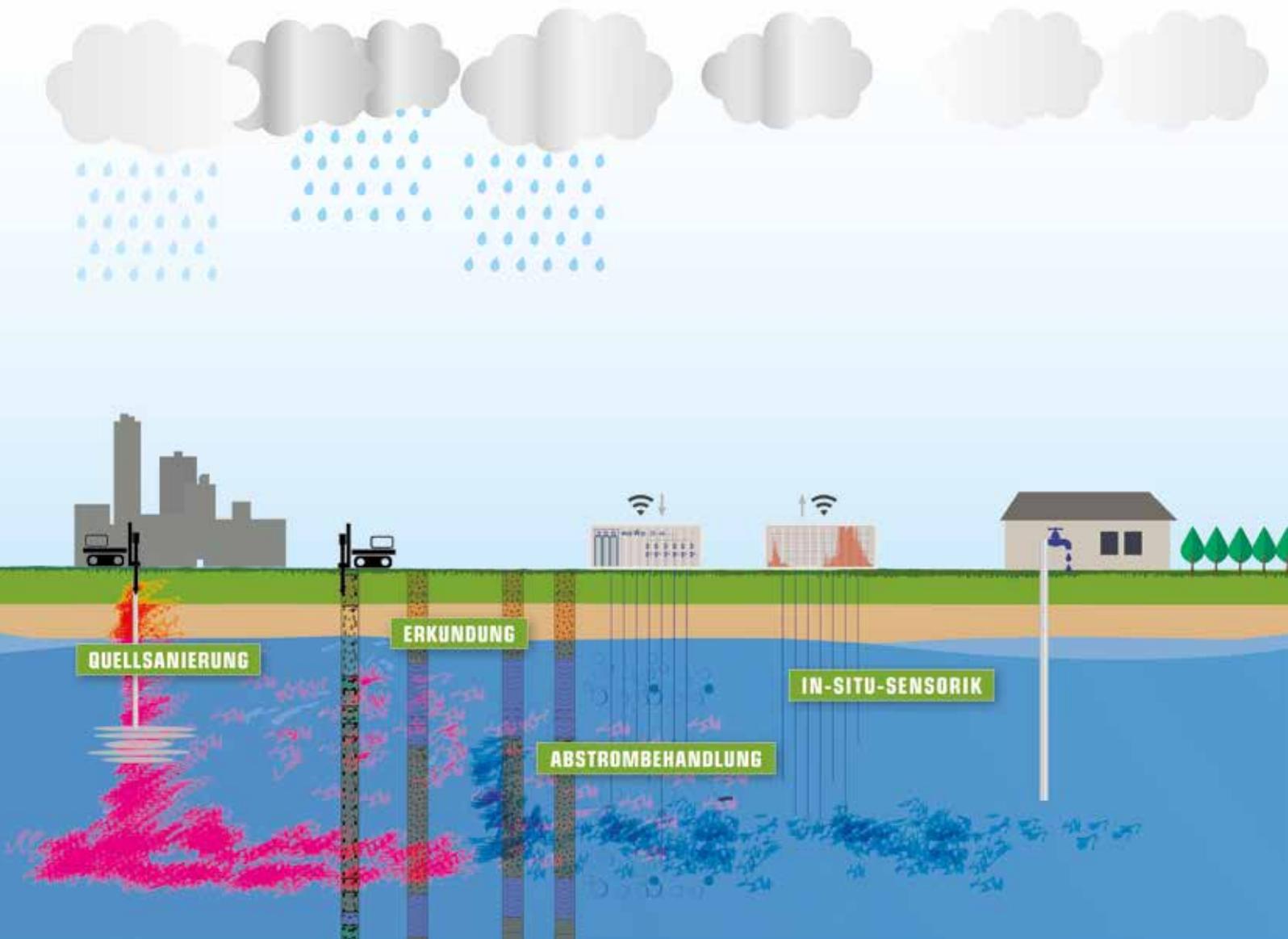


## TECHNOLOGIEN FÜR SAUBERE WASSERKREISLÄUFE



Grundwassersanierung

Bohrtechnologie

Prozesstechnisches Labor

Sensortechnik

Umweltbiotechnologie

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



# REFERENZEN

Automobilwirtschaft & Verkehr	AIRBUS, DB AG, VW AG, Daimler AG, Lufthansa
Bergbau, Flächenrekultivierung	LMBV, Brandenb. Bergbauamt
Chemieproduktion, -distribution	Brenntag, Biesterfeld, Dow Chemical, Lehmann + Voss, Wacker
Industrieproduktion	Carl Zeiss AG, OTIS, NXP Semiconductors, Siemens
Militärliegenschaften	GMSH (STOV), US Army, BBG
Mineralölwirtschaft	Shell, Mobil Oil, Oiltanking, Tanquid, Total, BP
Öffentliche Auftraggeber	Dresden, Duisburg, Bremen, Hamburg, Kiel, Berlin, Potsdam
Projektentwicklung, Immobilienwirtschaft	DIAG, DIBAG, KiWi, EGNO, S-Immo, Deutsche Annington, Gesa, Kaufland
Transportwesen	DB Netz AG, BWG Reimer
Versicherungsgesellschaften	Axa, Gerling, Gothaer, Provinzial
Wasserwirtschaft	Berliner Wasserbetriebe, div. Stadtwerke
Energieversorger	Vattenfall, RWE
Forschung	BTU Cottbus, TU Dresden, CAU Kiel, EMAU Greifswald, FH Osnabrück, GFI Dresden, TZW Karlsruhe, TU Berlin, UFZ Helmholtz-Zentrum

# SANIERUNG VON UMWELTSCHÄDEN



Sensatec ist Anbieter von anspruchsvollen Technologien und Verfahren zur Analyse und Sanierung von Umweltschäden sowie zur intelligenten Nutzung von sensorgestützten Umweltmonitoringsystemen.

Im Bereich der In-situ-Verfahren zur Sanierung von Grundwasserkontaminationen gehört Sensatec mit mehr als 300 erfolgreichen Referenzprojekten zu den Marktführern in Deutschland.

Wir wollen unseren Kunden Produkte und Leistungen in bestmöglicher Qualität liefern. Dazu gehören ein zuverlässiger, engagierter Service sowie ein partnerschaftliches Verhältnis zu unseren Kunden und Auftraggebern.

Es ist Aufgabe der Unternehmensleitung und aller Beschäftigten, die Ziele unserer Kunden zu verstehen und zu erfüllen. Unsere Zusammenarbeit ist geprägt von gegenseitigem Respekt, Vertrauen, kooperativem Umgang und offenem Kommunikationsverhalten. Gemeinsam setzen wir uns mit allen Kräften in unserem Unternehmen für Arbeitsbedingungen ein, in denen Beschäftigte sicher, gesund und erfolgreich arbeiten können. Die kontinuierliche Verbesserung und Weiterentwicklung aller Prozesse hilft uns, unsere Produkte und Leistungen am Markt attraktiv zu halten. Unsere Betriebsabläufe werden ständig analysiert und optimiert, um das Risiko von Betriebsstörungen, gefährlichen Situationen und Arbeitsunfällen zu senken.

## LEISTUNGSSPEKTRUM

### GRUNDWASSERSANIERUNG

- In-situ-Sanierung mit passiv durchströmten und aktiv betriebenen Systemen
- Einbringung flüssiger, fester und gasförmiger Wirkstoffe
- Feldtestverfahren zur Bestimmung hydrogeologischer und biogeochemischer Basisparameter

### BOHRTECHNOLOGIE

- MIP-, EC-, HPT-Sondierungen
- Grundwasser-, Bodenluft- und Liner-Sondierungen
- Rammkern-, DPH-Sondierungen
- Bohrungen mit Hohlbohrschnecke
- Bau von Injektions-, Infiltrations- und Monitoring-Elementen

### PROZESSTECHNISCHES LABOR

- Machbarkeitsstudien
- Wirkstoffbedarfsermittlung
- Batch- und Säulenversuche
- Molekularbiologie / qPCR

### SENSORTECHNIK

- Prozessüberwachung In-situ
- Anlagenüberwachung und Steuerung
- Webvisualisierung

### UMWELTBIOTECHNOLOGIE

- Isolation und Anreicherung von Mikroorganismen für den Einsatz in biologischen Sanierungsmaßnahmen
- Stammhaltung von schadstoffabbauenden Mikroorganismen
- Anaerob- (bspw. *Dehalococcoides*) und Aerob- (bspw. PAK-Verwerter) Technologie

# CHARAKTERISIERUNG DES UNTERGRUNDES

Für die Erkundung von Umweltschäden führen wir Direct-Sense Sondierungen mit den Geoprobe-Sondierdrauen LT54, 6620DT und 7822DT aus:

- MIP-Sondierung (Membrane Interface Probe)
- EC-Sondierung (Electrical Conductivity)
- HPT-Sondierung (Hydraulic Profiling Tool)



Mit diesen Verfahren können während des Sondiervorgangs In-situ-Daten über die geologischen und hydraulischen Eigenschaften des Untergrundes sowie die Verteilung organischer Schadstoffe erhoben werden.

Mittels Direct-Sense Verfahren können Strategien zur Altlastenuntersuchung von Schadstoffquell- und fahnenbereichen dynamisch angepasst und so gegenüber konventionellen Erkundungskonzepten eine Reduzierung der Untersuchungsdauer und -kosten erzielt werden.

## DIRECTPUSH

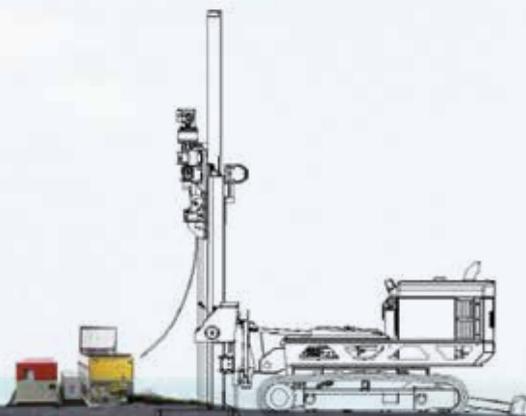
### Direct-Push Sondierungen

Sensatec führt Direct-Push Sondierungen mit den Geoprobe-Sondierdrauen LT54, 6620DT und 7822DT aus. Hauptsächlich kommt dabei das Verfahren „Verlorene Spitze“ zur Anwendung mit dem schnell und preiswert Infiltrations-, Injektions- und Monitoringaufschlüsse im Grundwasser und in der ungesättigten Bodenzone installiert werden können.

#### Unser Leistungsspektrum umfasst:

- Linersondierungen mit Geoprobe-Verfahren MacroCore und DualTube
- Grundwassersondierungen mit der Geoprobe Profiler Sonde SP16
- Bodenluftsondierungen
- Injektionslanzen

Darüber hinaus ist es möglich, direkt über das Sondiergestänge mittels speziellen Injektionsspitzen zielgenaue Injektionen von Hilfsstoffen (basierend auf vorlaufender MIP-Sondierung) für die In-situ-Sanierung durchzuführen, so dass eine Vielzahl an Injektionspunkten und -niveaus in kürzester Zeit realisiert werden können.



## Klassische Bohrleistungen

Neben den speziellen Sondierungsverfahren erbringt Sensatec auch klassische Bohrleistungen:

- Rammkernsondierungen
- DPH-Sondierungen (schwere Rammsonde)
- Trockenbohrungen mit Hohlbohrschnecke (max. Durchmesser 320 mm)
- Bau von Brunnen und Grundwassermessstellen

Für die Dokumentation werden Schichtenverzeichnisse mit dem Programmsystem GeODin erstellt.

Die erstellten Datenbanken werden an den Auftraggeber /das Ingenieurbüro zur weiteren Projektbearbeitung übergeben.



### **Ihr Ansprechpartner:**

*Dipl.-Ing. Mark Zittwitz, Berlin*

**Tel.** +49 (30) 8094 1576

**Mail** [berlin@sensatec.de](mailto:berlin@sensatec.de)

# DIRECTSENSE

## Injektionstechnologien

Wir sind Anbieter für anspruchsvolle Injektionstechnologien. Speziell bei der In-situ-Sanierung ist es erfolgsentscheidend, dass Eintragssysteme der Komplexität des Grundwasserleiters jeweils gut angepasst sind.

Um dieser Anforderung gerecht zu werden, bieten wir folgende Systemkomponenten an:

- Multilevel-Eintragssysteme
- Druckbeständige, oxidationsmittelresistente Fluideintragssysteme
- Profilersonden
- Lieferung und Einbau von In-situ-Sensormesstechnik
- Gaslanzenbau
- Durchführung von Injektionsbohrungen

Sensatec verfügt über umfassende Erfahrungen sowohl bei der Anwendung von verdrängenden Bohrverfahren, Trockenbohrungen (Hohlbohrgestänge oder verrohrt) sowie bei der Sonic-Drill-Technologie.



# LABOR MACHBARKEITSANALYSEN



Unser Prozesstechnisches Labor in Kiel ist auf die Durchführung von Machbarkeitsuntersuchungen sowie auf die Bioprozessanalyse von Umweltsanierungsvorhaben, ENA- und MNA-Maßnahmen ausgerichtet. Darüber hinaus werden im Labor geobiologische Prozesse im Boden und Grundwasser analysiert. Ziel dieser Untersuchungen ist es unter anderem die Erfolgsaussichten von Sanierungsvorhaben deutlich zu verbessern, indem standortspezifische Daten zu mikrobiellen und chemischen Abbauleistungen sowie zu verfahrenskritischen Begleitreaktionen analysiert und bewertet werden.

## VORTEILE FÜR DEN AUFTRAGGEBER:

- Eine erfolgreiche Machbarkeitsstudie für ein Umweltsanierungsvorhaben verbessert die Erfolgsaussichten für das getestete Verfahren erheblich!
- Machbarkeitsstudien liefern präzise Daten für den zu erwartenden Wirkstoffverbrauch und die Prozessgeschwindigkeit – die Daten werden für eine realistische Prognose der Sanierungskosten und der Sanierungszeit dringend benötigt.
- Eine gut ausgeführte Machbarkeitsstudie identifiziert zudem potenzielle biologische oder geochemische Schwachstellen in einem Sanierungsansatz, die zu beheben sind.

### ***Ihr Ansprechpartner:***

*Dr. Stephan Hüttmann, Kiel*

**Tel.** +49 (431) 389 00 90

**Mail** [info@sensatec.de](mailto:info@sensatec.de)

# PROZESSANALYSE

## FOLGENDE UNTERSUCHUNGEN WERDEN U.A. ANGEBOTEN:

- Vollständige biotechnische Machbarkeitsanalysen zum Schadstoffabbau in Grundwasser, Boden, Abwasser
- Mikrobiologische Analysen (spezifische Keimzahlanalysen, Zellzahlen, mikrobielle Stoffwechselleistungen, physiologische Untersuchungen)
- Isolierung und Anzucht spezieller Mikroorganismen mit spezifischen Schadstoffabbaufähigkeiten
- Durchführung von ISCO-Machbarkeitsanalysen, SOD-Bestimmung, Bestimmung des Oxidationsmittelverbrauches, Pufferreaktion des



- Feststoffmaterials, Berechnung des zu erwartenden Wirkstoffverbrauches
- Durchführung von Migrationsanalysen / Ausbreitungsdynamik für Schadstoffe und Wirkstoffe in Säulenapparaturen und in Gerinnesystemen

## Molekularbiologie

Die Stimulation des mikrobiellen Abbaus ist Kern- element verschiedener Ansätze für die In-situ-Sanierung von LCKW-kontaminierten Standorten.

In der Praxis kann es dabei trotz einer qualifizierten Umsetzung der Sanierungsmaßnahmen zur Akkumulation von Metaboliten (c-DCE und VC) kommen.

Mehrere Studien belegen eine direkte Korrelation der vollständigen reduktiven Dechlorierung von LCKW mit der Anwesenheit der Enzyme *tceA*, *vcrA* und *bvcA* (Reduktasen). Diese Enzyme kommen in Bakterien der Gruppe *Dehalococ- coides* vor und katalysieren die Dechlorierung von VC bzw. c-DCE über VC bis zum Ethen. Für den aeroben (cometabo- lischen) Abbau hingegen wird der Abbau durch Oxygenasen (sMMO, *etnE*, *etnC*) katalysiert.

Die Fähigkeit zur Bildung dieser Enzyme ist in der DNA der Mikroorganismen hinterlegt. Somit liegt es auf der Hand, die Bestimmung des Potentials für eine vollständige mikrobielle Dechlorierung über eine Quantifizierung der in einer Umwelt- probe vorhandenen Genkopien für die Synthese dieser Enzyme zu führen. Darüber hinaus werden Marker für *Dehalococcoides* (16SrDNA) und Gesamtabundanz (BactQuant) verwendet.



**Ihr Ansprechpartner:**

*Dipl.-Ing. Nancy Zittwitz, Berlin*

**Tel.** +49 (30) 8094 1576

**Mail** [berlin@sensatec.de](mailto:berlin@sensatec.de)

# MOLEKULARBIOLOGIE

## ISOLATION, ANREICHERUNG, OPTIMIERUNG UND STAMMHALTUNG VON SCHADSTOFFA- BBAUENDEN MIKROORGANISMEN AUS DER UMWELT

Unser mikrobiologisches Labor in Köln ist auf die Isolation, Anreicherung und Fermentation, also die großtechnische Vermehrung von schadstoffabbauenden Mikroorganismen spezialisiert. Mikroorganismen, die natürlicherweise in Bodenproben enthalten sind und bestimmte Schadstoffe abbauen können, werden unter kontrollierten Bedingungen kultiviert. Unter optimalen Wachstumsbedingungen werden die Abbauspezialisten für den Einsatz in unseren biotech- nologischen Sanierungsverfahren selektiv angereichert. Anschließend erfolgt die Produktion großer Mengen dieser Mischkulturen in Bioreaktoren. Sobald die gewünschte Zellzahl erreicht ist, werden die Mikroorganismen in den Sanierungsprojekten vor Ort zum Einsatz gebracht.



**Ihr Ansprechpartner:**

*Patricia Langohr, Köln*

**Tel.** +49 (2204) 9726-14

**Mail** [p.langohr@sensatec.de](mailto:p.langohr@sensatec.de)

# FELDTESTVERFAHREN

## Feldtest

Eine hydrogeologische Systemanalyse trägt erheblich zum Erfolg von In-situ-Maßnahmen bei. Sensatec bietet erprobte Technologien und das erforderliche Equipment (Pumpen, Datenlogger, In-situ-Sensorik, Wasseraufbereitung) zur Erhebung hydrogeologischer Basisparameter an. Die erhobenen Daten werden dem begleitenden Ingenieurbüro zur weiteren Aus- und Bewertung zur Verfügung gestellt.



## TRACER, PUSH PULL, PUMPVERSUCHE

### Dauerpumpversuche

Die Durchführung von Pumpversuchen dient zur Ermittlung des Durchlässigkeitsbeiwertes und ermöglicht die näherungsweise Bestimmung der Abstands- bzw. Filtergeschwindigkeit des Grundwassers und somit die Ermittlung der Dauer für einen einmaligen Austausch des wassergesättigten Porenvolumens sowie eine näherungsweise Bestimmung der Reichweite von Entnahme und Infiltration.

Die Entwicklung der Gehalte ausgewählter Grundwasserinhaltsstoffe (bspw. zur Abschätzung von Schadstofffrachten) kann mittels qualifizierter Feldmesstechnik online oder aber durch chemische Analysen zu ausgewählten Zeitpunkten ermittelt werden.

### Gestufte Leistungspumpversuche

Die Durchführung von Pumpversuchen mit verschiedenen Förderraten (wahlweise mit /ohne Reinfiltration), mit einer Aufnahme der Förderraten und Grundwasserspiegel (manuell und mittels Datenloggern) jeweils bis zur Stationarität, dient zur Bestimmung der Leistungsfähigkeit eines Brunnens (Brunnenkennlinie) vor und nach Zirkulationsmaßnahmen

(Nachlassen der Leistungsfähigkeit durch Biofouling, Braunersteinbildung etc.) sowie vor und nach Regenerationsmaßnahmen zur Wiederherstellung der Leistungsfähigkeit.

### Tracerversuche

Zur Validierung der hydraulischen Durchlässigkeiten in quartären bzw. Festgesteinsgrundwasserleitern oder zur Bestimmung der Grundwasserfließgeschwindigkeit ist die Durchführung eines Tracerversuches eine anerkannte Methode.

Mit der Durchführung von Tracerversuchen unter natürlichen Fließbedingungen kann die tatsächliche Abstandsgeschwindigkeit des Grundwassers zuverlässig bestimmt werden. Die Eingabe von Tracern bei Zirkulationsmaßnahmen ist eine weitere Methode zur Bestimmung der Dauer für einen einmaligen Austausch des wassergesättigten Porenvolumens. Zum Einsatz kommen Leitfähigkeits-

datenlogger und ionensensitive Sonden zur online-Überwachung der Ausbreitung des Tracers ohne hydraulische Beeinflussung des Versuchs durch Probenahmen. Sensatec bietet die Durchführung einfacher Tracertests (leitfähigkeitsbasiert) mittels mobiler Technik und Überwachung durch Datenlogger an. Versuche mit Anwendung mehrerer Tracersubstanzen kann mit einem umfassenden Messprogramm unter Nutzung von Autosamplern und Feldfluorimetern angeboten werden, die Auswertung erfolgt durch universitäre Partner und Ingenieurbüros.

## Phasenmobilisation durch Push-Pull-Feldtest

Eine Möglichkeit, das Vorhandensein residualer Phasenanteile am Standort raumbezogen zu untersuchen, ist die Durchführung von Push-Pull-Tests. Bei diesem Testverfahren wird über eine neu zu errichtende oder geeignete, bestehende Grundwassermessstelle zunächst eine bestimmte Wassermenge entnommen, anschließend mit entsprechenden Löslichkeitsvermittlern und einer konservativen Tracersubstanz versetzt und in die gleiche Messstelle reinfiltiert. Nach einer Inkubationszeit des Lösungsvermittlers im Grundwasserleiter von mehreren Tagen erfolgt eine Grundwasserbeprobung in Anlehnung an das Prinzip der Immissionspumpversuche mit permanenter sensorischer Datenüberwachung.

Die Schadstoff- und Tracergehalte der regelmäßig aus dem Förderstrom entnommenen Wasserproben werden mit den jeweiligen Analysen vor Zugabe der Löslichkeitsvermittler verglichen. Mobilisierte Schadstoffmassen aus residualen Phasenanteilen werden mit Bezug zum Reaktionsraum, dem Schadstoffkonzentrationsverlauf sowie dem Tracerkonzentrationsverlauf während der Grundwasserentnahme berechnet.

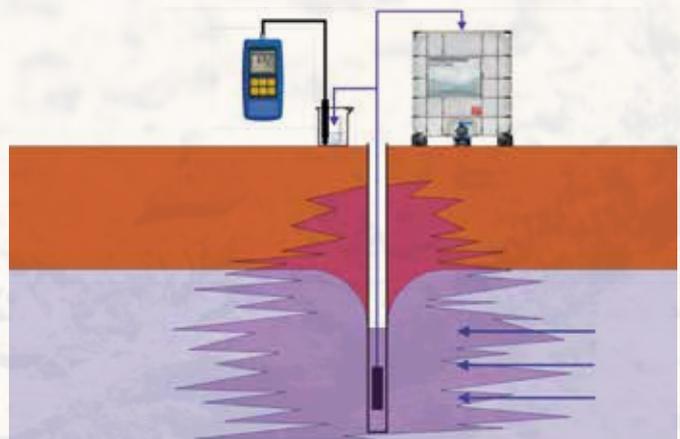
### Vorteile:

Verbesserte Raumerfassung zur Phasendetektion im Untersuchungsbereich als Punkt-Beprobungen

Hohe Ergebnissicherheit

Belastbares, hochauflösendes Datenmaterial zu standortspezifischem Phasenaufreten im Grundwasser

Kostensparnis gegenüber alternativen Verfahren



# IN-SITU-SANIERUNG

Sensatec bietet ein breites Spektrum an Sanierungstechnologien an, die einzeln oder auch in Kombination für jeden Standort individuell angepasst werden.

So zählen neben oxidativen (ISCO, aerober mikrobiologischer Schadstoffabbau) und reduktiven Verfahren (ISBR/ ISCR) auch AirSparging, Tensidspülungen, Methan-Biostimulationsverfahren, Direktgasinjektionen, Pump & Treat-Maßnahmen, Immobilisationsverfahren für Schwermetalle und thermische Verfahren zum Anwendungsgebiet der Sensatec.

Bei thermischen Verfahren wird der Untergrund aufgeheizt und die Wärmeausbreitung durch Temperatursensoren im Feld überwacht. Die erhöhte Löslichkeit der organischen Verbindungen bei Zunahme der Grundwassertemperatur führt zu einem deutlich höheren Austrag der Schadstoffe gegenüber einer konventionellen Pump & Treat Anlage.

Als Wirkstoffe und mikrobielle Präparate kommen bei diesen Verfahren z.B. zum Einsatz:

Oxidationsmittel (z.B. Permanganat, Persulfat, Peroxid)

Organische Substrate (Melasse oder melasseähnliche Substrate, Lactat, Mikroemulsion, Tenside)

Mineralölabbauende Kulturen, *Dehalococcoides spec.*

Löslichkeitsvermittler (z.B. Tenside, Alkohole)

Die Applikation der Wirkstoffe richtet sich nach den Standortanforderungen:

Infiltrationen und Injektionen mit passiver Verteilung mittels natürlichem Grundwasserstrom

Zirkulationszellen bestehend aus Entnahme- und Infiltrationselementen mit automatisierter Zudosierung oder zyklischen Pulsinfiltrationen

Dynamische-Druckpuls-Injektion zur Optimierung von Substratinjektionen

# SANIERUNGSVERFAHREN



Die Wartung und Betreuung der vollautomatisierten Anlagen erfolgt bei regelmäßigen Kontrollterminen durch Sensatec-Mitarbeiter.

Die Sanierungstechnologien können bei Bedarf vollständig unter Flur errichtet werden. So entstehen keinerlei Beeinträchtigungen und Nutzungseinschränkungen für den Standort.

## Vorteile:

Uneingeschränkte Nutzung des Standortes während der Sanierung

Keine Beeinträchtigung von Betriebsabläufen

Keine Belästigung durch Lärm und Platzverbrauch

Kostenreduzierung durch die Nutzung des Untergrundes als Reaktionsraum natürlicher Schadstoffabbauprozesse

Sanierungssysteme standortspezifisch anpassbar

# IN-SITU-SANIERUNG MIT FLÜSSIGEN WIRKSTOFFEN

## IN-SITU-BIOLOGISCHE REDUKTION (ISBR) UND IN-SITU-CHEMISCHE OXIDATION (ISCO) MITTELS AKTIV GEFÜHRTEN ZIRKULATIONSZELLEN



Die In-situ-biologische Reduktion (ISBR) ist eine klassische Technologie der In-situ-Verfahrenstechnik. Durch die Einbringung verschiedener umweltverträglicher Wirkstoffe wie z.B. Melasse, Lactat, Mikroemulsionen (Sensamulsion®), Biotenside oder Nährstoffe (NPK Dünger) kann ein ideales Milieu für biologische Schadstoffabbauprozesse geschaffen werden. Die klassische anaerobe Dechlorierung von LHKW ist dabei vorrangig und auch aerobe Sanierungsvarianten können umgesetzt werden.

Durch den Einsatz zusätzlich abbauwirksamer Mikroorganismenkulturen (*Dehalococcoides spec.*, KW-Abbauer) aus eigener Anzucht kommt eine effiziente und biologisch verträgliche Sanierungstechnologie zum Einsatz. In vorab durchgeführten Machbarkeitsuntersuchungen werden sowohl den Schadstoffabbau limitierende Faktoren als auch optimale Wirkstoffarten und -konzentrationen ermittelt.

Bei der In-situ-chemischen Oxidation (ISCO) werden im Grundwasser gelöste Schadstoffe auf chemisch-oxidativem

Wege abgebaut. Die Methode wird vor allem kleinräumig bei mittleren bis hohen Schadstoffgehalten für die Quellsanierung eingesetzt. Als Oxidationsmittel kommen je nach Standort (geohydrologische und –chemische Bedingungen, Schadstoffkomponenten, bauliche Rahmenbedingungen) z.B. Peroxid, Persulfate oder Permanganate zum Einsatz. Vorab erfolgt im Labor die Ermittlung des am besten geeigneten Wirkstoffes für den Standort, anhand von Machbarkeitsstudien.

### Für beide Verfahren gilt:

Voraussetzung für einen effektiven Schadstoffabbau ist der direkte Kontakt zwischen den infiltrierten Wirkstoffen und den Schadstoffen. Die dafür erforderliche, möglichst raumgreifende Verteilung der Wirkstoffe wird vorzugsweise durch aktiv geführte horizontale und vertikale Zirkulationszellen erreicht. Die Durchführung einer ISCO Maßnahme kann mit einer Container-basierten stationären Sanierungsanlage mit Infiltrationsnetzwerk oder als mobile Injektionstechnologie z.B. ISCO-Mobil durchgeführt werden.

Mit der Container-basierten Anlage erfolgt eine automatisierte Zudosierung der Wirkstoffe in einen Förderstrom und die Injektion wird auf mehrere Injektionspegel (Lanzen) verteilt.

Bei der mobilen Technologie erfolgt eine turnusmäßige Beschickung des Untergrundes (Injektionskampagne), die Dauer und Frequenz ist standortabhängig und wird durch ein Monitoring kontinuierlich angepasst. Die Wirkstoffe werden in vorhandene oder neu errichtete Injektionspegel (z.B. Grundwassermessstellen) injiziert.



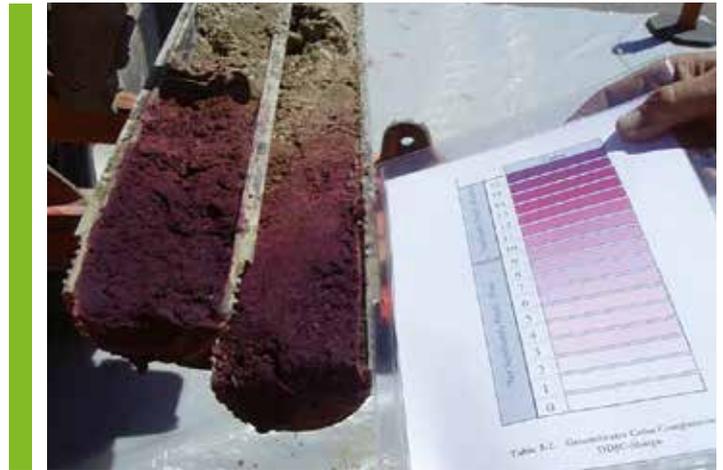
# IN-SITU-SANIERUNG MIT FESTEN WIRKSTOFFEN

Für die Sanierung von Umweltkontaminationen haben sich In-situ-Verfahren gegenüber den konventionellen Methoden, wie z.B. Bodenaushub und Pump & Treat an zahlreichen Standorten bewährt. In-situ-Verfahren sind insbesondere aus Kostengründen sowie aufgrund der Nachhaltigkeit aber auch durch die geringe Beeinträchtigung der Grundstücksnutzung attraktiv.

Als Einschränkung für die Anwendbarkeit von In-situ-Verfahren wird oft die Durchlässigkeit des Untergrundes angesehen. Unser TSE® Verfahren ermöglicht die zielgerichtete In-situ-Verteilung von Feststoffen (Oxidationsmittel, Biosubstraten, Stützmittel usw.) in hohen Mengen direkt im Schadenszentrum, auch in Böden mit schwierigen geologischen Bedingungen und sogar im Festgestein.

## 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 Aushub und Entsorgung



# TSE TARGETED SOLIDS EMLACEMENT

## 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. 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.



## Überwachung der Wirkstoffverteilung

Die Wirkstoffverteilung im Untergrund wird durch physikalische Messverfahren mittels hochauflösender Bodenneigungsmeter aufgezeichnet und dadurch effizient nachgewiesen. So wird die Ausbildung der injizierten Schichten überwacht und in ein dynamisches 3-D Modell des gesamten Netzwerkes übertragen.



# IN-SITU-SANIERUNG MIT GASFÖRMIGEN WIRKSTOFFEN

Sanierungstechnologien zur Reduktion von Schadstofffrachten stehen unter völlig anderen Rahmenbedingungen als Schadensherdsanierungen. Zielsetzung dieser Verfahren ist es, die Schadstoff-Fracht, die aus einem meist nicht sanierbaren Schadensherdbereich emittiert, auf ein Maß zu reduzieren, das bei den gegebenen Standortbedingungen annehmbar ist. Es sind also vor allem die gut durchlässigen, frachtwirksamen geologischen Strukturen, in denen eine wirksame Schadstoffverminderung erfolgen muss.

Die Sanierungsverfahren müssen aufgrund der oft langfristigen Sicherungsaufgabe mit einem Minimum an Stoffeinsatz und Energie auskommen, um eine attraktive, ökonomische Variante zur Verhinderung einer Schadstoffausbreitung darzustellen.

Zur mikrobiellen In-situ-Reinigung geschädigter Grundwasserströme können durchlässige

Reinigungswände in Grundwasserleitern durch die Injektion reaktiver Gasgemische formiert werden. Die unterirdische Wasserreinigung vollzieht sich dann vorrangig bei der Passage des kontaminierten Grundwassers in der Gaswand, das BIOXWAND Verfahren kommt zum Einsatz.



## ***Ihr Ansprechpartner:***

*Dr. Frank I. Engelmann, Fehrbellin*

**Tel.** +49 (33932) 60 912

**Mail** [f.engelmann@sensatec.de](mailto:f.engelmann@sensatec.de)

## BIOXWAND



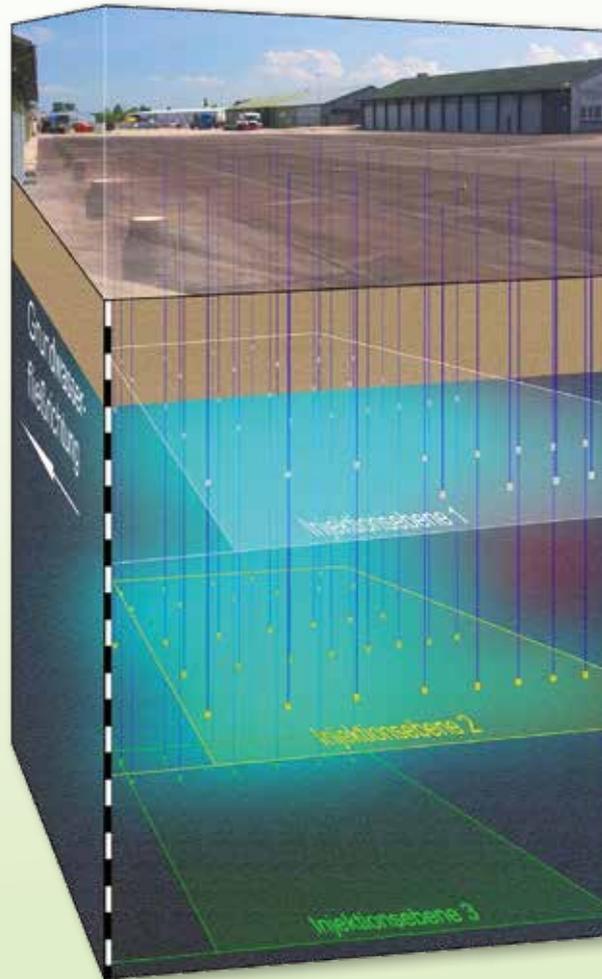
Gaseinspeicherungsverfahren BIOXWAND, Pat. DE 102004001802 - Die Reingase oder Gasgemische werden zur Formierung durchlässiger Gaswandreaktoren in die Porenmatrix eingespeichert.

Im Kontakt mit dem zuströmenden, kontaminierten Grundwasser erfolgt die Einlösung der Wirkstoffe und deren Verbrauch durch chemisch-mikrobielle Abbauprozesse in mehrstufigen In-situ-Durchflussreaktoren.

Für die Gasinjektionen und deren messtechnische Überwachung nutzt die Sensatec speziell entwickelte Gasinjektionslanzen, aquiferintegrierte Sensoren sowie raumintegrierende Monitoringelemente zur Erfassung und Bilanzierung der eingespeicherten reaktiven Gase.

Für eine gezielte Bewirtschaftung der Gaswände erfolgen die Wirkstoffinjektionen in Abhängigkeit vom Verbrauch, ausgerichtet am geologischen Strukturmodell, zeitgetaktet sowie mit standortangepasstem Druck- und Volumenstromregime.

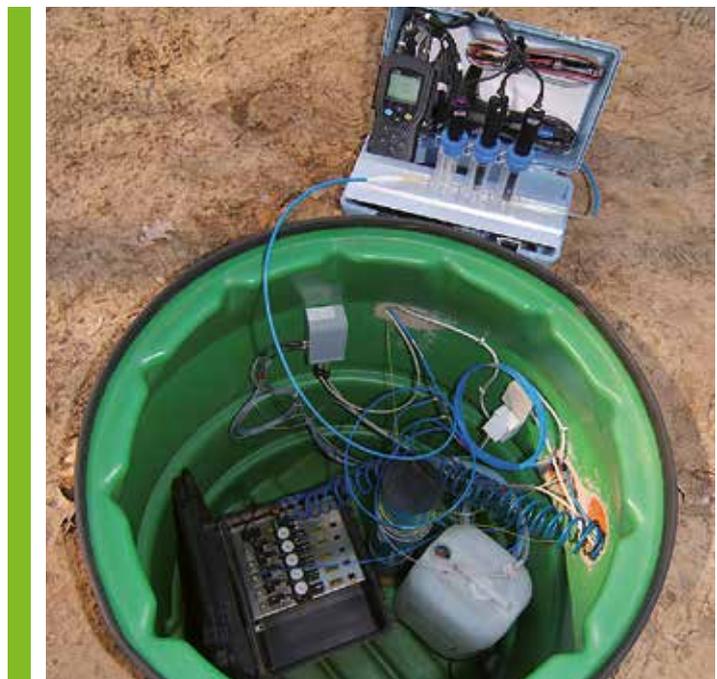
# PROZESSKONTROLLE UND OPTIMIERUNG



## SENSORIK

**DIE HOHE LEISTUNGSFÄHIGKEIT DER IN-SITU-VERFAHREN ENTSTEHT ERST DURCH EINE KLUGE BEWIRTSCHAFTUNG DES STANDORTES, UNTER BERÜCKSICHTIGUNG DER SPEZIFISCHEN STANDORTEIGENSCHAFTEN BASIEREND AUF:**

- Biotechnischem Monitoring (u.a. Bioaktivität, Keimzahlen, Biomasseanalysen, Molekularbiologische Nachweise, Biotoxizitätsscreenings)
- Automatisierter, sensorgestützter In-situ-Prozessüberwachung (z.B. zur räumlichen Überwachung von Wirkstoff-Fronten im Aquifer, zur Intensität biologischer Zehrprozesse, zur Reaktionsgeschwindigkeit)
- Geophysikalische und geochemische Analysen (z.B. zur Detektion und zeitlichen Analyse der Gasspeichermenge im Aquifer, Analyse der Geohydraulik, Berücksichtigung geochemischer Begleitprozesse)



## In-situ-Sensortechnik

Die wirksame Bekämpfung von Umweltschäden setzt eine genaue Kenntnis der relevanten Prozessdynamik im Untergrund voraus. Abbau- und Verteilungsprozesse der zugeführten Reaktionsstoffe, mikrobielle Prozesse und Migrationsdynamiken müssen präzise erfasst werden, um sie technisch zu beherrschen und die eingesetzte Verfahrenstechnik richtig zu bewirtschaften. Sehr häufig ist die genaue Prozesserfassung nur mit Hilfe moderner online-Sensortechnik zu realisieren. Daher setzt Sensatec auf In-situ-Sensortechnik und hat sich in diesem Bereich umfassendes Know-how erarbeitet, das zugunsten besonders wirksamer und ökonomischer Verfahren zur Umweltschadensanierung eingesetzt wird.

### IN-SITU-SENSOREN NACHWEISE

Redoxpotenzial (Eh)	Aerobe bzw. anaerobe Milieubedingungen, Detektion der Wirkstoffausbreitung, ISCO Prozesse
Temperatur (T)	Reaktionstemperatur ISCO bzw. Wärmemengenbildung durch biologisch bedingte Eigenerwärmung
Sauerstoffgehalt (O <sub>2</sub> )	Freier Sauerstoff im GW, Oxidationsfront, Sauerstofftransport bei Gaswandtechnologien
pH-Wert (pH)	Bsp. biolog. Säurebildung bei Anaerob-Verfahren, pH Absenkung bei Fenton`s Reaktion, Pyritoxidation bei oxidat. Verfahren
Leitfähigkeit (Lf)	Zunahme von gelösten Salzen, z.B. durch Pyritoxidation
Druck (p)	Druckzunahme durch Gasentstehung im Grundwasser bei ISCO-Reaktion, zeitl. Dynamik der Gaseinspeicherung im GW
Selektiver Ionensensor	Bsp. für Tracertests: Chlorid (Cl), Bromid (Br), Nitrat (NO <sub>3</sub> )

## WEBVISUALISIERUNG





## Kontakt

### Kiel

#### Sensatec GmbH

Friedrichsorter Str. 32, D - 24159 Kiel  
Dr. Stephan Hüttmann

Telefon +49 (431) 389 009-0

Telefax +49 (431) 389 009-19

E-Mail [kiel@sensatec.de](mailto:kiel@sensatec.de)

### Fehrbellin

#### Sensatec GmbH

Ebereschenstraße 29, D - 16833 Fehrbellin  
Dr. Frank I. Engelmann

Telefon +49 (33932) 609 12

Telefax +49 (33932) 609 11

E-Mail [f.engelmann@sensatec.de](mailto:f.engelmann@sensatec.de)

### Berlin

#### Sensatec GmbH

Tempelhofer Weg 8, D - 12099 Berlin

Dipl.-Ing. Mark Zittwitz

Telefon +49 (30) 809 415 76

Telefax +49 (30) 809 415 78

E-Mail [berlin@sensatec.de](mailto:berlin@sensatec.de)

### Ulm

#### Sensatec GmbH

Im Lehrer Feld 30, D - 89081 Ulm

M. Sc. Daniel Ruech

Telefon +49 (731) 206 462 89

Telefax +49 (731) 206 462 90

E-Mail [ulm@sensatec.de](mailto:ulm@sensatec.de)

### Köln

#### Sensatec GmbH

Alte Ziegelei 15, D - 51491 Overath

Telefon +49 (2204) 9726-0

Telefax +49 (2204) 9726-20

E-Mail [koeln@sensatec.de](mailto:koeln@sensatec.de)