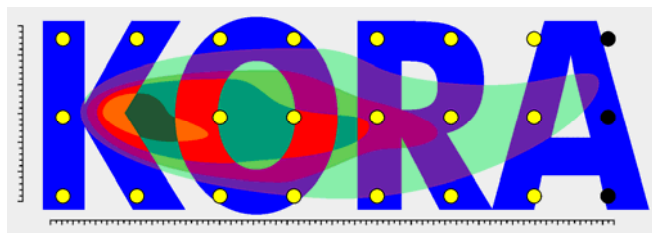


# BMBF-Förderschwerpunkt



## Handlungsempfehlungen und Methodensammlung - Untersuchungsmethoden zur Beurteilung von NA -

**Hans-Peter Koschitzky**

Jochen Michels, Matthias Stuhmann, Christopher Frey



Projektübergreifende Begleitung (PüB)

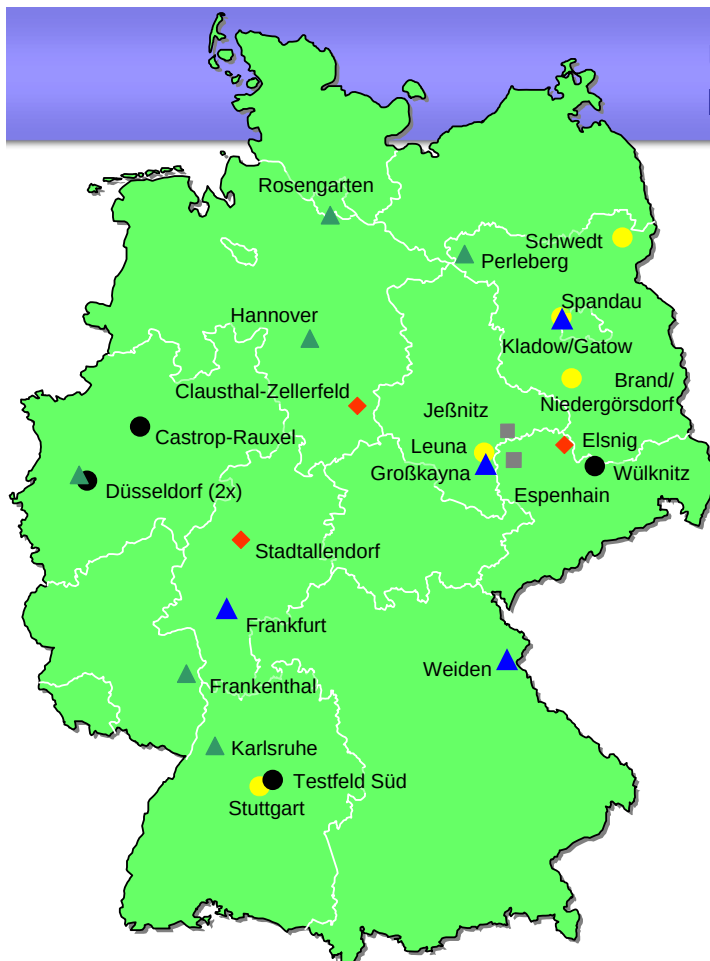


**NATURAL ATTENUATION – „Working with the nature“ bei der Erkundung und Sanierung von kontaminierten Standorten**

BAFU Schweiz, UBA Wien und LUBW Karlsruhe  
St. Gallen, Schweiz 15.-16. April 2010



## Untersuchte Standorte im Förderschwerpunkt KORA



### Schadstoffe

### Standorte

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| ● TV 1: Mineralöl           | 5  |
| ● TV 2: PAK, BTEX           | 4  |
| ▲ TV 3: CKW                 | 6  |
| ▲ TV 4: deponiebürtig       | 4  |
| ◆ TV 5: Explosivstoffe      | 3  |
| ■ TV 6: Schwermetalle, u.a. | 2  |
| Summe:                      | 24 |

## Ziele und Zielgruppen der KORA-Produkte

### Handlungsempfehlungen (HE) mit Methodensammlung

- Ziele:
  - Empfehlungen zur Nutzung des NA-Potentials in der Altlastenbearbeitung
  - Zusammenstellung der Definitionen, rechtlichen Einordnung, Erfahrungen und Empfehlungen zu Methoden und Arbeitsweisen
- Hauptzielgruppen:
  - Bundesressorts, OFD, BBR, LABO, LAWA (+ Zielgruppen LF)

### Leitfäden (LF)

- Ziele:
  - Schadstoff- bzw. branchenspezifische Bewertung des NA-Potentials
  - Hinweise und Empfehlungen zur Planung und Durchführung von MNA sowie
  - Beschreibung von Referenzstandorten
- Hauptzielgruppen:
  - Vollzug, Ingenieurbüros, Grundstückseigner, Sanierungspflichtige (+ HE)

TV 1 Raffinerien, Tanklager  
TV 2 Gaswerke, Kokereien,  
Teerverarbeitung  
TV 3 Chemische Industrie  
TV 4 Deponien,  
Altablagerungen  
TV 5 Rüstungsaltslasten  
TV 6 Bergbau, Sedimente

Kontrollierter natürlicher Rückhalt und Abbau von Schadstoffen bei der Sanierung kontaminierter Grundwässer und Böden



## Handlungsempfehlungen

### Kapitel

- 1 Einführung
- 2 Begriffsbestimmungen
- 3 Rechtliche Rahmenbedingungen
- 4 Umsetzung von MNA (stufenweises Vorgehen)
- 5 Erkundung und Monitoring
- 6 Untersuchung der NA-Prozesse
- 7 Modellierung und Prognose
- 8 Ökonomische Bewertung
- 9 Risikokommunikation und Akzeptanz
- 10 Glossar
- 11 Index
- 12 Literatur

Anhang: Methodensammlung

Kontrollierter natürlicher Rückhalt und Abbau von Schadstoffen bei der Sanierung kontaminierter Grundwässer und Böden



## Kapitel

- 1 Einführung
- 2 Begriffsbestimmungen
- 3 Rechtliche Rahmenbedingungen
- 4 Umsetzung von MNA (stufenweises Vorgehen)
- 5 Erkundung und Monitoring
- 6 Untersuchung der NA-Prozesse
- 7 Modellierung und Prognose
- 8 Ökonomische Bewertung
- 9 Risikokommunikation und Akzeptanz
- 10 Glossar
- 11 Index
- 12 Literatur

Anhang: **Methodensammlung**

## Kapitel 4: Umsetzung von MNA

### Stufenweises Vorgehen zur Umsetzung von MNA

- Stufe I: Prüfung der Voraussetzungen für MNA
- Stufe II: Spezifische Standortuntersuchungen zum Nachweis der Wirksamkeit von NA
- Stufe III: Prognose und Entscheidung über MNA
- Stufe IV: Überwachung und Abschlusskontrolle

#### Kapitel 5: Erkundung und Monitoring

Stufe I: ...

Stufe II: ...

Stufe III: ...

Stufe IV: ...

#### Kapitel 6: Untersuchung der NA- Prozesse

Stufe I: ...

Stufe II: ...

Stufe III: ...

Stufe IV: ...

#### Kapitel 7: Modellierung und Prognose

Stufe I: ...

Stufe II: ...

Stufe III: ...

Stufe IV: ...

## Stufe I: Prüfung der Voraussetzungen für NA

### Kapitel 5: Erkundung und Monitoring

Stufe I:  
Erkundung und Abgrenzung des Untersuchungsraumes

- Quellbereich
- zukünftiger Fahnenbereich
- Bilanzraum
- hydrogeologische Erkundung
- Rezeptoren

### Kapitel 6: Untersuchung der NA-Prozesse

Stufe I:  
Potentialabschätzung

- Interpretation verfügbarer Daten
- Abschätzung des Abbau- und Rückhaltepentials

### Kapitel 7: Modellierung und Prognose

Stufe I:  
Konzeptionelles Standortmodell (hydrogeol./geochem.)

- Definition von Aufgaben, Zielen, und Anforderungen an die Modellergebnisse
- Teilung des Untersuchungsgebietes in Bilanz- > Modell- > Aussageraum
- Datenbank zu Erfassung von Erkundungsdaten

## Stufe II: Spezifische Standortuntersuchungen zum Nachweis der Wirksamkeit von NA

### Kapitel 5: Erkundung und Monitoring

Stufe II:  
Spezifische Erkundungsmaßnahmen

- Horizontale und vertikale Quellen- und Fahnenabgrenzung
- Strömungsverhältnisse
- Schadstofffrachten an Transekten

### Kapitel 6: Untersuchung der NA-Prozesse

Stufe II:  
Identifizierung und Quantifizierung der NA-Prozesse

- Quantifizierung der fracht-reduzierenden Prozesse
- Elektronendonator/-akzeptor-Bilanzen
- Nachweis spez. Metaboliten
- In-situ-Untersuchungen

### Kapitel 7: Modellierung und Prognose

Stufe II:  
Berechnungsmodell für die Grundwasserströmung und den Stofftransport

- Übersicht über Modellierungssoftware in KORA
- Erarbeitung und iterative Anpassung des Transportmodells
- Modellrechnungen/ Interpretation

## Stufe III: Prognose und Entscheidung über MNA

### Kapitel 5: Erkundung und Monitoring

#### Stufe III:

Festlegung von Überwachungs-messstellen und -intervallen

- Messstellenausbau
- modellgestützte Planung des Monitoringprogramms

### Kapitel 6: Untersuchung der NA-Prozesse

#### Stufe III:

Parameterpräzisierung und Auswahl von Leitparametern

- Erhöhung der Datendichte
- Spezialuntersuchungen in Abstimmung mit Erkundung und Modellierung
- Leitparameter müssen auch die Rahmenbedingungen erfassen

### Kapitel 7: Modellierung und Prognose

#### Stufe III:

Hinweise und Empfehlungen zu Modellprognosen

- Beschreibung der Modellunsicherheit über Szenarienanalysen

## Stufe IV: Überwachung und Abschlusskontrolle

### Kapitel 5: Erkundung und Monitoring

#### Stufe IV:

Durchführung des Monitorings

- Planung der technischen Maßnahmen im "Versagensfall"
- Modellgestützte Festlegung von Messstellen
- Vergleich von Messwerten mit Prognosewerten zu-künftiger Fahnenbereich

### Kapitel 6: Untersuchung der NA-Prozesse

#### Stufe IV:

Kontrolle der Wirksamkeit und Nachhaltigkeit der NA-Prozesse

- optional weitere Prozessuntersuchungen

### Kapitel 7: Modellierung und Prognose

#### Stufe IV:

Modellierung

- Entwicklung einer merkmalsabhängigen Entscheidungs-matrix für spezifische Rückfallmaßnahmen
- Definition von Aufgaben, Zielen, und Anforderungen an die Modellergebnisse

# KORA-Methodensammlung zur Untersuchung natürlicher Schadstoffminderungsprozesse

## Methoden

- In KORA entwickelte, erprobte und validierte Methoden, zum Teil noch nicht standardisiert oder genormt.
- Keine „Modellierungsmethoden“ (numerische Modelle)  
[Übersicht / Grundlagen in HE Kap. 7](#); [Details in BLF TV7](#)

## Darstellung

Einheitliche Systematik, 2 Seiten pro Methode

- Nachschlagewerk für die Altlastenbearbeitung
- Schneller Überblick über spezifische Methoden  
→ [Weitere Details finden sich in den Leitfäden](#)

Kontrollierter natürlicher Rückhalt und Abbau von Schadstoffen bei der Sanierung kontaminierter Grundwässer und Böden



# KORA-Methodensammlung zur Untersuchung natürlicher Schadstoffminderungsprozesse

## Informationen

- Zielsetzung / Kurzbeschreibung des Verfahrensprinzips
- Einsatzbereich / -möglichkeiten
- Aufwand (Zeit, Personen, Kosten)
- Anforderungen an Proben
- Anwendungsbereiche und -grenzen
- Entwicklungsstand / Anbieter / Literatur
- Anwendungsbeispiele (KORA-Projekte) → **Leitfäden**
- Alternative Methoden
- Ansprechpartner

Kontrollierter natürlicher Rückhalt und Abbau von Schadstoffen bei der Sanierung kontaminierter Grundwässer und Böden



# KORA-Methodensammlung zur Untersuchung natürlicher Schadstoffminderungsprozesse

## Gliederung der Methoden (85 + 3)

### 1. Methoden zur Erkundung (22)

- Charakterisierung der Quelle und der Fahne

### 2. Methoden zur Beurteilung des biologischen Abbaus (23+3)

- in Stufe I
- in Stufe II

### 3. Methoden zur Beurteilung des Rückhalts (5)

- in Stufe I
- in Stufe II

### 4. Methoden zur Beurteilung des Abbaus, Rückhalts und der Transformation (20)

- chemisch-analytische Methoden
- Batch- und Säulenversuche

### 5. Methoden zur Hydrogeologie und Ökotoxikologie (17)



Kontrollierter natürlicher Rückhalt und Abbau von Schadstoffen bei der Sanierung kontaminierter Grundwässer und Böden

## KORA-Methodensammlung - Erkundung

### 1. Methoden zur Erkundung

#### Direct-Push-Techniken:

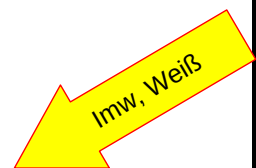
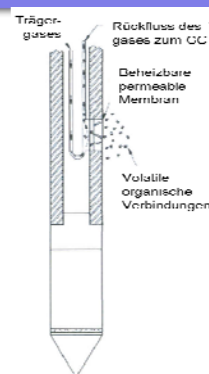
- mit Sonden: z.B. MIP, LIF (1.1.1; 1.1.2)
- mit GW- und Gas-Probennahme (1.1.3, 1.1.4)

#### Pumpversuche:

- Bestimmung der Phasenmobilität bei aufschwimmender Ölphase (1.1.6)
- Immissions-Pumpversuche (1.2.1)

#### Passivsammler-Techniken:

- Passivsammler z. Frachtbest. im GW & Oberflächengewässer „gaisafe“ (1.2.2)
- Nicht-Gleichgewichts-Passivsammler (PAK, NSO-HET) (1.2.3)
- Keramikdosimeter (PAK, BTEX, LCKW) (1.2.4)



Kontrollierter natürlicher Rückhalt und Abbau von Schadstoffen bei der Sanierung kontaminierter Grundwässer und Böden



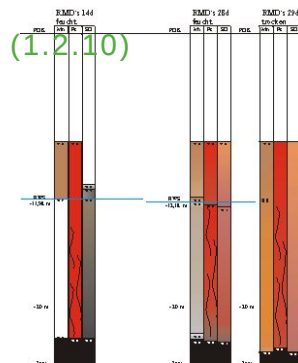
## 2. Methoden zur Beurteilung des biologischen Abbaus

### Redoxparameter / Keimzahlbestimmung (Stufe I):

- Vertikale Redoxzonenkartierung mit Detektorbändern (1.2.10)
- MPN-Verfahren zur Keimzahlbestimmung (2.1.1)

### Nachweis von Metaboliten:

- Metaboliten-Nachweis von aromatischen Kohlenwasserstoffen (2.1.2, 2.1.9)
- Quantifizierung von Metaboliten des MTBE (2.2.12)



### Mikrokosmen (Stufe I und II):

- aerob und anaerob (LCKW-Abbaupotential, Clotethene) (2.2.1a-c)
- Anoerobe Säulenuntersuchungen (2.2.2)
- In-situ-Mikrokosmen (BACTRAP®) (2.2.9)

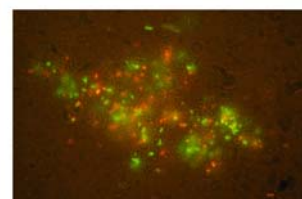


Kontrollierter natürlicher Rückhalt und Abbau von Schadstoffen bei der Sanierung kontaminierter Grundwässer und Böden

## 2. Methoden zur Beurteilung des biologischen Abbaus

### Molekularbiologische Methoden:

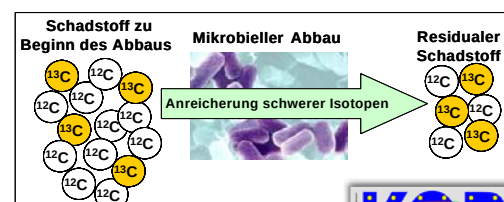
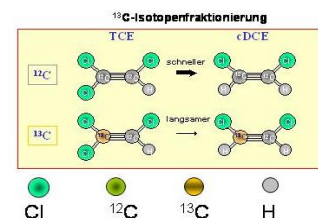
- Real-time PCR-DGGE (2.2.3)  
(Denaturing Gradient Gel Electrophoresis)
- In-situ-Fluoreszenz-Sonden (fish)  
für MTBE-abbauende Bakterien (2.2.10)



Fluoreszenzfärbung (live-dead)

### Isotopenuntersuchungen:

- $^{13}\text{C}$ -LCKW-Isotopenverhältnisse (2.2.4)
- $^{13}\text{C}$ -BTEX/PAK-Isotopenverhältnisse (2.2.5)
- $^{37}\text{Cl}$ -Isotopenfraktionierung von LCKW (2.2.6)
- $^{13}\text{C}$ - $\text{CO}_2$ -Isotopenverhältnis im gelösten organischen Kohlenstoff (2.2.7)



Kontrollierter natürlicher Rückhalt und Abbau von Schadstoffen bei der Sanierung kontaminierter Grundwässer und Böden



### 3. Methoden zur Beurteilung des Rückhalts

#### In Stufe I:

- Sequentielle Extraktionsmethoden (3.1.1, 3.1.3.)
- pH-abhängige Batch-Versuche (3.1.2)



#### In Stufe II:

- Säulenversuche (3.2.1)



Kontrollierter natürlicher Rückhalt und Abbau von Schadstoffen bei der Sanierung kontaminierter Grundwässer und Böden

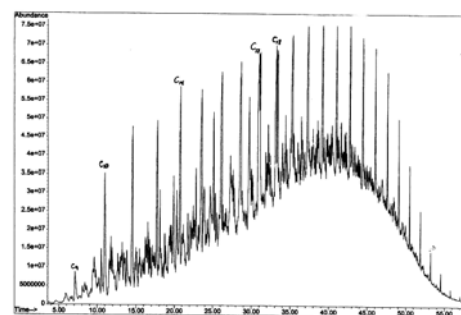


## KORA-Methodensammlung – Abbau, Rückhalt, Transformation

### 4. Methoden zur Beurteilung des Abbaus, Rückhalts und der Transformation

#### Chemisch-Analytische Methoden:

- GC-MS-Fingerprinting (4.1.6)
- HPLC-DAD8-MS)-Analytik für Teeröl-methabolite, (N-HET) (4.1.5)
- Non-Target-Analytik (HPLC-NMR-MS) (4.1.2)



#### Batch- und Säulenversuche:

- Batchversuche zur biotischen und abiotischen Transformation von STV (4.2.1)
- Säulenversuche mit markierten Verbindungen (4.2.10)



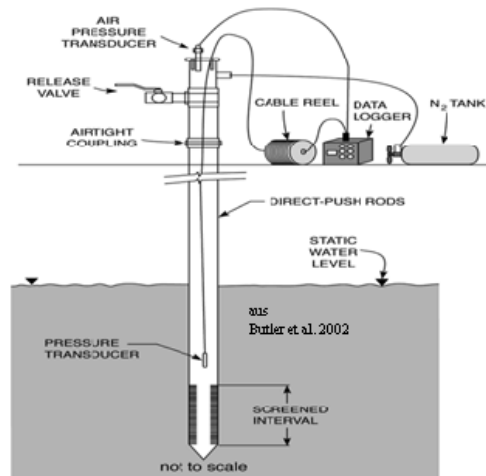
Kontrollierter natürlicher Rückhalt und Abbau von Schadstoffen bei der Sanierung kontaminierter Grundwässer und Böden



## 5. Methoden zur Hydrogeologie und Ökotoxikologie

### Hydrogeologie / Geologie:

- Direct-Push-Injection-Logging (5.1.1)
- Direct-Push-Slug-Tests (5.1.2)
- Thermischer Flowmeter (5.1.3)
- Diffusivitätstest (5.1.4)

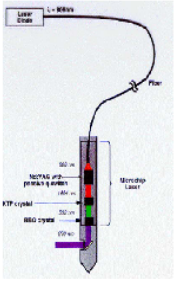


### Ökotoxikologische Methoden:

- Feststoffkontakttests zur ökotoxikologischen Bewertung (5.2.3)
- Ökotoxikologische Testmethoden mit Bodeneluaten (Algenwachstumshemmtest, Daphnien-, Leuchtbakterientest, ...) (5.2.3)



## Methodenblätter: Beispiel Direct-Push-LIF-Sondierung

| 1. Methoden zur Erkundung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                            |                                                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 1.1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Charakterisierung der Quelle und der Fahne | 1.1.2 Direct-Push-LIF Sondierung bzw. -ROST™ Sondierung |
| <b>Zielsetzung</b><br>Tiefenhorizontierte in-situ Detektion von Schadstoffen, insbesondere polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen, in der ungesättigten und gesättigten Bodenzone.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                            |                                                         |
| <b>Kurzbeschreibung der Methode</b><br>Allgemeines zu DP-Verfahren: Direct-Push wird als Überbegriff für Technologieverfahren verwendet, bei denen Stahlrohre mit Durchmessern von 25 – 50 mm in den Boden gedrückt oder gehämmert werden. Die DP-Verfahren können in der ungesättigten und gesättigten Zone verwendet werden und eignen sich besonders für bindige, sandige und kiesige Sedimente bis zur Mittelfraktion. DP-Verfahren bieten die Möglichkeit, während der Sondierung kontinuierlich bzw. semi-kontinuierlich erkundungsrelevante Parameter aufzuzeichnen, sowie Gas-/Wasser-/Bodenproben zu nehmen. Dies sowie die i.d.R. größere Sondiergeschwindigkeit (40 - 200 m/Tag), die räumliche „Beweglichkeit“ und die geringeren Kosten sind die Vorteile der DP-Verfahren gegenüber herkömmlichen Bohrverfahren (Dietrich, 2005).<br><br>LIF-Sondierung: Bei einer LIF (Laser Induced Fluorescence)- bzw. ROST™ (Rapid Optical Screen Tool)-Sondierung wird mit zwei in Serie geschalteten Lasern Licht im UV-Bereich über ein Glasfaserkabel in die Sonde geleitet und durch ein Saphirfenster ins umgebende Sediment. Insbesondere polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe werden angeregt zu fluoreszieren, wobei Intensität, Dauer und Wellenlängenbereich der emittierenden Fluoreszenz, die online über einen Oszillographen angezeigt wird, Aufschluss geben über die Schadstoffzusammensetzung, den Grad der Kontamination und u.U. über das Vorliegen der Schadstoffe als Phase.<br><br> |                                            |                                                         |
| <b>Einsatzbereich/Aufwand</b><br><b>Erfasste(n) Parameter:</b><br>Fluoreszenz-Intensität einzelner Wellenlängenbereiche bzw. Summenfluoreszenz als Maß für die Kontamination und deren Zusammensetzung.<br><b>Messmedium / Einsatzort:</b><br>Ungesättigte und gesättigte Bodenzone. Sandige und bindige Lockergesteinsedimente bis ca. 30 m u GOK.<br><b>Untersuchungsaufwand:</b><br>ca. 100 - 120 Sondiermeter / Tag bzw. rund 4250 € / Tag.<br><b>Ergänzende Untersuchungen:</b><br>ROST-Sondierungen werden häufig mit CPT-Sondierungen kombiniert.<br><b>Anforderungen an Proben</b><br><b>Probenvolumen, Art:</b><br>Es werden keine Proben genommen, da es sich um eine in-situ Analytik-Methode handelt.<br><b>Probenlagerung:</b><br>Es werden keine Proben genommen, da es sich um eine in-situ Analytik-Methode handelt.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                            |                                                         |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Anwendungsbereich und -grenzen der Methoden</b><br><b>Anwendungsbereich:</b><br>Ungesättigte und gesättigte Bodenzone mit sandigen bis fein-/mittelkiesigen Lockergesteinsedimenten bis ca. 30 m u GOK.<br><b>Anwendungsgrenze:</b><br>- Mittel-/grobkiesige Sedimente sowie Festgestein nicht sonderbar.<br>- Semiquantitative Methode, da die Lithologie / Sediment Einfluss auf die Signalthöhe hat.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Entwicklungsstand/Anwendungsbeispiele</b><br><b>Praxistauglichkeit:</b><br>ja, wird seit Jahren eingesetzt.<br><b>Anbieter:</b><br>Fugro (ROST™)<br><b>Anwendung in KORA:</b><br>Projektnummer 1.2: Brand (FKZ: 02WN0352),<br>Projektnummer 1.4b: VMZ Spandau (FKZ: 02WN0432).<br><b>Literatur:</b><br>GERSTNER D, SCHEYTT T, FALKER C (2006) Untersuchungen von Altlasten - Einsatzmöglichkeiten und Grenzen von Direct-Push Technologien bei der Altlastenbearbeitung. Altlasten Spektrum 316-330.<br>DIETRICH P, LEVEN C (2005) Direct Push Technologies. In: Kirsch R (ed) Groundwater Geophysics. Springer Verlag. p 321-340.<br><b>Alternative Methoden</b><br>Direct-Push MIP Sondierung<br><b>Ansprechpartner</b><br>Dr. Anita Peter, Christian-Albrechts-Universität Kiel, Tel: 0431-880 3917, E-mail: <a href="mailto:anita.peter@gsi.uni-kiel.de">anita.peter@gsi.uni-kiel.de</a><br><b>Besonderheiten/Hinweise</b><br>Durch das Messprinzip der LASER-induzierten Fluoreszenz besitzt das Verfahren einen eingeschränkten Anwendungsbereich, der primär auf PAK beschränkt ist. |



### 1.1.2 Direct-Push-LIF-Sondierung

#### Zielsetzung:

Tiefenhorizontierte in-situ Detektion von Schadstoffen, insbesondere PAK, in der ungesättigten und gesättigten Bodenzone.

#### Kurzbeschreibung der Methode:

##### Allgemeines zu DP-Verfahren:

Direct-Push wird als Überbegriff für Technologieverfahren verwendet, bei denen Stahlrohre mit Durchmessern von 25 - 50 mm in den Boden gedrückt oder gehämmert werden. ....

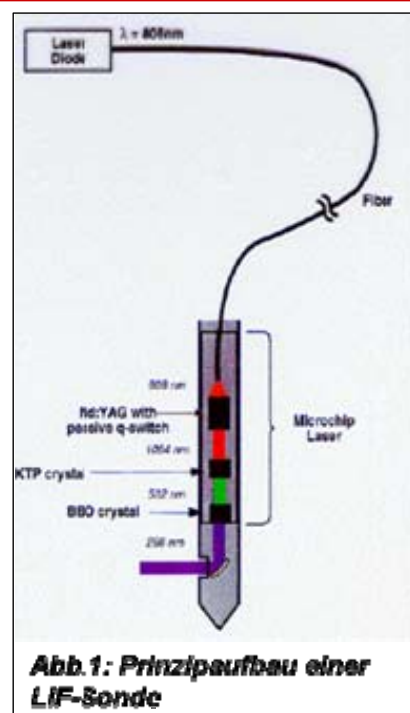
##### LIF-Sondierung:

Bei einer LIF- bzw. ROST™-Sondierung wird mit zwei in Serie geschalteten Lasern Licht im UV-Bereich über ein Glasfaserkabel in die Sonde geleitet und durch ein Saphirfenster ins umgebende Sediment. Insbesondere PAK werden angeregt zu fluoreszieren, .....



### 1.1.2 Direct-Push-LIF-Sondierung (Fortsetzung)

#### Abbildung:



## KORA-Methodensammlung - Beispiel

### 1.1.2 Direct-Push-LIF-Sondierung (Fortsetzung)

#### Einsatzbereich / Aufwand:



#### Erfasste Parameter:

Fluoreszenz-Intensität einzelner Wellenlängenbereiche bzw. Summenfluoreszenz als Maß für die Kontamination und deren Zusammensetzung.

#### Messmedium / Einsatzort:

In-situ-Sondierungen in der ungesättigten und gesättigten Bodenzone.

#### Untersuchungsaufwand:

ca. 100 - 120 Sondiermeter/Tag bzw. rund 4.250,- €/Tag.

#### Ergänzende Untersuchungen:

LIF-Sondierungen werden häufig mit CPT-Sondierungen kombiniert.

Kontrollierter natürlicher Rückhalt und Abbau von Schadstoffen bei der Sanierung kontaminierter Grundwässer und Böden



## KORA-Methodensammlung - Beispiel

### 1.1.2 Direct-Push-LIF-Sondierung (Fortsetzung)

#### Anforderungen an Proben:



#### Menge, Art:

Keine Probennahme, da In-situ-Analytik-Methode.

#### Probenlagerung:

Keine Probennahme.

#### Anwendungsbereich und -grenzen:

##### Anwendungsbereich:

Ungesättigte und gesättigte Bodenzone mit sandigen bis fein-/mittelkiesigen Lockergesteinssedimenten bis ca. 30 m u.GOK.

##### Anwendungsgrenzen:

Mittel-/grobkiesige Sedimente sowie Festgestein nicht sondierbar.

Semiquantitative Methode, da die Lithologie Einfluss auf die Signalhöhe hat.

Kontrollierter natürlicher Rückhalt und Abbau von Schadstoffen bei der Sanierung kontaminierter Grundwässer und Böden



## KORA-Methodensammlung - Beispiel

### 1.1.2 Direct-Push-LIF-Sondierung (Fortsetzung)

#### Entwicklungsstand / Anwendungsbeispiele:



#### Praxistauglichkeit:

Praxistauglich. Wird seit Jahren eingesetzt.

#### Anbieter:

z.B. Fugro (ROST™).

#### Anwendung in KORA:

Projektnummer 1.2: Brand (FKZ: 02WN0352),

Projektnummer 1.4b: VMZ Spandau (FKZ: 02WN0432).

#### Literatur:

GERSTNER D., SCHEYTT T., FÄLKER C. (2006) Untersuchungen von Altlasten - Einsatzmöglichkeiten und Grenzen von Direct-Push Technologien bei der Altlastenbearbeitung. Altlasten Spektrum:316-330.

DIETRICH P., LEVEN C. (2005) Direct Push Technologies. In: Kirsch R. (ed.) Groundwater Geophysics. Springer Verlag, p. 321-340.

Kontrollierter natürlicher Rückhalt und Abbau von Schadstoffen bei der Sanierung kontaminierter Grundwässer und Böden



## KORA-Methodensammlung - Beispiel

### 1.1.2 Direct-Push-LIF-Sondierung (Fortsetzung)



#### Alternative Methoden:

Direct-Push-MIP-Sondierung.

#### Ansprechpartner:

Dr. Anita Peter, Christian-Albrechts-Universität Kiel, Tel: 0431-880 3917,

E-mail: [anita.peter@gpi.uni-kiel.de](mailto:anita.peter@gpi.uni-kiel.de).

#### Besonderheiten / Hinweise:

Durch das Messprinzip der LASER-induzierten Fluoreszenz besitzt das Verfahren einen eingeschränkten Anwendungsbereich, der primär auf PAK beschränkt ist.

Kontrollierter natürlicher Rückhalt und Abbau von Schadstoffen bei der Sanierung kontaminierter Grundwässer und Böden



- Überblick über die in KORA entwickelten, erprobten, validierten und empfohlenen Methoden zum Nachweis und zum Monitoring natürlicher Schadstoffminderungsprozesse
- Beschreibung Verfahrensprinzip, Einsatzmöglichkeiten, Anwendungsbereiche und –grenzen, Informationen zum Entwicklungsstand
- Ausführliche Anwendungsbeispiele zu einzelnen Methoden sind in den KORA-Branchenleitfäden
- Numerische Methoden nicht in Methodensammlung (separater LF)
- Methodensammlung ist Bindeglied zu LF und Nachschlagewerk für Altlastenbearbeitung



## Zum guten Schluss

**Danke für Ihr Interesse**

**Haben Sie Fragen ??**

### Weitere Informationen:

- Internet: <http://www.natural-attenuation.de>
- Newsletter: <http://www.natural-attenuation.de/News>

