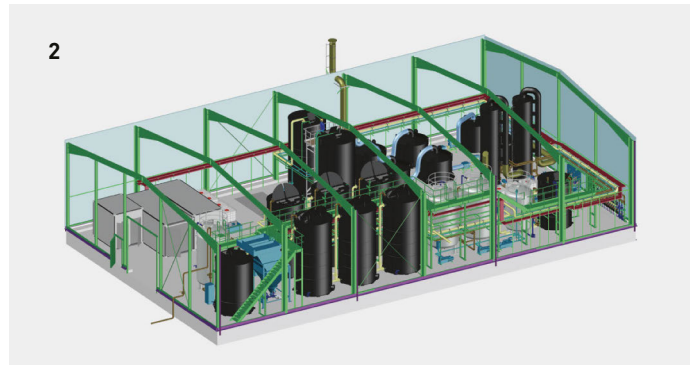


In-situ Technologien



ZÜBLIN
WORK ON PROGRESS



1 Standort Markgröningen/ 2 3D-Konstruktion GWR-Anlage in Leichtbauhalle,
Schweiz / 3 Pumpenwerkstatt/

Unser Unternehmen

Die Züblin Umwelttechnik GmbH ist im Konzernverbund der STRABAG SE einer der führenden europäischen Technologiekonzerne für Altlastensanierung, Grundwasser-, Bau- und Tunnelwasserreinigung sowie Schlammaufbereitung im In- und Ausland. Die Sanierung von Sondermülldeponien sowie die Reinigung von Bio-, Klär- und Deponiegas gehören ebenso zu unseren Leistungen.

Unser Fachbereich Altlastensanierung setzt spezifische Projekte vor allem in Europa, aber auch weltweit um. Mit unserem Hauptsitz Stuttgart und Zweigstellen in Berlin, Bremen, Chemnitz, Dortmund, Frankfurt, Hamburg und Nürnberg sind wir in Deutschland flächendeckend vertreten. Weitere Zweigstellen befinden sich in Frankreich und Italien. Internationale Projekte bearbeiten wir von Stuttgart aus.

Über 30 Jahre Erfahrung machen uns zu einem kompetenten Partner, der über eine fundierte Expertise aus mehreren Tausend erfolgreich ausgeführten Referenzprojekten verfügt. Mit Hilfe unseres technischen Büros, einem eigenen Anlagenbau, innovativen Verfahren, einem vielfältigen Dienstleistungsspektrum und unseren interdisziplinär aufgestellten Teams entwickeln wir für Sie und Ihr Projekt sowohl individuelle als auch bezahlbare Lösungen.

Arbeitssicherheit und Schutz der Gesundheit haben für uns höchste Priorität. Um ein hohes Qualitätsniveau im sensiblen Umweltbereich zu gewährleisten, wendet die Züblin Umwelttechnik GmbH ein Integriertes Qualitätsmanagementsystem (IQM) an, das unter Einbeziehung von Arbeitssicherheit, Umweltschutz und Energie gemäß DIN EN ISO 9001:2015, SCCP:2011, DIN ISO 45001:2018, DIN EN ISO 14001:2015 und DIN EN ISO 50001:2018 formuliert ist. Des Weiteren sind wir zertifizierter Fachbetrieb nach dem Wasserhaushaltsgesetz (WHG) sowie Entsorgungsfachbetrieb.

Wenden Sie sich mit Ihren Fragen und Projekten vertrauensvoll an uns. Wir stehen Ihnen als leistungsstarker und kompetenter Partner gerne zur Verfügung.

Inhaltsverzeichnis

2	Unser Unternehmen
3	Inhalt
4	Innovative und konventionelle In-situ Technologien
5	Mikrobiologische Untersuchungen/ Abbauversuche
6	In-situ biologische Oxidation (ISBO)
7	In-situ biologische Reduktion (ISBR)
8	In-situ chemische Oxidation (ISCO)
9	Bodenluftabsaugung (BLA)
10	In-situ Airsparging (ISAS)
11	In-situ Biosparging (ISBS)
12	In-situ thermische Sanierung (ISTH)
14	In-situ Enteisenung/Entmanganung (ISEE)
15	Labor/Feldversuche
16	Pump&Treat (P&T)
18	Abluft-/Prozessluftreinigung
19	Weitere In-situ Technologien
20	Unsere Standorte

Innovative und konventionelle In-situ Technologien

Unsere innovativen In-situ Technologien

- In-situ biologische Oxidation (ISBO)
- In-situ biologische Reduktion (ISBR)
- In-situ chemische Oxidation (ISCO)
- In-situ chemische Reduktion (ISCR)
- In-situ thermische Sanierung (ISTH)
- In-situ Enteisung/Entmanganung (ISEE)
- In-situ Reaktive Wände (ISRW)
- Sonstige

Die Züblin Umwelttechnik GmbH zählt zu den führenden Unternehmen auf dem Sektor innovativer und konventioneller In-situ Technologien. Keine andere Firma verfügt über ein vergleichbar breitgefächertes Portfolio an Sanierungstechnologien. Unzählige erfolgreich abgeschlossene Referenzprojekte im In- und Ausland belegen dies eindrucksvoll.

Wir haben in Deutschland die erste In-situ thermische Sanierung (ISTH), die erste großtechnische In-situ chemische Oxidation (ISCO) sowie die erste In-situ reaktive Wand (ISRW) im Full-scale Maßstab ausgeführt und das mit nachhaltigem Erfolg. Darüber hinaus zählen weitere innovative Technologien wie die In-situ biologische Reduktion (ISBR) und die In-situ Enteisung/Entmanganung (ISEE) zu unseren Stärken. Bewährte konventionelle Verfahren wie Pump&Treat (P&T), In-situ Airsparging/Biosparging (ISAS/ISBS) und Bodenluftabsaugung (BLA) spielen weiterhin eine große Rolle in unserem Leistungsspektrum.

Unsere konventionellen In-situ Technologien

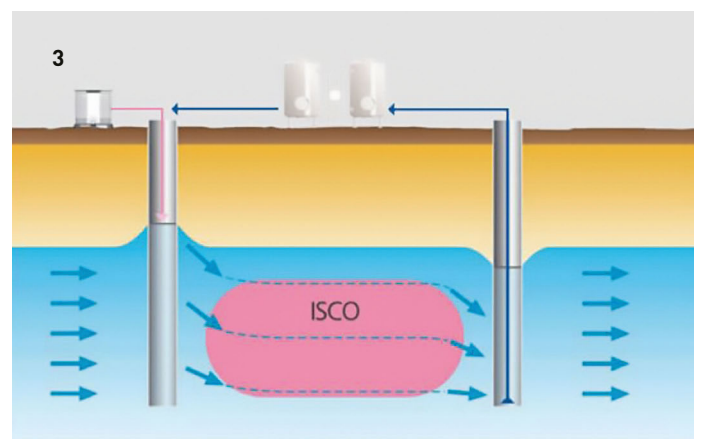
- Pump&Treat (P&T)
- In-situ Airsparging (ISAS)
- In-situ Biosparging (ISBS)
- Bodenluftabsaugung (BLA)
- Mehrphasen-Extraktion (MPE)
- Sonstige

Um unseren Technologievorsprung zu halten, arbeiten wir eng mit Universitäten, Hochschulen und Instituten zusammen. Das Ziel unserer Forschungsaktivitäten ist es, neue, bedarfsgerechte Verfahren zu entwickeln und ihre Effizienz kontinuierlich zu verbessern, um auf dem Markt kostengünstige und nachhaltige Lösungen anbieten zu können. Jede Anlage planen und bauen wir individuell nach den Erfordernissen unserer Kundinnen und Kunden. Je nach Wunsch übernehmen wir Wartung und Service sowie den Betrieb der Anlagen sowohl für einfache als auch für komplexe Fälle.

Ein wesentlicher Vorteil aller In-situ Verfahren ist, dass die Schadstoffe umweltschonend direkt vor Ort entfernt werden. So müssen die belasteten Böden nicht ressourcenintensiv ausgehoben, über weite Strecken transportiert und entsorgt werden. Damit sind unsere smarten In-situ Technologien auch in Bezug auf Nachhaltigkeit/Klimaschutz die bessere Wahl.

Unsere Dienstleistungen

- Technische Beratung/Konzepte
- Wartung und Betrieb
- Pumpenwerkstatt/Pumpenreparaturen
- Optimierung bestehender Anlagen
- Technologietransfer
- Montage/Demontage
- Inbetriebnahme





4 Modernes Labor, GCMS, © Daniel Buchner /
5 MolaZUT[®] Mikroorganismen/ 6 Mikrobiologischer
Abbau, Biofilmreaktor/ 7 Mikrobiologischer Abbau,
Säulenversuche



Mikrobiologische Untersuchungen/Abbauversuche

Spezialisierte Dienstleistungen

- Molekularbiologische Untersuchungen:
 - Organismen, Genkopien, Enzyme
 $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ -Isotopenanalysen, u. a.
 - Machbarkeitsstudien/Abbauversuche
 - Sonstige



Die meisten organischen Schadstoffe lassen sich unter geeigneten Milieubedingungen durch spezifische Mikroorganismen abbauen. Der biologische Abbau von aliphatischen und aromatischen Kohlenwasserstoffen erfolgt unter aeroben Verhältnissen. Für die vollständige Dechlorierung von Tetrachlorethen (PCE) bis zum Ethen ist dagegen ein strikt anaerobes Milieu erforderlich.

Um das biologische Abbaupotenzial in-situ für einen Altlastenstandort beurteilen zu können, sind neben der konventionellen Schadstoffanalytik und der Bestimmung des geochemischen Milieus weitere spezialisierte Untersuchungen erforderlich. Mit Hilfe moderner molekularbiologischer Methoden kann nachgewiesen werden, ob die spezifisch erforderlichen Mikroorganismen in ausreichender Menge vorhanden sind. Bei Bedarf kann eine geeignete Kohlenstoffquelle zugeführt werden, um den Bioabbau zu stimulieren. Fehlen die zum Abbau befähigten spezifischen Bakterien, so lässt sich dieser Mangel durch Bioaugmentation überwinden, indem bestimmte mikrobielle Gesellschaften zugeführt werden.

Ob die Abnahme der Schadstoffgehalte tatsächlich auf einen biologischen Abbau zurückzuführen ist, lässt sich erst durch $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ -Isotopenanalysen bestätigen. Mit Machbarkeitsstudien in vergleichenden Batch- oder Säulenversuchen können bei Bedarf weitere Erkenntnisse zum Schadstoffabbau gewonnen werden, die für die Sanierung im Feld wichtig sein können.

Bei der Durchführung von mikrobiologischen Untersuchungen und Abbauversuchen hat sich unsere langjährige, enge Zusammenarbeit mit Universitäten, Hochschulen und Forschungsinstituten bewährt.

In-situ biologische Oxidation (ISBO)

Anwendungen

- Grundwasser, gesättigte Bodenzone
- gut und gering durchlässige Böden
- BTEX, KW, AKW, Phenole, z.T. PAK, Alkohole, Ether, Ketone, z.T. LCKW, sonstige
- Schadstofffahnen
- Hotspots

Vorteile

- umweltfreundlich
- nachhaltig
- kostengünstig

Anlagentechnik

- Dosierstationen: Elektronenakzeptoren, Nährsubstrat
- Injektionsbrunnen/-lanzen
- Grundwasserzirkulationsbrunnen (GZB)
- tiefendifferenzierte, druckgesteuerte Injektionen über Manschettenrohre
- Prozesswasseraufbereitung
- Monitoringsensoren

Die In-situ biologische Oxidation (ISBO) - auch als mikrobiologische In-situ Sanierung oder Enhanced Natural Attenuation (ENA) bezeichnet – wird schon sehr lange zur Sanierung von Heizölschäden, Tankstellen, Tanklagern oder Raffinerien eingesetzt. Das ISBO-Verfahren eignet sich vor allem zum oxidativen Abbau aliphatischer und aromatischer Kohlenwasserstoffe, aber auch vieler anderer Schadstoffe. Es beruht darauf, dass diese unter aeroben Bedingungen direkt im Untergrund von bestimmten Mikroorganismen zu CO_2 und H_2O umgesetzt werden.

Unsere Strategie verfolgt daher das Ziel, das natürliche Abbaupotenzial der vorhandenen standorteigenen Mikroorganismen zu fördern. Mit Hilfe unserer Injektionstechniken und Nährsubstrate schaffen wir die dafür erforderlichen spezifischen Milieubedingungen. Dabei sind nicht nur die abzubauenen Schadstoffe und Milieubedingungen, sondern auch der Aufbau des Untergrunds zu berücksichtigen.

Während die erforderlichen Mikroorganismen am Standort fast immer vorhanden sind, stellen Sauerstoff oder Elektronenakzeptoren und Nährstoffe häufig die limitierenden Faktoren des biologischen Abbaus dar. Um einen effizienten Schadstoffabbau zu erzielen, müssen diese durch externe Zugabe beseitigt werden. Zur Aerobisierung der gesättigten Bodenzone setzen wir unterschiedliche Methoden ein: In-situ Airsparging (ISAS) bzw. In-situ Biosparging (ISBS), Zugabe und Verteilung von Luftsauerstoff oder Elektronenakzeptoren über Injektionsbrunnen/-lanzen sowie Grundwasserzirkulationsbrunnen (GZB) und andere Verfahren.

1 ISBO-Container, Italien/ 2 ISBO-Container/ Vertikaler Bodenfilter, Sachsen/ 3 GW-Messstellen zur O_2 -Versorgung, Bayern



In-situ biologische Reduktion (ISBR)

Anwendungen

- Grundwasser, gesättigte Bodenzone
- gut und gering durchlässige Böden
- Chlorierte Ethene (PCE, TCE, cDCE, VC), Perchlorate, RDX, CrO_4^{2-} , sonstige
- Schadstofffahnen
- Hotspots

Vorteile

- umweltfreundlich
- nachhaltig
- kostengünstig

Anlagentechnik

- Dosierstationen für Auxiliar-/Nährsubstrat: MolaZUT®, Melasse, Laktat, u.a.
- Injektionsbrunnen/-lanzen
- Grundwasserzirkulationsbrunnen (GZB)
- tiefendifferenzierte, druckgesteuerte Injektionen über Manschettenrohre
- Prozesswasseraufbereitung
- Monitoringsensoren

Das Verfahren der In-situ biologischen Reduktion (ISBR) wird vor allem zum Abbau chlorierter Kohlenwasserstoffe eingesetzt. Unter strikt anaeroben Bedingungen können spezifische Mikroorganismen PCE und TCE über die Zwischenprodukte cDCE und VC bis zum Endprodukt Ethen vollständig abbauen. Für diese reduktive Dehalogenierung sind organische Kohlenstoffverbindungen wie z.B. Melasse, Ethanol, Laktat oder Speiseöl als Auxiliarsubstrat erforderlich. Unser selbst entwickeltes Produkt MolaZUT® vereinigt die Vorteile unterschiedlicher C-Quellen und hat sich in der Praxis als preisgünstiges, leistungsstarkes Auxiliarsubstrat etabliert. Welche Menge an diesem Substrat erforderlich ist, richtet sich nach den vorhandenen Elektronenakzeptoren.

Um das Potenzial für den biologischen Abbau der vorhandenen Schadstoffe zu überprüfen, führen wir mikrobiologische Untersuchungen mit Hilfe moderner molekularbiologischer Methoden sowie Isotopenanalysen durch.

In der Regel sind die schadstoffabbauenden Mikroorganismen am Standort vorhanden. Falls dies nicht der Fall ist, führen wir eine sogenannte Bioaugmentation durch. Das heißt, wir isolieren und vermehren LCKW-abbauende Bakterienstämme und injizieren diese direkt in die schadstoffhaltigen Bereiche, so dass ein beschleunigter Abbau erfolgen kann.

4 Kultivierung Mikroorganismen / 5 Kombinierte ISCO/ISBR-Sanierung, Bremen / 6 Vollautomatische Dosierstation, MolaZUT®



In-situ Chemische Oxidation (ISCO)

Anwendungen

- breites Schadstoffspektrum:
LCKW, BTEX, AKW, PAK, KW, u.a.
- Grundwasser, gesättigte Bodenzone
- gut und gering durchlässige Böden
- mittlere bis hohe Schadstoffkonzentrationen
- Schadensherde

Vorteile

- rascher Schadstoffabbau
- verkürzte Sanierungsdauer
- effiziente Technologie auch in gering durchlässigem Untergrund
- geringer Platzbedarf
- kombinierbar mit anderen Verfahren

Technische Ausführungen

- Dosierstationen für Oxidationsmittel:
Permanganat, Persulfat, Fenton's Reagenz, u.a.
- Injektionsbrunnen/-lanzen
- Manschettenrohre für tiefendifferenzierte, druckgesteuerte Injektionen
- Grundwasserzirkulationsbrunnen (GZB)
- Prozesswasseraufbereitung
- Monitoringsensoren

1 ISCO-Sanierungsfeld mit Manschettenrohren, Frankreich/
2 Dosierstation Permanganat, Baden-Württemberg/
3 Persulfat-Injektion, Baden-Württemberg

Die Züblin Umwelttechnik GmbH ist das führende Unternehmen in der In-situ chemischen Oxidation. Wir haben vor rund 20 Jahren die erste großtechnische ISCO-Maßnahme in Deutschland mit nachhaltigem Erfolg durchgeführt. Seither haben wir die ISCO-Technologie in etwa 50 Pilot- und Sanierungsprojekten an unterschiedlichsten Standorten eingesetzt und ständig weiterentwickelt.

Das Funktionsprinzip der In-situ chemischen Oxidation (ISCO) beruht darauf, geeignete Oxidationsmittel in den Untergrund einzubringen und so zu verteilen, dass diese auf die vorhandenen Schadstoffe treffen. Nur wenn das Oxidationsmittel mit dem Schadstoff in direkten Kontakt kommt, ist eine rasche und vollständige Oxidation in-situ möglich. Wir verfügen über spezielle Injektionstechnologien, um Oxidationsmittel sowohl in gut durchlässigen Aquiferen homogen zu verteilen als auch in gering durchlässigem Untergrund tiefendifferenziert und druckgesteuert zu injizieren.

Das ISCO-Verfahren eignet sich vor allem für organische Schadstoffe im mittleren bis höheren Konzentrationsbereich sowie zur Herdsanierung. In Abhängigkeit von den Schadstoffen und dem Untergrund setzen wir vor allem Permanganat oder Persulfat, für bestimmte Fälle auch Fenton's Reagenz als Oxidationsmittel ein. Ein besonderer Vorteil von ISCO gegenüber herkömmlichen Sanierungsverfahren besteht darin, dass die Schadstoffe sehr schnell zerstört werden, so dass die Sanierungsdauer beträchtlich verkürzt werden kann.

[Video: Tiefen-
differenzierte,
druckgeregelter
Injektion](#)



Bodenluft- absaugung (BLA)

Anwendungen

- Leichtflüchtige Schadstoffe:
LCKW, BTEX, AKW, z.T. KW, H₂S, u.a.
- Schadensherde, flächige Belastung
- ungesättigte Bodenzone
- gut bis gering durchlässige Böden

Vorteile

- hohe Effizienz
- flexibel
- kostengünstig

Anlagentechnik

- Absaugpegel/-drainagen
- Verdichter
- Abluftreinigung:
Luftaktivkohlefilter ohne/mit Dampf-
regeneration, KNV, RNV, TNV, Biofilter
- Messtechnik:
Durchflussrate, Drücke, PID, IR, GC, u.a.
- vollautomatische Steuerung
- Datenaufbereitung/-auswertung
- Ex-Schutz nach EX-Richtlinie

Die Bodenluftabsaugung (BLA) ist das kostengünstigste In-situ Sanierungsverfahren für die ungesättigte Bodenzone. Es ist technisch einfach umzusetzen und hat sich seit mehreren Dekaden in der Sanierungspraxis bewährt.

Leichtflüchtige Schadstoffe wie LCKW, BTEX, AKW und kurzkettinge KW lassen sich in-situ durch Bodenluftabsaugung aus der ungesättigten Bodenzone entfernen. Eine Bodenluftabsauganlage besteht aus einem oder mehreren Bodenluftpegeln, einem Verdichter und einer nachgeschalteten Abluftreinigung. Die Reichweite einer BLA ist vor allem abhängig von der Durchlässigkeit des Bodens sowie vom angelegten Unterdruck und der Entnahmerate. Je nach Schadstoffspektrum und -fracht erfolgt die Reinigung der abgesaugten Bodenluft zumeist durch Adsorption an Aktivkohle oder durch katalytische Nachverbrennung (KNV). In bestimmten Fällen kommen auch dampfregenerierbare Aktivkohlefilter mit Lösemittelnrückgewinnung, Anlagen zur regenerativen Nachverbrennung (RNV) oder thermischen Nachverbrennung (TNV) sowie Biofilter zum Einsatz.

Die BLA ist ein wesentlicher Bestandteil der Verfahren In-situ Airsparging (ISAS) sowie In-situ thermische Sanierung (ISTH) und wird häufig auch in Kombination mit hydraulischen Maßnahmen eingesetzt.



4 BLA-Anlage, Berlin / 5 BL-Reinigung mit Luftaktivkohlefiltern, Bayern / 6 BLA-Anlage für ISAS, Niedersachsen / 7 BLA-Anlage, Schweiz

In-situ Airsparging (ISAS)

Anwendungen

- leichtflüchtige Schadstoffe:
LCKW, BTEX, AKW, z.T. KW, u.a.
- Schadensherde, flächige Belastung
- gesättigte Bodenzone,
Grundwasserschwankungsbereich
- gut durchlässige Böden
- kleine bis mittelgroße Flächen, Megasites

Vorteile

- kostengünstig
- keine direkte Wasserbehandlung
- optimierter Schadstoffaustrag
- reduzierter Energieverbrauch
- angepasste Abluftreinigung
- zusätzlich Aerobisierung für
biologischen Abbau

Technische Ausführungen

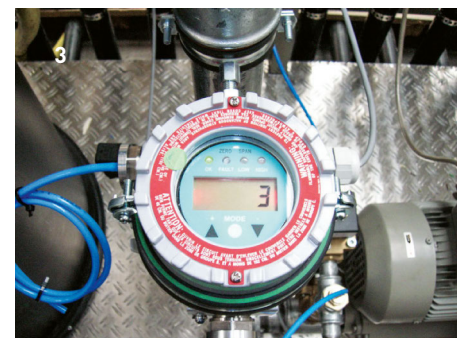
- Airsparging-Lanzen
- Bodenluftabsaugpegel /-drainagen
- Kompressoren, Verdichter
- Abluftreinigung:
Luftaktivkohlefilter, KNV, RNV, TNV,
Biofilter
- Messtechnik:
Durchflussrate, Drücke, PID,
IR, GC, u.a.
- Tracertests:
SF₆, Helium
- Vollautomatische Steuerung
- Datenaufbereitung/-auswertung
- Ex-Schutz nach EX-Richtlinie
- Monitoringsensoren

In-situ Airsparging (ISAS) ist eine seit Jahrzehnten bewährte und einfach umsetzbare Technologie zur Entfernung von leichtflüchtigen Schadstoffen aus der wassergesättigten Bodenzone. Das Grundprinzip von ISAS beruht auf der Injektion feinperliger Luftbläschen unterhalb der Schadensherde in die gesättigte Bodenzone. Dadurch werden die im Grundwasser vorhandenen Schadstoffe in-situ gestrippt und steigen in die ungesättigte Bodenzone auf, wo sie abgesaugt und über ein geeignetes System gereinigt werden.

Die Züblin Umwelttechnik GmbH setzt ISAS seit rund 20 Jahren ein und hat das Verfahren weiterentwickelt, so dass es eine deutlich höhere Effizienz aufweist und weniger Energie benötigt. Dies wird durch kurze Injektionspulse erreicht, deren Frequenz und Pulslänge in Abhängigkeit des optimalen Schadstoffaustrags erfolgt. Das bedeutet, dass hochbelastete Bereiche intensiver bearbeitet werden als niedrig belastete, wodurch die Sanierungsdauer deutlich verkürzt wird. Der Schadstoffaustrag wird online über PID-, IR- oder GC-Messung gemessen, aufgezeichnet und zur Optimierung des Betriebs ausgewertet.

Wir haben die ISAS-Technologie auf unterschiedlichen Standorten wie ehemaligen chemischen Reinigungen und Chemiehandel, Metall- und Elektroindustrie mit nachhaltigem Erfolg eingesetzt. Die mit einer Fläche von 120.000 m² größte ISAS-Maßnahme haben wir auf dem Gelände einer ehemaligen Raffinerie durchgeführt.

1 Überwachung-ISAS-Anlage / 2 ISAS-Megasite, Bayern /
3 PID zur Abluftüberwachung / 4 ISAS-Anlagencontainer,
Niedersachsen /



In-situ Biosparging (ISBS)

Anwendungen

- Grundwasser, gesättigte Bodenzone
- BTEX, KW, AKW, Phenole, z.T. PAK, Alkohole, Ether, Ketone, z.T. LCKW, sonstige
- Schadstofffahnen
- Hotspots

Vorteile

- umweltfreundlich
- nachhaltig
- kostengünstig

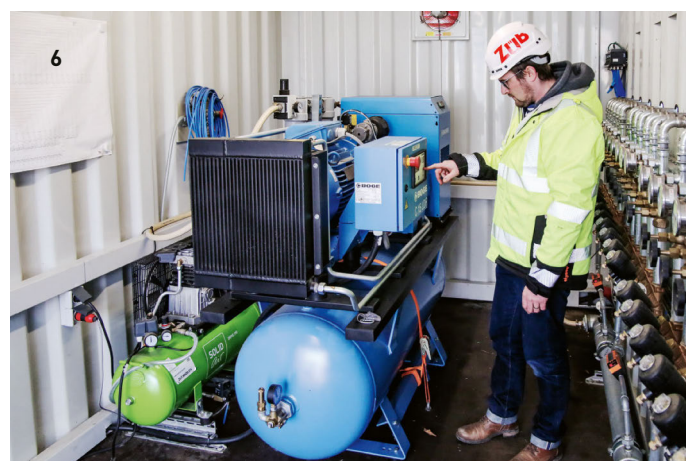
Anlagentechnik

- Airsparging-Lanzen
- Kompressoren
- Messtechnik:
Durchflussrate, Drücke
- Tracertests: SF₆, Helium
- vollautomatische Steuerung
- Datenaufbereitung/-auswertung

Durch In-situ Airsparging (ISAS) lassen sich nicht nur leichtflüchtige Schadstoffe aus dem Grundwasser ausstripfen, die gesättigte Bodenzone wird auch mit Sauerstoff angereichert und aerobisiert. Wenn mit Hilfe des Airspargings die Steigerung des biologischen Abbaus durch Aerobisierung als primäres Ziel verfolgt wird, dann wird diese Technologie als In-situ Biosparging (ISBS) bezeichnet. Der Schadstoffabbau erfolgt aerob und wird auch als In-situ biologische Oxidation (ISBO) bezeichnet.

ISBS ist eine sehr kostengünstige Methode, um den Sauerstoffgehalt in den schadstoffhaltigen Bereichen zu erhöhen. Mit SF₆-Tracertests kann man die Ausbreitung der injizierten Luft in der wassergesättigten Zone nachweisen. Der Wirkradius der Injektion lässt sich mit Hilfe von umweltfreundlichem Helium bestimmen.

Bei sehr hohen Schadstoffgehalten ist gelöster Sauerstoff häufig der limitierende Faktor für den biologischen Abbau. Dieser Mangel kann durch Zugabe von technischem Sauerstoff oder anderen Elektronenakzeptoren behoben werden. Die maximale Tiefe, in die wir Luft für eine ISBS-Maßnahme injiziert haben, betrug etwa 40 m uGOK und erfolgte an einer Altablagierung der chemischen Industrie.



5 ISBS, Chemische Industrie, Schweiz / 6 Wartung ISBS-Anlage / 7 Visualisierung Bedienpanel

In-situ Thermische Sanierung (ISTH)

Anwendungen

- leicht- und mittelflüchtige Schadstoffe: LCKW, BTEX, AKW, PAK, KW, u.a.
- hochviskose Schadstoffgemische: Teeröle, Mineralöle, u.a.
- ungesättigte / z.T. gesättigte Bodenzone
- Schadensherde

Vorteile

- stark verkürzte Sanierungsdauer
- sehr hohe Reinigungsleistung
- effizient in gering durchlässigem Untergrund
- kombinierbar mit anderen Verfahren

Technische Ausführungen

- Injektions-/Extraktionspegel
- Dampferzeuger/Heizkessel
- Heizlanzen: mit Heißdampf/elektrisch/ mit Brennstoff betrieben
- Thermosensoren
- Bodenluftabsaugung/-kühlung
- Abluftreinigungsanlagen: Aktivkohlefilter, KNV, RNV, TNV, Hochtemperaturfackel
- Messtechnik: Durchflussrate, Drücke, PID, IR, GC, u.a.
- Datenaufbereitung/-auswertung
- Ex-Schutz nach EX-Richtlinie

1 ISTH, Dampf-Luft-Injektion, mobile Anlage/
2 Hochtemperaturofen



Die Züblin Umwelttechnik GmbH hat bereits 1997 die erste ISTH-Sanierung in Deutschland durchgeführt und diese Technologie und deren Einsatzmöglichkeiten kontinuierlich ausgebaut und weiterentwickelt. In den letzten Jahren hat eine Renaissance für ISTH-Sanierung stattgefunden und wir haben zahlreiche Projekte durchgeführt, darunter auch auf einer Megasite in China.

Das Verfahren der In-situ thermischen Sanierung (ISTH) beruht darauf, Wärmeenergie in den Untergrund einzutragen. Dadurch werden die vorhandenen Schadstoffe mobilisiert, indem deren Flüchtigkeit und Löslichkeit in Wasser erhöht sowie ihre Viskosität und Oberflächenspannung herabgesetzt werden.

Der Energieeintrag in den Untergrund erfolgt je nach Schadstoffart und Untergrund durch Injektion von Wasserdampf, Heißwasser oder durch feste Wärmequellen, die elektrisch oder mit Brennstoffen betrieben werden, wobei Konvektion bzw. Konduktion die maßgeblichen Prozesse des Wärmeeintrags und -transports sind.

Das ISTH-Verfahren eignet sich vor allem zur Sanierung von Schadensherden in der ungesättigten Bodenzone und im Grundwasserschwankungsbereich, unter bestimmten Voraussetzungen auch in der wassergesättigten Bodenzone.



Video:
[Feste Wärmequellen](#)



Video:
[Dampf-Luft-Injektion](#)



Mit Hilfe der In-situ thermischen Sanierung lassen sich nicht nur leichtflüchtige Schadstoffe aus dem Untergrund entfernen, sondern auch Verbindungen im Siedebereich bis ca. 400 °C. Hervorzuheben ist, dass auch gering durchlässige Böden effizient bearbeitet werden können. Eine hydraulische Abstomsicherung ist unerlässlich, um zu verhindern, dass DNAPL wie z.B. LCKW abströmen können.

Die beiden wesentlichen Vorteile des ISTH-Verfahrens gegenüber herkömmlichen Sanierungsmethoden liegen zum einen in der stark verkürzten Sanierungsdauer von nur wenigen Wochen oder Monaten und zum anderen in der hohen Reinigungsleistung, insbesondere in gering durchlässigem Untergrund. Mit unserer ISTH-Technologie können sehr niedrige Restkonzentrationen erreicht werden, die mit anderen In-Situ Sanierungsverfahren nicht möglich sind.



3 ISTH, elektrisch betriebene Heizlanzen, Schweiz © SBB CFF FFS / 4 ISTH, Dampf-Luft-Injektion, Schleswig-Holstein / 5 ISTH, gasbetriebene Heizlanzen, China





1



2



3



4

1 Wasserfall, IGA Berlin / 2 ISEE-Technologie, Bewässerung, IGA Berlin / 3 Kühlwasseraufbereitung Industrie, Baden Württemberg / 4 Pilotversuch Gebäudeklimatisierung, Italien

Anwendungen

- Geothermie/Gebäudeklimatisierung
- Trinkwasser-/Prozesswasseraufbereitung
- Grundwassersanierung
- Bewässerung Parkanlagen
- Brunnenbetrieb

Vorteile

- umweltfreundlich
- nur Luftsauerstoff als Betriebsmittel
- keine Chemikalien
- geringe Betriebs-/Wartungskosten
- keine Eisen-/Manganschlämme zur Entsorgung
- wesentlich kostengünstiger als On-site Verfahren
- nachrüstbar

Anlagentechnik

- Entnahme-/Infiltrationsbrunnen
- Injektor
- Belüftungs-/Entgasungsbecken
- Messtechnik
- Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS)

In-situ Enteisenung/Entmanganung (ISEE)

Das Verfahren der In-situ Enteisenung/Entmanganung (ISEE) ist bereits seit über 100 Jahren bekannt, aktuell werden in Deutschland und Europa mehrere tausend Groß- und Kleinanlagen betrieben. Die Züblin Umwelttechnik GmbH hat das Verfahren zusammen mit der Universität Stuttgart weiterentwickelt und setzt es seit rund 20 Jahren ein.

Die ISEE-Technologie wird mit zwei oder mehreren Brunnen betrieben. Dabei wird reduziertes Grundwasser gefördert, mit Luftsauerstoff angereichert und ein Teilstrom des Wassers wieder reinfiltriert. Dadurch bildet sich eine Oxidationszone um die Verfilterung des Brunnen, in der reduzierte, lösliche Eisen- und Manganverbindungen oxidiert und ans Bodenkorn adsorbiert werden. Bereits nach einer kurzen Einfahrphase kann aus den Brunnen dauerhaft eisenfreies Grundwasser gefördert werden, ohne dass die Ergiebigkeit nachlässt. Dies haben langjährige Untersuchungen und eigene Erfahrungen bestätigt. Bis die Zielwerte für Mangan unterschritten werden, dauert es einige Wochen, da daran biologische Prozesse beteiligt sind.

Das ISEE-Verfahren ist umweltfreundlich und kostengünstig. Die Grenzwerte der Trinkwasserverordnung (TrinkwV) von 0,2 mg/l für Eisen und 0,05 mg/l für Mangan lassen sich damit zuverlässig einhalten. Auf kostenintensive oberirdische Anlagentechnik, wie bei der On-site Aufbereitung kann verzichtet werden.

Die wichtigsten Anwendungen finden sich in der oberflächennahen Geothermie zur nachhaltigen Gebäudeklimatisierung, in der Grundwassersanierung, der Trinkwasser- und Prozesswasseraufbereitung sowie der Bewässerung von Garten- und Parkanlagen.

Labor- und Feldversuche

Wir suchen ständig nach innovativen Lösungen für Umweltprobleme und Altlasten. Um neue In-situ Technologien zu etablieren und bestehende weiterzuentwickeln, führen wir Labor- und Feldversuche durch. Dabei setzen wir moderne Methoden ein und arbeiten eng mit Universitäten, Hochschulen und Forschungsinstituten zusammen.

In der Sanierungspraxis empfehlen wir insbesondere bei komplexen Standorten oder speziellen Anforderungen, Laborversuche durchzuführen. Damit kann man die prinzipielle Machbarkeit eines Vorhabens überprüfen. Mit Hilfe von Feldversuchen und mobilen Anlagen, lassen sich die Erkenntnisse aus dem Labor verifizieren. Darüber hinaus können auf diese Weise wesentliche Daten zur Dimensionierung und Optimierung eines In-situ Verfahrens im Hinblick auf eine Gesamt-sanierung ermittelt werden.



6 UV/O₃-Abluftreinigung / 7 ISCO-Laborversuch/
5,8,9 Versuchsanlagen für Adsorbmaterial, IAT /
10 ISCO-Feldversuch, Baden-Württemberg



Pump&Treat (P&T)

Anlagentechnik Wasserreinigung

- Aktivkohlefilter
- ZÜBLIN Biofilmreaktoren
- Enteisung/Entmanganung
- Fällung/Flockung
- Sedimentation
- Sandfilter
- Ionenaustauscher
- Neutralisation
- Schwermetalladsorber
- Strippanlagen
- Phasenabschöpfsysteme
- Messtechnik
- Steuerungs-/Störmeldetchnik
- Sonstige

Das Pump&Treat Verfahren kann sowohl zur Grundwassersanierung als auch zur hydraulischen Sicherung eines schadstoffbelasteten Aquifers eingesetzt werden. Dazu wird das belastete Grundwasser aus einem oder mehreren Brunnen abgepumpt und in einer nachgeschalteten Anlage mit geeigneten Verfahren behandelt. Neben herkömmlichen Brunnen kann die Grundwasserentnahme und Wiederversickerung auch über Grundwasserzirkulationsbrunnen (GZB) erfolgen, was Vorteile bei der Schadstoffentnahme ermöglicht.

Das konventionelle Pump&Treat Verfahren zählt nach wie vor zu den wichtigsten Technologien in der Altlastensanierung und lässt sich mit innovativen In-situ Technologien kombinieren. Wir planen und bauen jede Anlage individuell nach den Erfordernissen unserer Kundinnen und Kunden. Je nach Wunsch übernehmen wir Wartung und Service sowie den Betrieb der Anlagen sowohl für einfache als auch komplexe Fälle.

Wasserreinigung

Die Reinigung des Wassers erfolgt je nach Schadstoffart und -fracht durch chemisch-physikalische oder biologische Aufbereitungsverfahren. Je nach Anforderung und Qualität wird das gereinigte Wasser anschließend wieder in den Aquifer reinfiltiert, in ein Oberflächengewässer oder in die Kanalisation eingeleitet.



1 PFAS-Schaden, Berlin / 2 Ehemaliger Chemiestandort, Frankreich / 3 Arsen-/BTEX-Schaden, Australien



Pump&Treat – Projektbeispiele

Seit über 30 Jahren beliefern wir den europäischen und internationalen Markt mit unseren Grundwasserreinigungsanlagen aus eigener Fertigung. Die Abbildungen zeigen eine Auswahl aktueller Projekte.

4 PFAS-Reinigungsanlage zur Bewässerung,
Baden-Württemberg/ 5 Schwerindustrie, Österreich/
6 Chemische Industrie, Mexiko/ 7 Industrie, Italien/
8 Montage GWR-Anlage/ 9 Rüstungsaltpast Dethlinger Teich,
Niedersachsen/



Abluft-/Prozess- luftreinigung

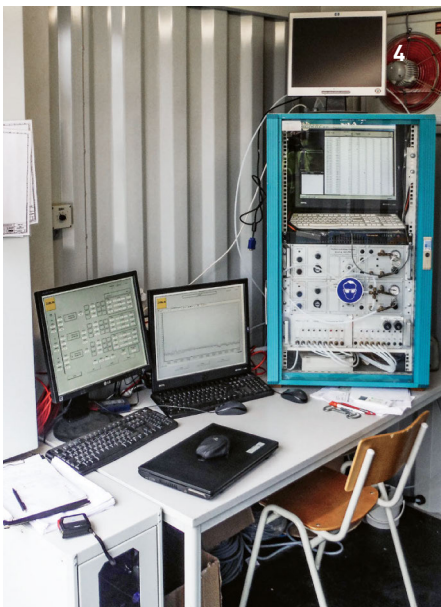
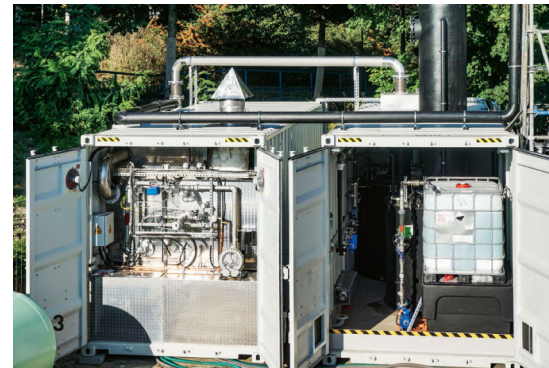
Anlagentechnik

- Luftaktivkohlefilter
- Luftaktivkohlefilter, dampfregenerierbar
- Biofilter
- Katalytische Nachverbrennung (KNV)
- Regenerative Nachverbrennung (RNV)
- Thermische Nachverbrennung (TNV), Hochtemperaturfackel
- Ex-Schutz nach EX-Richtlinie
- Messtechnik: Luftvolumenstrom, Unterdruck, Temperatur, etc. GC, IR, PID, FID
- Steuerungs-/Störmeldetechnik

Bei der Entfernung flüchtiger Schadstoffe aus dem Grundwasser durch Strippung und Airsparging sowie aus der Bodenluft durch konventionelle Bodenluftabsaugung und In-situ thermischer Sanierung entsteht Abluft oder Prozessluft. Diese wird im geschlossenen Kreislauf aufbereitet oder nach der Reinigung direkt an die Atmosphäre abgegeben.

Je nach Art und Fracht der Schadstoffe kommen unterschiedliche Verfahren zur Abluft-/Prozessluftreinigung zum Einsatz, in den meisten Fällen Luftaktivkohlefilter. Lassen sich die Schadstoffe nicht auf Aktivkohle adsorbieren oder sind die Frachten zu hoch, um einen wirtschaftlichen Betrieb zu gewährleisten, erfolgt die Reinigung mit Hilfe thermischer Verfahren wie katalytischer Nachverbrennung (KNV), regenerativer Nachverbrennung (RNV) oder einer thermischen Nachverbrennung (TNV) bzw. Hochtemperaturfackel. Für biologisch abbaubare Schadstoffe kommen Biofilter in Betracht. Wenn mit einem explosionsfähigen Schadstoffgemisch in der Abluft zu rechnen ist, so muss die Anlagentechnik zwingend mit Ex-Schutz nach EX-Richtlinie ausgerüstet werden.

Die Durchflussraten unserer Anlagen zur Abluft-/Prozessluftreinigung reichen von ca. 50 m³/h bis 15.000 m³/h. Sondergrößen sind auf Anfrage möglich.



1 LAK-Filter, dampfregenerierbar / 2 LAK-Filter, Schweiz /
3 KNV, Sachsen / 4 GC-Abluftmessung, Schweiz /
5 RNV, Bayern / 6 TNV Hochtemperaturfackel, Bayern /

Weitere In-situ Technologien

In-situ Chemische Reduktion (ISCR)

Das Funktionsprinzip der In-situ chemischen Reduktion (ISCR) basiert darauf, Reduktionsmittel in den Untergrund einzubringen und Schadstoffe direkt chemisch zu reduzieren. Als Reduktionsmittel kommt vor allem elementares Eisen (Fe^0 bzw. ZVI) in Form von Mikro- oder Nanoeisen zum Einsatz, das mit Wasser zu Wasserstoff reagiert und chlorierte Kohlenwasserstoffe reaktiv vollständig dechloriert. Auch Cr(VI) , Perchlorat, TNT und weitere Verbindungen zählen zu den Schadstoffen, die mit Hilfe des ISCR-Verfahrens behandelt werden können. Für die Reduktion von Cr(VI) zum unlöslichen Cr(III) kommen weitere Reduktionsmittel wie Natriumdithionit oder Fe(II) in Betracht.

Innovative Grundwasserreinigung - Wetland

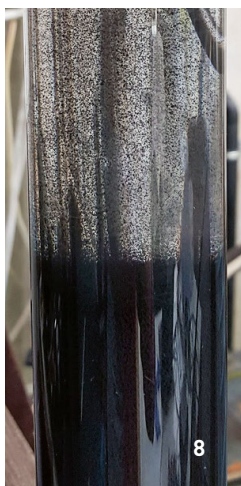
Alternativ zum herkömmlichen Pump&Treat-Verfahren kann kontaminiertes Grundwasser auch über sogenannte Wetlands oder vertikale Bodenfilter gereinigt werden. Dieses innovative Verfahren zur biologischen Grundwasserreinigung ist kostengünstig, vor allem bei geringen Durchflussraten.

Multi-Phase Extraction (MPE) - Phasenabschöpfung

Die Multi-Phase Extraction (MPE) ist eine In-situ Sanierungstechnologie, die aus einem Brunnen bei hohem Unterdruck gleichzeitig Bodenluft, Grundwasser sowie aufschwimmende Leichtphase (LNAPL) entnehmen kann. Das Verfahren wird meistens in Böden mit moderater Durchlässigkeit angewandt. Es ist kostengünstig und vor allem außerhalb Deutschlands verbreitet.



7 Wetland, vertikaler Bodenfilter, Sachsen-Anhalt /
8 ISCR Nanoeisen/Mikroisen © Anke Wiener /
9 MPE Multi-Phase-Extraction, Italien/ 10 Skimmer zur Phasenabschöpfung, Österreich



Züblin Umwelttechnik GmbH

Maulbronner Weg 32, 71706 Markgröningen

Tel. +49 7145 9324-257

Fax +49 7145 9324-154

umwelttechnik@zueblin.de

www.zueblin-umwelttechnik.com



1 Grundwasserreinigungsanlage, Nordrhein-Westfalen

Titelbild ISTH-Sanierung, ehemaliges Stahlwerk, China/ **Rückseite** Aktuelle Gebietskarte der ZÜBLIN Umwelttechnik GmbH



ZÜBLIN
WORK ON PROGRESS