483X print, DOI10.1007/s00767-017-0366-z.
- [2] HELD, TH.: In-situ-Verfahren zur Boden und Grundwassersanierung – Wiley-VCH Verlag & Co. KGaA.
- [3] LUA-NRW: Materialien zur Altlastensanierung und zum Bodenschutz, Bd. 13 – Arbeitshilfe Bodenluftsanierung, 2001.
- [4] WHG: Wasserhaushaltsgesetz – Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585).
- [5] GeolDG: Geologiedatengesetz – Gesetz zur staatlichen geologischen Landesaufnahme sowie zur Übermittlung, Sicherung und öffentlichen Bereitstellung geologischer Daten und zur Zurverfügungstellung geologischer Daten zur Erfüllung öffentlicher Aufgaben vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1387).
- [6] KrWG: Kreislaufwirtschaftsgesetz – Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212).
- [7] ArbSchG: Arbeitsschutzgesetz – Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit vom 07.08.1996 (BGBl. I S. 1246).
- [8] BImSchG: Bundes-Immissionsschutzgesetz – Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge vom 26.09.2002 (BGBl. I S. 3830).
- [9] TA Luft: Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft, Neufassung vom 24. Juli 2002 (GMBl. S. 511).
- [10] BBodSchG: Bundes-Bodenschutzgesetz vom 17. März 1998 (BGBl. I S. 502).
- [11] TASK-Leitfaden: Thermische in situ-Sanierungsverfahren (TISS) zur Entfernung von Schadensherden aus Boden und Grundwasser, August 2012.
- [12] BIEBER, L.: „Prognose der Grundwasserbelastung nach einer thermischen Quellensanierung“, in: Altlasten Spektrum 27 (2018), 3, S. 103–107.
- [13] GWS-VwV: Verwaltungsvorschrift zur Erfassung, Bewertung und Sanierung von Grundwasserverunreinigungen vom 28. September 2016 (StAnz.42/2016 S. 1072).
- [14] HLNUG: Handbuch Altlasten – Arbeitshilfe zur Sanierung von Grundwasserverunreinigungen – Band 3, Teil 7 – Wiesbaden, 3. Auflage (2018).
- [15] ITVA: ITVA-Richtlinie – H1 – 1 Bodenluftabsaugversuch (März 2002).



## PFC - Tausendundeine Verwendungsmöglichkeiten

VOLKER ZEISBERGER\*

### Eine kurze Einführung

PFC sind in aller Munde. Ob diese Aussage wortwörtlich zu sehen ist, soll im Folgenden aufgezeigt werden. Zunächst einmal ist damit gemeint, dass das Thema PFC auf Fachtagungen im Boden- und Altlastenbereich breiten Raum einnimmt.

Die Abkürzung PFC steht für per- und polyfluorierte Chemikalien. Früher wurde oft die Abkürzung PFT verwendet (perfluorierte Tenside), da die damals eingesetzten Stoffe in aller Regel aus einem hydrophilen und einem hydrophoben Molekülteil bestanden. In der wissenschaftlichen Literatur hat sich die Bezeichnung PFAS (per- and polyfluoroalkyl substances) durchgesetzt.

Von Relevanz ist die Unterscheidung zwischen per- und polyfluorierten Stoffen: Bei **per**fluorierten Chemikalien sind alle Wasserstoffatome in der Kohlenstoffkette durch Fluoratome ersetzt, bei **poly**fluorierten Chemikalien lediglich die meisten Wasserstoffatome. Hinsichtlich der Persistenz der Stoffe gilt: **Per**fluorierte Chemikalien sind nicht abbaubar; **poly**fluorierte Chemikalien sind teilweise abbaubar, wobei als finales Abbauprodukt **per**fluorierte Stoffe zurückbleiben.

In der aktuellen Literatur wird davon ausgegangen, dass mehrere tausend PFC kommerziell eingesetzt werden [1, 2, 3]. Allein diese hohe Zahl ist erstaunlich. Ebenso bemerkenswert ist, dass bei PFC-Analysen (Einzelstoffanalytik) nur etwa 20 dieser Stoffe gemessen werden. Noch überraschender erscheint es, dass diese etwa 20 Stoffe heutzutage nicht mehr

eingesetzt werden. Messen wir also nur „Altlasten“ aus früheren Tagen? Wie kann man „mehrere tausend“ PFC, die heutzutage eingesetzt werden, analysieren?

Leider gibt es hierzu keine zufriedenstellende Antwort. Zwar gibt es den Summenparameter AOF (adsorbierbares organisch gebundenes Fluor), jedoch liegt dieses Analysenverfahren erst als Normentwurf vor (E-DIN 38409-59 von Nov 2020), weiterhin gibt es keine bundesweit abgestimmten Bewertungsmaßstäbe für diesen Summenparameter und schließlich liefert das Verfahren keine Informationen zu konkreten Einzelstoffen. Ein weiteres Analysenverfahren zur Bestimmung polyfluorierter Chemikalien ist der sogenannte TOP-Assay (total oxidizable precursor), ein oxidatives Aufschlussverfahren [3]. Auch hierfür liegen noch keine Bewertungsmaßstäbe vor.

Nun stellt sich die Frage, weshalb in Gewässern und Böden mit der o. g. Einzelstoffanalytik immer noch erhöhte Konzentrationen/Gehalte gemessen werden [5], obwohl diese Stoffe mittlerweile nicht mehr eingesetzt werden. Hierfür gibt es zwei Erklärungen, die sich ergänzen: Einerseits haben die Böden bzw. die Grundwasserleiter ein „langes Gedächtnis“, d. h. sie geben angelagerte Schadstoffe nur stark verzögert wieder frei. Andererseits sind die heutzutage verwendeten polyfluorierten Chemikalien teilweise abbaubar. Als persistente Abbauprodukte bleiben perfluorierte Chemikalien zurück, die dann analytisch bestimmbar sind.

### PFC als „Wundermittel“ - erste Einsatzgebiete

Bei der Altlastenerkundung und -sanierung stehen die **per**fluorierten Chemikalien im Vordergrund, da es sich in aller Regel um „alte“ Schäden handelt. Bis etwa zum Jahr 2008 enthielten spezielle Löschschäume (AFFF-Schäume), wie sie insbesondere bei

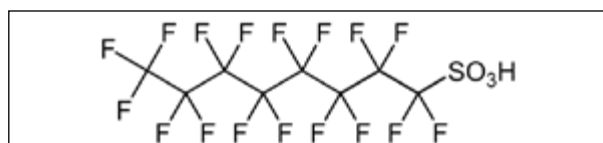


Abb. 1: Perfluorooctansulfonsäure (PFOS)

Flugzeug- und Tanklagerbränden eingesetzt werden, perfluorierte Chemikalien. Am bekanntesten ist die Perfluorooctansulfonsäure (PFOS) (s. Abb. 1).

Nach einem Verbot von PFOS in den USA wick man auf einen Ersatzstoff mit ähnlicher Struktur aus: H4PFOS, ein polyfluoriertes PFC. Unter den polyfluorierten PFC ist H4PFOS die einzige Verbindung, die bei der üblichen Einzelstoffanalytik bestimmt wird.

Die Verwendung in Feuerlöschschäumen hat zur Folge, dass auf Flughäfen und Löschübungsplätzen PFC oftmals in hohen Konzentrationen/Gehalten angetroffen werden.

Bei Galvaniken (Glanzverchromung, Hartverchromung, Kunststoffgalvanisierung) wurde PFOS bis zum Jahr 2015 eingesetzt, seitdem ist insbesondere das o. g. H4PFOS ein Ersatzprodukt.

Im Rahmen einer illegalen Abfallentsorgung wurden in Nordrhein-Westfalen und Nordhessen sogenannte „Bodenverbesserer“ auf landwirtschaftliche Flächen aufgebracht, die PFC-haltige Abfälle als illegal zugegebene Beimischung enthielten. Nach jetzigem Stand handelte es sich überwiegend um perfluorierte Chemikalien. In Baden-Württemberg sind ebenfalls landwirtschaftlich genutzte Flächen mit PFC verunreinigt, hier spielen vor allem polyfluorierte Chemikalien eine Rolle.

## PFC als „Allzweckwaffe“ - Wo sie heute eingesetzt werden

In der Öffentlichkeit taucht das Schlagwort „PFC“ immer wieder auf, ohne ganz große Wellen zu schlagen. Am ehesten ist den Bürgerinnen und Bürgern die Verwendung von PFC in Outdoorbekleidung und Imprägniersprays geläufig. Weiterhin schafften es in Hessen die PFC-Belastungen auf den Flughäfen in Frankfurt und Wiesbaden-Erbenheim in die Schlagzeilen.

In der folgenden Tabelle werden PFC-Einsatzgebiete genannt, bei denen PFC derzeit noch verwendet werden. Sie ist bei Weitem nicht vollständig, wie eine Übersicht des ITRC (USA) zeigt [27]. Allen in der Tabelle aufgeführten PFC ist gemeinsam, dass es sich um polyfluorierte PFC handelt. Die Angaben sind ohne Gewähr, denn die Industrie ist extrem zurückhaltend mit der Weitergabe von Informationen an Behörden und Bürgerinnen und Bürger. Die genaue

Zusammensetzung von PFC-haltigen Produkten und die verwendeten Einzelsubstanzen sind meist nicht erkennbar; in Sicherheitsdatenblättern werden PFC nicht oder nur verklausuliert aufgeführt, z. B. als „Fluorosurfactant“, „Fluorcarbonharz“ oder „Fluor-tenside“. Hersteller können sich auf Artikel 24 der CLP-Verordnung berufen, nach dem die genaue Bezeichnung eines Stoffes auf dem Kennzeichnungsetikett bzw. dem Sicherheitsdatenblatt verschleiert werden kann, wenn Betriebs- und Geschäftsgeheimnisse betroffen sind. Eine weitere Lücke besteht für die derzeit häufig eingesetzten Polymere (Fluorcarbonharze auf Basis von Polyacrylaten oder Methacrylaten mit perfluorierten Seitenketten), die in vielen Fällen von den Registrierungs- und Bewertungspflichten nach der REACH-Verordnung ausgenommen sind.

**Tab. 1:** Einsatzgebiete PFC-haltiger Produkte (Auswahl)

Einsatzgebiete	Eingesetzte PFC	Anmerkungen
Feuerlöschschäume (AFFF)	PFC häufig mit Betain-Struktur	Bei AFFF-Schäumen galten PFC bisher als unverzichtbarer Bestandteil [2, 3]; es gibt Bestrebungen, fluorfreie Ersatzstoffe zu etablieren
Textilimprägnierung	Fluorcarbonharze (Polymere mit fluorierten Seitenketten)	Schutzbekleidung für Feuerwerker und Chemikanten, Outdoorbekleidung, schmutzabweisende Sofabezüge, Sonnenschirme/Markisen usw. [6]. PFC-haltige Zusätze für Imprägniermittel bieten beispielsweise die Firmen Chemours und Rudolf an [7, 8]
Fettdichte Papiere (Pommes-/Popcorn-tüten, Hamburger-Verpackungen, Wurst- und Käsepapier, Backpapier, Tierfuttermittelverpackung)	Sofern PFC eingesetzt: Fluorcarbonharze (Polymere mit fluorierten Seitenketten), Polyfluoralkylphosphate (PAPs) Alternativen zu PFC: Silikonbeschichtung, Paraffin, PE-Folie	Es ist davon auszugehen, dass der Anteil PFC-haltiger Produkte deutlich gesunken ist: Backpapiere sind wahrscheinlich mittlerweile PFC-frei [9]; bei sonstigen fettdichten Papieren werden oft Ersatzstoffe verwendet [10–13]; PFC sind am ehesten in Pommes-/Popcorn-tüten [14] und Tierfuttermittelverpackungen zu erwarten

Einsatzgebiete	Eingesetzte PFC	Anmerkungen
Kaffeebecher	wahrscheinlich keine PFC verwendet	Es ist wahrscheinlich, dass PFC nur bei fettabweisenden Verpackungen und nicht bei Getränkeverpackungen eingesetzt werden [11, 15]
Farben, Lacke	Fluorcarbonharze, Fluortenside	PFC-haltige Zusätze für Farben und Lacke, z. B. für Latexfarben, bieten beispielsweise die Firmen Chemours, 3M Deutschland, Solvay und Schwegmann an [7, 16, 17, 18], siehe auch [4]. Ob die PFC-haltigen Zusätze häufig oder selten eingesetzt werden, konnte nicht ermittelt werden.
Steinbodenpflege	Fluorcarbonharze	Hersteller sind beispielsweise die Firmen Rudolf und Solvay [17, 19]
Haushaltsartikel, z. B. - Zahnseide [20] - Ski-Wachs [21]	k.A.	
Industrieanwendungen, z. B. - Imprägnierte Garne/Vliese [20] - Reinigungsmittel für Elektronik - Wärmeübertragungsflüssigkeiten [22] - Wärmeaustausch, Halbleiterkühlung [23] - Hilfschemikalie bei der Styroporherstellung - Tracer in Elektrokabel-Öl	z. B. - Fluorcarbonharze - Perfluoropolyether (PFPE) [17] - Gen-X - Perfluoromethylcyclohexan - Fluorkautschuk [24]	

Während es bei einigen Einsatzbereichen wie Wegwerfartikeln (Pommestüten usw.) auf der Hand liegt, dass PFC-freie Produkte zu verwenden sind, ist der Einsatz von Spezialchemikalien in industriellen Produkten schwieriger zu bewerten, da einige Anwendungen dem Umweltschutz dienen (z. B. fluorimprägnierte Filtermaterialien für die Abluft-/Was-serreinigung).

Ein besonders umweltkritisches Einsatzgebiet für PFC könnten Farben/Lacke sein. Hier sind allerdings viele Fragen offen. Werden PFC nur in Latexfarben regelmäßig verwendet oder auch in „normalen“ Farben? Wie hoch sind die Einsatzmengen? Ohne Informationen von Branchenkennern kann nur spekuliert werden.

## Toxizität, Biomonitoring, Gewässerbelastungen

Der einführende Satz dieses Artikels lautete: „PFC sind in aller Munde“. Dies ist tatsächlich wörtlich zu nehmen. Stand der Wissenschaft ist, dass PFC in erster Linie über die Nahrung und das Trinkwasser aufgenommen werden und bereits bei sehr geringen Gehalten humantoxisch wirken. Hier ein Zitat aus einer Website des UBA [25]: „In Deutschland haben Kinder und Jugendliche zwischen 3 und 17 Jahren zu viele langlebige Chemikalien aus der Stoffgruppe der per- und polyfluorierten Alkylsubstanzen, kurz PFAS, im Blut. Das zeigt die Auswertung der repräsentativen Deutschen Umweltstudie zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen, GerES V. In einem Fünftel der untersuchten Proben lag die Konzentration für Perfluoroktansäure (PFOA) über dem von der Kommission Human-Biomonitoring festgelegten HBM-I-Wert. Erst bei Unterschreitung des HBM-I-Wertes ist nach dem aktuellen Kenntnisstand eine gesundheitliche Beeinträchtigung auszuschließen.“

Dass PFC in der Umwelt überall verbreitet sind und sich anreichern können, wird auch durch folgende Pressemitteilung aus Hessen deutlich [26]: „Bislang wurden sieben Wildschweinleberproben aus verschiedenen hessischen Landkreisen untersucht. In allen untersuchten Leberproben wurden PFC nachgewiesen. Hinsichtlich dieser Befunde kann ein gesundheitliches Risiko für Verbraucherinnen und Verbraucher durch den Verzehr von Wildschweinlebern nicht ausgeschlossen werden.“

Zuletzt: In hessischen Gewässern sind PFC weit verbreitet, wie umfangreiche Untersuchungen ergaben [5]. Bei einem Teil der Proben wird, ergänzend zur Einzelstoffanalytik, der Summenparameter AOF angewendet, der in vielen Fällen auffällig erhöht ist.



## Literatur

- [1] GLÜGE, J. ET AL.: An overview of the uses of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS), Royal Society of Chemistry, 2000– DOI: 10.1039/d0em00291g.
- [2] LFP-Projekte B 4.14 und 4.15 „Boden- und Grundwasserkontaminationen mit PFC bei altlastverdächtigen Flächen und nach Lösungsmittelsätzen“ (Projektstufen 1 und 2) sowie der bundeseinheitlichen Empfehlungen zur Bewertung von PFC in Böden, Gewässern und zu entsorgenden Bodenmaterialien, <http://www.laenderfinanzierungsprogramm.de/projektberichte/lab0/>.
- [3] Umweltbundesamt Texte | 137/2020 „Sanierungsmanagement für lokale und flächenhafte PFAS-Kontaminationen“ [www.umweltbundesamt.de/publikationen/sanierungsmanagement-fuer-lokale-flaechenhafte-pfas](http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/sanierungsmanagement-fuer-lokale-flaechenhafte-pfas).
- [4] BUND: Praktisch, langlebig und giftig – Organische Fluorverbindungen in Alltagsprodukten, in der Umwelt und im menschlichen Körper: Bewertung und Konsequenzen für Politik und VerbraucherInnen, 2015 <https://www.bund.net/service/publikationen/detail/publication/fluorpraktisch-langlebig-und-giftig/>.
- [5] HLNUG: <https://www.hlnug.de/?id=17484>; <https://www.hlnug.de/?id=7279>; <https://www.hlnug.de/?id=14467>.
- [6] R+W Textilservice: Imprägnierung von Textilien – nicht nur wasserabweisend <https://www.rw-textilservice.de/nicht-nur-wasserabweisend-impraegnierung-von-textilien/150/17391/368785> (aufgerufen am 12.5.2021).
- [7] Chemours: Capstone™ FS-81 Fluorosurfactant <https://www.chemours.de/brands-and-products/capstone/products/fluorosurfactants> (aufgerufen am 5.5.2021).
- [8] Rudolf Group: Fluorcarbon-Phobiermittel <https://www.rudolf.de/produkte/textilhilfsmittel/ausruistung/fluorcarbon-phobiermittel/> (aufgerufen am 5.5.2021).
- [9] WIKIPEDIA Stichwort “Backpapier” <https://de.wikipedia.org/wiki/Backpapier> (aufgerufen am 5.5.2021).
- [10] ZABALETA, I. ET AL.: Occurrence of per- and polyfluorinated compounds in paper and board packing materials and migration to food simulants and foodstuffs, Food Chemistry 321 (2020) 126746.
- [11] SCHAUER, L. A. ET AL.: Fluorinated Compounds in U.S. Fast Food Packaging; Environ Sci Technol Lett. 2017; 4(3): 105–111. doi:10.1021/acs.estlett.6b00435.
- [12] Bindemann-Verpackungen: Erläuterungen zu „Pergamin- und Pergament-Ersatzpapier“ <https://www.bindemann-verpackung.de/Packpapiere/Pergamin-und-Pergament-Ersatzpapier> (aufgerufen am 5.5.2021).
- [13] Der Verpackungsprofi: Erläuterungen zu „Fettdichte Papiere“ <https://www.der-verpackungs-profi.de/fettdichte-papiere> (aufgerufen am 5.5.2021).
- [14] Daikin Chemical Europe GmbH: Unidyne Oil & Grease Barrier for paper <https://www.daikinchem.de/products-and-performance/oil-and-grease-barrier> (aufgerufen am 23.3.2021).
- [15] PRO-S-PACK Arbeitsgemeinschaft für Serviceverpackungen e.V.: Pressemitteilung vom 28.7.2020 „Medienberichte über PFAS in Kaffeebechern sind irreführend“; [www.pro-s-pack.de/](http://www.pro-s-pack.de/) (aufgerufen am 1.3.2021).
- [16] 3M Deutschland GmbH: „Fluortenside – Verringerte Spannung für erhöhte Effizienz – Netzmittel für die Farben- und Lackindustrie.“, 2016 <https://docplayer.org/32653322-3m-fluortenside-verringerte-spannung-fuer-erhoehte-effizienz-netzmittel-fuer-die-farben-und-lackindustrie.html> (aufgerufen am 4.3.2021).
- [17] Solvay: Fluorolink® PFPE <https://www.solvay.com/en/brands/pfpe-functional-fluids/fluorolink-pfpe> (aufgerufen am 1.3.2021).
- [18] Schwegmann: Broschüre „Lieferprogramm Additive für Beschichtungen“, dort unter „Gleit- und Verlauffadditive, Untergrundbenetzungsadditive“ <https://www.schwegmannnet.de/index.php/de/lackadditiv/produktgruppenlack> (aufgerufen am 4.3.2021).
- [19] Rudolf Group: Fluorcarbonimprägnierungen <https://www.rudolf.de/products/construction-chemicals/fluorocarbon-impregnating-agents/> (aufgerufen am 1.3.2021).
- [20] 3M Deutschland: Imprägnierte Garne und Gewebe [https://www.3mdeutschland.de/3M/de\\_DE/entwicklungs-und-spezialmaterialien/anwendungen/garne-und-textilien/impraegnierte-garne-und-gewebe/](https://www.3mdeutschland.de/3M/de_DE/entwicklungs-und-spezialmaterialien/anwendungen/garne-und-textilien/impraegnierte-garne-und-gewebe/) (aufgerufen am 1.3.2021).
- [21] CARSON, G.L., TUPPER, S.: Ski wax use contributes to environmental contamination by per- and polyfluoroalkyl substances; <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653520322736>, December 2020, 128078.
- [22] 3M Deutschland: PF-5052 Leistungs-Flüssigkeit [https://www.3mdeutschland.de/3M/de\\_DE/p/d/b10144227/](https://www.3mdeutschland.de/3M/de_DE/p/d/b10144227/) (aufgerufen am 1.5.2021).
- [23] 3M Deutschland: Fluorinert™ FC-3283 Elektronik Flüssigkeit [https://www.3mdeutschland.de/3M/de\\_DE/unternehmen-de/produkte/~3M-Fluorinert-FC-3283-Elektronik-Fl%C3%BCssigkeit/?N=5002385+3290667328&rt=rud](https://www.3mdeutschland.de/3M/de_DE/unternehmen-de/produkte/~3M-Fluorinert-FC-3283-Elektronik-Fl%C3%BCssigkeit/?N=5002385+3290667328&rt=rud) (aufgerufen am 1.3.2021).
- [24] Bola: FKM – Fluorkautschuk <https://www.bola.de/technische-informationen/informationen-ueber-werkstoffe/elastomere/fkm-fluorkautschuk/> (aufgerufen am 1.3.2021).

- [25] Umweltbundesamt: <https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/kinder-juendliche-haben-zu-viel-pfas-im-blut> (aufgerufen am 25.2.2021).
- [26] Hessische Landesregierung: <https://www.hessen.de/presse/pressemitteilung/umweltchemikalie-pfc-in-wildschweinlebern-nachgewiesen-0> (aufgerufen am 5.5.2021).
- [27] Interstate Technology & Regulatory Council (ITRC): PFAS Technical and Regulatory Guidance Document and Fact Sheets, USA, 2020, <https://pfas-1.itrc-web.org/> (aufgerufen am 18.3.2021).

## Neues aus dem Bereich der Altflächendatei

ANDREA BOHNE, MARGOT KRUG, ANDREA SCHNABEL\*

### Altlastenüberblick in Hessen

Die systematische flächendeckende Erfassung von Altflächen<sup>1</sup> in Hessen begann im Jahr 1979 mit der Einrichtung eines Altablagerungskatasters, in welches die stillgelegten Mülldeponien aufgenommen wurden. Seit dem Jahr 1990 werden auch Altstandorte<sup>2</sup> systematisch erfasst. Dies geschieht in kommunaler Verantwortung in der Regel durch die Auswertung der Gewerberegister.

Zum Stichtag 1. März 2021 sind in Hessen insgesamt 106 262 Altablagerungen<sup>3</sup>, Altstandorte und sonstige schädliche Bodenveränderungen<sup>4</sup> erfasst und in der Altflächendatei eingetragen (s. Tab. 1).

Im Einzelnen sind von den 106 262 erfassten Flächen derzeit 800 Flächen als Altlasten bzw. sonstige schädliche Bodenveränderungen<sup>5</sup> eingestuft. Bei 2 158 Flächen besteht der Verdacht<sup>6</sup> auf Boden- oder Grundwasserverunreinigungen. Auf weiteren 3 089 Flächen hat sich ein Verdacht nicht bestätigt<sup>7</sup>. Insgesamt wurden in den vergangenen etwa 30 Jahren 2 811 Flächen saniert<sup>8</sup> (s. Tab. 1).

Weitere Informationen und Auswertungen zu Altlasten finden Sie auf unserer Homepage:

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

- 
- 1 Unter diesem Begriff werden Altablagerungen und Altstandorte zusammengefasst.
  - 2 Altstandorte sind Grundstücke stillgelegter Gewerbe- oder Industrieanlagen und sonstige Grundstücke, auf denen mit umweltgefährdenden Stoffen umgegangen worden ist.
  - 3 Altablagerungen sind stillgelegte Abfallbeseitigungsanlagen sowie sonstige Grundstücke, auf denen Abfälle behandelt, gelagert oder abgelagert worden sind.
  - 4 In der Altflächendatei ist das die Bezeichnung für gewerblich und industriell genutzte Grundstücke oder Unfallstandorte, auf denen eine durch örtliche Stoffeinträge verursachte Boden- oder Grundwasserverunreinigung vorliegt oder vermutet wird.
  - 5 Altablagerungen oder Altstandorte, auf denen eine sanierungsbedürftige Boden- oder Grundwasserverunreinigung festgestellt wurde oder bereits saniert wird, werden als Altlasten bezeichnet. Handelt es sich nicht um Altflächen, sondern um Betriebsflächen oder Unfallstandorte, werden diese als sonstige schädliche Bodenveränderungen bezeichnet.
  - 6 Liegen auf einer Fläche Anhaltspunkte für eine Verunreinigung vor, besteht zunächst der Verdacht, dass es sich um eine Altlast oder sonstige schädliche Bodenveränderung handelt. Entsprechend werden diese Flächen als altlastverdächtige Flächen oder Verdachtsflächen eingestuft.
  - 7 Die Untersuchungen haben keine Anhaltspunkte für Boden- oder Grundwasserverunreinigungen ergeben. Der Verdacht auf eine Altlast oder sonstige schädliche Bodenveränderung konnte damit ausgeräumt werden.
  - 8 Die Maßnahmen zur **Dekontamination oder Sicherung** der Boden- und Grundwasserverunreinigungen auf der Fläche sind abgeschlossen. Da auch nach einer Sanierung noch Schadstoffe in Boden oder Grundwasser verbleiben können, werden zeitweilig oder dauerhaft Maßnahmen zur **Nachsorge** notwendig sein. Vor allem bei Sicherungsmaßnahmen ist die langfristige Wirksamkeit der Sicherungselemente zu überwachen. Das Sanierungsverfahren ist abgeschlossen, wenn die Nachsorgephase beendet und die Einstufung als Altlast oder sonstige schädliche Bodenveränderung aufgehoben wurde.



**Tab. 1:** Gesamtdarstellung von Altablagerungen, Altstandorten und sonstigen schädlichen Bodenveränderungen (ssBV)

Kreis/Kreisfreie Stadt	Erfasste Altablagerungen, Altstandorte, ssBV	Bearbeitungsstand			
		Verdacht	Verdacht nicht bestätigt	Altlasten/ssBV	Sanierung abgeschlossen
Stadt Darmstadt	3 817	11	32	26	39
Stadt Frankfurt	19 794	188	96	101	283
Stadt Offenbach	3 843	73	28	31	51
Stadt Wiesbaden	7 448	100	160	44	83
Lkr. Bergstraße	6 232	17	84	25	84
Lkr. Darmstadt-Dieburg	4 290	14	111	19	44
Lkr. Groß-Gerau	3 474	18	81	44	54
Hochtaunuskreis	2 826	166	229	22	70
Main-Kinzig-Kreis	7 078	244	138	86	161
Main-Taunus-Kreis	3 178	75	79	16	25
Odenwaldkreis	769	9	20	3	12
Lkr. Offenbach	8 603	166	366	78	185
Rheingau-Taunus-Kreis	3 281	151	88	11	18
Wetteraukreis	3 373	111	78	32	120
<b>Regierungsbezirk Darmstadt</b>	<b>78 006</b>	<b>1 343</b>	<b>1 590</b>	<b>527</b>	<b>1 229</b>
Lkr. Gießen	2 409	117	121	20	315
Lahn-Dill-Kreis	3 989	98	234	49	584
Lkr. Limburg-Weilburg	2 376	71	157	29	124
Lkr. Marburg-Biedenkopf	4 556	123	345	26	68
Vogelsbergkreis	715	30	41	5	81
<b>Regierungsbezirk Gießen</b>	<b>14 045</b>	<b>439</b>	<b>898</b>	<b>129</b>	<b>1 172</b>
Stadt Kassel	3 489	66	105	55	120
Lkr. Fulda	2 081	109	50	9	32
Lkr. Hersfeld-Rotenburg	1 202	26	87	17	95
Lkr. Kassel	2 092	68	81	27	58
Schwalm-Eder-Kreis	1 816	46	161	13	36
Lkr. Waldeck-Frankenberg	2 139	36	72	20	50
Werra-Meißner-Kreis	1 392	25	45	6	19
<b>Regierungsbezirk Kassel</b>	<b>14 211</b>	<b>376</b>	<b>601</b>	<b>144</b>	<b>410</b>
<b>Hessen</b>	<b>106 262</b>	<b>2 158</b>	<b>3 089</b>	<b>800</b>	<b>2 811</b>

## Gefährdungspotenzial

Mit der Erfassung einer Altfläche ist auch bereits eine erste Bewertung des Gefährdungspotenzials verbunden. Hierzu werden den einzelnen Deponiearten und Wirtschaftszweigen bestimmte Ablagerungs- und Branchenklassen zugeordnet. Diese Gefährdungsklassen reichen von „sehr gering“ (Klasse 1) bis „sehr hoch“ (Klasse 5) und spiegeln die mögliche Gefahr wider, die von einer Altfläche

mit einem Betrieb der jeweiligen Branche ausgehen kann. Dies gilt auch für Betriebe, die sich auf sonstigen schädlichen Bodenveränderungen befinden.

Die Einteilung nach Gefährdungsklassen zeigt für mehr als die Hälfte der Flächen ein hohes bzw. sehr hohes Gefährdungspotenzial (Klasse 4 und 5).

Bei den Altablagerungen mit hohem Gefährdungspotenzial fällt die große Anzahl der ehemaligen Müllplätze mit unbekanntem Einlagerungen auf. Sie bilden mit 3 495 Flächen die weitaus größte Gruppe

innerhalb der Ablagerungsarten. Bei den Altstandorten dominieren innerhalb der Klassen 4 und 5 die Wirtschaftszweige Metall- und Maschinenbau, Verkehr sowie das Baugewerbe.

## DATUS

### Datenübertragungssystem zur Altflächendatei

Das HLNUG führt in Zusammenarbeit mit den Bodenschutzbehörden der Regierungspräsidien und der Landkreise und kreisfreien Städte die Altflächendatei als Fachinformationssystem Altflächen und Grundwasserschadensfälle (FIS AG).

Nach § 8 Abs. 4 Hessisches Altlasten- und Bodenschutzgesetz (HAltBodSchG) sind Gemeinden und öffentlich-rechtliche Entsorgungspflichtige verpflichtet, die ihnen vorliegenden Erkenntnisse zu Altflächen dem HLNUG so zu übermitteln, dass die Daten im Bodeninformationssystem nach § 7 erfasst werden können.

Dazu bietet das HLNUG das Datenübertragungssystem DATUS an, einerseits in Form einer Anwendung DATUS online und andererseits als eine offene xml-Schnittstelle zu FIS AG.

Im Dezember 2020 wurden alle Kommunen von der Kommunalaufsicht des Innenministeriums erneut aufgefordert, ihrer Pflicht zur Erfassung der Altstandorte nachzukommen. Ende Februar 2021 haben sich dennoch 18 % der 422 hessischen Städte und Gemeinden nicht an dem Datenaustausch mit der Altflächendatei beteiligt.

Immerhin 24 % befinden sich im aktuellen Austausch und nehmen die Möglichkeit wahr, weitere relevante Gewerbeabmeldungen wiederholt elektronisch zu melden. 58 % der Kommunen befinden sich in der Bearbeitungsphase. Ihre Meldungen werden daher in Kürze erwartet.

## Behördeninterne GIS-Anwendung, neuerdings mit Editierlayer

Das interne FIS AG GIS ist der begleitende Kartendienst zum „Fachinformationssystem Altflächen und Grundwasserschadensfälle (FIS AG)“ und ist nur für die FIS AG Nutzerinnen und Nutzer bestimmt.

Das GIS dient in erster Linie der geographischen Lagebestimmung von hessischen Altflächen (Altablagerung, Altstandort, schädliche Bodenveränderung und Grundwasserschadensfall).

Neu seit dem 12. Januar 2021 ist der Editierlayer im GIS. Mithilfe der neuen Editierfunktion gibt es nun die Möglichkeit, Geometrien im GIS zu zeichnen und auch dauerhaft zu speichern.

## Neuerscheinungen

### Bundesumweltministerium (BMU): Leitfaden zur PFC-Bewertung

Wie bewerte ich PFC-Analysenergebnisse, welche Maßstäbe und Werte gelten? Hierzu gibt es nun eine bundesweit abgestimmte Arbeitshilfe, die unter Federführung des Bundesumweltministeriums erstellt wurde. Der Titel lautet: „Leitfaden zur PFC-Bewertung - Empfehlungen für die bundeseinheitliche Bewertung von Boden- und Gewässerverunreinigungen sowie für die Entsorgung PFC-haltigen Bodenmaterials“.

Im Leitfaden werden die wesentlichen Umweltmedien und Regelungsbereiche behandelt: Grundwasser, Oberflächengewässer, Abwasser, Abfälle, Klärschlämme und Böden sowie die Wirkungspfade Boden-Mensch, Boden-Grundwasser und Boden-Nutzpflanze.

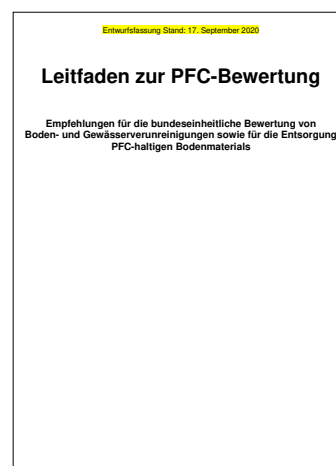
Einerseits ist es erfreulich, dass nun bundesweite Regelungen/Empfehlungen vorliegen. Andererseits liegt derzeit noch nicht die Endfassung, sondern nur eine Entwurfsversion mit Stand 17. September 2020 vor, in dem das Kapitel „Umgang mit PFC-haltigem Bodenmaterial“ vorerst fehlt. Denn bisher haben zwar die LABO und LAWA dem Papier zuge-

stimmt, aber seitens der LAGA wird der Leitfaden noch geprüft.

Ein zweiter Wertestropfen betrifft das Thema Analytik. Denn derzeit werden andere PFC verwendet als noch vor einigen Jahren, aber für die „neuen“ PFC gibt es weder genormte

Analysenverfahren noch Bewertungsmaßstäbe. Den AutorInnen des Leitfadens ist dieses Defizit bewusst, denn sie werben um Forschungsgelder, um hier weiterzukommen. Ob und wann diese Gelder bereitgestellt werden, ist leider ungewiss.

[https://www.bmu.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Bodenschutz/pfc\\_leitfaden\\_bf.pdf](https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Bodenschutz/pfc_leitfaden_bf.pdf)



### Umweltbundesamt (UBA): Sanierungsmanagement für lokale und flächenhafte PFAS-Kontaminationen

Im Auftrag des Umweltbundesamtes wurde die Arbeitshilfe „Sanierungsmanagement für lokale und flächenhafte PFAS-Kontaminationen“ erstellt und in der Reihe Texte 137/2020 veröffentlicht. Als Autoren wirkten Dr. Thomas Held und Dr. Michael Reinhard von der Arcadis Germany GmbH, die schon auf vielen PFC-Fachveranstaltungen vorgetragen und bereits bei der Veröffentlichung „Boden- und Grundwasserkontaminationen mit PFC bei altlastverdächtigen Flächen und nach Löschmitteleinsätzen“ aus dem Jahr 2015 mitgewirkt haben (LFP Projekt B 4.14 <http://www.laenderfinanzierungsprogramm.de/projektberichte/labo/>).

In der Arbeitshilfe wird zwischen flächenhaften PFC-Verunreinigungen (hervorgerufen durch PFC-Produktionsstandorte oder durch illegale Aufbringung auf landwirtschaftlichen Flächen) und punktuellen PFC-Verunreinigungen (Altlasten, AFFF-





Schaummitteleinsatz bei Brandereignissen oder auf Löschübungsplätzen) unterschieden. Die Arbeitshilfe unterstützt die Ingenieurbüros und Behörden bei der Vorauswahl, der Bewertung und der Entscheidung für ein geeignetes und verhältnismäßiges Sanierungsverfahren. Zu den einzelnen Sanierungsverfahren werden Vor- und Nachteile, die technischen und

genehmigungsrechtlichen Voraussetzungen sowie deren Nachhaltigkeit aufgezeigt.

<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/sanierungsmanagement-fuer-lokale-flaechenhafte-pfas>

## Umweltbundesamt (UBA): Kunststoffe in Böden

Nachdem in der Öffentlichkeit zunächst vor allem die Verschmutzung der Ozeane mit (Mikro-)Plastik diskutiert wurde, ist zwischenzeitlich die Belastung terrestrischer Ökosysteme in den Fokus der Forschung gerückt. In ihrer Reihe „Fact Sheet“ hat das Umweltbundesamt Ende letzten Jahres kurz und knapp den derzeitigen Kenntnisstand zu Einträgen und Wirkungen von Kunststoffen in Böden zusammengefasst:

[https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/421/publikationen/factsheet\\_kunststoffe\\_in\\_boeden.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/421/publikationen/factsheet_kunststoffe_in_boeden.pdf)

Das Fact Sheet gibt dabei einen Überblick zu den maßgeblichen Eintragspfaden von Kunststoffen in Böden, wie beispielsweise Reifenabrieb, Littering oder Eintrag durch Landwirtschaft und Gartenbau, wobei zwischen vorsätzlichem und nicht vorsätzlichem Eintrag unterschieden wird. Weiterhin werden die Verweilzeiten von Kunststoffen in Böden, der potenzielle Abbau oder auch die Verlagerung im Boden und ein Übergang in andere Umweltmedien sowie die Wirkungen auf Bodeneigenschaften und Bodenorganismen thematisiert. Abschließend wird in Stichworten der weitere Forschungsbedarf skizziert und dargelegt, was jede/r Einzelne von uns tun kann, um zu vermeiden, dass Kunststoffe in unsere Böden gelangen.

Auch die Kommission Bodenschutz am Umweltbundesamt (KBU) widmete der Thematik ihre letztjährige Veranstaltung zum Tag des Bodens. Die Tagung mit dem Titel „Kunststoffe in der Umwelt – Ein Problem für unsere Böden, oder nur falscher Alarm?“ fand am 3. Dezember 2020 als Online-Veranstaltung

statt. Die Vorträge sowie ein zusammenfassendes Ergebnispapier können ebenfalls auf den Seiten des Umweltbundesamtes eingesehen werden:

<https://www.umweltbundesamt.de/online-tagung-der-kbu-weltbodentag-2020>

Im Februar 2021 hat die KBU außerdem ein Positionspapier mit dem Titel „Plastik und andere persistente „neue“ Stoffe im Boden – Weitere Herausforderungen im Bodenschutz“ veröffentlicht. Neben Plastik werden hier die per- und polyfluorierten Verbindungen (PFC oder PFAS) in den Fokus gestellt. Die KBU kritisiert, dass es sich in beiden Fällen um fehlgeleitete Stoffströme handelt, die unbeachtet auf landwirtschaftlichen Flächen enden oder die eingesetzt wurden, ohne die nötige Vorsorge walten zu lassen. Sie appelliert eindringlich, Kontaminationen zu vermeiden oder zumindest zu begrenzen und formuliert zu diesem Zweck abschließend mehrere Handlungsempfehlungen:



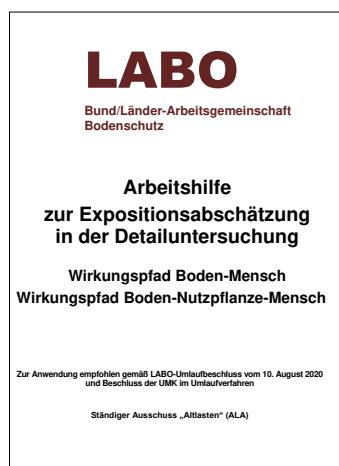
[https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/kbu\\_plastik\\_u\\_andere\\_persistente\\_neue\\_stoffe\\_2auf1\\_bf.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/kbu_plastik_u_andere_persistente_neue_stoffe_2auf1_bf.pdf)

## Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO): Arbeitshilfe zur Expositionsabschätzung in der Detailuntersuchung Wirkungspfad Boden-Mensch, Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze- Mensch

Die Arbeitshilfe behandelt Expositionen, denen Menschen als Nutzer von Flächen ausgesetzt sein können. Dazu werden auf Grundlage der BBodSchV die verschiedenen Methoden zur Expositionsabschätzung dargestellt, die die Mobilität und Verfügbarkeit der Schadstoffe im Boden sowie die Nutzungsbedingungen am Standort ermitteln.

Die Arbeitshilfe wendet sich an alle, die mit der systematischen Bearbeitung von schädlichen Bodenveränderungen/Altlasten für den Wirkungspfad Boden-Mensch bzw. Boden-Nutzpflanze-Mensch befasst

sind, insbesondere an Behörden, Untersuchungsstellen und Sachverständige. Ziel der Arbeitshilfe ist es, ein bundeseinheitliches Vorgehen bei der Expositionsabschätzung innerhalb der Detailuntersuchung und der daraus abzuleitenden Gefahrenbeurteilung zu etablieren.



Anwendenden und Entscheidenden soll die Arbeitshilfe alle notwendigen Werkzeuge zur konkreten Ausgestaltung der Expositionsabschätzung und Risikobewertung innerhalb der Detailuntersuchung an die Hand geben und so helfen, die Regelungen der BBodSchV umzusetzen.

Insbesondere bietet die Arbeitshilfe:

- Hilfestellung bei der Abschätzung der konkreten Gefahrenlage bei Prüfwertüberschreitungen
- Dezierte methodische Ausführungen zu einzelnen Abschätzungsverfahren
- Eine Checkliste für die Ausschreibung und Prüfung von Ergebnisberichten sachverständiger Gutachter
- Datenblätter mit konkreten Hinweisen für die Expositionsabschätzung
- Fallbeispiele für in der Praxis wesentliche Fallgestaltungen

[https://fnr.de/fileadmin/kiwuh/broschueren/Brosch\\_Bodenschutz\\_im\\_Wald\\_web.pdf](https://fnr.de/fileadmin/kiwuh/broschueren/Brosch_Bodenschutz_im_Wald_web.pdf)

Eine Evaluierung und Überarbeitung der Arbeitshilfe ist nach der Durchführung von bundesweiten Schulungen geplant. Diese sind im Sommer/Herbst 2021 in Dresden und Hannover vorgesehen.

## Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V.: Bodenschutz im Wald

Ein gesunder Waldboden ist die Grundlage für alles ober- und unterirdische Leben im Wald und damit ein entscheidender Produktionsfaktor für den nachwachsenden Rohstoff Holz. Er erfüllt zahlreiche Funktionen: So sorgt er beispielsweise durch sein Filter- und Puffervermögen für eine hohe Wasserqualität, trägt zur Biodiversität unserer Wälder bei, indem er unzähligen Bodenorganismen einen Lebensraum bietet, und leistet als Kohlenstoffspeicher einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz. Der Waldboden ist ein komplexes System, in dem vielfältige chemische, physikalische und biologische Prozesse ineinandergreifen.

Die neue Broschüre „Bodenschutz im Wald“, die von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) in Kooperation mit der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) und dem Kuratorium für Waldarbeit- und Forsttechnik



(KWF) veröffentlicht wurde, richtet sich an alle Waldbesitzer, alle im Wald arbeitenden Menschen sowie die Allgemeinheit. Sie stellt in einem Grundlagen-Teil die wichtigsten Funktionen der Waldböden vor und thematisiert Beeinflussungen durch Umwelteinwirkungen und Waldbewirtschaftung. Den Schwerpunkt der Broschüre bilden – im Sinne einer guten fachlichen Praxis – Handlungsempfehlungen für eine bodenschonende Holznutzung, wobei sowohl Maßnahmen zur Schadensprävention als auch zur Regeneration bereits geschädigter Waldböden erläutert werden. Die Anlagen enthalten ein nach

Arbeitsphasen gegliedertes Prüfschema zur „optimalen“ Holzernte sowie ein umfangreiches Glossar bodenschutzrelevanter, forsttechnischer Fachbegriffe.

Die informative Broschüre kann gegen eine Schutzgebühr von 2 € auf der Website des FNR bestellt werden und steht außerdem unter folgendem Link als Download zur Verfügung:

[https://fnr.de/fileadmin/kiwuh/broschueren/Brosch\\_Bodenschutz\\_im\\_Wald\\_web.pdf](https://fnr.de/fileadmin/kiwuh/broschueren/Brosch_Bodenschutz_im_Wald_web.pdf)

## Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUKLV): Anlage von Erosionsschutzstreifen



Bodenerosion durch Wasser führt auf reliefierten Ackerflächen oft zu großflächigen Bodenabträgen und damit zu unwiederbringlichen Bodenverlusten. Als effektives Mittel zur Vermeidung oder Verminderung von Erosion an abflusskritischen Geländepositionen dienen Erosionsschutzstreifen.

Sie erhöhen die Infiltration des Bodens im Bereich der Streifen und bremsen darüber hinaus die Fließgeschwindigkeit des abfließenden Wassers, wodurch dessen erosive Kraft reduziert wird. Gleichzeitig können sich mitgeführte Bodenteilchen an den Erosionsschutzstreifen wieder ablagern. In der Praxis treten bei der Anlage von Erosionsschutzstreifen jedoch häufig Fehler auf, welche die Wirksamkeit der Streifen mindern oder diese gar gänzlich unwirksam machen.

Im Auftrag des HMUKLV wurde deshalb eine Handreichung zur Anlage von Erosionsschutzstreifen erstellt, welche auf der Website des HMUKLV veröffentlicht wurde und dort auch in gedruckter Form angefordert werden kann.

[https://umwelt.hessen.de/sites/umwelt.hessen.de/files/2021-10/anlage\\_von\\_erosionsschutzstreifen.pdf](https://umwelt.hessen.de/sites/umwelt.hessen.de/files/2021-10/anlage_von_erosionsschutzstreifen.pdf)

Die Broschüre ist vor allem an Landwirtinnen und Landwirte und die landwirtschaftliche Beratung adressiert und erläutert alle relevanten Kriterien, die bei der Anlage von Erosionsschutzstreifen zu beachten sind. Fragen wie „An welcher Position werden Erosionsschutzstreifen angelegt?“, „Wie breit muss ein Erosionsschutzstreifen sein?“ oder „Wie werden Erosionsschutzstreifen angelegt?“ werden in der Broschüre aufgegriffen und anhand von Beispielen aus der Praxis und in Form von Steckbriefen anschaulich beantwortet. Darüber hinaus wird auch auf die HALM Förderfähigkeit bestimmter Erosionsschutzstreifen eingegangen. Insgesamt stellt die Handreichung einen praxisnahen Beitrag zur Förderung eines wirksamen Erosionsschutzes in Hessen dar.

## Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUKLV): Bodenschutzkonzept für die Stadt Wetzlar

Die Kommunen spielen beim Bodenschutz eine wichtige Rolle, da sie die lokale Planungs- und Entscheidungsebene für viele Bereiche der Bodennutzung bilden, wie z. B. bei der Ausweisung von Bau-

gebieten oder der Pflege von Grünflächen. Daher hat das HMUKLV gemeinsam mit der Stadt Wetzlar in einem Pilotprojekt die Erstellung eines Bodenschutzkonzeptes für Wetzlar finanziert. Dieses enthält in





einem ersten Teil die rechtlichen, planerischen und fachlichen Grundlagen sowie eine Bestandsaufnahme der Böden und eine Bewertung ihrer aktuellen Situation in der Stadt. Der zweite Teil beinhaltet als wesentliche Entscheidungsinstrumente Karten zur

Bodenfunktionsbe-

wertung und formuliert ein Leitbild sowie Entwicklungsziele. Zur praktischen Umsetzung wird ein detaillierter Maßnahmenkatalog vorgelegt.

Das Bodenschutzkonzept Wetzlar soll Vorbildcharakter für andere hessische Kommunen haben, die

ebenfalls den Schutz ihrer Böden intensivieren wollen, und ihnen zur Orientierung dienen.

<https://umwelt.hessen.de/Boden-und-Bergbau/Foerderung-von-Kommunen>

Das Konzept und die hierzu erstellten hochauflösenden Karten können auf der Internetseite der Stadt Wetzlar heruntergeladen werden.

[https://wetzlar.de/leben-in-wetzlar/umweltnaturschutz/Boden\\_und\\_Altlasten/boden.php](https://wetzlar.de/leben-in-wetzlar/umweltnaturschutz/Boden_und_Altlasten/boden.php)

Das Projekt wurde am 6. Mai 2021 in einer Online-Veranstaltung vorgestellt. Eine Aufzeichnung der Online-Veranstaltung steht auf der Internetseite der Naturschutz-Akademie Hessen zur Verfügung.

<https://www.na-hessen.de/content/dokumentation/veranstaltungen/pilotprojekt-bodenschutzkonzept-wetzlar-06052021.html>

## Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG): Kompensation des Schutzguts Boden in der Bauleitplanung nach BauGB – Ergänzung weiterer Maßnahmensteckbriefe

2019 wurde die aktualisierte Arbeitshilfe zur Ermittlung des Kompensationsbedarfs für das Schutzgut Boden in Hessen und Rheinland-Pfalz veröffentlicht, die zusammen mit einem Excel-Berechnungstool eine Beurteilung von Eingriffen in das Schutzgut Boden erlaubt und eine Ableitung eines bodenbezogenen Ausgleichs ermöglicht. Neben der Arbeitshilfe werden auf der Website des HLNUG „Maßnahmensteckbriefe Boden“ zum Download bereitgestellt, die eine Übersicht über mögliche bodenbezogene Minderungs-

und Kompensationsmaßnahmen geben. Dabei wird jede Maßnahme beschrieben, die wesentlichen Merkmale und Voraussetzungen zusammengefasst sowie ein Praxisbeispiel gege-

ben. Im Jahr 2020 wurden für fünf Kompensationsmaßnahmen diese Maßnahmensteckbriefe aktualisiert:

- Auftrag humosen Oberbodens (<https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/boden/Planung/Kompboden/msb-073-auftrag-humosen-oberbodens.pdf>)
- Umwandlung in ökolog./biol. Anbau (<https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/boden/Planung/Kompboden/msb-038-umwandlung-oekol-Anbau.pdf>)
- Kalkung (<https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/boden/Planung/Kompboden/msb-012-Kalkung.pdf>)
- Neuanlage von Feldgehölzen/Hecken (<https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/boden/Planung/Kompboden/msb-058-feldgehoeelze.pdf>)
- Anlage von Brachen (<https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/boden/Planung/Kompboden/msb-069-brachen.pdf>)



## Interessantes und Wissenswertes

### Moorkartierungen in Hessen

Naturnahe Moorböden sind wertvoll für den Klima- und Artenschutz. Sie speichern große Mengen  $\text{CO}_2$  in Form von Bodenkohlenstoff und stellen Lebensraum für seltene und bedrohte Flora und Fauna dar. Daneben erfüllen sie weitere wichtige Ökosystemleistungen. Durch Entwässerung und nicht standortangepasste Landnutzung sind diese sensiblen Ökosysteme aber oft auch bedroht. Um die genaue Verbreitung und den Zustand der Moorböden in Hessen zu erfassen, werden derzeit verschiedene Moorkartierungen im Dezernat Boden und Altlasten des HLNUG durchgeführt. Ziel ist eine Ausweisung potenzieller Flächen, die für Klima- und Naturschutzmaßnahmen geeignet sind. Finanziert werden die Arbeiten aus Mitteln des integrierten Klimaschutzplans Hessen, der durch das Hessische Umweltministerium koordiniert wird.



**Abb. 1:** Kartierarbeiten in einer Niedermoorfläche mit Extensiv-Grünland im Hessischen Ried © HLNUG

### Untersuchung von Auenböden im ehemaligen Bergbaurevier Frankenberg-Geismar (Eder)

Aktuell wird im Dezernat Boden und Altlasten des HLNUG eine studentische Abschlussarbeit mit dem Thema „Elementgehalte in Auenböden des ehemaligen Bergbaureviers Frankenberg-Geismar (Eder)“ betreut, welche im Masterstudiengang „Geowissenschaften“ an der Goethe-Universität Frankfurt durchgeführt wird. Hintergrund ist der historische Kupfer- und Silberbergbau, welcher nach ca. 200 Jahren intensiver Bergbautätigkeit zwar schon im Jahr 1818 stillgelegt wurde, aber dessen Spuren im Untersuchungsgebiet noch vorhanden sind. Da die Verarbeitung von Erzen häufig in Gewässernähe durchgeführt wurde, kam es speziell in den Auen zu Ablagerungen von bergbaubeeinflussten Sedimenten. Die Verbreitung der Elementgehalte in den Auenböden des Untersuchungsgebiets soll methodisch untersucht und nach Bodenschutzrecht beurteilt werden.



**Abb. 2:** Ablagerungen des Bergbaus auf der „weißen Halde“ mit Blick in die Landschaft © HLNUG



## Neue Web-App zu Boden-Dauerbeobachtungsflächen in Deutschland

Das Umweltbundesamt hat eine interaktive Web-App zu den deutschlandweit von den einzelnen Bundesländern betriebenen Boden-Dauerbeobachtungsflächen (BDF) entwickelt: <https://gis.uba.de/maps/resources/apps/bodendauerbeobachtung>

Diese visualisiert die Standorte der über 700 deutschen BDF (aus Datenschutzgründen allerdings nicht lagegetreu) und enthält weitere Informationen, beispielsweise zum Betreiber, dem Jahr der Einrichtung, dem vorliegenden Bodentyp, der Nutzung sowie den erhobenen Messgrößen. Konkrete Messwerte werden allerdings nicht dokumentiert. In einem Einleitungstext werden in Stichworten die Ziele der Boden-Dauerbeobachtung erläutert. Neben der interaktiven Navigation besteht auch die Möglichkeit zum Download der vorhandenen Daten.

Weitere Informationen zu den vom HLNUG betriebenen hessischen Boden-Dauerbeobachtungsflächen sind verfügbar unter:

<https://www.hlnug.de/themen/boden/erhebung/boden-dauerbeobachtung>

<https://youtu.be/8d8H7hx4Big>

Auch der BodenViewer Hessen visualisiert im Bodenzustandskataster die Standorte der hessischen BDF und gibt weitere Informationen zu den einzelnen Flächen:

<https://bodenviewer.hessen.de>



**Abb. 3:** Blick auf die hessische Intensiv-Messstelle Frankfurt Flughafen mit Depositionssammlern © HLNUG



## Expedition ins Erdreich - mit Teebeuteln den Boden erforschen

„Expedition Erdreich“ heißt die bundesweite Citizen-Science-Aktion zum Thema Bodengesundheit im Wissenschaftsjahr 2020/21 – Bioökonomie, einer Initiative des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF). Zusammen mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern des BonaRes-Zentrums für Bodenforschung und des Departments Bodensystemforschung am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung untersuchen „Bürgerforschende“ den Bodenzustand in Deutschland. Hierzu werden genormte Teebeutel für einen Zeitraum von drei Monaten vergraben. In dieser Zeit verlieren die Teebeutel an Gewicht, da die Teeblätter durch Mikroorganismen im Boden zersetzt werden. Anhand des Gewichtsunterschiedes lässt sich der sogenannte Tea-Bag-Index berechnen, der Aufschluss über die Zersetzungsrate und die biologischen Aktivitäten im Boden gibt. Außerdem sollen die Teilnehmenden noch weitere Bodeneigenschaften wie pH-Wert oder Bodenart untersuchen.

Neben der Erfassung der Daten soll mit der Aktion der Boden stärker in das Bewusstsein der Menschen gerückt werden. Auf der eingerichteten Webseite werden weitere interessante Informationen zum Boden zur Verfügung gestellt. Ein Aktionsheft bietet spannende Aufgaben rund um das Thema Boden. Für Lehrkräfte gibt es außerdem kostenfreies Lehr- und Arbeitsmaterial, das zentrale Bodenthemen vertieft und auch unabhängig von der Aktion, modular oder unterrichtsbegleitend, eingesetzt werden kann.

Der offizielle Start der Aktion fand unter der Beteiligung der Bundesforschungsministerin Anja Karliczek am 23. April 2021 in Berlin statt. Sie endet am 31. Oktober 2021. Vor dem Start der Aktion wurden bereits 4500 Aktions-Kits verschickt.

Weitere Informationen unter:  
<https://www.expedition-erdreich.de/>



**Abb. 4:** Teebeutel und mehr: Mit diesen Materialien gehen die Citizen Scientists im Sommer auf die Expedition Erdreich im Wissenschaftsjahr 2020/21 – Bioökonomie © BMBF/ExpeditionErdreich

## Arbeitshilfen Boden- und Grundwasserschutz aktuell (AH BoGwS aktuell)

Seit etwa 20 Jahren informiert die Leitstelle des Bundes für Boden- und Grundwasserschutz im Niedersächsischen Landesamt für Bau und Liegenschaften (NLBL) mit ihren „Arbeitshilfen Boden- und Grundwasserschutz aktuell“ zu den Themen Altlasten und Bodenschutz, insbesondere mit Hinweisen zur Probenahme und Analytik. Obwohl die Untersuchung

und Sanierung von Bundeswehrstandorten im Fokus stehen, betreffen die meisten Themen allgemeine Aspekte zum Bodenschutz und zu Altlasten.

[www.leitstelle-des-bundes.de/Inhalt/BoGwS/Aktuelles/BoGwS\\_aktuell\\_21\\_2020.pdf](http://www.leitstelle-des-bundes.de/Inhalt/BoGwS/Aktuelles/BoGwS_aktuell_21_2020.pdf)





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)