

6
2
0
2
6



Bild estrel: Estrel Berlin / Benjamin Jehne

ITVA ALTLASTENSYMPOSIUM

15.-17. April 2026

Estrel Berlin

In Zusammenarbeit mit



Vorwort

HERZLICH WILLKOMMEN

Sehr geehrte Damen und Herren,

ich freue mich Sie heute in dem Ort zu begrüßen, in dem der ITVA seine Geburtsstunde im Jahr 1990 hatte, unserer Bundeshauptstadt Berlin. Auch in diesem Jahr ist das Interesse am ITVA-Symposium riesig und wir sind wieder einmal mit mehr als 500 Teilnehmenden ausgebucht.

Dank Ihrer Themenwünsche und der Kreativität unseres Programmkomitees ist es uns gelungen, ein vielseitiges Programm zu gestalten. Auch der ITVA-Preis wird in diesem Jahr wieder verliehen.

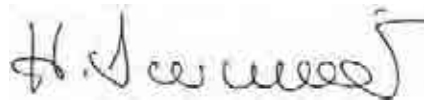
Die Berichterstattung aus der Arbeit der Fachausschüsse und des Jungen ITVA (JITVA) beschließt in diesem Jahr erstmalig das Symposium.

Mein besonderer Dank gilt den Referierenden, den Moderatoren und Moderatorinnen, die wieder einmal viel Arbeit in ihre Vorbereitung gesteckt haben, sowie den ausstellenden Firmen, die mit ihren Messeständen, Rollups, Bannern oder Anzeigen im Tagungsband und dem Sponsoring unseres Events am Ende des ersten Veranstaltungstages dazu beitragen, dass wir ein Symposium in dieser Größenordnung durchführen können.

Mein Dank geht auch an unseren diesjährigen Mitveranstalter, der Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt der Stadt Berlin und natürlich an unsere Geschäftsstelle in Berlin, vertreten durch Elke Kadgien und das Orga-Büro Hannover mit Karoline Eggert.

Genießen Sie die Veranstaltung!

Ihr



Prof. Dipl.-Ing. Harald Burmeier
Erster Vorsitzender des ITVA e.V.



Veranstaltet von
Ingenieurtechnischer Verband für
Altlastenmanagement
und Flächenrecycling e.V. (ITVA)

Askanischer Platz 4
10963 Berlin
Tel.: +49 (0)30 48 63 82 80
Fax: +49 (0)30 48 63 82 82
E-Mail: info@itv-altlasten.de
www.itv-altlasten.de

In Zusammenarbeit mit





Mittwoch, 15. April 2026

19.30 Uhr **Get-together mit Imbiss und Fachausstellung im Foyer und Estrel Saal Berlin**

18.30 Uhr **Junger ITVA - Treffen der JITVA-Mitglieder**

Donnerstag, 16. April 2026

8.00 Uhr **Registrierung, Begrüßungskaffee**

9.00 Uhr **Eröffnung**

Prof. Dipl.-Ing. Harald Burmeier, Erster Vorsitzender des Ingenieurtechnischen Verbandes für Altlastenmanagement und Flächenrecycling e.V. (ITVA), Berlin

9.05 Uhr **Begrüßung**

Dr. Birgit Fritz-Taute

Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt (SenMVKU), Berlin

9.15 Uhr **Gesellschaft im Klimawandel**

Prof. Dr. Leonie Wenz, Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK)

Rechts- und Vollzugsfragen

Moderation: Dr. Thomas Gerhold, avocado rechtsanwälte, Köln

9.45 Uhr **Umgang mit PFAS im Recht**

Prof. Dr. Wolfgang Köck, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ, Leipzig

10.10 Uhr **Entwicklung PFAS-kontaminierter Flächen – Umgang mit Bodenmaterial**

Dr. Achim Willand

Gaßner, Groth, Siederer & Coll. Partnerschaft von Rechtsanwälten mbB, Berlin

10.35 Uhr **Organisatorische und rechtliche Anforderungen an den Umgang mit mineralischen Abfällen und Ausbaustoffen im Erd- und Straßenbau**

Melanie Schäfer, Region Hannover

11.00 Uhr **Kaffeepause, Fachausstellung**

Digitalisierung / Nutzung von KI in der Altlastenbearbeitung

Moderation: Katja Schelle, Stadt Düren

11.30 Uhr **Gestern innovativ, heute Standard, morgen KI? Perspektiven in der historischen Kampfmittelerkundung**

Dipl.-Geogr. Marco Eckstein, Luftbilddatenbank Dr. Carls GmbH, Estenfeld

11.55 Uhr **Multikriterielle Entscheidungsanalyse zur Räumung von Munitionshaufen in der Ostsee**

Dr. Torsten Frey

GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung, Kiel

12.20 Uhr **Digitale Assistenzsysteme zur Optimierung der Entsorgung mineralischer Abfälle**

Fred Köhler, Mineral Waste Manager GmbH, Büren

12.45 Uhr **Mittagspause, Fachausstellung**



Donnerstag, 16. April 2026

Nachhaltigkeit in der Altlastenbearbeitung

Moderation: Yvonne Sutter, Ramboll Deutschland GmbH, Frankfurt am Main

- 14.15 Uhr Einführung durch ITVA-Arbeitsgruppe SuRF D-A-CH**
Christian Poggendorf, Hannover
- 14.25 Uhr Nachhaltigkeit beim Nachsorgeübergang aus aktiver Grundwassersanierung am Beispiel des Altlaststandorts Kupferhammer**
Morgane Minnig-Pirro, GFI Grundwasser-Consulting-Institut GmbH, Dresden
- 14.50 Uhr Sanierungs- und Sicherungsmaßnahmen am Beispiel einer innerstädtischen Gaswerkssanierung in Berlin - nachhaltige Nutzungsmöglichkeiten von gereinigtem Grundwasser**
Frank Heim
Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt (SenMVKU), Berlin
- 15.15 Uhr Kaffeepause, Fachausstellung**

Hochschule trifft Praxis

Moderation: Prof. Dr. Jens-Uwe Fischer und Lea Dreier, JITVA

- 15.35 Uhr Verleihung der ITVA-Preise 2026**
Vorstellung und Beiträge der Preisträgerinnen und Preisträger:
B. Sc. Sarah Bumberger, M.Sc. Domenic Silberer, Dr. Amirhossein Ershadi
- 16.35 Uhr Ende der Vorträge**
- 17.00 Uhr Schiffahrt** ab Estrel (Ankunft Hafen Treptow ca. 19.15 Uhr, Rückfahrt mit Bus/S-Bahn)
- 19.30 Uhr Abendveranstaltung im Estrel-Saal mit Buffet**

Freitag, 17. April 2026

Erkundungs- und Sanierungspraxis sowie Flächenrecycling in Metropolregionen

Moderation: Dr. Benjamin Faigle, Züblin Umwelttechnik GmbH, Markgröningen

- 8.30 Uhr Detailuntersuchung mit vollständigem Rückbau eines großen ehemaligen militärischen Tanklagers**
Axel Lutz, GESA Gesellschaft zur Entwicklung und Sanierung von Altstandorten mbH, Berlin
- 8.55 Uhr Neue, molekularbiologische Werkzeuge für die Standortbewertung und Sanierungsanalyse**
Jessica Beyert, Sensatec GmbH, NL Köln
Univ.-Doz. Mag. Dr. Thomas Reichenauer, AIT Austrian Institute of Technology, Wien
- 9.20 Uhr Flächenrecycling und Umsetzung von Gefahrenabwehrmaßnahmen zum Schutz eines Berliner Wasserwerkes am Beispiel des ehemaligen Betriebes Kühlautomat in Berlin-Johannisthal**
Dr. Ulrike Hass
Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt (SenMVKU), Berlin
- 9.45 Uhr Synergetische Sanierungstechnologien: Optimierung einer LCKW-Sanierung durch kombinierte Anwendung von Air-Sparging und Multi-Phasen-Extraktion (Lübbenau)**
Dr. Karsten Menschner, CDM Smith SE, Leipzig
Philipp ter Schiphorst, Züblin Umwelttechnik GmbH, Berlin
- 10.10 Uhr Kaffeepause, Fachausstellung**

In Zusammenarbeit mit



ITVA – Altlastensymposium 2026
15.-17.04.2026 Berlin



Freitag, 17. April 2026

PFAS for ever?

Moderation: Dr. Annegret Biegel-Engler, Umweltbundesamt (UBA), Dessau-Roßlau

10.30 Uhr Stand der PFAS-Bearbeitung auf Bund-/Länderebene

Astrid Klose

Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt (SenMVKU), Berlin

10.40 Uhr Untersuchungen zu bisher unbekanntem PFAS in hochbelasteten Boden- und Grundwasserproben

Mareike Mersmann, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW, Essen

11.05 Uhr PFAS-Schaden ehemaliges Reifenwerk Berlin-Schmöckwitz – Gefahrenabwehrmaßnahmen zur Sicherung des Wasserwerkes Eichwalde

Anne Hoyer

Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt (SenMVKU), Berlin

11.30 Uhr Entfernung und vollständige technische Zerstörung von PFAS auf Aktivkohle

Tobias Carstens, DESOTEC Deutschland GmbH, Düsseldorf

11.55 Uhr Bericht des Jungen ITVA (JITVA)

12.05 Uhr Berichte der ITVA-Fachgremien

12.25 Uhr Schlusswort

Prof. Dipl.-Ing. Harald Burmeier, Erster Vorsitzender des Ingenieurtechnischen Verbandes für Altlastenmanagement und Flächenrecycling e.V. (ITVA), Berlin

12.30 Uhr Lunch im Foyer und Estrel Saal

13.30 Uhr ITVA-Mitgliederversammlung (nur für Mitglieder)

Veranstaltungsort: Estrel Congress Center, Sonnenallee 225, 12057 Berlin

Programmänderungen vorbehalten

Abstracts

16. April 2026

Eröffnungsvortrag

1. Gesellschaft im Klimawandel

Prof. Dr. Leonie Wenz, Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK)

Rechts- und Vollzugsfragen

Moderation: Dr. Thomas Gerhold, avocado rechtsanwälte, Köln

2. Umgang mit PFAS im Recht

Prof. Dr. Wolfgang Köck, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ, Leipzig

3. Entwicklung PFAS-kontaminierter Flächen – Umgang mit Bodenmaterial

Dr. Achim Willand, Gaßner, Groth, Siederer & Coll.
Partnerschaft von Rechtsanwälten mbB, Berlin

4. Organisatorische und rechtliche Anforderungen an den Umgang mit mineralischen Abfällen und Ausbaustoffen im Erd- und Straßenbau

Melanie Schäfer, Region Hannover

Gesellschaft im Klimawandel

Leonie Wenz

1 Überblick Vortrag

Der Klimawandel ist längst keine ferne Zukunftsfrage mehr, sondern prägt bereits heute Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft. Die globale Durchschnittstemperatur ist seit der vorindustriellen Zeit deutlich gestiegen, und in Deutschland verläuft die Erwärmung sogar stärker als im globalen Durchschnitt. Jede zusätzliche Tonne CO₂ trägt zur weiteren Erwärmung bei.

Mit steigenden Temperaturen verändern sich auch Extremwetterereignisse: Hitzewellen, Dürren, Waldbrände und Starkniederschläge treten in vielen Regionen häufiger und intensiver auf.

Was bedeutet dies für unsere Gesellschaft – heute und in Zukunft? Welche wirtschaftlichen und sozialen Kosten entstehen – und wer trägt sie?

In diesem Vortrag gebe ich einen Überblick über die Folgen des Klimawandels in zentralen gesellschaftlichen Bereichen, darunter Landwirtschaft, Produktivität, Gesundheit und Migration. Zudem werden mögliche Auswirkungen auf gesellschaftliche Dynamiken, etwa Aggression und Konflikt, diskutiert. Schließlich werden gesamtwirtschaftliche Schadensabschätzungen vorgestellt und Fragen der Verteilung von Klimafolgen beleuchtet.

Neben den Risiken stehen auch Handlungsmöglichkeiten im Mittelpunkt: Was sind Möglichkeiten und Grenzen der Anpassung? Wo steht die Gesellschaft aktuell beim Klimaschutz? Welche Rolle können klimafreundliche Verhaltensänderungen spielen?

Ziel des Vortrags ist es, den aktuellen Stand der Forschung verständlich einzuordnen und Perspektiven für gesellschaftliches Handeln aufzuzeigen.

Anschriften der Autorinnen/Autoren

Prof. Dr. Leonie Wenz
Potsdam Institut für Klimafolgenforschung
leonie.wenz@pik-potsdam.de

www.pik-potsdam.de/~wenz

Umgang mit PFAS im Recht

Wolfgang Köck

Abstract

Von PFAS-Stoffen gehen insbesondere aufgrund ihrer Beständigkeit erhebliche Risiken für Mensch und Umwelt aus, so dass diese Stoffgruppe mittlerweile in vielfältiger Weise rechtlich reguliert worden sind. Am weitreichendsten sind insoweit das Zulassungsverfahren und das Beschränkungsverfahren gemäß der REACH-Verordnung. Auf der Grundlage eines Gruppensatzes wird gegenwärtig versucht, die PFAS-Stoffgruppe als Ganzes zu beschränken, um weitere Vermarktungen zu verhindern.

Viele PFAS-Stoffe befinden sich aber bereits in der Umwelt, so dass das Recht zunehmend damit konfrontiert ist, die weitere Kontamination von Umweltkompartimenten mit Hilfe von Schwellenwerten zu begrenzen, bzw. die Stoffe aus der Umwelt wieder zu entfernen. Wichtige Rechtsbereiche, in denen PFAS eine zunehmend wichtige Rolle spielt, sind die Wasserbewirtschaftung, das Trinkwasserrecht und das Abwasserrecht. Auch im Bodenschutz- und Altlastenrecht sind PFAS bedeutungsvoll geworden. Je größer das Ausmaß der notwendigen Reinigungsleistungen wird, desto mehr geraten die Finanzierung und die rechtlichen Möglichkeiten der Heranziehung der Verursacher in den Blick.

Der Vortrag informiert über den Umgang mit PFAS im Recht und setzt dabei seine Schwerpunkte insbesondere im Wasser- und Bodenschutzrecht.

Vortragsübersicht

- A. Umweltrisikopolitik: PFAS als Gegenstand politischer Strategien
- B. PFAS als Problem des Umweltrechts
 - 1. Wasserrecht
 - 2. Bodenschutz-Altlastenrecht
- C. Verursacherverantwortung für PFAS-Kontaminationen: Perspektiven der PFAS-Haftung
- D. Ausblick

Anschrift des Autors

Prof. Dr. Wolfgang Köck
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ
Department Umwelt- und Planungsrecht
Permoserstr. 15
04318 Leipzig
Telefon:
E-Mail: wolfgang.koeck@ufz.de
Internet:



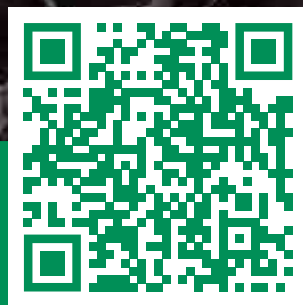
AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

AGROLAB beim ITVA-Altlastensymposium: Expertise für eine saubere Umwelt

- ▶ **Umfangreiches Untersuchungsspektrum**
- ▶ **Moderner, redundanter Gerätepark**
- ▶ **Bundesweite Probenlogistik**
- ▶ **Akkreditierungen**
- ▶ **Kompetente, fachliche und individuelle Betreuung**
- ▶ **ALOORA Online-Portal**

**Kontaktieren
Sie uns!**



agrolab.com/de/finden-sie-ihren-ansprechpartner

AGROLAB: Ihr Experte für Umweltanalytik in Europa. Mit modernster Labortechnik und über 30 Standorten bieten wir umfassende Lösungen für die Analyse von Boden, Grundwasser, mineralischen Feststoffen, einschließlich Asbest, PFAS und anderen Schadstoffen.

Entwicklung PFAS-kontaminierter Flächen – Umgang mit Bodenmaterial

In Berlin treten auf Liegenschaften mit bestimmten Vornutzungen flächenhaft erhöhte PFAS-Werte in Boden und Grundwasser auf. Bekannte Beispiele sind die ehemaligen Flughäfen Tempelhof und Tegel und bestimmte industriell genutzte Flächen.

Auf solchen Standorten müssen oft nur kleinere, hoch belastete PFAS-Schäden nach BBodSchG saniert bzw. gesichert werden. Die großflächigen Belastungen sind dagegen meist entweder nicht sanierungsbedürftig, oder Sanierungsmaßnahmen wären nicht zweckmäßig und verhältnismäßig.

Bei der Entwicklung dieser Flächen ist sind die PFAS-Belastungen allerdings oftmals eine schwierige Herausforderung, insbesondere wenn eine sensible Nutzung ist und/oder umfangreiche Erdbaumaßnahmen geplant ist.

Der Beitrag behandelt Rechts- und Vollzugsfragen zur Wiederverwendung bzw. Entsorgung PFAS-kontaminierter Böden auf solchen Standorten. Im Mittelpunkt stehen die Regeln der ErsatzbaustoffV und der novellierten BBodSchV sowie sonstige Anforderungen an die Verwertung des Bodenmaterials.

Die Vollzugsfragen werden anhand von typischen urbanen Flächenentwicklungen – Wohnungsbau, Gewerbeflächen, Landschaftsgestaltung (Park) - auf Liegenschaften mit großflächig erhöhten PFAS-Werte erörtert.

Folgende Aspekte werden behandelt:

- Nutzungskonzept, planungsrechtliche Bedingungen für die Grundstücksentwicklung,
- Abgrenzung von ErsatzbaustoffV und BBodSchV - technische Bauwerke/Einbauweisen, Landschaftsbau
- die Kriterien für die Beurteilung von PFAS-Belastungen
- abfallrechtliche und wasserrechtliche Anforderungen
- Einbettung in Genehmigungsverfahren
- Vollzugsunsicherheiten/-hilfen (u.a. LAGA, „FAQ zur ErsatzbaustoffV“)
- Spielräume für Wiederverwendung von Bodenmaterial mit erhöhten Belastungen:
 - z.B. bei Umlagerung oder in vorbelasteten Gebieten (§ 6 Abs. 2/3 BBodSchV),
 - Entscheidungen nach § 21 Abs. 2 – 5 ErsatzbaustoffV: Zulassung höherer Materialklassen bzw. anderer Einbauweisen, gebietsbezogene Regelungen
- Koordination mit der Altlastensanierung.

Organisatorische und rechtliche Anforderungen an den Umgang mit mineralischen Abfällen und Ausbaustoffen im Erd- und Straßenbau

Melanie Schäfer

1 Einleitung

In Zeiten des Klimawandels wird dem Schutz der Umwelt, der Ressourcenschonung sowie der Kreislaufwirtschaft eine immer größere Bedeutung zugeschrieben. Insbesondere der Verkehrswegebau muss umdenken und konkrete Strategien entwickeln, damit das zirkuläre Bauen gelingt. Wie schaffen wir es, bei Baumaßnahmen Abfälle zu vermeiden? Ist es möglich, Baustoffe effizient zu nutzen, damit sie lange im Kreislauf bleiben? Können unnötige Transportwege vermieden und damit Emissionen eingespart werden? Das sind nur wenige von vielen Fragen, die wir uns bei der Umsetzung von Baumaßnahmen frühzeitig stellen müssen. Dabei dürfen die rechtlichen und organisatorischen Anforderungen nicht außer Acht gelassen werden, damit die Verwendung von Ausbaustoffen nicht zu schädlichen Auswirkungen auf Mensch und Umwelt führt. Sicherstellen lässt sich dieses insbesondere durch umweltrelevante Untersuchungen, die i.d.R. aus Recherche, Probenahme, Analyse und Bewertung bestehen. Die Ergebnisse aus den umweltrelevanten Untersuchungen dienen der Planung zum weiteren Umgang mit den anfallenden Ausbaustoffen. Damit können Entscheidungen getroffen werden, ob die Ausbaustoffe vor Ort wiederverwendet oder verwertet werden können, um Transportwege und Rohstoffe einzusparen.

1.1 Rechtliche Anforderungen

Für die Bewertung von Ausbaustoffen bedarf es einer fachgerechten Probenahme sowie der anschließenden chemischen Analytik des Probenmaterials, um den Ausbaustoff ausreichend zu charakterisieren. Werden bei der chemischen Analyse Parametergehalte festgestellt, die die Vorsorge-, Prüf-, Grenz- oder Materialwerte für den jeweiligen Verwendungszweck einhalten, spricht man von Ausbaustoffen mit umweltrelevanten Inhaltsstoffen. Werden diese Werte überschritten, liegt eine Schadstoffbelastung vor. Diese Vorsorge-, Prüf-, Grenz- oder Materialwerte sind abhängig vom Verwendungszweck, von den Standortbedingungen des Aus- bzw. Einbauorts, von länderspezifischen Regelungen und gesetzlichen Vorgaben. Allen voran ist die Bewertung der umweltrelevanten Untersuchungen entsprechend den gesetzlichen Vorgaben die Basis für einen rechtssicheren Umgang mit den Ausbaustoffen.

Die gesetzlichen Grundlagen bildet das Umweltrecht, zu dem alle Rechtsnormen zählen, die dem Schutz der natürlichen Umwelt und der Erhaltung der Funktionsfähigkeit der Ökosysteme dienen. Dazu gehören insbesondere das Abfallrecht, das Chemikalienrecht, das Gewässer-, Boden- und Naturschutzrecht. Europäische Rechtsakte bilden das Fundament des Abfallrechts. Rechtsgrundlage ist u.a. der Artikel 191 des Vertrags über die Arbeitsweise der Europäischen Union (AEUV). Die EU ist befugt, in allen Bereichen der Umweltpolitik, darunter Luft- und Wasserverschmutzung, Abfallentsorgung und Klimaschutz, tätig zu werden. Verabschiedete Richtlinien (z.B. EU-Abfallrahmenrichtlinie) gelten nicht unmittelbar, sie sind in nationales Recht (z.B. KrWG) zu übertragen. Dem Bundesrecht nachgeordnet und ergänzend gelten die Landesabfallgesetze sowie kommunale Abfallsatzungen. Hinzu kommt das Vergaberecht, welches den öffentlichen Auftraggeber über den § 7 Abs. 1 Nr. 1 VOB/A verpflichtet, die Leistung eindeutig und erschöpfend zu beschreiben. Dazu gehört auch die Art und der Umfang von Schadstoffbelastungen sowie die Umweltverträglichkeit der Stoffe und Bauteile. Die Herausforderung dabei ist, all diese Vorgaben unter den Haushaltsgrundsätzen der Sparsamkeit und Wirtschaftlichkeit zu erfüllen, denn die Entsorgung von Abfällen kann einen großen Prozentsatz der Baukosten ausmachen.

1.2 Organisatorische Anforderungen

Um den gesetzlichen Vorgaben gerecht zu werden, ist es notwendig, sich bei seiner Baumaßnahme frühzeitig mit dem Thema „umweltrelevante Untersuchungen“ auseinanderzusetzen. Dafür ist es wichtig, dass der Bauherr bzw. Veranlasser der Maßnahme auch organisatorische Anforderungen beachtet. Diese können in verschiedene Phasen unterteilt werden:

1. Ziel definieren
2. Qualifizierte Beteiligte einsetzen
3. Durchführung der umweltrelevanten und bautechnischen Untersuchungen
4. Stoffstrommanagement implementieren
5. Erschöpfenden Leistungsbeschreibung erstellen
6. Dokumentation & Kontrolle in der Bauausführung umsetzen

Bei der Definition des Ziels ist zu beachten, dass dieses abhängig von der Art der Maßnahme ist. In der langen Planungsphase einer Neu-, Um- oder Ausbaumaßnahme ist es möglich, sich umfassend mit den Untersuchungen und dem Umgang der anfallenden Ausbaustoffe auseinanderzusetzen. Bei einer baulichen Erhaltung liegen die Schwierigkeiten nicht nur in der kürzeren Planungsphase, sondern auch in der Vielzahl der Ausbaustoffe sowie in dem heterogenen Straßenaufbau.

Ein wichtiges Augenmerk ist auch auf den Einsatz qualifizierter Beteiligter zu legen. Eine Bewertung eines Ausbaustoffes ist nur so gut, wie die fachgerechte Probenahme bzw. Ansprache des Ausbaustoffes stattgefunden haben. Hierbei sind langjährige Erfahrungen immens wichtig, aber auch die unterschiedlichen gesetzlichen Vorgaben an die Qualifikation der Beteiligten sind zu beachten. Letzteres ist abhängig von der Art des Ausbaustoffes sowie von dem Verwendungszweck.

Gleiches gilt auch bei der Festlegung des Untersuchungsumfanges der Ausbaustoffe. Für eine nachhaltige Kreislaufwirtschaft ist das vorrangige Ziel, die Ausbaustoffe innerhalb der Baumaßnahme wiederzuverwenden bzw. umzulagern oder durch Aufbereitungsverfahren zu verwerten. Die Regelungen der Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) sowie der Ersatzbaustoffverordnung (ErsatzbaustoffV) sind zu berücksichtigen. Weiterhin müssen immer die Standortbedingungen, insb. Trinkwasserschutzgebiete sowie Grundwasserstände, als auch die bautechnische Eignung beachtet werden. Entstehen Überschussmassen oder ist die Schadstoffbelastung für den Verwendungszweck zu hoch, müssen die Ausbaustoffe einem Verwendungszweck außerhalb der Baumaßnahme zugeführt werden. Dann sind je nach Entsorgungsweg die Standortbedingungen des Einbauortes oder die Annahmekriterien der Entsorgungsfachbetriebe zu beachten.

Jede Zweckbestimmung erfordert somit die richtige Probenahmestrategie. Die Schwierigkeit liegt darin, alle möglichen Verwendungswege des jeweiligen Ausbaustoffes abzubilden. Verlassen die Ausbaustoffe die Baustelle, wird die Entscheidung des Entsorgungsweges meist dem Auftragnehmer überlassen. Dadurch muss dem Auftragnehmer eine Vielzahl von umweltrelevanten Untersuchungen an die Hand gegeben werden, damit dieser den wirtschaftlichsten sowie hochwertigsten Entsorgungsweg im Einklang mit den Vorschriften einschlagen kann.

Je nach Entsorgungsweg bzw. Art des Ausbaustoffs müssen sich die umwelttechnischen Untersuchungen u.a. nach den folgenden Vorschriften richten:

- Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer-/pechtypischen Bestandteilen sowie für die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau (RuVA-StB)

- Ersatzbaustoffverordnung (ErsatzbaustoffV)
- Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV)
- Deponieverordnung (DepV)
- Länderspezifischen Regelungen (z.B. Verfüllrichtlinien)
- LAGA-Mitteilungen (z.B. M 20, M 23)

Da die Verordnungen bzw. die länderspezifischen Regelungen teilweise unterschiedliche Analyse-Verfahren, Parameterumfänge und Anforderungen an Probenahme und -nehmer beinhalten, ergibt sich für den Bauherren ein mittlerweile unübersichtlicher Vorgabendschubel, den es zu durchdringen gilt. Hier empfiehlt sich, mit Hilfe eines Ingenieurbüros bzw. Gutachters, welches mit umweltrelevanten Untersuchungen im Straßenbau Erfahrungen hat, eine Probenahmestrategie zu erarbeiten.

Liegen die Ergebnisse in einem umwelttechnischen Bericht vor, können vom Bauherrn die Materialströme mit Hilfe einer Massenbilanz optimiert werden, um Ressourcen und Transporte zu verringern. Zusammenfassen lässt sich dieses Vorgehen unter dem Begriff „Stoffstrommanagement“. Beim Stoffstrommanagement sollen die bei einer Maßnahme anfallenden Aus-, aber auch Einbaustoffe durch den Auftraggeber oder dessen Beauftragten gelenkt werden.

Die Erkenntnisse aus den Untersuchungen sowie die Berichte sind die Grundlage für eine erschöpfende Leistungsbeschreibung. Für die Bauausführung sind Angaben zum Umgang mit den Ausbaustoffen, insbesondere beim Vorliegen von Gefahrstoffen, zur Deklaration sowie zu Lagerflächen und zur Dokumentation relevant. Schlussendlich sollte der Bauherr die fachgerechte Umsetzung begleiten und kontrollieren.

Als Leitfaden zur Umsetzung der rechtlichen als auch organisatorischen Anforderungen hat die FGSV zwei Merkblätter erarbeitet:

- „Merkblatt über umweltrelevante Untersuchungen im Straßenbau (M URU)“ sowie
- „Merkblatt über den Umgang mit Bodenmaterialien im Erd- und Straßenbau (M UB)“

1.3 Merkblatt über umweltrelevante Untersuchungen im Straßenbau (M URU)

Das M URU wurde im Arbeitskreis 5.5.3 Probenahmestrategie und Analytik, angesiedelt im Boden- und Gewässerschutz des Arbeitsausschusses 5.5 der FGSV, erarbeitet. 2015 lag schon ein erster Entwurf vor, jedoch hat sich aufgrund personeller Veränderungen, der Corona-Pandemie sowie der Veröffentlichung der Mantelverordnung die Bearbeitung lange hingezogen. Darüber hinaus entschied sich das Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV, heute BMV) zu einem ungewöhnlichen Schritt, der Einführung des M URU mit einem Allgemeinen Rundschreiben Straßenbau (ARS). Dafür mussten die obersten Straßenbaubehörden der Länder, die Autobahn GmbH des Bundes sowie die DEGES Stellung zum Merkblatt nehmen, was erneut Zeit in Anspruch nahm. Im März 2025 wurde dann das M URU mit dem ARS 6/2025 verbindlich für die Autobahn GmbH des Bundes eingeführt.

Das Merkblatt behandelt die zuvor beschriebenen Aspekte, d.h. das Ziel ist es, sich frühzeitig Informationen über die umwelttechnische Eignung der Ausbaustoffe zu beschaffen, damit diese vorrangig innerhalb der Baustelle wiederverwendet oder verwertet werden. Das Hauptaugenmerk liegt auf der Vermeidung von Abfällen. Die Menge der externen Entsorgung sowie des Liefermaterials soll so gering wie möglich gehalten werden. Ein durchdachtes Stoffstrommanagement bietet enormes Potenzial, Abfälle zu vermeiden und damit natürliche Ressourcen sowie Transportwege einzusparen als auch Deponiekapazitäten zu schonen. Hier setzt das Merkblatt an und gibt dem Leser Hinweise und Empfehlungen, welche Ausbaustoffe in welcher Phase (Planung, Bauausführung) nach welchen Kriterien untersucht werden sollten.

Entsprechend den gesetzlichen Anforderungen (Boden, Wasser, Abfall) und Zielen des Umweltschutzes, enthält das Merkblatt Vorgaben und Informationen zur Untersuchungsstrategie als Grundlage für ein Stoffstrommanagement beim Neubau, Aus- und Umbau von Straßen. Bautechnische Anforderungen sowie die Untersuchungen von Altstandorten bzw. Altlasten werden nicht betrachtet.

Gegliedert ist das Merkblatt M URU nach den Planungsphasen bis zur Bauausführung. In den verschiedenen Planungsphasen und in der Bauausführung werden u.a. folgende Schritte betrachtet:

- a) Umwelterkundung, umwelttechnische Untersuchungen (Verfahren und Vorgehen bei Probenahme und Analytik),
- b) Bewertung der Ergebnisse (bodenschutz-, abfall- und wasserschutzrechtlich) und hinsichtlich des Umgangs mit Ausbaustoffen,
- c) Vorgehen bei schadstoffbelastetem Untergrund (Art und Höhe der Belastung, Entscheidung über Wiederverwendbarkeit, Abfalleigenschaft, Zuständigkeiten etc.).

Darüber hinaus beschäftigt sich das Merkblatt M URU mit

- den Anforderungen an die Qualifikation der Beteiligten,
- der Durchführung von Untersuchungen,
- der Überprüfung und Kontrolle während der Bauausführung,
- der Beurteilung der umweltrelevanten Untersuchungsergebnisse sowie
- der Darstellung und Beschreibung der Untersuchungsergebnisse im umwelttechnischen Bericht.

Im Anhang des M URU findet sich u.a. eine Gliederung eines umwelttechnischen Berichtes. Dieses kann sehr hilfreich sein, um die Leistungen der Untersuchungen zu definieren sowie die Qualität und damit die Anwenderfreundlichkeit der Berichte zu erhöhen. Der Bericht muss alle notwendigen Informationen übersichtlich bereitstellen, da er Grundlage des Stoffstrommanagements und der Ausschreibung der Bau- oder Entsorgungsleistung ist.

Der Anhang 8 enthält eine Übersicht über den Untersuchungsumfang verschiedenster Ausbaustoffe inkl. Probennahmeraster. Mit dieser Hilfe lässt sich die Probenahmestrategie erarbeiten. Diese Tabellen erheben nicht den Anspruch auf Vollständigkeit und unterliegen einer stetigen Überprüfung, da der Umfang der umweltrelevanten Untersuchungen sich ändern kann.

1.4 Merkblatt über den Umgang mit Bodenmaterialien im Erd- und Straßenbau (M UB)

Ein weiteres Merkblatt, welches für die Umsetzung eines Stoffstrommanagements hilfreich ist, ist das Merkblatt über den Umgang mit Bodenmaterialien im Erd- und Straßenbau (M UB). Dieses wurde im Arbeitskreis 5.5.4 der FGSV erarbeitet und soll noch dieses Jahr veröffentlicht werden.

Das Merkblatt gilt für die Planung und Durchführung von Baumaßnahmen und wendet sich an Bauherren, Baufirmen, Planer, Baustofflieferanten und -vertriebe, die im Bereich des Straßen- und Erdbaus tätig sind. Ziel des Merkblattes ist die Veranschaulichung wesentlicher baupraktischer sowie umweltrelevanter Fragestellungen im Umgang mit Bodenmaterial. Damit soll insbesondere im Austausch mit den Umweltverwaltungen ein rechtssicherer und reibungsloser Ablauf ermöglicht werden. Es stellt ergänzend zum „Merkblatt über umweltrelevante Untersuchungen“ (M URU) eine Konkretisierung einschlägiger Arbeitshilfen

(z.B. LAGA FAQ, LABO Vollzugshilfe zu §§ 6-8 BBodSchV) für die Baupraktiker als Argumentationshilfe zur Klärung rechtlicher Fragestellungen dar.

Das besondere an dem M UB ist, dass es den Umgang mit Bodenmaterialien anhand etlicher Fallbeispiele erläutert, um insbesondere die rechtliche Bewertung praxisnah und verständlich zu vermitteln. Hierbei wird unterschieden zwischen den Umgang mit Bodenmaterialien innerhalb sowie außerhalb der Baumaßnahme. Spezialthemen wie organische Böden, Kleinmengen als auch die Beachtung der Standortbedingungen (z.B. Trinkwasserschutzgebiete) werden betrachtet. Abschließend folgen die Kapitel Lagerung und Dokumentations- und Anzeigepflichten, die im Rahmen eines Stoffstrommanagements nicht zu vergessen sind.

2 Fazit

Nachhaltigkeit, Klimaschutz und Ressourcenschonung sind eng miteinander verknüpft. Als Bauherr und Abfallerzeuger ist es notwendig, sich frühzeitig mit Thema des Stoffstrommanagements auseinanderzusetzen. Umweltrelevante Untersuchungen, ein Konzept zur Vermeidung von Abfällen durch Wiederverwendung bzw. Verwertung in der Maßnahme sowie der Einsatz von mineralischen Ersatzbaustoffen als Liefermaterial bilden die Grundlage für einen nachhaltigen Straßenbau. Es werden nicht nur die gesetzlichen Vorgaben erfüllt, sondern auch das Risiko von Störungen im Bauablauf, Bauzeitverzögerungen und Nachträgen minimiert.

Der Gesetzgeber hatte mit der Ersatzbaustoffverordnung die Gelegenheit, Anforderungen an umweltrelevante Untersuchungen bundesweit einheitlich zu formulieren. Leider wurde dieses Ziel verfehlt, für den Abfallerzeuger bzw. Bauherren wurden keine klaren Regelungen für die umweltrelevanten Untersuchungen von Ausbaustoffen am Entstehungsort getroffen. Hier setzen die Merkblätter M URU und M UB der FGSV an. Sie geben Hinweise und Empfehlungen zum Untersuchungsumfang sowie zur Erstellung einer Probenahmestrategie. Des Weiteren werden Anforderungen an den Probenehmer, an die Probenahme, an den umwelttechnischen Bericht, die Lagerung und Dokumentation beschrieben.

Die Herausforderung ist es, die Vorgaben des Umwelt- und Vergaberechts, der Wirtschaftlichkeit sowie der technischen Regelwerke an Qualität und Technik der Baustoffe zu verknüpfen. Es muss uns gelingen, Ausbaustoffe effizient zu nutzen, damit sie lange im Kreislauf bleiben und Rohstoffe eingespart werden. Die damit verbundene Reduzierung von CO₂ hat Priorität. Wenn das große Potential des Stoffstrommanagements umgesetzt wird, leistet der Verkehrswegebau einen entscheidenden Beitrag zur Nachhaltigkeit und damit zum Klimaschutz.

Literaturverzeichnis

Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung – BBodSchV, vom 09.07.2021.

Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) – Fragen und Antworten zur Ersatzbaustoffverordnung (FAQ zur ErsatzbaustoffV), Version 3. Stand: 13.05.2025

Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABA) – Vollzugshilfe zu §§ 6-8 BBodSchV. Stand: 10.08.2023

Deponieverordnung – DepV: Verordnung über Deponien und Langzeitlager, vom 27.04.2009.

Schäfer, M.:

Organisatorische und rechtliche Anforderungen an den Umgang mit mineralischen Abfällen und Ausbaustoffen im Erd- und Straßenbau

Ersatzbaustoffverordnung – ErsatzbaustoffV: Verordnung über Anforderungen an den Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen in technische Bauwerke, vom 09.07.2021.

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (nicht veröffentlicht): Merkblatt über den Umgang mit Bodenmaterialien im Erd- und Straßenbau (M UB). FGSV Verlag, Köln.

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2025): Merkblatt über umweltrelevante Untersuchungen im Straßenbau (M URU), Ausgabe 2024. FGSV Verlag, Köln.

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2001): Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer-/pechtypischen Bestandteilen sowie für die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau, Ausgabe 2001/Fassung 2005 (RuVA-StB). FGSV Verlag, Köln.

Kreislaufwirtschaftsgesetz – KrWG: Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen, vom 24.02.2012.

Mitteilung der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft (LAGA) 20 – Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen (Technische Regeln), Teil I mit Stand 06.11.20023; Teil II und III mit Stand 31.08.2004

Mitteilung der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft (LAGA) 23 – Vollzugshilfe zur Entsorgung asbesthaltiger Abfälle, Stand 29. November 2022.

Mitteilung der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) 32 – LAGA PN 98 Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen, chemischen und biologischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Verwertung/Beseitigung von Abfällen, Stand Oktober 2024.

Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil A (2019): Allgemeine Bestimmungen für die Vergabe von Bauleistungen, Fassung 2019 (VOB/A). Beuth Verlag GmbH, Berlin.

Anschrift der Autorin

Name: Melanie Schäfer
Institution: Region Hannover, Fachbereich Umwelt, Leitung OE 36.26
Straße: Höltystraße 17
PLZ_Ort: 30171 Hannover
Telefon:
E-Mail: melanie.schaefer@region-hannover.de
Internet: www.hannover.de

Analytik für sichere Entsorgungs- und Bewertungsentscheidungen



right solutions.
right partner.



Ihr Kontakt

Felix Locher
felix.locher@alsglobal.com

ALS unterstützt Sie bei Altlasten- und Umweltprojekten mit moderner Analytik und praxisnaher Betreuung – von der Probenahme bis zur fundierten Bewertung.

Unsere Leistungen

PFAS-Analytik

Umfassende Analytik von Bodenmaterial, Grund-, Oberflächen-, Trink- und Abwasser sowie Abfällen.

Ersatzbaustoffverordnung (EBV) und BBodSchV

Analytik und Bewertung für Boden, Baggertgut, Recyclingbaustoffe, Gleisschotter und Aschen.

Asbestanalytik

Unser spezialisiertes Asbest-Labor in Bochum bietet zuverlässige Analytik für Boden- und Abfallprojekte – auch mit Express-Analytik für zeitkritische Vorhaben.



Ihre Vorteile

- Erfahrung seit 1987 in Deutschland
- Analytik, Probenahme und Probenlogistik aus einer Hand
- Digitales Kundenportal für Ergebnisse und Projektübersicht
- nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiertes Prüflaboratorium

alsglobal.com/germany

Abstracts

Digitalisierung / Nutzung von KI in der Altlastenbearbeitung

Moderation: Katja Schelle, Stadt Düren

**5.
Gestern innovativ, heute Standard, morgen KI?
Perspektiven in der historischen Kampfmittelerkundung**

Dipl.-Geogr. Marco Eckstein, Luftbilddatenbank Dr. Carls GmbH, Estenfeld

**6.
Multikriterielle Entscheidungsanalyse zur Räumung von Munitionshaufen in der Ostsee**

Dr. Torsten Frey, GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung, Kiel

**7.
Digitale Assistenzsysteme zur Optimierung der Entsorgung mineralischer Abfälle**

Fred Köhler, Mineral Waste Manager GmbH, Büren

Gestern innovativ, heute Standard, morgen KI? Perspektiven in der historischen Kampfmittelerkundung

Dipl.-Geogr. Marco Eckstein

1 Einleitung: Das Puzzle-Prinzip der historischen Erkundung

Die historische Erkundung von Kampfmittelbelastungen aus der Zeit des Zweiten Weltkrieges gleicht einem komplexen Puzzle. Um ein verlässliches Bild der Vergangenheit bezüglich einer Gefährdung im Untergrund zu erlangen, müssen unterschiedliche Informationsgrundlagen zusammengetragen werden. Hierzu zählen historische Textquellen wie Akten aus Archiven, Fachliteratur und Berichte von Zeitzeugen. Kombiniert wird dies mit der Auswertung von rund 4 Millionen alliierten Luftbildern zu Deutschland aus den Jahren 1939 bis 1947.

Ziel ist es, aus sämtlichen schriftlichen (und ggf. mündlichen) Informationen zum Luft- und Bodenkrieg detaillierte Angriffsschroniken zu erstellen. Hierzu liegen nach aktuellem Stand der Aufarbeitung bei der Luftbilddatenbank Dr. Carls GmbH über 260.000 verortete Koordinaten mit insgesamt weit über 2 Millionen historischen Dokumenten zu Deutschland vor, auf die gezielt digital zugegriffen werden kann.

2 Best-Practice: Multitemporale / stereoskopische Auswertung

Dass ein Zeitschnitt oder gar nur ein Luftbild allein kein vollständiges Bild des Kriegsgeschehens widerspiegelt, erscheint trivial, selbst wenn dies heute in der Praxis bei Auswertungen zur Kampfmittelbelastung noch immer regelmäßig vorkommt. Demonstriert wird dies am Beispiel des Güterbahnhofs Konz-Karthaus.

- Am 01.09.1944 griffen alliierte Tiefflieger dort einen Militärzug mit Bomben und Bordwaffen an, woraufhin ein voll beladener Munitionszug detonierte. Die ungefähre Position der Schäden ist anhand mehrerer Quellen belegt.
- Die Erwartungshaltung bei der Luftbildauswertung ist entsprechend klar: Man geht von Bombentrichtern im Gleisbereich, zerstörten Waggons sowie einem großen Explosionskrater aus, der durch die schwere Detonation des Munitionszuges entstand.
- Ein Luftbild, das nur neun Tage nach dem Angriff (am 10.09.1944) aufgenommen wurde, zeigt zahlreiche abgestellte Züge in diesem Bereich, jedoch weder eine Detonationsstelle noch sonstige Bombardierungsspuren.
- Da auch Spuren vorangegangener Bombardements aus dem Mai 1944 luftseitig nicht mehr nachgewiesen werden können, ist von großflächigen, raschen Reparaturarbeiten auszugehen.

Dies unterstreicht die absolute Notwendigkeit der multitemporalen Auswertung mit Luftbildserien, die so zeitnah wie möglich nach Angriffsereignissen aufgenommen wurden. Insbesondere bei kriegswichtiger Infrastruktur, anders als z.B. bei Bombenabwürfen über freiem Feld, können Erkenntnislücken von wenigen Tagen bereits ausreichen, um zu einem falschen und somit risikoreichen Ergebnis zu führen.

Ebenso essenziell ist die stereoskopische Auswertung. Alliierte Kriegsluftbildserien überlappen sich horizontal um ca. 60%. Dieser Überschneidungsbereich kann anhand

verschiedener technischer Verfahren (früher analog, heute digital) dreidimensional betrachtet und ausgewertet werden. Es geht hierbei nicht nur um die plastische Erkennbarkeit von Vollformen und Hohlformen, sondern auch um die Unterscheidung zwischen echten Bodenstrukturen, z.B. Blindgängerverdachtspunkte, und Bildfehlern. Für eine belastbare Interpretation und eine fachgerechte Ausweisung von Risikozonen ist die stereoskopische Luftbildauswertung unerlässlich.

3 Der Einsatz von KI: Echter Mehrwert vs. (gefährliche) Fehlinterpretationen

Der Workflow der historischen Erkundung wird zunehmend durch Künstliche Intelligenz (KI) ergänzt. Doch wo hilft KI und wo stößt sie (nach aktuellem Stand) an Grenzen?

3.1 Optical Character Recognition (OCR)

Im Bereich OCR liefert KI bereits heute herausragende Ergebnisse. KI-gestützte Tools wie ein eigens entwickeltes und trainiertes ProgOCR (aufbauend auf Tesseract 4) sind ideal für historische Texte. Sie sind insbesondere bei schlecht lesbaren Dokumenten deutlich genauer als klassische Programme wie ABBYY FineReader oder Adobe Acrobat Pro und erzielen in schwierigen Texten Verbesserungen von bis zu 90% im Direktvergleich.

3.2 Recherche (HiGRIS)

Das Historical Geographic Research Information System (HiGRIS[®]) ist ein in der Luftbilddatenbank programmiertes Recherchesystem, das einen schnellen, gezielten Zugriff auf alle relevanten schriftlichen Informationen ermöglicht, jeden verfügbaren Text im Original anzeigen kann, mit dem Ziel, eine möglichst vollständige Angriffschronik zu einer Region oder einem Untersuchungsgebiet zu erstellen. Noch arbeitet das System rein algorithmisch.

Herausfordernd sind hierbei irrelevante Treffer bei häufigen Ortsnamen oder schlicht zu viele Treffer bei größeren Städten. Zukünftig kann hier ein Large Language Model (LLM) als Chat-Bot integriert werden, das Daten kombiniert, Fragen beantwortet, Plausibilitätsprüfungen durchführt und so nicht nur zu einer Verbesserung der Qualität führt, sondern beispielsweise auch die Aufwandsabschätzung (für Angebote und Planung der Projekte) erleichtert.

3.3 Zusammenfassung historischer Textquellen

Versuche, historische Informationen aus den zahlreichen Quellen per KI zusammenzufassen, wirken auf den ersten Blick erfolgreich. Bei genauerer Analyse ist jedoch festzustellen, dass oft wichtige Details verloren gehen. Vor allem aber fehlt der KI die Fähigkeit zur kritischen Quellenbewertung. Diese fachliche Bewertung durch menschliche Historiker bleibt daher nach wie vor unerlässlich.

4 KI in der Luftbildauswertung – Ein Realitätscheck

Die visuelle Interpretation von Luftbildern durch KI-Modelle steckt, Stand Anfang 2026, noch im Anfangsstadium. Tests mit den größten, gängigen Modellen offenbaren ein fundamentales Problem: Halluzinationen.

Um die Interpretationsqualität der derzeit etablierten KI-Modelle zu testen, wurden in einem ersten Schritt diverse Tests ohne zusätzliches Anlernen durchgeführt, z.B. die Identifikation eines Flugzeugs auf einem Luftbild aus der Nachkriegszeit oder die Analyse eines Kriegsluftbildes mit Gebäudeschäden und Bombardierungseinwirkungen. Dabei zeigt sich,

dass es teils große Unterschiede bei den Ergebnissen zwischen den einzelnen Modellen (z.B. von OpenAI & Google) gibt.

In einem zweiten Schritt wurde die KI mit Trainingsdaten konkret angelernt und ihre nach der Lernphase erstellte Luftbildinterpretation / Kartierung mit den Ergebnissen von menschlichem Fachpersonal verglichen.

Während die KI zwar in Teilen erfolgreich kampfmittelrelevante Befunde erkennt, versagt sie nicht nur bei der Interpretation im Detail, sondern arbeitet zudem grob lückenhaft und fantasiert Objekte herbei, die nicht ansatzweise existieren.

Erschwerend kommt hinzu, dass alle durchgeführten Experimente im „Easy-Level“ stattfanden. Es wurden gute, aussagekräftige Luftbilder verwendet, ohne stereoskopische oder multitemporale Anforderungen und ohne die für belastbare Aussagen zur potentiellen Kampfmittelbelastung notwendige Verknüpfung mit weiteren Puzzleteilen, z.B. den Details aus Angriffsschroniken, die Rückschlüsse auf Art und Bezünderung der Kampfmittel ermöglichen.

5 Fazit

Die Werkzeuge der historischen Kampfmittelvorerkundung entwickeln sich stetig weiter. Während gestrige innovative Methoden heute Standard sind, steht die Künstliche Intelligenz in den Startlöchern. Besonders bei der Textauswertung (OCR) und der Datenbankrecherche bietet KI einen Mehrwert und kann bereits heute unterstützend eingesetzt werden. In der komplexen Luftbildauswertung und der Quellenkritik zeigt sich jedoch deutlich: gut ausgebildetes Fachpersonal wird im Zuge der besonderen Anforderungen in einem hochspezialisierten Arbeitsfeld wie der Kampfmittelerkundung so schnell nicht ersetzbar sein.

Anschrift des Autors

Marco Eckstein

LUFTBILDDATENBANK DR. CARLS GMBH

Sieboldstraße 10
D-97230 Estenfeld
Tel.: +49 (0) 9305 9000 20
www.luftbilddatenbank.de

Passion for Progress

WIR MACHEN IHREN BODEN NUTZBAR.

Als führender Altlastensanierer sind wir auch Ihr Experte im Bereich Milzbrandsanierung. Profitieren Sie von höchsten Sicherheitsstandards und konsequenter Emissionsvermeidung – für kontrollierte Abläufe, minimierte Risiken und verlässliche Projektumsetzung.



BAUER Resources GmbH
Bereich Bauer Umwelt
BAUER-Straße 1
86529 Schrobenhausen
www.bauer.de



**BAUER
UMWELT**

Multikriterielle Entscheidungsanalyse zur Räumung von Munitionshaufen in der Ostsee

Torsten Frey, Alexander Pechmann und Samar Ensenbach

1 Einleitung

Kampfmittelaltlasten gehören in Deutschland zu den vielfältigen negativen Langzeitfolgen der Weltkriege. Allein in den deutschen Hoheitsgewässern in Nord- und Ostsee wird die Masse konventioneller Kampfmittel auf rund 1.600.000 t geschätzt. Hiervon befinden sich 300.000 t in der Ostsee. [1] Seit 2017 hat das GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung die bedeutendsten Versenkungsgebiete in der deutschen Ostsee vermessen [2]. In diesem Artikel wird die Belastung in der Lübecker Bucht betrachtet. Hier befinden sich 35.000 t im Gebiet Pelzerhaken und 15.000 t im Gebiet Haffkrug (siehe Abb. 3) [3]. Obwohl diese Zahlen bislang nicht durch die Erkundung der Gebiete bestätigt werden konnten, wurden bereits 468 potenzielle Munitionshaufen identifiziert [4]. Die Haufenform ergab sich auf der Versenkung mittels Klappschuten nach dem 2. Weltkrieg [5].

Deutschland ist das erste Land, das sich systematisch mit der Herausforderung der Beseitigung großer Mengen im Meer versenkter Munition befasst. Hierzu wurde durch das Bundesministerium für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMUKN) ein Sofortprogramm mit einem Budget von EUR 100 Mio. aufgelegt [6, 7]. In den Jahren 2024 und 2025 fanden erste Piloträumungen von Munitionshaufen statt. Angesichts des Umfangs, der Kosten und der Komplexität dieser langfristigen Aufgabe ist es notwendig, Prioritäten für die Beseitigung zu setzen.

Zu diesem Zweck wurde im Rahmen des Forschungsprojekts CONMAR ein Modell für die multikriterielle Entscheidungsanalyse zur Priorisierung versenkter Munition (Multi-Criteria Analysis for Dumped Munition Prioritization – MCA-DuMP) entwickelt. Dabei handelt es sich um ein Werkzeug zur Unterstützung der Entscheidungsfindung im Angesicht von Unsicherheit, begrenzten Ressourcen und widersprüchlichen Stakeholder-Interessen. Das Tool bewertet die von jedem Munitionshaufen ausgehenden Risiken, den potenziellen Nutzen seiner Beseitigung und die mit der Räumung verbundenen Kosten. Hierfür kombiniert MCA-DuMP die besten verfügbaren Daten mit Expertenwissen. Es wurde mit dem Ziel entwickelt, Ressourcen effektiv einzusetzen und Räummaßnahmen dort durchzuführen, wo sie die größte Wirkung erzielen.

Die Priorisierung von Munitionshaufen für die Räumung erforderte die Bewältigung von drei miteinander verbundenen Herausforderungen. Erstens haben maritime Akteure unterschiedliche und oft widersprüchliche Prioritäten. Einige legen den Schwerpunkt auf Umwelt- und Naturschutz, während andere Risiken für die menschliche Gesundheit oder wirtschaftliche Aktivitäten wie Schifffahrt und Fischerei höher priorisieren. Diese normativen Widersprüche lassen sich nicht allein durch die Analyse technischer oder wirtschaftlicher Daten auflösen. Dennoch sind sie von zentraler Bedeutung für die Schaffung öffentlicher Unterstützung und politischer Legitimität für Räumentscheidungen. Zweitens werden Risikobewertungen durch Unsicherheit und Komplexität erschwert. Daten zu Kontamination, Zustand der Munition und ökologischer Gefährdung sind oft unvollständig und variieren in ihrer Qualität. Trotz dieser Unsicherheit müssen Entscheidungen herbeigeführt werden. Drittens müssen diese Entscheidungen mit begrenzten finanziellen Mitteln und Kapazitäten getroffen werden. Da es nicht möglich ist, alle Standorte kurzfristig zu räumen, müssen die ausgewählten Prioritäten sowohl wirksam als auch gerechtfertigt sein.

2 Methode

2.1 Der analytische Hierarchieprozess

Um die Problemstellung zu bearbeiten, wurde der analytische Hierarchieprozess (AHP) verwendet. Der AHP ist eine Form der multikriteriellen Entscheidungsanalyse, die geeignet ist, komplexe Entscheidungsprozesse zu unterstützen. Kriterien werden für die Auswahl oder Priorisierung von verfügbaren Alternativen strukturiert, gewichtet und bewertet. Der Prozess umfasst die folgenden vier Schritte [8]:

Problemdefinition: Das Entscheidungsproblem wird durch die Festlegung des Ziels definiert, das mit dem Entscheidungsprozess erreicht werden soll.

Aufbau eines Hierarchiebaums: Das Problem wird in Form eines Hierarchiebaums strukturiert (Abb. 1). An der Spitze der Hierarchie steht das Ziel. Die nächste Ebene umfasst die Hauptkriterien, die einen direkten Einfluss auf die das Ziel betreffende Entscheidung haben. Diese Kriterien können in der dritten Ebene in beliebig viele Unterkriterien unterteilt werden. Alle Kriterien werden durch messbare Indikatoren repräsentiert, mit denen jede Alternative bewertet und eingestuft werden kann. Die unterste Ebene enthält die in Betracht gezogenen Alternativen.

Paarweise Vergleiche: Paarweise Vergleiche werden durchgeführt, um Kriterien und Unterkriterien Gewichtungen zuzuweisen. Unter Verwendung einer standardisierten Skala wird der Beitrag jedes Kriteriums zu seinem übergeordneten Kriterium bewertet. Alle Hauptkriterien werden untereinander verglichen. Unterkriterien wurden innerhalb eines Zweigs des Hierarchiebaums verglichen. Dieser Prozess wird mit Stakeholdern oder Experten durchgeführt. Der resultierende Hierarchiebaum mit seinen Gewichtungen stellt ein gerichtetes mathematisches Modell dar.

Berechnung der Priorität: Die Alternativen werden mithilfe des Hierarchiebaues bewertet. Jede Alternative erhält einen Indexwert pro Unterkriterium. Diese werden mit den Gewichtungen multipliziert und über die Hierarchie nach oben aggregiert. So ergibt sich als Zwischenergebnis wiederum ein Wert für jedes Hauptkriterium. Diese werden erneut gewichtet und aggregiert. Das daraus entstehende Endergebnis ist der Prioritätswert, den jede Alternative im Hinblick auf das Ziel erhält. Somit kann eine Rangfolge der Alternativen ermittelt werden.

2.2 Co-Creation-Prozess

Um den AHP durchzuführen und MCA-DuMP zu entwickeln, wurde ein Co-Creation-Ansatz verfolgt, an dem Stakeholder und Experten beteiligt waren. Der Prozess umfasste drei Phasen: Co-Design, Co-Development und Co-Evaluation.

Co-Design-Phase: In der ersten Phase wurde ein Co-Design-Workshop veranstaltet, an dem unter anderem Umweltschützer, Behördenvertreter, Wissenschaftler und Experten für Munitionsentsorgung teilnahmen. Zunächst wurde das spezifische Entscheidungsproblem definiert, das mithilfe des AHP behandelt werden sollte:

Wo in der deutschen Ostsee sollte mit der Bergung von Munitionsalllasten begonnen werden?

Den Teilnehmern wurde zudem eine erste Fassung des Hierarchiebaums vorgelegt, der vom Forschungsteam auf der Grundlage seines Vorwissens, einer Literaturrecherche und der Projektziele entwickelt worden war. Die Teilnehmer gaben Feedback zur Relevanz der vorgeschlagenen Kriterien, die dann entsprechend angepasst wurden.

Co-Development-Phase: In dieser Phase wurden acht Workshops durchgeführt, an denen über 30 Experten aus verschiedenen Institutionen teilnahmen. Die Workshops dienten dazu, Experten in die Verfeinerung der Kriterien (und ihrer jeweiligen Unterkriterien) einzubeziehen und verfügbare Daten zur Bewertung der Kriterien zu identifizieren. Diese Daten dienen dazu,

das mit den Munitionshaufen verbundene Risiko für die menschliche Gesundheit, Risiko für die Umwelt, Risiko für die Wirtschaft, Risiko von Missbrauch und das sozioökonomische Potenzial der Flächennachnutzung zu quantifizieren. Die Kosteneffizienz der Kampfmittelbeseitigung unterscheidet sich von den anderen Zweigen des Hierarchiebaums. Aufgrund der begrenzten Erfahrung mit der Räumung ganzer Munitionshaufen auf See stützt sich dieser Zweig auf das Konzept der Kostenwirkungsfaktoren, die aus der landbasierten Kampfmittelräumung übernommen und durch Expertenbewertungen angepasst wurden.

Nach der Fertigstellung des in Abb. 1 dargestellten Hierarchiebaums wurden die Kriterien mithilfe eines paarweisen Vergleichs durch Stakeholder und Experten gewichtet. Das methodische Vorgehen stützt sich auf die einschlägige Literatur [z. B. 9–11].

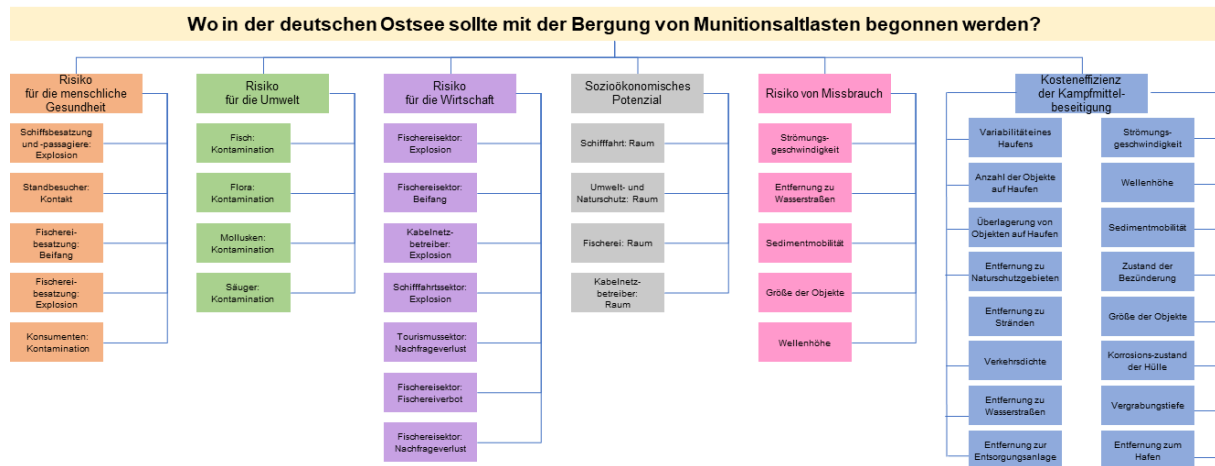


Abb. 1: Hierarchiebaum, der in MCA-DuMP genutzt wird, um Munitionshaufen für die Räumung zu priorisieren (© 2025 Frey, Pechmann, Ensenbach).

Co-Evaluation-Phase: Vor Beginn dieser Phase wurden mit dem fertiggestellten MCA-DuMP-Modell die Ergebnisse berechnet. In der Co-Evaluation-Phase wurde dann ein abschließender Workshop unter Beteiligung von interessierten Stakeholdern durchgeführt. Im Rahmen der Veranstaltung wurden die Ergebnisse des Modells kritisch hinterfragt und seine Stärken und Grenzen diskutiert. Darüber hinaus wurden Vorschläge zur Verbesserung und Erweiterung von MCA-DuMP gesammelt.

2.3 Datensammlung, Datenprozessierung, Modellierung und Modellberechnung

Datensammlung, Datenprozessierung und Modellierung fanden parallel zum eigentlichen Co-Creation-Prozess statt und dienten der technischen Überführung der kontinuierlich erzielten Zwischenergebnisse in ein Entscheidungsmodell auf Basis der AHP. Nach Beendigung der Co-Development-Phase wurde die Modellberechnung durchgeführt, die den Ausgangspunkt für den Co-Evaluation-Workshop bildete.

Einzelheiten zur Datenerfassung, -verarbeitung und -verwendung für jedes Kriterium werden in diesem Beitrag nicht beschrieben. Für detaillierte Einblicke in alle Daten, den Auswahlprozess und die schrittweise Verarbeitung verweisen wir an dieser Stelle auf die Kriterienbeschreibungen im Handbuch des Modells MCA-DuMP [12].

Datensammlung und -prozessierung: Im Anschluss an jeden Co-Development-Workshop wurden die entsprechenden Daten für die Kriterien gesammelt. Einen Teil der Daten stellten Partner aus dem CONMAR-Konsortium zur Verfügung. Dies betrifft vor allem die Unterkriterien des Zweigs „Risiko für die Umwelt“. Dabei handelt es sich um Messungen sprengstofftypischer Verbindungen in der Umwelt. Außerdem betrifft es Eigenschaften der Munitionshaufen. Für 39 Munitionshaufen standen Fotomosaik (wie in Abb. 2 zu sehen) zur Verfügung. Für diese wurden die Eigenschaften durch eine visuelle Bewertung durch vier Experten erfasst.

Alle weiteren potenziellen Munitionshaufen, die nicht visuell bewertet werden konnten, erhielten einen repräsentativen Wert.



Abb. 2: Photomosaik verschiedener Munitionshaufen in der deutschen Ostsee (© DSM @ GEOMAR).

Für die meisten Kriterien mussten jedoch Daten aus anderen Quellen gesammelt und aufbereitet werden. Zu diesem Zweck wurden verschiedene webbasierte Datenportale genutzt, darunter HELCOM MADS, MDI-DE, GDI-DE und das BSH-Datenportal. Die Daten wurden auf ihre räumliche Vollständigkeit (also die Abdeckung der gesamten deutschen Ostsee) und ihre Aktualität überprüft. Wenn mehrere Datensätze verfügbar waren, wurden diese entweder zusammengeführt oder es wurde ein Datensatz ausgewählt. Die überwiegende Mehrheit der in MCA-DuMP verwendeten Daten sind Geodaten. Sie ermöglichen es, den räumlichen Kontext zu verstehen, in dem sich die Munitionshaufen befinden.

Modellierung: MCA-DuMP wurde mit dem Graphical Modeler des geografischen Informationssystems QGIS (V3.30.3) erstellt. Dieser ermöglicht die sequenzielle Ausführung praktisch aller QGIS-Funktionen, um einen Arbeitsablauf zu veranschaulichen und zu automatisieren. Die Standorte der Munitionshaufen sowie deren Eigenschaften sind die wichtigsten Eingangsdaten für MCA-DuMP. Alle Daten sind als Layer organisiert. Jedes Kriterium verwendet verarbeitete Daten aus einem oder mehreren Layern in QGIS.

Modellberechnung: Auf Basis der Inputdaten errechnet MCA-DuMP für jeden Munitionshaufen einen Wert pro Zweig des Hierarchiebaums sowie einen übergeordneten Prioritätswert zur Beantwortung der Forschungsfrage.

3 Ergebnisse

3.1 Verteilung der Munitionshaufen

Die Verteilung der Munitionshaufen wurde durch die Vermessungen der Lübecker Bucht durch das GEOMAR ermittelt. Abb. 3 zeigt diese Verteilung von Munitionshaufen in einem 1-km²-Raster. Aus Sicherheitsgründen können keine genaueren Angaben dargestellt werden. Wie Abb. 3 zeigt, befinden sich die größten Mengen in Gitterzellen, die vollständig oder hauptsächlich mit den Flächen überlappen, die in allgemein veröffentlichten Karten als munitionsbelastet gekennzeichnet sind. Pelzerhaken enthält eine erheblich höhere Anzahl an Haufen (414) als Haffkrug (54) [4]. Mit 62 Haufen ist die höchste Konzentration von Munitionshaufen im Zentrum des Versenkungsgebiets Pelzerhaken zu finden. Die Zelle mit den meisten Munitionshaufen, die sich zu weniger als der Hälfte mit einem offiziell als munitionsbelastet bezeichneten Gebiet überschneidet, befindet sich westlich von Pelzerhaken und enthält 12 Haufen. Zahlreiche Rasterzellen enthalten nur einen einzigen Munitionshaufen. [13]

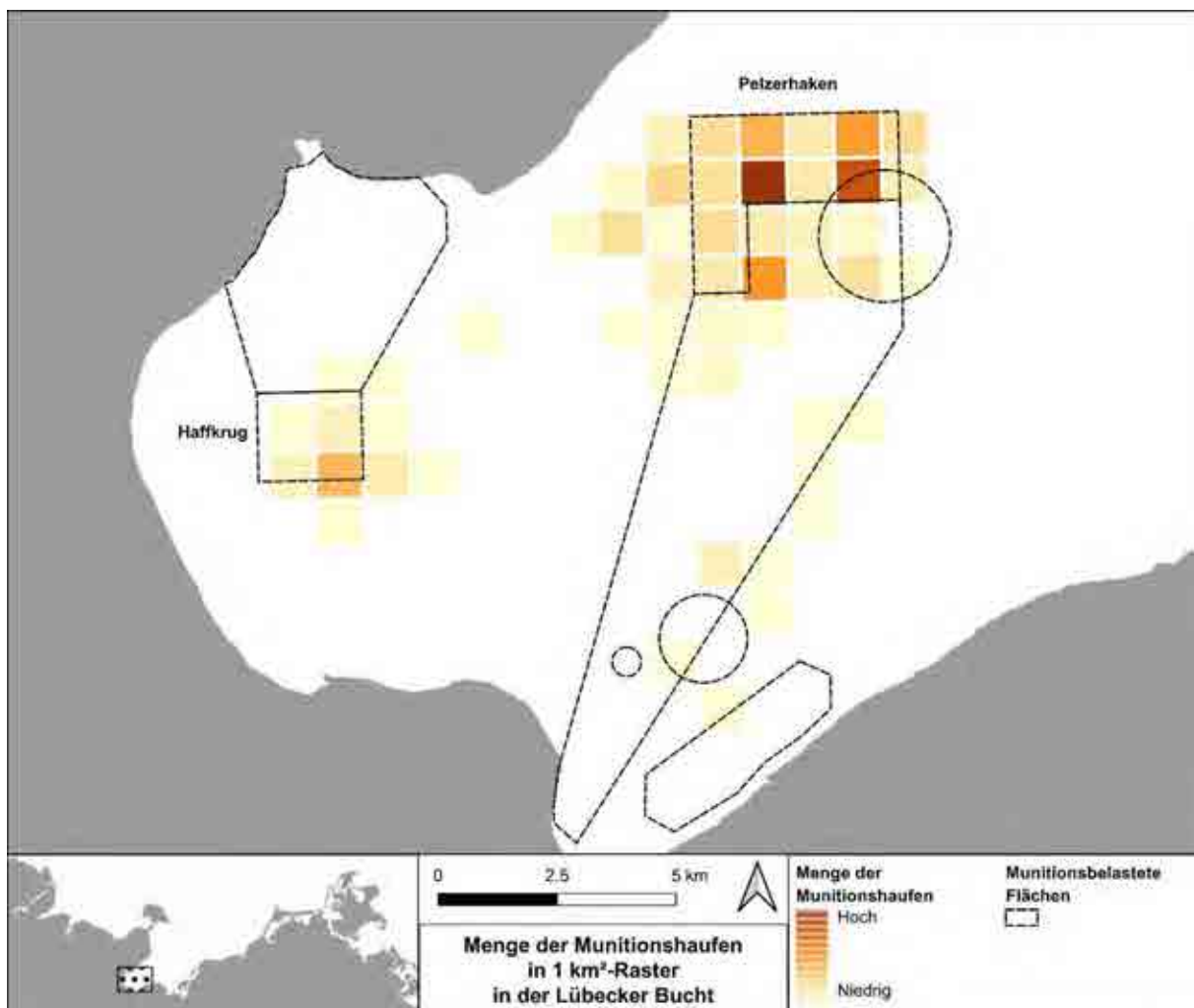


Abb. 3: Karte der Lübecker Bucht mit der Menge der Munitionshaufen in einem 1-km²-Raster. Je dunkler die Farbe einer Rasterzelle, desto höher die Menge der Haufen (© 2025 Frey). [13]

Die Karte enthält keine Informationen zu einzeln liegender Munition. GEOMAR hat im dargestellten Gebiet mehrere Tausend Einzelobjekte identifiziert. Daher würde die Räumung aller Munitionshaufen in einer Zelle nicht bedeuten, dass diese frei von Munition ist.

3.2 Priorisierungswerte der Munitionshaufen

Durch die Anwendung von MCA-DuMP wurden für 468 bekannte und potenzielle Munitionshaufen Priorisierungswerte berechnet. Abb. 4 gibt einen räumlichen Überblick über die Priorisierungsbewertung. Es wurde das gleiche 1-km²-Raster genutzt wie schon in Abb. 3. Die Farbskala zeigt den Median der Priorisierungsbewertung der in einer Zelle befindlichen Munitionshaufen. Dieser Wert gibt darüber Auskunft, in welchen Gebieten MCA-DuMP einen größeren Räumbedarf berechnet und in welchen nicht. Da die meisten Kriterien in MCA-DuMP auf Geodaten basieren, ist zu erwarten, dass Munitionshaufen, die sich in unmittelbarer Nähe zueinander befinden, auch ähnliche Priorisierungswerte erhalten. In Rasterzellen mit vielen Haufen wird dennoch eine detaillierte Überprüfung der einzelnen Haufen in der Rasterzelle empfohlen.

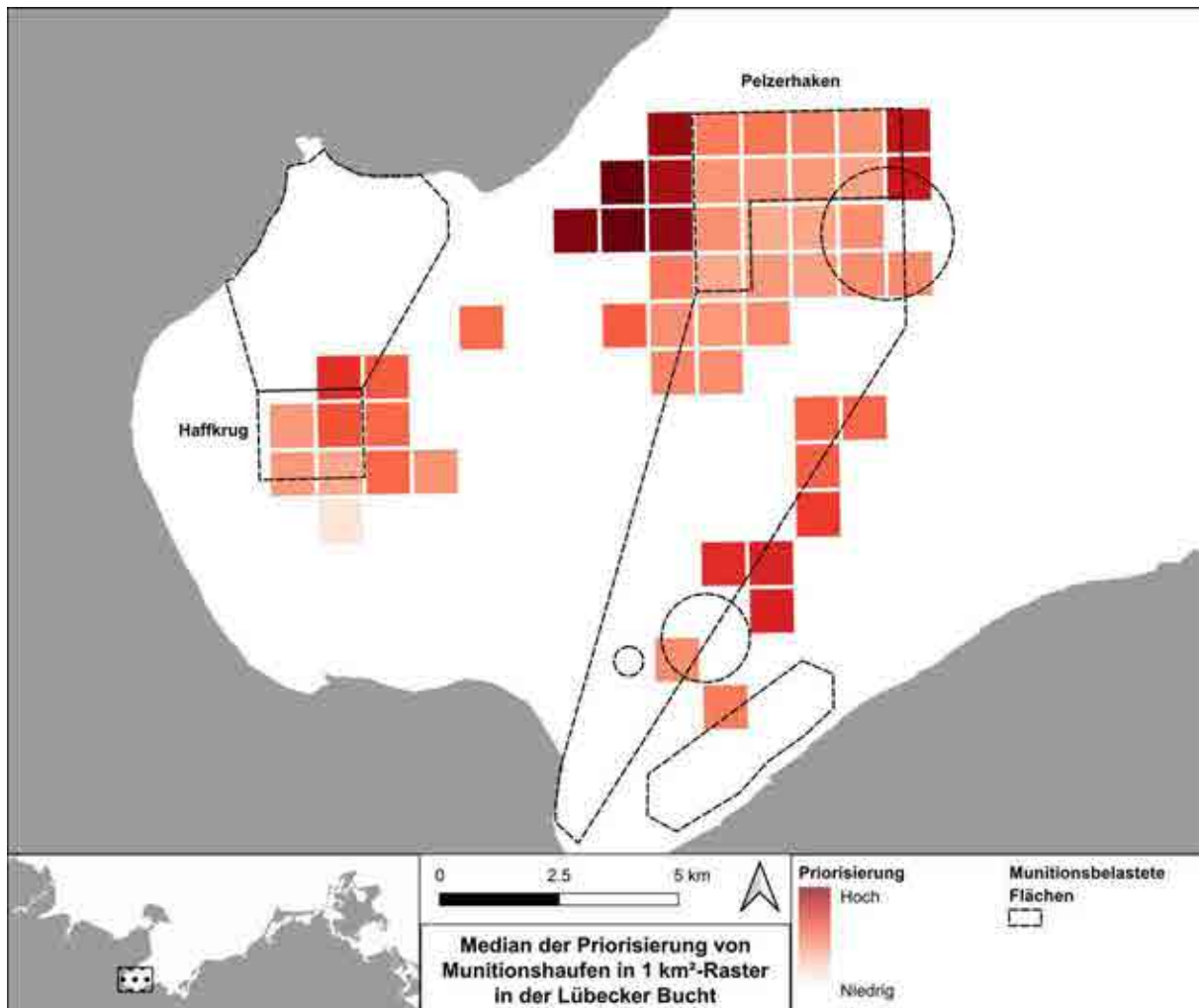


Abb. 4: Karte der Lübecker Bucht mit dem Median der Priorisierung der Munitionshaufen in einem 1-km²-Raster. Je dunkler die Farbe einer Rasterzelle, desto höher der Median der Priorisierung (© 2025 Frey).

Insgesamt ist festzustellen, dass Munitionshaufen im Versenkungsgebiet Pelzerhaken höhere Priorisierungswerte erhalten als jene in Haffkrug. Zudem ist zu beobachten, dass die höchsten Medianwerte in Rasterzellen zu finden sind, die vollständig oder größtenteils außerhalb der „offiziell“ anerkannten Versenkungsgebiete liegen. Eine mögliche Erklärung liegt in den höheren wirtschaftlichen und sonstigen menschlichen Aktivitäten außerhalb der Versenkungsgebiete. Das Modell erstellt zwar eine Priorisierung einzelner Haufen. Wie die Kartendarstellung zeigt, könnten Entscheidungsträger die Ergebnisse aber auch für Strategien auf

Gebietsebene nutzen, wenn sie sich dafür entscheiden, mehrere Haufen für einen Räumungsauftrag zusammenzufassen.

4 Zusammenfassung

Seit 2017 wurden in der Lübecker Bucht 468 potenzielle Munitionshaufen detektiert. Um diese für die zukünftige Beseitigung zu priorisieren, wurde mithilfe des AHP das Modell MCA-DuMP zur Entscheidungsunterstützung entwickelt. Es berücksichtigt das Risiko für die menschliche Gesundheit, das Risiko für die Umwelt, das Risiko für die Wirtschaft, das Risiko von Missbrauch, das sozioökonomische Potenzial der Räumung und die Kosteneffizienz der Räumung. Für jedes dieser Hauptkriterien unterscheidet MCA-DuMP mehrere Unterkriterien. Die Modellentwicklung wurde durch einen Co-Creation-Prozess mit Experten und Stakeholdern begleitet. Die zugrundeliegenden Daten wurden sowohl durch das CONMAR-Konsortium bereitgestellt als auch aus öffentlichen Datenbanken entnommen. Das Modell wurde in QGIS erstellt und kann dort ausgeführt werden. Im Ergebnis werden den zuständigen Behörden Prioritätenlisten der bekannten Munitionshaufen zur Verfügung gestellt. Der interessierten Öffentlichkeit können Priorisierungskarten (wie in Abb. 4) gezeigt werden.

Dank und Transparenzhinweis

Die hier vorgestellten Ergebnisse wurden im Rahmen der Forschungsprojekte CONMAR und CONMAR-2 erarbeitet. Die Projekte wurden vom Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt unter den IDs 03F0912 und 03F0981 gefördert.

Der Hauptautor dankt Paul Lehmann und den Kollegen des Instituts für Infrastruktur und Ressourcenmanagement der Universität Leipzig für den Status als Gastwissenschaftler.

Alle Karten wurden mit QGIS Desktop V3.30.3 erstellt.

Bildlizenz: CC BY 4.0.

Der Beitrag wurde mithilfe von DeepL aus dem Englischen von einem Berichtstext übersetzt und anschließend entsprechend der Anforderungen des Tagungsbands überarbeitet. Grammatik und Rechtschreibung wurden mit QuillBot überprüft.

Literaturverzeichnis

- [1] C. Böttcher, T. Knobloch, N.-P. Rühl, J. Sternheim, U. Wichert, J. Wöhler (2001) "Munitionsbelastung der deutschen Meeresgewässer - Bestandsaufnahme und Empfehlungen (Stand 2011)" Sekretariat Bund/Länder-Messprogramm für die Meeresumwelt von Nord- und Ostsee (BLMP), Hamburg. <https://tinyurl.com/y48mettb>.
- [2] J. Greinert, M. Kampmeier, V. Buck, T. Frey (2024) "Marine dumped munition: Example from Lübeck Bay where test clearance will start in 2024" *Journal of Applied Hydrography*, Nr. 128, S. 34–41, DOI: 10.23784/HN128-05.
- [3] Helsinki Commission (HELCOM) (2025) "HELCOM Thematic assessment on hazardous submerged objects in the Baltic Sea. Warfare materials in the Baltic Sea" Helsinki, volume 1. <https://tinyurl.com/3u9k7hb4>.
- [4] T. Frey, M. Keller, J. Mohrmann, A. Pechmann, S. Ensenbach, J. Greinert (2026) "Munition pile inventory in the German Baltic Sea, 2017 to 2024" PANGAEA, Munition pile inventory in the German Baltic Sea, 2017 et seq, DOI: 10.1594/PANGAEA.988426.
- [5] T. Frey, J. Greinert (2021) "Bomben am Meeresgrund – Der Umgang mit den Kriegsalllasten in der deutschen Ostsee" in *Altlasten 2021: Aus Altlasten und Schadensfällen lernen - von der Altlastensanierung zum vorsorgenden Boden- und Grundwasserschutz: Beiträge zum Seminar, 2021*, S. 87–96.

- [6] W. Sichertmann (2024) "Das Sofortprogramm Munitionsaltlasten in Nord- und Ostsee" HN, Nr. 128, S. 33–37, DOI: 10.23784/HN128-06.
- [7] A. Pechmann, J. Hinkel (2025) "Strategic use of scientific information for marine conservation: policy narratives on sea-dumped munitions in the German Seas" *Maritime Studies*, Vol. 24, Nr. 2, DOI: 10.1007/s40152-025-00424-1.
- [8] T. L. Saaty (2008) "Decision making with the analytic hierarchy process" *IJSSCI*, Vol. 1, Nr. 1, S. 83–98, DOI: 10.1504/IJSSCI.2008.017590.
- [9] L. G. Vargas (1990) "An overview of the analytic hierarchy process and its applications" *European Journal of Operational Research*, Vol. 48, Nr. 1, S. 2–8, DOI: 10.1016/0377-2217(90)90056-H.
- [10] C. Giacomini, G. Longo, A. Lunardi, E. Padoano (2016) "AHP-Aided Evaluation of Logistic and Transport Solutions in a Seaport" in *Applications and Theory of Analytic Hierarchy Process - Decision Making for Strategic Decisions*, F. de Felice, T. L. Saaty, A. Petrillo (Eds.).
- [11] J. Ananda, G. Herath (2003) "The use of Analytic Hierarchy Process to incorporate stakeholder preferences into regional forest planning" *Forest Policy and Economics*, Vol. 5, Br. 1, S. 13–26, DOI: 10.1016/S1389-9341(02)00043-6.
- [12] T. Frey, A. Pechmann, S. Ensenbach (2026) "The multi-criteria analysis for dumped munition prioritization tool (MCA-DuMP): Handbook and Criterion Descriptions" DOI: 10.3289/DSMR-0002.
- [13] T. Frey, M. Keller, J. Mohrmann, A. Pechmann, S. Ensenbach, J. Greinert (preprint) "Munition Piles in the German Baltic Sea: Inventory and Maritime Hazard Perspectives" DOI: 10.5194/essd-2025-795.

Anschriften der Autorinnen/Autoren

Dr. Torsten Frey
GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel
Wischhofstraße 1-3, 24148 Kiel
ROI: <https://ror.org/02h2x0161>
Telefon: +49 431 600 2599
E-Mail: tfrey@geomar.de
ORCID: 0000-0003-0834-1718
Internet: <https://www.geomar.de/deepsea-monitoring>

Alexander Pechmann
Global Climate Forum e.V.
Neue Promenade 6, 10178 Berlin
ROI: <https://ror.org/02tce8t86>
E-Mail: alexander.pechmann@globalclimateforum.org
ORCID: 0009-0009-3679-3253
Internet: <https://globalclimateforum.org/>

Dr. Samar Ensenbach
GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel
Wischhofstraße 1-3, 24148 Kiel
ROI: <https://ror.org/02h2x0161>
Telefon: +49 431 600 2562
E-Mail: sensenbach@geomar.de
ORCID: 0009-0007-0043-6452
Internet: <https://www.geomar.de/deepsea-monitoring>

Wissen, was drin ist.



Umweltanalytik auf höchstem Niveau

- Akkreditierte Probenahme
- Analytik, Beratung und Schulung nach EBV/BBodSchV
- Untersuchungen von u.a. Böden, Bauschutt, Abfall, EBS/SBS, Holz
- Asbest in Bauschutt, Bausubstanz und Luft
- Beprobung und Analytik von u.a. Trink- und Abwasser, Grund- und Oberflächengewässer
- PFAS, Pestizide, PCDD/F, Flammschutzmittel, NSO-Heterocyclen, Sprengstofftyp. Verb. u.v.m.
- Akkreditierung nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018

Die GBA Group ist ein internationales Life Science Dienstleistungsunternehmen mit über 3.500 Mitarbeitern und einem breiten Angebot an analytischen, logistischen und fachspezifischen Services in den Bereichen Pharma, Medizinprodukte, Kosmetika, Chemie, Lebensmittel, Trinkwasser und Umwelt.

Das Leistungsangebot umfasst Laboranalytik, Datenmanagement, spezielle logistische Dienstleistungen im Bereich klinischer Studien sowie die Beratung von privaten Unternehmen und öffentlichen Einrichtungen im Zusammenhang mit deren Aktivitäten im Bereich Forschung, Produktentwicklung, Markterschließung und Verbraucherschutz.

Mit ihren Dienstleistungen leistet die GBA Group einen nachhaltigen Beitrag für Gesundheit, Umwelt und Gesellschaft.

Die GBA Group betreibt Standorte in Belgien, China, Deutschland, Dänemark, Finnland, Frankreich, Italien, Niederlande, Österreich, Polen, Rumänien, Schweden, Schweiz, Singapur, Spanien, Südafrika, Indien und den Vereinigten Staaten.



Mineral Waste Manager – Ein Assistenzsystem zur Entsorgung mineralischer Abfälle

Fred Köhler

Zusammenfassung

In der mineralischen Abfallwirtschaft entscheiden Einstufung, Dokumentation und die Auswahl geeigneter Verwertungs- bzw. Entsorgungswege früh über Kosten, Zeit, Haftungsfragen und die Möglichkeit hochwertiger Verwertung. In der Praxis werden Laborberichte jedoch häufig manuell übertragen, verglichen und dokumentiert – bei gleichzeitig steigender Regelwerkskomplexität und Fachkräftemangel. Der Mineral Waste Manager ist eine digitale, KI-basierte Fachanwendung zur Unterstützung der Auftragsabwicklung bei der Entsorgung mineralischer Abfälle. Das System liest Laborberichte mittels künstlicher Intelligenz aus, unterstützt den Abgleich mit relevanten Vorgaben und dokumentiert Entscheidungen nachvollziehbar. Ziel ist es, administrative Abläufe zu standardisieren und zu beschleunigen sowie Transparenz und Prozesssicherheit in einem stark regulierten Umfeld zu erhöhen.

--

Mineralische Stoffströme aus Rückbau, Baugrund- und Altlastensanierung oder Infrastrukturprojekten sind für Klimaschutz und Ressourcenschonung zentral. Gleichzeitig ist ihr Umgang in der Praxis häufig durch komplexe administrative Prozesse geprägt. Neben den Anforderungen aus unterschiedlichen Regelwerken und der daraus resultierenden Unsicherheit erschweren heterogene Vorgehensweisen, fehlende Standards in der Softwarelandschaft sowie der Fachkräftemangel eine effiziente Abwicklung.

Gerade die Einstufung mineralischer Abfälle verbindet hohe regulatorische Anforderungen mit operativem Zeit- und Kostendruck. Chemische Analysen müssen korrekt erfasst, Grenzwerte geprüft, Fußnotenregelungen berücksichtigt und Annahmekriterien einzelner Anlagen einbezogen werden. Bereits geringe Übertragungs- oder Interpretationsfehler können zu Fehlentscheidungen führen – mit entsprechenden wirtschaftlichen und haftungsrelevanten Folgen. Zugleich steigt der Anspruch, Sekundärrohstoffe stärker in den Stoffkreislauf zurückzuführen und Primärrohstoffe zu substituieren.

An dieser Stelle setzt der Mineral Waste Manager an: als digitale, KI-gestützte Fachanwendung, die Unternehmen bei der Auftragsabwicklung in der Entsorgung mineralischer Abfälle unterstützt. Das Assistenzsystem hilft bei der Bewertung mineralischer Abfälle, bei der Erstellung von Angeboten sowie bei der Auswahl geeigneter Verwertungs- und Entsorgungswege. Ziel ist es, bestehende Prozesse digital strukturiert, nachvollziehbar und reproduzierbar abzubilden.

Kern der Anwendung ist die KI-unterstützte Auswertung von Laborunterlagen. Der Mineral Waste Manager identifiziert in Gutachten Proben, Parameter und Messwerte und überführt diese in eine strukturierte, digitale Bearbeitung. Nach dem Auslesen prüft der Nutzer die erkannten Proben und Messwerte. Erst auf Basis der verifizierten Daten erfolgt die Überprüfung anhand der ausgewählten Regelwerke und hinterlegten Annahmekriterien. Damit wird die fachliche Verantwortung nicht automatisiert, sondern die manuelle Übertragung und der fehleranfällige Medienbruch werden reduziert – bei gleichzeitig klarer Kontrollfunktion des Anwenders.

In der täglichen Praxis adressiert der Mineral Waste Manager insbesondere Arbeitsschritte, die bislang zeitintensiv und uneinheitlich ablaufen: das Abtippen von Laborergebnissen, die Pflege von Tabellen sowie der manuelle Vergleich von Messwerten mit Grenzwerten aus unterschiedlichen Regelwerken. Durch die strukturierte Gegenüberstellung von Analyseumfang, Messwerten und maßgeblichen Vorgaben entsteht eine transparente Entscheidungsgrundlage. Der Nutzen zeigt sich vor allem dort, wo zahlreiche Parameter gleichzeitig zu berücksichtigen sind und Entscheidungen – etwa im Rahmen der Angebots- oder Annahmeprüfung – nachvollziehbar dokumentiert werden müssen.

Darüber hinaus unterstützt die Lösung die strukturierte Projektführung innerhalb von Unternehmen. Projekte können einheitlich erfasst, Analysedaten zentral abgelegt und Entscheidungsstände nachvollziehbar dokumentiert werden. Dies erleichtert die Abstimmung zwischen Vertrieb, Disposition und technischer Bewertung, reduziert doppelte Bearbeitungsschritte und schafft Transparenz über Zuständigkeiten.

Digitalisierung ist in diesem Kontext kein Selbstzweck, sondern ein Instrument zur Beherrschung regulatorischer Komplexität. Indem Daten systematisch erfasst, geprüft und dokumentiert werden, lassen sich Unsicherheiten reduzieren und Entscheidungsprozesse vereinheitlichen. Damit kann der administrative Aufwand in einem stark regulierten Marktumfeld verringert werden.

Zusammengefasst ist der Mineral Waste Manager als Assistenzsystem darauf ausgerichtet, die Entsorgung mineralischer Abfälle planbarer, transparenter und effizienter zu machen: durch digitale, standardisierte Prozesse, KI-gestütztes Auslesen und strukturierte Prüfung von Laborinformationen sowie eine nachvollziehbare Dokumentation in einem rechtlich sensiblen Arbeitsfeld. Damit verdeutlicht das Beispiel, wie KI-Anwendungen in der Kreislaufwirtschaft konkret zur Prozesssicherheit beitragen können – ohne die fachliche Verantwortung der handelnden Personen zu ersetzen.

Fred Köhler

Mineral Waste Manager GmbH
Lindberghring 1, 33142 Büren
www.mineral-waste-manager.de
Mobil: +49 (0)176 22313232
<mailto:Fred@mineral-waste-manager.de>



Spezialisten für Projektsteuerung
im Bereich Umweltschutz und Altlasten



Erfahrene Partner des Bundes
bei komplexen Sanierungsprojekten



Zielorientierte ganzheitliche Steuerung
von der Planung bis zur Umsetzung

Wir machen Altstandorte wieder zukunftsfähig!

Seit über 20 Jahren ist das Altlasten- und Kontaminationsmanagement unsere Expertise. Unsere Auftraggeber schätzen uns als zuverlässigen und effizienten Partner bei der Projektumsetzung. Bundesweit tragen wir dazu bei, problemhafte Flächen in wertvolle Ressourcen zu verwandeln. Wir verwahren und sanieren unsere eigenen Liegenschaften mit dem Ziel diese zurück in den Wirtschaftskreislauf zu führen.



Nachhaltigkeit in der Altlastenbearbeitung

Moderation: Yvonne Sutter, Ramboll Deutschland GmbH, Frankfurt am Main

8. Einführung durch ITVA-Arbeitsgruppe SuRF D-A-CH

Christian Poggendorf, Hannover

9. Nachhaltigkeit beim Nachsorgeübergang aus aktiver Grundwassersanierung am Beispiel des Altlaststandorts Kupferhammer

Morgane Minnig-Pirro, GFI Grundwasser-Consulting-Institut GmbH, Dresden

10. Sanierungs- und Sicherungsmaßnahmen am Beispiel einer innerstädtischen Gaswerkssanierung in Berlin - nachhaltige Nutzungsmöglichkeiten von gereinigtem Grundwasser

Frank Heim, Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt (SenMVKU),
Berlin

Nachhaltigkeit in der Altlastenbearbeitung - Einführung durch ITVA-Arbeitsgruppe SuRF D-A-CH

Dipl.-Ing. Christian Poggendorf

Einleitung

Der Begriff der Nachhaltigkeit spielt in der öffentlichen Kommunikation eine große Rolle, in den Nachrichten, den politischen Diskussionen und bis in die Werbung hinein. Interessanterweise hat die Diskussion über die Nachhaltigkeit bei der Sanierung von Boden und Grundwasser zumindest in Deutschland bisher nur eine geringe praktische Bedeutung gehabt. Es gab früh schon Ansätze zur Ökobilanzierung von Sanierungsmaßnahmen, die aber mit Ausnahme weniger Pilotanwendungen überwiegend im wissenschaftlichen Bereich von Bedeutung waren. Eine Relevanz hatte dieses Thema in der Praxis der Altlastenbearbeitung bisher eher nicht. Auch wenn es immer wieder als weiches Kriterium bei der Bewertung von Sanierungskonzepten, z.B. bei der Sanierungsuntersuchung, Eingang fand und neben den Kosten auch energetische und Klimaschutzaspekte sowie der Natur- und Artenschutz teilweise ebenfalls eine Rolle spielten, fehlte es bisher eindeutig an Konzepten für eine strukturierte und rechtsichere Integration von ökonomischen, ökologischen und sozialen Aspekten.

Um diesem Dilemma zu begegnen hat sich in Deutschland unter dem Dach des Ingenieurtechnischen Verbandes für Altlastenmanagement und Flächenrecycling e.V. (ITVA) nun eine Arbeitsgruppe gegründet, die sich systematisch mit diesem Thema Nachhaltigkeit auseinandersetzen will, um es für die praktische Umsetzung zu strukturieren und der Fachöffentlichkeit Materialien und Arbeitshilfen für eine breite Anwendung zur Verfügung zu stellen.

Grundlagen

Im Jahr 2015 verabschiedeten die Vereinten Nationen 17 globale Nachhaltigkeitsziele, die sogenannten Sustainable Development Goals (SDG), mit denen sich die Weltgemeinschaft für eine bessere Zukunft verpflichtet hat. Die UN-Nachhaltigkeitsziele umfassen sowohl **ökonomische, ökologische und soziale Aspekte** und nehmen dabei ALLE Akteure, d.h. Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und Zivilgesellschaft zur Erreichung dieser Ziele in die dauerhafte Verantwortung.



Jedes der 17 SDG-Ziele hat Meilensteine und Sub-Ziele, die bis 2030 erreicht werden sollen. Diese betreffen aus unserem Blickwinkel u.a. die Verringerung von Gefährdungen durch Verschmutzung und Verunreinigung von Luft, Wasser und Boden, die Verbesserung der Wasserqualität, Ressourceneffizienz sowie Klimaschutzmaßnahmen. Insoweit müssen sich zukünftig auch die Maßnahmen zur Altlastenbearbeitung den globalen Nachhaltigkeitszielen unterordnen.

Die Europäische Union hat 2019 den „Green Deal“ verabschiedet, mit dem es gelingen soll Europa bis 2050 zum ersten klimaneutralen Kontinent zu machen. Dieser fokussiert aus den Nachhaltigkeitszielen damit vor allem auf Umwelt- und Klimaschutz. Damit soll u.a. auch ein wesentlicher Beitrag zur Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung geleistet werden. Explizit genannt sind dabei die

- Sanierung rechtlich nicht konformer Deponien und stillgelegter oder illegaler Müllhalden sowie die
- Sanierung verunreinigter Standorte und Gebiete.

In der EU-Bodenstrategie für 2030 sind zusätzlich das Erreichen eines „guten ökologischen Zustandes“ der Böden in der EU und ein Netto-Null-Flächenverbrauch bis 2050 als Ziele definiert.

Im nationalen Bereich sind die Nachhaltigkeitsziele in der Bundesrepublik Deutschland z.B. im Klimaschutzgesetz rechtlich umgesetzt worden. Damit werden verschiedene Wirtschaftssektoren zu Reduktionen von Treibhausgasemissionen gesetzlich verpflichtet. Hierzu gehören die Verwendung von Brennstoffen in der Industrie, bei Gebäuden, im Verkehr sowie die Emissionen aus der Abfallwirtschaft.

Internationale Ansätze zur Nachhaltigkeit in der Altlastenbearbeitung

Vor allem in den englischsprachigen Ländern gibt es bereits weitreichende Ansätze der Berücksichtigung von Nachhaltigkeitskriterien bei der Sanierung von Schadensfällen in Boden und Grundwasser. In den USA, in Großbritannien, Canada, Australien und weiteren Ländern existieren breit verankerte nationale Arbeitsgemeinschaften zur Bearbeitung von Nachhaltigkeitsfragen im Bereich Altlastensanierung, die häufig unter dem Namen Sustainable Remediation Forum (SuRF) tätig sind.

International arbeiten die SuRF-Arbeitsgruppen locker in der International Sustainable Remediation Alliance (ISRA) zusammen.

Bei SuRF werden die Grundsätze einer nachhaltigen Sanierung in folgender Weise definiert:

1. Schutz der menschlichen Gesundheit und der sonstigen Umwelt
2. Sichere Arbeitsbedingungen
3. Konsistente, klare und reproduzierbare tatsächengestützte Entscheidungsfindung
4. Führung von Aufzeichnungen und transparente Berichterstattung
5. Gute staatliche Rahmenbedingungen und Beteiligung von Projektbeteiligten
6. Solide wissenschaftliche Grundlagen

Daraus ist erkennbar, dass der Aspekt der Nachhaltigkeit nicht nur darin gesehen wird, dass bestimmte umweltbezogene Ziele erreicht werden, sondern, dass diese Ziele in einem gesellschaftlichen Kontext betrachtet werden müssen, z.B. durch Information und Partizipation.

In diesem Zusammenhang hat sich der folgende Indikatorensetz für die drei Schwerpunktbereiche zur Bewertung der Nachhaltigkeit von Sanierungsansätzen (Übersetzung durch den Autor) etabliert und bereits Eingang in die ISO 18504:2017 Soil Quality - Sustainable Remediation gefunden:

Ökologische Dimension	Ökonomische Dimension	Soziale Dimension
ENV1: Emissionen in die Luft	ECON1: Direkte ökonomische Kosten und Nutzen	SOC1: Menschliche Gesundheit und Sicherheit
ENV2: Boden und Untergrundbeschaffenheit	ECON2: Indirekte ökonomische Kosten und Nutzen	SOC2: Ethik und Gleichberechtigung
ENV3: Grund- und Oberflächenwasser	ECON3: Beschäftigung und Qualifikation	SOC3: Nachbarschaft und Umfeld
ENV4: Ökologie	ECON4: Induzierte ökonomische Kosten und Nutzen	SOC4: Gemeinschaften und deren Einbindung
ENV5: Natürliche Ressourcen und Abfälle	ECON5: Projektdauer und Flexibilität	SOC5: Unsicherheiten und Nachweise

In einer Reihe von Veröffentlichungen und Arbeitshilfen wurden diese z.B. von SuRF UK in Großbritannien den drei Nachhaltigkeitschwerpunkten zugeordneten Indikatoren weiter untergliedert und der Fachöffentlichkeit für eine Anwendung im Bereich der Altlastenbearbeitung empfohlen. Die Inhalte der einzelnen Kriterien und die

Gewichtung der Kriterien untereinander können dabei standortspezifisch definiert und idealerweise mit den am Projekt Beteiligten abgestimmt werden.

Je nachdem, welche Kriterien man bei der Sanierungsentscheidung berücksichtigt kann man in Bezug auf die Nachhaltigkeit z.B. auf der Grundlage der internationalen Norm ISO 18504 zwischen einer „grünen Sanierung“ unter Berücksichtigung vor allem ökologischer Kriterien und einer echten „nachhaltigen Sanierung“ mit Berücksichtigung aller drei Nachhaltigkeitsdimensionen unterscheiden werden.

Initiativen im ITVA

Der Fachausschuss 1 „Technologien und Verfahren“ (bisher H1) des „Verbandes für Altlastenmanagement und Flächenrecycling e.V.“ (ITVA) hatte sich der Aufgabe gestellt, das Thema „Nachhaltigkeit“ für die Altlastenbearbeitung aufzuarbeiten und erste Thesen und inhaltliche Schwerpunkte für die weitere fachliche Diskussion im neuen Positionspapier „Nachhaltigkeit bei der Altlastensanierung“ zusammengestellt. Das Positionspapier ist auf der ITVA-Homepage als Download verfügbar (<https://www.itv-altlasten.de/publikationen/positionspapiere>). Es ist bewusst als Denk- und Diskussionsansatz zu verstehen und soll neue Impulse für die weitere Diskussion geben.

Vom ITVA wurde daraufhin im Frühjahr 2025 ein ad hoc-Arbeitskreis ins Leben gerufen, der sich den Namen „SuRF D-A-CH“ gegeben hat. Damit wurde einerseits Bezug auf die international tätigen „Sustainable Remediation Foren“ genommen und der Arbeitskreis andererseits bewusst für den gesamten deutschsprachigen Raum geöffnet. Es war von der inhaltlichen Ausrichtung her klar, dass Nachhaltigkeit nicht nur bezogen auf Technologien und Verfahren, sondern breiter auf die gesamte Bearbeitung von kontaminierten Standorten und das Flächenrecycling bezogen werden sollte.

Seit Februar 2025 arbeitet der Arbeitskreis mit einem großen Kreis von Fachkollegen und hat schon mehrere Sitzungen durchgeführt, auch unter Beteiligung von Kollegen aus Österreich. SuRF D-A-CH kooperiert auch bereits mit der ISRA International Sustainable Remediation Alliance.

Es war schnell erkennbar, dass ein Hindernis für die Verbreitung der fachlichen Erfahrungen aus dem internationalen Bereich die Sprachhürde ist. SuRF D-A-CH hat sich deshalb entschieden (trotz des englischsprachigen Namens) für den nationalen Bereich ausschließlich in Deutsch zu arbeiten und alle Veröffentlichungen auf die in den Ländern Deutschland, Österreich und Schweiz geltenden Randbedingungen anzupassen, vor allem auch auf den Rahmen des jeweiligen Rechtes.

Zur Kommunikation über den aktuellen Diskussionsstand und für weitergehende Informationen hat die Arbeitsgruppe die Homepage www.surf-dach.org eingerichtet.

Arbeitsprogramm von SuRF D-A-CH

Der neue ad hoc-Arbeitskreis hat sich ein umfangreiches Arbeitsprogramm vorgenommen und sich dazu einen knappen Zeitrahmen gegeben. Es ist den Ausschussmitgliedern wichtig, dass das Thema Nachhaltigkeit in Deutschland (und dann auch in Österreich und der Schweiz) sehr schnell und bei möglichst vielen Beteiligten an Bedeutung und Akzeptanz gewinnt.

Zum einen sollen Arbeitsmaterialien vor allem von SuRF UK in deutsche Sprache übertragen und veröffentlicht werden, um diese aus Sicht von SuRF D-A-CH wichtigen und in der Praxis angewendeten Grundlagen auch der deutschsprachigen Fachöffentlichkeit verfügbar zu machen.

Diese Übersetzungen sollen redaktionell so bearbeitet werden, dass die rechtlichen Rahmenbedingungen und die Vollzugspraxis in Deutschland, der Schweiz und Österreich berücksichtigt sind. Damit sollen die Unterlagen sowohl für die nationale Bearbeitung geeignet als auch anschlussfähig an die internationale Herangehensweise sein. Letzteres ist z.B. für die internationalen Konzerne und deren Sachverständige wichtig und auch notwendig für die Harmonisierung mit den EU-Berichtspflichten zur Nachhaltigkeit. Ein Rahmendokument hierzu ist fertiggestellt und wird zeitnah veröffentlicht werden.

Zum anderen will SuRF D-A-CH der Fachwelt sehr schnell konkrete Projektbeispiele zur Verfügung stellen, bei denen Nachhaltigkeitsthemen in der Bearbeitung eine besondere Bedeutung gehabt haben. Solche Best Practice-Beispiele werden zu Anfang überwiegend aus dem internationalen Bereich kommen. Aber gerade Erfahrungen aus Deutschland und den anderen D-A-CH-Ländern sind in diesem Zusammenhang besonders wichtig, weil sie besser als Vorlagen für eine nationale Anwendung geeignet sind.

Der Fachausschuss hat sich nach Abschluss dieser Phase der Bereitstellung von Grundlagen bereits weitere Themen vorgenommen. Wichtig ist hier vor allem die Entwicklung eines Leitbildes der Nachhaltigkeit. Derzeit wird von einigen Ausschussmitgliedern der Ansatz verfolgt, dass kurzfristig Aspekte des Klimaschutzes und auch des Ressourcenschutzes stark im Vordergrund stehen sollten. Diese starke Betonung einer umweltverträglichen Sanierung wird auch im ITVA-Positionspapier deutlich. Andere Ausschussmitglieder bevorzugen hingegen eine Berücksichtigung aller drei Ziele der Nachhaltigkeit einschließlich des sozialen Aspektes.

Es soll im ITVA-Fachausschuss SuRF D-A-CH der Versuch gemacht werden beide Ziele, das einer umweltverträglichen Sanierung und das einer insgesamt nachhaltigen und sogar resilienten Sanierung parallel zu verfolgen. Kurzfristig könnten dabei z.B. Arbeitsmaterialien entstehen, die eine Ermittlung und einen Vergleich der CO₂-Footprints von Sanierungstechniken erlauben, und mittelfristig umfassende Bewertungsansätze für einen ökonomischen, umweltgerechten und sozialen Umgang mit Boden- und Grundwasserkontaminationen.

Ausblick

Die Arbeit von SuRF D-A-CH soll sich ausdrücklich an einen möglichst umfassenden Adressatenkreis innerhalb, aber auch außerhalb des ITVA sowie an den gesamten deutschsprachigen Raum richten. Interessierte sind herzlich eingeladen im Arbeitskreis mitzuwirken.

SuRF D-A-CH hat sich eine umfassende Aufgabe vorgenommen, die auf eine erkennbar große Nachfrage aus der Praxis stößt und damit eine besondere Dringlichkeit hat. Eine rein auf ehrenamtliche Tätigkeit aufbauende Fachausschussarbeit wird deshalb alleine nicht ausreichen, um der Bedeutung des Themas gerecht zu werden. SuRF D-A-CH wird sich deshalb mit der Organisation und der Finanzierung seiner weiteren Arbeit auseinandersetzen müssen. Dabei wird es darauf ankommen, die notwendige fachliche und organisatorische Verbindung zum ITVA zu behalten und zu verankern.

Dipl.-Ing. Christian Poggendorf

Sprecher ITVA-ad hoc-Arbeitskreis SuRF D-A-CH

www.surf-dach.org

Christian.poggendorf@gmx.de

+49 (0) 175 1611738

Nachhaltigkeit beim Nachsorgeübergang aus aktiver GW-Sanierung - Beispiel des Altlaststandorts Kupferhammer

Morgane Minnig-Pirro und Ronald Giese

1 Einführung

Nachhaltigkeit umfasst gemäß den globalen Nachhaltigkeitszielen (Sustainable Development Goals, UN-SDGs) der UN sowohl die ökologische, die ökonomische als auch die soziale Dimension. Genehmigungsrechtlich ist in Deutschland das Thema Nachhaltigkeit u.a. im Bundes-Klimaschutzgesetz, im Bundes-Bodenschutzgesetz und bei der Neufassung der BBodSchV festgeankert. Nachhaltigkeitsbewertungen werden zunehmend nachgefragt oder sind sogar verpflichtend.

Die Forderung nach nachhaltiger Altlastensanierung lässt sich konkret u.a. aus den UN SDG-Ziele 3 „Gesundheit und Wohlergehen“, 6 „Sauberes Wasser“ sowie 15 „Leben an Land“, sowie, z.B. bei der Verfahrenauswahl und –entwicklung, aus den Zielen 9 „Industrie, Innovation und Infrastruktur“ und 17 „Partnerschaften zur Erreichung der Ziele“ ableiten.

In der Praxis hat aber bisher der Aspekt Nachhaltigkeit bei der Altlastensanierung nur wenig Aufmerksamkeit bekommen. Grund dafür ist u.a., dass der Begriff Nachhaltigkeit oft als diffus wahrgenommen und nicht selten sogar als Hemmnis für den jeweils eigenen Tätigkeitsbereich betrachtet wird. Auch sind Werkzeuge zur qualitativen oder quantitativen Bewertung von Nachhaltigkeitsmerkmale bisher wenig praktikabel.

Die ITVA-Arbeitsgruppe SuRF D-A-CH strebt an, Arbeitshilfen zur Nachhaltigkeitsbewertung zu erstellen. Der ITVA hat 2024 ein Positionspapier zur Nachhaltigkeit bei der Altlastensanierung (ITVA-H1) bereitgestellt, das Empfehlungen und Bewertungskriterien bietet. Ebenfalls ist die nachhaltige Sanierung von Böden in der ISO 18504:2017-07 thematisiert.

Am Altlaststandort Kupferhammer ist die Berücksichtigung der Nachhaltigkeit in der Sanierungsstrategie verankert, die in einem Sanierungsplan nach § 13 BBodSchG festgelegt ist, und wird bei Bewertung von Maßnahmenoptionen berücksichtigt.

2 Nachhaltigkeitsbetrachtung am Altlaststandort Kupferhammer

2.1 Vorstellung des Altlaststandort Kupferhammer

Der ehemalige Veredlungsstandort Kupferhammer befindet sich östlich der Ortslage Röblingen am See (Sachsen-Anhalt) und wurde seit ca. 1850 industriell genutzt. Abb. 1 zeigt den Standort Kupferhammer im Jahr 1878 mit der engen räumlichen Verkopplung zwischen Braunkohleförderung, -veredlung und der Verbringung von Reststoffen.

In Folge der Braunkohleveredlungstätigkeit mit der ehemaligen Schwelerei, Brikett-, Mineralöl- und Paraffinfabrik sowie den Ablagerungsbereichen von Schwelereirückständen sind massive Boden- und Grundwasserschäden entstanden. In den 1990er Jahren wurden alle oberflächigen Gebäude und Anlagen rückgebaut und es erfolgte eine Teil-Wiedernutzbarmachung und Sicherung der Bodenschäden durch Abdeckung mit Begrünung. Zur Abwendung von Gefahren für GW-Schutzgüter und betroffene Dritte wird seit 1999 auf der Grundlage einer Wasserrechtlichen Erlaubnis eine Sicherung der GW-Schäden mittels pump&reat durch die LMBV als Sanierungspflichtige durchgeführt.

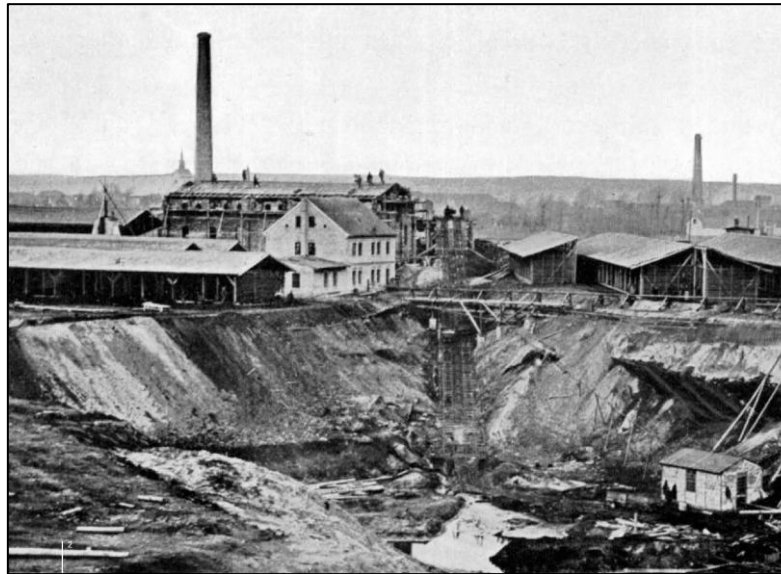


Abb. 1: Schwelerei an der Grube Ottilie Kupferhammer in Röblingen am See, 1878 (LMBV, 2011)

Der Altstandort besteht aus zwei Hauptschadensbereichen, von denen je eine Abstromfahne geschädigter Grundwässer in Kontakt zum benachbarten Tagebau Amsdorf steht. Im Süden wird der Abstrom von Alkylphenolen dominiert. Im Norden sind BTEX, PAK, Alkylphenole und MKW, auch in Form von emulgiertem Öl, als Hauptschadstoffgruppen relevant.

Im ersten Sanierungsaudit wurde 2007 eine Strategie mit einer kurzfristigen (bis 2030) und einer langfristigen Etappe erarbeitet (s. Abb. 2). Diese Strategie wurde wiederum mit einem weiteren Sanierungsaudit 2019 und in einen Nachsorgekonzept 2023-2025 fortgeschrieben. Sie ist seit 2020 genehmigungsrechtlich in einem Sanierungsplan nach § 13 BBodSchG festgelegt.

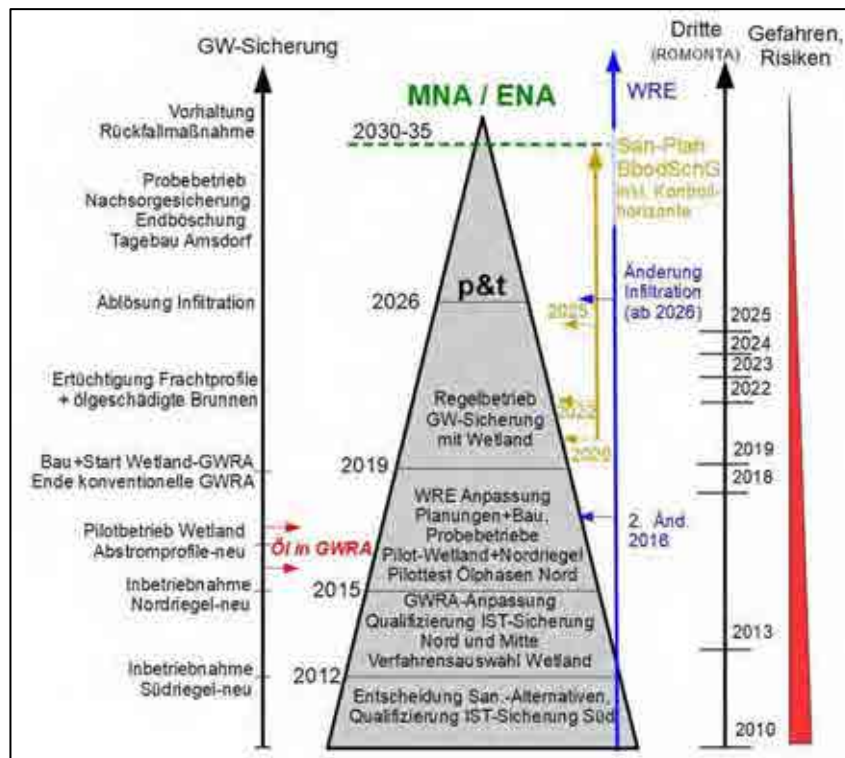


Abb. 2: im Sanierungsplan gem. § 13 BBodSchG verankerte Strategie zur Entwicklung der GW-Sicherung am Standort Kupferhammer

Das kontaminierte Grundwasser wird derzeit über 11 Fassungsbrunnen gefördert, in einer Vertikalfilter-Grundwasserreinigungsanlage („Wetland-Anlage“) gereinigt und über 9 Infiltrationsbrunnen vor Ort reinfiltriert (s. Abb. 3). Die Überwachung der GW-Schäden erfolgt über GW-Monitoring an ca. 60 Grundwassergütemessstellen und durch eine modellgestützte Frachtkontrolle an zwei Abstromprofilen.

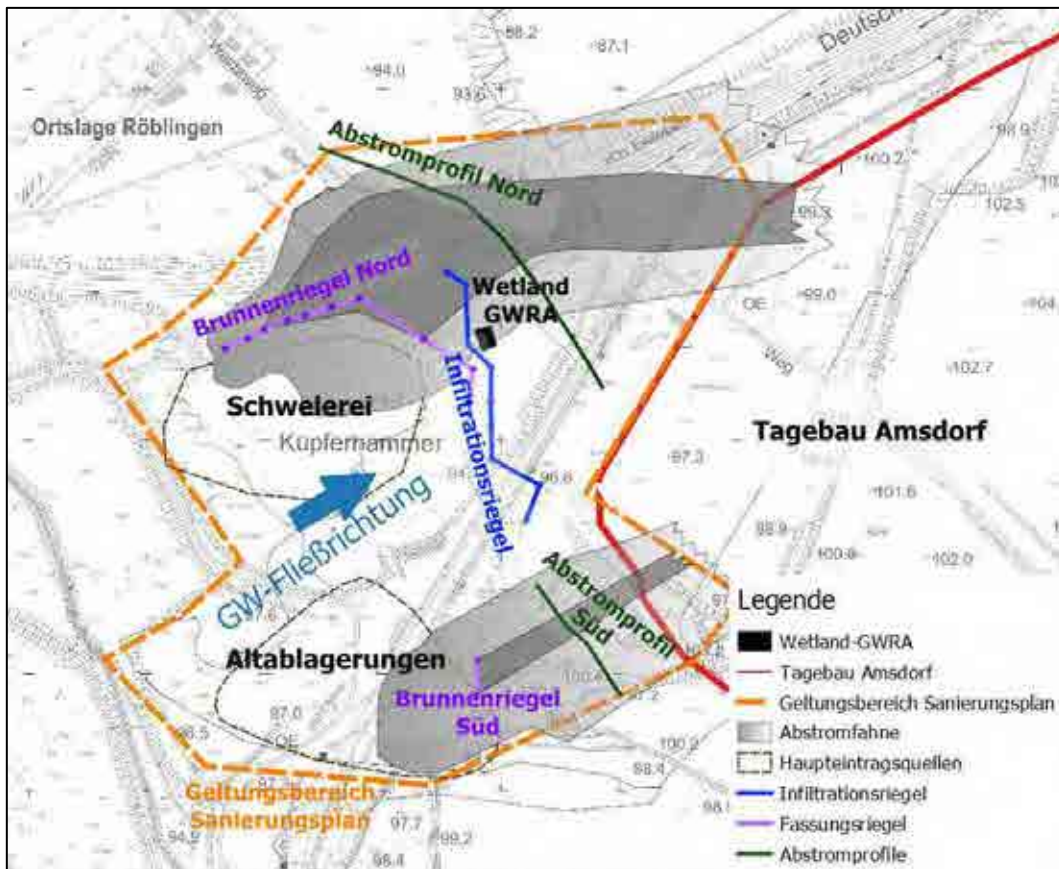


Abb. 3: Grundwassersicherung mit Brunnenriegeln, Wetland-Reinigungsanlage und Abstromprofilen

2.2 Optimierung der Sanierung mit Nachhaltigkeitsbetrachtung

Die Sanierungsstrategie Kupferhammer strebt kurzfristig die Optimierung der laufenden hydraulischen Sicherung an, u.a. in Sinne der Nachhaltigkeit gem. Positionspapier ITVA, Indikatorenliste der UN-SDGs und SuRF D-A-CH.

Die im Sanierungsplan nach §13 BBodSchG festgelegte Sanierungsziele und –zielwerte sind schutzgut- und nutzungsorientiert nach dem Prinzip des mildesten Mittels in Abstimmung mit den Behörden festgelegt. Es erfolgt eine differenzierte Betrachtung von Schadstoffquellen, Sekundärquellen und GW-Abstromfahnen. Ebenfalls wurde eine sichere Nachnutzung von Teilen der Geländeoberfläche als Hochwasser-Überflutungsfläche gemäß Regionalplanung (territoriales Entwicklungsprogramm TEP, Vorfluter Weida als Gewässer 1. Ordnung) sichergestellt.

Eine qualitative und quantitative Prüfung (u.a. ökologisch-ökonomische Wirksamkeit inkl. Schonung GW-Ressource, Entsorgung/Reststoffe) der langlaufende p&t-Sanierung erfolgt in Quartals- und Jahresberichten. Zusätzlich wurden regelmäßigen Sanierungsaudits gemäß ITVA-Arbeitshilfe H1-16 mit Prüfung Verhältnismäßigkeit und Nachhaltigkeit bzgl. Sanierungsziele, –zielwerte sowie -alternativen durchgeführt.

Als Ergebnis eines ersten Sanierungsaudits (2007) wurde im Zeitraum 2012-2014 die Fassungsbrunnenriegel nach planerischer Untersuchungen von Sanierungsalternativen umverlegt und bautechnisch optimiert. Damit wurde eine Erhöhung der ökologischen und ökonomischen Wirksamkeit der pump&reat-Sicherung erreicht.

Bis 2019 erfolgte die Grundwasserreinigung mittels einer konventionellen mehrstufigen Grundwasserreinigungsanlage, deren Leistungen wegen unerwarteter Ölphaseneinbrüche ab 2015 massiv zurückgingen. Im Ergebnis einer Variantenbetrachtung wurde entschieden die konventionelle Grundwasserreinigungsanlage durch eine innovative und naturnahe Vertikalfilter-Reinigungsanlage („Wetland“-Anlage) zu ersetzen (s. Abb. 4). Diese wurde in Zusammenarbeit mit dem Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung UFZ und unter Einbindung des Know-how der erfolgreichen Wetland-Anlage des ökologischen Großprojekts Leuna entwickelt. Mit der Wetland-Technologie wurde am Standort Kupferhammer eine signifikante Reduzierung von Klimagasemissionen (H_2S , CO_2) sowie des Strom- und Energieverbrauchs (Minderung des Betriebsstoffeinsatzes, des Schlammabfalls und der Entsorgungen inkl. Transporte) erreicht.

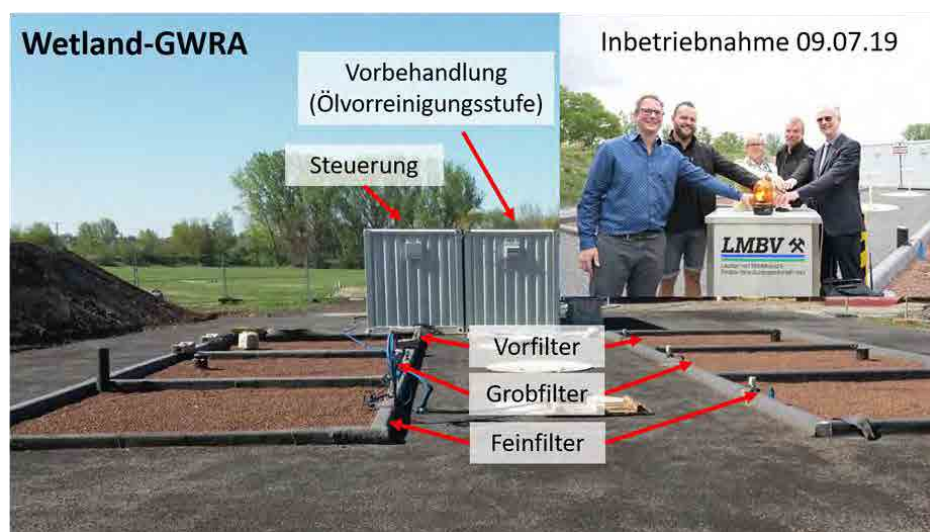


Abb. 4: Ansicht der Wetland-Grundwasserreinigungsanlage (Vertikalfilter-Anlage) Kupferhammer

Für die benötigte Anpassung der Infiltration des gereinigten Wassers wurde Nachhaltigkeit als Auswahlkriterium neben den genehmigungsrechtlichen Aspekte und der technischen Machbarkeit mitbewertet. Es wurde u.a. eine Lösung angestrebt, die eine neutrale Wasserbilanz und möglichst geringen Flächenverbrauch aufweist. Ebenfalls wurden die langfristigen Kosten sowie der Schutz von betroffenen Dritten und der Naturschutz, u.a. Habitatserhalt und -verlagerung berücksichtigt. Daher wurde die Variante der Errichtung einer neuen Infiltrationsgalerie gegenüber der Einleitung in den Vorfluter bevorzugt.

Langfristig, nach Ende des Tagebaubetriebes, werden eine schrittweise Beendigung der aktiven Sicherung und eine Aktivierung natürlicher Selbstreinigungsprozesse als Nachsorgebetrieb angestrebt. Ein Konzept einer dauerhaften und weitgehend passiven GW-Abstromkontrolle wird als eine „end-of-pipe“- Maßnahme mit Tiefdrainagen vor dem Schutzgut Tagebau Amsdorf (Eigentum Dritter) und mit ENA-Infiltrationen in eine kritische Abstromfahne entwickelt. Dazu werden Maßnahmenoptionen unter Betrachtung von klimafreundlichen und ressourcenschonenden in-situ Sanierungstechnologien gem. ITVA-Arbeitshilfen H1-13 und H1-17 überprüft und bewertet. Sowohl die zuständigen Behörden als auch betroffene Dritte (z.B. ROMONTA als Betreiber des Tagebaus Amsdorf) sind in die Planung einbezogen.

3 Schlussfolgerung

Das Positionspapier des ITVA und die Indikatorenliste der UN-SDGs bieten praktikable Werkzeuge für die Nachhaltigkeitsbewertung in Rahmen der Erstellung bzw. der Fortführung von Sanierungskonzepten oder bei der Begleitung des Übergangs von aktiver Sanierung in der Nachsorge.

Am Altlaststandort Kupferhammer ist die Berücksichtigung der Nachhaltigkeit in der Sanierungsstrategie verankert, die in einem Sanierungsplan nach § 13 BBodSchG festgelegt ist. Die Sanierungsziele und –zielwerte sind schutzgut- und nutzungsorientiert nach dem Prinzip des mildesten Mittels in Abstimmung mit den Behörden festgelegt. Dazu werden Sanierungsaudits gem. ITVA H1-16 durchgeführt und dabei neben der Verhältnismäßigkeit die Nachhaltigkeit von Maßnahmen bewertet. Am Standort stehen dazu z.B. die Schonung der Grundwasserressourcen, die sichere Nutzung der Geländeoberfläche und die Vermeidung von Klimagasemissionen (CO₂, H₂S) sowie von Abfällen und Entsorgungen im Fokus. Die Anwendung und Anpassung innovativer Technologien, Kooperation mit Wissenschaftseinrichtungen sowie Kommunikation mit betroffenen Dritten (Bergbau, Naturschutz) unterstützen die Nachhaltigkeit von Maßnahmen.

Der Standort Kupferhammer wurde als Fallbeispiel für SuRF D-A-CH bereitgestellt.

Literaturverzeichnis

ITVA (2010): Arbeitshilfe H1-13 - Innovative In-situ-Sanierungsverfahren

ITVA (2016): Arbeitshilfe H1-16: Verhältnismäßigkeitsprüfung bei der Sanierungsuntersuchungen.

ITVA (2024): Arbeitshilfe H1-17 - In-situ-Quellensanierung für diverse Schadstoffquelltypen.

ITVA (2024): Nachhaltigkeit bei der Altlastensanierung: Positionen des ITVA-H1 zu Nachhaltigkeit, Klimaschutz und Ressourcenschutz bei der Altlastensanierung.

LMBV (2011): Wandlungen und Perspektiven 10. Braunkohlenveredlung in Mittel-deutschland – Teil I (Nord).

LMBV (2020): Vortrag A. Thomas & S. Reußner „Ökologisches Großprojekt Braunkohlesanierung – Erfahrungen aus langjährigen Grundwassersanierungen der Kohleveredlung am Beispiel Schwarze Pumpe und Kupferhammer“ bei ITVA-Altlastensymposium 2020 (Corona-bedingt abgesagt).

LMBV (2020): Antrag Sanierungsplan nach §13 BBodSchG für den Altstandort Kupferhammer.

Anschriften der Autorinnen/Autoren

Morgane Minnig-Pirro / Dr. Ronald Giese
GFI Grundwasser-Consulting GmbH Dresden
Meraner Straße 10
01217 Dresden
Tel: 0351 40 50 666 / 0351 40 50 662
Email: mminnig@gfi-dresden.de ; rgiese@gfi-dresden.de
Internet: www.gfi-dresden.de

Sanierungs- und Sicherungsmaßnahmen am Beispiel einer innerstädtischen Gaswerkssanierung in Berlin – nachhaltige Nutzungsmöglichkeiten von gereinigtem Grundwasser

Frank Heim und Frank Rauch

1 Nutzungsgeschichte

Im Berliner Ortsteil Prenzlauer Berg befindet sich der etwa 24 ha große Ernst-Thälmann-Park. 1872 entstand hier das vierte Berliner Städtische Gaswerk. Neben Gas wurden Koks und die üblichen Nebenprodukte wie Teer, Schwefel und Ammoniak hergestellt. Das Produktionsprofil erweiterte sich durch die 1915 gebaute Benzolanlage, welche durchgängig hohe Mengenumsätze erwirtschaftete.



Abb. 1: Historie Gaswerk Greifswalder Straße; Quelle: Ausstellung in der „Wabe“: „Gasometer sprengt man nicht!“

Nach dem Zweiten Weltkrieg waren beträchtliche Teile des Geländes beschädigt oder zerstört. Auf Grund des immer desolateren Zustandes der Anlagentechnik ließ sich die Produktion nicht mehr aufrechterhalten. Mit dem politischen Beschluss, hier ein Wohngebiet zu errichten, begann 1982 der schrittweise Abriss. Die technisch aufwändigen Baumaßnahmen vollzogen sich unter starkem zeitlichen Druck. Das aus Wohngebäuden, öffentlichen Grünflächen, Sport- und Freizeitanlagen angelegte Wohngebiet wurde 1986 eingeweiht.

2 Schadenssituation

2.1 Boden

Nachdem beim Gesundheitsamt des Bezirkes zu Beginn der 1990er-Jahre vermehrt Klagen der Anwohner über gesundheitliche Beeinträchtigungen eingingen, begann 1991 ein umfangreiches Untersuchungsprogramm für den gesamten Ernst-Thälmann-Park. Dabei wurden mehrere hundert Bohrungen niedergebracht und auf die gaswerkstypischen Parameter polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW), monoaromatische Kohlenwasserstoffe (BTEX) und Cyanide analysiert. Auch in den Folgejahren wurden wiederholt umfangreiche Detailerkundungskampagnen mit dem Ziel einer umfassenden Quellenbeschreibung und der Prüfung machbarer (Quellen-) Sanierungsvarianten durchgeführt.

Nach dem heutigen Erkenntnisstand befinden sich auf dem Gelände drei Primär- bzw. Sekundärquellen und weitere kleine Schadensbereiche:

(1) Die ehemalige Benzolanlage: Schadensfälle, die sich im Bereich der Benzolanlage ereignet haben können, sind weder aus der Zeit bis 1945 noch aus der Werks Geschichte bis 1983 bekannt oder dokumentiert. Das Luftbildmaterial aus den 1940er- und 1950er-Jahren zeigt erhebliche Schäden an den Gashochbehältern. Aus verfahrenstechnischer Sicht wäre eine mögliche Erklärung, dass durch die fortwährenden Fliegerangriffe zwischen 1943 und 1945 die Tankanlagen ein- oder mehrmals aus „Vorsorgegründen“ geflutet wurden. Für das Werk und die nahe liegende Wohnbebauung waren sowohl der Ausgangsstoff als auch das Herstellungsprodukt eine hochgradige Gefahrenquelle. Weitere Schadstoffeinträge sind ab 1983 im Rahmen des Anlagenrückbaus zu bilanzieren. Aufgrund des hohen Zeitdrucks für die Fertigstellung von Wohngebiet und Park haben Zeitzeugen aktenkundig übermittelt, dass die beim Rückbau angetroffenen Reststoffe nicht vollständig entsorgt, sondern in den Untergrund verbracht wurden. Alte Fundamentreste, wie beispielsweise die der Gashochbehälter, sind noch heute im Untergrund erhalten.

(2) Naher Transferbereich: In vertikaler Betrachtungsrichtung befindet sich der Schadensschwerpunkt in einer Tiefe zwischen 6 und 15 m unter Gelände, obgleich die Belastungen sensorisch nicht so gut wahrnehmbar sind, wie im Primärquellbereich. Das liegt an der stofflichen Zusammensetzung sowie an der Dominanz von Benzol. Die genannte Teufe markiert den Übergang vom Schluff zum Feinsand. Der genaue Eintragsort wurde bisher nicht gefunden und kann lediglich anhand der Grundwasserdaten verortet werden. Die genauen Ursachen für den Schadstoffeintrag sind bis heute unbekannt und werden vermutlich auch nicht mehr zu recherchieren sein.

(3) Weiterer Transferbereich: Der dritte Quelltherm wurde mit den Untersuchungen 2014 unterhalb des angrenzenden Straßenlandes erkannt. Aus dem bis dahin erfassten Informationsstand war weder mit der Flächengröße noch mit einer derartigen Konzentrationshöhe zu rechnen. Immerhin handelt es sich um BTEX-Konzentrationen, die deutlich größer sind, als in der Primärquelle. Eine produktionstechnische Ursache kommt für den Schaden nicht in Betracht, da diese Straße schon im 19. Jahrhundert vorhanden war und nie zum Gaswerk gehörte. Die vorliegenden Erkundungsdaten deuten darauf hin, dass die alten Behälterfundamente diesen Quellbereich darstellen können. Möglicherweise wurden bei der Fundamentherstellung Abfälle aus der Gaswerks- bzw. Benzolproduktion bis zu neun Meter Tiefe eingebracht, die von dort über geologische Fenster in den Hauptgrundwasserleiter migrieren konnten. Der Belastungsschwerpunkt liegt in der Teufenlage von 7–8 m uGOK und BTEX-Konzentrationen im Feststoff von bis zu 12.100 mg/kg TS (!). Im Mittel wurden BTEX-Konzentrationen von ca. 130 mg/kg TS von 20–30 m uGOK nachgewiesen.

(4) Weitere Schadensbereiche: Eine hohe Altlastenrelevanz besitzen zudem die Gasometer Nr. 5 und Nr. 6 und der weiter westlich gelegene dritte Gasbehälter. Die mit einem Durchmesser von bis zu 68 m großen Gasometer wurden beim Rückbau in den 1980er-Jahren

mit hochgradig belastetem Boden und Baumschutt verfüllt. In den Schichtenverzeichnissen finden sich Bemerkungen zu stark verölten Bodenproben und dem Schichtenwasser aufschwimmenden Leichtphasen. Beginnend mit dem 4. Bodenmeter wurden Schadstoffgehalte für PAK von 1.257 mg/kg TS, MKW von 33.500 mg/kg TS, BTEX von 108 mg/kg TS und Cyanide von 985 mg/kg TS ermittelt.

2.2 Schutzgut Grundwasser

Das Schutzgut Grundwasser ist im 1. und 2. Grundwasserleiter sowohl im Quell-, als auch im Transferbereich massiv geschädigt. Der Schädigungsgrad unterliegt räumlichen Differenzen. Er ist im Primärquellbereich (Bereich der Benzolanlage) sehr hoch, nimmt zwischen Quelle und unmittelbarem Abstrom etwas ab und steigt aufgrund der Lösungsprozesse aus den Sekundärquellen nördlich und unterhalb des angrenzenden Straßenlandes erneut an. Jahrelang konnte das Auftreten einer Benzolphase im Peilbrunnenrohr eines Sicherungsbrunnens an der Danziger Straße beobachtet werden. Die Aromaten-Fahne beginnt abstromig der Danziger Straße in Richtung der Berliner Urstromtalung abzutauchen. Während im nahen Transfer vor allem die Tiefenlagen zwischen 15 und 20 m uGOK betroffen sind, werden mit zunehmender Entfernung die Tiefenlagen zwischen 20 bis 40 m uGOK beeinträchtigt. Das gut lösliche Benzol breitet sich über eine Fahnenlänge von mehr als 250 m und eine Tiefe von bis zu 40 m unter Gelände aus.

3 Sanierungsmaßnahmen

3.1 Boden- und Bodenluftsanierung

Auf Forderung der Bodenschutzbehörde und mit Finanzmitteln des Landes Berlin wurden zwischen 1991 und 1994 drei Bodenluftabsauganlagen betrieben sowie eine weitere Anlage bis in das Jahr 2009. Zwischen 1994 und 1996 folgte der Bodenaustausch auf einer Grundfläche von 2.000 m² bis in die Tiefe von 4 m. Durch die Sanierungsmaßnahmen, die ein hohes Maß an Arbeits- und Emissionsschutz erforderten, wurden 7.100 t hoch belasteter Boden, 110 t Bauschutt/Öl, 4.000 l Teeröl aus Absetzbecken, diverse mit Schadstoffen gefüllte Rohrleitungen, Schächte und Fundamente sowie 68 t abgepumpte Flüssigkeiten entfernt.

Aufgrund der umfangreichen Sanierungsmaßnahmen, insbesondere des Bodenaushubs und der Bodenluftabsaugung, kann eine Gefährdung für die sensiblen Nutzungen des Ernst-Thälmann-Parks als Wohngebiet ausgeschlossen werden. Messungen der Bodenluft in der obersten Bodenschicht dokumentieren diese Bewertung.

3.2 Grundwassersanierung

Nach Beendigung der akuten Gefahrenabwehrmaßnahmen im Jahr 1996 folgten verschiedene Phasen der Erfolgskontrolle. Dabei war festzustellen, dass die Schadstoffbelastungen nach Entfernung der Eintragsquelle um eine Zehnerpotenz zurückgingen. Dennoch sind die Kontaminationen in den tieferen Boden- und Grundwasserschichten, also tiefer als 10 m unter Gelände, so erheblich, dass eine hydraulische Sicherung des Grundwasserabstroms geplant werden musste.

Nach Vorversuchen und Erstellung eines dreidimensionalen hydraulischen Modells wurde eine Grundwasserreinigungsanlage (GWRA) im Parkgelände aufgestellt. An derzeit sieben Brunnenstandorten wird das Grundwasser aus den relevanten Teufen mit 15 bis 16 m³/h gefördert, gereinigt und nachfolgend wieder in den Untergrund infiltriert. Die Reinigung erfolgt durch einen mikrobiologischen Schadstoffabbau in vier Festbettreaktoren und einen Ionenaustauscher für die Cyanidreinigung. Nach der Entkeimung durch ein Elektrolyseverfahren kann das gereinigte Wasser wieder in den Untergrund gegeben werden.

Die Anlage wird monatlich durch ein Labor überwacht. Im halbjährlichen Rhythmus findet ein Grundwassermonitoring statt.



Abb. 2: Grundwasserreinigungsanlage (Quelle: SenMVKU, 2025)

Im Zeitraum von Herbst 2004 bis zum Ende des Jahres 2024 wurden rund 25,1 t Schadstoffe aus dem Grundwasser ausgetragen und 2000 l Benzolphase abgeschöpft. Im Frühjahr 2021 ist die Abstromfahne südlich der Danziger Straße erstmals abgerissen. Ausgedehnte Fläche und Konzentration in der Fahne haben sich deutlich verringert.

3.3 Beurteilung weiterer Bodensanierungen

In den Jahren 2009 bis 2014 folgten zur abschließenden Bewertung der Schadenssituation und zur Erarbeitung der Gesamtstrategie weitere umfangreiche Untersuchungen. Aus den Ergebnissen ist zu bilanzieren, dass eine Quellensanierung des Bodens ab einer Tiefe von mehr als 10 m unter Gelände technisch schwierig, mit einem sehr hohen Entsorgungsaufwand verbunden und allein aus diesem Grund nicht finanzierbar ist. Das Gelände und der Grundwasserabstrom werden deshalb dauerhaft mit der vorstehend beschriebenen hydraulischen Maßnahme gesichert und die mobilen Schadstoffe fortlaufend aus dem Grundwasser entfernt. Mit der Infiltration des gereinigten Grundwassers in den unmittelbaren Anstrom der emittierenden Bodenquelle, wird ein erhöhter Lösungs- und somit Entfrachtungseffekt erzielt.

Da eine Beendigung der Sanierungs- und Sicherungsmaßnahme nach heutigem Erkenntnisstand nicht absehbar ist, unterliegt die hydraulische Maßnahme fortlaufenden Optimierungsprozessen.

4 Nachnutzung des gereinigten Grundwassers

4.1 Park- und Kiezteichbewässerung

Durch Niederschlagsdefizite in Berlin wird der jährliche Bedarf an Wasser für Bewässerungszwecke in öffentlichen Parkanlagen zunehmend größer. Im unter Denkmalschutz stehenden Thälmannpark kommt hinzu, dass dem dort befindlichen Kiezteich kontinuierlich Wasser zugeführt werden muss, um den Wasserstand zu halten. Über viele Jahre schon engagieren sich die Anwohner des Parks für die Pflege und Auffüllung des Teiches. Mehrmals im Jahr sammelt eine Bürgerinitiative private Spendengelder, um die Zuspeisung aus dem öffentlichen Trinkwassernetz realisieren zu können.

Zur Verbesserung der hydrologischen Situation und zur nachhaltigen Unterstützung der Bürger wurde im Zusammenwirken mit dem Straßen- und Grünflächenamt Pankow, der

Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt, dem Anlagenbetreiber und den beteiligten Planungsbüros die bauliche und verfahrenstechnische Planung für eine zusätzliche Reinigungsstufe sowie ein Wasserspeicher- und Bewässerungssystem entwickelt.

War es bisher nicht möglich, dass gereinigtes Wasser aufgrund des verbliebenen Ammoniums wirtschaftlich zu nutzen, werden nun ein Bodenfilter, bestehend aus vier mit Schilf bepflanzten Becken, und das nachgeschaltete Stauraum- und Bewässerungssystem für den rückstandsfreien Abbau sorgen.

Etwa 10 % des aus der Grundwasserreinigungsanlage anfallenden Reinwassers, etwa 30 m³ am Tag, stehen in Zukunft für die Park- und Kiezteichpflege zur Verfügung. Vom Spätherbst bis zum Frühjahr, wenn weder der Park noch der Kiezteich Wasser benötigen, schaltet sich wieder die vollautomatische Grundwasserreinigungsanlage auf einen vollständigen Infiltrationsbetrieb um. Mit dieser Maßnahme kann der Verbrauch von Trinkwasser für Bewässerungs- und Auffüllzwecke erheblich minimiert, im Idealfall sogar gänzlich vermieden werden.

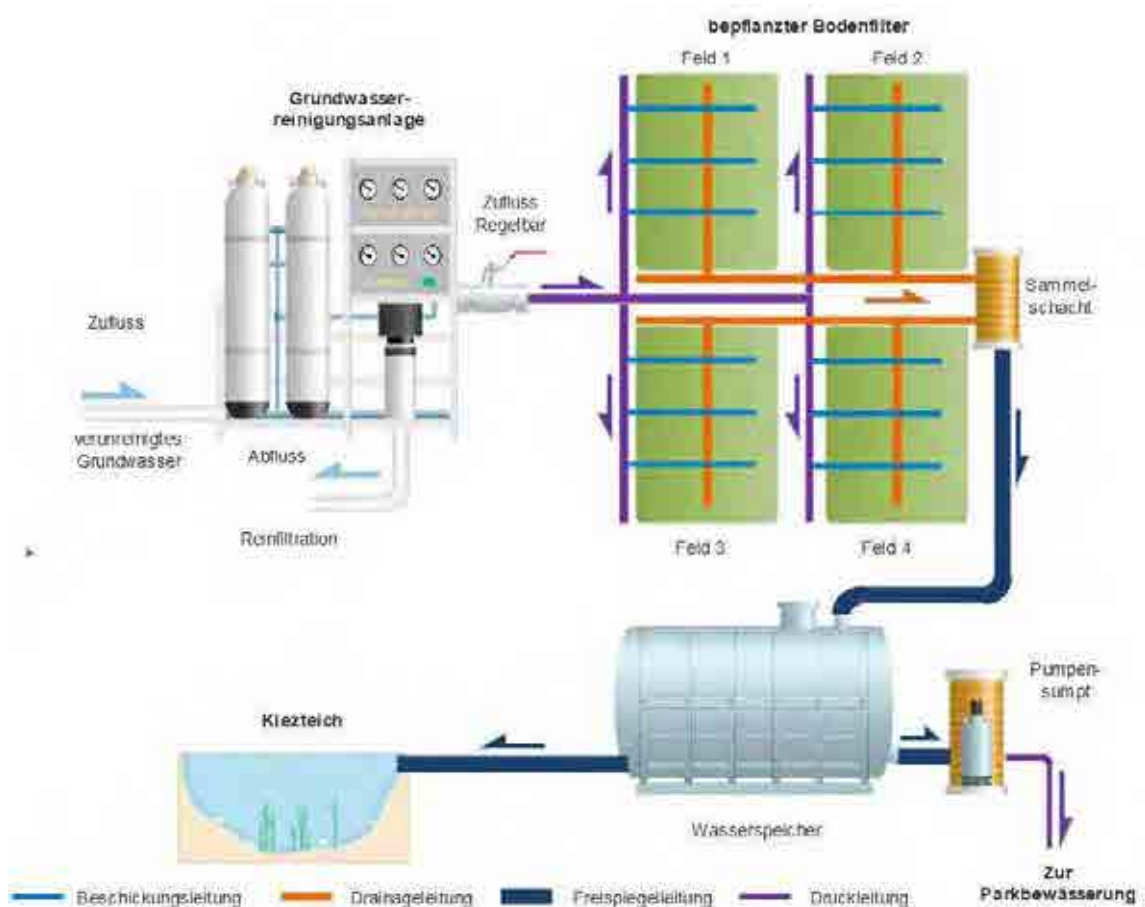


Abb. 3: Verfahrensprinzip Park- und Kiezteichbewässerung (Quelle: Mientus & Rauch, 2023)

Das Verfahrensprinzip der vollständigen Wiederverwertung dekontaminierten Grundwassers zur Stützung des Wasserhaushaltes eines Teiches / Sees sowie des Hauptgrundwasserleiters und zur Bewässerung von Parkflächen hat aktuell in Berlin ein Alleinstellungsmerkmal und soll ein positives Beispiel auch für andere vergleichbare Standorte sein. Die Maßnahmen dienen der Verbesserung des Stadtklimas und dem Wohlbefinden der Menschen am Standort und leisten einen wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz.



Abb. 4: Vertikaler Bodenfilter sowie Stauraumkanal (Quelle: Mientus & Rauch, 2023)

Die baulichen Maßnahmen zur Errichtung des Bodenfilters und des Stauraum- und Bewässerungssystems wurden im Juni 2022 abgeschlossen. Die Schilfpflanzen haben sich bis zum Frühjahr 2023 etabliert. Die Inbetriebnahme der Anlagenstufe erfolgte im Mai 2023.

4.2 Installation und Betrieb einer Photovoltaikanlage

Das Land Berlin setzt sich dafür ein, dass Erneuerbaren Energien stärker genutzt werden. Mit einem durchschnittlichen Verbrauch von knapp 400 kWh pro Tag ist der Stromverbrauch ein wesentlicher Kostenfaktor für den Betrieb der GWRA. Zur Senkung der Betriebskosten wurde daher im Juni 2024 eine Photovoltaikanlage auf der Containerdachfläche installiert. Die PV-Technologie unterstützt eine nachhaltige Stromerzeugung, mit der über das Jahr gesehen etwa 15 % des Stromverbrauches gedeckt werden kann. Da der erzeugte Strom direkt beim Anlagenbetrieb verbraucht wird, sind kostenintensive Batteriespeicher nicht erforderlich und die Investitionskosten haben sich nach wenigen Jahren amortisiert. Insbesondere bei langlaufenden Sicherungs- und Sanierungsmaßnahmen können somit auch Umweltaspekte bei der Vergabe öffentlicher Aufträge berücksichtigt werden. Im Land Berlin wird im Jahr 2025 noch eine weitere GWRA mit einer PV-Anlage im Auftrag der Senatsverwaltung betrieben. Auch bei der zweiten Anlage zeigen sich bereits nach kurzer Zeit deutliche Einspareffekte.



Abb. 5: Photovoltaikanlage auf dem Dach der GWRA (Quelle: Stutz, 2024)

4.3 Thermische Nutzung des gehobenen Grundwassers

Da Themen rund um erneuerbare Energien immer weiter in den Fokus rücken, kamen erste Überlegungen auf, das unter erheblichen Kostenaufwand gehobenen und gereinigte Grundwasser einer weiteren Nutzung zuzuführen: die energetische Nachnutzung des Wassers zur Beheizung der auf dem Areal befindlichen Kultureinrichtung „Die Wabe“. Das dringend sanierungsbedürftige Gebäudeensemble liegt wie der gesamte Park unter kommunaler Verwaltung und bedarf einer grundsätzlichen Sanierung.

Im Gegensatz zu herkömmlichen Grundwasserbenutzungen, die auf enorm belasteten Altlastenflächen in den meisten Fällen nicht genehmigungsfähig wären, ist das dekontaminierte Wasser aus der GWRA im Thälmannpark direkt zugänglich und verfügt über eine hinreichende Qualität und Quantität. Neben den standortspezifischen Schadstoffen werden beispielsweise auch erhöhte Eisen- und Mangankonzentrationen vom Anlagenbetreiber entfernt, beugen somit verockerten Anlagenteilen vor und gewährleisten einen potentiell kostengünstigen Betrieb.

Dennoch muss die generelle Genehmigungsfähigkeit in jedem Einzelfall von den Fachbehörden geprüft werden. Aus bodenschutzrechtlicher Sicht dürfen durch die thermische Nutzung des gehobenen Grundwassers keine negativen Auswirkungen auf die Schadstoffsituation in Boden und Grundwasser zu besorgen sein. Da ein Teilstrom des thermisch nutzbaren Wassers reinfiltriert werden soll, bestehen momentan noch Unklarheiten darüber, inwiefern das mit verringerter oder erhöhter Temperatur eingeleitete Wasser einen negativen Einfluss, u.a. das Mobilitätsverhalten der organischen Schadstoffe, auf die Grundwassersicherung am Standort haben könnte. Um diese Unklarheiten auszuräumen, sollen durch ein Fachbüro Stofftransport- und Temperaturmodellierungen durchgeführt und entsprechende Empfehlungen abgeleitet werden. Bei negativem Einfluss wäre beispielsweise denkbar, einzelne Brunnen der Infiltrationsgalerie in dem Maß zu beschicken, sodass die hochbelasteten Bereiche hydraulisch nicht erreicht werden.

Literaturverzeichnis

- (1) Rauch, Frank: Konfliktpotential Altlasten und Wohnen – Eine kritische Analyse am Beispiel eines ehemaligen Gaswerkes in Berlin, in: altlasten spektrum 5/2018, S. 184–190.
- (2) Schneble et al.: Erneuerbare Wärme aus Grundwasserreinigungsanlagen, in: Moderne Gebäudetechnik 7–8/2021, S. 12–15.
- (3) Mientus, C. & B. Rauch: Konfliktpotential Altlasten und Wohnen – Vorstellung von Nutzungen des gereinigten Grundwassers zur ökologischen Qualifizierung am Beispiel des Ernst-Thälmann-Parks Berlin. Fachbeitrag zum 5. Bodenschutz- und Altlastensymposium Berlin 2023.

Anschrift der Autoren

Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt
Abteilung II – Integrativer Umweltschutz
Referat II C – Bodenschutz, Boden-, Altlasten- und Grundwassersanierung
Brückenstraße 6 | 10179 Berlin
Tel. +49 (0) 30 9025-2289
frank.heim@senmvku.berlin.de / frank.rauch@senmvku.berlin.de



Blau denkt Grün

Nachhaltig planen, sicher umsetzen: GTU begleitet Projekte ganzheitlich – von der Analyse bis zur Realisierung. Wir prüfen Umweltauswirkungen, untersuchen Altlasten und Schadstoffe, überwachen Boden und Grundwasser und entwickeln Lösungen. Wir stellen die Weichen für eine moderne Zukunft und planen für ein klimafreundliches Morgen.

GTU – für verantwortungsvolle und zukunftsfähige Projekte.

- ▶ **Flächenrecycling**
- ▶ **Naturschutz**
- ▶ **Umwelt**
- ▶ **Boden**
- ▶ **Wasser**



Abstracts

Hochschule trifft Praxis

Moderation: Prof. Dr. Jens-Uwe Fischer und Lea Dreier, JITVA

Verleihung der ITVA-Preise 2026

Vorstellung und Beiträge der Preisträgerinnen und Preisträger:

11 a.

Effekt anoxischer Bedingungen auf die Arsen-Mobilisierung in Bodenmaterial von Altablagerungen

B. Sc. Sarah Bumberger

11 b.

Auswirkungen eines heterogenen Untergrundes auf den Schadstoffeintrag in das Grundwasser mittels 3D-Modellierung und Sickerwasserprognosen am Beispiel für einen Industriestandort in Duisburg

M. Sc. Dominic Silberer

11 c.

Machine Learning Frameworks for Predicting Contaminant Leaching and Sorption Dynamics in Environmental Matrices

Dr. Amirhossein Ershadi

Effekt anoxischer Bedingungen auf die Arsen-Mobilisierung in Bodenmaterial von Altablagerungen

Sarah Bumberger

Zusammenfassung

Arsen (As) ist unter oxidischen Bedingungen an reaktive Festphasen im Boden gebunden, zum Beispiel an Eisen- (Fe) (Oxyhydr)oxide. Wenn Redoxregime in reduzierende Bedingungen wechseln, wird verstärkte Mobilisierung und Freisetzung von As in die Flüssigphase durch dissimilatorische Eisenreduktion und Transformation der As-Spezies ausgelöst. Böden unter Altablagerungen oder Deponien können stark mit As angereichert sein. Nach der Bundesbodenschutzverordnung wird das As-Mobilisierungspotenzial von Böden mit standardisierten Methoden (z. B. DIN 19529:2023-07) abgeschätzt, die unter oxidischen Bedingungen durchgeführt werden. Ziel dieser Studie war es, die Effekte anoxischer Bedingungen auf die As-Mobilisierung in Bodenmaterial von Altablagerungen zu untersuchen, die DIN 19529:2023-07 hinsichtlich der Abschätzung anoxischer Freisetzungsprozesse zu bewerten und gegebenenfalls eine andere Methode zur besseren Abschätzung zu finden.

Es wurden fünf Böden von Altablagerungen, die die Prüfwerte am Ort der Probenahme ($15 \mu\text{g/L} \cong 0,2 \mu\text{mol/L}$ für $\text{TOC} < 0,5\%$ oder $25 \mu\text{g/L} \cong 0,33 \mu\text{mol/L}$ für $\text{TOC} \geq 0,5\%$; Anhang 2, Tabelle 1 BBodSchV) einhalten, ausgewählt. Die Böden wurden 5, 15 und 30 Tage lang anoxisch, in einem Wasser/Feststoff-Verhältnis von 2:1 und ohne Glukosezugabe inkubiert. Zusätzlich wurden 30 Tage lange Inkubationsversuche mit moderater Glukosezugabe (5,5 mM Gesamtkonzentration) durchgeführt. Mobilisierte As- und Fe-Konzentrationen wurden mit dem standardisierten, oxidischen Schütteleluat-Verfahren (24 h, DIN 19529:2023-07) und den Prüfwerten am Ort der Probenahme verglichen. Darüber hinaus wurde die potenzielle As-Mobilisierung mit vier verschiedenen Extraktionsmethoden (Königswasser – DIN EN ISO 54321:2021-04, Dithionit-Citrat-Bicarbonat, Ammonium-Oxalat, Ascorbat-Citrat) untersucht.

Nach 24 h bzw. 5, 15 und 30 Tagen waren jeweils $0,048 - 0,40 \mu\text{mol/L}$ bzw. $0,055 - 0,341 \mu\text{mol/L}$, $0,09 - 0,49 \mu\text{mol/L}$ und $0,15 - 0,5 \mu\text{mol/L}$ As mobilisiert. Insgesamt wurde nach 15 Tagen eine signifikante As-Freisetzung im Vergleich zu den oxidischen Versuchen festgestellt. Die Ergebnisse zeigten von Sulfat dominierte Boden-Dynamiken, mögliche Bildung sekundärer Fe-S-Phasen und Überschreitung der As-Prüfwerte durch nur eine Bodenprobe. Dagegen ergaben alle mit Glukose angereicherten Inkubationsversuche erhöhte, Prüfwert-überschreitende As-Mobilisierungen (271 – 4977% höher, $0,54 - 25 \mu\text{mol/L}$) und die Bildung von Thioarsenaten. Die Versuche zeigen, dass die derzeit standardmäßig angewandte DIN 19529:2023-07 die As-Mobilisierung in Böden unterschätzen kann, sofern die Aktivität Fe-reduzierender Mikroorganismen nicht an organischem Kohlenstoff limitiert ist und Sulfat-Dynamiken nicht dominieren. Trotz des gekoppelten Vorkommens von As und Fe in der Festphase, überschätzten die Extraktionen die mikrobiell getriebene Freisetzung von As. Die Ascorbat-Citrat-Extraktion kann als erste Näherung zur Abschätzung des As-Mobilisierungspotentials unter anoxischen Bedingungen verwendet werden.

Anschrift der Autorin

Sarah Bumberger B.Sc.
Universität Bayreuth, Umweltgeochemie
Universitätsstraße 30
95447 Bayreuth
Telefon: +49 151 68166615
E-Mail: sarah.bumberger@uni-bayreuth.de, sarah.bumberger@t-online.de

Auswirkungen eines heterogenen Untergrundes auf den Schadstoffeintrag in das Grundwasser mittels 3D-Modellierung und Sickerwasserprognosen am Beispiel für einen Industriestandort in Duisburg

Domenic Silberer, M.Sc.

Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit werden die Auswirkungen eines heterogenen Untergrundes auf den Schadstoffeintrag in das Grundwasser am Beispiel eines Industriestandortes in Duisburg untersucht. Dabei liegt besonderer Fokus darauf, den Einfluss einer geringdurchlässigen Schicht in der ungesättigten Zone auf den Schadstoffeintrag darzustellen. Die Arbeit ist in mehrere methodische Abschnitte unterteilt.

Zunächst wurde die Bodenbelastung anhand chemischer Analysen von Proben aus verschiedenen Untersuchungen dargestellt. Für die betrachteten organischen Schadstoffe Naphthalin und Benzo(a)pyren sowie die Schadstoffgruppe der Cyanide konnten Schwerpunkte der Belastung in Bereichen ehemaliger Nebengewinnungsanlagen zweier Kokereien sowie einer ehemaligen Hochofenanlage ausgemacht werden.

Durch geologische Modellierung in einem Geoinformationssystem wurde der schichtspezifische Aufbau des Untergrundes im Untersuchungsgebiet erfasst. Schwerpunkt der geologischen Modellierung lag in der Erfassung der Verteilung und Mächtigkeit einer geringdurchlässigen Schicht in der ungesättigten Zone, welche als natürlicher Schutz für das Grundwasser fungiert. Die Modellierung ergab eine heterogene Verteilung mit einer räumlich variierenden Mächtigkeit, zwischen einem vollständigen Ausbleiben und mehreren Metern Mächtigkeit der geringdurchlässigen Schicht. Darüber hinaus wurden die hydrogeologischen Verhältnisse des Untersuchungsgebiets über Messungen an einem bestehenden Grundwassermessstellennetz erfasst.

Die ausgearbeiteten Ergebnisse dienen durch Parametrisierung des Standortes als Eingangsdaten für die durchgeführte Sickerwasserprognose. Anhand dieser wurde eine Gefährdungsabschätzung für das Grundwasser durchgeführt. Darüber hinaus wurde mit einer Sensitivitätsanalyse der Einfluss einer variierenden Mächtigkeit der geringdurchlässigen Schicht auf den Schadstoffeintrag abgeschätzt. Eine Gefährdung für das Grundwasser ist dabei stark abhängig von dem vorliegenden Schadstoffinventar sowie der Mächtigkeit und dem Aufbau der Transportstrecke. Bei der Sensitivitätsanalyse konnte eine exponentielle Abnahme der im Grundwasser resultierenden Konzentrationen bei einer ansteigenden Mächtigkeit der geringdurchlässigen Schicht in der Transportstrecke bestimmt werden. Diese Abnahme fällt für die betrachteten PAK durch die hohe Sorptionsfähigkeit und Berücksichtigung von Abbauprozessen bei ähnlichen Mächtigkeiten im Vergleich zur Schadstoffgruppe der Cyanide deutlich verstärkt aus.

Die Arbeit hebt zudem erkannte Limitierungen der angewendeten Methoden hervor. Die in dieser Arbeit angewendeten Methoden zur Erfassung der geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse und zur Durchführung von Sickerwasserprognosen eignen sich um eine Bewertung und Gefährdungsabschätzung des Wirkungspfades Boden – Grundwasser nach den Vorgaben der BBodSchV durchzuführen. Die erlangten Erkenntnisse können eine ausführliche Grundlage für die zukünftige Konzipierung von Sanierungsplänen für die Flächen des Untersuchungsgebietes und den dort vorliegenden Altlasten bieten.

Silberer, D.:

Masterarbeit: Auswirkungen eines heterogenen Untergrundes auf den Schadstoffeintrag in das Grundwasser mittels 3D-Modellierung und Sickerwasserprognosen am Beispiel für einen Industriestandort in Duisburg

Anschriften der Autorinnen/Autoren

Domenic Silberer, M.Sc.
HYDR.O. Geologen und Ingenieure
Sigmundstraße 10-12
52070 Aachen
Telefon: 024160902-29
E-Mail: silberer@geoling.de

Title

Machine Learning Frameworks for Predicting Contaminant Leaching and Sorption Dynamics in Environmental Matrices

Author

Amirhossein Ershadi

Hydrogeochemistry Group, Department of Geosciences, University of Tübingen, Germany

Abstract

Understanding and predicting contaminant transport and retention in environmental systems remains a central challenge in environmental geosciences and risk assessment. Traditional experimental and mechanistic modeling approaches provide valuable insights but are often limited by long experimental durations, high computational cost, and limited data coverage across environmental conditions. In this work, machine learning frameworks are developed to accelerate prediction and improve understanding of contaminant leaching and sorption processes in soils and porous media.

The research focuses on two complementary challenges:

- (1) accelerating the interpretation of column leaching tests and
- (2) predicting the sorption behavior of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) across different soils and environmental conditions.

In the first part of the work, machine learning models were trained to predict long-term contaminant leaching behavior from early measurements of standardized column leaching tests. Using data from DIN 19528 column experiments, ensemble machine learning models such as Random Forest, Extremely Randomized Trees, and regularized regression methods were used to learn the relationship between early liquid-to-solid ratios ($L/S \leq 1$) and later leaching behavior (L/S up to 10). The results demonstrate that machine learning models can reliably predict long-term concentration trends using only early-stage measurements, potentially reducing the time required for laboratory testing and supporting faster environmental risk assessment of recycled materials.

In a second step, mechanistic transport models were integrated with machine learning through surrogate modeling. The classical advective–dispersive equation coupled with intraparticle diffusion (ADE–IPD) provides a physically based description of contaminant transport in porous media but is computationally expensive for large-scale parameter estimation. To overcome this limitation, ensemble surrogate models were trained on thousands of simulations of the ADE–IPD model. These surrogate models accurately approximate the behavior of the original mechanistic model while significantly reducing computational cost. The surrogate framework was then combined with Simulation-Based Inference, specifically Neural Posterior Estimation, to perform Bayesian parameter calibration based on experimental data. This approach enables efficient uncertainty-aware calibration of transport parameters using observational data.

Building on these machine learning and modeling developments, the third component of the research addresses the prediction of PFAS sorption behavior in soils. PFAS compounds represent a major environmental concern due to their persistence, mobility, and widespread occurrence in groundwater systems. However, predicting their sorption behavior across different soil types and PFAS structures remains challenging due to complex interactions between molecular properties and soil composition.

To address this challenge, a machine learning framework was developed to predict PFAS sorption coefficients using combined descriptors of soil properties and PFAS molecular characteristics. The resulting platform, **PFASorptionML**, integrates environmental data, molecular descriptors, and machine learning models to provide predictive insights into PFAS sorption behavior. The platform enables users to explore how different soil properties and PFAS structures influence sorption strength and mobility.

Together, these approaches demonstrate how machine learning can complement experimental and mechanistic methods in environmental modeling. By combining data-driven models, surrogate modeling, and Bayesian inference techniques, the proposed framework provides new tools for accelerating environmental assessments and improving predictions of contaminant fate in soils and groundwater systems.

**Probenahme-
+
Gasmeßtechnik**

**Bodenluft
Deponiegas
Innenraumschadstoffe**

**+49 (0) 2291-9120891
www.honold-umwelt.de**

Abstracts

17. April 2026

Erkundungs- und Sanierungspraxis sowie Flächenrecycling in Metropolregionen

Moderation: Dr. Benjamin Faigle, Züblin Umwelttechnik GmbH, Markgröningen

12.

Detailuntersuchung mit vollständigem Rückbau eines großen ehemaligen militärischen Tanklagers

Axel Lutz, GESA Gesellschaft zur Entwicklung und Sanierung von Altstandorten mbH, Berlin

13.

Neue, molekularbiologische Werkzeuge für die Standortbewertung und Sanierungsanalyse

Jessica Beyert, Sensatec GmbH, NL Köln

14.

Flächenrecycling und Umsetzung von Gefahrenabwehrmaßnahmen zum Schutz eines Berliner Wasserwerkes am Beispiel des ehemaligen Betriebes Köhlautomat in Berlin-Johannisthal

Dr. Ulrike Hass, Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt (SenMVKU), Berlin

15.

Synergetische Sanierungstechnologien: Optimierung einer LCKW-Sanierung durch kombinierte Anwendung von Air-Sparging und Multi-Phasen-Extraktion (Lübbenau)

Dr. Karsten Menschner, CDM Smith SE, Leipzig
Philipp ter Schiphorst, Züblin Umwelttechnik GmbH, Berlin

Detailuntersuchung mit vollständigem Rückbau eines großen ehem. militärischen Tanklagers der WGT¹

Axel Lutz, Julia Falb, Andreas Isenberg, Jörg Fritzsche

1 Standort

1.1 Liegenschaftsbeschreibung

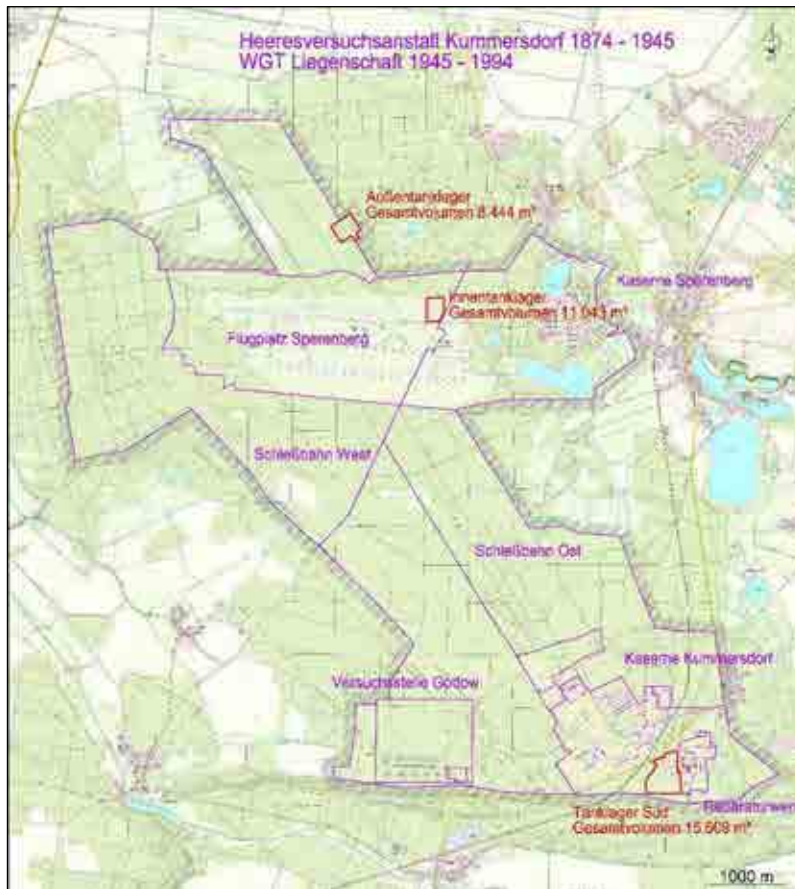


Abb. 1: Übersichtskarte ehem. Heeresversuchsanstalt Kummersdorf-Gut/ Sperenberg inkl. Kennzeichnung Lage Tanklager Süd (if Ingenieurgruppe Fritzsche, 2026)

1.1.1 Standort

Das ehemalige Tanklager Süd befindet sich im Eigentum der Bundesanstalt für Immobilienaufgaben (BImA), liegt nahe der ehemaligen Heeresversuchsanstalt Kummersdorf-Gut/ Sperenberg und wurde nach dem zweiten Weltkrieg als Standort der sowjetischen Streitkräfte genutzt. Die Liegenschaft liegt in Brandenburg im Landkreis Teltow-Fläming.

¹ Westgruppe der Truppen (WGT)

1.1.2 Historie/ Nutzung

Nachfolgend findet sich die rund 120-jährige Militärhistorie der Liegenschaft kurz zusammengefasst:

- 1874 – 1942: Forstfläche nahe des Artillerieschießplatzes sowie Heeresversuchsanstalt Kummersdorf-Gut/ Sperenberg
- 1942 – 1945: Teilfläche der Kraftfahrversuchsstelle des Heeres (Erprobungen von Kraftfahrzeugen und Kampfwagen)
- 1945 – 1953: Demontage der technischen/ militärischen Ausrüstung und Übungen durch die sowjetischen Streitkräfte
- 1953 – 1960: Nutzung durch KFZ-Transportbataillone
- 1960 – 1993: Einrichtung des Tanklagers zur Kraftstoffversorgung der sowjetischen Streitkräfte, ab 1990 Westgruppe der Truppen (WGT)

Nach der Aufgabe der Nutzung durch die WGT erfolgte in 1994/1995 die Leerung und Reinigung der Tanks. Es entwickelte sich Mischbewaldung durch Sukzession, sowohl im Bereich der freien unversiegelten Flächen als auch den mit Boden abgedeckten Tankbatterien (Gruppe mehrerer Einzeltanks meist gleicher Größe).

Das ehem. Tanklager Süd ist das größte von drei Tanklagern innerhalb des Liegenschaftskomplexes Kummersdorf-Gut/ Sperenberg und umfasste im Endausbau insgesamt 359 Einzeltanks mit Volumina zwischen 2,5 m³ und 60 m³ in 29 Tankbatterien und bestand aus einem Haupt- und vier Nebentanklagern.

Mit Bezug zu Abb. 2 lässt sich die Funktionsweise des Tanklagers wie folgt zusammenfassen:

1. Antransport der Kraftstoffe (Benzine für KFZ) per Bahn in Kesselwaggons
2. Leerung der Waggons über Abtankschächte zum benachbarten Pumpenhaus
3. Weitere Beförderung der Kraftstoffe über Druckleitungen zum Hochtanklager mit weiterem Pumpenhaus
4. Befüllung der Tanks in den verschiedenen Tanklagerbereichen gravitativ (Hochtanklager) oder über Druckleitungen (Pumpenhaus)
5. Übernahme der Kraftstoffe aus den Tanks/ Tankbatterien über feste und mobile Leitungen in Tankwagen zur weiteren Verteilung innerhalb der WGT-Liegenschaft Kummersdorf-Gut/ Sperenberg und Umgebung

2 Konzept und Zielstellung

2.1 Handlungsbedarf

Verkehrssicherung

Zu Beginn der Projektbearbeitung stellten die überwiegend offenen Tanköffnungen ein Verkehrssicherungsrisiko dar. In 2019 wurden diese zunächst mittels Holzabdeckungen als Interimslösung verschlossen.

Altlastenerkundung

Aufgrund der bekannten Boden- und Grundwasserbelastungen durch MKW und BTEX war die Durchführung Detailuntersuchung (DU) mit Gefährdungsabschätzung bodenschutzrechtlich geboten, um das Erfordernis von Gefahrenabwehrmaßnahmen als Sicherungs- oder Sanierungsmaßnahmen bewerten zu können.

Anlagenstilllegung

Handlungsbedarf bestand auch bzgl. der in 1994/1995 zwar nachweislich geleerten und gereinigten Tanks jedoch bisher ausgebliebener formaler Stilllegung der tanktechnischen Anlage gem. der Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV).

2.2 Konzept Detailuntersuchung (DU)

Der üblichen Herangehensweise an eine Altlastenerkundung entsprechend wurde zunächst davon ausgegangen, dass im Ergebnis der DU nur im Falle von bodenschutzrechtlichem Handlungsbedarf der Rückbau der Tanks im Bereich mit sanierungsbedürftiger Boden- bzw. Grundwasserbelastungen erforderlich wäre. Andernfalls wäre die Stilllegung der Tanks ausreichend.

Zum Vergleich o. g. Optionen, wurde eine Kostenschätzung mit folgenden Ergebnissen erarbeitet.

- Vollständiger Rückbau des Tanklagers:
1,4 Mio. € brutto inkl. Erlös aus Schrottverwertung
- Tankstilllegung gem. AwSV (s. u.) durch Versandung/Verfüllung der Tankbehälter:
2,3 Mio. € brutto

Als Folge der wirtschaftlichen Prüfung wurde daher ein Konzept zur DU mit bereits vollständigem Rückbau des Tanklagers als Vorzugsvariante mit folgenden fachlichen Vorteilen ggü. der Stilllegung weiter geplant, beauftragt und umgesetzt:

- Abschl. Beseitigung des Verkehrssicherungsrisikos
- Minimierung der Nutzungseinschränkungen durch Beseitigung der Baulasten
- Optimierte Umsetzbarkeit der Kampfmittelräumung (KMR)
- Fachlich höhere Belastbarkeit der DU durch Erkundung direkt auf den Tanksohlen

Nach Durchführung der Maßnahme bleibt zu bewerten, ob darüber hinaus Sicherungs- oder Sanierungsmaßnahmen erforderlich werden.

3 Maßnahmenumsetzung

Die Umsetzung der Maßnahme ist als zweistufiges Verfahren erfolgt.

1. Baumfällungen mit teilweiser Kampfmittelräumung (KMR)
2. DU mit vollständigem Rückbau Tanklager und baubegleitender KMR

3.1 Baumfällungen

Mit Schreiben des Landesbetriebs Forst Brandenburg wurde erstmalig in 2021 die Genehmigung zur Umwandlung von Wald gem. § 8 Waldgesetz des Landes Brandenburg (LWaldG) erteilt und danach jährlich verlängert.

Die Baumfällungen wurden im Wesentlichen in dem Zeitraum Januar – Februar 2022 als bauvorbereitende Maßnahme für den Rückbau des Tanklagers umgesetzt. Baubegleitend erfolgte die KMR im Bereich der zukünftigen Fahrwege sowie der Stand- und Arbeitsflächen für Bagger und LKW.

Im Ergebnis wurden auf einer Fläche von ca. 5,1 Hektar über 5.000 Bäume gefällt und thermisch verwertet.



Abb. 3: Schreddern der gefällten Bäume zur thermischen Verwertung (GESA mbH, 2022)

3.2 Rückbau Tanklager

Nach der Baufeldfreimachung ist in dem Zeitraum November 2024 - Mai 2025 der vollständige Rückbau des Tanklagers gelungen. Dabei wurden 359 erdverlegte Tanks geborgen und eine Gesamtmasse von 1.263 t Stahlschrott zur Verwertung gebracht.

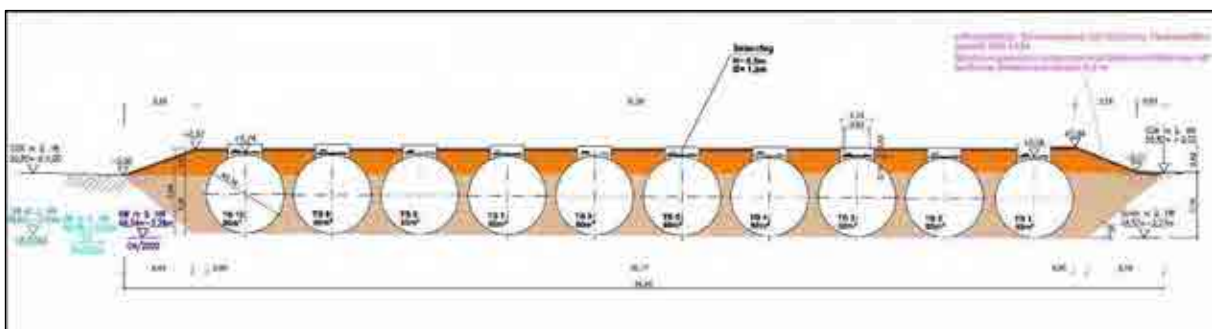


Abb. 4: Schnittzeichnung Tankbatterie (KF 20, Tankbatterie 937, je 60 m³)
(if Ingenieurgruppe Fritzsche, 2024)



Abb. 5: Tankbergung mittels 60 t – Kettenbagger (BlmA, 2025)

3.3 Stilllegungen gem. AwSV

Im Rahmen des Tanklagerrückbaus wurden unerwartet Rohrleitungen zwischen Bahnverladung und Pumpenhaus/ Hochtanklager mit erheblichen Kraftstoffrestfüllungen angetroffen. Dies hatte aufwendige Arbeiten zur Stilllegung der Anlage gemäß Anlage 6 (zu § 46, Abs. 3) der Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV) durch einen nach Wasserhaushaltsgesetz (WHG) zugelassenen Betrieb zur Folge. Die verbliebenen Leitungen wurden hierfür abschnittsweise gereinigt, getrennt und entgast.

Eine formale Stilllegung der nachweislich bereits in 1994/1995 entleerten und gereinigten Tanks war aufgrund des vollständigen Rückbaus nicht erforderlich.

3.4 Detailuntersuchung (DU)

Der Forderung der Unteren Boden- und Wasserbehörde (UBWB) des Landkreises Teltow – Fläming entsprechend, wurde im Bereich Tanklager Süd eine DU auf Grundlage der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) sowie den Baufachlichen Richtlinien Boden- und Grundwasserschutz (BFR BoGwS) umgesetzt. Dabei sind mit dem Rückbau der Tankbatterien zwischen November 2024 und März 2025 37 Baugruben entstanden, auf deren Sohlen, in Abhängigkeit organoleptischer Befunde insgesamt 76 Schürfe mit Anschnitt des Grundwasserspiegels angelegt und 81 Kleinrammbohrungen (KRB) zur vertikalen Eingrenzung der Kontamination abgeteuft wurden.

Als Leitparameter dienten BTEX und MKW. Das Analysenspektrum wurde aufgrund möglicher Sekundärnutzungen in Teilbereichen um die Parameter LCKW, PAK und Schwermetalle ergänzt.

Mit dem Tankrückbau wurden folgende drei Bodenfraktionen separat abgetragen, seitlich gelagert und untersucht:

1. Oberboden
2. Bodenhorizont zwischen Oberboden und Oberseiten Tanks
3. Bodenhorizont zwischen Tankunterseiten und Tankgrubensohle

Den Schürfen wurden Boden- sowie Grundwasserproben zur Bewertung des Wirkungspfades Boden – Grundwasser entnommen.

Auf Basis der analytisch ermittelten Schadstoffgehalte des Aushubs sowie den Belastungen in den verbliebenen Tanksohlen konnte in Abstimmung mit der Ordnungsbehörde aus Gründen der Verhältnismäßigkeit der zwischengelagerte Boden überwiegend lagenweise wieder eingebaut werden.

In erkennbaren Belastungsschwerpunkten wurden baubegleitend 1.132 t hochbelasteter Boden aus drei Tankbatterien separiert und fachgerecht entsorgt (Bodenwäsche).

Die Feldarbeiten zur DU wurde mit der ergänzenden Errichtung von Schürfen außerhalb von Tankbatterien sowie 12 Grundwassermessstellen (GWMS) abgeschlossen.

Im Ergebnis der Erkundungsarbeiten konnten die Belastungsbereiche in den ausgewiesenen Kontaminationsflächen hinreichend eingegrenzt und die Grundlage für die abschließende Gefährdungsabschätzung geschaffen werden. In Teilen der Tankbatterien liegen demnach ortstabile Kontaminationen des Bodens und Grundwassers im oberen Grundwasserleiter vor, die aufgrund der hydraulischen Trennung von dem zweiten Grundwasserleiterkomplex auch keine Gefährdung der Wasserfassungen des WW Kummersdorf-Gut darstellen.

Die bisherigen Befunde und ggf. negativen Folgen des baubedingten Energieeintrags (mögliche Mobilisierung Schadstoffe), werden durch ein laufendes Grundwassermonitoring verifiziert. Eine Mobilisierung von Schadstoffen ist jedoch zunächst nicht erkennbar.

Als Folge des Tankrückbaus wird durch die Arbeiten eine bessere Verfügbarkeit von Sauerstoff durch Niederschlagswasser und damit günstigere Bedingungen für den mikrobiellen Abbau der organischen Verbindungen angenommen und überprüft.

Derzeit ist das Erfordernis von Gefahrenabwehrmaßnahmen nicht erkennbar. Im Falle von Nutzungsänderungen ist ggf. eine Neubewertung erforderlich.

Die Arbeiten zur Umsetzung der DU wurden gutachterlich als kombinierte fachtechnische Begleitung (FTB zur DU) und örtliche Bauüberwachung (ÖBÜ zum Tankrückbau) begleitet und anschließend ausgewertet. Durch die Teilnahme an Bauberatungen, regelmäßigen Begehungen und Optimierungen der Planung wurde auch die UBWB umfassend an der Maßnahme beteiligt.



Abb. 6: Tankgrube mit Baggerschürfen (if Ingenieurgruppe Fritzsche, 2025)

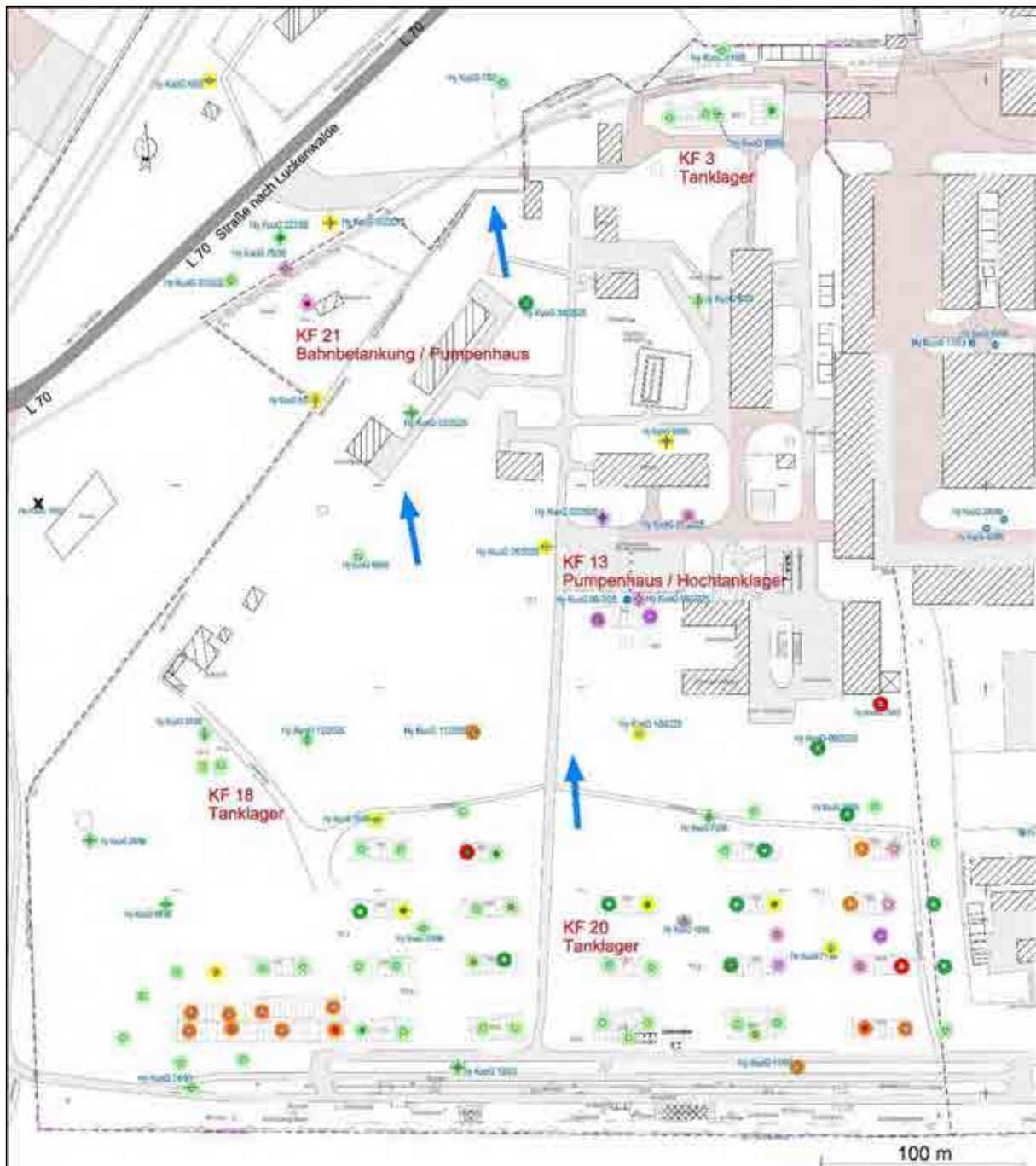


Abb. 7: Grundwasserbelastungen BTEX+TMB / MKW (if Ingenieurgruppe Fritzsche, 2026)



Abb.8: Tanklager Süd, KF 20, vor Baumfällungen (2021); nach Baumfällungen (2022); nach DU mit Tanklagerrückbau (2025)

3.5 Kampfmittelräumung (KMR)

Aufgrund der über 120-jährigen militärischen Nutzung wurde das ehem. Tanklager Süd durch den Kampfmittelbeseitigungsdienst (KMBD) des Landes Brandenburg bereits in 2018 als Kampfmittelverdachtsfläche mit weiterem Erkundungsbedarf eingestuft (Kategorie 2 gem. Baufachlicher Richtlinie Kampfmittelräumung (BFR KMR)). Daher sind sämtliche Bodeneingriffe in Begleitung durch ein nach § 7 SprengG zugelassenes KMR-Unternehmen erfolgt.

Mit den Baumfällungen wurden in 2022 insgesamt 178 Stück Kampfmittel wie z. B. Infanteriemunition, Granaten und Stabbrandbomben identifiziert, fachgerecht geborgen und durch den KMBD entsorgt und die Fläche entsprechend in die Kategorie 4 (Kampfmittelbelastung mit Beseitigungserfordernis) eingestuft. Im Rahmen der folgenden DU mit Tanklagerrückbau wurden durch die Räumtruppe dagegen nur noch geringe Mengen an Kampfmittel angetroffen.

Mit Abschluss der Arbeiten ist eine vollständige KMR der Fläche und Einstufung in die Kategorie 5 zu erwarten. Damit würden für die bearbeitete Fläche kampfmittelseitig keine Nutzungseinschränkungen bestehen werden.

3.6 Denkmalschutz

In 2021 wurde für das ehem. Tanklager Süd durch das Brandenburgische Landesamt für Denkmalschutz und Archäologisches Landesmuseum (BLDAM) die Denkmaleigenschaft nach § 2 Abs. 1 und § 3 Abs. 1 des Brandenburgischen Denkmalschutzgesetzes (BbgDSchG) festgestellt. Im Rahmen umfassender Abstimmungen konnten dennoch die Bedingungen für die Umsetzung der DU mit vollständigem Rückbau des Tanklagers abgestimmt werden, die in 2022 zur Erteilung der denkmalrechtlichen Erlaubnis durch die Untere Denkmalschutzbehörde (UDB) der Kreisverwaltung Teltow-Fläming mit folgenden Auflagen führte:

- Exemplarischer Erhalt von 4 Erdtanks als Teil einer Tankbatterie inkl. zugehöriger baulicher Anlage
- Anlage konturierter und im Gelände erkennbarer Mulden als Folge des Rückbaus einer Tankbatterie (siehe Orthofoto in Abb.8)

Vorstehende Anforderungen wurden vollumfänglich erfüllt.

Um den Zustand der Liegenschaft vor dem Rückbau des Tanklagers zu dokumentieren, ist nach den Baumfällungen die Erstellung eines Orthofotos mittels Drohnenbefliegung erfolgt (siehe Abb.8).

3.7 Natur- und Artenschutz

Gemäß den Anforderungen des Unteren Naturschutzbehörde (UNB) der Kreisverwaltung Teltow-Fläming wurde in 2021 eine faunistische und floristische Bewertung durchgeführt. Demnach waren folgende Maßnahmen erforderlich und wurden entsprechend umgesetzt:

- Vorlaufende Umsetzung von Ameisennestern
- Ökologische Baubegleitung während der Baumaßnahme
- Erhalt einzelner Bäume in den Baufeldern

3.8 Kosten

Die Gesamtkosten der in dem Zeitraum 2021 bis 2025 umgesetzten Maßnahme entsprechen trotz allgemein gestiegener Baukosten mit rund 1,4 Mio. € brutto den Schätzkosten aus 2021.

Nachstehendes Diagramm zeigt die Kostenzusammensetzung bezogen auf die einzelnen Teilleistungen.

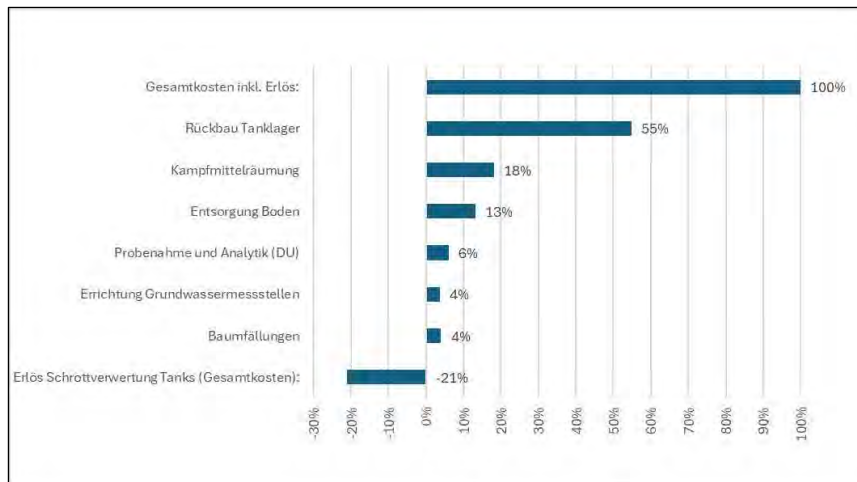


Abb. 9: Kostenanteile Maßnahmenumsetzung

Der Erlös aus der Verwertung des Metallschrotts der Tanks hat sich mit 21% kostenmindernd auf die Umsetzung der Maßnahme ausgewirkt.

4 Fazit und weiteres Vorgehen

Den Ausführungen in vorstehenden Abschnitten entsprechend, konnte in dem Zeitraum 2021 bis 2025 die kombinierte DU mit Rückbau des ehemaligen Tanklagers Süd einschließlich vorlaufender Baumfällungen und baubegleitender KMR vollständig und erfolgreich abgeschlossen werden. Derzeit wird davon ausgegangen, dass sich aus der abschließenden Gefährdungsabschätzung und bei derzeit denkbaren Nutzungen (z. B. Forstwirtschaft oder Photovoltaik) keinen Bedarf an Gefahrenabwehrmaßnahmen ableitet.

Durch die konstruktive Zusammenarbeit mit den Behörden der Kreisverwaltung Teltow-Fläming (UBWB, UDB, UNB) und dem engagierten Einsatz der beauftragten Fachunternehmen, konnten neben den maßgeblichen Anforderungen des Boden- und Wasserschutzes auch die Belange des Denkmalschutzes sowie Natur- und Artenschutzes vollumfänglich berücksichtigt werden.

Die Erkundung auf Basis von Grundwasseruntersuchungen direkt aus Schürfen innerhalb der Tanksohlen hat sich aufgrund des geringen Flurabstands als besonders geeignet erwiesen.

Der vollständige Rückbau des Tanklagers hat nicht nur zu einer fachlich besonders belastbaren DU geführt. Gleichzeitig wurden durch die Beseitigung von Baulasten (Tanks) sowie die abgeschlossene KMR weitgehende Nutzungsmöglichkeiten und erheblich verbesserte Voraussetzungen zur Gewährleistung der Verkehrssicherheit auf der Liegenschaft geschaffen.

Die Erfahrungen aus dem Projekt werden nach Möglichkeit auch bei der Umsetzung vergleichbarer Maßnahmen auf dem Gebiet der ehem. Heeresversuchsanstalt Kammersdorf-Gut eingesetzt.

Anschriften der Autorinnen/Autoren

- Axel Lutz, Dipl.-Geol.
GESA Gesellschaft zur Entwicklung und Sanierung von Altstandorten mbH
Projektsteuerung
Schöneberger Ufer 89 – 91
10785 Berlin
Telefon: +49 30 2451 3664; E-Mail: a.lutz@gesa-info.de
Internet: www.gesa-info.de
- Julia Falb, M.Sc. (Hydrogeologie)
Bundesanstalt für Immobilienaufgaben
Projektverantwortliche der Eigentümerin
Regionales Kontaminationsmanagement Berlin – Brandenburg
Fasanenstraße 87
10623 Berlin
Telefon: +49 228 848 48 232; E-Mail: julia.falb@bundesimmobilien.de
Internet: www.bundesimmobilien.de
- Andreas Isenberg, Dipl.-Geogr.
Kreisverwaltung Teltow-Fläming, SG Wasser, Boden, Abfall
Untere Bodenschutz- und Wasserbehörde (UBWB)
Am Nuthefließ 2
14943 Luckenwalde
Telefon: +49 3371 608 2406; E-Mail: andreas.isenberg@teltow-flaeming.de
Internet: www.teltow-flaeming.de
- Jörg Fritzsche, Dipl.-Ing. (FH)
Gutachterleistungen, fachtechnische Begleitung, örtliche Bauüberwachung
if Ingenieurgruppe Fritzsche
Ottilienstraße 17
03050 Cottbus
Telefon: +49 355 43046 60; E-Mail: info@if-fritzsche.de
Internet: www.if-fritzsche.de

**SICHERE GRUNDLAGEN FÜR
BAUGRUND UND ALTLASTEN**

Altlastenerkundung

Abfall- und Stoffstrommanagement

Geotechnik

Umwelt- und geotech. Beratung



Neue molekularbiologische Werkzeuge für die Standortbewertung und Sanierungsanalyse

Jessica Beyert, Stephan Hüttmann, Mark Zittwitz, Thomas Reichenauer, Eliza Depoorter

1 Eine kurze Einführung in die Molekularbiologie

Die Molekularbiologie ist eine zentrale Disziplin der Naturwissenschaften. Sie untersucht die molekularen Grundlagen biologischer Prozesse und analysiert insbesondere Struktur, Funktion und Wechselwirkung von Erbinformationen und Proteinen. Den Grundstein für die Molekularbiologie legte die Entdeckung der DNA als Träger der Erbinformation und die Aufklärung der Doppelhelix-Struktur durch James Watson und Francis Crick, basierend auf Daten von Rosalind Franklin, im Jahr 1953. Seitdem haben sich verschiedene molekularbiologische Tools entwickelt, welche nicht nur für Bereiche wie etwa Medizin und Biotechnologie, sondern auch für die Umweltwissenschaften von großem Nutzen sind. Analytische Methoden wie etwa die quantitative Polymerase-Kettenreaktion (engl. Quantitative Polymerase Chain Reaction = qPCR) erlauben den gezielten Nachweis bestimmter Organismen und funktionaler Gene in Umweltproben. Die Community-Analyse basierend auf Next Generation Sequencing (NGS), das sind Methoden zur Hochdurchsatz-Sequenzierung von DNA, in Umweltproben eröffnet vertiefte Einblicke in die Gemeinschaft der Mikroorganismen und legt so die Basis für ein besseres Verständnis über das Zusammenspiel der Mikroorganismen untereinander und mit ihrer Umwelt.

2 Untersuchungen des Standort-Mikrobioms

Die rasante Weiterentwicklung von Sequenzierungstechniken hat die Grenzen zwischen Wissenschaft und Science-Fiction weitgehend aufgehoben. Moderne Ansätze ermöglichen mittlerweile sogar die Echtzeit-Sequenzierung genetischer Informationen. Die stetige Weiterentwicklung der Technologien des Next Generation Sequencings (NGS) erlaubt hohe Durchsatzraten und bietet eine deutliche Kostenreduktion. Diese Fortschritte eröffnen in zahlreichen Fachbereichen völlig neue Möglichkeiten, das komplexe Zusammenspiel von Mikroorganismen untereinander und mit ihrer Umwelt zu analysieren. So lassen sich beispielsweise mikrobielle Gemeinschaften in Boden-, Wasser- oder menschlichen Ökosystemen detailliert charakterisieren, ihre funktionellen Interaktionen untersuchen und Umweltprozesse auf molekularer Ebene besser verstehen.

Vor diesem Hintergrund gewinnt die Community-Analyse zunehmend an Bedeutung. Sie beschreibt die Untersuchung der Zusammensetzung und Struktur biologischer Gemeinschaften (Mikrobiom) in Umwelt- oder Wirtsproben und zeigt auf, welche Organismen vorhanden sind und welche funktionellen Eigenschaften präsent sind. Dabei kommen die 16S-rRNA-Gen-Sequenzierung oder die Shotgun-Metagenomik zum Einsatz. Die Community-Analyse stellt somit das wissenschaftliche Anwendungsfeld aufbauend auf NGS Techniken dar.

2.1 NGS – Next generation sequencing

Beim NGS von Umweltproben wird zunächst die gesamte DNA aus der entsprechenden Probe extrahiert. Diese sogenannte Umwelt-DNA (engl. environmental DNA = eDNA) umfasst das genetische Material aller enthaltenen Mikroorganismen. Anschließend werden entweder

spezifische Marker-Gene oder die gesamte DNA im Rahmen eines metagenomischen Ansatzes fragmentiert (Shotgun-Metagenomik) und anschließend sequenziert. Es folgt eine bioinformatische Auswertung und ein Abgleich der nachgewiesenen Gensequenzen mit Referenzdatenbanken. Basierend auf der Zusammensetzung des Mikrobioms können Rückschlüsse auf das metabolische Potential getroffen und somit Aussagen zur Durchführbarkeit von biologischen Sanierungsmaßnahmen getroffen werden.

2.1.1 Anwendungsbeispiel 1: Aufbau eines Sulfat-reduzierenden Mikrobioms

An einem Standort in Tansania wurde eine Biobarriere zur Sulfatelimination etabliert. Durch Injektion von organischen Kohlenstoffquellen wurde ein reduzierendes Milieu geschaffen, welches sowohl die Sulfatreduktion als auch eine damit einhergehende Metall-Präzipitation ermöglichte. Die Untersuchung des Mikrobiomes zeigte, dass hier ein Shift von einer anfänglich aerob geprägten mikrobiellen Gemeinschaft im anstromigen Bereich zunächst hin zu einer anaeroben Gemeinschaft von fermentierenden Mikroorganismen stattfindet. In Abbildung 1 ist zu erkennen, dass erst im weiteren abstromigen Bereich die Zahl der Sulfat-reduzierenden Mikroorganismen ansteigt.

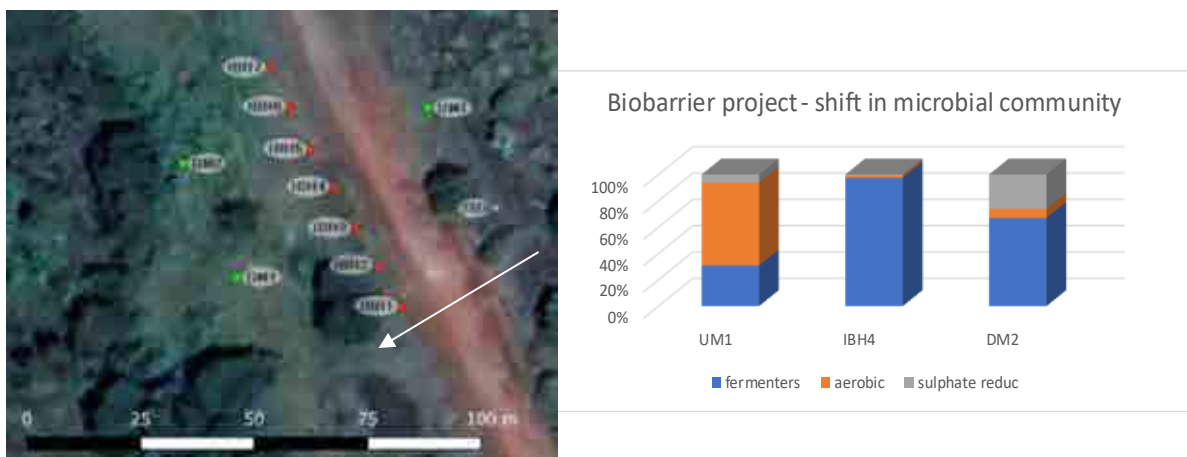


Abbildung 1: Aufbau eines Sulfat-reduzierenden Mikrobioms. Dargestellt ist der Shift der mikrobiellen Gemeinschaft an einem Standort in Tansania von einer aus aeroben Mikroorganismen dominierten Gemeinschaft nach durchströmen einer reaktiven Barriere hin zu einem Sulfat-reduzierenden Mikrobiom. Die Grundwasserfließrichtung ist nach west-südwest gerichtet.

2.2 Community-Analyse an ehemaligen Gaswerkstandorten

Im Rahmen des EU-Forschungsprojektes MIBIREM wurden mit Cyanid kontaminierte Standorte beprobt und deren bakterielle Gemeinschaft untersucht. Aus Grundwasserproben von fünf ehemaligen Gaswerksstandorten in Deutschland, Österreich und den Niederlanden wurde die DNA extrahiert und mit Hilfe von 16S-rDNA Genanalyse wurden eine Community Analyse durchgeführt, um die Bakterienpopulationen der verschiedenen Standorte miteinander vergleichen zu können (Abbildung 2). Diese Art der Community Analyse liefert allerdings nur relative Häufigkeiten, aber keine quantitativen Aussagen über die Häufigkeit einer Bakterienspezies. Daher wurden im Projekt MIBIREM cyanidabbauende Bakterien angereichert und anschließend isoliert und vollständig sequenziert. Diese Daten dienen nun als Grundlage für die Entwicklung von quantitativen Nachweismethoden wie qPCR, oder einer Quantitativen Community Analyse mit internen Standards, die in weiterer Folge zum Monitoring für die mikrobielle Sanierung von mit Cyanid kontaminierten Standorten dienen sollen.

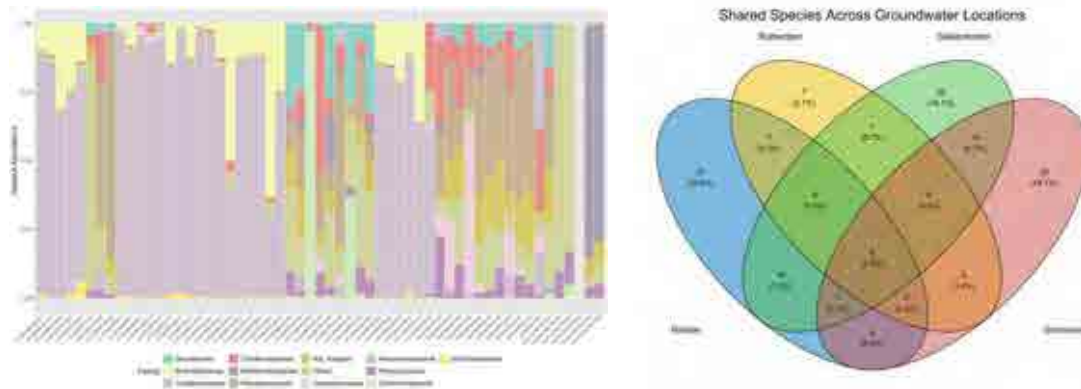


Abbildung 2: links: Community-Analyse von Grundwasserproben und Anreicherungskulturen von fünf ehemaligen Gaswerksstandorten in Deutschland, Österreich und den Niederlanden; rechts: Darstellung der Anzahl von gemeinsamen Bakterienspezies der untersuchten Standorte.

3 Polymerase-Kettenreaktion (PCR)

Die Polymerase-Kettenreaktion (PCR) ist eine zentrale Methode der Molekularbiologie und Grundprinzip weiterer Methoden. Sie dient der gezielten *in vitro* Vervielfältigung spezifischer DNA-Sequenzen. Das Verfahren beruht auf zyklischen Temperaturwechseln mit drei Schritten: 1) Denaturierung - (Auftrennung) der doppelsträngigen DNA in Einzelstränge. 2) Annealing – Bindung von kurzen, speziell für den DNA-Zielabschnitt synthetisierten Oligonukleotiden, genannt Primer, an die DNA. 3) Amplifikation – Synthese des komplementären DNA-Abschnittes durch eine hitzestabile DNA-Polymerase. Durch Wiederholung dieser Schritte können Millionen Kopien aus kleinsten DNA Mengen innerhalb weniger Stunden amplifiziert werden.

3.1 qPCR - Quantitative Polymerase-Kettenreaktion

Die qPCR ist eine Weiterentwicklung der klassischen PCR. Durch den Einsatz fluoreszierender Marker kann der Anstieg der Kopienzahl des Ziel DNA-Abschnitts während der Reaktionszyklen überwacht und quantifiziert werden. Die Genkopienzahl lässt sich dabei über einen internen Standard bestimmen, der als Referenz für die Berechnung der Ausgangsmenge dient. Die qPCR stellt heutzutage ein unverzichtbares Werkzeug in der Forschung, Diagnostik und der Umweltanalytik dar, da sie schnelle und gezielte Messungen genetischer Marker ermöglicht. Eine Einschränkung besteht jedoch darin, dass die Sequenz des zu amplifizierenden DNA-Abschnitts bekannt ist und entsprechend geeignete Primer zur Verfügung stehen.

3.1.1 qPCR Beispiel *Dehalococcoides* Standort Pioneer Park, Hanau

Mit Hilfe der qPCR kann eine Probe gezielt auf die Anwesenheit bestimmter Organismen oder funktionaler Gene hin analysiert werden. Im folgenden Beispiel wurde am Standort „Pioneer Park, Hanau“ das Grundwasser auf die Anwesenheit von Bakterien der Gattung *Dehalococcoides* und der für die Dechlorierung notwendigen funktionalen Gene hin untersucht. Am Standort lag eine ausgedehnte Kontamination mit LCKW vor. Mittels Injektion eines Produktes, welches nullwertiges Eisen und eine Kohlenstoffquelle enthielt, wurde ein entsprechendes reduzierendes Milieu geschaffen, das die biologische, anaerobe Dechlorierung erlaubt. Wie in Abbildung 3 dargestellt, zeigte sich ein Zusammenhang zwischen der Populationszunahme und damit einhergehend der Genkopienzahl der

analysierten Zielgenen und der Dechlorierung. Mit Erreichen einer ausreichenden Populationsstärke konnte der vollständige Chlorethen-Abbau erzielt werden.

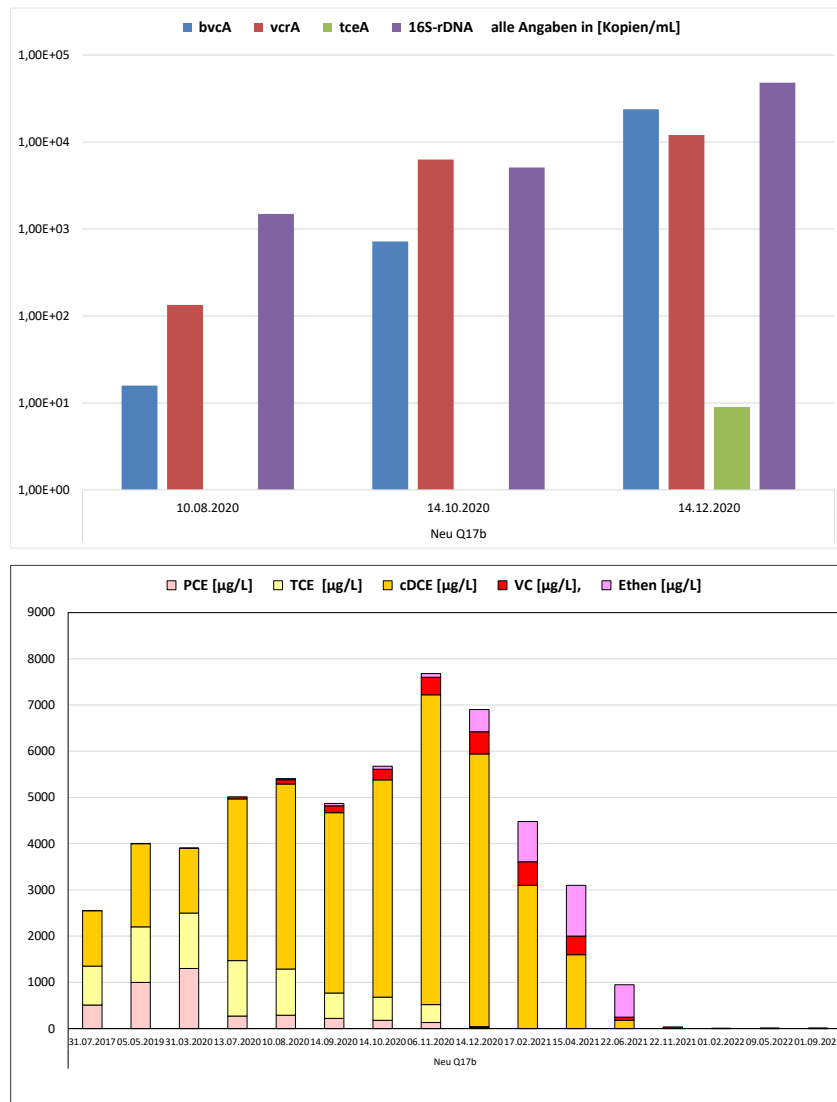


Abbildung 3: qPCR am Beispiel eines FCKW-Schades. Dargestellt ist sowohl die zeitliche Zunahme von für die Dechlorierung relevanter funktionaler Gene und die Populationszahl von *Dehalococcoides*, sowie der damit einhergehende Abbau von Chlorethen.

Die Anwendung der qPCR zum Nachweis von *Dehalococcoides* und entsprechendem Abbaupotential an einem Standort hat sich in vielen Projekten bewiesen. Durch dieses Verfahren kann die Präsenz oder eben die Abwesenheit der für die Dechlorierung notwendigen Bakterien untersucht werden, sodass das Sanierungsverfahren (Biostimulation oder zusätzliche Bioaugmentation) entsprechend angepasst werden kann.

3.1.2 QuantArray

Für den Umweltsektor von besonderem Interesse ist das Screening auf gleichzeitige mehrere funktionale Gene und bestimmte Organismen. Die Sensatec GmbH bietet in Zusammenarbeit mit Microbial Insights verschiedene qPCR basierte Analyse-Pakete. Diese umfassen die

Analyse des mikrobiellen und metabolischen Potentials z.B. für den Abbau von LCKW, MKW, BTWX, MTBE oder aber Prozesse wie die Sulfat-, Eisenreduktion, Denitrifikation und andere sanierungsrelevante Eigenschaften des Mikrobioms.

3.1.2.1 QuantArray Petro und QuantArray Chlor

Abbildung 4 zeigt eine QuantArray Analyse von Grundwasserproben eines ehemaligen Kokereistandortes, welcher mit PAK und Benzol verunreinigt ist. Deutlich zu erkennen ist der Unterschied sowohl in der detektierten Gesamtkeimzahl, sowie des Abbaupotentials. Während in der ersten Probe eine Reihe funktionaler Gene beispielsweise für den aeroben BTEX Abbau identifiziert wurden, wies die zweite Probe kaum metabolisches Potential auf. Für eine mögliche Sanierung würde dies bedeuten, dass hier je nach Bereich eine Biostimulation durch Optimierung der Umweltbedingungen ausreichend sein kann, wohingegen für den zweiten Bereich eine zusätzliche Bioaugmentation mit einer geeigneten Bakterienkultur sinnvoll wäre um für den Schadstoffabbau geeignete Mikroorganismen anzusiedeln.

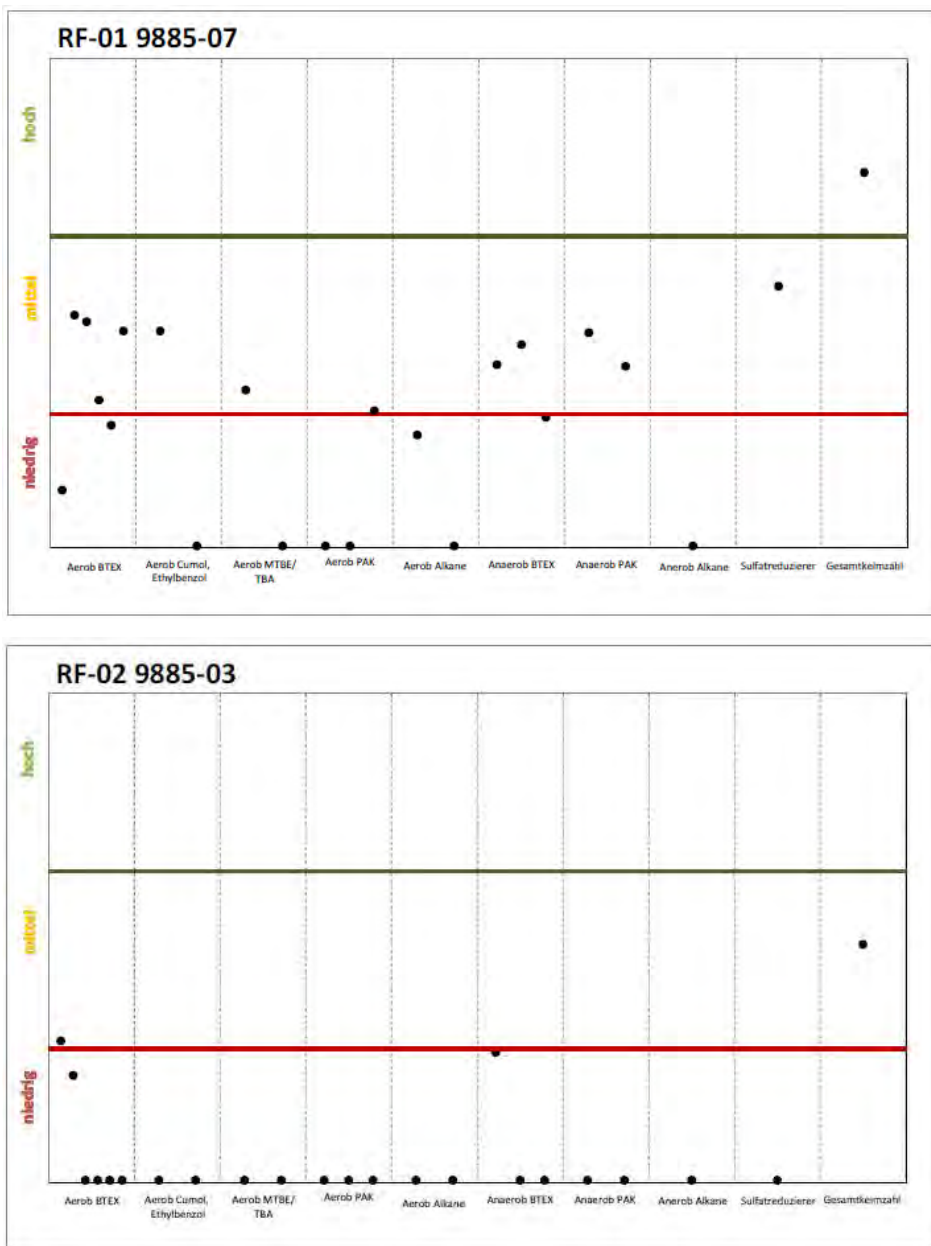


Abbildung 4: Beispiel 1 für eine QuantArray Petro Analyse. Dargestellt ist ein Auszug aus einer QuantArray Analyse, welche an Grundwasserproben von einem ehemaligen Kokereisstandort durchgeführt wurden.

In der Abbildung 5 ist ein weiteres Beispiel für eine QuantArray Petro Analyse dargestellt, aus der ein relativ hohes mikrobielles Abbaupotenzial speziell für den anaeroben BTEX-Abbau abgeleitet wurde.

Probenbezeichnung		DP14	DP17
Probenahmedatum		19.06.2024	19.06.2024
Aerob BTEX und MTBE		Kopien/mL	Kopien/mL
Toluol / Benzol Dioxygenase	TOD	8,30E+03	< 4,20E-01
Phenol Hydroxylase	PHE	1,40E+05	1,40E+01
Toluol 2 Monooxygenase / Phenol Hydroxylase	RDEG	8,90E+05	1,10E+02
Toluol ringhydroxylierende Monooxygenase	RMO	2,50E+05	7,00E+02
Xylol / Toluol Monooxygenase	TOL	1,10E+03	< 4,20E-01
Ethylbenzol / Isopropylbenzol Dioxygenase	EDO	6,40E+05	< 4,20E-01
Biphenol / Isopropylbenzol Dioxygenase	BPH4	< 1,50E+00	< 4,20E-01
<i>Methylibium petroleiphilum</i> PM1	PM1	< 1,50E+00	1,40E+02
TBA Monooxygenase	TBA	< 1,50E+00	< 4,20E-01
Aerob PAK und Alkane			
Naphthalin Dioxygenase	NAH	< 1,50E+00	< 4,20E-01
Naphthalin-induzierte Dioxygenase	NidA	7,20E+02	< 4,20E-01
Phenanthren Dioxygenase	PHN	1,30E+04	< 4,20E-01
Alkan Monooxygenase	ALK	5,40E+02	< 4,20E-01
Alkan Monooxygenase	ALMA	< 1,50E+00	< 4,20E-01
Anaerob BTEX			
Benzoyl Coenzym A Reduktase	BCR	2,00E+03	3,70E+02
Benzylsuccinat Synthase	BSS	5,60E+03	2,20E+03
Benzol Carboxylase	ABC	< 1,50E+00	1,70E+02
Anaerob PAK und Alkane			
Naphthylmethylsuccinat Synthase	MNSSA	< 1,50E+00	< 4,20E-01
Naphthalin Carboxylase	ANC	< 1,50E+00	< 4,20E-01
Alkylsuccinat Synthase	ASSA	3,40E+02	< 4,20E-01
Andere			
Gesamtkeimzahl (Eubakterien)	EBAC	3,81E+07	1,60E+06
Sulfatreduzierer	APS	1,70E+05	2,80E+04

Abbildung 5: Beispiel 2 für eine QuantArray Petro Analyse. Dargestellt ist ein Auszug aus einer QuantArray Analyse, welche ein hohes mikrobielles Abbaupotential für den anaeroben BTEX-Abbau aufzeigt.

3.2 Entwicklung neuer qPCR basierter Analysen

Grundlage für die beschriebenen qPCR basierten Screenings ist das Vorhandensein von annotierten DNA-Sequenzen, die für bestimmte Enzyme kodieren. Hierfür ist zunächst die Anreicherung und Isolierung von entsprechenden Schadstoff-abbauenden Bakterienstämmen notwendig, die dann im Anschluss taxonomisch identifiziert und deren Genom sequenziert wird. Mittels bioinformatischer Tools kann das Genom annotiert und Primer-Sets für Ziel-DNA-Abschnitte entwickelt werden. Dafür notwendig ist das Vorhandensein sogenannter konservierter Bereiche, wobei es sich um DNA-Abschnitte handelt, welche bei unterschiedlichen Bakterien die gleiche Sequenz aufweisen.

3.2.1 MALDI-TOF MS

Die MALDI-TOF-MS (Matrix-unterstützte Laser-Desorptions/Ionisations-Flugzeit-Massenspektrometrie) ist ein leistungsfähiges analytisches Verfahren zur Bestimmung der Masse von Biomolekülen wie Proteinen, Peptiden oder anderen Makromolekülen. Hierbei wird die Probe (Bsp. ein Zellpellet) in eine Matrix eingebettet und ausgelöst über Laserimpulse lösen sich Moleküle aus der Probe. Von diesen wird die Flugzeit bestimmt und über den Vergleich mit Referenzdatenbanken erfolgt eine Auswertung. Im Bereich der Mikrobiologie wird diese Methoden u.a. für die Identifikation von Einzelstämmen angewendet, so dass hier mindestens eine Charakterisierung auf Gattungsebene, u.U. auch auf Artebene erfolgt. Liegt eine neue Art oder gar Gattung vor sind weitere Verfahren zur taxonomischen Bestimmung notwendig.

Abbildung 6 zeigt die Identifikation von Einzelstämmen via MALDI-TOF MS aus einer Cyanid-abbauenden Bakterienkultur, welche im Forschungsprojekt MIBIREM aus kontaminiertem Standortmaterial angereichert wurde.

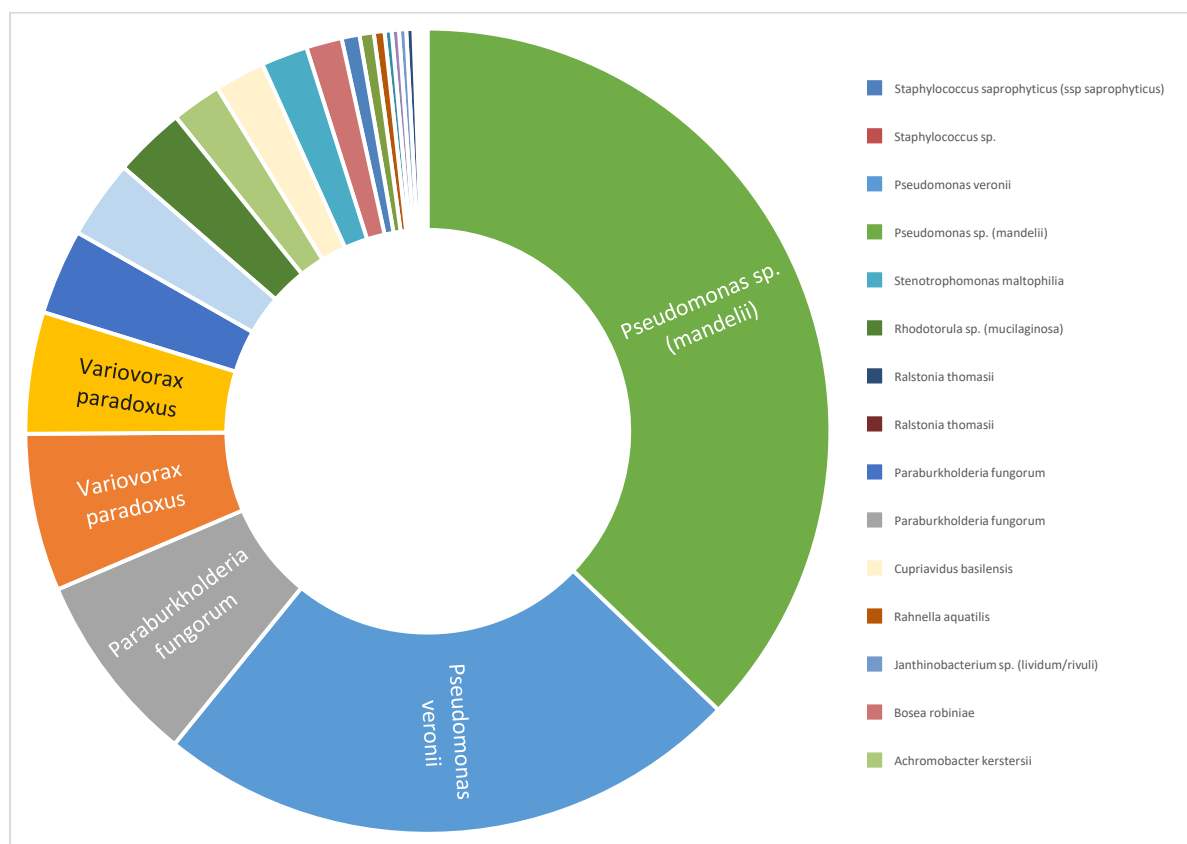


Abbildung 6: Beispiel für MALSI-TOF MS. Identifikation von Einzelstämmen via MALDI-TOF MS aus einer Cyanid-abbauenden Anreicherungskultur.

3.2.2 WGS – Whole Genome Sequencing

Wie bereits der Name impliziert, wird beim Whole Genome Sequencing (WGS) das gesamte genetische Material eines Organismus sequenziert und analysiert. Dies erlaubt neben der taxonomischen Einordnung auch die Sicht auf genetische Variationen, Mutationen und funktionelle Gene, wobei für eine abschließende Annotation der funktionellen Gene weitere Experimente notwendig sind.

3.2.3 Wozu das Ganze?

Auf den ersten Blick mögen die Identifikation von Einzelstämmen aus Anreicherungskulturen und das WGS für den Bereich der Altlastensanierung irrelevant erscheinen, da diese nicht direkt auf Umweltproben anwendbar sind. Jedoch stellt die Identifikation und Charakterisierung neuer Bakterienarten sowie der entsprechend am Schadstoffabbau beteiligten Enzyme und dafür kodierenden Gene die Grundlage für Schadstoffgruppen-spezifische, quantitative Verfahren da. Es bedarf somit stetiger Forschung, um neue Primer-Sets zu entwickeln, die dann in Screenings einen gezielten Einblick über das Abbaupotential an Standorten geben können.

Eine Schadstoffgruppe, für die bisher noch keine geeigneten qPCR Primer-Sets verfügbar sind, stellen die Cyanide dar. Zwar gibt es eine Vielzahl von Standorten mit Sanierungsbedarf und in die Literatur beschreibt eine Reihe von Bakterienarten für den Cyanid-Abbau, jedoch gibt es hier noch große Lücken hinsichtlich der für die Primer-Entwicklung notwendigen DNA-Sequenzen. Im Rahmen von MIBIREM wurden über 100 Einzelstämme aus Anreicherungskulturen von fünf verschiedenen Cyanid-belasteten Standorten isoliert und deren Genom sequenziert. Abbildung 7 zeigt erste Ergebnisse der bioinformatischen Auswertung. Hier dargestellt sind über die Genom-Annotation identifizierte Gene, welche potentiell für Cyanid-Abbauewege relevant sind. Diese Daten bilden die Grundlage für die Entwicklung von qPCR Primern mit dem Ziel in Zukunft gezielt das Abbaupotential an Cyanid-kontaminierten Standorten zu analysieren und entsprechende Sanierungsverfahren zu entwickeln und anzupassen.

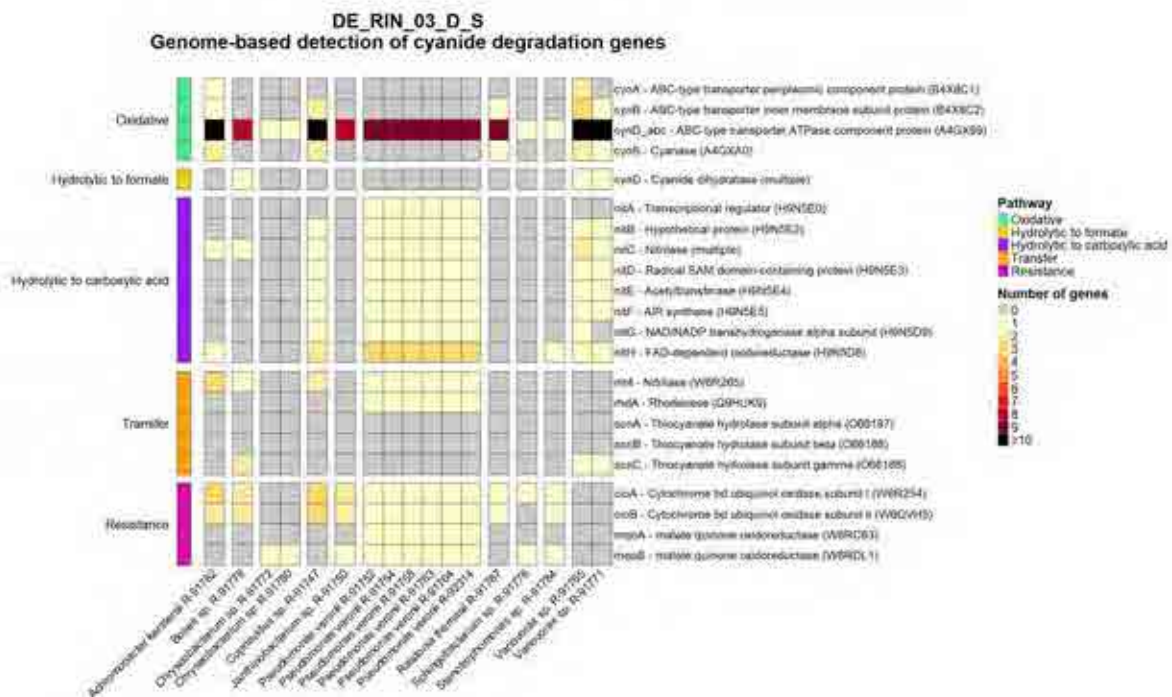


Abbildung 7: Auswertung und Detektion für den Cyanid-Abbau relevanter Gene in ausgewählten Einzelstämmen. Dargestellt ist eine sogenannte heatmap, welche die detektierten relevanten Gene und deren identifizierte Genkopienzahl in ausgewählten Einzelstämmen darstellt.

4 Kurze Zusammenfassung und ein Blick in die Zukunft

Molekularbiologische Methoden bieten im Bereich der Umweltwissenschaften ein großes Potential **Standorte besser zu charakterisieren** und so **Sanierungsmaßnahmen individueller anzupassen**.

Die **Community-Analyse** gibt einen guten Überblick über das Standort-Mikrobiom. Die Auswertung detektierter Gattungen und Arten, sowie - je nach Untersuchung - funktioneller Gene erlaubt eine Einschätzung des am **Standort vorliegenden Abbaupotentials**.

Mittels **qPCR** basierten Screenings können **gezielt Organismen und Ziel-Gene identifiziert** und **quantifiziert** werden.

Auf Basis identifizierter Einzelstämme dem **WGS** können **neue qPCR Primer-Sets** für weitere Schadstoff(gruppen) entwickelt werden.

Mit dieser Expertise können anschließend mögliche **Sanierungsverfahren gezielter entwickelt** und **optimiert** werden, was letztlich zu **Kostensparnissen** führen kann.

Durch Isolation und Charakterisierung neuer schadstoffabbauender Bakterienstämme können **definierte Bakterien-Mikrobiome („artificial consortia“)** zusammengestellt werden, die auf die Bioaugmentation von kontaminierten Standorten abgestimmt werden können.

Anschriften der Autorinnen/Autoren

Name: Jessica Beyert
Institution: Sensatec GmbH
Straße: Alte Ziegelei 15
PLZ_Ort: 51491 Overath
Telefon: + 49 (2204) 97 26 12
E-Mail: j.beyert@sensatec.de

Name: Dr. Stephan Hüttmann
Institution: Sensatec GmbH
Straße: Kanalstraße 38
PLZ_Ort: 25159 Kiel
Telefon: +49 (431) 389 009-28
E-Mail: s.huettmann@sensatec.de
Internet: www.sensatec.de

Name: Mark Zittwitz
Institution: Sensatec GmbH
Straße: Tempelhoferweg 8
PLZ_Ort: 12099 Berlin
Telefon: +49 (30) 8094 15 76
E-Mail: m.zittwitz@sensatec.de

Name: Dr. Thomas G. Reichenauer
Institution: AIT – Austrian Institute of Technology
Straße: Konrad-Lorenz Straße 24
PLZ_Ort: 3430 Tulln an der Donau
Telefon: +43 (0) 50550 3545
E-Mail: thomas.reichenauer@ait.ac.at

Kompetenz, Innovation und Zuverlässigkeit sind die wesentlichen Säulen der M&P INGENIEURGESELLSCHAFT



Unsere **Expertise**

Innovative Dienstleistungen für den Kunden stehen im Mittelpunkt unseres Handelns. Deshalb sind wir mit unserer Vision, das führende deutsche Ingenieurunternehmen zu sein, erfolgreich und entwickeln uns ständig weiter, um unserer Vision treu zu bleiben.

Warum wir das tun?

Weil wir mit unseren Ingenieurleistungen eine bessere Zukunft schaffen wollen!

Unsere **Gruppe**



Flächenrecycling und Umsetzung von Gefahrenabwehrmaßnahmen zum Schutz eines Berliner Wasserwerkes am Beispiel des ehemaligen Betriebes VEB Kühlautomat in Berlin-Johannisthal

Ulrike Hass, Birgit Rauch, Gerold Reusing, Mathias Dörr und Frank Rauch

1 Standortbeschreibung und Nutzungsgeschichte von 1909-1996

Das Grundstück des ehemaligen Betriebes *VEB Kühlautomat* liegt im Ortsteil Johannisthal des Berliner Bezirks Treptow-Köpenick. Das Areal befindet sich in der Trinkwasserschutzzone III B des Wasserwerkes Johannisthal und umfasst eine Fläche von rund 19 ha. Es grenzt im südlichen Teil an den heutigen Landschaftspark Johannisthal/Adlershof (s. Abb. 1 und Abb. 2). Dort befand sich früher der Flugplatz Johannisthal, welcher als Deutschlands 2. Motorflugplatz im September 1909 eröffnete. Die Nutzungsgeschichte des Standortes ist daher in der Zeit von 1909 bis 1945 stark von der Entwicklung des Flugplatzes beeinflusst und durch dessen Industriekomplex des Flugzeug-, Maschinen- und Motorenbaus im nördlichen Flugplatzbereich geprägt.

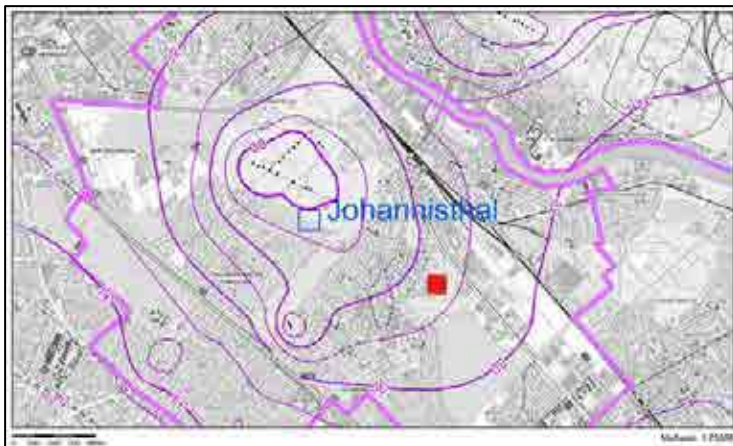


Abb.1: Lage des Standortes (in rot) im Einzugsgebiet des Wasserwerkes Johannisthal mit Grundwassergleichen im Hauptgrundwasserleiter 2020, Geoportal Berlin [1]



Abb.2: Historisches Luftbild (Ausschnitt), 1928, Geoportal Berlin [1]

Auf dem westlichen Teil des heutigen Geländes und dem sich südwestlich anschließenden Sportplatz erweiterte die Firma Wright, die als erste serienmäßig Flugzeuge baute, 1910 ihre Produktionskapazitäten mit dem Neubau von zwei Luftschiffhallen. Im gleichen Zeitraum ließ sich die von Arthur Müller gegründete Luft-Verkehrs-Gesellschaft (LVG) nieder. Weitere namhafte Flugzeugbauer wie die AGO Fluggesellschaft GmbH, die Fokker Flugzeugwerke und die Allgemeine Fluggesellschaft (AFG) folgten. Mit Beginn des I. Weltkrieges wurde das Johannisthale Industriearial zu einem der bedeutendsten Flugzeugproduktionsstandorte Deutschlands. Insgesamt wurden in Johannisthal während des I. Weltkrieges rund 16.500 Flugzeuge produziert.

Nach Ende des I. Weltkrieges stellten verschiedene Betriebe aufgrund des Bauverbotes für Militärmaschinen durch den Versailler Vertrag ihre Produktion ein und verließen Johannisthal. Die noch während des Krieges gegründeten AMBI-Werke ('Arthur Müller Bauten und Industriewerke AG') fertigten am Segelfliegerdamm Landmaschinen. Die zum gleichen Konzern gehörende LVG bot Reiseflugzeuge an. Ansässig waren zudem angesehene Automobilhersteller wie Chrysler und Graham-Paige.

In Vorbereitung und während des II. Weltkrieges wurde der Standortkomplex Johannisthal in großem Umfang in die Rüstungsproduktion (Militärflugzeuge, Flugzeugmotoren, Formteile für Geschosse und Raketen) einbezogen.

Von April 1945 bis 1950 besetzte die sowjetische Armee den gesamten Flugplatzbereich und stationierte eine Fliegerinheit. Die vorhandenen Industriebetriebe wurden größtenteils demontiert. Umfangreiche Kriegsschäden sind auf dem Gelände nicht bekannt. Es sind jedoch einige Bombentrichter, Erdlöcher und Splittergräben in Luftbildmaterial dokumentiert und bei Erkundungsbohrungen nachgewiesen.

In den Folgejahren produzierten am Standort der VEB Motorenwerke Johannisthal bis 1968 sowie der VEB Kühlautomat bis 1990. Das Produktionsspektrum umfasste die Herstellung von Produkten der metallverarbeitenden Industrie und des Maschinenbaus, u.a. Landkältemaschinen, Kälteanlagen für Fischfang- und Verarbeitungsschiffe, Schraubenverdichter sowie Dieselmotoren für die Deutsche Reichsbahn.

Nach 1990 erfolgte die Privatisierung des Betriebes und der Übergang in die Kühlautomat (Berlin) GmbH, die vergleichbare Produkte auf dem Stammgelände und auf dem sogenannten „Erweiterungsgelände“, einem ehemaligen Standort der Grenztruppen der DDR, herstellte. Mitte des Jahres 1996 wurde die Produktion auf dem Standort eingestellt.

2 Schadenssituation – Boden, Bodenluft und Grundwasser

Auf dem Stammgelände des ehemaligen VEB Kühlautomat war im Rahmen der verschiedenen Nutzungen und Produktionsprozesse ein breites Spektrum unterschiedlicher Produktionsverfahren zu verzeichnen. Charakteristisch für die einzelnen Verfahrensschritte (u.a. Farbspritzerei, Waschanlagen, Fettabscheider, Motorenprüfstände, Beiz- und Phosphatieranlagen, Härterei, Metallverarbeitung, TRI-Wäsche) ist der mengenmäßig große Einsatz wasser- bzw. umweltgefährdender Stoffe. Neben den einzelnen Produktionsstandorten stellen auch Abfall- und Lagerbereiche der wassergefährdenden Stoffe sowie das betriebliche Abwasserleitungssystem weitere potentielle Kontaminationsbereiche für den Boden, die Bodenluft und das Grundwasser dar. Produktionsbedingt wurden insbesondere die Betriebsstoffe Tetrachlorethen (PER), Trichlorethen (TRI) und Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW) zur Herstellung von Kälteanlagen und Lokdieselmotoren eingesetzt. Die vorgefundenen Kontaminationen sind durch den jahrzehntelangen Produkteinsatz bedingt, bei dem es wiederholt zu Handhabungsverlusten und Leckagen kam. Weiterhin sind auch nichtproduktionsbedingte Einsätze von leichtflüchtigen chlorierten Kohlenwasserstoffen (LCKW) bekannt, u.a. zum „Reinigen“ des Schrottplatzes. Zusammenfassend kann festgestellt

werden, dass ein kausaler Zusammenhang zwischen den festgestellten hohen Belastungen im Komplex Boden/Bodenluft/Grundwasser und der ehemaligen Nutzung herzustellen ist.

Im Zuge der durchgeführten behördlichen Untersuchungen zur Gefahrenermittlung in den Jahren 1991 bis 1995 wurden auf dem Stamm- und Erweiterungsgelände verdachtsflächenspezifisch, aber auch flächendeckend 181 Sondierbohrungen, 269 Rammkernbohrungen, 16 Schlauchkernbohrungen, 50 Bodenluftuntersuchungen sowie 45 Grundwassermessstellenstandorte mit bis zu 70 Einzelpegeln realisiert und 14 relevante Kontaminationsflächen ermittelt. Zwei weitere Flächen kamen auf dem angrenzenden Erweiterungsgelände hinzu. Eine Vielzahl der ermittelten Bodenkontaminationen beschränkte sich auf die anthropogenen Auffüllbereiche in der ungesättigten Bodenzone. Die zumeist lokal begrenzten Areale sind u.a. durch die Schadstoffgruppen polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), MKW sowie die Schwermetalle Blei, Cadmium, Kupfer und Zink geprägt. Bei sieben Kontaminationsflächen waren entweder bis in die gesättigte Bodenzone reichende Verunreinigungen oder eine Belastung der Bodenluft nachweisbar.

Schäden mit MKW-Verbindungen konnten bis in eine maximale Tiefe von 7 m unter Geländeoberkante im Abschnitt eines Tanklagers sowie in den Bereichen von Ölabscheidern und Motorenprüfständen ermittelt werden. Die höchsten MKW-Gehalte wurden mit 31.700 mg/kg im 5. Bodenmeter am nordöstlichen Rand einer ehemaligen, zentral gelegenen Halle gemessen.

Kontaminationen durch LCKW in der **Bodenluft** wurden auf drei größeren Arealen festgestellt. Dabei handelt es sich um die Bereiche TRI-Wäsche, Freilager (Farb- und Chemikalienlager) und Schrottplatz (vgl. Abb. 3). Maximalgehalte an LCKW konnten im Umfeld der TRI-Wäsche mit bis zu 6.000 mg/m³ analysiert werden.



Abb. 3: Lageplan der ehemaligen Gebäude mit LCKW-Haupteintragsbereichen, SenSBW [2], modifiziert

Auf dem Stammgelände wurden zudem großflächige LCKW-Kontaminationen im **Grundwasser** ermittelt. Die Haupteintragsquellen auf dem Standort stellen dabei die vorgenannten drei Bereiche (TRI-Wäsche mit ca. 2.000 m², Freilager mit ca. 4.700 m², Schrottplatz mit ca. 3.800 m²) dar. Maximal nachgewiesene LCKW-Gehalte im Grundwasser betragen bis zu 50.000 µg/l. Die höchsten Belastungen des Grundwassers durch MKW-Verbindungen wurden mit 12.700 µg/l im Umfeld eines Ölabscheiders nachgewiesen.

Aus den LCKW-Einträgen resultiert eine (ehemals) grundstücksübergreifende Grundwasserschadensfahne, welche sich bis zu den Brunnen des Wasserwerkes Johannisthal, Fördergalerie Alte Königsheide Süd, verlagert hat. Die Entfernung zu den Wasserwerksbrunnen beträgt dabei ca. 900 m und die Fließzeit etwa 3-5 Jahre.

3 Sanierungs- und Sicherungsmaßnahmen, begleitendes Monitoring – Zeitraum 1995 bis Mitte 2025

Zum schnellstmöglichen Schutz des Wasserwerks Johannisthal und seines kontaminierten Transferpfades galt zunächst als oberste Priorität die LCKW-Schadensausbreitung im Grundwasser an der westlichen Grundstücksgrenze vollständig zu unterbinden. Gleichzeitig wurden hydraulische LCKW-Quellensanierungen und Bodenluftabsaugungen in den Eintragsbereichen zur Unterstützung der Grundwassersanierung durch die Senatsumweltverwaltung geplant und umgesetzt. Im Jahr 1994 wurde dafür ein komplexes Sanierungskonzept erstellt.

Parallel dazu begann Anfang der 1990er Jahre eine aktive hydraulische Sicherungsmaßnahme direkt an der Fördergalerie Alte Königsheide Süd des Wasserwerks Johannisthal durch die Senatsumweltverwaltung.

3.1 Bodenluftsanierung

Die Maßnahmen zur Bodenluftsanierung erfolgten zwischen Dezember 1994 und Dezember 1996. In jedem der Schadenszentren wurde ein 5“-Bodenluftabsaugbrunnen mit jeweils vier Beobachtungspegeln installiert und betrieben. Die Luftvolumenströme lagen bei ca. 125-140 m³/h. Die in den nachfolgenden Versuchen ermittelten Absaugradienten machten die Notwendigkeit einer zusätzlichen Brunneninstallation im Bereich der TRI-Wäsche und des Freilagers notwendig. Darüber hinaus wurden zusätzlich die 1,5“-Beobachtungspegel in die Sanierungsdurchführung mit einbezogen. Die aus HDPE-Material bestehenden Absaugbrunnen erreichten eine Endteufe von 3,5 m unter Geländeoberkante und waren von 0,5 bis 3,5 m verfiltert. Die Absauganlagen bestanden jeweils aus einem Seitenkanalverdichter, Wasserabscheider, Luftaktivkohlefilter, Sammelbalken und entsprechenden Armaturen (vgl. Abb. 4).



Abb. 4: links: Absaugpegel TRI-Wäsche, Seitenkanalverdichter und Aktivkohlefilter sind in einem Container untergebracht; rechts: Absaugpegel Schrottplatz, Reichweitenpegel sind über den Sammelbalken an die Absauganlage angeschlossen, TAUW [3]

Die Sanierung konnte nach ca. zwei Jahren im Dezember 1996 erfolgreich abgeschlossen werden. Dabei wurde der Zielwert von <math><10 \text{ mg/m}^3</math> im Anlagenzustrom nach mehrmaligem Intervallbetrieb erreicht. Weitere Kontrolluntersuchungen in den Schadensgebieten bestätigten den Sanierungserfolg. Die rückgewonnene Gesamtmenge an LCKW betrug ca. 305 kg und setzte sich zu 80-90 % aus TRI und zu etwa 10-20 % aus PER zusammen.

3.2 Grundwassersicherung und -sanierung

Mit der Grundwassersicherung und -sanierung im Sinne einer ersten akuten Gefahrenabwehrmaßnahme wurde ebenfalls 1995 begonnen. Modellrechnungen und Pumpversuche zur Konzeption der hydraulischen Sicherungsmaßnahme an der abstromigen

Grundstücksgrenze aus den Jahren 1994/1995 sahen eine Entnahmemenge von zunächst 80 m³/h über drei Sicherungsbrunnen vor. Beginnend ab Anfang 1995 wurde LCKW-kontaminiertes Grundwasser gehoben und über eine verfahrenstechnisch geeignete Grundwasserreinigungsanlage (GWRA I) dekontaminiert.

Ende 1995 wurde im Rahmen der Erweiterung der LCKW-Grundwassersanierung eine zusätzliche GWRA (GWRA II) im Bereich der drei Schadenszentren errichtet und mit ebenfalls drei Sanierungsbrunnen betrieben. Der modellierte Sanierungsbetrieb errechnete eine Fördermenge in Höhe von ca. 37,5 m³/h. Die GWRA II und die zugehörigen Brunnen werden bis heute betrieben, wobei gegenwärtig die Förderraten der Sanierungsbrunnen mit 5 m³/h vorgegeben sind.

Im Rahmen der Optimierung der Abstomsicherung wurde im Mai 2010 eine neue GWRA (GWRA III) mit zwei neu errichteten Abwehrbrunnen und einer Förderrate von jeweils 7,5 m³/h in Betrieb genommen. Sie dient bis heute der Sicherung des Abstoms von kontaminiertem Grundwasser in nordwestliche Richtung.

Aufgrund von stark veränderten Betriebsbedingungen im Wasserwerk Johannisthal wurden die hydraulischen Sanierungs- und Sicherungssysteme kontinuierlich angepasst. Dies erfolgte zumeist durch Herausnahme bzw. Ersatz von einzelnen Brunnen, Mengenreduzierungen pro Brunnen und Filteranpassungen (u.a. Verkürzung der Filterstrecke).

Die Abreinigung des LCKW-belasteten Grundwassers erfolgt mittels Strippung im Gegenstromverfahren. Die getrocknete und angereicherte LCKW-haltige Stripluft durchläuft zur Dekontamination abschließend einen Luftaktivkohlebehälter. Das gereinigte Grundwasser wird in die öffentliche Regenwasserkanalisation abgeleitet. Die vorgegebenen Einleitwerte (LCKW 25 µg/l, Vinylchlorid 5 µg/l) werden monatlich kontrolliert und durchgängig eingehalten.

Im Zeitraum 1995-2025 wurden durch den Betrieb der GWRA ca. 2.600 kg LCKW, davon ca. 215 kg Vinylchlorid, aus dem Grundwasser entfernt. Die Gesamtfördermenge betrug etwa 9,46 Mio. m³. Von 2006 bis 2016 lag der jährliche LCKW-Austrag bei 30-40 kg. Seit 2017 liegt dieser bei 10-20 kg/a (s. Abb. 5). Trotz des Rückgangs der Belastungen im Grundwasser werden die vorgegebenen Sanierungszielwerte (LCKW 20 µg/l und Vinylchlorid 5 µg/l) an den einzelnen Sanierungsbrunnen und umliegenden Messstellen noch nicht unterschritten.

Die GWRA wurden zunächst im Auftrag der Senatsumweltverwaltung betrieben und mit einer 75%igen Co-Finanzierung des Bundes (heute Bundesanstalt für Immobilienaufgaben (BImA)/ Gesellschaft zur Entwicklung und Sanierung von Altstandorten mbH (GESA)) bis Mitte 2001 mitfinanziert. Mit Rückübertragung des Grundstückes an den ehemaligen Grundstückseigentümer im Jahr 2001 ging die Weiterführung der hydraulischen Sicherungs- und Sanierungsmaßnahmen und die Durchführung des begleitenden Grundwassermonitorings auf die Alteigentümer über. Die dafür notwendige Sanierungsanordnung der zuständigen Bodenschutzbehörde der Senatsumweltverwaltung zum Schutz des Grundwassers und des Bodens vor weiteren LCKW-Verunreinigungen nach § 10 Abs. 1 in Verbindung mit § 4 Abs. 3 Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) resultiert aus dem Mai 2001.

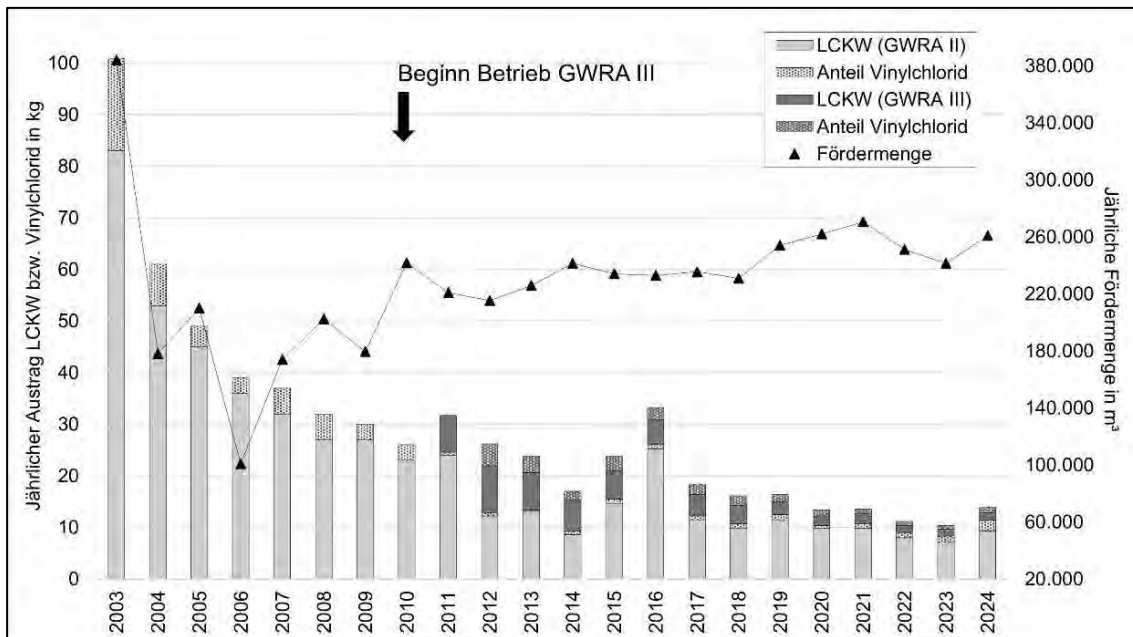


Abb. 5: Jährlicher Schadstoffaustrag (LCKW und Vinylchlorid) in kg durch die GWRA II & III und Fördermenge im Zeitraum 2003-2024, Datenquelle HORN & MÜLLER [4]

3.3 Grundwassermonitoring

Im Rahmen der Überprüfung der Maßnahmenwirksamkeit der Quellensanierung und der Abstromsicherung wurden bis zum Beginn der Abbruchmaßnahmen (s. Kapitel 5) jährlich zwei Grundwassermonitoringkampagnen (Frühjahr und Herbst) durchgeführt (s. Abb. 6 und 7). Die Anzahl der beprobten standortspezifischen Messstellen schwankte zwischen 16 und 70 Grundwassermessstellen. Primär konzentrieren sich die Grundwasseruntersuchungen auf LCKW und Vinylchlorid, untergeordnet auf MKW.

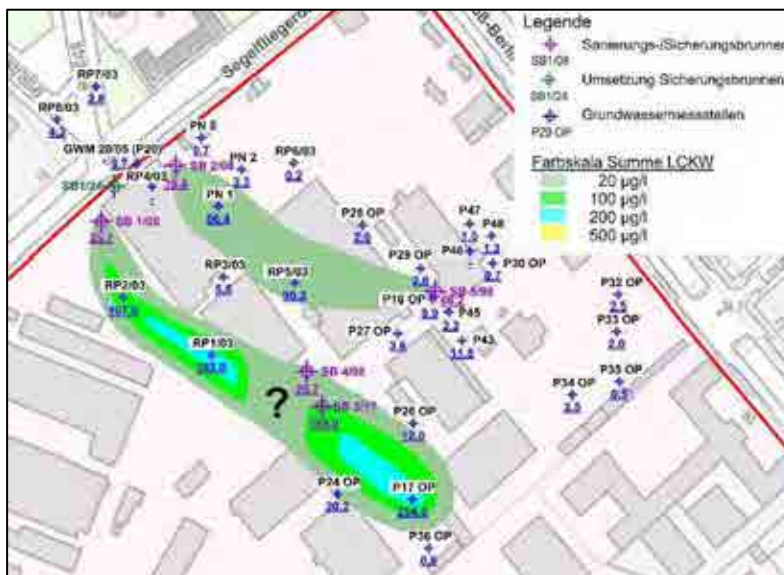


Abb. 6: Isokonzentrationsplan der LCKW-Belastungen in 3-6 m unter Geländeoberkante (Stand Okt. 2022), envi sann [5], modifiziert

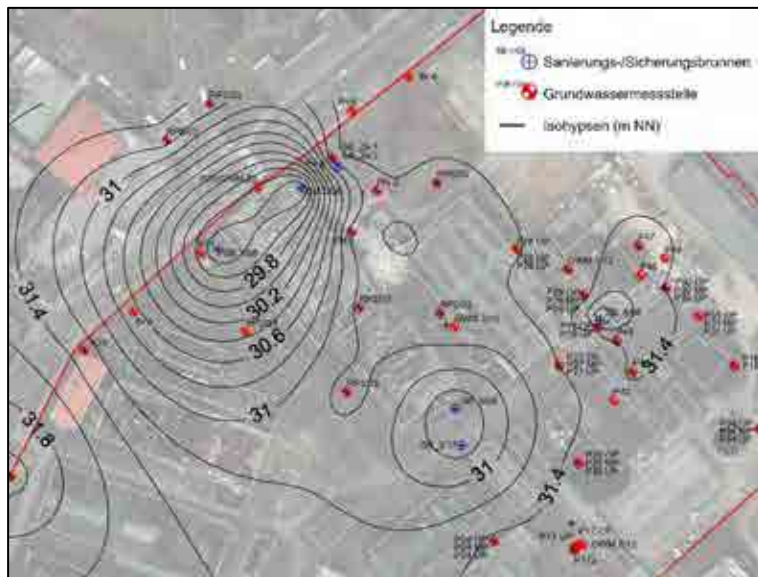


Abb. 7: Grundwassergleichenplan mit Absenkrichtern der Abwehrbrunnen (Stand Okt. 2022), HORN & MÜLLER [6], modifiziert

4 Weiterführende Erkundungs- und Sanierungsmaßnahmen im Zuge der Umsetzung des neuen städtebaulichen Entwicklungskonzeptes

4.1 Städtebauliche Entwicklungsmaßnahme

Das Land Berlin führt auf Grundlage der am 07. Dezember 1994 förmlich festgesetzten Rechtsverordnung die städtebauliche Entwicklungsmaßnahme „Berlin Johannisthal/ Adlershof“ durch. Mit der Zustimmung des Berliner Abgeordnetenhauses zum Bebauungsplan 9-15a am 15. Dezember 2022 wurden die planungsrechtlichen Voraussetzungen für die Bebauung des „Segelflieger Quartiers Berlin“ geschaffen.

Auf dem historischen Gelände soll bis 2030 ein modernes Stadtviertel mit rund 1.800 Wohnungen entstehen, welches Wohnen, Arbeiten und Freizeit vereint (s. Abb. 8). Geplant sind zudem soziale Infrastruktur (Kitas, Stadtteilzentrum, Schulstandort), ergänzt durch Nahversorgung, Gastronomie und 153.000 m² Gewerbefläche als Erweiterung für den nahegelegenen Technologiepark Adlershof. Das Projekt steht für eine nachhaltige Stadtentwicklung mit kurzen Wegen und soll die Lebensqualität im Bezirk durch neue Arbeitsplätze und eine lebendige Nachbarschaft stärken. Das städtebauliche Gesamtkonzept des Segelflieger Quartiers zählt zu den attraktivsten und größten Wohnbauprojekten der Hauptstadt und ist ein Paradebeispiel dafür, wie historische Standorte und industrielle Brachen in attraktive, zukunftsfähige Quartiere transformiert werden können.

Die Umsetzung erfolgt durch die Neueigentümer, die BAUWERT AG und das Land Berlin, vertreten durch die WISTA.Plan GmbH sowie die degewo AG.

4.2 Weiterführende Erkundungs- und Sanierungsmaßnahmen – Mitte 2023 bis 2027

Nach Beendigung der vorlaufenden Abbruchmaßnahmen in den Jahren 2023/2024 (s. Abb. 9) wurden weitere Untersuchungen durch die Vorhabensträger beauftragt mit dem Ziel der Schaffung gesunder Wohn- und Arbeitsverhältnisse und zum langfristigen Schutz des zukünftig wieder durch die Berliner Wasserbetriebe in Betrieb zu nehmenden Wasserwerks Johannisthal. Dabei sollen alle noch vorhandenen relevanten Schäden im Boden und Grundwasser mittels nachhaltiger Quellensanierung beseitigt oder langfristig gesichert werden. Eine nachhaltige Beseitigung der Umweltschäden entspricht im Grundsatz der durch den Berliner Senat im Juni 2024 beschlossenen Landesbodenschutzkonzeption.



Abb. 8: Visualisierung des zukünftigen Segelflieger Quartiers Berlin, BAUWERT AG [7]



Abb. 9: Luftbilder vor und nach dem Gebäudeabbruch (links 2020, rechts 2025), Geoportal Berlin [1]

Nach der Beauftragung von Fachplanungsbüros für den Themenkomplex Bodenschutz/ Altlasten (Sachverständige nach § 18 BBodSchG) im Jahr 2023 begannen im Zeitraum von Januar 2024 bis Mai 2025 Detailerkundungsmaßnahmen sowie sanierungsvorbereitende Untersuchungen im Sinne der §§ 13 und 16 der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV). Die durchgeführten Untersuchungen umfassten 107 Rammkernsondierungen und Bodenluftuntersuchungen, 35 Grundwassersondierungen, 23 Schürfe und 30 Linerprobenahmen. Die entnommenen Proben wurden je nach Medium auf MKW, PAK, Schwermetalle, Cyanide, LCKW und BTEX (leichtflüchtige aromatische Kohlenwasserstoffe) analysiert.

Eine Auswertung der Gefahren- und Schadenssituation nach § 15 BBodSchV ergab einen Sanierungsbedarf für sechs verschiedene Grundstücksbereiche (s. Abb. 10). Die Sanierungsmaßnahmen sollen gemäß Planung bis zum Ende des Jahres 2026 realisiert werden. Die Umfänge der erforderlichen Bodensanierungsmaßnahmen in den sechs Sanierungsbereichen orientieren sich an den Beurteilungswerten der Berliner Liste 2025. In einem belastbaren Planungsansatz wird mit einem Gesamtanierungsumfang von ca. 8.000 m³ Bodenaustausch und von ca. 15.000 t zu entsorgenden gefährlichen mineralischen Abfällen (Voraushub, Tiefenaushub und – nach Verwendung – belastetes RC-Material) kalkuliert. Da sich der Hauptteil des Aushubs auf die in ca. 3-4 m Tiefe beginnende wassergesättigte Bodenzone konzentrieren wird (Kernaushub), ist der Einsatz einer spezialisierten Tiefbautechnologie mittels kleinräumigem Aushubverfahren ohne

Grundwasserabsenkung (Hexagonalrohr austauschverfahren bzw. Wabenverfahren) geplant. Der Voraushub bis 1,5 m unter Gelände ist in geböschter Bauweise vorgesehen. Aufgrund der stark flüchtigen, toxischen LCKW-Verbindungen werden während der Aushubprozesse emissionsmindernde Maßnahmen durch die mitgenehmigende Immissionsschutzbehörde der Senatsverwaltung gefordert (u.a. Direktabsaugung an der Wabe und am Container, temporäre Folienabdeckung beim Befüllprozess, geschlossene Entwässerungs- und Transportcontainer). Weiterhin wird ein Immissionsschutzmonitoring (Luft, Lärm) während der Sanierungszeit in der angrenzenden Umgebung betrieben. Die Einhaltung des technischen und persönlichen Arbeitsschutzes gemäß DGUV-Regel 101-004 sowie die Baustellenverordnung und die TRGS 524 werden ebenfalls bei Arbeiten in den kontaminierten Bereichen berücksichtigt. Den Bodensanierungsmaßnahmen vorlaufend sind spezifizierte Kampfmitteluntersuchungen und Freigaben nötig. Beim geplanten Aushub von flüchtigen Schadstoffverbindungen werden schon im Vorfeld der Sanierungsmaßnahme die Entsorgungswege durch gezielte Linerbohrungen und ein angepasstes Analysenspektrum (abhängig von spezifischen Annahmekriterien geeigneter Bodenreinigungsanlagen) mit der zuständigen Abfallbehörde des Landes Berlin und der für die ordnungsgemäße Entsorgung gefährlicher mineralischer zuständige Sonderabfallgesellschaft Brandenburg/Berlin mbH (SBB) abgestimmt und abschließend festgelegt. Begleitend und nachlaufend werden Grundwasseruntersuchungen sowie ein angepasster Betrieb der bestehenden und bei Bedarf zusätzlichen Sicherungs- und Sanierungsbrunnen sowie der GWRA umgesetzt.

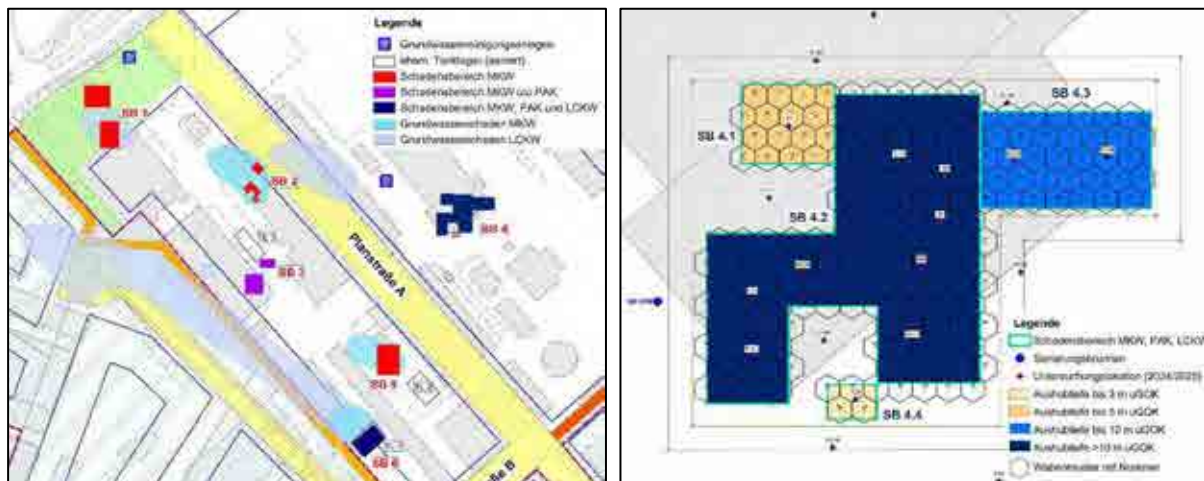


Abb. 10: Übersichtslageplan Sanierungsbereiche 1-6 und Detaillageplan Sanierungsbereich 4 mit Aushubtiefen und möglicher Wabenanordnung, envi sann [8], modifiziert

Darüber hinaus wurden im Zuge von Erdbaumaßnahmen zur Herstellung des Planums der zukünftigen Straßen zwei lokale und kleinräumige, durch MKW-belastete Bereiche vorgefunden. Diese wurden nach erfolgter Ausgrenzung im Sommer 2025 mittels Nassaushub bzw. Großlochbohrverfahren saniert.

Zwischenzeitlich konnten Teilbereiche des Areals für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser bereits befreit werden. Die laufenden und anstehenden Baumaßnahmen werden eng von der Bodenschutzbehörde begleitet. Dies umfasst auch Absprachen zu bspw. Sohl- und Wandbeprobungen einschließlich Überprüfung der Ergebnisse und die Freigabe vor der Überbauung wie auch Beurteilungen und Abstimmungen zu geplanten Bauwasserhaltungen und der ordnungsgemäßen Versickerung von Niederschlagswasser. Eine Befreiung für den Wirkungspfad Boden-Mensch ist angestrebt und wird im Zuge der Bau- und Entwicklungsmaßnahmen geprüft und nach Möglichkeit realisiert.

Literaturverzeichnis

- [1] Geoportal Berlin: <https://gdi.berlin.de/viewer/main/>
- [2] Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Bauen und Wohnen (2023):
Begründung zum Bebauungsplan 9-15a, Anh. C.3
- [3] TAUW GmbH, NL Berlin (1996)
- [4] HORN & MÜLLER Ingenieurgesellschaft mbH (2003-2024)
- [5] envi sann GmbH (2024): Planung und Bauüberwachung zur Beseitigung von
Bodenkontaminationen und Grundwasserschäden, Anl. 8
- [6] HORN & MÜLLER Ingenieurgesellschaft mbH (2023): Auswertung der Sicherungs-
und Sanierungsmaßnahme im Zeitraum Januar bis Dezember 2022, Anl. 6
- [7] BAUWERT AG: <https://www.segelflieger-quartier.de/>
- [8] envi sann GmbH (2025): Sanierungsplan nach § 13 BBodSchG, Anl. 1

Anschriften der Autorinnen/Autoren

Dr. Ulrike Hass und Frank Rauch

Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt (Berlin)
Brückenstraße 6
10179 Berlin
Telefon: 030 9025 2469 / -2550
E-Mail: ulrike.hass@senmvku.berlin.de / frank.rauch@senmvku.berlin.de
Internet: <https://www.berlin.de/sen/uvk/umwelt/bodenschutz-und-altlasten/>

Birgit Rauch

RAUCH CONSULT GmbH
Ladewigstraße 23
16562 Hohen Neuendorf
Telefon: 03303 504144
E-Mail: contact@rauch-consult.de
Internet: <https://rauch-consult.de/>

Dr. Gerold Reusing

envi sann GmbH
Hauptstraße 31a
13158 Berlin
Telefon: 030 3998860
E-Mail: webmaster@envisann.de
Internet: <https://www.envisann.de/>

Dr. Mathias Dörr

HORN & MÜLLER Ingenieurgesellschaft mbH
Arkonastraße 45-49
13189 Berlin
Telefon: 030 4700800
E-Mail: info@horn-und-mueller.de
Internet: <https://www.horn-und-mueller.de/>



PFASafe®

**NEXT LEVEL ANALYSIS - UNSER GESAMTKONZEPT
FÜR MEHR SICHERHEIT!**

Ihr Laborpartner für alle Fragestellungen:

- Summenparameter (AOF, EOF, TOF)
- Targetanalyse
- TOP-Assay

**WIR SIND SGS – DAS WELTWEIT FÜHRENDE PRÜF-,
INSPEKTIONS- UND ZERTIFIZIERUNGSUNTERNEHMEN.**

KONTAKT

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH
Sales Back office
sbo@sgs.com

www.sgs.com
www.sgs-institut-fresenius.de



1 Synergetische Sanierungstechnologien: Optimierte LCKW-Sanierung durch kombinierte Anwendung von Air-Sparging und Multi-Phasen-Extraktion (am Beispiel der ehem. CR Lübbenau)

Dr. Karsten Menschner und Philipp ter Schiphorst

2 Einleitung

Eine ehem. Chemisch-Reinigung im schönen Spreewald-Städtchen Lübbenau verursachte einen LCKW-Schaden im Grundwasser mit Wirkung bis zum 800 m entfernten Wasserwerk.

Nach gezielten Standortuntersuchungen und Sanierungsvortests mit klassischen und innovativen Technologien und der Auswertung der detaillierten Untersuchungsergebnisse zu Geologie, Hydrogeologie und Belastungssituation sowie der fundierten Testergebnisse konnten die Arbeitsschritte von der Sanierungsuntersuchung (SU) über die Sanierungsplanung bis zur Sanierungslösung fundiert und zielgerichtet realisiert werden.

Im Folgenden werden die Schritte beschrieben, die von der Sanierungsuntersuchung (SU) bis zur Inbetriebnahme der integralen Sanierungslösung im aktuellen Stand geführt haben.

3 Sanierungsuntersuchung und integrale Sanierungsplanung

Die Sanierungsuntersuchung (SU) startete mit der Grundlagenermittlung zu Geologie, Hydrogeologie und Schadstoffsituation mit Defizitanalyse, aus der ein spezifisches Fachtechnisches Konzept zur Klärung der bestehenden Kenntnisdefizite resultierte.

3.1 Ergänzende Standortuntersuchungen und Sanierungstests

Nach kurzfristiger Ausschreibung für 13 Gewerke folgten innerhalb von 6 Monaten gezielte Standortuntersuchungen und Sanierungsvortests mit klassischen und innovativen Technologien mit entsprechender Fachtechnischer Begleitung :

- Bohrarbeiten für 11 Kombi-Messstellen, 5 GWM-Gruppen und 1 Air-Sparging-Duo-Brunnen
- Beprobung und Analytik zu Boden, Bodenluft und Grundwasser, übergreifende Stichtagsmessung
- Thermo-Flowmeter-Messungen in 5 GWM-Gruppen, mit sehr guten Vertikalprofilen der kf-Werte und der hydraulischen Ergiebigkeiten
- 3 Bodenluftabsaugtests über 97 / 143 / 72 h, mit online-GC
- Differenzierter Air-Sparging-Sanierungstest über 5 KW, mit online-GC, mit 56 kg LCKW-Austrag
- 17 Kurzpumpversuche, ein 3-Stufen-Leistungspumpversuch, ein Quellstärken-Pumpversuch
- Säulenversuche zu Quellterm- und Transporttermuntersuchungen
- ISBR- und ISCO-Laborversuche mit diversen Wirkstoff-Varianten

Im Ergebnis lagen dann alle benötigten Grundlagen zu Geologie, Hydrogeologie und Schadstoffsituation sowie zu verfahrensbedingten Daten zur SU vor.

3.2 Sanierungsuntersuchung und Sanierungsplanung

Aus der integralen Belastungssituation zu Boden, Bodenluft und Grundwasser ließen sich diverse Sanierungszonen ableiten, hier für den Quellbereich und den direkten Abstrom.

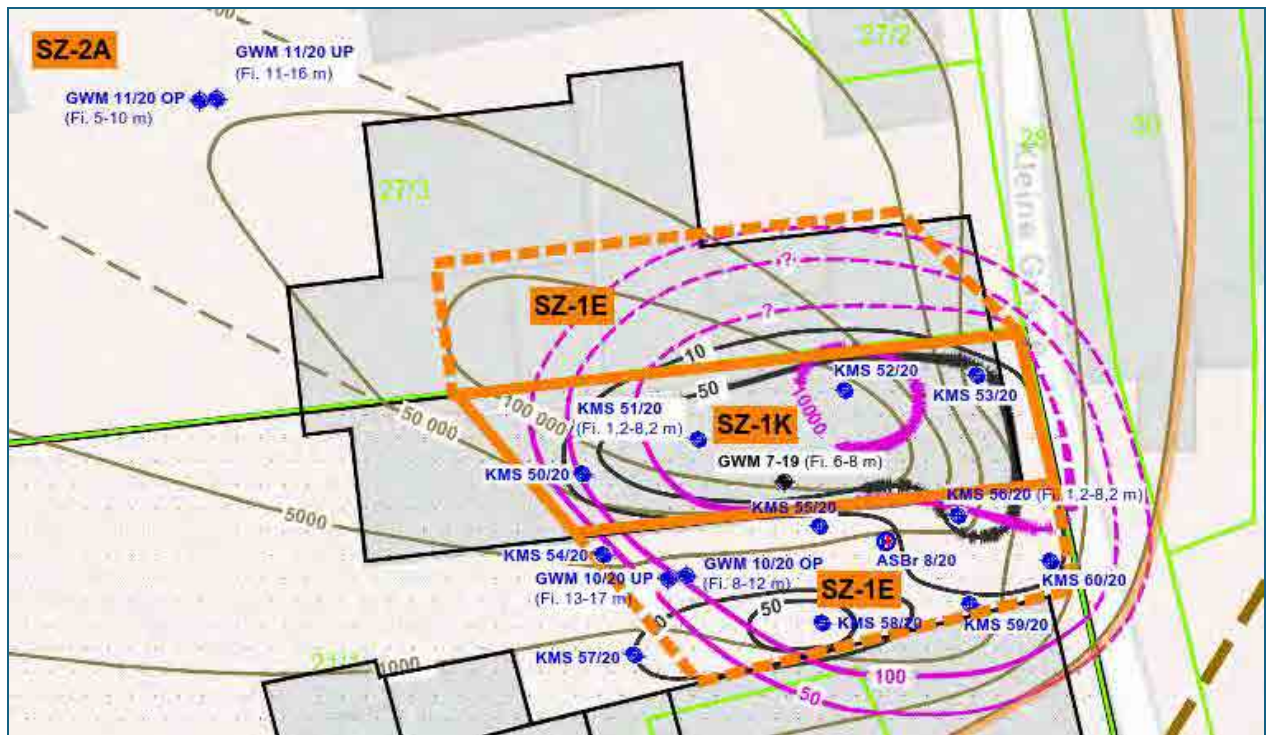


Abbildung 3: Sanierungszone SZ-1 Quellbereich und SZ-2A Direkter Abstrom.

Die vorgeschlagenen Sanierungsziele und Sanierungszielwerte wurden bestätigt:

Sanierungsziele

- Gefahrenabwehr für das Grundwasser im Umfeld der CR Otto mit Belastungen oberhalb des Sanierungszielwertes unter Hinnahme einer tolerablen Restbelastung, bei Verhinderung einer weiteren Fahnenausdehnung

Sanierungszielwerte (SZW)

- GW-Sanierungszielwerte im Abstrom der ehem. CR Otto:
LCKW-gesamt: 50 µg/L sowie Vinylchlorid: 10 µg/L
- Frachtkriterien im Fahnenbereich:
LCKW-gesamt: 20 g/d sowie Vinylchlorid: 5 g/d
- Sanierungsziele/–zielwerte sind im Sinne der Angemessenheit und Verhältnismäßigkeit regelmäßig zu überprüfen und besitzen daher vorläufigen Charakter
- Weiteres vorläufiges Sanierungsziel: Nachhaltige LCKW-Frachtreduzierung um mindestens 90% an den Bilanzebenen

Nach dem Variantenvergleich wurde das Sanierungskonzept abgeleitet und bestätigt.

Nach der Sanierungsuntersuchung und der Entwurfsplanung mit Besonderen Leistungen (u.a. Hydraulischer Nachweis, Baugrunduntersuchung) wurde der Sanierungsplan nach §13 BBodSchG erarbeitet und von der Umweltbehörde für verbindlich erklärt.

In der Ausführungsplanung wurde ein räumlich und zeitlich abgestuftes kombiniertes Sanierungssystem im Sinne eines „Treatment Trains mit Synergieeffekten“ für den Herdbereich bis 18 m Tiefe und den direkten Abstrom geplant mittels:

- In-situ-Air-Sparging-Sanierung mit 11 DUO-Brunnen über ca. 2 Jahre
- Multiphasenextraktion mit 10 MPE-Brunnen über ca. 6 Monate (initial)
- Begleitet von einer Pump&Treat-Abstromsicherung mit 3 x 5 m³/h
- (ggf. ISCO-Nachsanieung mit ca. 22 Direct-Push-Injektionslanzen)



Abbildung 4: Geplante Sanierungselemente für Air-Sparging, MPE und Abstrom-Pump&Treat.

3.3 Ausschreibung und Vergabe

Die danach erstellten Ausschreibungsunterlagen zur technischen Sanierung sowie zur analytischen Fremdüberwachung führten zur Vergabe im geschätzten Kostenrahmen.

3.4 Bauüberwachung

Über die Bauzeit von ca. 6 Monaten erfolgte die Bauüberwachung, geologische Fachbaubegleitung und sicherheitstechnische Koordination für den Bau inkl. Probebetrieb.

Besonders wichtig war eine operative angepasste geologische Bohrbetreuung mit spezieller Ausbaufestlegung, insbesondere für die Air-Sparging-Brunnen.

Besonders anspruchsvoll war das Bohren von 7 Air-Sparging-Brunnen mit Bohrdurchmesser DN300 bis ca. 17 m Tiefe sowie der 10 MPE-Brunnen in Gebäuden mit maximaler Raumhöhe von teils nur 2,30 m.



Abbildung 5: Bohren und Ausbau von Air-Sparging-Brunnen bei Raumhöhe von 2,30 m.

4 Werksplanung und Bau der Sanierungslösung mit Synergieeffekten

Die Züblin Umwelttechnik GmbH, Zweigstelle Berlin, wurde mit der Durchführung der Sanierung des LCKW-Schadens in Bodenluft und Grundwasser beauftragt, der vom ehemaligen Produktionsgebäude der von ca. 1975 bis ca. 2017 betriebenen chemischen Reinigung Otto in 03222 Lübbenau/Spreewald ausgeht.

Der Auftrag umfasst:

- Los 1 - Air Sparging
- Los 2 - Multiphasenextraktion (MPE) im Schadenszentrum
- Los 3 – Abstomsicherung mittels Pumpbrunnen sowie Grundwasserreinigung

Der Leistungsumfang beinhaltet den Bau der gesamten für die Sanierungsmaßnahme erforderlichen Infrastruktur (Brunnen, Rohrleitungen, Anschlüsse), den Bau und Betrieb der verfahrenstechnischen Anlagen sowie die messtechnische Steuerung und Begleitung.

Im Folgenden werden die einzelnen Elemente der integralen Sanierungslösung erläutert.

4.1 Bau der Sanierungsinfrastruktur

Vor Beginn des Sanierungsbetriebs wurden umfangreiche Baumaßnahmen zur Errichtung der erforderlichen Sanierungsinfrastruktur umgesetzt:

- Bohren und Ausbau von drei Pumpbrunnen
- Bohren und Ausbau von 10 DUO-Einblasbrunnen mit 10 Absaugbrunnen
- Bohren und Ausbau von 10 MPE-Absaugbrunnen
- Absaugleitung Stahl geerdet ca. 200 m
- Pneumatikleitungen ca. 5000 m
- Einblasleitungen ca. 300 m
- Pump- und Reinwasserleitung ca. 100 m



Abbildung 6: Umgesetzte Sanierungsinfrastruktur



Abbildung 7: Ausgebaute Air-Sparging- und MPE-Brunnen in Bestandsgebäuden, mit Rohrleitungen.

4.2 Air-Sparging

Unter Air-Sparging versteht man eine in-situ-Sanierungstechnologie zur Sanierung von leicht flüchtigen Schadstoffen im Grundwasser (und gleichzeitig in der Bodenluft).

Durch in-situ-Strippen werden leichtflüchtige Schadstoffe (hier LHKW und ggf. Benzinkohlenwasserstoffe) mittels intervallartiger Druckluftinjektion an der Basis bzw. im kontaminierten Bereich des Grundwasserleiters mobilisiert und aus dem Grundwasser in die Gasphase überführt. Die Fassung und Abreinigung der mobilisierten leichtflüchtigen Schadstoffe wird mittels einer Bodenluftabsaugung mit Abluftbehandlung realisiert.

4.2.1 Druckluftinjektion

Für die Druckluftinjektion wurden 10 DUO-Einblasbrunnen mit je 2 gegeneinander abgedichteten Injektionsbrunnen DN 50 mit Filterlage in 9-10 bzw. in 16-17 m Tiefe sowie T-Brunnenkopf für die Grundwasserprobenahme errichtet. Ein entsprechender Bestandsbrunnen aus dem Vorversuch wird ebenfalls in das System integriert.

Die für die Injektion erforderliche ölfreie Druckluft wird über einen superschallgedämmten Hochleistungskompressor erzeugt, aufbereitet und über zwei Verteilerstränge (oberer/unterer Einblashorizont) bedarfsgerecht verteilt.

Der Vordruck wird auf den je nach Injektionshorizont notwendigen Druck eingestellt. Nach der Druckreduzierung erfolgen Durchfluss-, Temperatur- und Drucküberwachung. Über Regelventile wird der Durchsatz auf die Soll-Werte der softwaretechnischen Vorgabe eingestellt.

Jeder Einblasbrunnen ist mit einem separat steuerbaren Pneumatikventil ausgestattet, sodass die getaktete Injektion je nach Vorgabe umgesetzt werden kann.

4.2.2 Bodenluftabsaugung

Jedem DUO-Einblasbrunnen ist ein hinreichend dimensionierter Absaugbrunnen zugeordnet, aus dem die schadstoffangereicherte Luft abgesaugt wird. Dies erfolgt mit Hilfe eines frequenzgeregelten Absauggebläses.

Die 11 Absaugbrunnen sind jeweils mit einem separat ansteuerbaren Pneumatikventil ausgestattet, um die getaktete Absaugung umzusetzen. In der Sammelleitung werden der abgesaugte Volumenstrom sowie der Absaugdruck erfasst.

4.2.3 Bodenluftreinigung

Aus dem Wasserabscheider wird das in der wassergesättigten Bodenluft anfallende Kondensat mit Hilfe einer Pumpe zur Grundwasserreinigungsanlage abgepumpt.

Auf der Druckseite des Absauggebläses werden die Konzentrationen der Permanentgase (CO₂, CH₄, O₂, H₂S) sowie die LHKW-Gehalte per Gaschromatographie (GC) erfasst und den einzelnen Absaugbrunnen zugeordnet.

Die Luftreinigung erfolgt über eine mehrstufige Aktivkohle-Filtrationsanlage, wobei die LHKW-Konzentration im Ausgang jeder Stufe über Online-GC messtechnisch erfasst wird.

Zusätzlich wird die Luftreinigungsanlage temperaturüberwacht und kann bei Überschreitung der zugelassenen Werte sowie bei explosiver Atmosphäre mit Stickstoff geflutet werden.

4.3 Multi-Phasen-Extraktion

Beim MPE-Verfahren werden durch Anlegen eines Vakuums im Übergangsbereich zwischen gesättigter und ungesättigter Zone Bodenluft, Porenwasser, Grundwasser sowie freies Schadstoffprodukt (z. B. DNAPL) simultan abgesaugt.

Die Vorgehensweise ermöglicht die Entfernung:

- gelöster Schadstoffe
- leichtflüchtiger Schadstoffe
- freier Schadstoffphase.

Durch die Umverteilung der Phasengleichgewichte werden Schadstoffe effektiv in die Gasphase überführt und anschließend über eine Abluftreinigungsanlage entfernt.

Zur Steigerung der Sanierungseffizienz wird ein mit dem Air-Sparging abgestimmter Intervallbetrieb der MPE-Brunnen angewendet.

4.3.1 MPE-Absaugung

Die MPE-Absaugung erfolgt über 10 höhenverstellbare Absaugeinsätze in den MPE-Brunnen, welche jeweils über ein separat ansteuerbares Pneumatikventil verfügen, um die getaktete Absaugung umzusetzen.

Die Leitungen einzelner Stränge werden zu einer Sammelleitung zusammengeführt. Der Unterdruck wird durch eine mit Frequenzumrichter ausgestatteten Vakuumpumpe erzeugt und auf den vorgegebenen Unterdruck geregelt.

Der notwendige Unterdruck wird über eine frequenzgeregelte Vakuumpumpe erzeugt. Zur Einhaltung des Explosionsschutzes erfolgt eine kontinuierliche Messung der unteren Explosionsgrenze (UEG). Bei Bedarf wird automatisch Frischluft zugemischt; bei Grenzwertüberschreitung erfolgt eine automatische Stickstoffinertisierung. Die LHKW-Gehalte in der Rohgasphase werden mittels Online-GC überwacht.

4.3.2 Behandlung des Wasser- und Phasengemisches sowie der Abluft

Das im Flüssigkeitsabscheider anfallende Wasser-/Phasengemisch wird in einen Schwerphasenabscheider geleitet. Abgetrennte DNAPL-Phase wird bis zur Entsorgung in einem Sammelbehälter zwischengespeichert.

Das abgetrennte Wasser wird einer Pumpstation und anschließend der Grundwasserreinigungsanlage zugeführt. Die gasförmige Phase wird der Abluftreinigung zugeleitet.

4.4 Pump&Treat-Abstomsicherung

Für die Grundwasser-Abstomsicherung wird eine Grundwasserreinigungsanlage eingesetzt, die aus drei Sanierungsbrunnen mit je 5 m³/h Pumprate fördert. Das Rohwasser wird zunächst in einem Vorlagebehälter gepuffert. Mittels Lufteintrag erfolgt die Oxidation der im Wasser enthaltenen Fe²⁺- Bestandteile über ein Belüftungsgebläse. Die Wässer aus der Airsparginganlage und der MPE-Anlage werden ebenfalls der Pumpvorlage zugeführt.

Anschließend wird das Wasser über einen automatisch rückspülbaren Sand-/ Kiesfilter geleitet. Das nun von Störstoffen befreite Wasser wird in einer Wasseraktivkohlefilteranlage bestehend aus zwei Arbeitsfiltern und einem Polzeifilter von LHLW abgereinigt.

Mittels Online-Gaschromatograph werden die LHKW- Konzentrationen in den drei Einzelsträngen der Brunnen erfasst. Zusätzlich werden die LHKW-Konzentrationen hinter dem Kiesfilter, den Arbeitsfiltern sowie das abzuleitenden Reinwasser erfasst.

4.5 Begleitendes Anlagen- und Umfeldmonitoring (FÜ)

Neben den Online-GC-Messungen zu Air-Sparging, MPE und Pump & Treat (zur Reinwasserkontrolle) wird begleitend ein angemessenes Anlagen- und Umfeldmonitoring (auch mit NA-Bezug) realisiert.

5 Ausblick

Nach dem erfolgreichen Probetrieb aller Sanierungselemente inkl. Kontroll- und Überwachungselementen über 4 Wochen soll ab April 2026 der Regelbetrieb beginnen, sodass dieses Sanierungsvorhaben mit seinen klassischen und innovativen Bestandteilen unter operativer Nutzung der Synergieeffekte bis zum Sanierungserfolg führen soll.

Entsprechend der räumlichen und zeitlichen Abfolge der verschiedenen Sanierungszonen wird das Gesamtanierungsvorhaben als Treatment Train behandelt.

Hervorzuheben ist die hervorragende Zusammenarbeit zwischen den Umweltbehörden und den Sanierungsbeteiligten einschließlich der guten Öffentlichkeitsarbeit.

Anschriften der Autoren

Dr. Karsten Menschner
CDM Smith SE
Weißenseker Str. 65H
04229 Leipzig
Tel.: +49 (0) 172 7941466
karsten.menschner@cdmsmith.com

M.Sc. Philipp ter Schiphorst
Züblin Umwelttechnik GmbH
Zweigstelle Berlin
Mertensstraße 132-138
D-13587 Berlin
Tel.: +49 151 55 749 350
philipp.schiphorst@zueblin.de



Ihr Beratungsunternehmen

für die Verbesserung von Qualität, Sicherheit,
Gesundheits- und Umweltschutz



Bei WESSLING Consulting Engineering sind 250 Mitarbeiter*innen an zehn Standorten in Deutschland tätig – verbunden durch die vielfältige und anspruchsvolle Aufgabe und Überzeugung, einen wichtigen Beitrag für die Gesellschaft zu leisten.

Das Unternehmen bietet Kund*innen aus Industrie, Handel, Gewerbe und öffentlicher Hand umfassende Beratungs- und Planungsleistungen in den Bereichen Baugrund, Altlasten, Flächenrecycling sowie Boden- und Grundwassersanierung.

Abstracts

PFAS for ever?

Moderation: Dr. Annegret Biegel-Engler, Umweltbundesamt (UBA), Dessau-Roßlau

16.

Stand der PFAS-Bearbeitung auf Bund-/Länderebene

Astrid Klose, Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt (SenMVKU), Berlin

17.

Untersuchungen zu bisher unbekanntem PFAS in hochbelasteten Boden- und Grundwasserproben

Mareike Mersmann, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW, Essen

18.

PFAS-Schaden ehemaliges Reifenwerk Berlin-Schmöckwitz – Gefahrenabwehrmaßnahmen zur Sicherung des Wasserwerkes Eichwalde

Anne Hoyer, Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt (SenMVKU), Berlin

19.

Entfernung und vollständige technische Zerstörung von PFAS auf Aktivkohle

Tobias Carstens, DESOTEC Deutschland GmbH, Düsseldorf

Stand der PFAS-Bearbeitung auf Bund-/Länderebene

Die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) und die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) hatten auf ihrer gemeinsamen am 26. September 2024 in Potsdam die Gründung einer gemeinsamen PFAS Ad-hoc-AG beschlossen. Die neu gegründete AG wurde gebeten, bis zur Frühjahrssitzung 2025 einen Vorschlag zu erarbeiten, wie mit den Ergebnissen der früheren PFAS-Koordinierungsgruppe umgegangen werden soll und mit welcher Zielsetzung die Arbeit fortgesetzt werden könnte.

Unter bayerischem LABO-/LAWA-Vorsitz war im Jahr 2021 durch eine gemeinsame LAWA/LABO-PFAS-Koordinierungsgruppe ein Fachbericht (Stand September 2021)¹ erarbeitet worden, der von der 97. Umweltministerkonferenz (UMK) am 25. November 2021 zur Kenntnis genommen und auf dieser Grundlage auf der LABO-Homepage veröffentlicht wurde. Diese damaligen Arbeiten gingen auf einen Beschluss der 93. UMK im März 2020 zurück.

Es hatte sich gezeigt, dass im Kern – aufgrund der interdisziplinären Betroffenheit auf der Emissions- und der Immissionsseite – die ausschließliche Behandlung in einzelnen unvernetzten Fachressorts keinen erfolgversprechenden Lösungsansatz für den Umgang mit der Stoffgruppe der PFAS darstellt. Für einzelne Umweltmedien wurden im Fachbericht der Koordinierungsgruppe Defizite und Handlungsbedarfe formuliert.

Die in 2024 neu gegründete PFAS Ad-hoc-AG hatte sich bei ihrem ersten Treffen im Dezember 2024 entsprechend ihrem Auftrag zum Ziel gesetzt, den Fachbericht aus 2021 auszuwerten und anhand dessen konkrete Vorschläge und Empfehlungen für einen zielführenden Umgang mit den in den einzelnen Bundesländern vorhandenen Problemen und Fragestellungen bzgl. PFAS zu erarbeiten. Die Besetzung der ersten AG mit Fachexpertinnen und Experten ausschließlich für Boden/Altlasten aus den Bundesländern BE (Vorsitz), BY, NI und NW hatte sich aufgrund der eingeschränkten Zuständigkeit auf diesen Themenbereich Boden/Altlasten beschränkt.

In dem auf der LAWA/LABO-Sitzung im März 2025 vorgelegten Bericht wurde u.a. die Fortsetzung der Tätigkeit der PFAS Ad-hoc-AG und die interdisziplinäre Erweiterung der AG um die Fachbereiche/Umweltmedien Wasser/Abwasser, Abfall/Kreislaufwirtschaft, Luft/Emissionen sowie Chemikalien und Analytik empfohlen. Ziel dieser erweiterten PFAS Ad-hoc-AG soll die Erarbeitung eines Berichts nach dem gleichen Prinzip wie bei der ehemaligen PFAS-Koordinierungsgruppe sein. Darin sollen in erster Linie konkrete Defizite im (administrativen) Umgang mit PFAS benannt und Empfehlungen für Handlungsbedarfe abgegeben werden. Nachdem der zu erarbeitende Bericht den Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaften (BLAC, BLAK Abwasser, LABO, LAGA, LAI und LAWA) vorgelegt worden ist, soll er – mit etwas Verzögerung – im Herbst 2026 in die UMK eingebracht werden.

Der konkrete Beschluss dazu aus der 104. UMK vom 16.05.2025 lautet:

„Die Umweltministerkonferenz bittet die PFAS Ad-hoc-AG, ihren Bericht zur 106. UMK vorzulegen. In Entsprechung des Beschlusses von LABO und LAWA vom 20. März 2025 sollen alle weiteren betroffenen Arbeitsgremien der UMK um Mitarbeit gebeten werden.“

Neben der Benennung von konkreten Handlungs- und Regelungsbedarfen für die einzelnen Umweltmedien werden in dem Bericht auch Empfehlungen für Maßnahmen abgeleitet. Darüber hinaus hat sich die AG darauf verständigt, weitergehende übergeordnete Vorschläge zu machen, die für den zukünftigen Umgang mit PFAS in Deutschland wichtig erscheinen. Zum Beispiel soll mit sehr

¹ https://www.labo-deutschland.de/documents/LAWA-LABO-Fachbericht_UMK-Fassung_211125_2.pdf

hoher Priorität der "Leitfaden zur PFAS-Bewertung" des Bundes², der mit Stand 21.02.2022 im Rahmen eines UMK-Umlaufverfahrens 64/2021 von allen Bundesländern als Vollzugshilfe mitgetragen wurde, aktualisiert, harmonisiert und an die gültige Rechtslage angepasst werden. Hierzu hatten bereits LABO/LAWA auf ihrer gemeinsamen Sitzung im März 2024 in Potsdam folgenden Beschluss gefasst:

„Die LABO / die LAWA-Vollversammlung sieht die Notwendigkeit, den PFAS-Leitfaden fortzuschreiben und bittet den Bund, dies gemeinsam mit den Ländern und dem UBA anzugehen.“

Der Leitfaden richtet sich in erster Linie an die zuständigen Vollzugsbehörden der Bundesländer und soll als eine vorläufige fachliche Bewertungsgrundlage dienen. Neue Erkenntnisse und Ergebnisse aus Forschungsvorhaben, wie z. B. für die Hintergrundbelastung von PFAS oder im Bereich der Analytik, und die Berücksichtigung von neuen gesetzlichen Regelungen (z. B. für Trinkwasser, EU-Water-Package) sollten darin zukünftig berücksichtigt werden. Deshalb wird der Aktualisierung dieses vor allem für die Vollzugsebene wichtigen Leitfadens von Seiten der PFAS Ad-hoc-AG eine sehr hohe Bedeutung beigemessen. Der Bund sollte erneut dazu aufgefordert werden, sich in Zusammenarbeit mit den Ländern und in interdisziplinärer Besetzung mit der Regulierung der PFAS und der Harmonisierung der Rechtsgrundlagen der unterschiedlichen Umweltmedien zu befassen und diese wichtige Arbeitsgrundlage zeitnah zu überarbeiten.

Außerdem schlägt die PFAS Ad-hoc-AG die Einrichtung von PFAS-Koordinierungsstellen sowohl auf Bundes- als auch auf Länderebene vor. Aus Sicht der AG besteht die Notwendigkeit der übergeordneten Koordinierung der PFAS-Thematik. Dies könnte durch eine bundesweit agierende, interdisziplinär besetzte und medien-übergreifend arbeitende PFAS-Koordinierungsstelle des Bundes umgesetzt werden. Durch die Sammlung, Bündelung, Auswertung und Weitergabe von Informationen zu den PFAS würden sich bundesweit für alle Bundesländer, die Sanierungspflichtigen und die zuständigen Behörden wichtige Verbesserungen und Synergien ergeben. Regelungsbedarfe könnten einfacher erkannt und Abhilfe schneller vorangebracht werden. Zudem wird jeweils innerhalb der Länder ein koordinierter Umgang der PFAS-Thematik für zielführend angesehen. Auch eine bundesweite PFAS-Strategie könnte auf dieser Ebene erarbeitet werden.

Astrid Klose

Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt

Referat II C – Bodenschutz, Boden-, Altlasten- und Grundwassersanierung

Brückenstraße 6 | 10179 Berlin

Tel. +49 (0)30 9025-2070 | Fax +49 (0)30 9025-2929 | mobil +49 (0)151-16256497

astrid.klose@senmvku.berlin.de

<https://www.berlin.de/sen/uvk/umwelt/bodenschutz-und-altlasten/>

² <https://www.bundesumweltministerium.de/download/leitfaden-zur-pfas-bewertung>

Untersuchungen zu bisher unbekanntem PFAS in hochbelasteten Boden- und Grundwasserproben

Mareike Mersmann, Dr. Boris Bugsel, Dr. Frank Sacher und Dr. Hanna Joerss

1 Anlass der Untersuchungen

PFAS (per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen) ist die Bezeichnung für eine Schadstoffgruppe bestehend aus mehreren Millionen Einzelsubstanzen, die mindestens ein vollständig fluoriertes Methyl- oder Methylen-Kohlenstoffatom enthalten (Schymanski et al. 2023). Mit der gängigen Einzelstoffanalytik können aktuell bestenfalls bis zu 100 Einzelsubstanzen in Böden und Grundwässern nachgewiesen werden.

Durch verschiedene Forschungsarbeiten (Ruyle et al. 2023, Capitain et al. 2025) ist bekannt, dass Altlasten und Schadensfälle PFAS weit über das bisher mittels Target-Analytik bekannte Spektrum hinaus enthalten können. Für die Gefährdungsabschätzung und Sanierung von Altlasten und schädlichen Bodenveränderungen kann dies hochrelevant sein, da daraus bei der Gefährdungsabschätzung eine erhebliche Unterschätzung der Schadstoffmassen in Böden und Grundwässern resultieren kann. Einerseits kann das Vorhandensein und die langsame Transformation von polyfluorierten Vorläuferverbindungen (oder Präkursoren) dazu führen, dass über sehr lange Zeiträume perfluorierte Carbonsäuren gebildet werden, welche über Jahrzehnte in das Grundwasser übergehen können (Reinhard et al. 2018, Bayerisches Landesamt für Umwelt 2023). Andererseits können auch bisher unbekannte und mittels Target-Analytik nicht quantifizierbare, perfluorierte Verbindungen einen erheblichen Anteil der PFAS-Gesamtmasse ausmachen (Zweigle et al. 2023).

Um abschätzen zu können, in welchem Umfang und bei welchen Schadensursachen PFAS außerhalb des üblichen, mittels Target-Analytik bereits bekannten Schadstoffspektrums in Boden- und Grundwasserproben relevant sein können, soll die Anwendung modernster Analyseverfahren auf bekanntermaßen mit PFAS belastete Boden- und Grundwasserproben mit unterschiedlichen Schadensursachen (Löschmittel und Textilindustrie) Hinweise liefern.

2 Projektbeschreibung

Die vorgestellten Untersuchungen wurden und werden im Rahmen des aktuell laufenden Forschungsvorhabens B5.25 „PFAS-Vorläuferverbindungen aus Boden- und Grundwasserproben belasteter Standorte“ des Länderfinanzierungsprogramms „Wasser, Boden und Abfall“ durchgeführt. Auftragnehmer sind das TZW: DVGW-Technologiezentrum Wasser und das Helmholtz-Zentrum Hereon. Die Projektbetreuung erfolgt durch das Landesamt für Natur-, Umwelt und Klima Nordrhein-Westfalen (LANUK NRW), der projektbegleitende Arbeitskreis besteht aus KollegInnen interessierter Landesumweltämter sowie dem UBA. Der Projektabschluss ist für Mitte 2026 geplant.

Für das Projekt wurden 16 Boden- und 9 Grundwasserproben (Löschmittelschäden und Altlasten der Textilindustrie) aus ganz Deutschland generiert und mit verschiedenen Analysemethoden auf PFAS untersucht. Zur Anwendung kamen zusätzlich zur Einzelstoffanalytik mit einer umfangreichen Targetliste die Summenparameter EOF und AOF sowie der TOP-Assay des methanolischen Extraktes der Bodenproben bzw. der Grundwässer. Ergänzend wurden bei den Proben ein Suspect-Screening und ein Non-Target-Screening mittels HPLC-HRMS und GC-HRMS vorgenommen. Dazu wurden sämtliche nach dem Peakpicking erhaltenen Signale zunächst auf PFAS-typische Eigenschaften überprüft. Hierbei

kamen beispielsweise die Prüfung auf homologe Reihen mit CF_2 - Wiederholeinheiten, PFAS-typische Isotopenmuster oder Fragmentierungsspektren zum Einsatz. Dadurch wurde eine stark reduzierte Liste an Signalen erhalten, die weitergehend manuell untersucht wurde und mit Suspect-Listen verglichen werden konnte. Durch die vorherige Reduktion auf PFAS-typische Signale kann die Quote an falsch-positiven Befunden deutlich reduziert werden.

3 Erste, vorläufige beispielhafte Ergebnisse der Untersuchungen

Die im Folgenden beschriebenen ersten Teilergebnisse wurden exemplarisch ausgewählt, um auf verschiedene Aspekte der Untersuchungen aufmerksam zu machen. Es handelt sich ausschließlich um Boden- und Grundwasserproben aus dem Schadenszentrum von löschmittelbelasteten Standorten in Deutschland.

3.1 Erste Ergebnisse der Boden- und Grundwasserproben

Obwohl alle Proben aus löschmittelbelasteten Standorten stammen, zeigen erste Untersuchungen von Bodenproben mittels quantitativer Targetanalytik sowohl sehr unterschiedliche Muster der Einzelsubstanzen als auch sehr unterschiedliche PFAS-Konzentrationen. Im Boden des Standortes 2 dominiert die Einzelsubstanz Perfluoroctansulfonat (PFOS) das Belastungsmuster, im Boden des Standortes 5 stellen die langkettigen Carbonsäuren Perfluorundecanoat (PFUdA) und Perfluortridecanoat (PFTrDA) die größten Anteile und im Boden des Standortes 3 dominiert die Vorläuferverbindung Capstone B.

Die mittels quantitativer Targetanalytik durchgeführten Untersuchungen von drei beispielhaft ausgesuchten Grundwasserproben zeigen ebenfalls sehr unterschiedliche PFAS-Konzentrationen und Muster der Einzelsubstanzen. In den Grundwasserproben des Standortes 2 dominieren die Sulfonsäuren PFOS und PFHxS und in der Grundwasserprobe des Standortes 5 dominiert TFA, während in der Grundwasserprobe des Standortes 9 die polyfluorierte Verbindung Capstone B überwiegt.

An dieser Stelle sei darauf hinzuweisen, dass insbesondere Capstone B keineswegs standardmäßig im Altlastenbereich untersucht wird, obwohl diese Einzelsubstanz in „neueren“ Löschmittelschäden, wie im Boden des Standortes 3 oder in der Grundwasserprobe des Standortes 9, oft einen Großteil der Belastungen in der Schadensquelle ausmacht. Auch die in der Bodenprobe des Standortes 5 nachweisbaren langkettigen Carbonsäuren PFUdA und PFTrDA wurden im Altlastenbereich bisher eher selten untersucht.

3.2 Erste Ergebnisse der Summenparameteruntersuchungen (TOP-Assay und EOF/AOF) von Boden- und Grundwasserproben

Um möglicherweise vorhandene polyfluorierte Vorläufersubstanzen in den Boden- und Grundwasserproben sichtbar zu machen, wurden die methanolischen Extrakte der Bodenproben und die Grundwasserproben mit dem Summenparameter TOP-Assay untersucht. Die Ergebnisse der vor und nach TOP-Assay gemessenen Einzelstoffkonzentrationen wurden mit den Fluoranteilen der Moleküle multipliziert, um eine Fluorbilanz vor und nach TOP-Assay erstellen zu können.

Beim Boden des Standortes 6 wird ein deutlicher Anstieg der über die PFAS-Einzelstoffanalytik messbaren Fluormengen in der Bodenprobe deutlich, welcher hauptsächlich durch die Bildung von TFA und anderer kurzkettiger Carbonsäuren bis PFOA verursacht wird. Dies lässt den Rückschluss zu, dass eine oder mehrere bisher unbekannte Vorläufersubstanzen in der Bodenprobe vorhanden sind.

Bei dem Boden des Standortes 3 hingegen unterscheidet sich die Fluormasse vor und nach TOP-Assay kaum. Hier wurden die vor dem TOP-Assay in der Bodenprobe vorhandenen polyfluorierten Verbindungen Capstone B sowie H4PFOS, vollständig zu den kürzerkettigen Carbonsäuren PFHxA, PFPeA und PFBA umgesetzt. Dies lässt den Schluss zu, dass hier bereits durch den in der Targetanalytik erweiterten Parameterumfang (H4PFOS und Capstone B) der Großteil der relevanten Vorläufer sichtbar war.

Bei den Grundwasserproben zeigt sich ein ähnliches Bild. Im TOP-Assay der Grundwasserprobe des Standortes 9 lässt sich der Anstieg der Fluormenge größtenteils durch die in der Target-Analytik bereits erfassten polyfluorierten Tenside H4PFOS und Capstone B erklären, während durch den TOP-Assay der Grundwasserprobe des Standortes 8 Hinweise auf bisher unbekannte Vorläufersubstanzen vorliegen.

Die Untersuchungen der Grundwasserproben mittels AOF belegen für die Grundwasserproben der Standorte 4, 7 und 8 eine recht gute Übereinstimmung mit den Fluorkonzentrationen nach dem TOP Assay. Beim Standort 9 ist die durch AOF ermittelte Fluormenge deutlich höher als nach dem TOP-Assay ermittelt wurde. Dies kann ein Hinweis auf bisher unbekannte Fluorverbindungen sein, die sich ggfs. über das Suspect-Screening noch ermittelt lassen.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Die bisher vorliegenden Ergebnisse zeigen beispielhaft die Notwendigkeit einer möglichst umfassenden Target-Analytik sowie der Untersuchungen von Boden- und Grundwasserproben mittels fluorspezifischen Summenparametern bei löschmittelbelasteten Proben. Insbesondere bei Untersuchungen des Schadenszentrums ist die bereits im PFAS-Leitfaden (BMUV 2023) empfohlene ergänzende Untersuchung mittels Summenparametern zu empfehlen, um die Schadstoffsituation und die Nachlieferung von perfluorierten Transformationsprodukten bei der Gefährdungsabschätzung sowie bei der Wahl von Sanierungsverfahren berücksichtigen zu können.

Der Abschluss des Forschungsprojektes und die Veröffentlichung der Gesamtergebnisse sind für Sommer 2026 vorgesehen. Das Projekt soll verlängert werden, um mehr Boden- und Grundwasserproben, gegebenenfalls auch bei anderen Schadensursachen, untersuchen zu können und die Wasserlöslichkeit der PFAS im Bodeneluat zu testen.

5 Literaturverzeichnis

Bayerisches Landesamt für Umwelt (2023): Untersuchungen zum Transportverhalten von PFAS aus Papierschlämmen in Großlysimetern - Projekt: PFAS Precursor II. Augsburg.
https://www.bestellen.bayern.de/med/6b3abb28-b4a5-11f0-81ee-c3fc7d0a3316/4b0e6a70-1059-11d9-4c85-9d915831e9eb/0/lfu_all_00177.pdf

BMUV (2022): Leitfaden zur PFAS-Bewertung Empfehlungen für die bundeseinheitliche Bewertung von Boden- und Gewässerverunreinigungen sowie für die Entsorgung PFAS-haltigen Bodenmaterials.
https://www.umweltbundesamt.de/system/files/medien/359/dokumente/pfas-leitfaden_220221.pdf

Capitain et al. (2025): Implementation of Matrix-Matched Semiquantification of PFAS in AFFF-Contaminated Soil. Environmental Science & Technology 2025 59 (14), 7338-7347. DOI: 10.1021/acs.est.4c14255

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (2011): Verbreitung von PFT in der Umwelt – LANUV Fachbericht 34. Recklinghausen. https://www.lanuk.nrw.de/fileadmin/lanuvpubl/3_fachberichte/30034.pdf

Reinhard et al. (2018): PFC-Belastungen in Mittel- und Nordbaden. Modellstudie zur Untersuchung des Eintrags von PFC aus belasteten Böden in das Grundwasser. Karlsruhe. https://rp.karlsruhe-baden-wuerttemberg.de/fileadmin/RP-Internet/Karlsruhe/Abteilung_5/Referat_52/Stabsstelle_PFC/_DocumentLibrarie s/Documents/0_pfc_forsch_modellstudie.pdf

Ruyle et al. (2023): Centurial Persistence of Forever Chemicals at Military Fire Training Sites, Environmental Science & Technology 2023 57 (21), 8096-8106. DOI: 10.1021/acs.est.3c00675

Schymanski et al. (2023) Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) in PubChem: 7 Million and Growing. Environmental Science & Technology 2023 57 (44), 16918-16928. DOI: 10.1021/acs.est.3c04855

Zweigle et al. (2023): PFAS-Contaminated Soil Site in Germany: Nontarget Screening before and after Direct TOP Assay by Kendrick Mass Defect and FindPFAS, Environmental Science & Technology 2023 57 (16), 6647-6655. DOI: 10.1021/acs.est.2c07969

Anschriften der Autorinnen/Autoren

Mareike Mersmann
Landesamt für Natur, Umwelt und Klima NRW
Wallneyer Straße 6
45133 Essen
Telefon: 02361 305-1345
E-Mail: mareike.mersmann@lanuk.nrw.de
Internet: www.lanuk.nrw.de/

Dr. Boris Bugsel
DVGW-Technologiezentrum Wasser
Karlsruher Straße 84
76139 Karlsruhe
Telefon: 0721 9678 280
E-Mail: boris.bugsel@tzw.de
Internet: www.tzw.de

Dr. Frank Sacher
DVGW-Technologiezentrum Wasser
Karlsruher Straße 84
76139 Karlsruhe
Telefon: 0721 9678 120
E-Mail: frank.sacher@tzw.de
Internet: www.tzw.de

Dr. Hanna Joerss
Helmholtz-Zentrum Hereon
Max-Planck-Straße 1
21502 Geesthacht
Telefon: 04152 87 2353
E-Mail: hanna.joerss@hereon.de
Internet: www.hereon.de

**Wir packen an für
eine saubere Umwelt.**



www.zech-umwelt.com



PFAS-Schaden ehemaliges Reifenwerk Berlin-Schmöckwitz – Gefahrenabwehrmaßnahmen zur Sicherung des Wasserwerks Eichwalde

Anne Hoyer

1 Einleitung

Im Rohwasser einzelner Förderbrunnen des Wasserwerks Eichwalde wurden Belastungen mit per- und polyfluorierten Alkylverbindungen (PFAS) festgestellt, die auf einen Schadstoffeintrag auf dem ca. 250 m entfernten Grundstück des ehem. Reifenwerks Schmöckwitz auf Berliner Landesseite zurückzuführen sind. Dort kam es zwischen 2005 und 2009 zu mehreren Brandereignissen mit z.T. erheblichen Einsatz von PFAS-haltigen Löschschäumen.

Im Dezember 2022 teilte der Wasserversorger des Wasserwerks Eichwalde der Senatsumweltverwaltung seine perspektivischen Probleme mit der Einhaltung der neuen, verschärften Trinkwassergrenzwerte für PFAS ab den Jahren 2026 (100 ng/l für PFAS-20) und 2028 (20 ng/l für PFAS-4) mit und bat um Unterstützung zur Sicherung der Trinkwasserversorgung. Daraufhin durchgeführte Erkundungsmaßnahmen belegen eine akute Gefährdung des Trinkwassers durch PFAS, weshalb umfangreiche Maßnahmen zum Schutz des Wasserwerks Eichwalde eingeleitet werden.

2 Standortangaben

2.1 Lage Ehemaliges Reifenwerk Schmöckwitz

Das ca. 90.000 m² große Gelände des ehem. Reifenwerks liegt im Südosten Berlins im Ortsteil Schmöckwitz im Bezirk Treptow-Köpenick und grenzt im Nordosten an das Adlergestell und im Südosten, Südwesten und Nordwesten an das Waldgebiet des Grünauer Forstes an, welches als Transferpfad zu den Fassungsbereichen des Wasserwerks Eichwalde anzusehen ist (siehe Abb. 1).

Das gesamte Gelände des ehem. Reifenwerks sowie der nördliche Teil des Transfergebietes befinden sich in der Trinkwasserschutzzone IIIA des Wasserwerks Eichwalde (siehe Abb. 1). Der südliche Teil des Projektgebietes, inkl. der Brunnengalerien Waldseite und Turmseite, liegt in der Trinkwasserschutzzone II. Teile des Projektgebiets auf Berliner Landesseite befinden sich im Landschaftsschutzgebiet des Grünauer Forstes.



Abbildung 1: Übersichtskarte Projektgebiet,
Quelle: Tauw GmbH

2.2 Lage Wasserwerk Eichwalde

Das Wasserwerk Eichwalde bezieht Grundwasser aus zwei Brunnengalerien – der Galerie Waldseite und der Galerie Turmseite. Die Galerie Waldseite befindet sich auf Berliner Landesseite zwischen der Godbersenstraße im Norden und der Mariannenstraße im Süden, an welcher die Landesgrenze Berlin-Brandenburg verläuft (siehe Abb. 1). Südlich der Mariannenstraße schließt sich die Galerie Turmseite auf Brandenburger Landesseite an.

2.3 Nutzungshistorie Ehemaliges Reifenwerk Schmöckwitz

Im Jahr 1944 ließ der Unternehmer Georg Müller am südöstlichen Rand Berlins in Schmöckwitz ein Reifenwerk errichten, welches nach Kriegsende für die Runderneuerung und Reparatur von Lkw- und Pkw-Reifen diente. Nach der Enteignung im Jahr 1953 und Gründung des VEB Berliner Reifenwerk entwickelte sich der Standort zu einem bedeutenden Betrieb der DDR-Reifenindustrie (Abb. 2). Nach der Wende erfolgte die Rückübertragung an die Erben. In den Folgejahren wurde das Werk an diverse und immer wieder wechselnde Unternehmen verkauft. Im Sommer 2000 wurden ohne Kenntnis der Behörden ca. 6.000 t Altreifen auf das Reifenwerksgelände gebracht. Die Investitionsbank Berlin, welche hinter den Gesellschaftern Briefkastenfirmen auf Tahiti und in Singapur vermutete, stellte im August 2000 Strafantrag gegen die Manager des Reifenwerks wegen Subventionsbetrugs der in Millionenhöhe bereitgestellten finanziellen Fördermittel, die eigentlich für die Sanierung und Modernisierung des Werkes gedacht waren. Bis zum Jahr 2006 befand sich das Grundstück in Zwangsverwaltung und fiel anschließend an die dubiosen früheren Eigentümer zurück [1].



Abbildung 2: Bild links: Frontansicht Reifenwerk, Quelle: © Archiv VEB Berliner Reifenwerk [1]; Bild rechts: Luftbild vor den Abbrucharbeiten, ca. 2015, © Helicolor Luftbild Ost GmbH [1]

Die ca. 80 privaten und gewerblichen Nutzer, die sich bis zum Jahr 2014 auf dem Grundstück angesiedelt hatten und zu denen u.a. Kfz- und Abrissfirmen gehörten, lagerten große Mengen an illegalem Bauschutt und Abfällen ab. Im Mai 2014 wurde das Grundstück nach einer gemeinsamen Durchsuchung von LKA, Polizei, Senat und dem Bezirksamt durch die Wasserbehörde der Senatsverwaltung abgesperrt und im Herbst 2014 ein Großteil des Grundstücks zwangsversteigert, welches über Umwege zurück an das Land Berlin ging und anschließend an die Berliner Forsten übergeben wurde. Im Jahr 2015 erfolgte durch die Berliner Forsten als Grundstückseigentümer der Rückbau der ehemaligen Produktionsgebäude [1].

Die von der 2014 durchgeführten Zwangsverwaltung ausgenommenen Flurstücke, sind bis heute im Eigentum des auf Tahiti ansässigen Eigentümers. Auf diesen Flurstücken kam es weiterhin zu massiven illegalen Abfallablagerungen, die im Dezember 2025 mit Finanzmitteln der Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt (SenMVKU) durch das Umwelt- und Naturschutzamt des Berliner Bezirkes Treptow-Köpenick in Ersatzvornahme umfangreich beseitigt wurden [2]. Bis heute liegt das Gelände des ehemaligen Reifenwerks stellenweise brach, auf anderen Grundstücksteilen wurde von den Berliner Forsten bereits mit der Aufforstung und Renaturierung begonnen.

2.4 Nutzungshistorie und Versorgungsgebiet Wasserwerk Eichwalde

Das Wasserwerk Eichwalde wurde im Jahr 1912 errichtet. Heutzutage liegt das Wasserwerk im Eigentum des Märkischen Abwasser- und Wasserzweckverbands (MAWV). Die Dahme-Nuthe Wasser- und Abwasserbetriebsgesellschaft mbH (DNWAB) übernimmt die Betriebsführung. Das Wasserwerk Eichwalde versorgt die Einwohner der Gemeinden Eichwalde, Zeuthen, Brusendorf, Groß Kienitz, Großziethen, Kiekebusch, Rotberg, Wernsdorf, Schönefeld, Schulzendorf, Selchow, Waltersdorf, Waßmannsdorf und Wernsdorf. Die Rohwasserförderung erfolgt durch 26 Brunnen mit einer Förderkapazität von 20.000 m³ täglich. Die Brunnengalerie Waldseite fördert nur zu Spitzenzeiten und hat lediglich einen Anteil von 4% an der Gesamtförderung. Somit erfolgt der Großteil der Förderung durch die Brandenburger Galerie Turmseite [3].

2.5 Geologie und Hydrogeologie

Das Untersuchungsgebiet befindet sich im Berliner Urstromtal in einer Erosionsrinne der Berlin-Fürstenwalder-Spreetalniederung, die durch obere weichsel- bis saalekaltzeitliche Sande geprägt ist. Der Grundwasserhemmer (Geschiebemergel) wurde durch abfließende Schmelzwässer der Weichselkaltzeit weitestgehend ausgeräumt und durch Kies- und Grobsande ersetzt. Das Grundwasser ist gegenüber lokal eindringenden Schadstoffen im Bereich der Sandflächen des Urstromtals ungeschützt. Das Grundwasser fließt in südwestliche Richtung den Galerien des Wasserwerks Eichwalde zu und vom ehem. Reifenwerksgelände bis zu den ersten Wasserwerksbrunnen beträgt die Grundwasserfließzeit ca. 2 Jahre. Der Grundwasserflurabstand im Betrachtungsgebiet liegt bei ca. 4,0 m u. GOK. [4].

3 Brandereignisse

Auf dem Gelände des Reifenwerks kam es zwischen den Jahren 2005 – 2009 zu mehreren Brandereignissen mit zum Teil erheblichem Einsatz von Löschmitteln.

3.1 Großbrand, Altreifen, Mai 2005

In der Nacht vom 30.04.2005 auf den 01.05.2005 gerieten ~ 20.000 m³ gelagerte Altreifen in Brand. Zum Löschen des Großbrandes, der sich über mehrere Tage erstreckte, waren mehr als 1.000 Einsatzkräfte nötig. Aufgrund des erheblichen Ausmaßes des Brandes wurde seitens der Berliner Feuerwehr großräumig Unterstützung angefordert, u.a. durch die Werksfeuerwehren der PCK Raffinerie in Schwedt, des BASF Industrieparks in Schwarzheide, der Berufsfeuerwehren des Landkreises Dahme-Spree und der Hansestadt Hamburg sowie von Ortsverbänden des THWs aus Berlin, Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern [5]. Der Großbrand gilt als größter Brand der Berliner Nachkriegsgeschichte.

Die Brandbekämpfung erfolgte auf einer zum großen Teil unversiegelten Fläche von ~ 5.000 m² unter Einsatz von insgesamt ~ 80 t Löschmittel (Schaumbildner). Recherchen ergaben den Einsatz von 6 verschiedenen Löschmitteln (u.a. AFFF-Feuerlöschschäume), die teilweise per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS) mit Zumischraten von 1 – 6 % enthielten. Das Wasser-Schaumlöschmittelgemisch lief nach Angaben der Berliner Feuerwehr zum Teil über Regenwasserablaufkanäle in die Dahme sowie zum Teil in die Schmutzwasserkanalisation [5]. Es ist davon auszugehen, dass auch ein erheblicher Anteil der eingesetzten Löschmittel versickert sind. Die genaue eingetragene PFAS-Menge und die eingetragenen PFAS-Einzelstoffe sind letztlich unbekannt, jedoch wird dieser Brand als Haupteintragsereignis von PFAS auf dem ehemaligen Reifenwerksgelände angesehen.

3.2 Brand Lagerhalle, Mai 2008 und Brand Verwaltungsgebäude, Juli 2009

Am 21.05.2008 brannte eine ca. 1.000 m² große eingeschossige Lagerhalle mit Betonboden an der östlichen Grundstücksgrenze, in der Altreifen gelagert wurden. Aufgrund der Versiegelung des Untergrundes ist maximal von einem Eintrag von eingesetztem Löschwasser bzw. Schaummittel in den Untergrund über Einlaufschächte auszugehen. Art und Menge des eingesetzten Löschschaums sind unbekannt.

Am 14.07.2009 brannte der Dachstuhl eines leerstehenden Verwaltungsgebäudes, welches parallel zum Adlergestell stand, auf einer Fläche von ca. 2.000 m². Auch hier sind Art und Menge des eingesetzten Löschwassers/Löschschaumgemisches ebenso unbekannt wie die ggf. eingetragenen Mengen unterhalb des Gebäudes.

4 Gefahrenabwehr- und Sicherungsmaßnahmen 2005 bis 2008 zum Schutz des Wasserwerks Eichwalde

Nach dem Großbrand im Mai 2005 wurden umgehend im Auftrag des Umweltamtes Treptow-Köpenick Boden- und Grundwasseruntersuchungen im Bereich der Brandfläche sowie Grundwasseruntersuchungen im nahen Abstrom durchgeführt. Die Bodenuntersuchungen belegten hohe Belastungen >Z2 der damals gültigen Zuordnungswerte nach LAGA mit Zink (max. 6.850 mg/kg), MKW (max. ~7.200 mg/kg), PAK (max. ~26 mg/kg) und BTEX (max. ~25 mg/kg) v.a. im Bodenhorizont bis 0,2 m u. GOK. Die Grundwasseruntersuchungen belegten im Bereich der Brandfläche Überschreitungen der damals gültigen Berliner Liste (2005) für die Parameter PAK (max. ~5,4 µg/l) und BTEX (max. ~3.400 µg/l). Anionische Tenside waren mit 47 mg/l nachweisbar [6].

Als Folge wurde auf Anordnung des Umweltamtes Treptow-Köpenick im Auftrag des damaligen Zwangsverwalters die oberste, kontaminierte Bodenschicht bis 0,3 m u. GOK abgezogen und entsorgt.

Nachfolgende Grundwasseruntersuchungen im 2. Halbjahr 2005 belegten eine Ausbreitung von BTEX (max. 557 µg/l) und anionischen Tensiden (max. 70 mg/l) in Richtung Brunnengalerie Waldseite. Daraufhin erfolgte der Zuständigkeitswechsel vom Umweltamt Treptow-Köpenick zum Bodenschutz- und Altlastenreferat der Senatsumweltverwaltung, welches in Berlin die Zuständigkeit für Grundstücke in Trinkwasserschutzgebieten übernimmt, in denen auf Grund einer Gefährdungsabschätzung eine Gefahr für das Grundwasser nachgewiesen wurde. Zwischen Juni 2006 und Juli 2007 wurde das Messnetz auf insgesamt 26 Grundwassermessstellen und 2 Sicherungsbrunnen erweitert. Anschließend erfolgte zwischen Oktober 2007 bis Juli 2008 eine Pump&Treat Grundwassersanierung (Gesamtförderrate: 8 m³/h; Gesamtfördermenge: ~46.000 m³). Zum Zeitpunkt des Sanierungsende lagen die BTEX-Konzentrationen beider Brunnen unter dem damals gültigen Geringfügigkeitsschwellenwert (GFS) von 20 µg/l der Berliner Liste 2005. Die Konzentration anionischer Tenside sank auf unter 1 mg/l. Insgesamt betrug der Schadstoffaustrag ca. 1,5 kg BTEX und 35,7 kg anionische Tenside. Nach Beendigung der hydraulischen Sanierung wurde das gesamte Messnetz im Jahr 2009 zurückgebaut [7].

PFAS wurden zum damaligen Zeitpunkt noch nicht aktiv berücksichtigt, wurden aber vermutlich zu einem nicht bestimmbar Anteil über die damalige GWRA mit abgereinigt.

5 Gefahrenabwehr- und Sicherungsmaßnahmen ab 2023

Im Dezember 2022 teilte der Wasserversorger MAWV der Senatsumweltverwaltung seine perspektivischen Probleme mit der Einhaltung der neuen, verschärften Trinkwassergrenzwerte für PFAS ab den Jahren 2026 bzw. 2028 mit und bat um Unterstützung zur Sicherung der Trinkwasserversorgung. Daraufhin wurde die Zuständigkeit, die nach dem erfolgreichen Abschluss der Grundwassersanierung 2009 wieder beim Umweltamt Treptow-

Köpenick lag, im Januar 2023 zurück an das Bodenschutz- und Altlastenfachreferat der SenMVKU übertragen.

Alle durchzuführenden Gefahrenabwehrmaßnahmen im Auftrag der SenMVKU werden durch ein Ingenieurbüro als übergeordnete Projektsteuerung koordiniert, begleitet und überwacht. Zusätzlich wurde, aufgrund der Lage des Projektgebietes im Landschaftsschutzgebiet, ein Fachbüro für die ökologische Projektbegleitung rahmenvertraglich gebunden. Seit September 2024 werden die Gefahrenabwehrmaßnahmen durch das Bodenschutz- und Altlastenreferat der SenMVKU in Amtshilfe für den Grundstückseigentümer Berliner Forsten erbracht.

5.1 PFAS Belastungssituation - Erkundungsmaßnahmen 2024 und 2025 im Grundwasserabstrom des ehemaligen Reifenwerks im Auftrag der SenMVKU

Zur Bewertung der PFAS-Belastungssituation wurden 2 Erkundungsetappen durchgeführt. Im Rahmen der 1. Erkundungsetappe 2024 wurden tiefenorientierte Grundwasserprobenahmen zur Erkundung des wasserwerksnahen Transfergebietes zwischen dem ehem. Reifenwerk und der Berliner Brunnengalerie Waldseite platziert (siehe Abb. 3). Insgesamt wurden 20 Direct-Push Sondierungen bis maximal 29 m u. GOK abgeteuft und 147 Grundwasserproben auf 20 PFAS-Einzelparameter gem. TrinkwV analysiert. Zudem wurden die Parameter 6:2-Fluortelomersulfonsäure (H4PFOS) und Perfluorooctansulfonamid (PFOSA) bestimmt, welche als Vorläufersubstanzen für insbesondere PFOS gelten und für die es jeweils einen Gesundheitlichen Orientierungswert (GOW) als Bewertungsgrundlage gem. PFAS-Bundesleitfaden zum damaligen Zeitpunkt gab [8]. Im Rahmen der 2. Erkundungsetappe 2025 wurden tiefenorientierte Grundwasserprobenahmen im Bereich beider Brunnengalerien durchgeführt (siehe Abb. 3). Insgesamt wurden 19 Direct-Push Sondierungen bis ebenfalls maximal 29 m u. GOK abgeteuft und 205 Grundwasserproben auf die zuvor genannten PFAS analysiert.

Die PFAS-Schadstofffahne konnte in ihrer vertikalen und zum Großteil auch in ihrer horizontalen Ausdehnung sowie auch hinsichtlich der Einzelparameterstoffzusammensetzung beschrieben werden. Es konnten mehrere, anhand der Einzelparameter zu unterscheidende Schadstofffahnen, herausgestellt werden, welche sich zum Teil überlagern – eine mehrheitlich PFOS und eine PFHxS-dominierte Schadstofffahne jeweils ausgehend von dem Brandereignis 2005 und eine durch die kurzkettingen PFBA, PFPeA und PFHxA-dominierte Schadstofffahne, deren Ursprung zwischen den Brandereignissen aus 2005 und 2008 liegt [9].

Die Schadstoffbelastung im Transferpfad und im Bereich der Galerie Waldseite beschränkt sich mehrheitlich auf den Grundwasseranschnitt bzw. den oberflächennahen GWL und nimmt durchgehend signifikant in den obersten 10 m u. GOK ab. Im unmittelbaren Abstrom des Reifenwerks ist ein Konzentrationsmaximum von ca. 63 µg/l PFAS-20 und 44,5 µg/l PFAS-4 nachweisbar (siehe Abb. 3). Im Bereich der Brunnengalerie Waldseite werden im oberflächennahen GWL bis 6-7 m u. GOK bis zu ca. 35 µg/l PFAS-20 und 27 µg/l PFAS-4 nachgewiesen [9].

Die GFS/GOW-Werte gem. PFAS-Bundesleitfaden [8] werden im oberflächennahen GWL für PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFHxS, PFHpS, PFOS und H4PFOS mehrfach überschritten. Die PFAS-Grenzwerte der TrinkwV werden ebenfalls um ein Vielfaches überschritten. Für die Summe PFAS-20 werden im Hauptausbreitungspfad der Grenzwert gem. TrinkwV mehrheitlich bis 10 m u. GOK überschritten. Für die Summe PFAS-4 (PFOA, PFNA, PFHxS, PFOS) werden im Hauptausbreitungspfad Grenzwertüberschreitungen bis ca. 15 m u. GOK festgestellt. Im Bereich der Brandenburger Brunnengalerie Turmseite ist gegenüber dem Transfergebiet und der Berliner Brunnengalerie Waldseite ein deutlich geringeres Schadstoffpotential nachweisbar [9]. Die Erkundungsergebnisse belegen eine akute Gefährdung bzw. Schädigung des Trinkwassers durch PFAS. Daher sind sofortige, umfangreiche hydraulische Sicherungsmaßnahmen zum Schutz des Wasserwerks erforderlich.

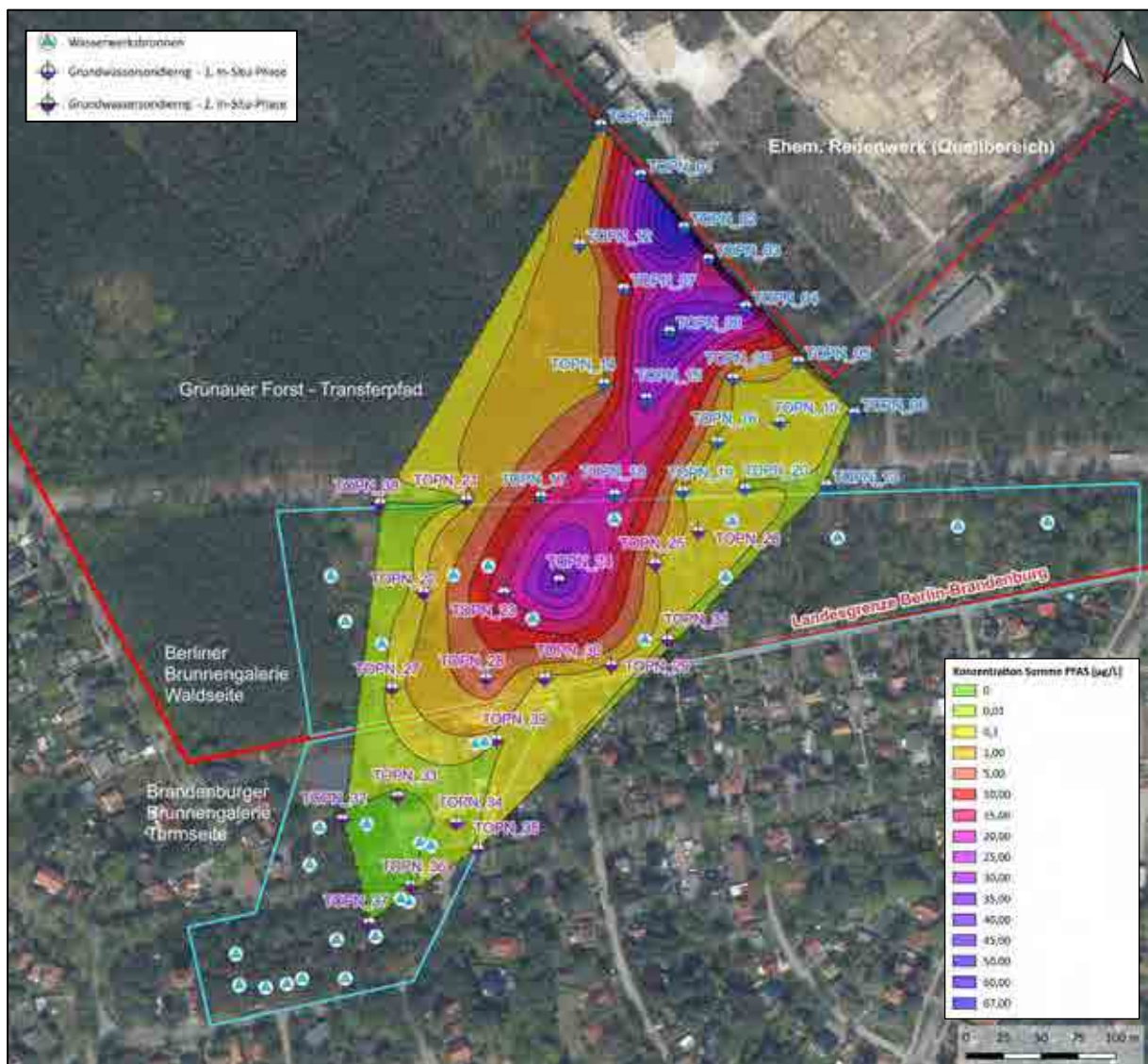


Abbildung 3: PFAS-Schadensfahne (Tiefe 4-5 m und 6-7 m u. GOK), Quelle: TAUW GmbH

5.2 Temporäre hydraulische Zwischenlösung ab 2025 bis zur Inbetriebnahme der Grundwasserreinigungsanlage im Auftrag des Wasserwerks Eichwalde

Bisher wird die PFAS-Schadstofffahne am Wasserwerk durch die Wasserwerksbrunnen Br. 2/83 und Br. 27/17 fokussiert (Lage siehe Abb. 5). Ein Abschalten dieser Brunnen ist nicht möglich, da sich die PFAS-Belastungen andernfalls zu den benachbarten aktiven Wasserwerksbrunnen verlagern würde. Angesichts einer nicht auszuschließenden Überschreitung der TrinkwV-Grenzwerte für PFAS-20 und PFAS-4 ab 2026 bzw. 2028 bestand im Jahr 2024 akuter Handlungsbedarf das PFAS-belastete Rohwasser dieser Brunnen aus dem Prozess der Trinkwasseraufbereitung herauszunehmen. Es galt daher eine temporäre Übergangslösung bis zur Inbetriebnahme einer Grundwasserreinigungsanlage zu finden.

Ein ungefiltertes Abschlagen von PFAS-haltigem Brunnenwasser seitens des Wasserwerks Eichwalde auf Brandenburger Landesseite in die Dahme als Vorflut mit Fließrichtung nach Berlin wurde seitens der Berliner Wasserbetriebe (BWB) und der zuständigen Berliner Wasserbehörde Ende 2024 vom Grundsatz her abgelehnt. Das Umsetzen einer Sofortmaßnahme wurde seitens der BWB/Wasserbehörde/Gesundheitsbehörde Landkreis Dahme-

Spreewald als dringend notwendig angesehen, jedoch bestanden Bedenken, dass PFAS ungefiltert dem Berliner Wasserkreislauf zugeführt werden und über das Uferfiltrat das unterirdische Einzugsgebiet des nahegelegenen Berliner Schwerpunktwaterwerks Friedrichshagen, verunreinigen könnten.

Daher wurde alternativ eine Infiltrationslösung seitens der zuständigen Bodenschutz- und Altlastenbehörde der Senatsumweltverwaltung vorgeschlagen, bei der das PFAS-belastete Wasser beider Wasserwerksbrunnen im Sinne § 6, Nr. 4 Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) im Bereich des Abstroms des Reifenwerks/Anstrom Wasserwerk in die Schadensfahne infiltriert und so temporär im Kreislauf gefahren wird. Im Auftrag des Wasserwerks wurde daraufhin im 1. Quartal 2025 das Szenario eines temporären Abschlagens von PFAS-belastetem Brunnenwasser in die PFAS-Schadstofffahne modelltechnisch überprüft und im Ergebnis als umsetzbar ausgewiesen.

Seit August 2025 wird durch das Wasserwerk Eichwalde das Wasser der Brunnen Br. 2/83 und Br. 27/17 im Bereich des Abstroms des Reifenwerks/Anstrom Wasserwerk mittels des DSI-Verfahrens (Düsenauginfiltration) wieder in den GWL injiziert (Fotos: Abb. 4, Leitungsverlauf: Abb. 5). Diese Zwischenlösung sichert aktuell die Trinkwasserversorgung und wird nach dem Grundsatz der Verhältnismäßigkeit im Sinne des BBodSchG und seiner Verordnung unter Beachtung, dass dauerhaft keine Gefahren, erhebliche Nachteile oder Belästigungen für den Einzelnen oder die Allgemeinheit entstehen, durchgeführt.



Abbildung 4: Bild links: Druckerhöhungsanlage mit Kiesfilter, Quelle: SenMVKU; Bild rechts: DSI-Lanzensystem, Quelle: SenMVKU

5.3 Hydraulische Sicherungsmaßnahmen – relevante Planungsarbeiten inkl. Vorversuche und Aufbau des Sicherungssystem ab 2025 im Auftrag der SenMVKU

Zur Unterbrechung des Schadstofftransfers und zur Abreinigung der bereits belasteten Brunnengalerie Waldseite wird im Rahmen einer Gefahrenabwehrmaßnahme direkt am Wasserwerk Eichwalde der Aufbau und der Betrieb einer hydraulischen Sicherung mittels Sicherungsbrunnen und einer Grundwasserreinigungsanlage umgesetzt

5.3.1 Modellgestützte Variantenberechnung 2025

Im 1. Halbjahr Jahr 2025 wurden auf Grundlage der In-Situ Erkundungsergebnisse der Jahre 2024 und 2025 modellgestützte Variantenberechnungen durchgeführt. Im Ergebnis der Modellierung wurde eine Vorzugsvariante bestehend aus insgesamt 14 neu zu errichtenden Sicherungsbrunnen verteilt auf 2 Abwehrriegel erarbeitet [10]. Die Beibehaltung der nötigen Fördermengen des Wasserwerks zur Versorgung der umliegenden Bevölkerung mit ausreichend Trinkwasser war dabei ebenso zu berücksichtigen wie die Lage der geplanten Sicherungsmaßnahme in der Trinkwasserschutzzone II im Bereich der Galerie Waldseite und somit unmittelbar innerhalb des Absenktrichters des Wasserwerks.

Zusätzlich zu den 14 Sicherungsbrunnen sollen gemäß Modellierung temporär die Wasserwerksbrunnen Br. 2/83 und Br. 27/17 aus der Rohwasseraufbereitung herausgenommen und das Wasser beider Brunnen über die zukünftige Grundwasserreinigungsanlage geführt werden. Sobald der Sanierungseffekt durch die eingeleiteten Sicherungsmaßnahmen eintritt, können diese Brunnen dann wieder der Rohwasseraufbereitung des Wasserwerks Eichwalde zugeführt werden. Es wurde eine Gesamtförderrate der 14 neuen Sicherungsbrunnen und 2 Wasserwerksbrunnen von ~73,5 m³/h ausgewiesen [10].

5.3.2 Errichtung Sicherungsbrunnen und Grundwassermessstellennetz 2025/2026

Die 14 durch die Modellierung vorgegebenen Sicherungsbrunnen wurden im 4. Quartal 2025 errichtet (SB1 – SB 14, Lage siehe Abb. 5). Auf Grundlage der in 2024 bis 2025 durchgeführten Grundwassererkundungen wurde weiterführend ein stationäres Grundwassermessstellennetz bestehend aus 36 Pegeln geplant und mit allen Projektbeteiligten abgestimmt, welches im 1. Quartal 2026 errichtet wurde (siehe Abb. 5). Dieses Messnetz dient der regelmäßigen Überwachung der PFAS-Schadstofffahne und der Bewertung der Wirksamkeit und Effektivität sowie der Planung und Kontrolle aller einzuleitenden Gefahrenabwehrmaßnahmen.



Abbildung 5: Lageplan Sicherungsbrunnen SB01 – SB14 mit geplantem Standort der GWRA und Grundwassermessstellennetz, Quelle: TAUW GmbH

5.3.3 Standortsuche Grundwasserreinigungsanlage 2025

Im Jahr 2025 wurde intensiv nach einem geeigneten Standort für die zukünftige GWRA gesucht. Aufgrund der Lage der 14 neuen Sicherungsbrunnen auf dem Wasserwerksgelände und möglichst kurzer Rohrleitungsverläufe sollte sich die GWRA ebenfalls dort befinden. Dort können Synergien (Strom- und Wasserversorgung) genutzt und Schutz vor Vandalismus geboten werden. Der Bereich der Berliner Galerie Waldseite ist so stark mit Bäumen bewachsen, dass dort keine geeignete Freifläche gefunden werden konnte. Eine passende Fläche befindet sich jedoch auf Brandenburger Landesseite im Bereich der Galerie Turmseite, die das Wasserwerk Eichwalde zur Verfügung stellt. Dies führt zu dem Sonderfall, dass sich die zukünftige GWRA auf Brandenburger Landesseite und die 14 dazugehörigen Sicherungsbrunnen inkl. Rohrleitungssystem auf Berliner Landesseite befinden werden (siehe Abb. 5). Dies erfordert ein hohes Maß an Abstimmungen mit allen Projektbeteiligten.

5.3.4 Vorplanung GWRA 2025/2026, Pumpversuche & PFAS-Vorversuche 2026

Im 1. Halbjahr 2025 wurde durch das Bodenschutz- und Altlastenreferat der SenMVKU eine Fachplanung für den Aufbau und die Inbetriebnahme der hydraulischen Sicherung zum Schutz des Wasserwerks Eichwalde ausgeschrieben und vergeben. Das beauftragte Ingenieurbüro hat umgehend mit der Grundlagenermittlung, der Planung von Pumpversuchen und verfahrenstechnischen PFAS-Vorversuchen sowie mit Variantenbetrachtungen für den Brunnenausbau und PFAS-Aufbereitungsverfahren begonnen. Aufgrund der unterschiedlichen Stoffeigenschaften der einzelnen PFAS-Verbindungen sind umfangreiche Vorversuche für die Bewertung in Frage kommender Sanierungs- bzw. Reinigungstechnologien nötig.

In Anbetracht der Belastungssituation, der besonderen Lage im Trinkwasserschutzgebiet und aufgrund einer eventuellen geplanten zukünftigen Übernahme eines Teilstroms des Reinwassers durch das Wasserwerk Eichwalde wurde in der Vorplanung die Behandlung des Grundwassers über für den Trinkwasserbereich zugelassene granuliert Wasseraktivkohle in Kombination mit einer vorgeschalteten Kiesfilterstufe inkl. nachgeschalteter UV-Desinfektion als vorläufige Vorzugsvariante für die zukünftige Grundwasserreinigungsanlage ausgewiesen. Die Zulassung von Betriebsmitteln für den Einsatz im Trinkwasserbereich und der Aspekt der Wirtschaftlichkeit wurden bei der Ableitung der vorläufigen Vorzugsvariante berücksichtigt. Sollten Ionenaustauschmaterialien zukünftig für den Einsatz im Trinkwasserbereich zugelassen werden, könnte sich auch eine PFAS-Abreinigung mittels Ionenaustauscher als wirtschaftlich attraktiv herausstellen [11].

Für die Ableitung von ca. 73,5 m³/h Reinwasser der GWRA gibt es zum jetzigen Zeitpunkt noch keine abschließende Vorzugsvariante. Mögliche Optionen sind die anteilige Infiltration im Abstrom des Reifenwerks/Anstrom Wasserwerk, eine Einleitung in einen R-Kanal, wobei aus Vorsorgegründen durch die Wasserbehörde der Senatsumweltverwaltung die Einleitgrenzwerte der TrinkwV für die Summe PFAS-20 und PFAS-4 gefordert werden, oder eine anteilige Übernahme durch das Wasserwerk Eichwalde. Letzteres erfordert erhöhte Materialanforderungen und strengere Reinigungszielwerte (Einhaltung aller Grenzwerte gem. TrinkwV Anlagen 1-5).

Zur Bestimmung der Aquiferbeschaffenheit und Auslegung der GWRA wurden im 1. Quartal 2026 Pumpversuche an allen 14 Sicherungsbrunnen durchgeführt, die in vier Gruppen zusammengefasst wurden (SB1-SB3, SB4-SB6, SB7-SB9, SB10-SB14). Im Rahmen der verfahrenstechnischen Vorversuche werden mit realem Standortwasser, entnommen aus den Sicherungsbrunnen, mehrere für den Trinkwasserbereich zugelassene Aktivkohlen in kleinskaligen RSSCT-Säulenversuche (rapid small-scale column tests) getestet. Ein Ionenaustauschermaterial wird im Rahmen von Batchversuchen erprobt. Die Ergebnisse werden in die weiteren Planungsphasen integriert.

6 Ausblick

Parallel zu den Pump- und Vorversuchen erfolgt die Planung der technischen Infrastruktur (Rohrleitungs- und Brunnenausbau, Strom- und Wasserversorgung, MSR-Technik). Die Ausschreibung ist für Sommer 2026 geplant mit Leistungsausführung ab Herbst 2026. Die EU-Vergabe der GWRA wird in 2026 vorbereitet und durchgeführt, sodass die Aufstellung und die Inbetriebnahme der GWRA im 1. Halbjahr 2027 umgesetzt werden kann.

Nach unmittelbarer Schadenssicherung des Wasserwerks in 2026/2027 sind perspektivisch die vollständige Schadenserkundung, die Bewertung des Schadstoffpotentials und bei Bedarf die aktive Schadensbeseitigung mittels Boden- und Grundwassersanierung bzw. -sicherung auf den Eintragsflächen des ehem. Reifenwerks und im Transfergebiet bis zum Wasserwerk Eichwalde geplant. Gemäß der im Jahr 2024 durch den Berliner Senat beschlossenen Landesbodenschutzkonzeption wird behördlich in den nachgewiesenen emittierenden Bodenquellbereichen (ungesättigt/gesättigt) die aktive Entnahme und Beseitigung unter Beachtung des Grundsatzes der Verhältnismäßigkeit angestrebt. Der Einsatz von unterstützenden in-situ Verfahren wird ebenfalls einer behördlich-technischen Prüfung unterzogen und bei Eignungsnachweis in die Sanierungsgesamtstrategie integriert.

Literaturverzeichnis

- [1] Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt (Dez. 2015): Das Berliner Reifenwerk in Schmöckwitz, Eine wechselvolle Industriegeschichte
- [2] Pressemitteilung Bezirksamt Treptow-Köpenick (18.12.2025): Illegale Abfallablagerungen aus Landschaftsschutzgebiet entfernt
- [3] <https://www.mawv.de/services/wasserwerke/eichwalde>, Stand: 29.01.2026
- [4] GEO TECH (06.06.2014): Orientierende Boden- und Grundwasseruntersuchung ehem. Reifenwerk Schmöckwitz
- [5] Berliner Feuerwehr (08.01.2007): Schreiben zum Einsatz von Löschmittel, Großbrand Reifenlager Schmöckwitz am 30.04.2005, unveröffentlicht
- [6] PROTEKUM Umweltinstitut GmbH (17.06.2005): Gutachten zu Boden- und Grundwasseruntersuchungen nach dem Reifenbrand am 01.05.2005 für das Gelände der Berliner Reifenwerke- GmbH, Adlergestell 708-730 in 12527 Berlin
- [7] IGB Ingenieurbüro für Grundwasser und Boden GmbH (14.11.2008): Abstomsicherung Berliner Reifenwerk, Adlergestell 708-730, 12527 Berlin
- [8] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (21.02.2022): Leitfaden zur PFAS-Bewertung
- [9] TAUW GmbH (16.05.2025): Abschlussbericht In-Situ Abstromerkundung Ehem. Reifenwerk Schmöckwitz
- [10] GCI GmbH (30.09.2025): Modellgestützte Variantenberechnungen zur Evaluation hydraulischer Sicherungsmaßnahmen zur PFAS-Abwehr im Grundwasserzustrom des WW Eichwalde
- [11] HORN & MÜLLER Ingenieurgesellschaft mbH (09.02.2026): Bericht Vorplanung Gefahrenabwehrmaßnahmen ehem. Reifenwerk Schmöckwitz

Anschriften der Autorinnen/Autoren

Anne Hoyer
Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt
Referat II C - Bodenschutz, Boden-, Altlasten- und Grundwassersanierung
Brückenstraße 6, 10179 Berlin
Telefon: 030 9025 2490
E-Mail: anne.hoyer@SenMVKU.berlin.de
Internet: <https://www.berlin.de/sen/uvk/umwelt/bodenschutz-und-altlasten/>



Erkunden · Sanieren · Überwachen · Dokumentieren

Nutzen Sie unser Know-how ...

... bei der Erkundung und Sanierung von Grundwasserschäden und Altlasten:

- Umgang mit bekannten und neuen Schadstoffen (PFAS, Mikroplastik, organische Spurenstoffe etc.)
- Maßgeschneiderte Monitoringkonzepte und Messtechnik
- Beratung zum Datenmanagement

Sprechen Sie uns an!

Ihre Ansprechpartner

Dipl.-Geol. Tina Neef

Dr. Uwe Boester M.Sc.

Dipl.-Geol. Axel Meßling

ahu GmbH Wasser · Boden · Geomatik

Kirberichshofer Weg 6

52066 Aachen

Tel. +49 (0)241 900011-0

info@ahu.de · www.ahu.de



ahu

Entfernung und vollständige technische Zerstörung von PFAS auf Aktivkohle

Dirk Reichert, Lowie Bolle und Tobias Carstens

1 Einleitung

PFAS (poly- und perfluorierte Alkylsubstanzen) in industriellen Abfallströmen wie Abwasser, Abgasen oder festen Abfallströmen fallen in den Anwendungsbereich der EU-Richtlinie über Industrieemissionen (IED) bzw. der Abfallrahmenrichtlinie [10,11]. In der aktuellen Überarbeitung der IED sind keine allgemeinen PFAS-Emissionsgrenzwerte zu finden. Diese werden in naher Zukunft mittels Durchführungsrechtsakten und Schlussfolgerungen zu den besten verfügbaren Techniken (BVT) reguliert werden. Erstes Beispiel hierzu ist das STM BREF Draft-Dokument (Behandlung metallischer und Kunststoffoberflächen), in dem erstmals PFAS-Emissionen im Abwasser mit Grenzwerten belegt werden [9]. PFAS in Abgasen sind noch nicht mit allgemeingültigen Grenzwerten belegt, sondern werden heute eher noch über die Betriebsgenehmigung von den lokalen Behörden limitiert. Während Adsorption von PFAS im Abwasser an Aktivkohle mit größter Wahrscheinlichkeit als BVT angesehen werden wird [9], sind für PFAS-Entfernung aus der Gasphase noch nicht ausreichend Betriebsdaten verfügbar.

Aufbauend auf jahrzehntelanger industrieller Praxis, einschließlich des Betriebs von großtechnischen Reaktivierungsanlagen, hat DESOTEC – ein in Belgien ansässiges Umweltdienstleistungsunternehmen, das in Europa und Nordamerika tätig ist – umfangreiche Erfahrungen mit der Entfernung und Zerstörung von Schadstoffen und insbesondere auch mit PFAS-Entfernung und Zerstörung aus Abwasser und Gasen gesammelt. Aktivkohle, insbesondere in mobilen Filtern, eignen sich hervorragend zur Reinigung von Abluftströmen von PFAS. Die Reaktivierung gesättigter Aktivkohle führt zu technisch vollständiger PFAS-Zerstörung im industriellen Maßstab wie dieser Beitrag zeigt und auch weithin akzeptiert ist [1,4,16,17,21].

2 Entfernung von PFAS aus der Wasserphase mittels Adsorption an Aktivkohle

Bei der Auslegung von PFAS-Adsorbern auf Aktivkohlebasis müssen mehrere physikalisch-chemische Prozessparameter sorgfältig berücksichtigt werden.

Auf der molekularen Ebene sind zum einen die chemischen Besonderheiten der PFAS-Moleküle selbst ausschlaggebend. Als amphiphile, neutrale oder ionische Spezies mit unterschiedlichen Kettenlängen können sie in molekularer oder aggregierter bzw. solvatisierter Form vorliegen. Zum anderen hat die, das PFAS-Molekül umgebende Matrix einen großen Einfluss, beispielsweise auf den hydrodynamischen Durchmesser, die Oberflächenpolarität, die Aggregation (durch Mizellenbildung) und die konkurrierende Adsorption anderer Spezies. Eine ausführliche Diskussion der molekularen Parameter für eine effektive PFAS-Adsorption an Aktivkohle ist in der Literatur zu finden [13]. Allgemeine Grundlagen zur Aktivkohleadsorption wie Isothermen (Freundlich) und Massentransferzone (MTZ) sind zu finden in [12,20].

Die Dissoziation von Säuren wie PFCA, PFSA (und ihren Fluortelomeren) und FASA ist eine Funktion des pH-Werts. Typische Säurekonstanten (pKa) von PFCA liegen zwischen 2 und 4, PFSA sind typischerweise saurer mit pKa unter 2 [8], während FOSA weniger sauer sind mit

pKa um 6. Das bedeutet, dass bei einem Betriebs-pH-Wert über dem pKa das Deprotonierungsgleichgewicht auf der Seite der ionischen Spezies liegt, was eine Adsorption an der meist unpolaren Aktivkohleoberfläche verhindert. Daher sollte der pH-Wert des Abwassers idealerweise unter dem niedrigsten pKa-Wert der enthaltenen PFCA und PFSA liegen. In diesem Fall können hohe PFAS-Beladungen auf der Aktivkohle erreicht werden.

Der pH-Wert des Abwassers ist häufig neutral und eine Ansäuerung würde zusätzliche Herausforderungen für die Abwasserbehandlung mit sich bringen. Daher ist in den meisten Fällen die Adsorption der ionischen PFAS über die Oberflächenladung der Aktivkohle der wichtigste Betriebsmechanismus bei höherem pH-Wert. Die Oberflächenladung der Aktivkohle wird durch ihre oberflächlichen Sauerstoffgruppen beeinflusst und kann durch den Ladungsnullpunkt (Point of Zero Charge - PZC) charakterisiert werden [12]. Bei einem Betriebs-pH-Wert unterhalb des Ladungsnullpunkts (pH(PZC)) ist die Aktivkohleoberfläche überwiegend positiv und kann ionische PFAS-Moleküle anziehen, siehe Bild 1. Da typische pH(PZC) bei etwa 5 bis 10 liegen – auch dem typischen Betriebs-pH-Bereich für die Abwasserbehandlung – sollte diese Aktivkohleeigenschaft berücksichtigt werden. Es ist jedoch wichtig zu erwähnen, dass diese elektrostatische Wechselwirkung zu niedrigeren Adsorptionenthalpien im Vergleich zur Adsorption innerhalb von Mikroporen führt. Daher wird eine Desorption wahrscheinlicher und die Konkurrenzadsorption gewinnt an Bedeutung für die Filterkonstruktion.

PFAS-Fluortelomere (FTOH, FTS) und Sulfonamidoethanole (FASE) dissoziieren in Abhängigkeit vom pH-Wert nicht in relevanten Mengen. Aufgrund ihrer Amphiphilie können sie jedoch Mizellen bilden, die eine geringere chemische Energie aufweisen (und daher bevorzugt werden) als an Aktivkohle adsorbierte Moleküle, insbesondere bei kürzeren Molekülketten. Für diese Moleküle ist die Wechselwirkung mit dem Lösungsmittel (Solvatation) ein wichtiger Parameter für die Adsorption. Da jedoch auch andere Abwasserbestandteile die Solvatationsenergie beeinflussen, z. B. Härte und COD (chemischer Sauerstoffbedarf organischer Moleküle), scheint keine allgemeine Regel anwendbar zu sein – außer der zunehmenden Adsorptionsneigung mit zunehmender Kettenlänge der fluorierten Kohlenstoffe.

Im Allgemeinen sollte das Porennetzwerk der Aktivkohle die Mobilität der PFAS-Spezies einschließlich ihrer Lösungsmittelhülle ermöglichen. Während kurzkettige PFAS (weniger als sechs C-Atome) am besten in Mikroporen mit einem Durchmesser von etwa einem Nanometer adsorbiert werden, benötigen langkettige PFAS möglicherweise ein Transportnetzwerk aus Mesoporen mit Durchmessern über 2,5 Nanometer. Eine zunehmende Trennung der unpolaren CF₂-Kette und der funktionalisierten Gruppe, z.B. Säure, d.h. langkettige PFAS, erhöht die Beladung der Aktivkohle durch elektrostatische Wechselwirkung. Darüber hinaus führen die schwefelhaltigen Homologen aufgrund ihres höheren Molekulargewichts oft zu einer höheren Beladung der Aktivkohle.

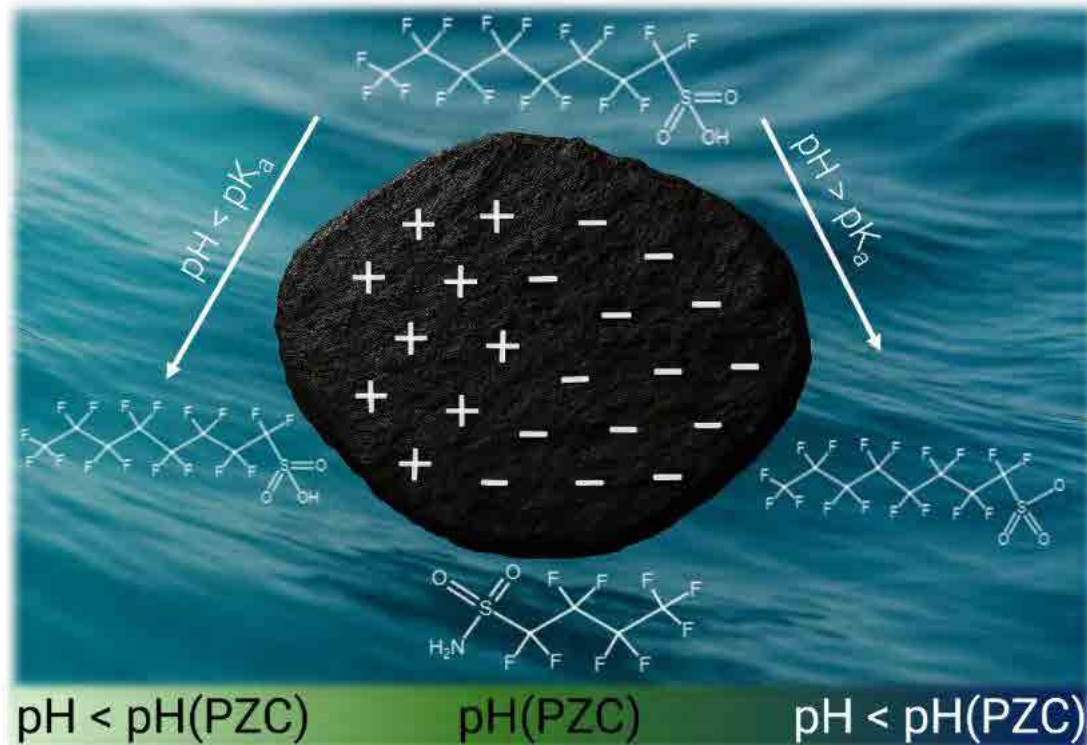


Bild 1: Schema der Wechselwirkung von pH-Wert der Flüssigkeitsschicht, der Dissoziation von PFCA/PFSA in Abhängigkeit der Säurekonstanten pK_a und der Oberflächenladung der Aktivkohle als Funktion des spezifischen Points of Zero Charge (PZC).

Oben beschriebener Effekt kann bspw. bei der Adsorption des kleinsten Mitglieds der PFCA, der Trifluoressigsäure (TFA) herangezogen werden. Als Metabolit von Pflanzenschutz- und Kältemitteln ist sie kürzlich als fortpflanzungsgefährdend, sehr persistent und sehr mobil eingestuft worden [15]. Sie ist ebenfalls vermutlich Produkt der unvollständigen Verbrennung in sauerstoffreicher Atmosphäre [6,21].

Auf makroskopischer Ebene muss die eingeschränkte Mobilität zwischen der fluiden Phase und der Aktivkohleoberfläche (feste Phase) berücksichtigt werden. Dabei kann eine Solvatationshülle zu einem eingeschränkten Stoffaustausch zwischen den Phasen führen, was eine Verlängerung der sogenannten Massentransferzone (MTZ) zur Folge hat. In der Praxis werden daher oftmals längere Leerbettkontaktzeiten (engl. Empty Bed Contact Time, EBCT) von mehr als 30 Minuten (anstelle von 15-20 Minuten für die Adsorption von Molekülen des chemischen Sauerstoffbedarfs, CSB) eingestellt. Aufgrund der oftmals sehr geringen PFAS-Konzentrationen ($< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ist der Konzentrationsgradient zwischen der fluiden und der festen Phase klein, was im Allgemeinen zu einer relativ geringen maximalen Beladung der Aktivkohle mit PFAS führt (wenige mg/kg). Wenn der Aktivkohlefilter für typische CSB-Konzentrationen ($> 20 \text{mg}/\text{l}$) ausgelegt ist, kann daher oftmals die maximale PFAS-Beladungskapazität des Filters nicht erreicht werden, es kommt zu einer frühen Durchbruchkurve und somit einer unvollständigen PFAS-Entfernung. Daher kann für die PFAS-Entfernung ein höheres Aktivkohlevolumen erforderlich sein. Wenn zwei Filter in Reihe betrieben werden, kann das Risiko einer Überschreitung des PFAS-Emissionsgrenzwerts durch Messungen zwischen den Filtern minimiert werden. So kann die Länge der MTZ tatsächlich bestimmt und die maximale Beladungskapazität von PFAS auf der Aktivkohle erreicht werden.

3 Analyse von PFAS und auf der Aktivkohle

Analysemethoden für die PFAS-Messung sind komplex. Aufgrund des amphiphilen Charakters von PFAS (siehe Abschnitt 1) ist ihre Trennung von der Matrix oft schwierig. In realen Wasserströmen enthält die Matrix häufig auch andere Schadstoffe, welche die Messmethoden nachteilig beeinflussen. Nicht zuletzt können sowohl die PFAS- als auch die Konzentration anderer Schadstoffe im Laufe der Zeit variieren. Zumeist liegen PFAS in sehr geringen Konzentrationen vor, oft in derselben Größenordnung wie die Bestimmungsgrenze (engl. Level of Quantification, LOQ) der verwendeten Methode für die individuellen PFAS-Spezies. In diesem Fall muss besonders auf die Empfindlichkeit der verwendeten Methode (Probenahme und Analysenmethode) geachtet werden. Darüber hinaus sollte das Messergebnis unter Berücksichtigung der Fehlermargen bei der Probenahme und der Analysemethoden für den analysierten Konzentrationsgrad mit Augenmaß diskutiert werden. Wenn beispielsweise ein PFAS-Signal detektiert aber unterhalb LOQ festgestellt wurde, ist es konservative Praxis, die LOQ-Konzentration für eine Massenbilanz heranzuziehen. Dies kann jedoch zu einer Überschätzung des PFAS-Massenstroms führen. Viele Messmethoden zielen auf definierte PFAS-Moleküle ab. Wenn aber auch Metabolite oder Reaktionsprodukte möglich sind wie bspw. in der chemischen Industrie oder der Abfallwirtschaft, ist es gut möglich, dass mittels der gezielten PFAS-Analyse nicht die Gesamtheit der enthaltenen PFAS abgedeckt wird. Eine Diskussion verschiedener PFAS-Analysemethoden ist in der Literatur zu finden [13,14]. Aufgrund der Komplexität der Messungen, sollten bei der Auslegung des Filtersystems die Durchbruchzeit des Aktivkohlefilters (siehe vorheriger Abschnitt) bekannt sein, um die Vorlaufzeit der analytischen Messergebnisse zu berücksichtigen. Da die meisten Methoden im Abgasbereich noch nicht akkreditiert sind, sollten bei der Verwendung unterschiedlicher Labore die Methoden und Ergebnisse verglichen werden – insbesondere bei Berichterstattung an die Behörden.

4 Technisch vollständige Zerstörung der PFAS auf der Aktivkohle mittels industrieller Aktivkohlereaktivierung

Nachdem der PFAS-haltige Strom durch Adsorption an Aktivkohle von PFAS gereinigt wurde, muss die gesättigte Aktivkohle (AK, sat) zur Oxidation und Mineralisierung der PFAS zu CO₂, HF, SO₂ etc. der kontinuierlich betriebenen Reaktivierungsanlage zurückgeführt werden. Produkt ist die sogenannte reaktivierte Aktivkohle (react). Die Zerstörungs- und Entfernungseffizienz (engl. Destruction and Removal Efficiency, DRE) ist in Gleichung 1 definiert. Hierbei werden die kontinuierlichen Massenströme (\dot{m}) mit ihren jeweiligen Konzentrationen c an PFAS oder PFAS-Fragmenten ($c(\text{PFAS, Fragmente})$), die gemäß Gleichung 1 in das System eintreten (PFAS auf Aktivkohle) und es verlassen (PFAS auf reaktiverter Aktivkohle und mit Index i PFAS im Abgas, in Aschen, in Wäscherflüssigkeit) in Beziehung gesetzt.

$$DRE = \frac{\dot{m}(\text{AK, sat}) \cdot c(\text{PFAS, AK, sat}) - \dot{m}(\text{react}) \cdot c(\text{PFAS, react}) - \sum_i \dot{m}_i \cdot c_i(\text{PFAS, Fragmente})}{\dot{m}(\text{AK, sat}) \cdot c(\text{PFAS, AK, sat})}$$

Das Schema in Bild 2 zeigt die Messpunkte der PFAS-Massenströme, die in Gleichung 1 eingehen. M1 steht beispielsweise für den eintretenden PFAS-Massenstrom, M2 für die reaktivierte Aktivkohle, M6 für PFAS, die das System mit der Flugasche und M9 für PFAS, die das System mit dem Abgas verlassen. Da das Wäscherwasser (M8) im Verdampfungskühler eingesetzt wird, wird dieser Strom nicht als austretend gesehen (wurde aber dennoch für die F-Bilanz gemessen).

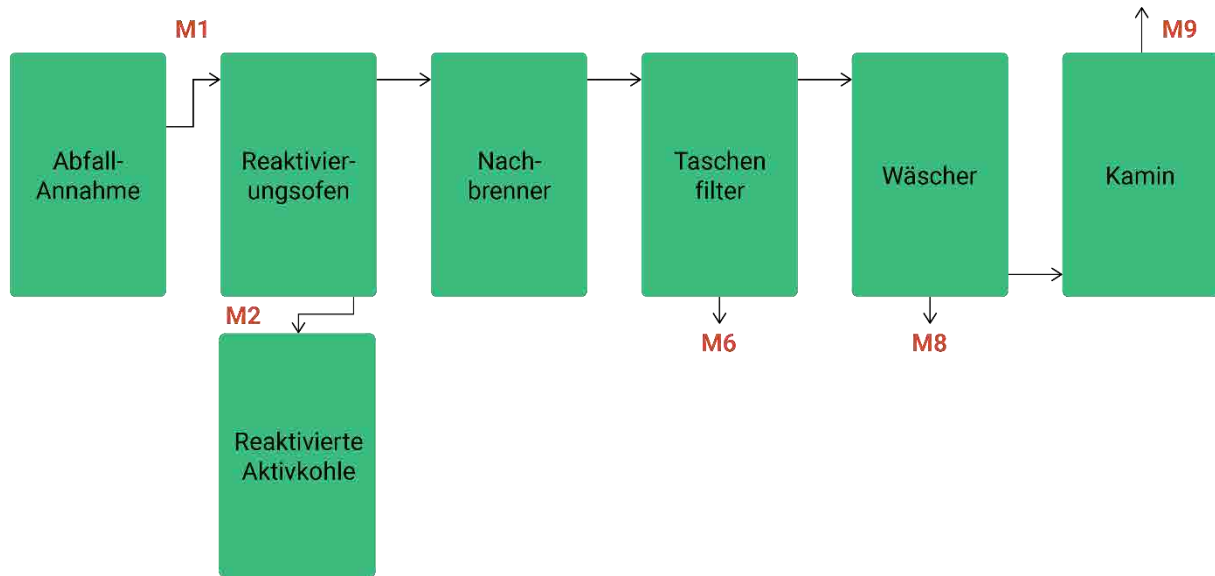


Bild 2: Schema der Reaktivierungsanlage, gezeigt sind die relevanten Berechnungspunkte (M), deren Messergebnisse in Gleichung 1 eingingen.

Tabelle 1 zeigt die PFAS-Massenbilanz über die industrielle Reaktivierungsanlage. Hierbei waren insbesondere drei Messmethoden relevant. Zum einen wurde von DESOTEC mit der DSTM-37 eine Methode zur Messung von 24 PFAS-Spezies auf Aktivkohle ($c(\text{PFAS, AK, sat})$ und $c(\text{PFAS, react})$) entwickelt, auf Basis der flämischen BVT CMA/3/D [3,5]. Aufgrund der Robustheit, Zuverlässigkeit und Aspekte der Qualitätssicherung dieser neuen Methode wurde diese nun in den Entwurf der flämischen BVT-Schlussfolgerungen aufgenommen [5]. Einzelheiten zur Methodenentwicklung finden sich in [2]. Die Messung eben dieser 24 sowie 15 weiterer technisch wichtiger PFAS-Spezies im Abgas der Reaktivierungsanlage wurde mittels der OTM-45, PID mittels der OTM-50 Methode und CF4 mittels der ISO 20 264 durchgeführt [7,18,19]. Die Gesamtfluorbilanz wurde mittels der Combustion Ion Chromatography (CIC) bestimmt. In der vorliegenden Studie wurde DRE von PFAS bestimmt, die in Abwasserfiltern eines europäischen Chemieherstellers aufgefangen wurden. Die maximale Reaktivierungstemperatur betrug 850 °C und die numerische Verweilzeit 105 Minuten. Details zur repräsentativen Probenahme über den 20 m³ Filter und zu Prozessparametern sind in der Literatur zu finden [13].

Tabelle 1: PFAS-Massenbilanz in der industriellen Reaktivierungsanlage, * indiziert die konservative Herangehensweise der Konzentrationsbestimmung (LOQ, s. Abschnitt 2)

	Einheit	M1 (AK, sat)	M2 (react)	M6 (Asche)	M9 (Kamin)
Aktivkohle	kg/h	750	730	24	-
Abgas	kg/h				9400
PFAS	mg/kg	49,5*	$1,5 \cdot 10^{-2}$ *	$4,0 \cdot 10^{-4}$ *	$1,4 \cdot 10^{-5}$ *
PFAS-Massenstrom	mg/h	37125	11,0	0,01	0,13

Gemäß Gleichung 1 kann also von einer DRE von über 99,97 % ausgegangen werden. Im Kamin wurde kein HF gemessen, wohl aber Fluorid im Wäscher, was auf eine Mineralisierung hindeutet. Die Fluor-Massenbilanz konnte auf der Grundlage der Gesamtfluoranalyse mit CIC in den Bilanzpunkten des Bildes 3 zu 96 % geschlossen werden. Somit kann die DESOTEC-Aktivkohlereaktivierung als Schadstoffsenke angesehen werden mit technisch vollständiger PFAS-Zerstörung.

Literaturverzeichnis

- [1] Baghirzade, B.S., Zhang, Y., Reuther, J.F., Saleh, N.B., Venkatesan, A.K., Apul, O.G., Thermal Regeneration of Spent Granular Activated Carbon Presents an Opportunity to Break the Forever PFAS Cycle,” Environmental Science & Technology 55 (2021) 5608-5619
- [2] Bolle, L., Houben, A., in Vorbereitung, 2025
- [3] DESOTEC, DSTM Protocol 37 – PFAS determination of activated carbon samples, 2024
- [4] DiStefano, R., Feliciano, T., Mimna, R.A., Redding, A.M., Matthis, J., Thermal destruction of PFAS during full-scale reactivation of PFAS-laden granular activated carbon, Remediation 32 (2022) 231-238
- [5] Flemish Institute for Technological Research (VITO), Compendium voor monsterneming en analyse in uitvoering van het Materialendecreet en het Bodemdecreet, Per- en polyfluoralkylverbindingen (PFAS) in bodem en sediment, CMA/3/D, 2025, https://reflabos.vito.be/2025/CMA_3_D.pdf, (Zugriff am 22.08.2025)
- [6] Gehrman, H.J., Taylor, P., Aleksandrov, K., Bergdolt, P., Bologna, A., Blye, D., Dalal, P., Gunasekar, P., Herremanns, S., Kapoor, D., Michell, M., Nuredin, V., Schlipf, M., Stapf, D., Mineralization of fluoropolymers from combustion in a pilot plant under representative european municipal and hazardous waste combustor conditions, Chemosphere 365 (2024) 143403
- [7] International Organization for Standardization, ISO 20264:2019, Stationary source emissions — Determination of the mass concentration of individual volatile organic compounds (VOCs) in waste gases from non-combustion processes, 2019
- [8] Interstate Technology & Regulatory Council, PFAS-Database, <https://pfas-1.itrcweb.org/4-physical-and-chemical-properties/> (Zugriff am 22.08.2025)
- [9] Joint Research Centre of the European Commission, Directorate B, EU-BRITE, DDG/GCH/ES/EU-BRITE/STM_Draft 1, February 2025, https://bureau-industrial-transformation.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/2025-02/STM%20BREF_D1_%20BW-bref.pdf (Zugriff am 18.09.2025)
- [10] Journal of the European Union, “Waste Framework Directive 2008/98,” 2008
- [11] Marsh F.R.R.H., Activated Carbon, New York, Elsevier, 2006
- [12] Reichert, D., Bolle, L. Removal and destruction of PFAS from gas streams through adsorption on activated carbon and subsequent spent carbon reactivation, Gefahrstoffe, VDI fachmedien, Düsseldorf, 2025, eingereicht
- [13] Smith, S.J., Lauria, M., Higgins, C.P., Pennell, K.D., Blotevogel, J., Arp, H.P.H., The Need to Include a Fluorine Mass Balance in the Development of Effective Technologies for PFAS Destruction, Environmental Science & Technology 58 (2024) 2587-2590
- [14] Umweltbundesamt Mai 2025, Trifluoressigsäure (TFA): Bewertung für Einstufung in neue Gefahrenklassen vorgelegt,

<https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/trifluoressigsaeure-tfa-bewertung-fuer-einstufung> (Zugriff am 18.09.2025)

[15] US Department of Defense, Interim Guidance on Destruction or Disposal of Materials Containing Per- and Polyfluoroalkyl Substances in the United States, 7/11/2023, Memorandum for Interim Guidance on Destruction or Disposal of Materials Containing PFAS in the U.S., https://www.acq.osd.mil/eie/eer/ecc/pfas/docs/news/Memorandum_for_Interim_Guidance_on_Destruction_or_Disposal_of_Materials_Containing_PFAS_in_the_U.S.pdf (Zugriff am 22.08.2025)

[16] US Department of Defense, Interim Guidance on the Destruction and Disposal of Perfluoroalkyl and Polyfluoroalkyl Substances and Materials Containing Perfluoroalkyl and Polyfluoroalkyl Substances - Version 2 (2024), 4/8/2024, Interim Guidance on the Destruction and Disposal of Perfluoroalkyl and Polyfluoroalkyl Substances and Materials Containing Perfluoroalkyl and Polyfluoroalkyl Substances--2024, <https://www.epa.gov/system/files/documents/2024-04/2024-interim-guidance-on-pfas-destruction-and-disposal.pdf> (Zugriff am 22.08.2025)

[17] US Environmental Protection Agency, Emission Measurement Center, OTM-45 Revision 1, 2025

[18] US Environmental Protection Agency, Emission Measurement Center, OTM-50 Revision 0, 2025

[19] Verein Deutscher Ingenieure, "3674 - Abgasreinigung durch Adsorption - Prozessgas- und Abgasreinigung," VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft - Band 6: Abgasreinigung - Staubtechnik, Düsseldorf, 2013

[20] Wang, J., Tran, L.N., Mendoza, J., Chen, K., Tian, L., Zhao, Y., Liu, J., Lin, Y-H., Thermal transformations of perfluorooctanoic acid (PFOA): Mechanisms, volatile organofluorine emissions, and implications to thermal regeneration of granular activated carbon" Journal of Hazardous Materials 479 (2024) 135737

Anschriften der Autoren

Dr. Dirk Reichert
DESOTEC Deutschland GmbH
Königsallee 2a
40212 Düsseldorf, Deutschland
+49 151 1653 3223
dirk.reichert@desotec.com

Lowie Bolle
DESOTEC N.V.
Regenbeekstraat 44
8800 Roeselare, Belgium
+32 486 145 367
lowie.bolle@desotec.com

Tobias Carstens
DESOTEC Deutschland GmbH
Königsallee 2a
40212 Düsseldorf, Deutschland
+49 151 5421 6462
tobias.carstens@desotec.com



Airsparging und Bodenluftabsaugung,
Containeranlagen in Niedersachsen

Work On Progress



Pump&Treat, Rüstungsalllast
Dethlinger Deich, Munster

Die Züblin Umwelttechnik GmbH ist im Konzernverbund der STRABAG SE einer der führenden europäischen Technologiekonzerne für Altlasten sanierung, Grund- und Bauwasserreinigung, Schlammaufbereitung, Sanierung von Sondermülldeponien sowie Bio-, Klär- und Deponiegasreinigung im In- und Ausland.

Mit einem eigenen Anlagenbau, innovativen In-situ-Verfahren, effizienten PFAS-Reinigungsanlagen, unserem vielfältigen Dienstleistungsspektrum und interdisziplinären Teams entwickeln wir für Sie individuelle und bezahlbare Lösungen für Mensch und Umwelt.

www.zueblin-umwelttechnik.com

Züblin Umwelttechnik GmbH

Zweigstelle Hamburg
Zuernweg 1, 21217 Seevetal
Tel. +49 40 2388187-12

Hauptsitz:

Stuttgart

Zweigstellen:

Berlin, Bremen, Chemnitz, Dortmund,
Frankfurt, Hamburg, Mailand, Rom,
Straßburg

ZÜBLIN
WORK ON PROGRESS



DIE FACHAUSSTELLUNG

- 1 Geiger Umweltsanierung GmbH & Co. KG
- 2 BAUER Resources GmbH
- 3 GBA Holding GmbH
- 4 GTU Mobility GmbH & Co. KG
- 5 LBA Luftbildauswertung GmbH
- 6 Eurofins Umwelt Ost GmbH
- 7 GuD Geotechnik und Dynamik Consult GmbH
- 8 Competenza GmbH
- 9 Züblin Umwelttechnik GmbH
- 10 Mull und Partner Ingenieurgesellschaft mbH
- 11 AGROLAB GmbH
- 12 AECOM Deutschland GmbH
- 13 UCL Umwelt Control Labor
- 14 Honold GmbH & Co. KG
- 15 Isodetect GmbH
- 16 ALS Germany GmbH
- 17 Arcadis Germany GmbH
- 18 Cornelsen Umwelttechnologie GmbH
- 19 HUESKER Synthetic GmbH
- 20 CETCO Sp. z o.o S.K.A.
- 21 INTRAPORE GmbH
- 22 V18 - Vereinigung der Sachverständigen und Untersuchungsstellen nach §18 BBodSchG e.V.
- 23 ZECH Umwelt GmbH
- 24 GESA Gesellschaft zur Entwicklung u. Sanierung v. Altstandorten mbH
- 25 STRABAG AG
- 26 HPC AG
- 27 IBV Hamburg GmbH & Co. KG
- 28 NTP GmbH
- 29 Berufsverband Deutscher Geowissenschaftler e.V.
- 30 SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH
- 31 ERICH SCHMIDT VERLAG GmbH & Co.KG
- 32 Z-Design Dipl.-Ing. Werner Zyla GmbH

Anschriften der Aussteller und Sponsoren

AAV – Verband für Flächenrecycling und Altlastensanierung

Ruhrhang 2
45525 Hattingen
Tel.: +49 (0)2324 50 94-0
E-Mail: info@aav-nrw.de
www.aav-nrw.de

AECOM Deutschland GmbH

Mainzer Landstr. 181
60327 Frankfurt/Main
Tel.: +49 (0)6102 3050360
E-Mail: frankfurt.europe@aecom.com
www.aecom.com

AGROLAB GmbH

Jenaer Str. 1
84034 Landshut
Tel.: +49 (0)871 973091-0
E-Mail: zentrale@agrolab.de
www.agrolab.com

ahu GmbH

Kirberichshofer Weg 6
52066 Aachen
Tel.: +49 (0)241 90 00 11-0
E-Mail: info@ahu.de
www.ahu.de

ALS Germany GmbH

Oststr. 7
48341 Altenberge
Tel.: +49 (0)2505 890
E-Mail: DE_info@ALSGlobal.com
www.alsglobal.com

Arcadis Germany GmbH

Europaplatz 3
64203 Darmstadt
Tel.: +49 (0)6151 3880
michael.reinhard@arcadis.com
www.arcadis.com

avocado rechtsanwälte

Spichernstraße 75-77
50672 Köln
Tel.: +49 (0)221 39071 143
E-Mail: koeln@avocado.de
www.avocado.de

BAUER Resources GmbH

Bereich Bauer Umwelt
BAUER-Str. 1
86529 Schrobenhausen
Tel.: +49 (0)8252 97-3106
E-Mail: BMU.Schrobenhausen@bauer.de
www.bauer.de

Berufsverband Deutscher Geowissenschaftler e. V. (BDG)

Mittelstr. 2-10
53175 Bonn
Tel.: +49 (0)228 696601
E-Mail: bdg@geoberuf.de
www.geoberuf.de

CETCO Sp. z o.o.S.K.A.

Korpele nr. 13 A -Strefa
12-100 Szczytno-Polen
Tel.: +49 (0)151 61474081
Mail: sebastian.nierth@mineralstech.com
www.mineralstech.com/cetco

Competenza GmbH

NL Nord
Harburger Schloßstr. 30
21079 Hamburg
Tel.: +49 (0)40 261260210
E-Mail: info@competenza.com
www.competenza.com

Cornelsen Umwelttechnologie GmbH

Graf-Beust-Allee 33
45141 Essen
Tel.: +49 (0)201-52 037-0
E-Mail: office@cornelsen.group
www.cornelsen.group

Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. KG

Genthiner Str. 30 G
10785 Berlin
Tel.: +49 (0)30 2500850
E-Mail: d.waechter@esvmedien.de
www.esv.info

Eurofins Umwelt Ost GmbH

Lindenstr. 11
09627 Bobritzsch-Hilbersdorf
Tel.: +49 (0)3731 2076500
E-Mail: umwelt-freiberg@etdach.eurofins.com
www.eurofins-umwelt.de

Anschriften der Aussteller und Sponsoren

GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH

Goldtschmidtstraße 5
21073 Hamburg
Tel.: +49 (0)40 797172-0
E-Mail: sales@gba-group.de
www.gba-group.com

Geiger Umweltsanierung GmbH & Co. KG

Wilhelm-Geiger-Straße 1
87561 Oberstdorf
Tel.: +49 (0)8322 18-0
E-Mail:
umweltsanierung@geigergruppe.de
www.geigergruppe.com

GESA Gesellschaft zur Entwicklung und Sanierung von Altstandorten mbH

Schöneberger Ufer 89-91
10785 Berlin
Tel.: +49 (0)30 24513665
E-Mail: berlin@gesa-info.de
www.gesa.info.de

GuD Geotechnik und Dynamik Consult GmbH

Darwinstr. 13
10589 Berlin
Tel.: +49 (0)30 78 90 890
E-Mail: office@gudconsult.de
www.gudconsult.de

GTU Mobility GmbH & Co. KG

Heidenkampsweg 74-76
20095 Hamburg
Tel.: +49 (0)511 908990
E-Mail: kontakt@gtu-gruppe.de
www.gtu-gruppe.de

HIM GmbH

Bereich Altlastensanierung
-HIM-ASG-
Waldstr. 11
64584 Biebesheim
Tel.: +49 (0)6258 895-3717
E-Mail: asg@him.de
www.him-asg.de

Honold GmbH & Co. KG

Zum Niederhof 27
51588 Nürnbergrecht
Tel.: +49 (0)2291 912 08 91
E-Mail: info@honold-umwelt.de
www.honold-umwelt.de

HPC AG

Nördlinger Str. 16
86655 Harburg
Tel.: +49 (0)9080 999-0
E-Mail: info@hpc.ag
www.hpc.ag

HUESKER Synthetic GmbH

Fabrikstraße 13-15
48712 Gescher
Tel.: +49 (0)2542 27010
E-Mail: info@huesker.de
www.HUESKER.de

IBV Hamburg GmbH & Co. KG

Haferweg 46
22769 Hamburg
Tel.: +49 (0)40 8971230
E-Mail: umwelt.geo@hamburg-ibv.de
www.hamburg-ibv.de

INTRAPORE GmbH

Katernberger Str. 107
45327 Essen
Tel.: +49 (0)201 858 958-0
E-Mail: info@intrapore.com
www.intrapore.com

Isodetect GmbH

Deutscher Platz 5 b
04103 Leipzig
Tel.: +49 (0)341 35535855
E-Mail: kuntze@isodetect.de
www.isodetect.de

LBA Luftbildauswertung GmbH

Ludwigstr. 17 B
70176 Stuttgart
Tel.: +49 (0)711 286929-0
E-Mail: info@lba-luftbildauswertung.de
www.lba-luftbildauswertung.de

Anschriften der Aussteller und Sponsoren

Mineral Waste Manager GmbH

Lindberghring 1
33142 Büren
Tel.: +49 (0)30 726214930
E-Mail: info@mineral-waste-manager.de
www.mineral-waste-manager.de

Mull und Partner

Ingenieurgesellschaft mbH
Hans-Böckler-Allee 9
30173 Hannover
Tel.: +49 (0)511 12314 100
E-Mail: hannover@mup-group.com
www.mullundpartner.de

NTP Umwelt

Pliniusstr. 6
48488 Emsbüren
Tel.: +49 (0)5903 6483 000
E-Mail: info@ntp.de
www.ntp.de

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH

Im Maisel 14
65232 Taunusstein
Tel.: 08002225666
E-Mail: de.sbo.envi@sgs.com
<https://sgs-institut-fresenius.de/>

STRABAG Umwelttechnik GmbH

Otto-Schmerbach-Straße 20
09117 Chemnitz
Tel.: +49 (0)371 33428-600
E-Mail: joachim.huebner@strabag.com
www.strabag-umwelttechnik.com

UCL Umwelt Control Labor GmbH

Josef-Rethmann-Straße 5
44536 Lünen
Tel.: +49 (0)2306 24090
E-Mail: info@ucl-labor.de
www.ucl-labor.de

V18 Vereinigung der Sachverständigen und Untersuchungsstellen nach §18

BBodSchG

Blumenstr. 18
93055 Regensburg
Tel.: +49 (0)941 20863361
E-Mail: info@v18-ev.de
www.v18-ev.de

WESSLING Consulting Engineering GmbH & Co. KG

Kohlenstr. 51 - 55
44795 Bochum
Tel.: +49 (0)234 68970
E-Mail: info@wessling-ce.de
www.wessling-consulting-engineering.de

Z-DESIGN UMWELTTECHNIK

Dipl.-Ing. Werner Zyla GmbH
Henkerberg 20
88696 Owingen a. Bodensee
Tel.: +49 (0)7551 9209 11
E-Mail: info@z-design.de
www.z-design.de

ZECH Umwelt GmbH

Hansator 20
28217 Bremen
Tel.: +49 (0)421 41007-0
E-Mail:
kontakt@zech-umwelt.com
www.zech-umwelt.com

Züblin Umwelttechnik GmbH

Maulbronner Weg 32
71706 Markgröningen
Tel.: +49 (0)7145 9324-257
E-Mail: umwelttechnik@zueblin.de
www.zueblin-umwelttechnik.com



Bild: HCC

2027

sehen wir uns
in Hannover

14.-16. April 2027

HCC