

Die Probenahme

um Schadstoffe, anthropogene Einflüsse oder Stofffreisetzungsverhalten zu analysieren sind **Beobachtungsmethoden** erforderlich

Ermittlung von Daten – Stoffkonzentrationen
Analyse geeigneter **Proben**

Bei der Untersuchung und Beurteilung von Altlasten kommt der **Probenahme** eine entscheidende Bedeutung zu

Probe

Abbildung einer zeitlichen und räumlichen
punktuellen Situation

Wie repräsentativ ist eine Probe?

Räumliche und/oder zeitl. Übertragbarkeit?

Art der Probe

1. Bodenluft
2. Bodenlösung
3. Grundwasser
4. Feststoffe

bzw. gasförmige, flüssige oder feste Proben

Überlegungen zum:

Entnahmeort

Entnahmerpunkte (Probennetz)

Probenmenge

Probenahme

Beprobungsstrategien

- ◆ auf Einzelfall abstimmen
- ◆ Probenahmetechnik
- ◆ Probenpunktabstände (Beprobungsraster)
- ◆ Probenahmetiefen
- ◆ ggfs. DIN EN ISO Normen beachten

Beprobungsarten

Stichprobe

Auswahlverfahren

Zufallsauswahl

Bewusste Auswahl

Willkürliche Auswahl



Mischprobe

aus mehreren Stichproben

Analyse erfolgt an Mischprobe

1. Bodenluft

gasförmige Proben, die aus dem Porenvolumen des Untergrundes aus einer Entnahmetiefe von mindestens 1 m unterhalb Geländeoberkante (bei Altablagerungen mindestens 1 m unterhalb der Abdeckung) und oberhalb der Grundwasser-Oberfläche entnommen werden

Deponiegasentwicklung

Messung leicht flüchtiger Komponenten

Abgrenzung von Schadensherden

1. Bodenluft

Bestimmung von leichtflüchtigen Stoffen im Porenraum von Böden

Unterscheidung zwischen "Bodenluft" und "Deponiegas"

1. Bodenluft

im Rahmen der Altlastenbearbeitung Substanzen der folgenden Stoffgruppen:

Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe (LHKW)

BTEX-Aromaten und andere aromatische Kohlenwasserstoffe

CO₂ und O₂

Bei Altablagerungen:

deponiespezifische Parameter (CH₄, O₂, N₂, CO₂, H₂S)

1. Bodenluft

Aufschlüsse mittels:

Rammsondierungen

Ramm- bzw.

Rotationskernbohrungen

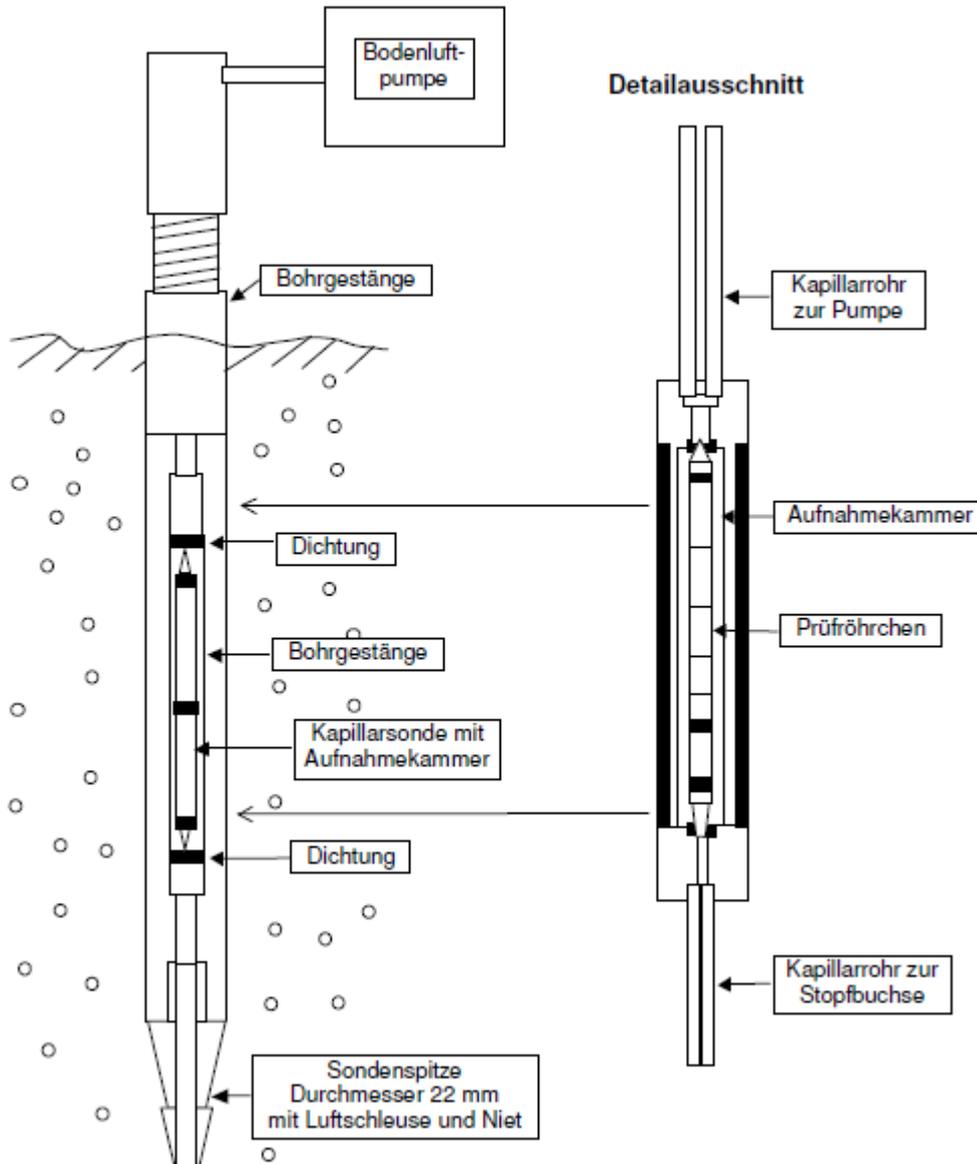
1. Bodenluft

Entnahmeverfahren

Verdrängersonde – Boden wird durch das Einschlagen der Sonde verdrängt - keine Aussagen über den Bodenaufbau möglich

Bohrlochverfahren – durch konventionelle Trockenbohrung Gewinnung von Bodenmaterial; anschließend Entnahme einer Bodenluftprobe

1. Bodenluft

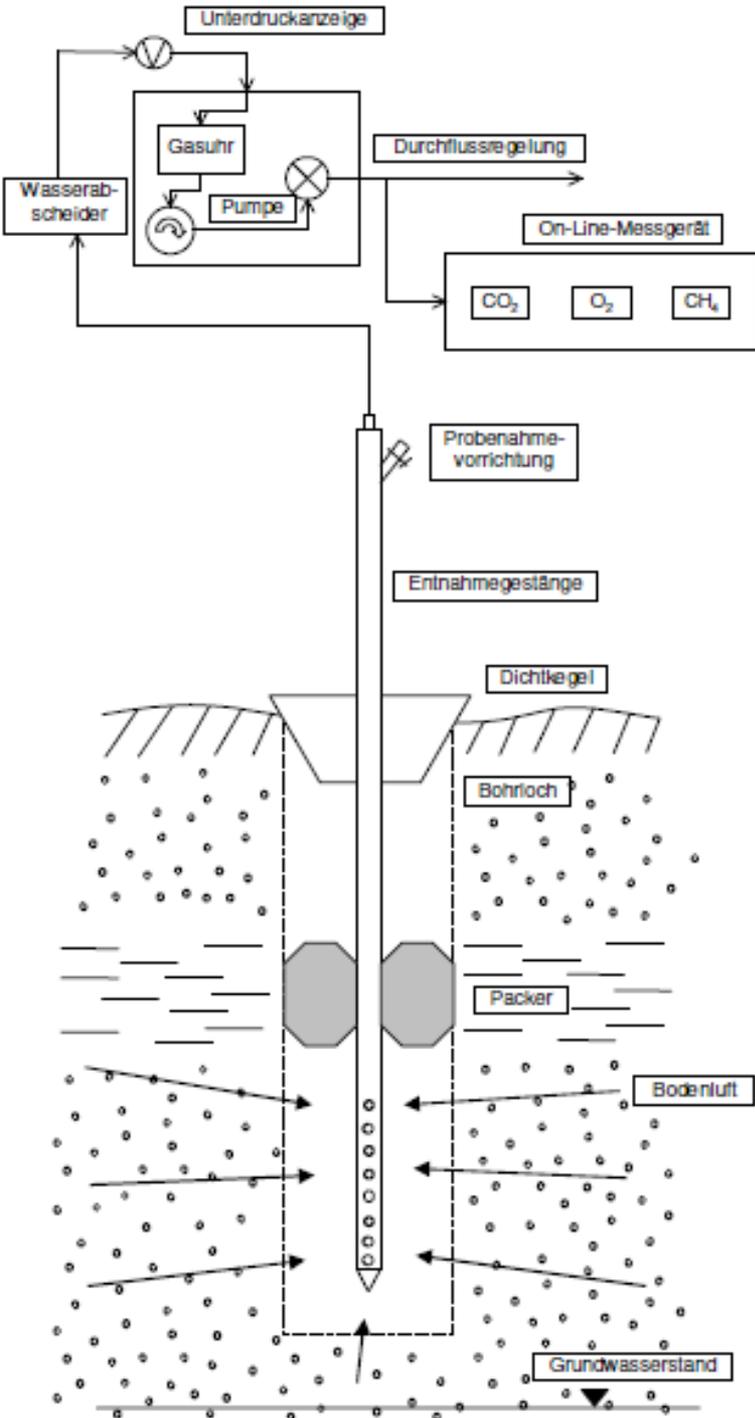


Verdrängersonde (separater Bohr- und Messvorgang)

Entnahme der Bodenluft über ein Kapillarrohr, welches in das Gestänge eingebaut wird

Probenahme erst nach der Gleichgewichtseinstellung der Bodengaskomponenten

1. Bodenluft

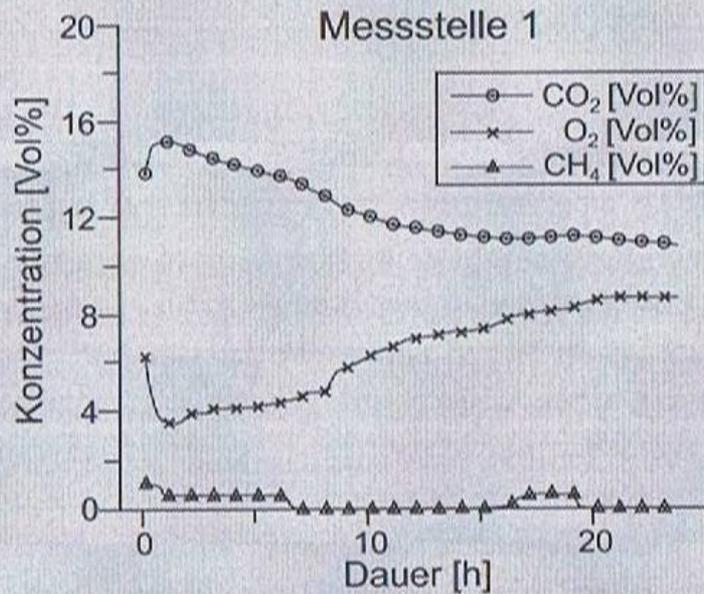


Bohrlochverfahren
(kombinierter Bohr-
und Messvorgang)

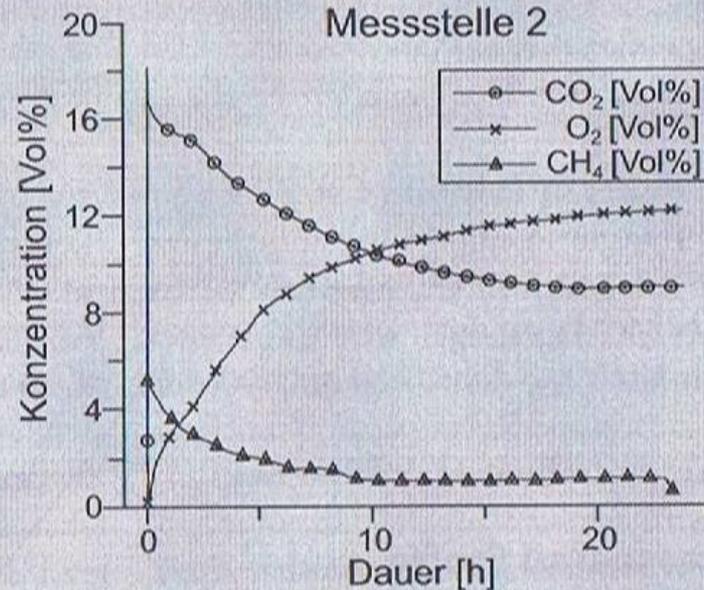
Abdichtung des Bohrlochs gegen Außenluft
(z.B. Packer, Dichtkegel)

1. Bodenluft - Absaugversuche

Bodenluftmessstelle im Bereich eines Deponiekörpers



Bodenluftmessstelle im Randbereich eines Deponiekörpers



1. Bodenluft - Vergleich der Verfahren zur Entnahme

Verdrängersonde	Bohrlochverfahren	Stationäre Gaspegel
<p>Vorteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Preiswert und schnell - Halbquantitative Messungen vor Ort möglich - Abdichtung zur Atmosphärenluft sehr gut - Messung von Permanentgasen ist möglich - Besonders für erste orientierende Untersuchungen geeignet 	<p>Vorteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Schichtenaufbau wird erkundet - Halbquantitative Messungen vor Ort möglich - Gleichzeitige Bodenprobenahme möglich - Exakte Messungen von CO₂, CH₄, O₂ und H₂S vor Ort möglich - Gute Reproduzierbarkeit - Variable Probenahmetiefen sind möglich - Ausbau zum stationären Gaspegel möglich 	<p>Vorteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mehrfachmessungen unter gleichen Bedingungen sind möglich - Halbquantitative Messungen vor Ort möglich - Abdichtung zur Atmosphärenluft sehr gut - Verfälschung der Messergebnisse durch Bohrvorgang ist gering - Eignung zur Testabsaugung ist vielfach gegeben
<p>Nachteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Untergrundaufbau muss bekannt sein - Keine Bohrgutgewinnung - Sondenspitze setzt sich leicht zu - Nur kleiner Entnahmebereich möglich - Verdichtung des Bodens im Umfeld der Sonde 	<p>Nachteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Höherer Zeitaufwand und höhere Kosten als bei der Verdrängersonde - Abdichtung des Bohrloches muss bei der Bodenluftentnahme überwacht werden 	<p>Nachteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Höherer Zeitaufwand und höhere Kosten als bei temporären Messungen - Entnahmetiefe ist durch Filterstellung festgelegt - Sicherung der Messstelle ist erforderlich - Freie Zuwegung ist sicher zu stellen

1. Bodenluft - Analytik

Vor-Ort Messungen

1. On-Line-Messgeräte
(Deponiegasanalytoren)
für Permanentgase (O_2 ,
 CO_2 , CH_4 , H_2S)

2. direktanzeigende
Prüfröhrchen

Prüfröhrchen	Kalibrierung gültig für	Messbereich (20 °C, 1013 hPa)	Farbumschlag
Benzinkohlenwasserstoffe 10/a	n-Octan	10 - 300 ppm	braungrün
Benzinkohlenwasserstoffe 100/a	n-Octan	100 - 2500 ppm	braungrün
Benzol 0,5/a	Benzol	0,5 - 10 ppm	hellbraun
Benzol 2/a	Benzol	2 - 60 ppm	braungrau
Chloroform 2/a	Chloroform	2 - 10 ppm	gelb
Erdgastest		qualitativ	braungrün grau- violett
Kohlenstoffdioxid 0,1 %/a	Kohlenstoffdioxid	0,1 - 0,6 Vol.-%	blauviolett
Kohlenstoffdioxid 0,5 %/a	Kohlenstoffdioxid	0,5 - 10 Vol.-%	blauviolett
Kohlenstoffdioxid 5 %/a	Kohlenstoffdioxid	5 - 60 Vol.-%	blauviolett
Mercaptan 0,5 %	Mercaptan	0,5 - 5 ppm	gelb
Methylenchlorid 100/a	Dichlormethan	100 - 2000 ppm	blaugrün
Perchlorethylen 0,1 %/a	Tetrachlorethen	0,1 - 4 ppm	graublau
Perchlorethylen 2/a	Tetrachlorethen	2 - 300 ppm	graublau
Perchlorethylen 10/b	Tetrachlorethen	10 - 500 ppm	orange
Polytest		qualitativ	
Schwefelwasserstoff 0,2/a	Schwefelwasserstoff	0,2 - 5 ppm	hellbraun
Tetrachlorkohlenstoff 1/a	Tetrachlorkohlenstoff	1 - 15 ppm	gelb
Toluol 5/b	Toluol	5 - 300 ppm	hellbraun
Toluol 50/a	Toluol	50 - 400 ppm	braun
Trichlorethan 50/d	1.1.1-Trichlorethan	50 - 600 ppm	braunrot
Trichlorethen 2/a	Trichlorethen	2 - 250 ppm	orange
Trichlorethen 50/a	Trichlorethen	50 - 500 ppm	orange
Vinylchlorid 1/a	Vinylchlorid	1 - 50 ppm	gelborange
Xylol 10/a	o-Xylol	10 - 400 ppm	rotbraun

1. Bodenluft - Analytik

Direktverfahren			Anreicherung
Headspace-Gläschen	Gasmaus/ Gasbeutel	GC Vor-Ort-Analytik	Aktivkohle, XAD-Harz
<p>Vorteile:</p> <ul style="list-style-type: none">- Die Probe ist mit der Stoffzusammensetzung der Bodenluft in situ identisch- Laboranalyse der Permanentgase bedingt möglich	<p>Vorteile:</p> <ul style="list-style-type: none">- Mehrfachanalysen möglich- Durch größere Probenmenge auch Permanentgase analysierbar- Die Probe ist mit der Stoffzusammensetzung der Bodenluft in situ identisch	<p>Vorteile:</p> <ul style="list-style-type: none">- Ergebnis liegt sofort vor- Anzahl der Proben für Laboruntersuchung kann ggf. reduziert werden- Möglichkeit der sofortigen Eingrenzung von Schadensherden	<p>Vorteile:</p> <ul style="list-style-type: none">- Mehrfachanalysen möglich- Niedrige Nachweisgrenzen durch Anreicherung

XAD: Adsorberharze

2. Bodenlösung

Wasser im Porenraum von Böden

Versickernde Niederschläge

ungesättigte Bodenzone

Bodenwasser, Deponiesickerwasser

Gravitative Ausbreitung (Kuppen/ Mulden)

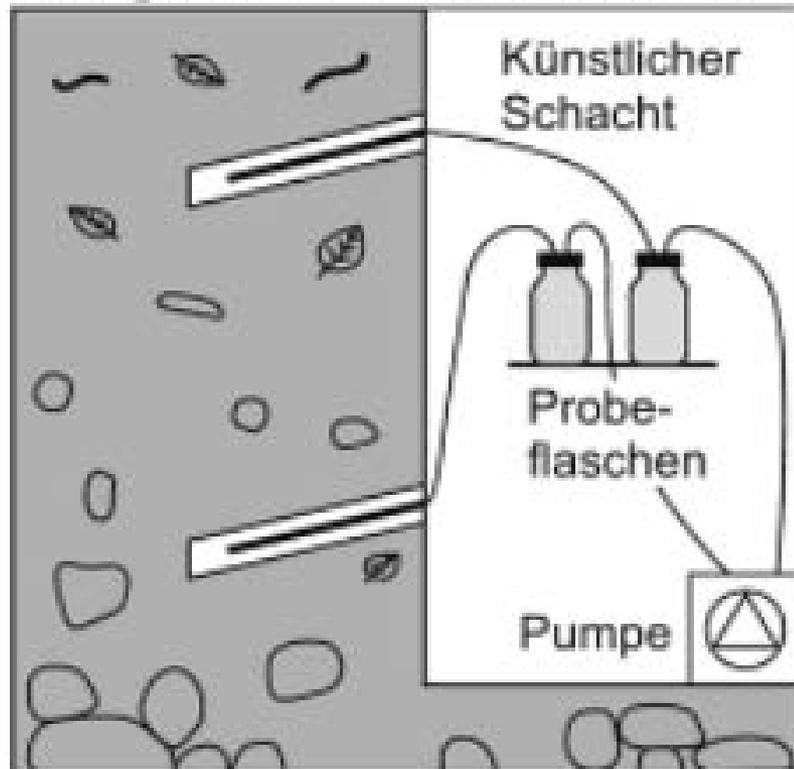
Inhaltsstoffe: Phosphat, Nitrat, Chlorid, Schwermetalle, Kohlenwasserstoffe

2. Bodenlösung

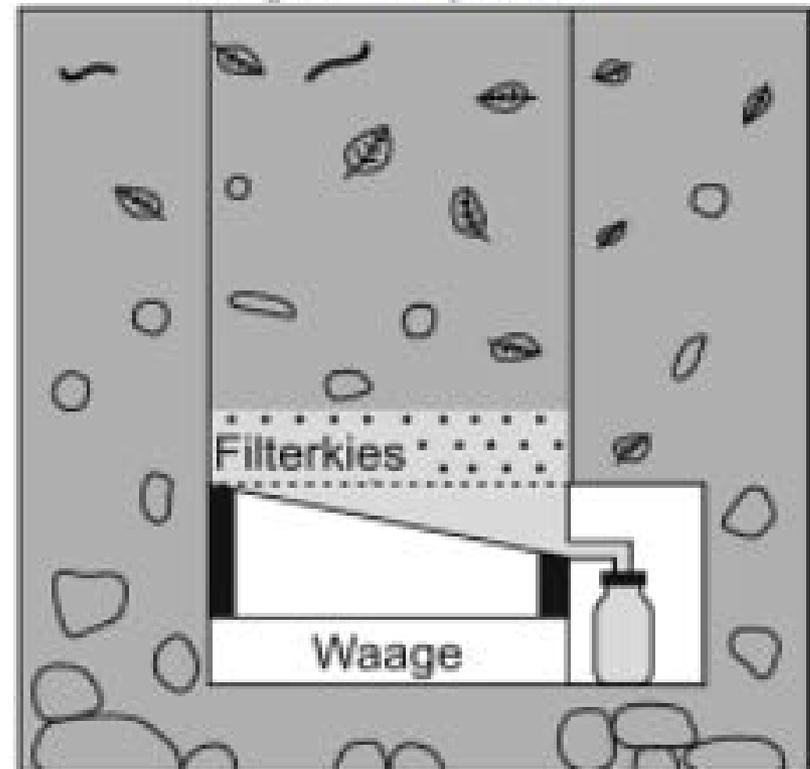
Verfahren zur Gewinnung von Bodenlösung	Labor/ in-situ	Vorteile	Nachteile
Eluatgewinnung nach EN 1744-3	Labor	Geringer Aufwand, rasche, reproduzierbare Ergebnisse	Konzentrationen werden möglicherweise überschätzt
Zentrifugieren oder Verdrängung	Labor	Gewinnung von „echter“ Bodenlösung	Geringe Mengen gewinnbar bzw. große Probenmengen erforderlich
Säuleneelution	Labor	Geringer Aufwand, rasche, reproduzierbare Ergebnisse	Qualität der Ergebnisse stark davon abhängig, wie gut die natürlichen Verhältnisse simuliert werden
Drainagen	in-situ	Geringer Aufwand	Auf Hanglagen und stark vernässte Böden beschränkt
Saugkerzen	in-situ	Gewinnung aus ungestörtem natürlichem Bodengefüge	Hoher Installation- und Betreuungsaufwand, Unterdruck verfälscht natürliche Durchströmungsverhältnisse
Lysimeter	in-situ	Bildet die Situation in Langzeitversuchen am besten ab	Hoher Errichtungs- und Betriebsaufwand, lange Zeitdauer bis zur Gewinnung erster Resultate

Gewinnung von Bodenlösung

Saugkerzen in 2 Bodenhorizonten



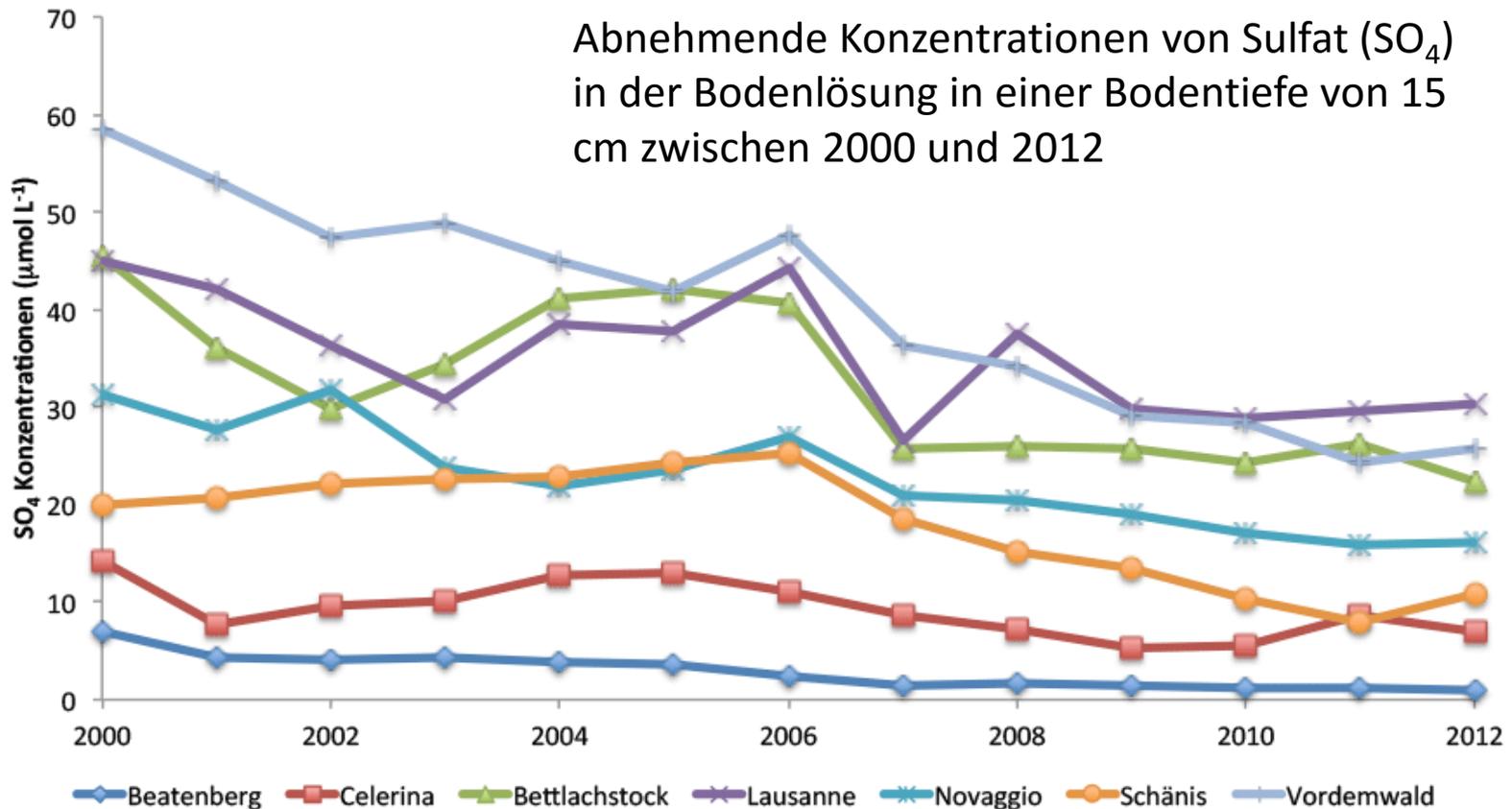
Wägbares Lysimeter



2. Bodenlösung

Sulfatkonzentrationen auf Schweizer **LWF** (Langfristige Waldökosystem-Forschung) Flächen

Als Folge der sinkenden atmosphärischen Schwefeleinträge haben auf den meisten Flächen die Konzentrationen von Sulfat im Oberboden abgenommen



3. Grundwasser

Natürliche Grundwasseraufschlüsse (Quellen)

Errichtung von Grundwassermessstellen
(Bohrungen)

- Vollkommene Messstelle
- Unvollkommene Messstelle
- Multilevel-Messstelle

3. Grundwasser

Spezielle Messnetze: Nitratmessnetz

Nitratrichtlinie 1991 - zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen

Ziel: die durch Nitrat verursachte Gewässerverunreinigung zu verringern und weiterer Gewässerverunreinigung vorzubeugen

Deutschlandweit 162 Messstellen

3. Grundwasser

Spezielle Messnetzte: Nitratmessnetz

Ergebnisse aus Deutschland sind mit den Ergebnissen anderer EU-Mitgliedstaaten, die ihre Messstationen **nicht** an besonders hoch mit Nitrat belasteten Stellen eingerichtet haben, nicht zu vergleichen!

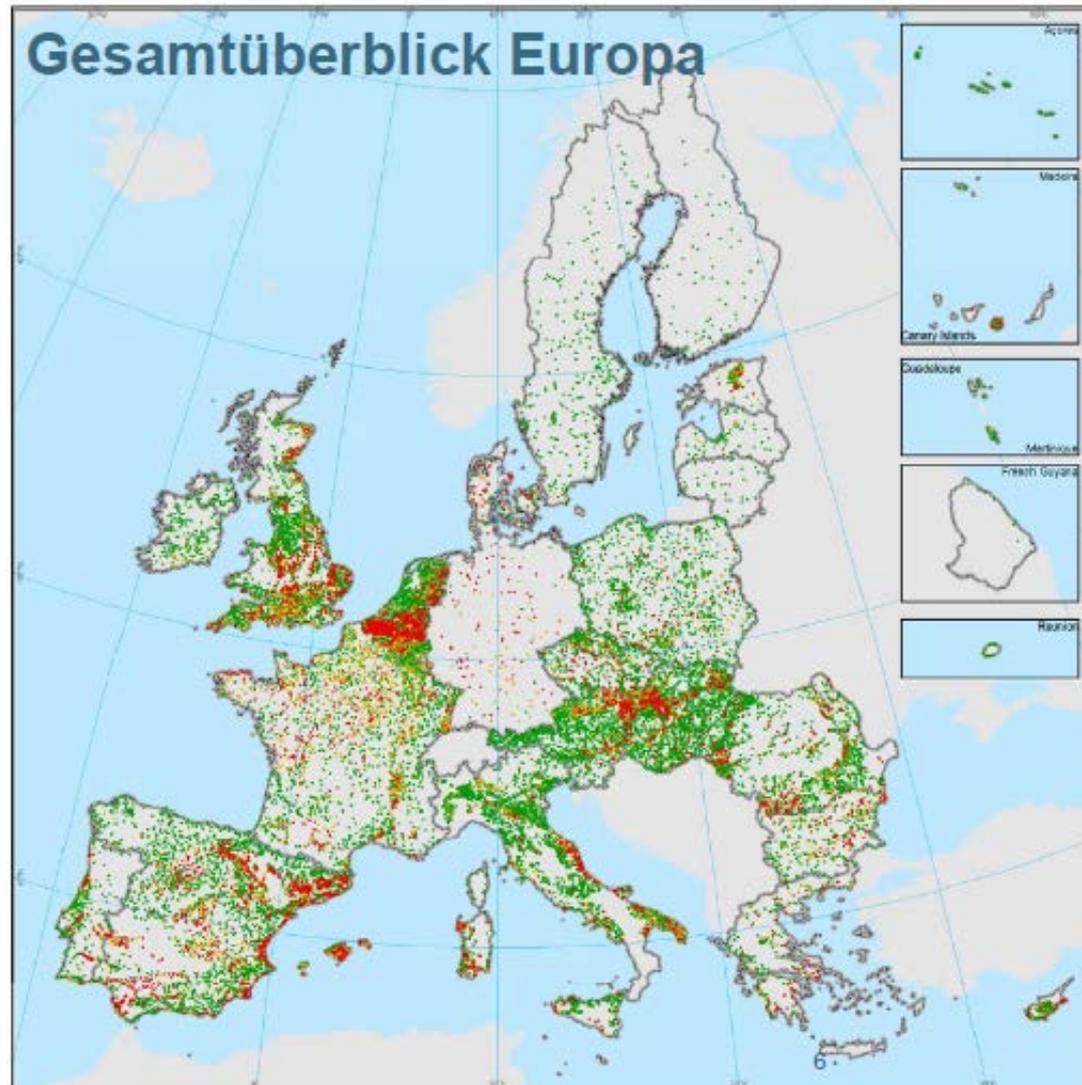


Quelle: QDR

<http://www.qdr-ev.de/sites/default/files/files/Nitratmn.pdf>

3. Grundwasser

Spezielle Messnetzte: Nitratmessnetz



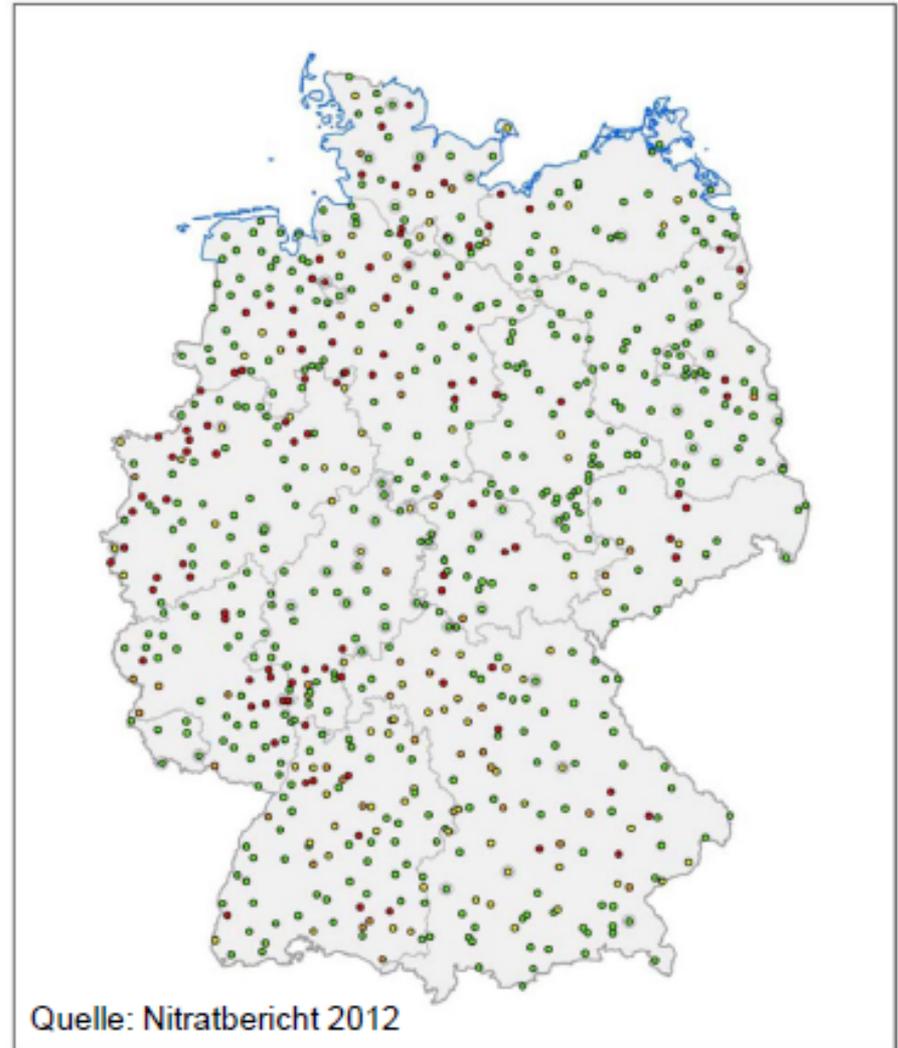
3. Grundwasser

Spezielle Messnetzte: Nitratmessnetz

Das zukünftige Messnetz zur Nitratrichtlinie wird von der Zahl der Messstellen (ca. 700) her dem jetzigen EUA-Messnetz (siehe Karte) ähneln.

Aber:

Im Gegensatz zum EUA-Messnetz keine Gleichverteilung über Deutschland sondern Flächenwichtung nach Anteilen landwirtschaftlich genutzter Fläche



3. Grundwasser

Grundwassererkundung Altlasten

Aufbau eines **Grundwassermessstellennetzes**
um die Richtung der Schadstoffausbreitung zu erfassen
Zeitaufwändige Vorgehensweise

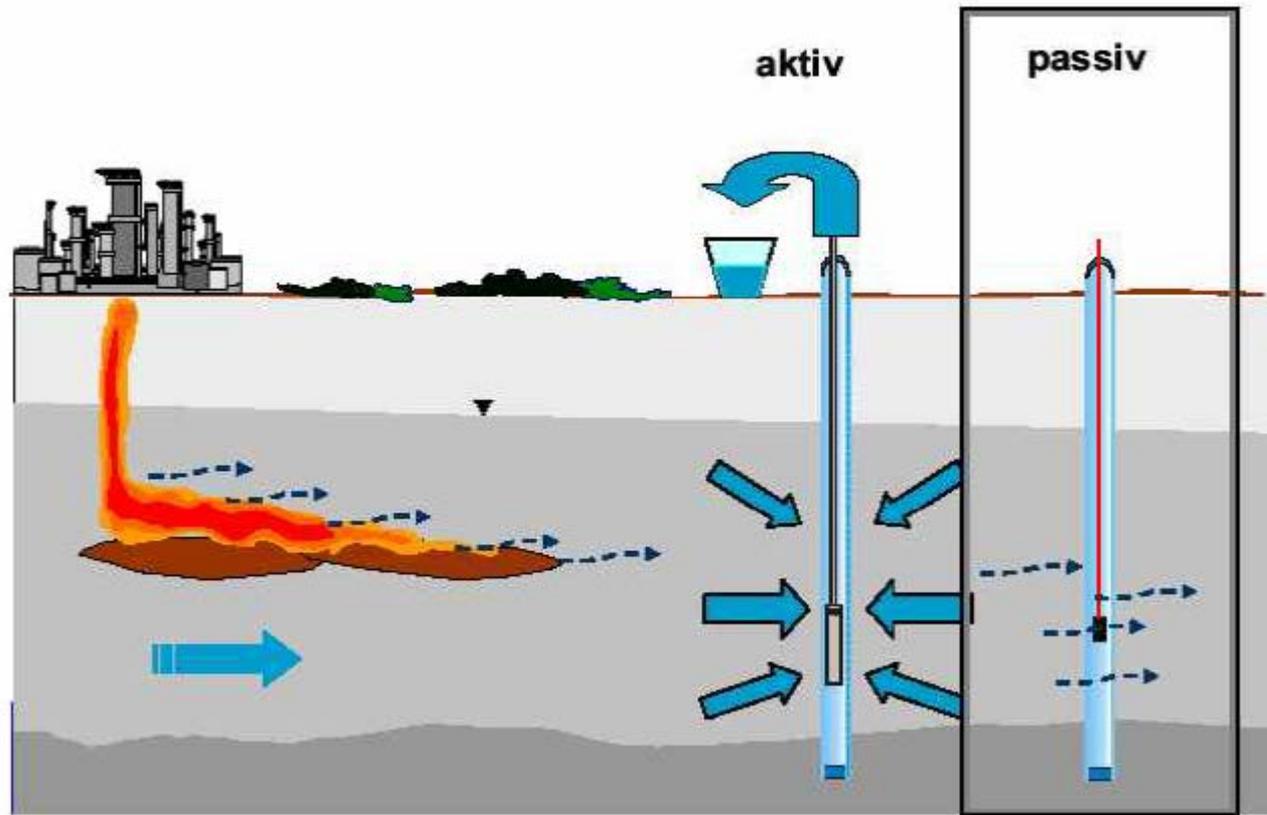
Bei dem **Direct-Push-Verfahren** wird eine spezielle Filtersonde direkt bis zur gewünschten Tiefe in den Aquifer vorgetrieben (Direct-Push Sondierung).

Möglichkeit der tiefenorientierte Entnahme von Wasserproben während der Sondierung



3. Grundwasser

Grundwassererkundung Altlasten



Aktive Methoden zur horizontalen und vertikalen Eingrenzung von Schadensherden im Untergrund. Analyse der Probe zum Probenahmezeitpunkt.
Passive Methoden Ein Passivsammler (Adsorbersystem) nimmt durch Diffusion, also passiv, die im Wasser gelösten Substanzen auf.

Einladung!

Der Klimavertrag von Paris - Aufbruch in ein neues Zeitalter?

Mittwoch, 20. Januar 2016, Beginn: 14:30, Ende: 16:30

UWC Robert Bosch College, Kartäuserstr. 119, Freiburg.

Wegbereiter des Pariser Klimavertrages, der renommierte Klimaexperte Professor Hans Joachim Schellnhuber, zu Gast in Freiburg

Im Gespräch mit dem Freiburger Bundestagsabgeordneten Matern von Marschall wird er mit Schülern und anderen Gästen über die Konsequenzen des Klimavertrages von Paris diskutieren.

Wir laden Sie herzlich ein, dabei zu sein!

Eintritt frei. Wir bitten jedoch um Anmeldung unter: kas-suedbaden@kas.de oder telefonisch unter 0761 15648070.

4. Feststoffe

- Zweck der Untersuchung
- Größe des Areals
- Geologie/Bodenbeschaffenheit
- Schadstoffparameter
- Immisionspfade
 - Luftschadstoffe
 - Dünger/Pflanzenschutzmittel
 - Schadstoffherd im Untergrund

4. Feststoffe

Bodenprobenahme

Dt. Bundesbodenschutzgesetz (Bbod-SchG1998)

Besonderes Augenmerk liegt auf Altlasten

Europäische Bodenrahmenrichtlinie (BRRL 2006)

Bisher keine Einigung über geplanten Regelungsinhalte



Entnahme von Bodenproben



Bohrstöcke

Beobachtungsprogramme – aktueller Zustand, Veränderung, Prognosen

4. Feststoffe

Abfallprobenahme



Baggerschurf



Greiferbohrung

Altablagerungen

- heterogene Beschaffenheit
- Großaufschlussverfahren
- abgrenzbare Feststoffeinheiten definieren
- organoleptische Befunde
- Rückstellproben (Beobachtung von Veränderungen)

4. Feststoffe

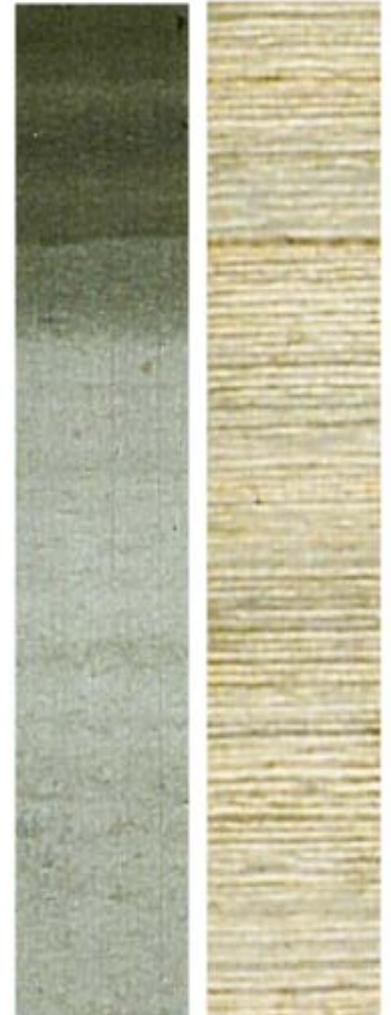
Seesedimente

ideale Archive für die Rekonstruktion zahlreicher Paläo-Umweltbedingungen.

Gespeicherte Informationen können einen Zeitraum von > 10.000 Jahren umfassen

Grundmoränenseen, Maare, Talsperren,

Regenrückhaltebecken



4. Feststoffe - Seesedimente

Anwendungen

Nähr- und Schadstoffgehalte; geogene Stoffkonzentrationen

Häufigkeit und Zusammensetzung vom Phytoplankton

Rekonstruktion der Vegetationsentwicklung im Einzugsgebiet mittels palynologischer Untersuchungen (Klimaveränderungen, Ackerbau)

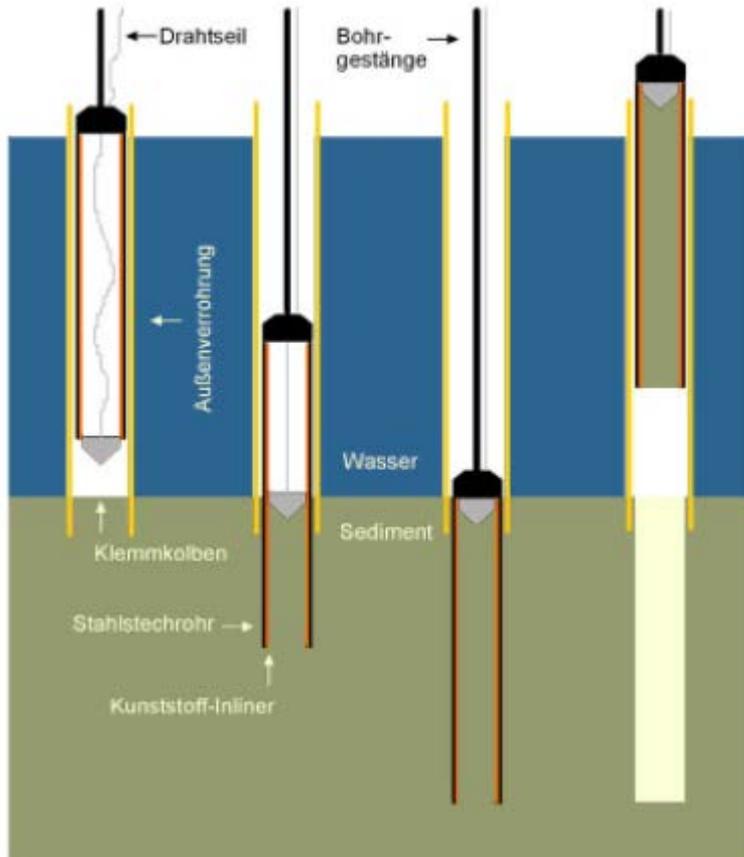
Rekonstruktion von Paläotemperaturen anhand von Sauerstoffisotopverhältnissen ($^{16}\text{O}/^{18}\text{O}$)

Zeitliche Einordnung der Sedimentabfolgen mittels radiometrischer Verfahren (^{14}C -, ^{210}Pb -, ^{137}Cs -Datierungen) sowie warven- und tephrenchronologischer Untersuchungen

Sedimentations- bzw. Sedimentakkumulationsraten

4. Feststoffe - Seesedimente

Probennahme mittels Stechröhrverfahren

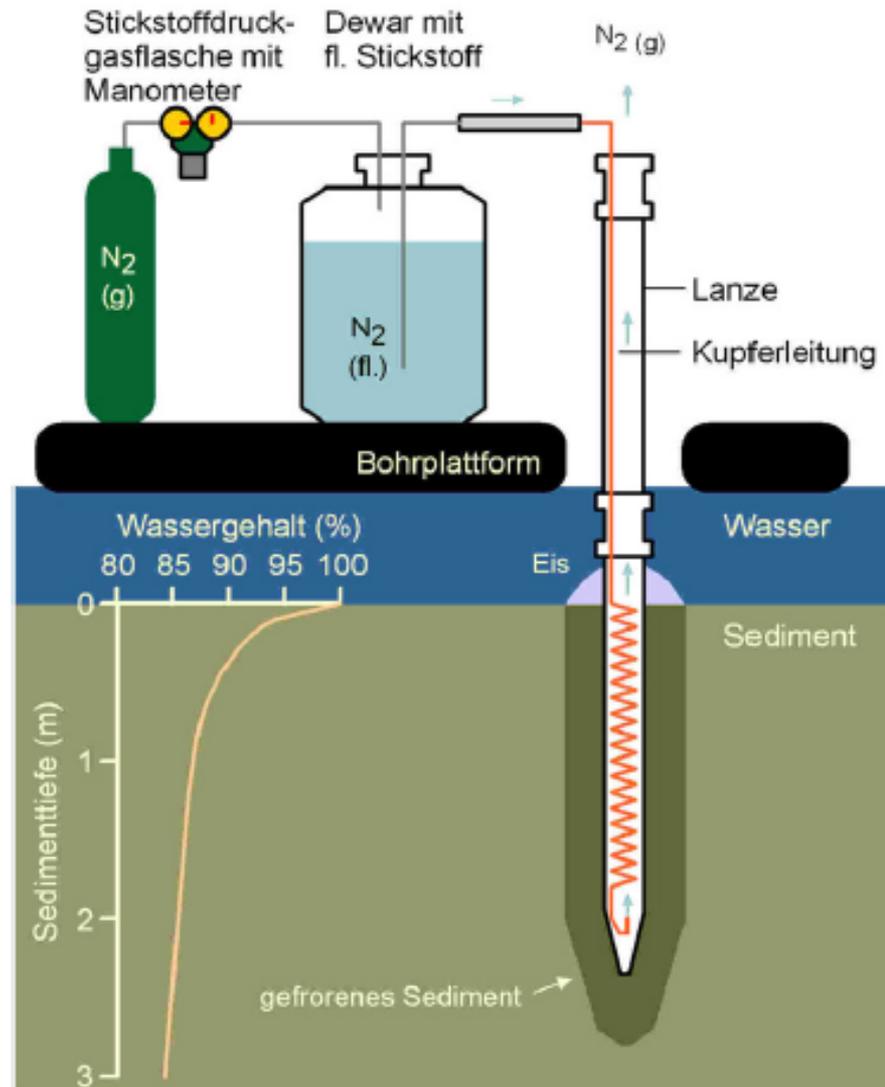


Mit Hilfe eines Falllots wird das Stechröhr in das Sediment getrieben und nachfolgend mit einem Flaschenzug geborgen. Die Wandreibung und der Unterdruck sorgen dafür, dass das Sediment bei der Bergung im Stechröhr verbleibt

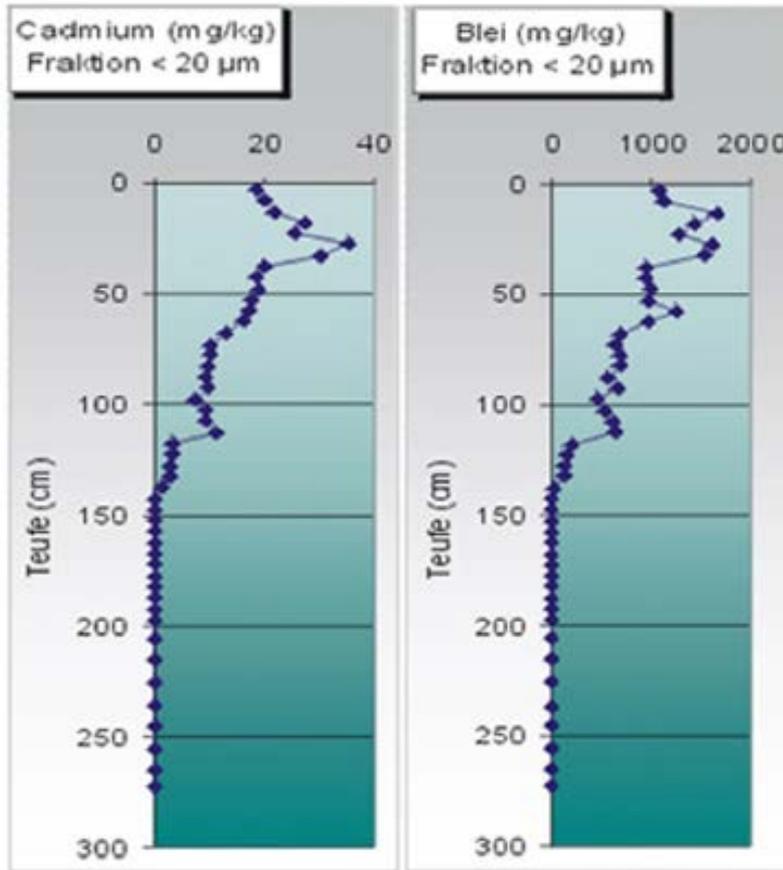
Nach der Bergung wird jeweils ein neues Stechröhr angeschraubt, das Bohrgestänge um jeweils 2 m verlängert und die Bohrung sukzessiv bis zur Basis der Sedimentabfolge abgeteuft

4. Feststoffe - Seesedimente

Probennahme mittels Gefrierkernverfahrens



4. Feststoffe - Seesedimente



Übergang zwischen natürlichen und anthropogen überprägten Schichten

Pb- und Cd-Profile in Sedimenten des Quenzsees bei Brandenburg a.d. Havel

Altlasten & Abfallmanagement

500 Mio Tonnen Abfall jährlich (Deutschland und Österreich)

Davon 10% aus privaten Haushalten (Siedlungsabfall)

Zum Vergleich: In Deutschland werden pro Jahr c. **170 Mio Tonnen** Braunkohle gefördert.



Altlasten & Abfallmanagement

Themen

Abfallwirtschaft bzw. **Kreislaufwirtschaft**

Deponierung von Abfällen

Endlagerungskonzepte

Altablagerungen, Altstandorte: Erkundung & Bewertung

E-T-I-Konzept (Emission-Transmission-Immission)

Sanierungsplanung

Dekontamination oder Sicherung?

Sanierungsverfahren / Entscheidungsfindung

Abfall

Definition

Stoffe, denen sich der Besitzer entledigen will oder entledigt hat.... (Entledigungsabsicht)

Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG 2012)

Bundesgesetz des deutschen Abfallrechts

Zweck: Schonung der natürlichen Ressourcen

Schutz von Mensch und Umwelt bei der Erzeugung und Bewirtschaftung von Abfällen

Recycling, Mehweg und die sonstige stoffliche Verwertung von Abfällen

Klassifizierung von Abfällen

Erfolgt durch die

Abfallverzeichnisverordnung (AVV 2001)

Nach Entstehung und Inhaltsstoffen

Zunächst branchenspezifisch (z.B. medizinische Abfälle), dann erst durch Betrachtung der Art des Abfalls; Abfallschlüsselnummern

Europäische Abfallrahmenrichtlinie (AbfRRL 2008)

Zielhierarchie

1. Abfallvermeidung
2. Vorbereitung zur Wiederverwendung
3. Einspeisung in einen Recycling-Kreislauf
(stoffliche Verwertung)
4. Sonstige Verwertung, insbesondere energetische
Verwertung (thermische Behandlung)
5. Beseitigung

Thermische Abfallbehandlung



Starke Volumenreduktion; freigesetzte Verbrennungsenergie wird als elektrische Energie, Wärme und/oder **Prozessdampf** zur Erzeugung von Fernwärme genutzt. **Schlacken** für Bauwirtschaft; **Filterrückstände** der Rauchgasreinigung mit Schadstoffen angereichert - Deponie

Schadstoffpotential von Abfällen

Wirkungspfade:

Boden, Grundwasser, Bodenluft

Bewertungskriterien für Gefährdungspotential:

Mobilität, Reaktivität, Toxizität, biologische
Verfügbarkeit, Persistenz

Physik./chemische Rahmenbedingungen:

Hydraulische Durchlässigkeit,
Grundwasserfließrichtung

Deponierung von Abfällen

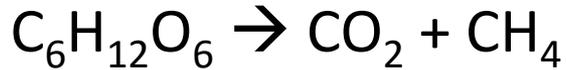
Deponieverordnung (DepV 2009)

Abfälle mit hohem organischen Anteil dürfen nicht mehr deponiert werden

Reaktordeponie: es ist mit chemischen und biologischen Prozessen zu rechnen

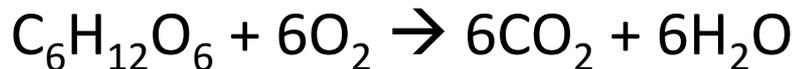
Deponiegasentwicklung

Methanphase und Langzeitphase:



Methan > 50 Vol.%, CO₂ <45 Vol.%, kein Sauerstoff, Überdruck,
Temp. > 50°C

Lufteindringphase:



Methan 40 Vol.%, CO₂ 30 Vol.%, kein Sauerstoff, Überdruck,
Temp. c. 30°C

Methanoxidationsphase:



Methan <20 Vol.%, CO₂ >20 Vol.%, Sauerstoff, kein Überdruck,
Außenlufttemperatur

Beschleunigung der Prozesse durch Belüftungsmaßnahmen

Deponierung von Abfällen

Deponietypen

Schweiz:

Inertstoffdeponie

Reststoffdeponien

Reaktordeponien

Deutschland:

DK 0 – Oberirdische Deponie für
Inertabfälle

DK I & II – Nicht gefährliche Abfälle

DK III – Oberirdische Deponie für
„gefährliche“ Abfälle

DK IV – Untertagedeponie

Österreich:

Bodenaushubdeponie

Inertabfalldeponie

Deponien für

ungefährlichen Abfall

Baurestmassendeponie

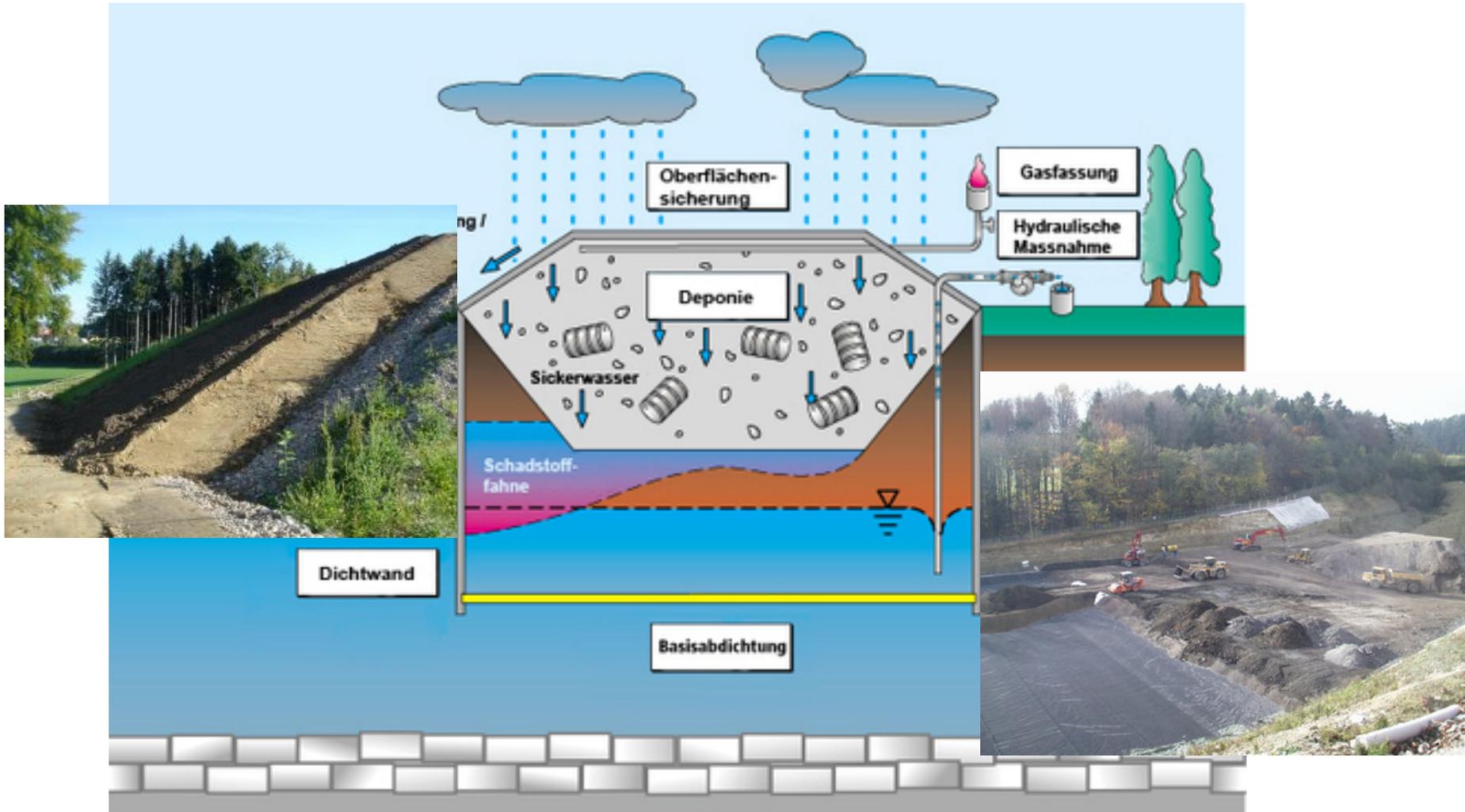
Reststoffdeponie

Massenabfalldeponie

Deponien für gefährlichen

Abfall (Untertagedeponie)

Die geordnete Deponie



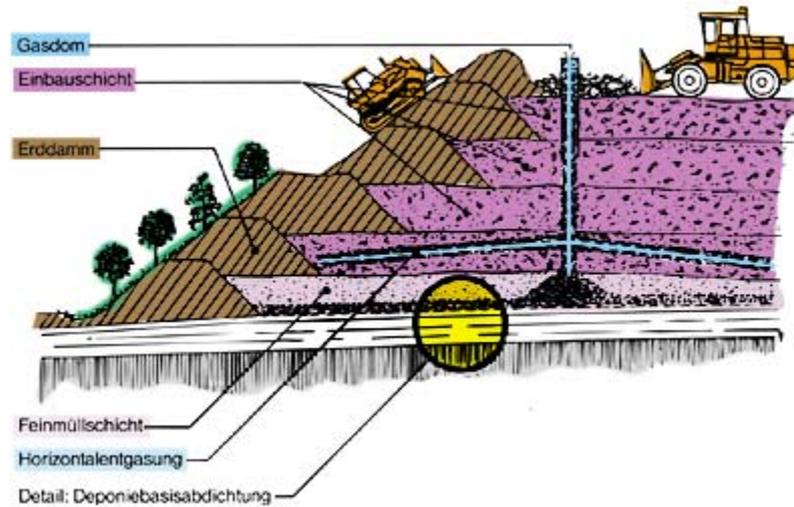
Die geordnete Deponie

- Rekultivierungsschicht
- Entwässerungsschicht, Ableitung der Niederschläge
- Kunststoffdichtung & Schutzschicht
- mineralische Dichtung
- Gasdrainage (Deponiegase)

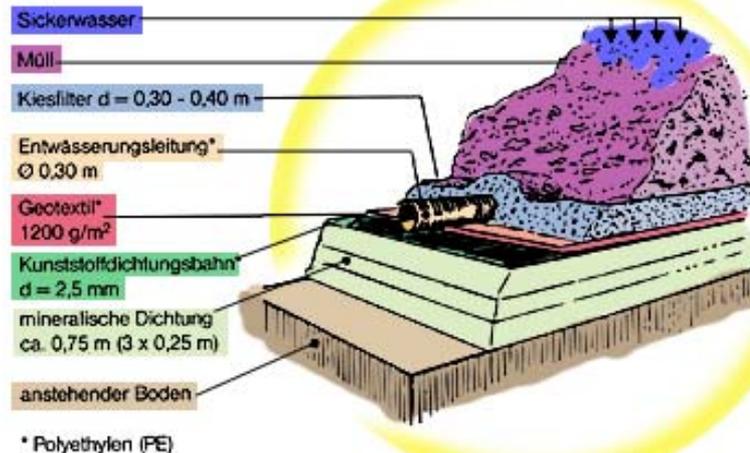
Abfall

- Entwässerungsschicht, k-Wert $<10^{-3} \text{ ms}^{-1}$, mit
(Deponiesickerwässer)
- Kunststoffdichtung & Schutzschicht
- mineralische Dichtung (quellfähige Tonschicht, adsorbtiv, k-Wert $<10^{-10} \text{ ms}^{-1}$)

Schema einer geordneten Deponie



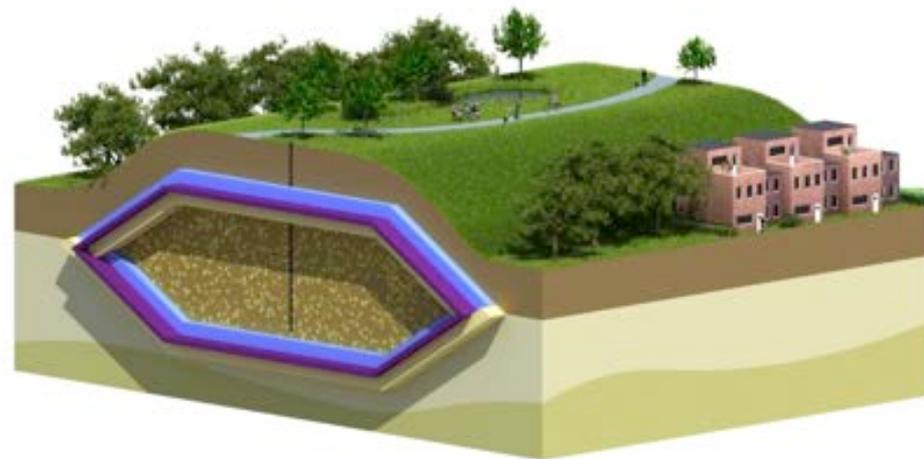
Detail der Basisabdichtung



Deponiebasisabdichtung

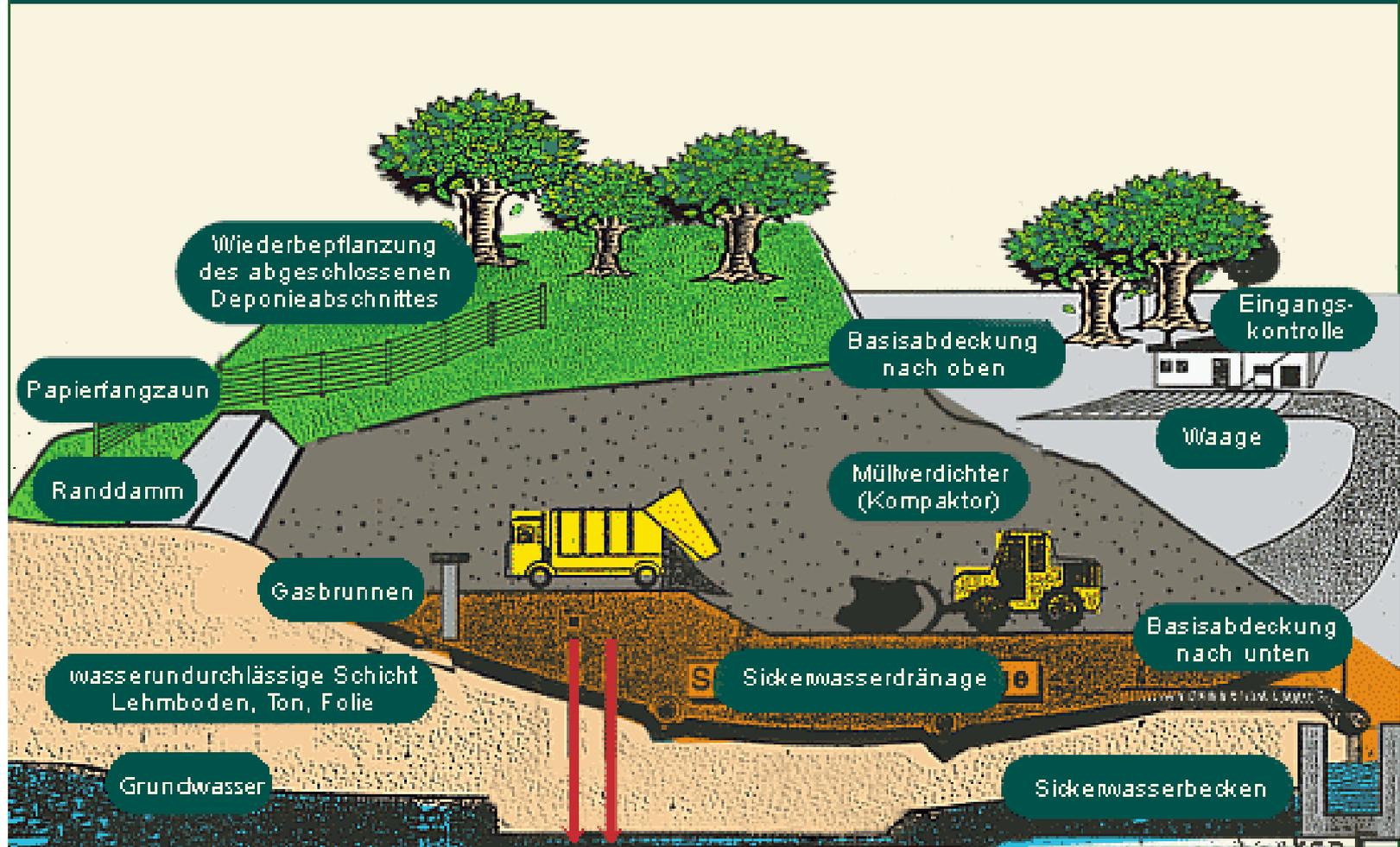
Mineralische Abdichtung

z.B. chargenweise Mischung eines Bentonit-Polymergemisches mit einem mineralischen Zuschlagsstoff, z.B. Sand



Deponietechnik

Aufbau einer Deponie



Die geordnete Deponie

Multibarrierenkonzept: mehrere Sicherheitssysteme (Barrieren), die unabhängig voneinander wirken

- Rekultivierungsschicht
- Entwässerungsschicht, Ableitung der Niederschläge
- Kunststoffdichtung & Schutzschicht
- mineralische Dichtung
- Gasdrainage (Deponiegase)

Abfall

- Entwässerungsschicht, k-Wert $<10^{-3} \text{ ms}^{-1}$, mit
(Deponiesickerwässer)
- Kunststoffdichtung & Schutzschicht
- mineralische Dichtung (quellfähige Tonschicht, adsorptiv, k-Wert $<10^{-10} \text{ ms}^{-1}$)

Endlagerung

Betrifft vor allem Lagerung (hoch)radioaktiver Abfälle (atomare Entlagerung) oder Endlagerung von CO₂ (Sequestrierung)

Keine *Zwischenlagerung*



In **Herfa-Neurode** und Zielitz werden ehemalige Kalibergwerke als Endlager für arsen- cyanid, quecksilber- und dioxinhaltige Abfälle und Filterstäube genutzt

„Versuchsendlager“ in **Asse** und nukleares Entsorgungszentrum in **Gorleben**

Zudem: Morsleben und Schacht **Konrad**

Endlagerung

Endlagersuche ohne Ende

M. Kriener, Zeit Online, 22.04.2013: [C](#)



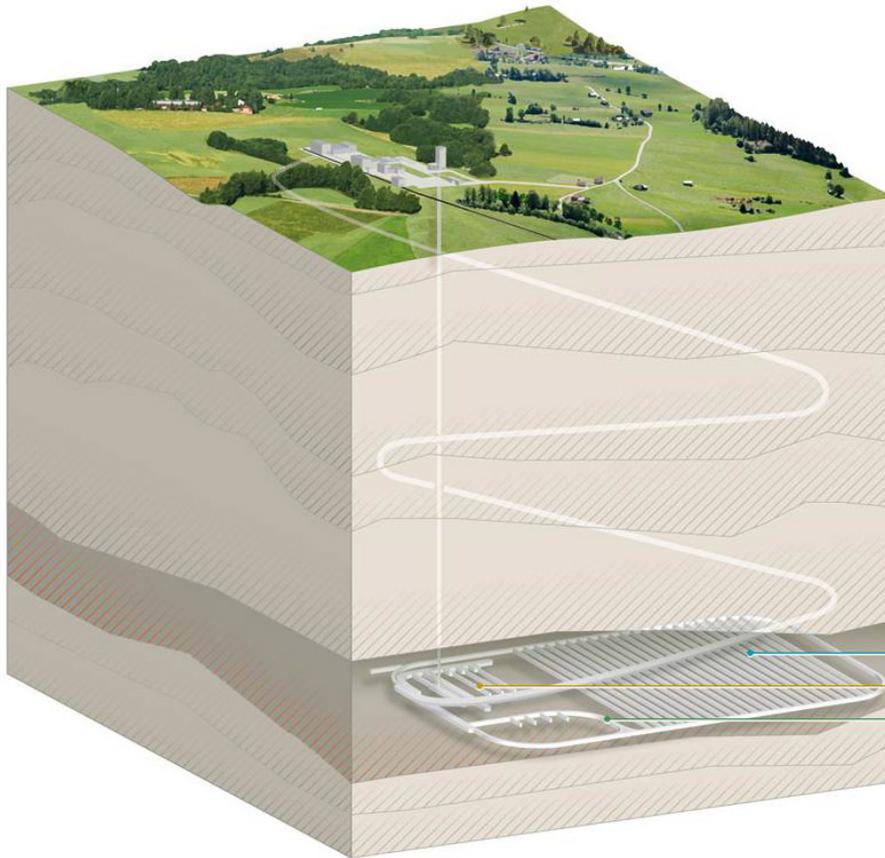
Castorzug

*Eine der ersten Ideen zur Endlagerung kam vom Münchener Physiker B. Philbert: **Flugzeuge sollten die hoch radioaktiven Abfälle wie Bomben über dem Südpol abwerfen**, schlug er Ende der fünfziger Jahre vor. Durch die frei werdende Wärme würde das Eis schmelzen und den Atommüll nach und nach unter sich begraben.*

Atomminister Balke (Nachfolger von F. J. Strauß) fand den Plan zwar interessant, erteilte Philbert 1960 dennoch eine Absage. Eine Endlagerung in Polargebieten stelle "eine unkontrollierbare Beseitigung" dar.

Endlagerung - Schweiz

Nationale Behörden
und Aufsichts-
behörden:
NAGRA, ENSI, BFE



Geologisches Tiefenlager

jurassischer **Opalinuston** wird als Wirtsgestein für die Endlagerung favorisiert

Altlasten

Verunreinigungen von denen eine Gefährdung von **Schutzgütern** (menschl. Gesundheit, Tiere, Gewässer, Pflanzen, Böden) ausgeht

Zwei Arten: Altablagerungen, Altstandorte

ETI-Konzept

Emission – Schadstoffspektrum, Eigenschaften, Verhalten

Transmission – Transportmedium, Transportbarrieren

Immission – betroffene Flächen und deren Nutzung

Altlasten



Altablagerungen

geregelt, legal oder ungeregelt, illegal

Häufig keine Trennung nach Abfallarten

Häufig großes Spektrum an Schadstoffen

Altstandorte

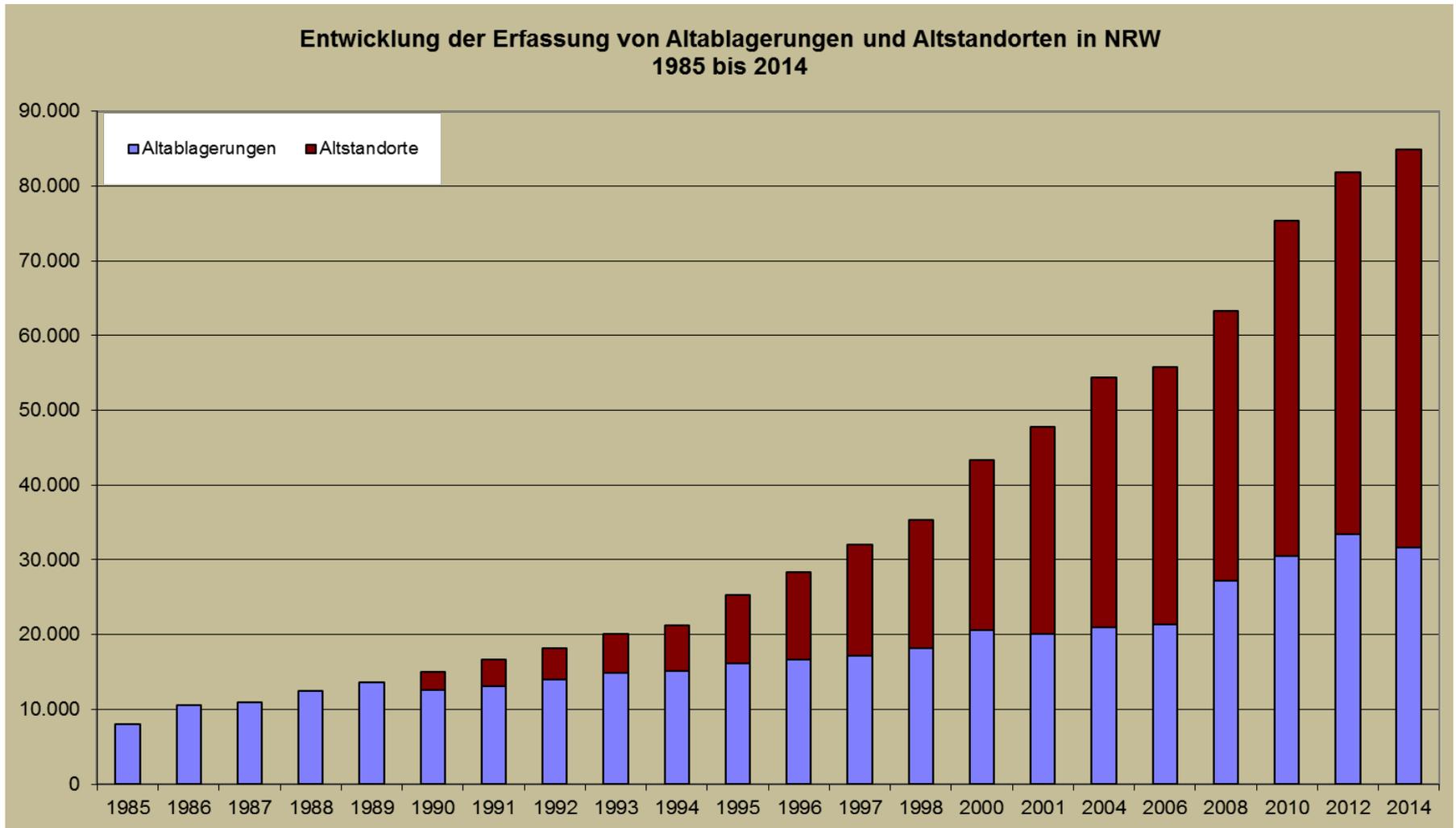
Grundstücke stillgelegter Anlagen, in denen mit umweltgefährdenden Stoffen umgegangen worden ist

Generelle Unterschiede

	Altablagerung	Altstandort
Relavante Schadstoffe	CH ₄ , CO ₂ , Metalle, Salze	häufig Kohlen- wasserstoffe, Schwermetalle
Bodenluft	CH ₄ , CO ₂ im %-Bereich erhöhter Druck Erhöhte Temperatur	
Prozesse	Mikrobieller Abbau > Migration	Migration > mikrobieller Abbau

Altlasten NRW

Statistik enthält auch Flächen, die noch nicht hinsichtlich des „Altlastenverdachts“ bewertet wurden



von der Verdachtsfläche zur Altlast

mehrstufiges Verfahren (verschiedenen Phasen)

Emissionspotential

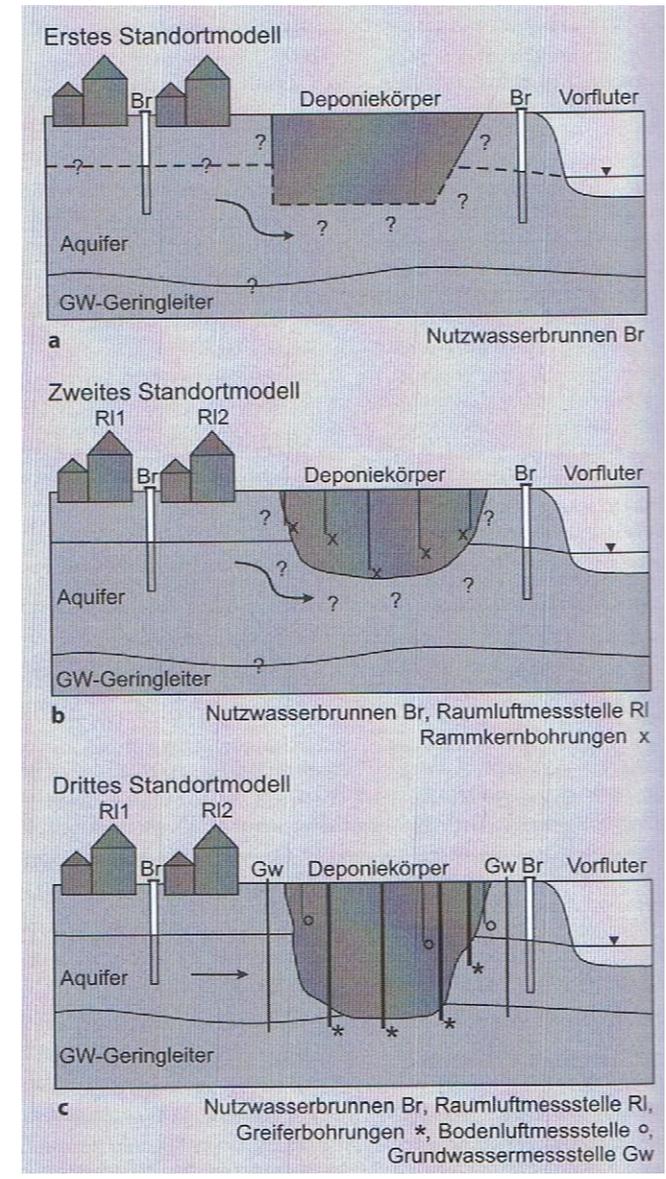
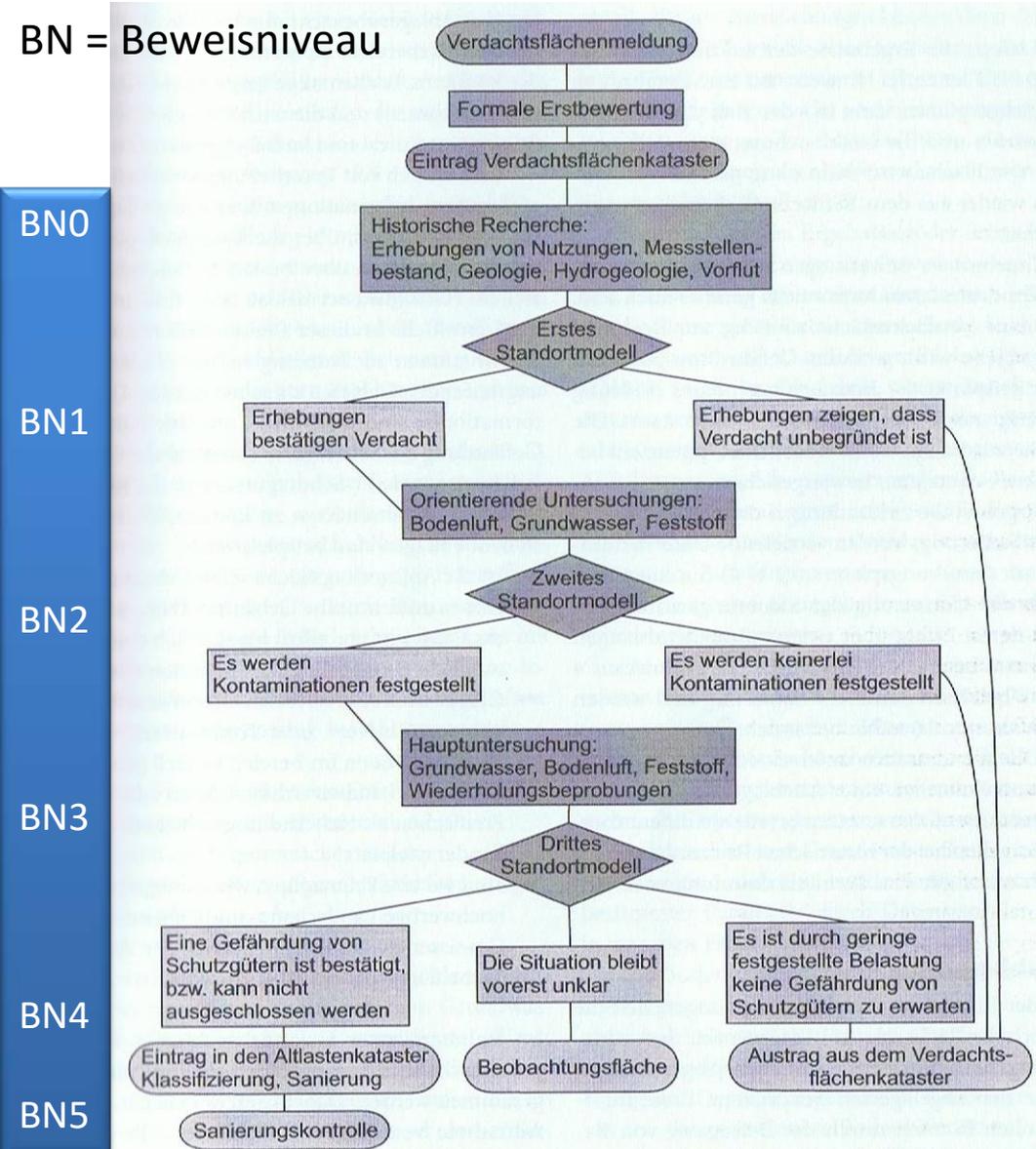
Transmissionspotential

Immissionssensibilität

Beweise sammeln - Standortmodell erstellen
(Grundlage für weiter Planung)

Zunächst mit geringem Aufwand arbeiten, z.B. mit historischer
Recherche beginnen

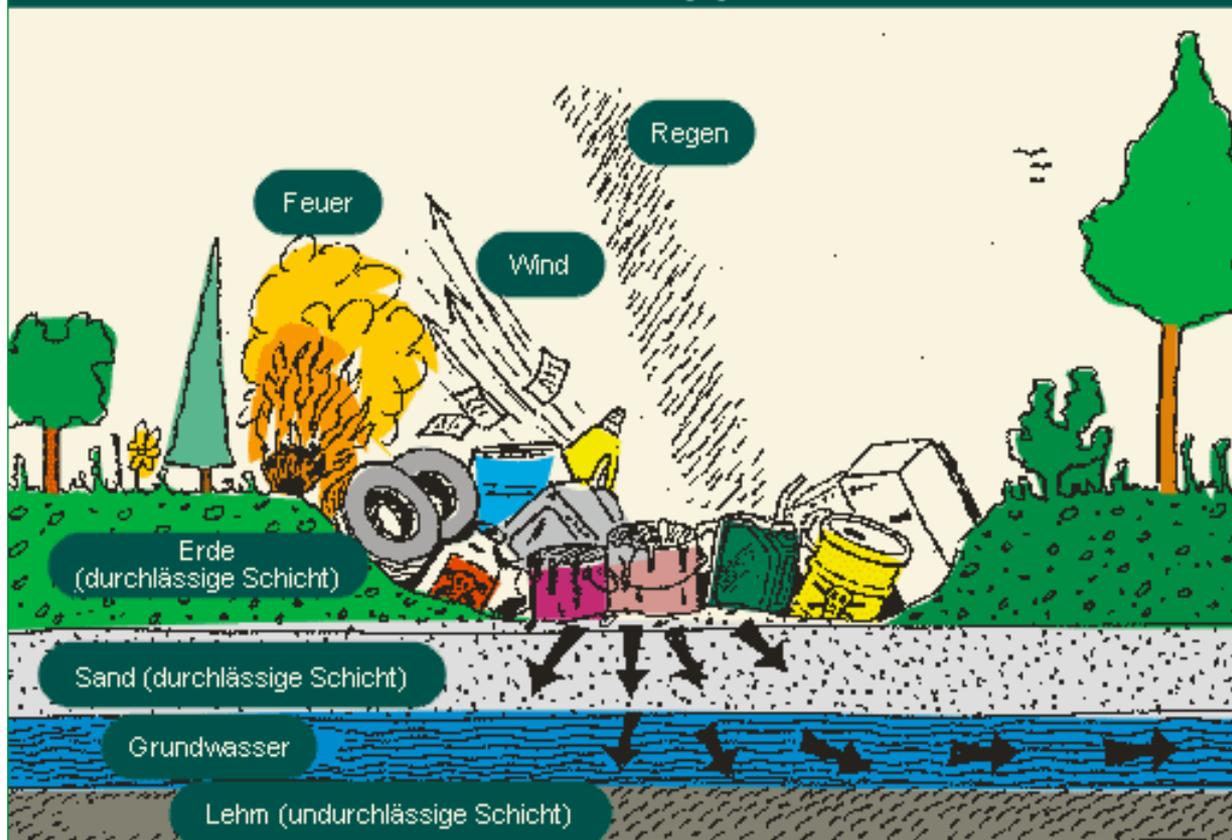
Ablauf einer Verdachtsflächenerkundung



Erkundung von Altlablagerungen

Beispiel „wilde Deponie“

Gefahr durch wilde Müllkippen



Voruntersuchungen

BN1

Erkundigungen

Befragungen

Luftbildaufnahmen

Geologischer Aufbau

Kartierungen

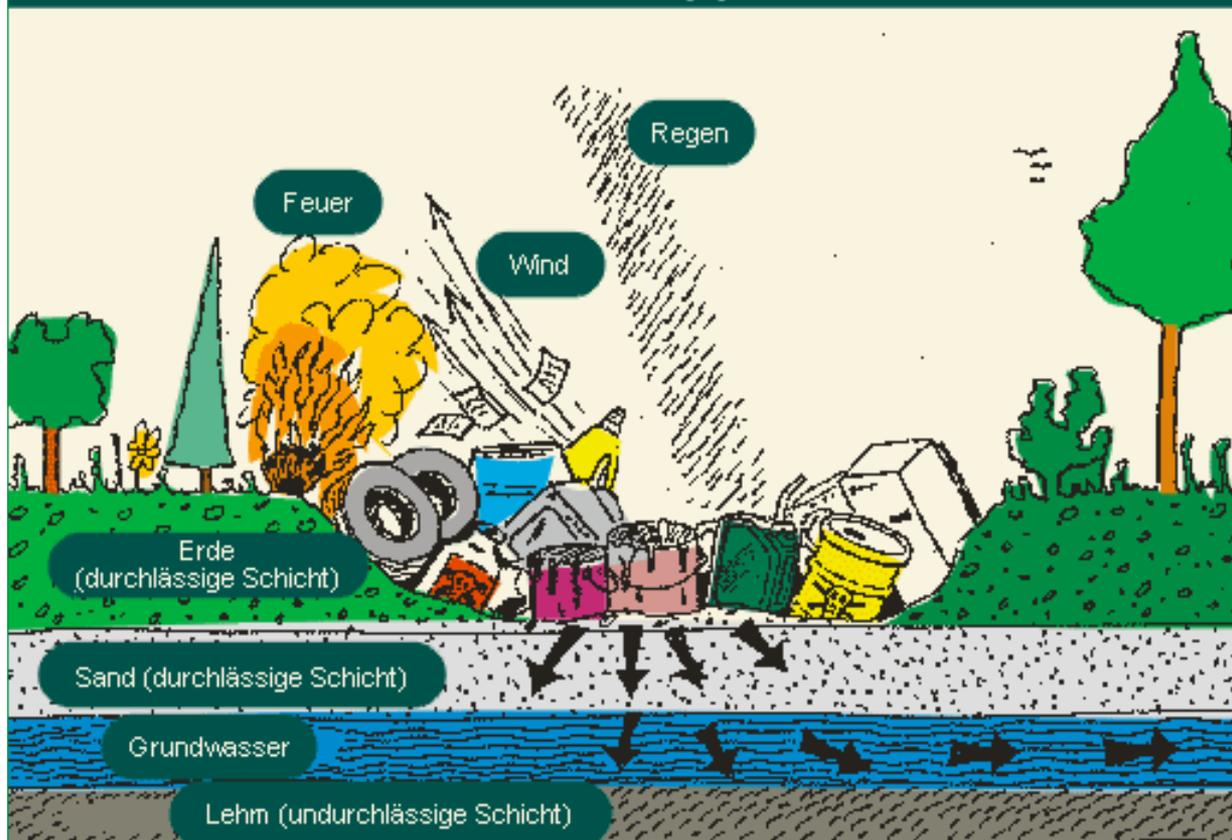
Vorflutsituation

Bioindikatoren

Erkundung von Altlablagerungen

Beispiel „wilde Deponie“

Gefahr durch wilde Müllkippen



orientierende

Untersuchungen BN2

Raumluftmessungen

Erstbeprobungen

Bodenluftmessungen

Rammkernsondierung

„direct push“

Geophysikalische

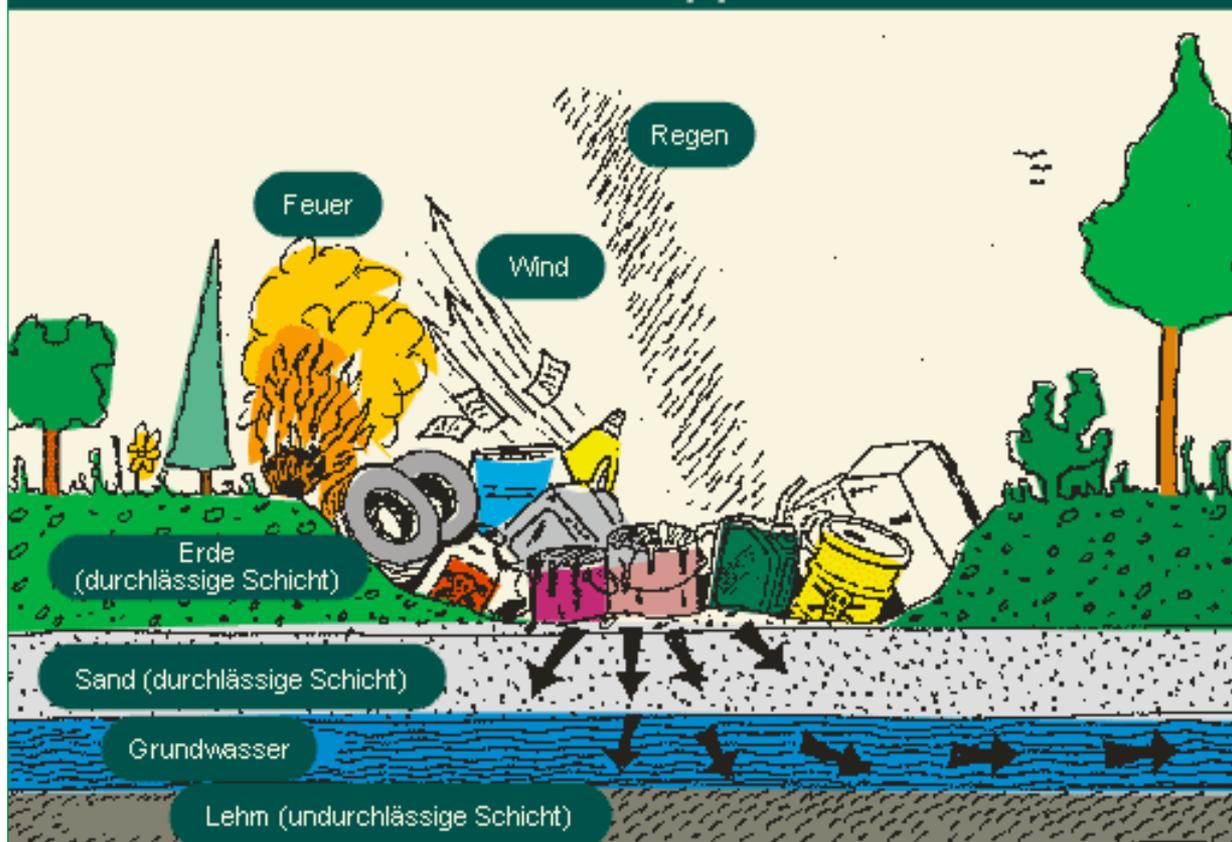
Methoden Bodenradar,

Elektromagnetik

Erkundung von Altlablagerungen

Beispiel „wilde Deponie“

Gefahr durch wilde Müllkippen



fortschreitenden
Untersuchungen BN3

Baggerschürfe
Greiferbohrungen
Probenanalyse
Stationäre Meßstellen
Datensammler

Ziel: Standardmodell

Erkundung von Altstandorten

Industrieller Altstandort



Untersuchungs- programm

Rekonstruktion der
Produktionsprozesse

Grundbuch

Firmenbuch

Verursacher

Schadstoffarten

Schadstoffmengen

Sanierung von Altlasten

Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV 1999)

Ein Service des Bundesministeriums der Justiz und für Verbraucherschutz
in Zusammenarbeit mit der juris GmbH - www.juris.de

Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV)

BBodSchV

Ausfertigungsdatum: 12.07.1999

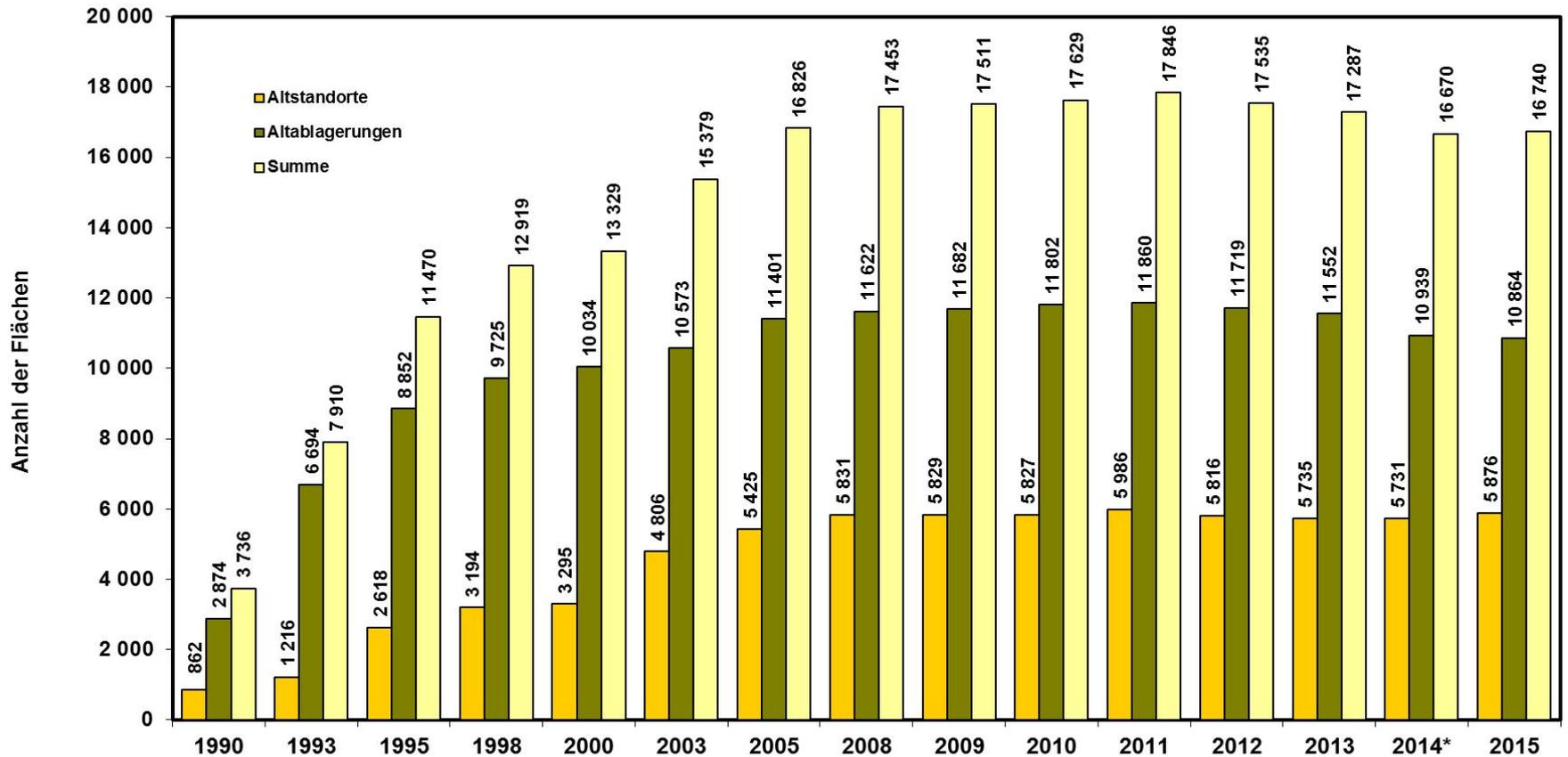
Vollzitat:

"Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 12. Juli 1999 (BGBl. I S. 1554), die zuletzt durch Artikel 102 der Verordnung vom 31. August 2015 (BGBl. I S. 1474) geändert worden ist"

Stand: Zuletzt geändert durch Art. 102 V v. 31.8.2015 I 1474

Altlasten Bayern

Altlasten und Altlastverdachtsflächen in Bayern 1990 - 2015



* seit der Jahresstatistik 2014 entfällt bei den Altablagerungen der Flächentyp dn

Altlastverdachtsflächen

	Registered suspected sites <i>Erfasste altlastverdächtige Flächen</i>		
	Former waste disposal sites <i>Altablagerungen</i>	Former industrial sites <i>Altstandorte</i>	Number of sites <i>Flächen gesamt</i>
Hamburg	491	1.638	2.129
Schleswig-Holstein	3.181	16.451	19.632
Bayern	10.034	3.295	13.329
Germany total <i>Bundesrepublik gesamt</i>	100.129	259.883	362.689

Quelle: Umweltbundesamt 2000

Sanierung von Altlasten

Dekontamination

Entfernung des Schadstoffherdes

Räumung und Behandlung

chemisch-biologischer Abbau

in-situ vs. ex-situ Verfahren

falls ex-situ: on-site vs. off-site

Sanierung von Altlasten

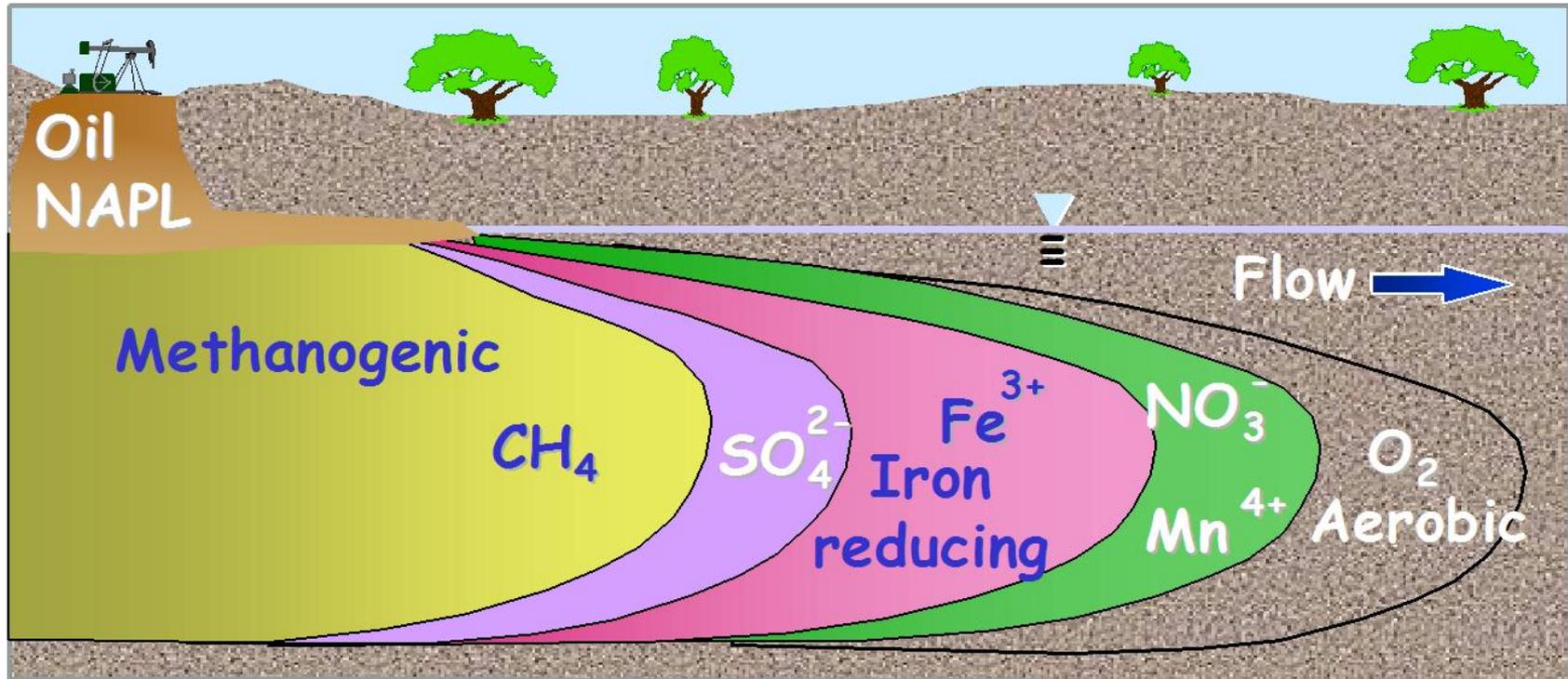
Dekontaminationsverfahren

- Biologische und mikrobielle Verfahren
- Thermische Verfahren
- Waschverfahren
- Pneumatische Verfahren
- Hydraulische Verfahren

Sanierung von Altlasten

Natürlicher biologischer Abbau

NAPL: non aqueous phase liquids



Veränderung der chemisch oxidierbaren Stoffe (bzw. der gelösten oxidierbaren Bestandteile) in einem Plume durch natürlichen biologischen Abbau

Sanierung von Altlasten

Biologische und mikrobielle Verfahren

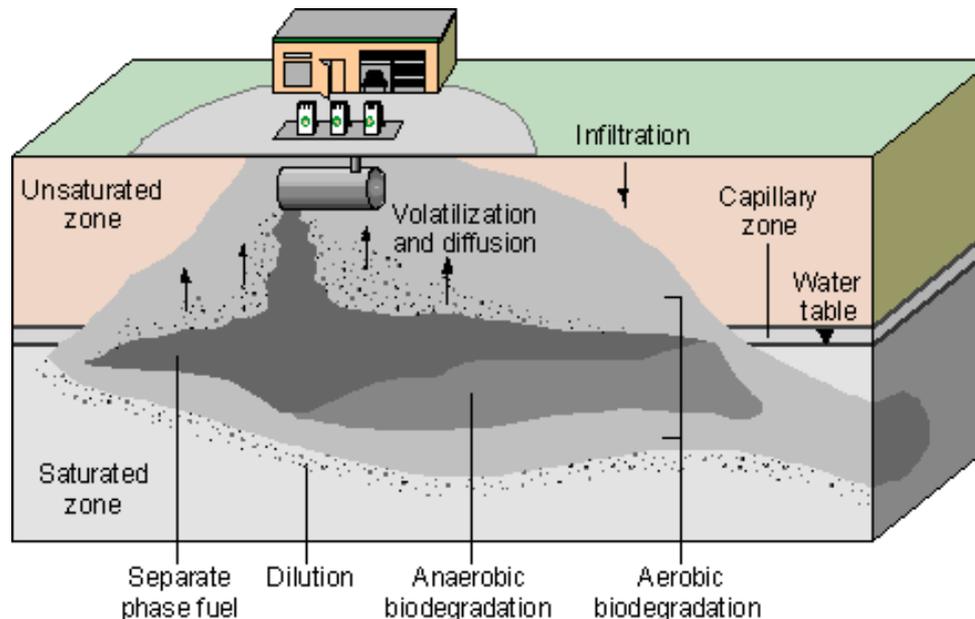
Natural Attenuation

Enhanced Natural Attenuation

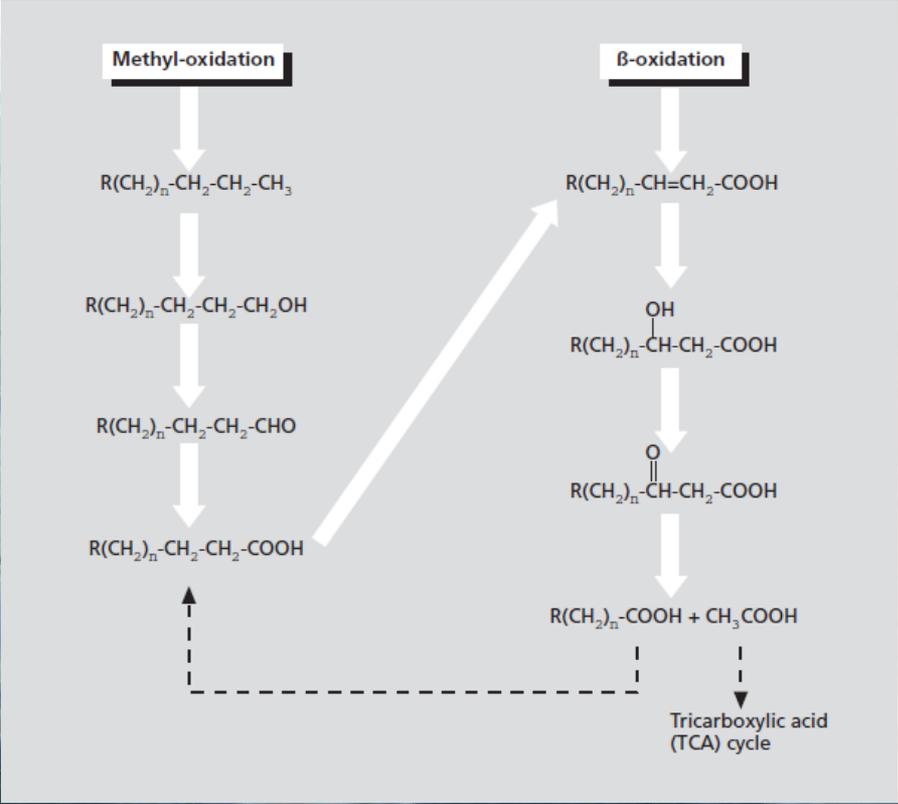
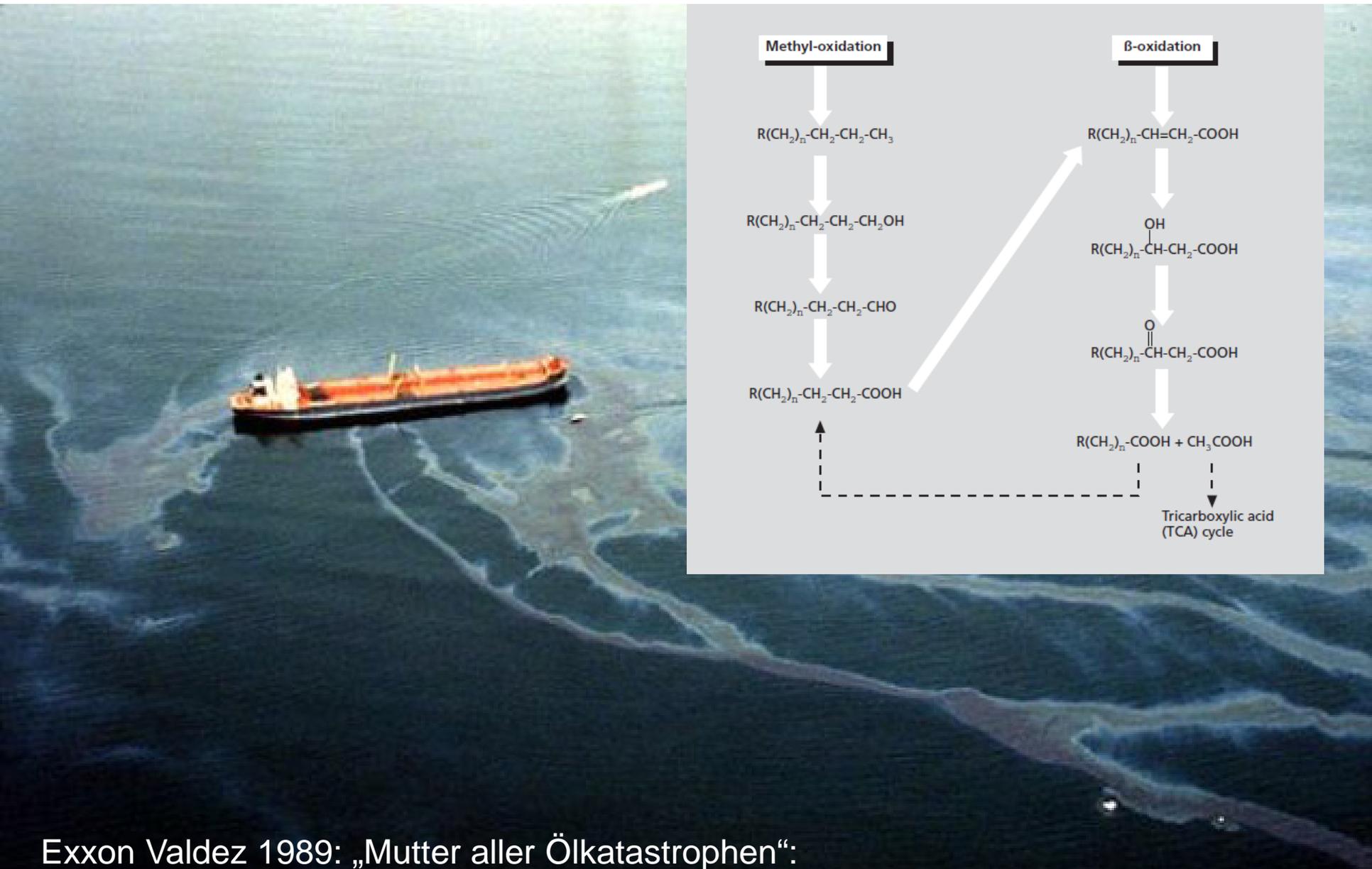
Belüftungsmaßnahmen

Bioenhancement (Unterstützung natürlich vorkommender Org.)

Bioaugmentation (Einbringen von Mikroorganismen)



Bioremediation - mariner Ölteppich



Exxon Valdez 1989: „Mutter aller Ölkatastrophen“:

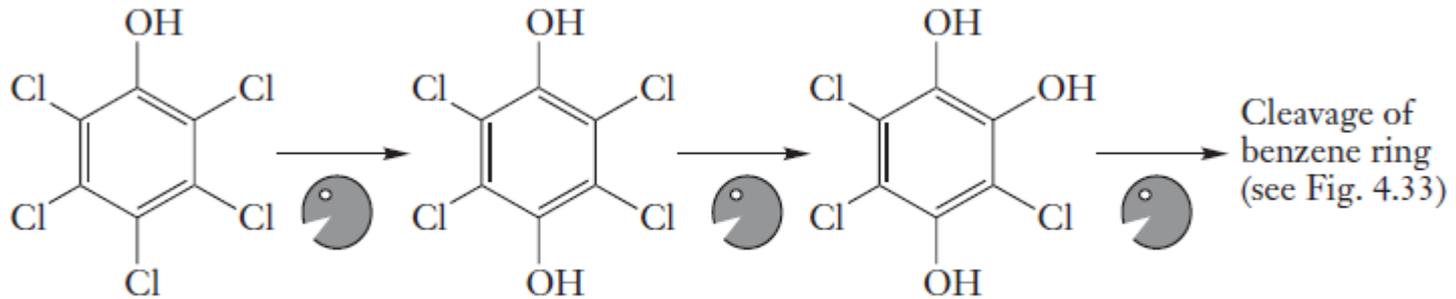


Sägewerke Finland

Ex-situ compost bioremediation



Chlorphenole



pentachlorophenol

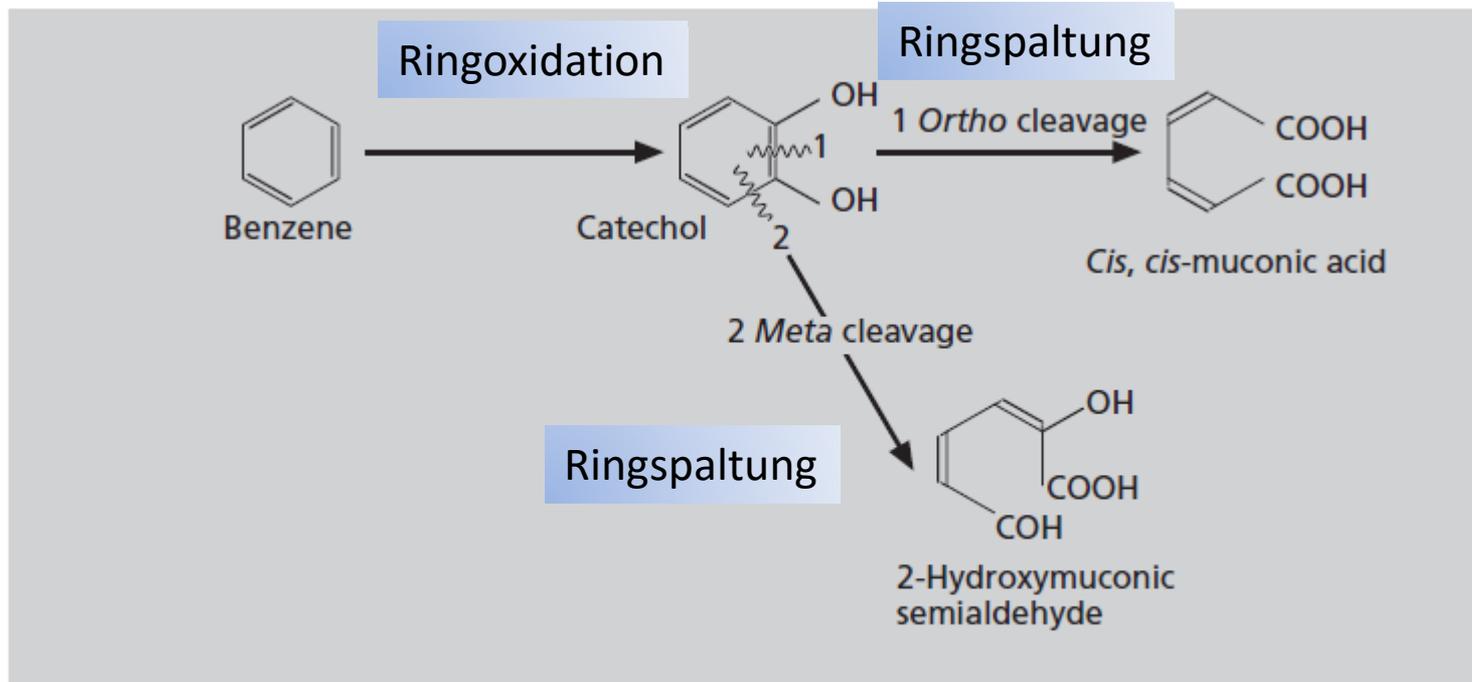


Fig. 4.33 Aerobic biodegradation pathways for benzene.

Kreosot-Abbau im Bioreaktor

Bodenwaschverfahren
unter Verwendung
einer Mikroben-
population
des Standortes

Stickstoff und
Phosphor als
Nährstoffe zugeführt

Burlington Northern
United States Environmental Protection Agency
(EPA) Superfund site

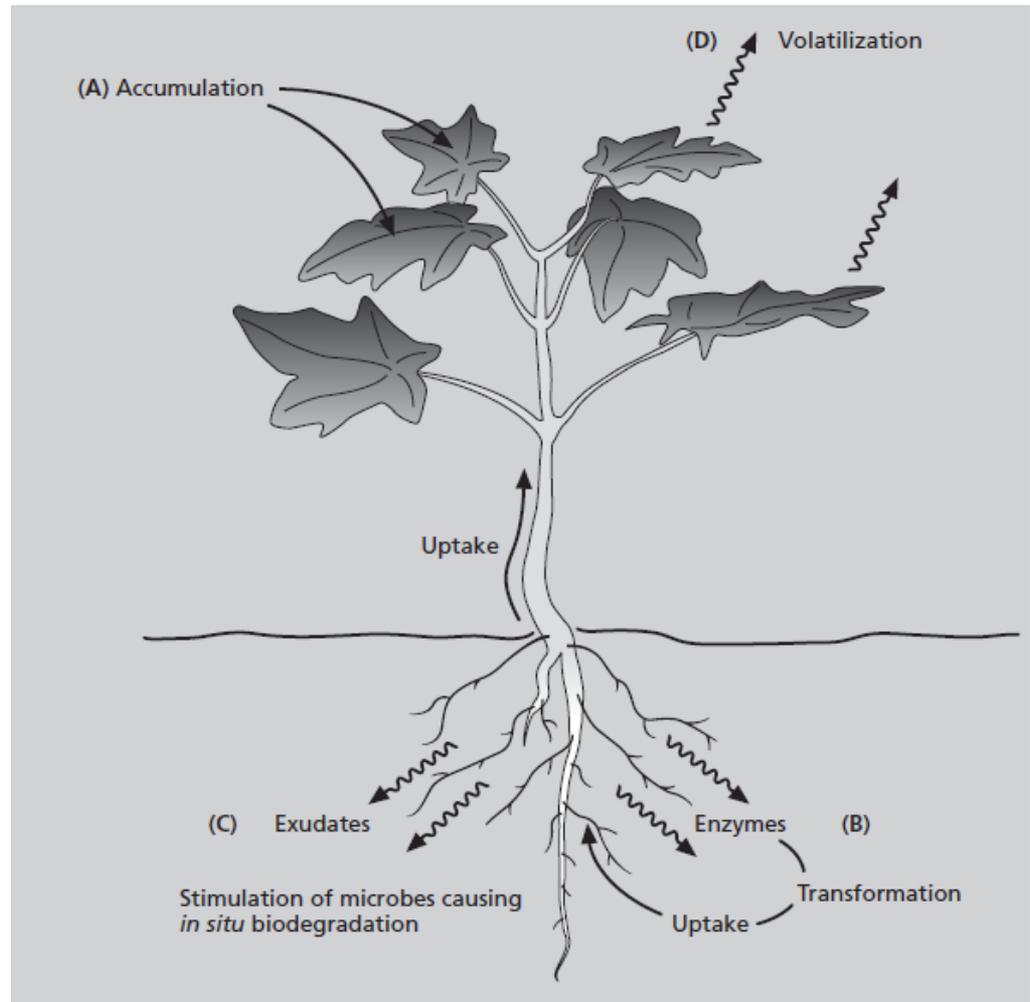


Phytoremediation

Metall- und Schadstoffakkumulation durch Pflanzen

einige Pflanzen sind in der Lage, normalerweise toxische Metallkonzentrationen nicht nur zu tolerieren, sondern Metalle auch in den Blättern zu hyperakkumulieren

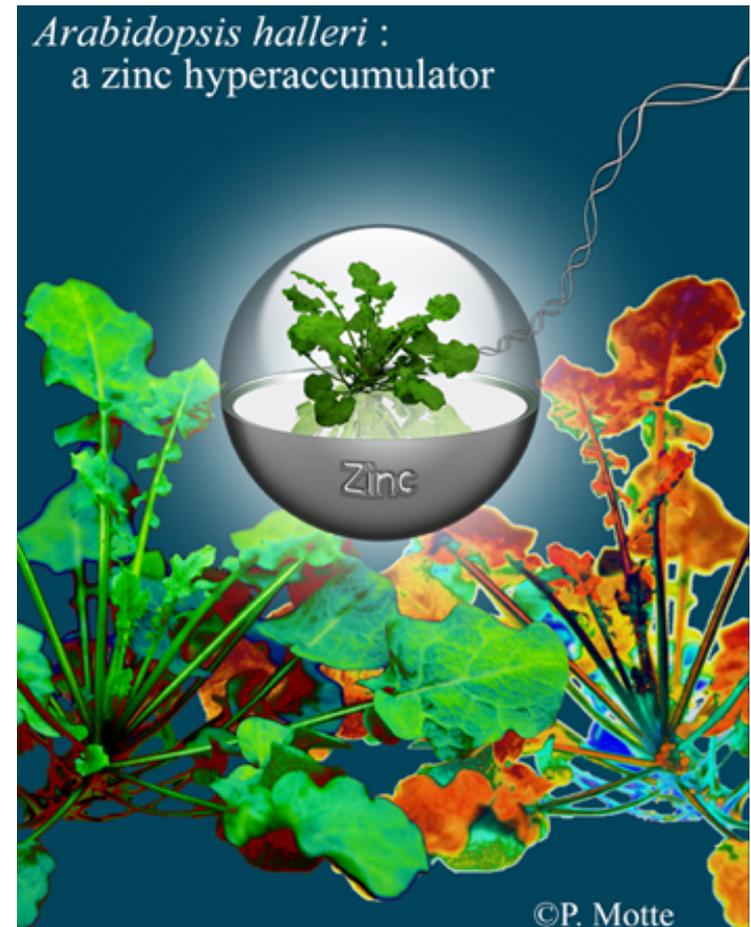
Nutzung dieser Eigenschaft für die Sanierung von metallkontaminierten Böden und Gewässern



Phytoremediation durch Hyperakkumulation

Hyperakkumulatoren: Pflanzenarten die in der Lage sind, dem Boden durch 'Akkumulation' Schwermetallrückstände zu entziehen; einsetzbar zur Sanierung von schwermetall-belasteten Böden und Gewässern

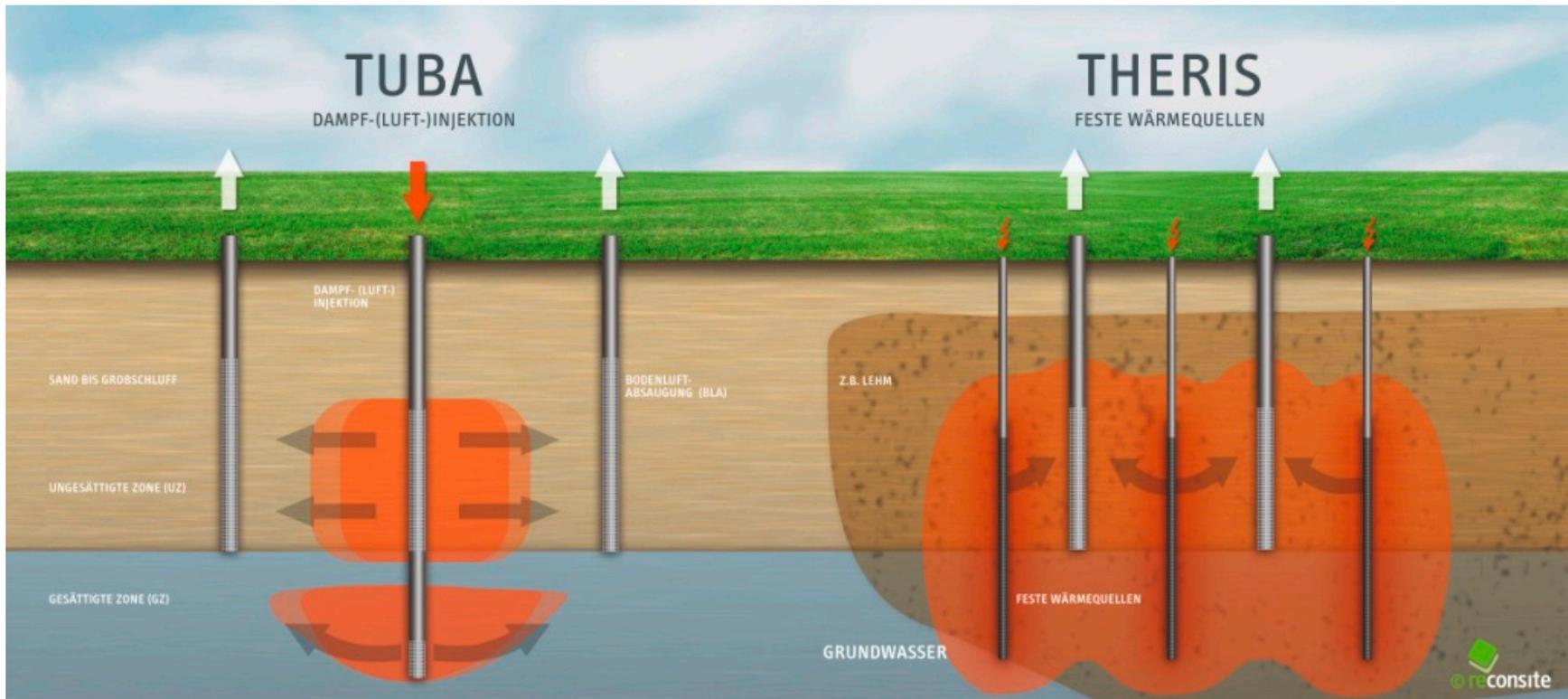
Arabidopsis halleri



Sanierung von Altlasten

Thermische Verfahren

Schadstoffe aus Feststoffen gehen in die Gasphase über
durch Pyrolyse oder Verbrennung
Filterung der Bodengase



Dampfinjektion (TUBA-Verfahren) und feste Wärmequellen (THERIS-Verfahren) zur thermischen in-situ Sanierung (TISS) von Boden und Grundwasser

Sanierung von Altlasten

Thermische Verfahren

Thermische Vor-Ort-Sanierung, Belgien

Verwendung von Aktivkohle zur
Beseitigung von Kreosot

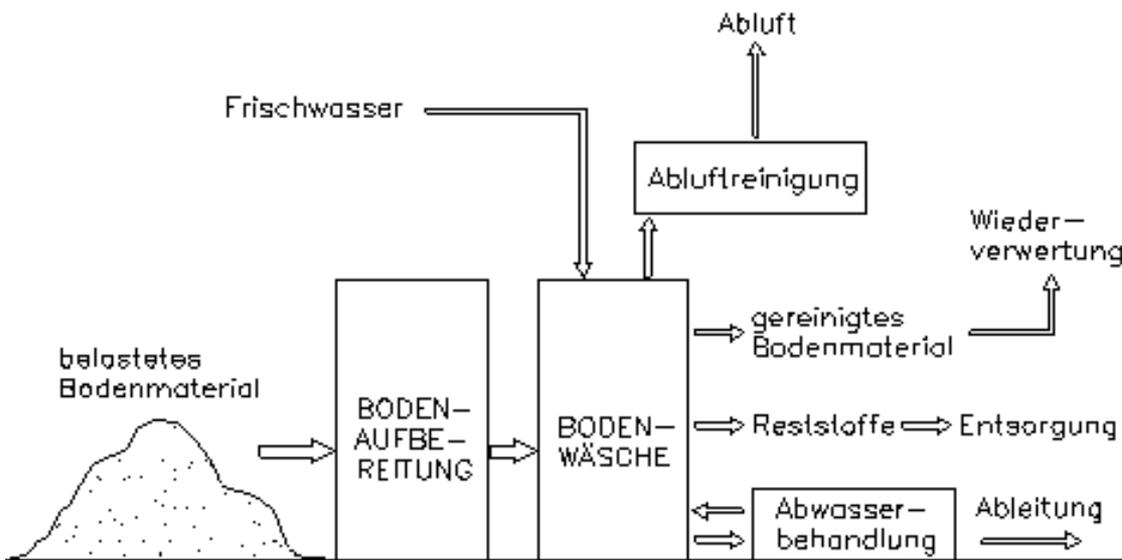
Kreosot eingesetzt als
Holzschutzmittel für
Eisenbahnschwellen und
Telefonmasten.

Enthält zahlreiche toxische
Verbindungen
u.a. polyzyklische
aromatische
Kohlenwasserstoffe.



Sanierung von Altlasten

Waschverfahren *Bodenwaschanlage (ex-situ)*



Bodenbehandlung in mobiler Anlage, on site, für den Zeitraum der Sanierungsmaßnahme, oder off site in stationärer Anlage

Trennung der schadstoffbeladenen Bodenfraktionen erfolgt mittels Wasser (ggf. mit Zusätzen) durch mechanischen Energieeintrag (Rühren, Scheren, Prall, Hochdruck).

Prozeßwasser wird aufbereitet und im Kreislauf geführt. Schadstoffe bleiben mit dem Feinkornanteil als Schlamm zurück und müssen weiterbehandelt werden. Das gereinigte Erdreich wird einer Wiederverwertung zugeführt.

Sanierung von Altlasten

Bodenwaschverfahren

transportierbare Bodenwaschanlage zur Nassbehandlung von kontaminiertem Aushub und Abbruchmaterial

TERRALAVAR-Verfahren

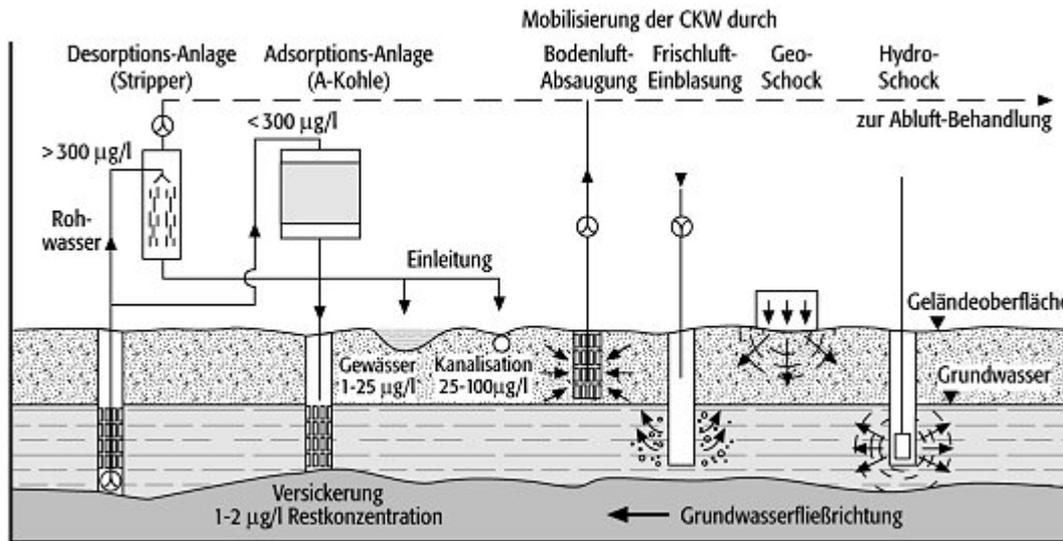


Quelle: waste solutions Luxembourg S.A

Sanierung von Altlasten

Pneumatische Verfahren

verschiedene pneumatische Verfahren zur Altlastensanierung:



im ungesättigten Bodenbereich zur Bodenreinigung durch Absaugung ; im gesättigten Bereich durch Einblasen von Frischluft zur Grundwassersanierung (Stripper-Verfahren)

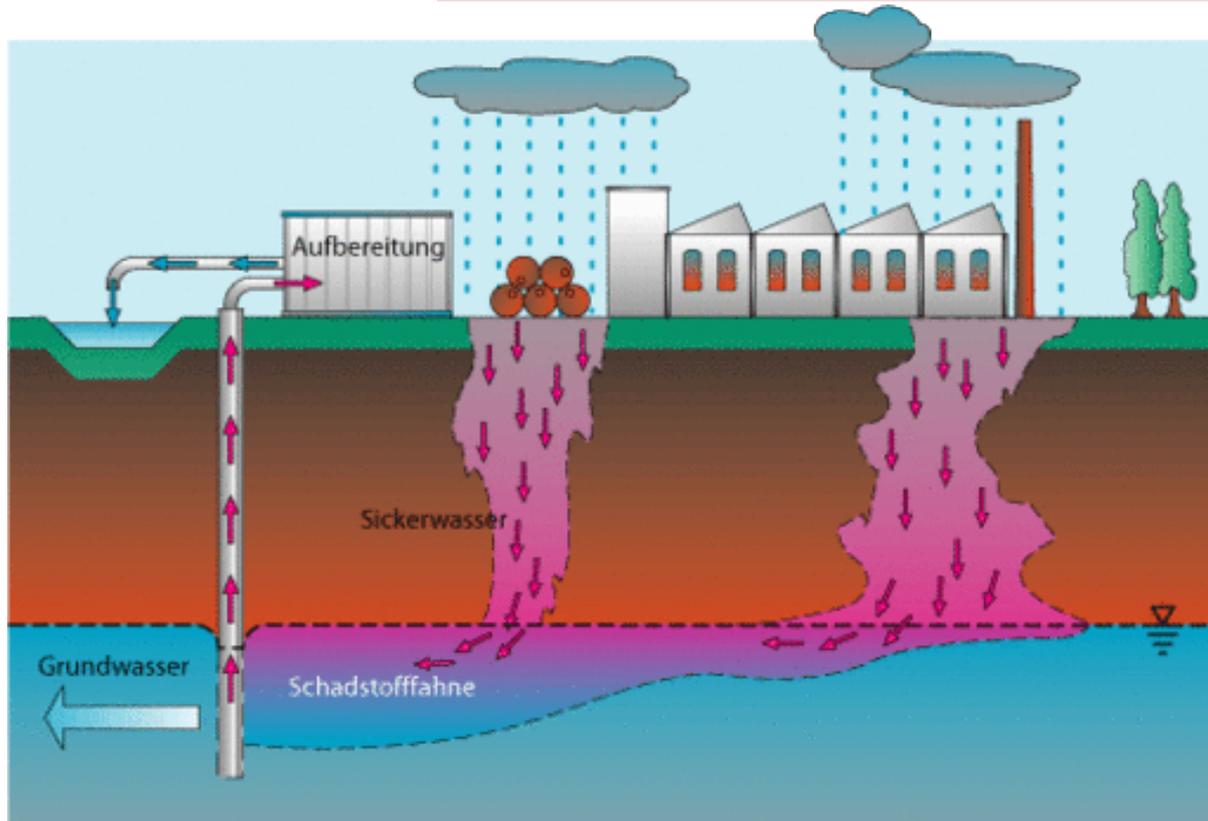
Der kontaminierte Standort wird durch Absaugen von schadstoffhaltigen gas- und dampfförmigen Phasen gereinigt.

Bodenbe- bzw. -entlüftung durch Bodenluftabsaugung

Sanierung von Altlasten

Aktive hydraulische Verfahren

Pump-and-treat: Grundwassersanierung mittels Förderung und Behandlung des kontaminierten Wassers



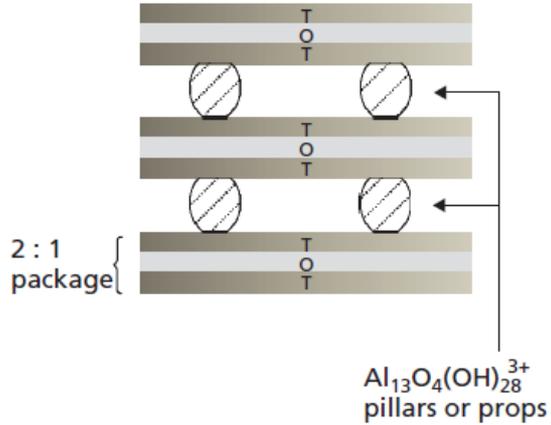
Entnahme des Wassers aus dem Aquifer

Behandlung richtet sich nach den Eigenschaften (Löslichkeit) der Schadstoffe

Reinigung durch:
Flockung,
Sedimentation,
Aktivkohle

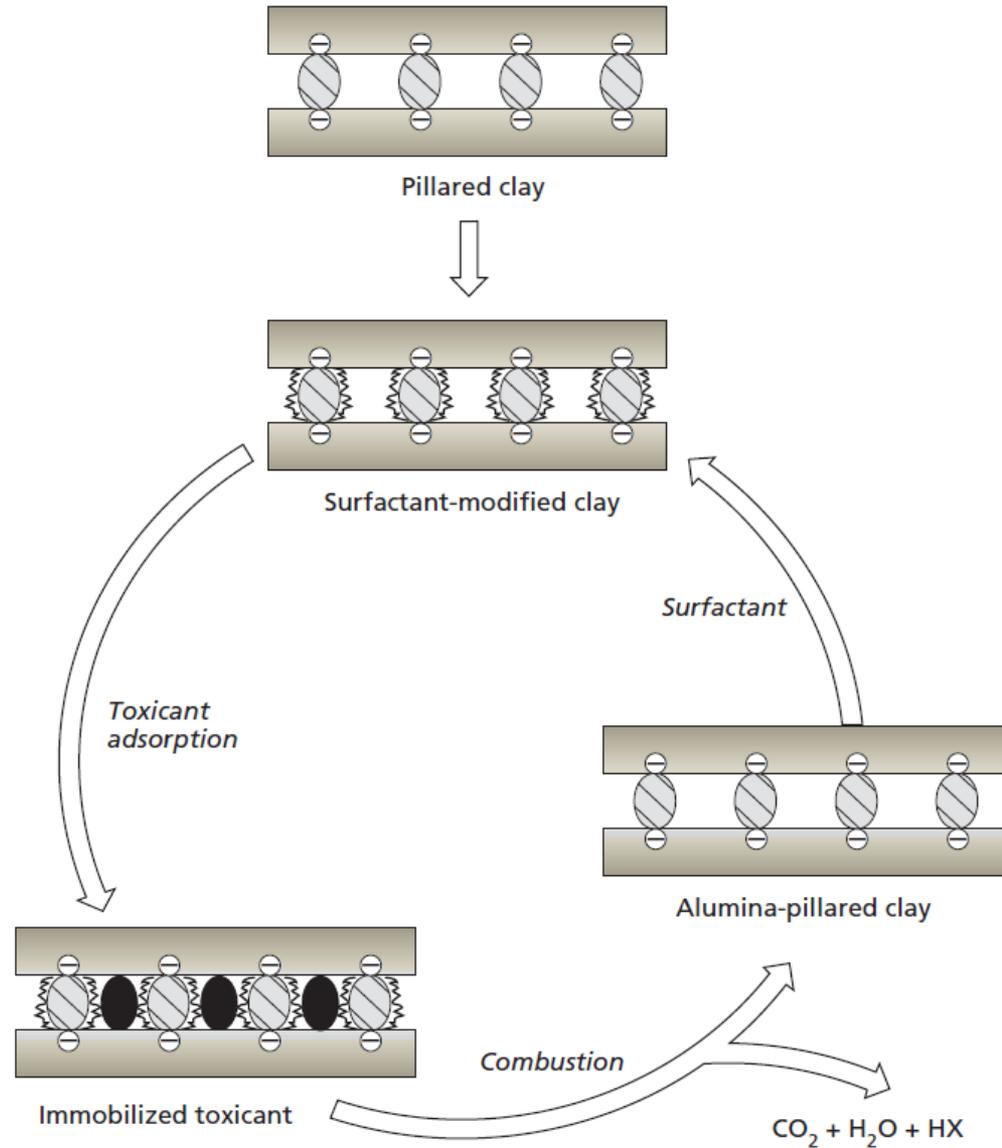
Gereinigtes Wasser wird erneut in den Kreislauf eingeleitet

Tonmineral Doping



Surfactant

Benetzungsmittel (Tensid),
z.B.: $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16} - \text{COO}^- \text{Na}^+$



Sanierung: in-situ vs. ex-situ

Table 4.11 Consideration of typical factors relating to *in situ* or *ex situ* treatment of contaminated land.

<i>In situ</i>	<i>Ex situ</i>
<i>For</i> Less expensive Creates less dust Causes less release of contaminants Treats larger volumes of soil	<i>Against</i> More expensive Creates dust during excavation May disperse contaminants Limited in scale—batches treated individually
<i>Against</i> Slower Difficult to manage Not suited to high clay soils or compacted sites	<i>For</i> Faster Easier to manage—ensure results Suited to a variety of sites including high clay and compacted sites

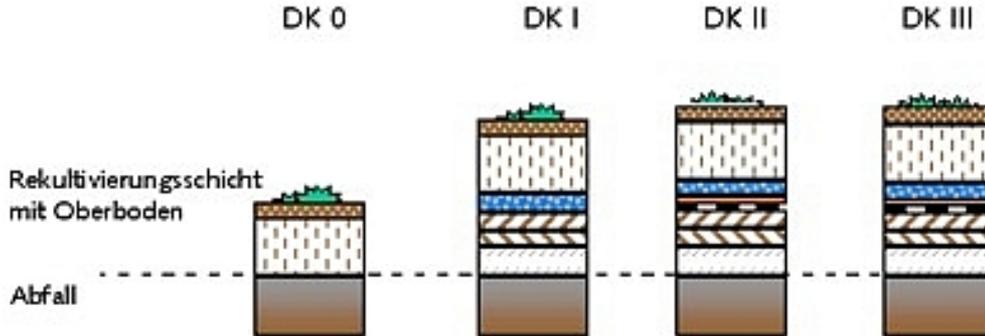
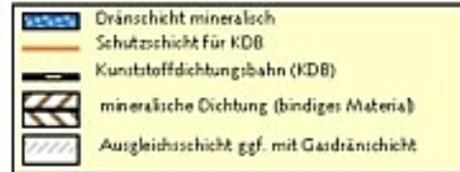
Sicherung statt Dekontamination

- ◆ Oberflächenabdeckung
- ◆ Umschließung
- ◆ Hydraulische Verfahren
- ◆ Immobilisierung

Oberflächenabdichtung

Oberflächenabdichtungssysteme bei Deponien

nach Deponieverordnung vom 24. Juli 2002



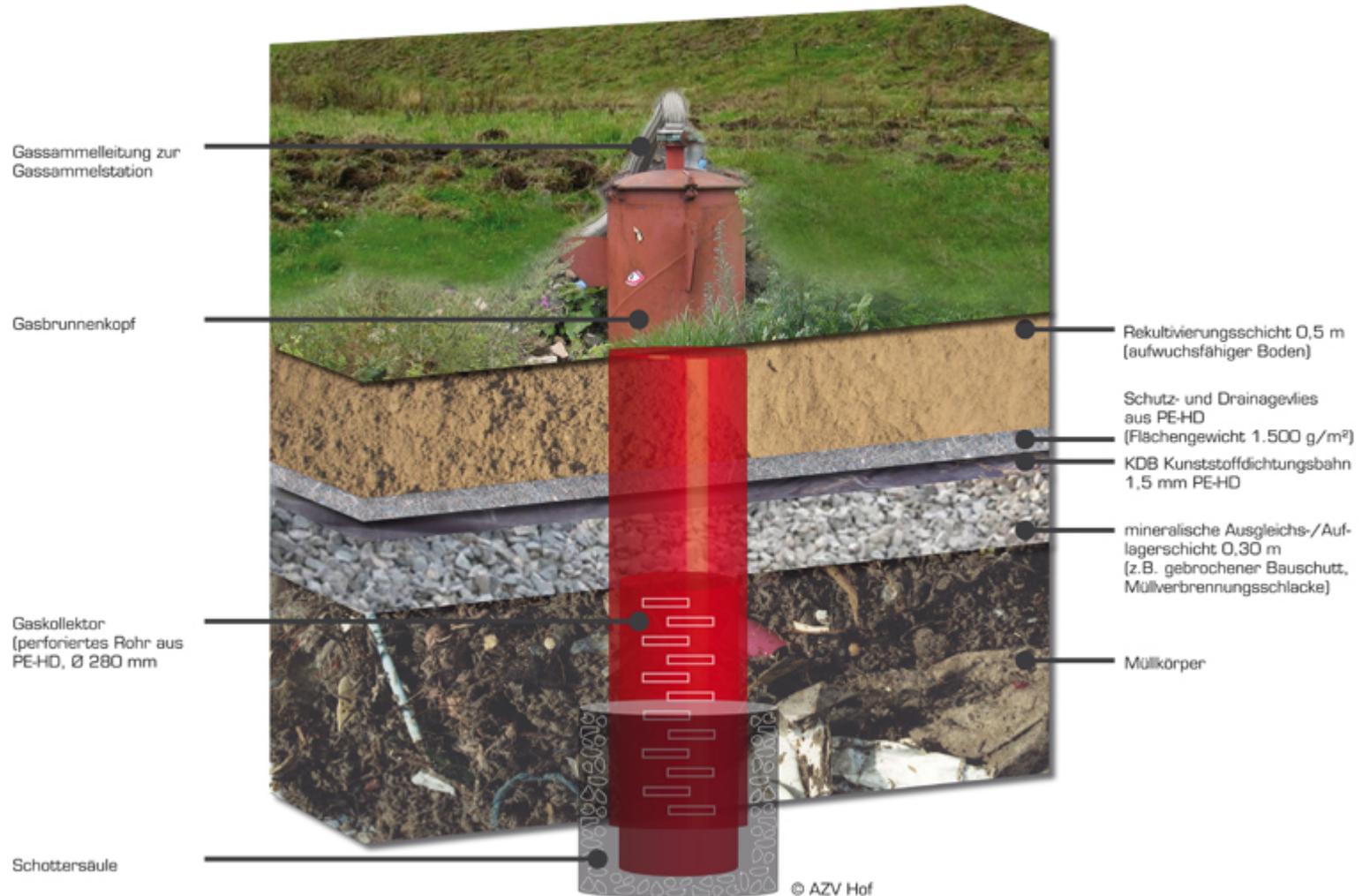
Zweck: Verhinderung des Eindringens von Niederschlagswasser in den Deponiekörper und damit Minimierung der anfallenden. Je nach Deponieklasse (DK) verschiedene Schichtungen

Komponenten:

- Kunststoffdichtungsbahnen,
- Schutzschicht vor möglichen mechanischen oder chemischen Beschädigungen
- Entwässerungsschicht
- Gasdrainageschicht

Oberflächenabdichtung

Aufbau Oberflächenabdichtung



Umschließung

Einkapselung des Deponiekörpers:

Oberflächenabdichtung

Seitliche Abdichtung (Dichtwände)

Basisabdichtung (Injektionsverfahren)

Umschließung

Dichtwände

Stahlpundwand

Bohrpfahlwand

Schlitzwand

Schmalwand

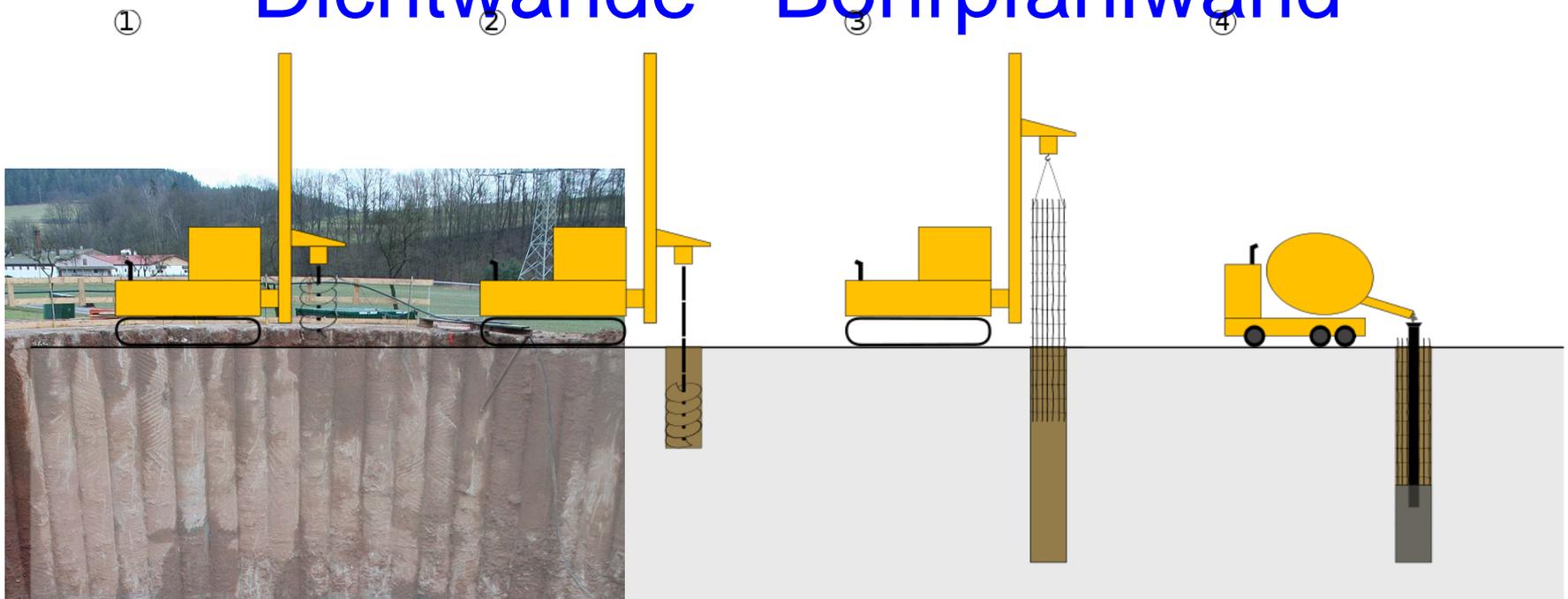
Dichtwände - Spundwand



Nur als temporäre
Maßnahme
geeignet

Nicht korrosions-
beständig

Dichtwände - Bohrpfehlwand



Bohrung wird verrohrt ausgeführt oder es kommt eine Stützflüssigkeit aus **Bentonit-Zement Suspension** zum Einsatz. Die Stützflüssigkeit wird laufend nachgefüllt, kompensiert den Erddruck und dichtet das Bohrloch ab

Dichtwände - Schmalwand

Dichtungswände von 8-15 cm Dicke und 20 m Tiefe. Werden durch Einrütteln / Rammen und Ziehen einer Stahlbohle nahezu erstellt (kein Bodenaushub)



Hohlräume werden gleichzeitig mit Dichtungsmaterial verfüllt (meist Bentonit-Zement-Suspension mit Steinmehl)

Vorteil: preiswert wurde in den Anfangsjahren der Altlastensicherung häufig eingesetzt.

Nachteil: Einsatz bei Böden mit hohem Blockanteil limitiert (Rammhindernis bei der Schlitzerstellung)

Dichtwände - Schlitzwand



Schlitzwandfräse

Aushub mit Greifern oder Fräsen.
Stützung der Schlitzlamelle durch
Tonsuspension

Stützmasse wird nach Erreichen der
Endteufe durch Dichtwandmasse
ersetzt (sukzessive Verdrängung der
Stützsuspension).

Als Dichtwandmasse wird eine
später in der Lamelle erhärtende
Suspension aus Tonmehl,
Bindemittel, Wasser und anderen
mineralischen Füllstoffen
verwendet

Dichtwände - Schlitzwand



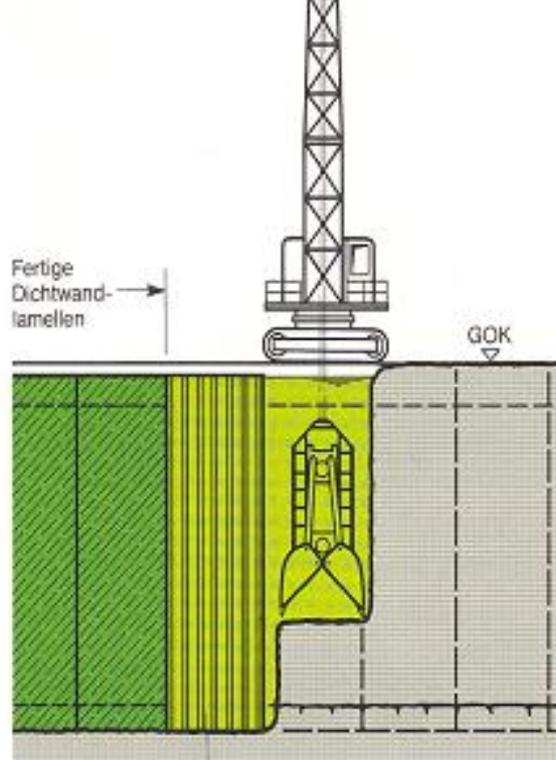
Schlitzwandfräse

Auch Einphasen-Dichtungswände mit Bentonit-Zement-Wasser-Suspension. Diese Suspension hat thixotrope Eigenschaften und wirkt während des Aushubs zunächst als Stützflüssigkeit. Erhärtet nach Abschluß der Grabtätigkeit zur Dichtwand

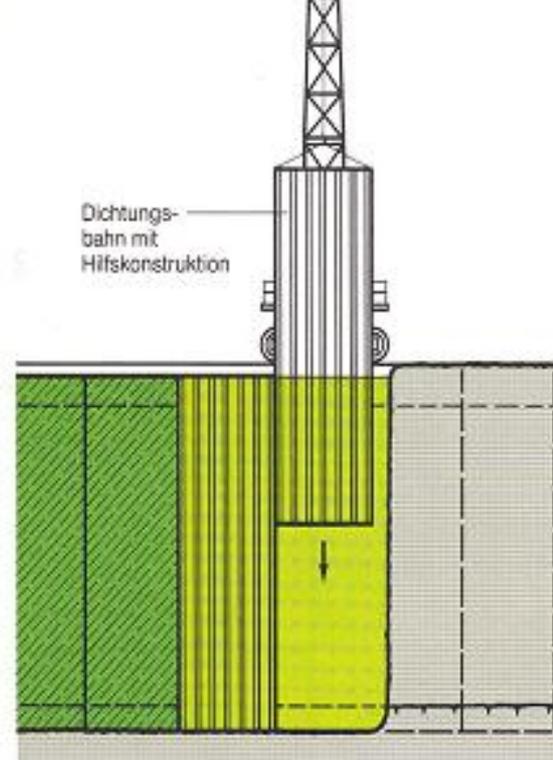
Dichtwände - Schlitzwand

Herstellen von Dichtungswänden mit Dichtungsbahnen im Zweimassenverfahren

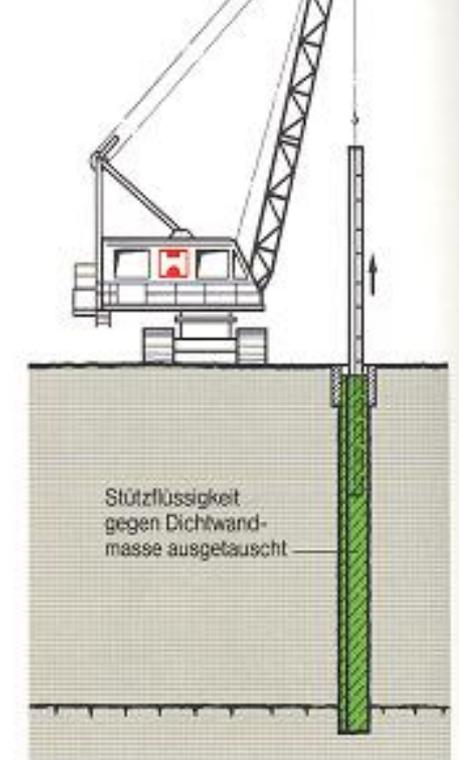
Längsschnitt
Phase 1:
Schlitzen mit
Stützflüssigkeit



Längsschnitt
Phase 2:
Einsetzen der
Dichtungsbahn



Querschnitt
Phase 3:
Ziehen der
Hilfskonstruktion



Kombinationsdichtwand – gerammte Schlitzwand



Verdrängung großer Erdmassen, daher nur in weichen Böden und bei geringen Tiefen einsetzbar.

Vorteil: Vermeidung von kontaminiertem Bodenaushub.

Boden wird durch Einrammen eines Hohlkastens (Stahlgerüst) verdrängt

Hohlkästen werden mit Dichtungsmasse gefüllt

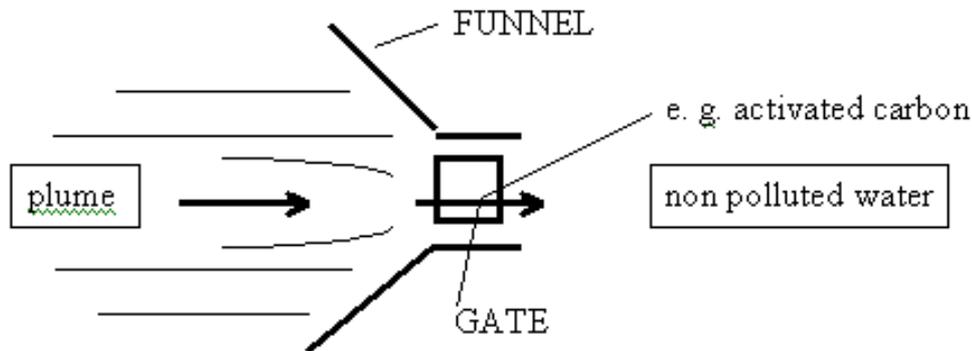
Kästen werden bei gleichzeitiger Verdichtung der Füllmasse wieder gezogen. Keine Vermischung der Dichtungsmasse mit dem umgebenden Erdreich

Passive hydraulische Verfahren

Schaffung veränderter (verringertes oder erhöhter) Durchlässigkeit um Grundwasserfließrichtung zu verändern

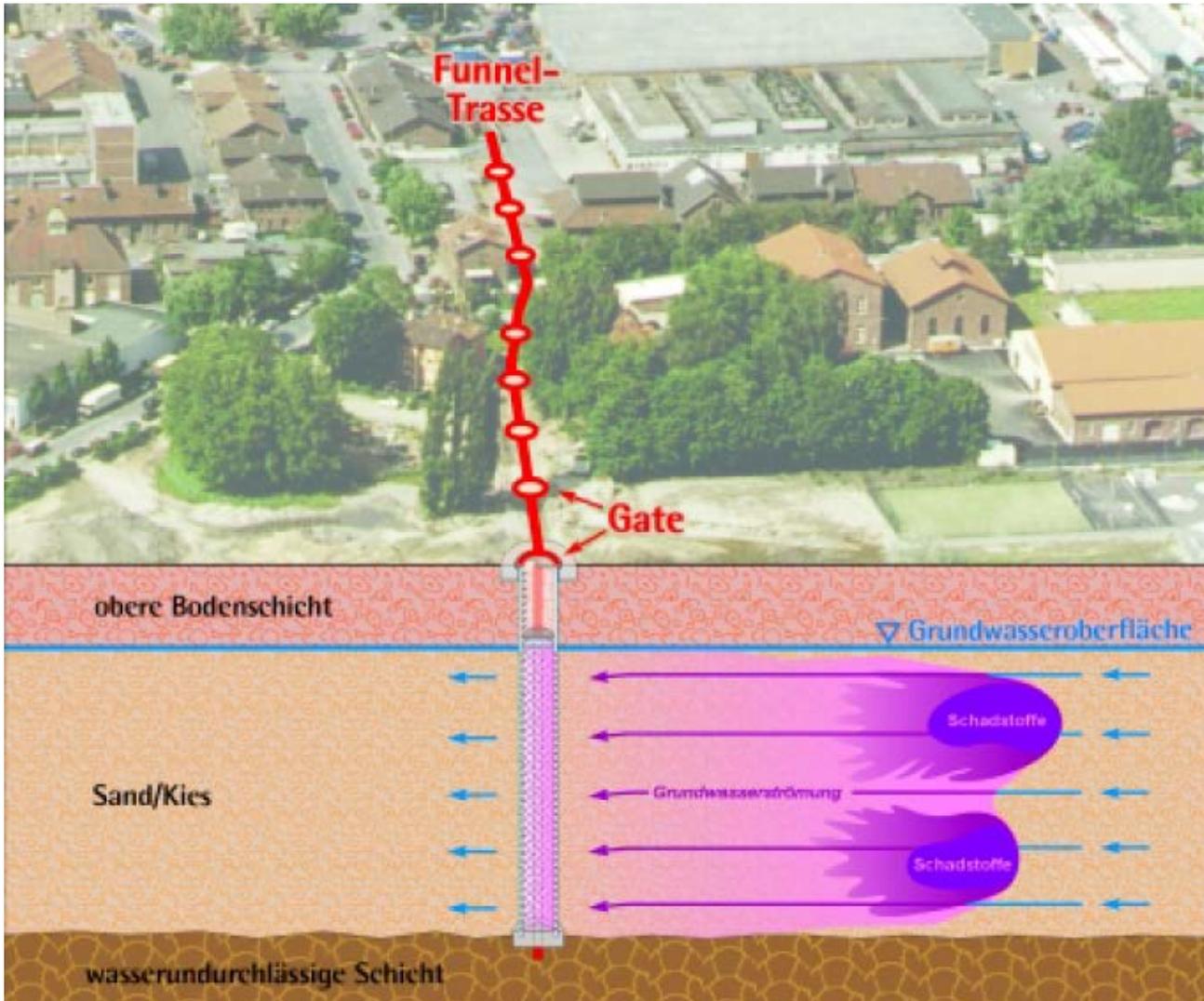
Schadstoffbindung beim Durchströmen durch reaktive Wände (Adsorptionswände)

Funnel & Gate System:



Passive hydraulische Verfahren

Fallbeispiel Sanierung Gaswerk Karlsruhe-Ost



Vorteile des Verfahrens Funnel-and-Gate

- kostengünstig
- Gelände während der Sanierung voll nutzbar
- passives System, keine Pumpenleistung erforderlich
- Reinigungsleistung 350.000 m³ / Jahr

Passive hydraulische Verfahren

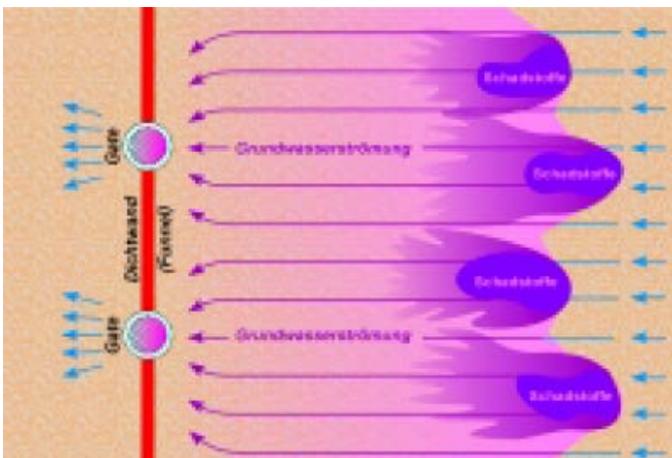
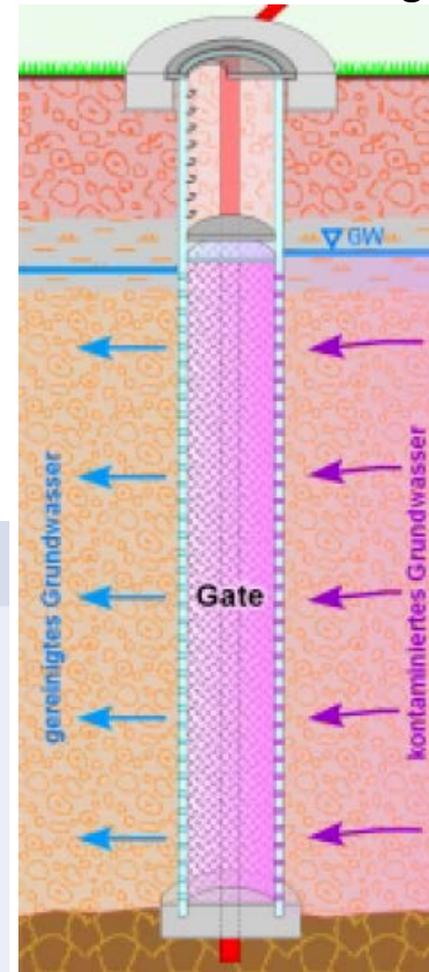
Fallbeispiel Sanierung Gaswerk Karlruhe-Ost



Die Dichtwand (Funnel)

Material:	Spundbohlen mit Schlosstdichtung
Länge:	250 Meter
Tiefe:	17 - 18 Meter
Einbringverfahren:	Pressen mit dem „Silent Piler“

Gates: Rohrmantels sind mittels Schlitzbrücken so perforiert, dass eine Durchströmung möglich ist



Die Gates

Material:	Stahlrohr
Durchmesser:	1,8 Meter
Einbringtiefe:	17 Meter
Filtermedium:	Aktivkohle
Gesamtdurchfluss:	10 Liter pro Sekunde

Immobilisierung der Schadstoffe

um Emissionen der Schadstoffe langfristig zu unterbinden

Ziele

Verminderung der Löslichkeit

Verminderung der spezifischen Oberfläche

Verminderung der Wasserdurchlässigkeit (Porosität)

Verminderung der Staubbildung

Verbesserung der Druckfestigkeit

Immobilisierung (solidification, stabilization)

um Emissionen der Schadstoffe langfristig zu unterbinden

Verfahren

Verfestigung (Herabsetzung der Durchlässigkeit)

Verglasung (Inertisierung, $T > 1500^{\circ}\text{C}$)

Verschiebung der Löslichkeit (Fällung)

Fixierung (chemischer Einbau, Sorption)

Immobilisierung der Schadstoffe

Schadstoffe im Boden werden durch Injektion einer Reagenzlösung in eine schwerlösliche Form überführt oder durch Ausfüllung der Gesteinsporen fixiert (Porenraumverfüllung)

Bei Porenraumverfüllung werden Chemikalien zugesetzt die eine Polymerisation bewirken

Das Verfahren ist hauptsächlich für die Sanierung schwermetallbelasteter Böden geeignet

Quelle DSC

Immobilisierung der Schadstoffe

Immobilisierungsverfahren für kontaminierte Böden



Anlage zur Verfestigung von kontaminierten Böden, Schlämmen und flüssigen Schadstoffen (separieren, homogenisieren, mischen, verfestigen)

Quelle MAG

Auswahl des Sanierungsverfahrens

Kriterien

Technische Umsetzbarkeit

Zeitbedarf

Nachsorgebedarf

Nachhaltigkeit

Emissionen (Lärm- und Staubbelastung für Anwohner)

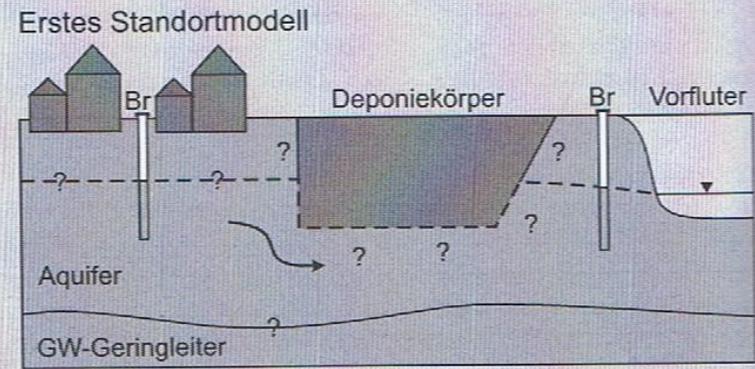
Auswahl des Sanierungsverfahrens

Übergeordnetes Sanierungsziel:
Beseitigung der festgestellten Gefährdung

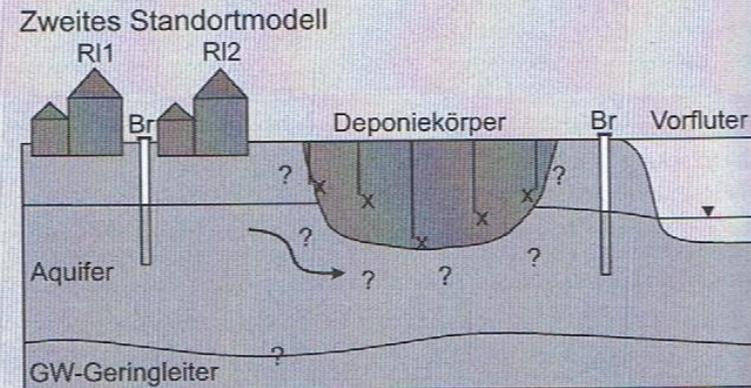
Vorläufiges Sanierungsziel:
Definition der Emissionspfade
Definition der Hauptschadstoffe

Endgültiges Sanierungsziel:
Beschleunigter Abbau der organischen Substanz
Schadstoffmobilisierung über Grund- und Sickerwasser soll verhindert werden

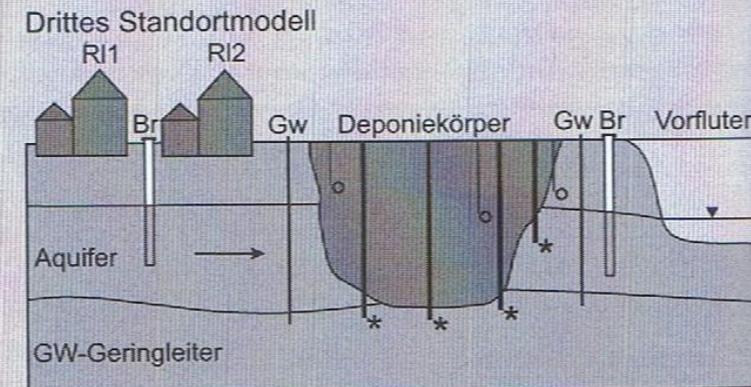
Mögliche Sanierungsvarianten:
Natural attenuation
Räumung mit off-site Sanierung
Belüftung
Umschließung



a Nutzwasserbrunnen Br



b Nutzwasserbrunnen Br, Raumluftmessstelle RI
Rammkernbohrungen x



c Nutzwasserbrunnen Br, Raumluftmessstelle RI,
Greiferbohrungen *, Bodenluftmessstelle o,
Grundwassermessstelle Gw

Variantenvergleich zur Optimierung des Sanierungsverfahrens

Kriterium/Maßnahme	Natural Attenuation	Räumung	Belüftung	Umschließung	Gewichtung
Sanierungsziel Schutz vor Depo- negas	0	3	3	2	2
Sanierungsziel Grundwasser- schutz	0	3	1	3	2
Technische Um- setzbarkeit	3	3	1	2	1
Zeitbedarf	0	3	1	2	0,3
Überprüfbarkeit	0	3	2	2	1
Nachsorgebedarf	0	3	1	0	0,5
Transportaufwand/ Emissionen	3	0	1	2	1
Nachnutzung	0	3	1	1	0,1
Summe allg. Kriterien	6	20,7	12,9	16,7	
Kosten	3	0	2	1	3
Summe nach Gewichtung	15	20,7	18,9	19,7	