

# IBS

Initiative  
Brownfield Solutions

# IN-SITU

ist die Zukunft der

# Brownfield Sanierung

und bietet auch Ihnen  
entscheidende Vorteile zur  
Kosten- und Zeitersparnis





# Für eine nachhaltige Zukunft

Sehr geehrte Leserinnen und Leser,

in einer sich stetig wandelnden Welt, geprägt von Herausforderungen, wie der Suche nach zukünftigen Energiequellen, der Reduzierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen und der Sicherung einer ausreichenden Wasserversorgung, tritt eine entscheidende Aufgabe in den Vordergrund: die Entwicklung und Qualität unserer Böden. Die Dekarbonisierung und der Schutz natürlicher Ressourcen sind untrennbar mit dem Zustand unserer Böden verbunden.

## Eine nachhaltige Vision

Es zeugt von Verantwortungsbewusstsein, dass die Bundesregierung bis 2050 das Flächenverbrauchsziel Netto-Null anstrebt, um eine nachhaltige Flächenkreislaufwirtschaft zu erreichen. Dieses mutige Ziel fordert von uns neue Denkweisen und Lösungsansätze, um im Einklang mit unserer Umwelt zu handeln und eine lebenswerte Zukunft zu gestalten, denn gleichzeitig benötigen wir Raum für unsere stetig wachsende Gesellschaft, um neuen Wohnraum und Infrastrukturen zu schaffen.

## Brownfield to Greenfield

Die Lösung für den wachsenden Flächenbedarf liegt vor allem in der Revitalisierung kontaminierter Brachflächen; den sogenannten Brownfields. Durch die Umwandlung dieser oft vernachlässigten Gebiete in grüne Oasen können wir nicht nur wertvolle Flächen einsparen, sondern auch unsere urbanen Zentren aufwerten. Brownfield to Greenfield - eine Vision, die nicht nur eine nachhaltige Stadtentwicklung ermöglicht, sondern auch der Natur Raum zur Rückkehr gibt.

## Ein Paradigmenwechsel im Altlastenmanagement

In der Vergangenheit kam fast ausschliesslich das "Dig & Dump"-Verfahren (Auskoffern und Deponieren) zur Anwendung, um mit Altlasten umzugehen. Doch zunehmend erkennen wir die Dringlichkeit einer schonenden und nachhaltigen Herangehensweise an diese Problematik. Die in-situ Sanierung, bei der Schadstoffe direkt vor Ort saniert werden, gewinnt immer mehr an Bedeutung. Regierungen und Umweltbehörden weltweit erkennen den Wert dieser innovativen Methode und unterstützen sie nachdrücklich.

## Die Vorteile der in-situ Sanierung

In-situ Sanierungen bieten eine Vielzahl von Vorteilen, die es zu würdigen gilt. Zum einen ist diese Methode deutlich schneller als traditionelle Ansätze, was eine schnellere Wiederherstellung der Flächen ermöglicht. Zum anderen erweist sie sich als deutlich kostengünstiger, da lediglich die baulich notwendigen Aushubarbeiten vorzunehmen sind. Zusätzlich bietet die in-situ Sanierung ein hohes Maß an Rechtssicherheit, basierend auf jahrzehntelangen praktischen Anwendungen. Nicht zuletzt verzeichnet diese Methode einen deutlich geringeren CO<sub>2</sub>-Verbrauch.

## Die Zukunft ist in-situ

Mit dieser Broschüre bieten wir Ihnen Informationen zu unserer Initiative Brownfield Solutions IBS und eine Auswahl an inspirierenden Beispielen für erfolgreiche in-situ Sanierungen, die uns in der Praxis des Altlastenmanagements immer wieder begegnen. Kommen Sie gern auf uns zu. Wir sind uns sicher: Unser Research bringt eine State of the Art Lösung, auch für Ihr Projekt.

Sie werden sehen, heutzutage ist fast alles in-situ lösbar.

Mit besten Grüßen

Kurt Maass  
Sprecher der Initiative Brownfield Solutions IBS  
CEO & Co-Founder der Geobality Europe GmbH

# Unsere Mission

Nachhaltige in-situ Sanierungen für eine bessere Zukunft

BEST  
PRACTICE

## Best-Practice Transfer

Als Vorreiter in der Branche der in-situ Sanierungen ist es unsere Mission, diese umweltfreundlichen Praktiken in den Mittelpunkt unserer Arbeit zu stellen und einen positiven Wandel zu fördern.

### ...eine 20 jährige Erfolgsgeschichte

Seit über 20 Jahren setzen Industrie, Pharmakonzerne und zunehmend Altlasten-Sanierungsverbände auf in-situ Sanierungen als bevorzugte Methode zur Behandlung von stark kontaminierten Grundstücken. Diese Sanierungsmethode ermöglicht es, Schadstoffe direkt vor Ort zu entfernen, ohne die Notwendigkeit des Aushubs und des Transports auf Deponien. Sie minimiert nicht nur die Umweltauswirkungen, sondern spart auch Zeit und Kosten.

04

Vor diesem Hintergrund sehen wir eine Herausforderung in der Branche der Immobilienprojektentwicklung, wo die Praxis des "Dig & Dump" oder "Pump & Treat" die übliche Herangehensweise ist. Hier werden kontaminierte Böden bei Bauprojekten ausgehoben und auf Deponien entsorgt oder durch aufwändige Pump- und Aufbereitungsprozesse langfristig gemanagt. Dieser Ansatz mag auf den ersten Blick praktisch erscheinen, jedoch hat er erhebliche negative Auswirkungen auf die Umwelt, die Kosten und die Nachhaltigkeit von Bauprojekten.

Unser Ziel ist es, den „Best-Practice Transfer“ zu fördern und die Vorteile der in-situ Sanierungen für die gesamte Branche zugänglich zu machen, zudem sie sich verstärkt mit kontaminierten Grundstücken konfrontiert sieht. Mit der Initiative Brownfield Solutions IBS arbeiten wir daran, Immobilienprojektentwicklern und anderen Interessengruppen zu zeigen, dass in-situ Sanierungen effizientere und nachhaltigere Wege bieten, mit kontaminierten Standorten umzugehen. Unsere Expertise und unser Engagement für Umweltschutz helfen uns, Lösungen zu entwickeln, die nicht nur den ökologischen Fußabdruck minimieren, sondern auch langfristig Kosten einsparen und den Wert von Immobilienprojekten steigern.

### Preisentwicklung von Deponien zur Entsorgung kontaminierter Böden\*

Insgesamt steht die Entsorgung kontaminierter Böden vor großen Herausforderungen, da die verfügbaren Deponien begrenzt sind, die Kosten steigen und immer wieder neue Schadstoffe entdeckt werden.

Dies erfordert innovative Ansätze und Technologien, um die Umweltauswirkungen zu minimieren und die Kosten unter Kontrolle zu halten.



\* Bei Deponierungen müssten Rückstellungen in der Bilanz erfolgen, da bei einer Insolvenz des Deponiebetreibers das Verursacher-Prinzip zur Geltung kommt.



## Vorteile der in-situ Sanierung

- ▶ **Echte Sanierung:** Keine bloße Verlagerung der Altlasten auf Deponien.
- ▶ **Kostenersparnis:** Vermeidung teurer Deponiekosten bei "Dig & Dump".
- ▶ **Nachhaltig:** Behandlung des Bodens an Ort und Stelle für langfristige Lösungen.
- ▶ **Weiterarbeiten:** selbst bei laufendem Betrieb und sogar unter bestehenden Gebäuden. Die einmal eingebrachten Substanzen sanieren den Boden - unabhängig davon, was an seiner Oberfläche geschieht.
- ▶ **Umweltfreundlich:** Minimierung des Bodenabtrags und geringere Umweltauswirkungen.
- ▶ **Zeitgemäß:** Einsatz modernster Methoden und Techniken zur Bodenreinigung.
- ▶ **ESG:** 5 Sonderpunkte zur Erzielung des Gold- / Platinstandards bei der DGNB-Zertifizierung durch in-situ Sanierung.

Diese Vorteile machen in-situ Sanierungsmethoden zu einer attraktiven Wahl bei der Bewältigung von Bodenkontaminationen.

05

## Nachteile der Standards in der Sanierungsszene

### Dig & Dump

(Aushub & Deponierung)

- ▶ **Hohe Kosten:** Aushub und Deponierung sind teuer, da große Mengen Boden bewegt und auf Deponien entsorgt werden müssen.
- ▶ **Transportrisiko:** Der Transport kontaminierter Böden zu Deponien birgt das Risiko von Verschüttungen und Umweltauswirkungen auf dem Weg und hinterlässt einen negativen CO<sub>2</sub>-Fußabdruck.
- ▶ **Umweltauswirkungen:** Dieser Prozess kann erhebliche Umweltauswirkungen haben, einschließlich Bodenverschlechterung oder gar Bodenverlust. Somit gehen wertvolle Ressourcen verloren.

### Pump & Treat

(Pumpen & Behandeln)

- ▶ **Langwierig und teuer:** Pump & Treat-Verfahren können Jahre bis Jahrzehnte dauern, und die Betriebskosten sind hoch.
- ▶ **Energieverbrauch:** Die kontinuierliche Behandlung von Grundwasser erfordert einen erheblichen Energiebedarf.
- ▶ **Keine Bodenreinigung:** Diese Methode behandelt nur das Grundwasser und nicht den kontaminierten Boden selbst.

### Versiegelung

(oder Abdeckung)

- ▶ **Keine dauerhafte Lösung:** Versiegelung ist keine nachhaltige Lösung, da die Kontaminanten langfristig im Boden verbleiben. Die Versiegelung ist behördlich kaum noch Genehmigungsfähig.
- ▶ **Kosten für Wartung:** Die Wartung und Überwachung von Versiegelungen ziehen langfristige Kosten mit sich.
- ▶ **Begrenzt die Nutzung:** Das Land kann nach der Versiegelung oft nicht für andere Zwecke genutzt werden und wenn, nur durch Entsiegelung und resultierender Sanierungsverpflichtung.

# Erfolg aus einer Hand

## Initiative Brownfield Solutions

### Partner der Initiative

Unsere individuellen „State of the Art“ Lösungen bei der Sanierung von Altlasten bieten uns Möglichkeiten, stark kontaminierte Flächen wirtschaftlich sinnvoll zu entwickeln, um sie dann dem Immobilienmarkt wieder zuzuführen.

Innerhalb der IBS vereinen wir alle nötigen Disziplinen, um Ihre kontaminierte Fläche erfolgreich zu sanieren.

06

Die **Geobality Europe** GmbH übernimmt die komplette Steuerung des Bodensanierungsprozesses.

Dies beginnt mit einer kostenlosen Ersteinschätzung zur Machbarkeit einer in-situ Sanierung innerhalb von 7-10 Tagen, die auf Basis der vorhandenen Bodengutachten mit belastbaren Aussagen zu Kosten, Sanierungsdauer und Genehmigungsfähigkeit zur Verfügung gestellt wird.

Nach Auftragsvergabe koordiniert die Geobality alle erforderlichen Schritte des Sanierungsprozesses. Dies umfasst die Erkundung, Partnerwahl, Erstellung des Sanierungsplans, Durchführung des Sanierungsprozesses, bis hin zur Abnahme des sanierten Grundstücks durch die Genehmigungsbehörde.



### Projektsteuerung



**Kurt Maass**  
CEO & Co-Founder  
Sprecher der  
Initiative Brownfield Solutions IBS



**Dr. Stephan Hüttmann**  
Geschäftsführender  
Gesellschafter

**Sensatec** GmbH ist der Spezialist für in-situ Verfahren für Grundwasser- und Bodensanierung, sowie u.a. die Beseitigung von PFAS-Verunreinigungen.

Mit unserer über 18-jährigen Erfahrung im Bereich der Analyse und Sanierung von Umweltschäden sind wir stolz darauf, zu den Marktführern in Zentraleuropa zu gehören.

Unsere herausragende Expertise wird durch mehr als 400 erfolgreich abgeschlossene Referenzprojekte bestätigt.



Die **HPC International SAS** gehört zur HPC AG Gruppe, hat aber ihre eigenen hochentwickelten Spezialkompetenzen zur nachhaltigen und transparenten Absicherung von Entwicklungsprojekten auf Brownfields, sowie Altlasten-Projekten.

HPC International verfügt über mehr als 30 Jahre Erfahrung in der Projektabwicklung und frühzeitiger Erkennung technischer & finanzieller Projektfallen sowie „Dealbreaker“.



## Umwelt-Engineering & Budget- und Rechtssicherheit



**Dr. Frank Karg**  
Geschäftsführender  
Gesellschafter (CEO)

**Ulrike Hintzen**  
Standortleiterin



## Identifikation & Vermarktung



**Rudolf Hämel**  
Geschäftsführender  
Gesellschafter



**Marcus Schraft**  
Partner Stuttgart

Die **LogReal.DieLogistikImmobilie** GmbH ist ein RealEstate Solutions Center mit jahrzehntelanger Erfahrung im DACH in den Bereichen Logistik, Gewerbeparks und Datacenter. Wir sind Ihr Partner für innovative Lösungen und bei der Suche nach Grundstücken für Business-, Unternehmer- und Smart-Logistics-Parks sowie Urban Facilities.

Im Rahmen der IBS bieten wir umfassende Dienstleistungen an, darunter Vermarktung, Vermietung, Verkauf, Standortberatung, Standortmarketing, Immobiliendesign und Logistikinfrastruktur.

Unsere Expertise umfasst auch zukunftsorientierte An- und Verkaufsberatung, einschließlich ESG-Richtlinien, Multimodalität und Gleisanschluss/Railport-Entwicklungen.

Geobality Europe GmbH initiierte die IBS mit der Zielsetzung bei der Entwicklung von Brownfields eine maximale Kosten- und Nachhaltigkeits-Optimierung zu erzielen. Dies erfolgt durch eine vorzugsweise Anwendung von in-situ Sanierungen (vor-Ort Behandlungen von Altlasten). Durch die Revitalisierung von kontaminierten Brownfields unterstützen wir Immobilien-Projektentwickler bei der erfolgreichen Umsetzung ihrer Projekte.

# Services

## Initiative Brownfield Solutions

### Erfolgreiche Standortsanierung.

Mit dem Ziel, eine maximale Budget- und Rechtssicherheit zu wahren, müssen Umwelt- und Finanzrisiken vermieden bzw. bewältigt werden. Heute sind wir in der Lage, Flächenrecycling mit einem nachhaltigen sowie erfolgreichen Kosten-Nutzen-Effekt zu versehen.



### Kundenvorteile bei Projekten mit der Initiative Brownfields Solutions:

**Sicher & rechtssicher** – durch Ermittlung & Ausschaltung von Risiken (Dealbreaker) innerhalb weniger Tage durch Due Diligence, TERQ\*-Bewertung und Identifizierung von Aktionsbedarf durch Risikoermittlung.

**Schnell** – durch minimal invasive Sanierungsanwendungen sowie durch digitale Echtzeit-Analysen (während der Erkundung) und durch ein konzentriertes IBS-Gesamtmanagement (Erkundung, Bewertung, Sanierung und gutachterliche Begleitung zur Behördenabstimmung).

**Alles aus einer Hand** – von der Erkundung & Bewertung (numerische Standortszenarien) sowie Sanierung durch hauseigene Technologien (z.B. standortspezifische Entwicklung von schadstoffabbauenden Bakterien als auch eigenen Technikerteams und Maschinenpark), bis hin zum sanierten Brownfield, sowie Grundstücksentwicklung & -vermarktung mit Behördenabstimmung.

**Kostensparend** – über 40 bis 60 % Kosteneinsparungen sind i. d. Regel nachweislich durch in-situ-Sanierungen möglich und können mit vergleichbaren Machbarkeitsstudien garantiert werden (im Vergleich zu herkömmlichen Sanierungen).

\* Toxikologische Expositions-Risiko Quantifizierung zur transparenten Gefahrenabwehr gemäß BBodSchG §9(1), BBodSchV § 15(4) sowie BA161a durch Risiko-basierte Altlastenbehandlung



## Unsere Projektsteuerung im Überblick

- ▶ Identifikation der Kontaminationsquelle
- ▶ Digitales Datenmanagement und numerische Simulation, GIS-Anwendungen
- ▶ Auswahl der beteiligten Unternehmen
- ▶ Gesamtmanagement aller beteiligten Strukturen
- ▶ Berücksichtigung aller kunden- und projektspezifischen Belange
- ▶ Erstellung eines Sanierungskonzepts
- ▶ Terminplanung und Überwachung
- ▶ Kostenkontrolle
- ▶ Koordination und Kommunikation mit den Behörden
- ▶ Risikomanagement
- ▶ Qualitätssicherung
- ▶ Dokumentation aller relevanten Informationen und Maßnahmen, sowie ordnungsgemäße Archivierung

09

## Know How Transfer als Katalysator für Ihre Projektentwicklung

### **Videokonferenzen** - Ihr Einstieg in das Thema

- ▶ Unsere Videokonferenzen bieten eine zeitsparende und flexible Möglichkeit, sich mit den Grundlagen der in-situ Sanierung vertraut zu machen und zu entscheiden, ob eine vertiefte Auseinandersetzung mit dem Thema für Sie oder Ihr Unternehmen von Interesse ist.

### **Tagesseminare** - Spezialwissen für Entscheider

- ▶ Mit unserer Seminarreihe „Brownfield Solutions“ zum Thema in-situ Sanierungen kontaminierter Flächen veranstalten wir bundesweit Tagesseminare.

### **Inhouse-Präsentationen** - Flexibilität und Effizienz

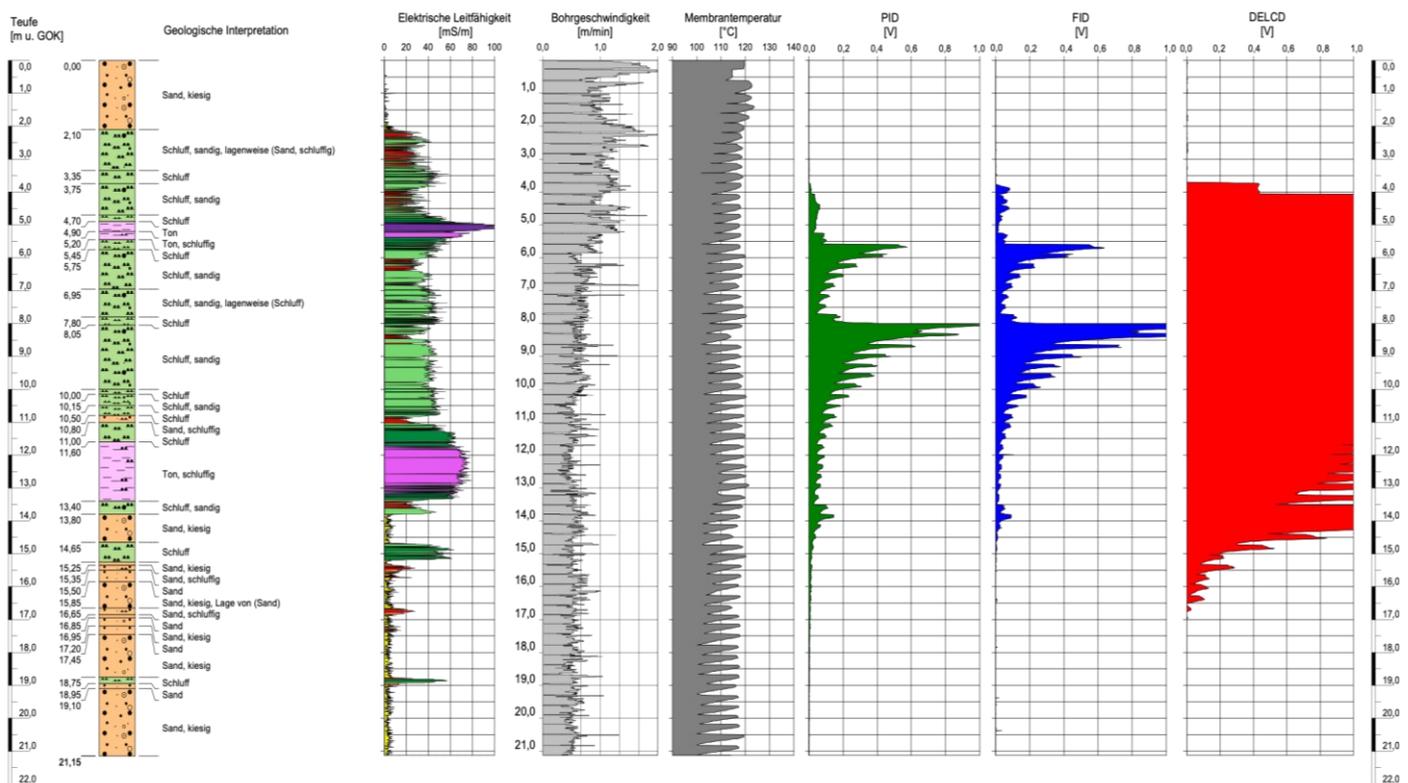
- ▶ Um den Reiseaufwand der Teilnehmer sowie auch die Herausforderung bei den Terminabstimmungen zu reduzieren, bieten wir einen kompakten Workshop direkt bei interessierten Objektentwicklern in deren Unternehmen an.
- ▶ Hierzu stimmen wir gerne eine maßgeschneiderte Inhouse-Präsentation mit Ihnen ab.

# Bohrerkundung

## Erkundungstechnik für die in-situ Sanierung

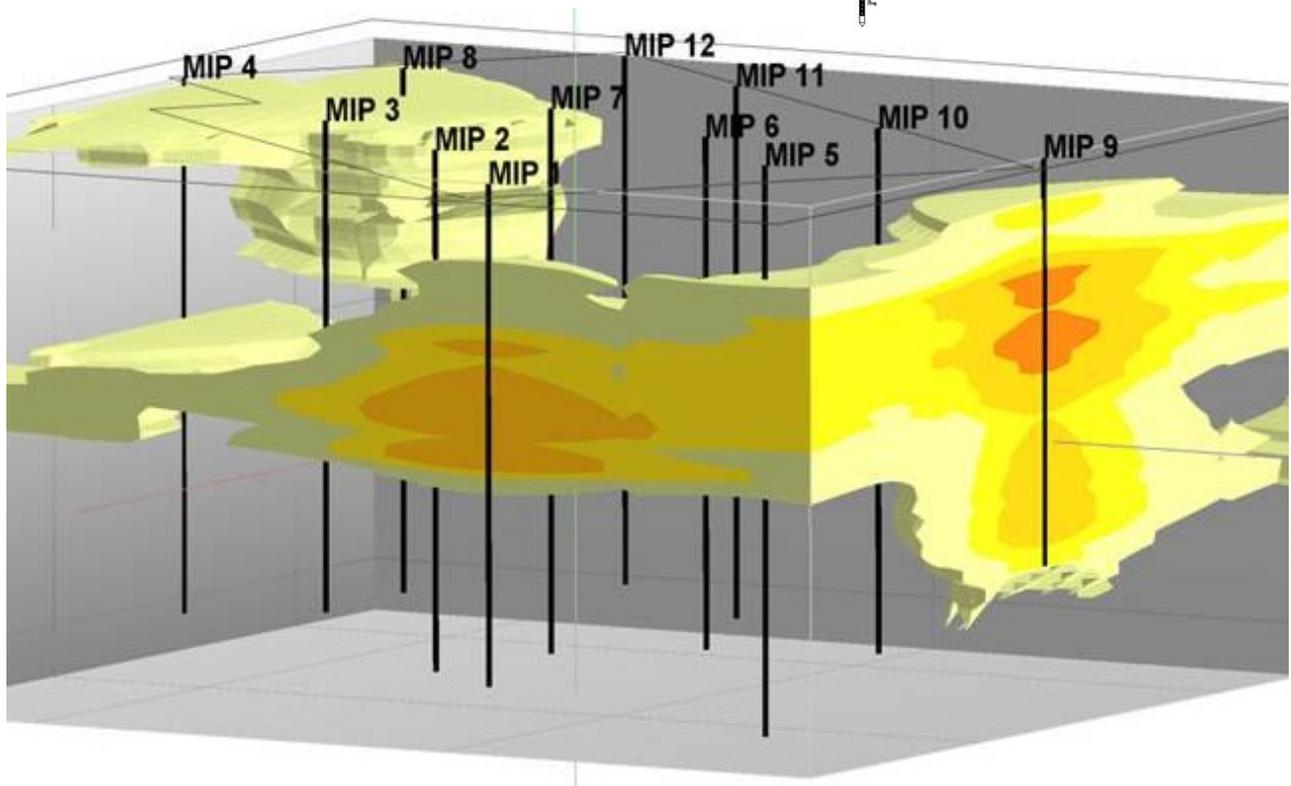
### Beispiel MIP-Sondierungen (Membrane Interface Probe)

Für die Erkundung von Umweltschäden führen wir u. a. Direct-Sense- und Direct-Push-Sondierungen mit Geoprobe-Technologien aus. Mittels Direct-Sense Verfahren können Strategien zur Altlastenuntersuchung von Schadstoffquell- und Fahnenbereichen dynamisch angepasst werden und so gegenüber konventionellen Erkundungskonzepten eine Reduzierung der Untersuchungsdauer und -kosten erzielt werden.



3D-Visualisierung der Schadstoffdaten – Architektur der Kontamination

Die hochauflösenden Verfahren ermöglichen eine bestmögliche Beschreibung der oft heterogenen Untergrundverhältnisse.



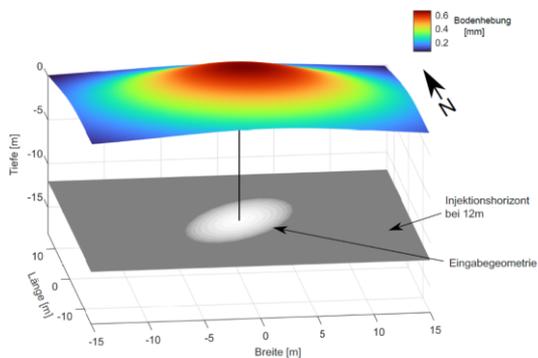
# Targeted Solids Emplacement (TSE®)

## Feststoffinjektionen für die in-situ Sanierung

### TSE® Verfahrensbeschreibung

Kernelement des Verfahrens ist die zielgerichtete Injektion einer hochviskosen Wirkstoffsuspension mittels hydraulischen Drucks über ein Bohrgestänge direkt in die schadstoffhaltigen Untergrundbereiche. Das Abteufen der Bohrung erfolgt mit unseren leistungsstarken Geoprobe® - Maschinen.

12



Kartierung mit Bodenneigungsmetern „Tiltmeter Geophysics“

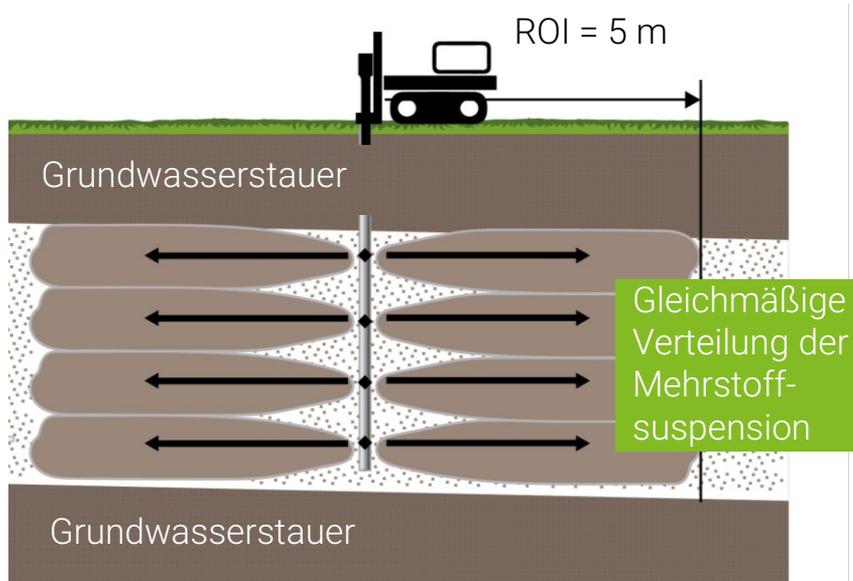
Messung der Bodenneigung (Winkel und Richtung) während des Injektionsvorganges Auswertung als 3D-Modell.

**Nachweisung** der Wirkstoffverteilung

Bildung **vernetzte** Wegsamkeiten durch eingegebene Wirkstoffe

### TSE® – fortgeschrittene in-situ Technik:

- ▶ Zielgerichtete Injektion von Feststoffen
- ▶ Ergänzung für in-situ Sanierungstechnologien
- ▶ Anwendung verschiedenster Wirkstoffe (oxidativ, reduktiv, chemisch, biologisch)
- ▶ Wirksamkeit bei nahezu allen Schadstoffen und den unterschiedlichsten geologischen Bedingungen, inklusive Festgestein
- ▶ Erfahrung aus über 20 Jahren Technologieanwendungen weltweit
- ▶ Kostenvorteile gegenüber Alternativen



Durch die Injektion während des Bohrvorgangs wird ein Netzwerk von feinen Schichten in einem großen Wirkungsradius um die Injektionsstelle erzeugt.

Die Sanierungsreagenzien werden so in direkten Kontakt zu den Kontaminanten gebracht, selbst in schlecht wasserdurchlässigen Bodenstrukturen.

13

## In-situ Injektionstechnik passt auf jede Baustelle!



- Bilder aus der Praxis -



# Referenzen

## Eine Erfolgsgeschichte

### Nachhaltige in-situ Sanierungen: Beispiele und Erfahrungen aus unserer Praxis

Unsere Erfolgsgeschichte in der in-situ Sanierung von stark kontaminierten Grundstücken ist eng mit langjährigen Partnerschaften und dem tiefen Vertrauen unserer Kunden in unsere Expertise verknüpft.

Innerhalb unseres Konsortiums bedienen die Partner seit vielen Jahren Unternehmen der Großindustrie und haben sich dort als zuverlässiger Partner für in-situ Sanierungen einen Namen gemacht.

Die Seite, auf der Sie sich gerade befinden, widmet sich einer Auswahl von Unternehmen, die diesem Verfahren ihr Vertrauen schenken und gemeinsam mit uns erfolgreich in-situ-Sanierungen durchführen.

14

Für uns sind diese Referenzen nicht nur eine Auflistung von Firmenlogos, sondern ein Beweis für das Vertrauen, das bei den Kunden gewonnen wurde. Es ist die Anerkennung unserer Fähigkeit, selbst die anspruchsvollsten Sanierungsprojekte zu meistern. Die Zusammenarbeit mit diesen Unternehmen hat nicht nur zu erfolgreichen Projekten geführt, sondern auch unsere Expertise und unsere Qualitätsstandards auf ein höheres Niveau gehoben.

Dieses Vertrauen ist der Antrieb hinter unserer kontinuierlichen Verbesserung und unserem Bestreben, stets erstklassige in-situ Sanierungslösungen anzubieten. Wir sehen unsere Kunden als Partner, die mit uns gemeinsam an der Bewältigung drängender Umweltauswirkungen arbeiten. Ihr Vertrauen motiviert uns, innovative Ansätze zu entwickeln und bewährte Methoden weiter zu perfektionieren.

Auf den folgenden Seiten finden Sie Beispiele erfolgreicher Standortsanierungen. Um Ihnen die Suche nach bestimmten Referenzprojekten zu erleichtern, stellen wir Ihnen gerne – entsprechend Ihren individuellen Vorstellungen – vergleichbare Projektreferenzen zusammen.

Wir verstehen, dass jedes Projekt einzigartig ist und sind bereit, Ihnen maßgeschneiderte Lösungen anzubieten, die Ihren spezifischen Anforderungen gerecht werden.

Wir sind stolz darauf, diese langjährigen Beziehungen zu pflegen und unsere Partnerschaften zu vertiefen. Ihre Zufriedenheit ist unser größter Erfolg, und wir freuen uns darauf, auch in Zukunft gemeinsam mit Ihnen an nachhaltigen Lösungen für kontaminierte Standorte zu arbeiten.



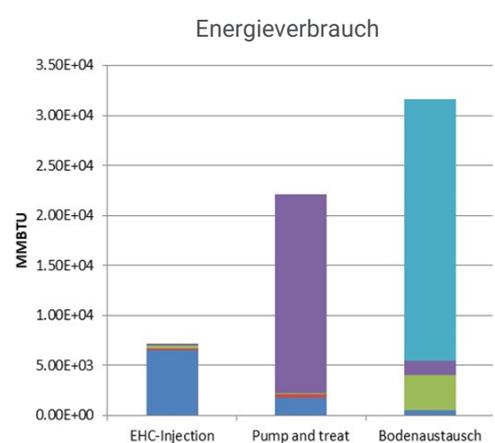
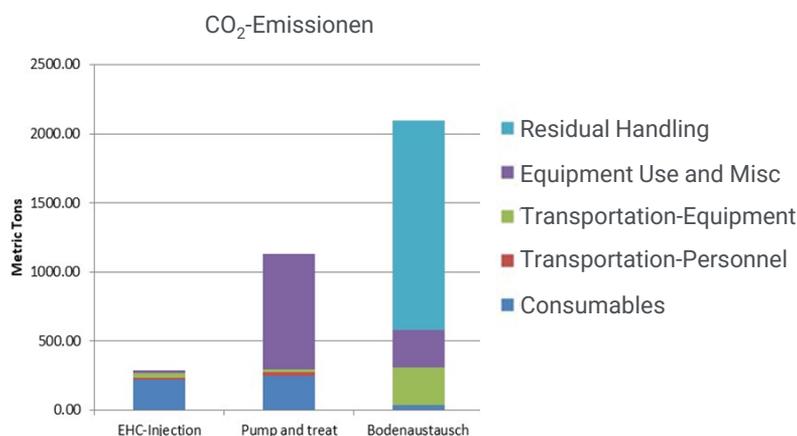
Kunden innerhalb des Konsortiums IBS



**...und auch die Umwelt profitiert!**

Ergebnisse einer Nachhaltigkeitsbewertung mittels Sitewise™:

- ▶ Im Fallbeispiel entstanden durch das in-situ Verfahren 86 % geringere CO<sub>2</sub> – Emissionen, im Vergleich zu einem Bodenaustausch



# In-situ-Sanierung von PAK- & BTEX-Kohlenwasserstoffen

per mikrobiologischer DNBA\*-Behandlung

## Umweltschutz am Rhein: Erfolgreiche Altlastensanierung einer industriellen Hinterlassenschaft

Es ist allgemein bekannt, dass entlang des Rheins Altlasten, die auf vergangene industrielle Tätigkeiten zurückzuführen sind, leider keine Seltenheit sind. Aufgrund der historischen industriellen Entwicklung und der einst weitverbreiteten Verwendung verschiedener Chemikalien und Öle besteht in der Gegend ein erhöhtes Risiko für Bodenverunreinigungen.

Die Sanierung von Altlasten ist eine komplexe Aufgabe, die nicht nur technisches Know-how erfordert, sondern auch ein tiefes Verständnis für die Auswirkungen auf die Umwelt und die lokale Gemeinschaft. Es ist uns ein Anliegen, nicht nur das Ergebnis unserer Arbeit zu präsentieren, sondern auch das Bewusstsein für die Bedeutung der Altlastensanierung zu stärken.

16

### Wie kam es zu dieser Kontamination und warum wurde es notwendig, dass die Schadstoffe entfernt werden mussten?

Auf einer Altlast am Rhein einer carbochemischen Industrieanlage\*\* mit Anwendung von Teerölen und Lösemitteln, verblieben Boden-, Bodenluft- und Grundwasser-Kontaminationen durch polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) sowie BTEX & HET (NSO-Heterozyklen).

Im Rahmen der Standortentwicklung sollte vorab die Altlast saniert werden.



### ...es hat sich gelohnt

Die ursprünglich anvisierte Sanierung durch Bodenaushub und Grundwasser-Pump-Maßnahmen (P&T) sollte durch HPC INTERNATIONAL in einer vergleichenden Machbarkeitsstudie auf Nachhaltigkeit und Kosteneffizienz geprüft werden. Es ergab sich, dass die hydraulische Grundwassersanierung und Bodenaushub (Dig & Dump) etwa 12,5 - 13 Millionen € gekostet hätten.

Die HPC-Machbarkeitsstudie zeigte, dass die mikrobiologische in-situ Sanierung viel nachhaltiger & kostengünstiger ist. Die Sanierung kostete lediglich € 2,2 Millionen und war damit über € 10 Millionen günstiger als die herkömmliche Methode.

Bei einem In-situ Sanierungsverfahren wird die Kontamination direkt vor Ort unschädlich gemacht.

\* Dynamisierte Natural Bio-Attenuation

\*\* Auf Wunsch des vorherigen industriellen Standortbetreibers wird der Standortname „CA“ vertraulich behandelt.



# In-situ-Sanierung von Kohlenwasserstoffen

per mikrobiologischer & biochemischer Behandlung

Wie kam es zu dieser Kontamination und warum wurde es notwendig, dass die Schadstoffe entfernt werden mussten?

Auf einem Brownfield einer ehemaligen industriellen Automotive-Aktivität mit Anwendung von Schneid- und Brennölen sowie Lösemitteln verblieb eine Altlast mit Bodenverunreinigungen durch Kohlenwasserstoffe (HC5- 40 und vor allem HC>12 & BTEX).

Im Rahmen der Standortentwicklung sollte vorab die Altlast saniert werden.

18



...es hat sich gelohnt

Die ursprünglich geplante Bodenbehandlung durch Bodenaushub und Deponie-Entsorgung sollte durch HPC INTERNATIONAL in einer vergleichenden Machbarkeitsstudie auf Nachhaltigkeit und Kosteneffizienz geprüft werden.

Die Definition der Sanierungszielwerte erfolgte via TERQ (Toxikologische Expositions-Risiko-Quantifizierung, gemäß BBodSchG § 9(1) & BBodSchV § 15(4)).

Auf Wunsch des vorherigen industriellen Standortbetreibers wird der Standortname: „CR“ vertraulich behandelt.

Es ergab sich, dass die Deponie-Entsorgung des Bodenaushubs (Dig & Dump) etwa € 6,5 – 7,2 Millionen gekostet hätte. Die HPC-Machbarkeitsstudie aber zeigte, dass die mikrobiologische- & bio-chemische in-situ Sanierung wesentlich nachhaltiger & kostengünstiger ist.

Sie war mit nur € 1,2 Millionen erheblich günstiger. Darüber hinaus war eine erheblich bessere CO<sub>2</sub>-Bilanz durch den vermiedenen LKW-Verkehr (ESG++) zu verzeichnen.

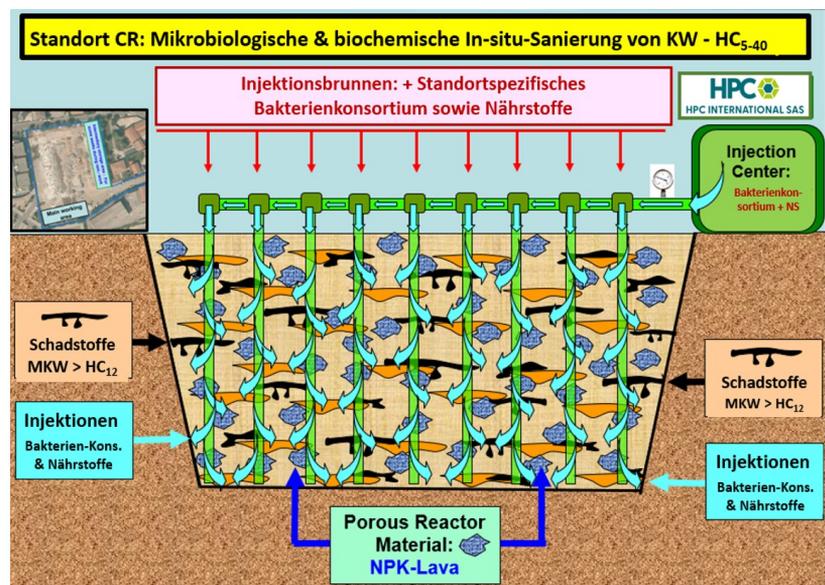


## Ablauf der Sanierungsmaßnahme

Nach der genauen Ermittlung des Sanierungskonzepts und des (mit den Behörden abgestimmten) Sanierungsplans erfolgte die Sanierungsdurchführung durch SENSATEC unter der Begleitung durch die HPC INTERNATIONAL.

Dabei kamen standort- spezifische Bakterienkonsortien zum Einsatz, welche per PCR (genetisch) selektiert und als mikrobiologisches Konsortium wieder Infiltriert wurden.

Zusätzlich fanden dazu eigens entwickelte biochemisch-aktive Nähr- & Wirkstoffe (zur in-situ Oxygenierung, etc.) ihre Anwendung.



Weitere Details:

- ▶ Standort « CR » (vertraulich), ehemals Automotive
- ▶ Behandeltes Bodenmaterial: 4.700 m<sup>3</sup> (8.300 t)
- ▶ Sanierungszeit: 32 Monate (Ende 2023)
- ▶ Schadstoffe: aliphatische Kohlenwasserstoffe (HC5-40; vor allem HC12) sowie BTEX (aromatische Kohlenwasserstoffe) und etwas LHKW (TCE)

## Vorteile der in-situ Sanierung

- ▶ Kostenersparnis > € 5 Millionen
- ▶ Besseres ESG-Ranking durch Wegfall CO<sub>2</sub>-Emissionen und dem nicht mehr nötigen Abtransport von 8.300 t Boden (ca. 415 LKW-Transporte), der sich verkehrsberuhigend auswirkte
- ▶ Gleichzeitige Standortentwicklung während der in-situ Behandlung durch zusätzliche on-site-Behandlung des für Fundamente nötigen Aushubs

# In-situ Sanierung von LHKW (TCE, PCE, etc.) sowie Chrom-6 (CrVI)

per mikrobiologischer DNBA\* - & ISCR\*\* - Behandlung

Diese Stoffgruppe klingt bereits so, als wäre ihr schwer beizukommen: leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe, LHKW. Sind sie einmal in den Boden gesickert, sind sie kaum zu fassen. Eingesetzt werden LHKW, um Metalle zu entfetten, Farbe zu entfernen oder Textilien zu reinigen.

Die Chemikalien sind besonders gut untersucht, finden sie sich doch an vielen Orten wieder – so auch auf dieser Rüstungs-altlast der Luftfahrtindustrie.

Wie kam es zu dieser Kontamination und warum wurde es notwendig, dass die Schadstoffe entfernt werden mussten?

Die jahrelange Anwendung von chlorierten Lösemitteln (LHKW) und Chrom-6 (CrVI) führte dazu, dass Kontaminationen durch TCE, DCE, TCE, VC (Vinylchlorid und CrVI) im Boden-, Bodenluft- und Grundwasser verblieben.

Im Rahmen der weiteren Standortentwicklung sollte die Altlast sowie der hydrogeologische Abstrom saniert werden.



20

...es hat sich gelohnt

Die ursprünglich anvisierte Sanierung durch Bodenaushub und Grundwasser-Pump-Maßnahmen (P&T) sollte durch HPC INTERNATIONAL in einer vergleichenden Machbarkeitsstudie auf Nachhaltigkeit und Kosteneffizienz geprüft werden.

Die Definition der Sanierungszielwerte erfolgte via TERQ (Toxikologische Expositions-Risiko-Quantifizierung, gemäß BBodSchG § 9(1) & BBodSchV § 15(4)).

Extrapoliert sah die Entwicklung der Konzentration ganz danach aus, als würde eine konventionelle hydraulische Grundwassersanierung mit Bodenaushub (Dig & Dump), aufgrund der Pump & Tread Maßnahme (P&T), zwischen 27 und 35 Jahre dauern. Das ist enorm. Angesichts dieses Zeithorizonts und den erwarteten Kosten von € 7,2 – 7,8 Millionen wurde nach anderen Lösungen gesucht.

Die HPC-Machbarkeitsstudie zeigte, dass die Kombination von Bodenluftabsaugung (SVE) & mikro-biologischer in-situ Sanierung viel nachhaltiger & kostengünstiger ist. Die Kosten lagen bei nur 1,4 Millionen €. Zusätzlich erfolgte eine erheblich bessere CO<sub>2</sub>-Bilanz durch den vermiedenen LKW-Verkehr, sowie einer Einsparung von Stromkosten der vermiedenen hydraulischen Sanierung (ESG+). Bei einem In-situ Sanierungsverfahren wird die Kontamination direkt vor Ort unschädlich gemacht.

\* Dynamisierte Natural Bio-Attenuation

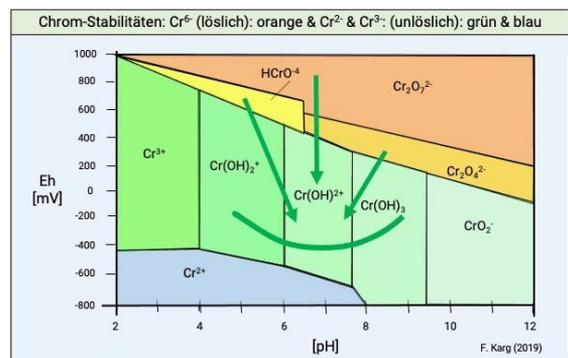
\*\* in-situ chemische Reduktion

\*\*\* Auf Wunsch des vorherigen industriellen Standortbetreibers wird der Standortname „BU“ vertraulich behandelt.



## Ablauf der Sanierungsmaßnahme

Nach der genauen Ermittlung des Sanierungskonzepts und des mit den Behörden abgestimmten Sanierungsplans erfolgte die Sanierungsdurchführung. Dabei kamen standortspezifische Bakterienkonsortien zum Einsatz, welche per PCR (genetisch) selektiert und als mikrobiologisches Konsortium wieder infiltriert wurden. Zusätzlich erfolgten dazu Injektionen von spezifischen Substraten & Nährstoffen durch eine Verteilerstation (siehe die Abb.). CrVI wurde dabei bei einem Eh von etwa -250 mV zu unlöslichem und an Mineralien gebundenem CrIII reduziert.



21

## Vorteile der in-situ DNBA Sanierung

- ▶ Kostenersparnis von mindestens € 5,8 Millionen
- ▶ Besseres ESG-Ranking durch Wegfall von CO<sub>2</sub>-Emissionen und dem nicht mehr nötigen Abtransport von Boden und dem Wegfall der P&T (Grundwasserpumpen und Behandlung)-Maßnahme
- ▶ Weitere Standortentwicklung während der laufenden biologischen in-situ Sanierung
- ▶ Rechtssicherheit durch Sanierungsgarantie auf Basis einer DNBA-Machbarkeitsstudie

### Weitere Details:

- ▶ Standort « BU »\*\*\* (vertraulich), High-Tech-Rüstungsalblast
- ▶ Behandelter Bodenaquifer & GW: etwa: 61.000 m<sup>3</sup> (l)
- ▶ Sanierungszeit: 14 Monate (bis Ende 2022) anstatt >20 J.
- ▶ Schadstoffe: chlorierte Lösemittel (LHKW): CrVI, TCE



# Sanierung PFAS kontaminierter Böden mittels Biopolymeren

Forschungsprojekt

## PFAS – die ewige Chemikalie

Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen, kurz PFAS, sind keine natürlich vorkommenden Substanzen und sind als „ewige Chemikalien“ bekannt. Sie werden seit Ende der 1940 Jahre hergestellt und sind in Industrie- und Konsumgütern allgegenwärtig. PFAS gelten als praktisch unverwüchtlich und reichern sich in der Umwelt an.

Die allerwenigsten Fluorchemikalien, sogenannte PFAS, sind reguliert und die EU-Kommission plant, auf einen Schlag rund 10.000 der Chemikalien zu verbieten. Denn die Gefahr für die Gesundheit wächst und die Kosten für Entsorgung und Verbrennung lassen Flächennutzungen, wie auch Projektentwicklungen scheitern.

Trotz der komplexen Strukturen dieser giftigen Chemikalien kann die IBS inzwischen eine sichere und preiswerte Sanierung von PFAS ermöglichen, um somit Projektentwicklungen wirtschaftlich funktionieren zu lassen.

In der Region Rastatt hat die landwirtschaftliche Ausbringung von Papierabfallschlämmen zu einer sehr großen Verschmutzung durch PFAS geführt.

Im Rahmen eines vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Projekts wurde die innovative Technologie zur In-situ-Sanierung von PFAS im Boden durch Waschen von PFAS unter Verwendung von Protein-Biopolymeren entwickelt und in der Gemeinde Hügelsheim, durch Sensatec in die Praxis umgesetzt.

22

## KMU-innovativ Verbundprojekt Biokon

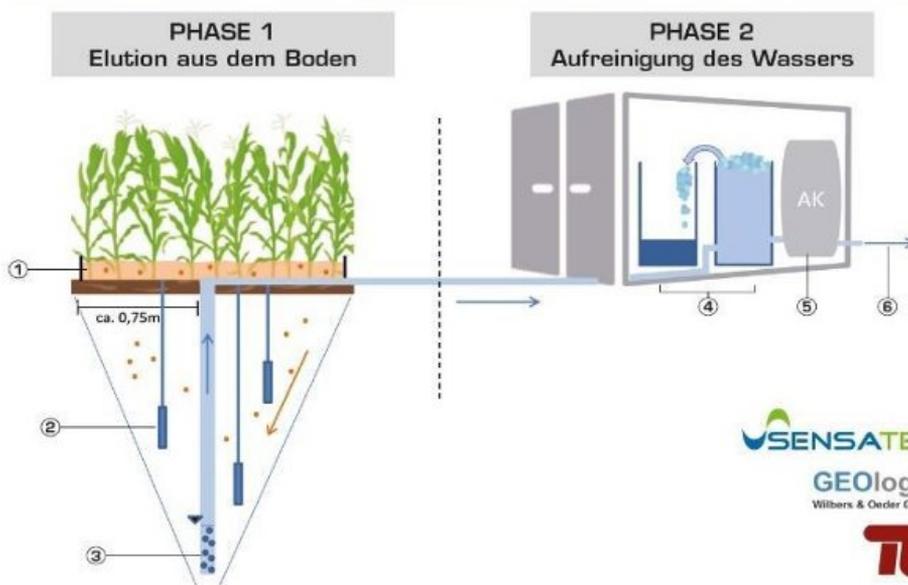


Abb. 1 und 2: Schema des In-situ Waschverfahrens von PFAS über Protein-Biopolymere

- ① Wässrige Lösung von Protein-Biopolymeren
- ② In-situ Probennehmergeräte
- ③ Extraktionsbrunnen
- ④ Regenerierung durch Flotation und Recycling von Protein-Biopolymeren
- ⑤ Nachbehandlung durch GAC
- ⑥ Behandeltes Wasser



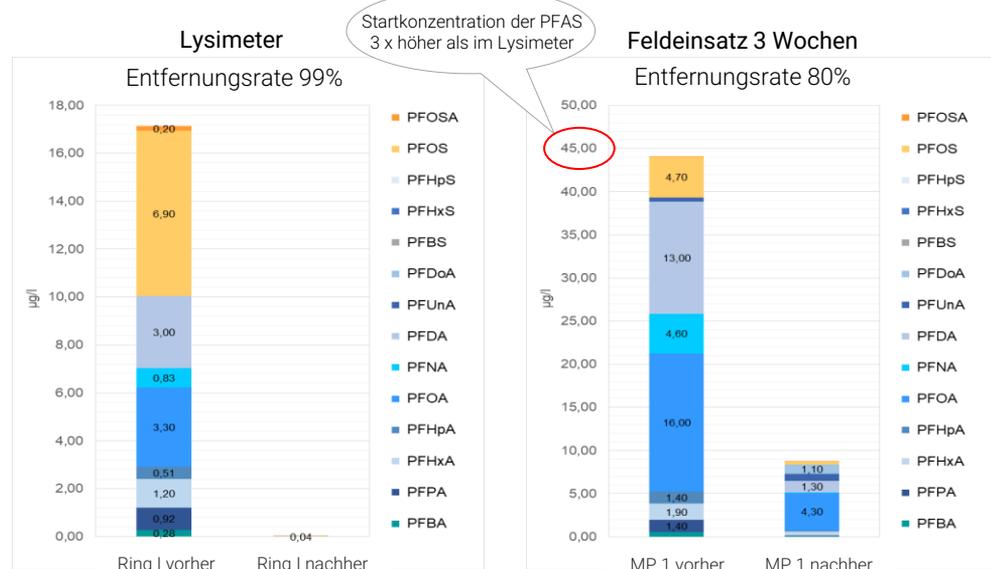
## Das Konzept der Reinigung von verschmutzten Böden durch Waschen basiert auf der Bindung von PFAS an Protein-Biopolymere.

Dazu wurde nach einer technischen und wirtschaftlichen Machbarkeitsstudie der Boden durch Versickerung einer Lösung mit niedrig konzentrierten Biopolymeren ausgelaugt. Auf dem Weg von der Infiltration der Waschlösung zum Grundwasser binden die Bio-Polymere an die im Boden vorhandenen PFAS, um sie zu eluieren und über einen Waschkreislauf an die Oberfläche zu transportieren. An der Oberfläche erfolgt die Regeneration der Protein-Biopolymere und die Abtrennung der PFAS durch eine Nachbehandlung des Waschwassers.

Die Technologie der dann folgenden Abtrennung von PFAS erfolgt in einer Flotationsanlage mit anschließender Nachbehandlung auf einer Aktivkohle vom Typ GAC. Nach Behandlung und Regenerierung werden Waschwasser und die recycelten Protein-Biopolymere wiederverwendet und für einen neuen Bodenwaschkreislauf neu gefiltert. Diese Technologie arbeitet in einem geschlossenen Kreislauf und ist für die Behandlung von gesättigten und ungesättigten Zonen geeignet.

### Standort und Details

- **Gemeinde Hügelsheim:**  
Deutschland (Baden-Württemberg)
- **Behandeltes Volumen:**  
2.200 m<sup>3</sup> (3.900 t)
- **Schadstoffe:**  
PFAS, insbesondere perfluorierte Carbonsäuren und Sulfonsäuren wie PFDA, PFOA...



### Deponierung

inkl. Wiedereinbau & Transportwegen zur Deponie

mind. 300 EUR pro m<sup>3</sup>

bei Verbrennung

> 1.000 EUR pro m<sup>3</sup>

### in situ/on-site

ausgehend vom Vergleichs-Standort Hügelsheim, für 10 000 m<sup>3</sup> Boden

< 100 EUR pro m<sup>3</sup>

Verfahren wird in FuE-Vorhaben weiter optimiert, zusammen mit MuP, UFZ, Geologik



IBS  
Initiative Brownfield Solutions

by Geobality Europe GmbH  
Grosse Elbstrasse 145 c - 22767 Hamburg  
[www.initiative-brownfield-solutions.de](http://www.initiative-brownfield-solutions.de)