



Fachtagung ChloroNet

Donnerstag, 28. November 2013
Solothurn, Schweiz



Integriertes Management von CKW-belasteten Standorten in Stadtgebieten

Erfahrungsaustausch in Frankreich (Pilot-Standort «Frankreich»)

Marie Lemoine

Ingénieur d'études et de recherche
Unité Impact Sanitaire et Expositions
Direction des risques chroniques

Julien Michel

Ingénieur d'études et de recherche
Unité Comportement des contaminants
dans les sols et les matériaux
Direction des risques chroniques

Corinne Hulot

Ingénieur d'études et de recherche
Unité Impact Sanitaire et Expositions
Direction des risques chroniques

Olivier Bour

Ingénieur d'études et de recherche
Unité Technologies des procédés propres
et durables
Direction des risques chroniques



Das Projekt CityChlor



Tackling soil and groundwater contamination caused by chlorinated solvents

↳ Europäisches Forschungsprojekt, Budget: 5,2 Mio. Euro

- ✓ Finanzierung zu 50 % durch Interreg
- ✓ 9 Partner



Das Projekt CityChlor



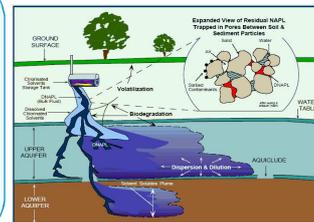
➔ Europäisches Forschungsprojekt, Budget: 5,2 Mio. Euro

- ✓ Finanzierung zu 50 % durch Interreg
- ✓ 9 Partner



Problemstellung:

- ✓ Verhalten chlorierter Lösungsmittel in Boden und Grundwasser bedingt durch ihre physikalisch-chemischen Eigenschaften
- ✓ Belastungen in Stadtgebieten, häufig verursacht durch kapitalschwache Unternehmer, erschweren die Erkundung und Sanierung zusätzlich
- ✓ **Gemeinsames Problem** aller europäischen Städte



INERIS
maximiser le risque
pour un développement durable

Das Projekt CityChlor



➔ Europäisches Forschungsprojekt, Budget: 5,2 Mio. Euro

- ✓ Finanzierung zu 50 % durch Interreg
- ✓ 9 Partner



Innovationsperspektiven

Entwicklung eines integrierten Ansatzes für die Behandlung von CKW-belasteten Standorten in Stadtgebieten ...

- ... unter Berücksichtigung von:
- ✓ technischen Aspekten
 - ✓ sozioökonomischen Aspekten
 - ✓ organisatorischen Aspekten

INERIS
maximiser le risque
pour un développement durable

5

➤ Pilot-Standort «Frankreich»

- **Metallverarbeitungsbetrieb**
 - ✓ inmitten einer Stadt mit **50 000 Einwohnern**
 - ✓ aktiv seit **1930**
 - ✓ Betriebsareal von **6700 m²**
- **Verschiedene Tätigkeiten im Laufe der Zeit**
 - ✓ Galvanisierung (1930–2006)
 - ✓ Giesserei
 - ✓ **Entfettung (Einsatz von chlorierten Lösungsmitteln)**
 - ✓ Beizanlage (Einsatz von Schwefelsäure)
 - ✓ Verschraubung
 - ✓ ...




➤ **Belastung des Bodens und des Grundwassers (PCE, TCE) durch industrielle Tätigkeit**

INERIS
maîtriser le risque pour un développement durable

6

➤ Techniken zur Standortcharakterisierung

- **Direct-Push-Verfahren** zur Durchführung eines Screenings
- **Passive Probenahme** zur Bestimmung der Grundwasserqualität
- **Probebohrungen und -techniken** zur Porenluftanalyse in verschiedenen Tiefen
- **Entnahme von Porenluft- und Raumluftproben** im Rahmen der Modellierung des Stofftransports von der ungesättigten Zone in die Innenraumluft

INERIS
maîtriser le risque pour un développement durable

Techniken zur Standortcharakterisierung

- ➔ **Direct-Push-Verfahren** zur Durchführung eines Screenings
- ➔ **Passive Probenahme** zur Bestimmung der Grundwasserqualität
- ➔ **Probeproduktionen und -techniken** zur Porenluftanalyse in verschiedenen Tiefen
- ➔ **Entnahme von Porenluft- und Raumluftproben** im Rahmen der Modellierung des Stofftransports von der ungesättigten Zone in die Innenraumluft

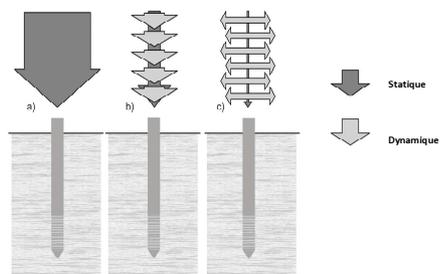
Techniken zur Standortcharakterisierung

➔ Direct-Push-Verfahren

Verschiedene Verfahren zur Untersuchung von Boden, Porenluft und Grundwasser

Prinzip:

- ✓ **Statischer und/oder dynamischer Vortrieb eines Hohlgestänges in den Boden**



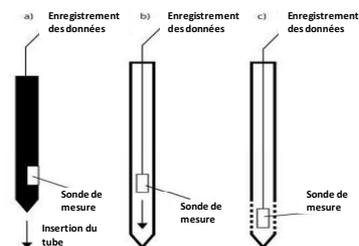
Techniken zur Standortcharakterisierung

Direct-Push-Verfahren

Verschiedene Verfahren zur Untersuchung von Boden, Porenluft und Grundwasser

PRINZIP:

- ✓ Statischer und/oder dynamischer Vortrieb eines Hohlgestänges in den Boden
- ✓ Messungen und/oder Probenahmen mithilfe von DP-Sonden in einer bestimmten Tiefe oder über ein vertikales Profil (kontinuierlich oder diskret)



INERIS
maîtriser le risque
pour un développement durable

Techniken zur Standortcharakterisierung

Direct-Push-Verfahren

Verschiedene Verfahren zur Untersuchung von Boden, Porenluft und Grundwasser

PRINZIP:

- ✓ Statischer und/oder dynamischer Vortrieb eines Hohlgestänges in den Boden
- ✓ Messungen und/oder Probenahmen mithilfe von DP-Sonden in einer bestimmten Tiefe oder über ein vertikales Profil (kontinuierlich oder diskret)

Breite Palette von Hilfsmitteln

- ✓ zur Bestimmung geophysikalischer, geotechnischer, hydrogeologischer und geochemischer Parameter

- Drucksondierung (Cone Penetrometer Test, CPT)
- Elektrische Leitfähigkeit
- Rammkernsondierung
- Neutron-Neutron- und Gamma-Gamma-Messung
- Hydraulic Profiling Tool (HPT)
- ...

INERIS
maîtriser le risque
pour un développement durable

Techniken zur Standortcharakterisierung

Direct-Push-Verfahren

Verschiedene Verfahren zur Untersuchung von Boden, Porenluft und Grundwasser

PRINZIP:

- ✓ Statischer und/oder dynamischer Vortrieb eines Hohlgestänges in den Boden
- ✓ Messungen und/oder Probenahmen mithilfe von DP-Sonden in einer bestimmten Tiefe oder über ein vertikales Profil (kontinuierlich oder diskret)

Breite Palette von Hilfsmitteln

- ✓ zur Bestimmung geophysikalischer, geotechnischer, hydrogeologischer und geochemischer Parameter
- ✓ für den Nachweis von Schadstoffen
 - MIP-Sonde
 - LIF-Sonde
 - XRF-Sonde und LIBS
 - ...

Techniken zur Standortcharakterisierung

Direct-Push-Verfahren

Verschiedene Verfahren zur Untersuchung von Boden, Porenluft und Grundwasser

PRINZIP:

- ✓ Statischer und/oder dynamischer Vortrieb eines Hohlgestänges in den Boden
- ✓ Messungen und/oder Probenahmen mithilfe von DP-Sonden in einer bestimmten Tiefe oder über ein vertikales Profil (kontinuierlich oder diskret)

Breite Palette von Hilfsmitteln

- ✓ zur Bestimmung geophysikalischer, geotechnischer, hydrogeologischer und geochemischer Parameter
- ✓ für den Nachweis von Schadstoffen
- ✓ für punktuelle Probenahme
 - BAT-Sampler
 - Waterloo-Profiler
 - ...

Techniken zur Standortcharakterisierung

Direct-Push-Verfahren

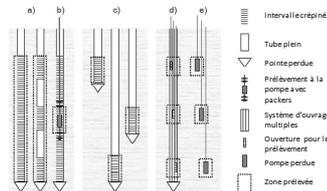
Verschiedene Verfahren zur Untersuchung von Boden, Porenluft und Grundwasser

PRINZIP:

- ✓ Statischer und/oder dynamischer Vortrieb eines Hohlgestänges in den Boden
- ✓ Messungen und/oder Probenahmen mithilfe von DP-Sonden in einer bestimmten Tiefe oder über ein vertikales Profil (kontinuierlich oder diskret)

Breite Palette von Hilfsmitteln

- ✓ zur Bestimmung geophysikalischer, geotechnischer, hydrogeologischer und geochemischer Parameter
- ✓ für den Nachweis von Schadstoffen
- ✓ für punktuelle Probenahme
- ✓ zur Errichtung dauerhafter Anlagen



INERIS
maîtriser le risque
pour un développement durable

Techniken zur Standortcharakterisierung

Direct-Push-Verfahren

Verschiedene Verfahren zur Untersuchung von Boden, Porenluft und Grundwasser

PRINZIP:

- ✓ Statischer und/oder dynamischer Vortrieb eines Hohlgestänges in den Boden
- ✓ Messungen und/oder Probenahmen mithilfe von DP-Sonden in einer bestimmten Tiefe oder über ein vertikales Profil (kontinuierlich oder diskret)

Breite Palette von Hilfsmitteln

- ✓ zur Bestimmung geophysikalischer, geotechnischer, hydrogeologischer und geochemischer Parameter
- ✓ für den Nachweis von Schadstoffen
- ✓ für punktuelle Probenahme
- ✓ zur Errichtung dauerhafter Anlagen



zahlreiche Mess- und Probenahmeverfahren
flexibler Einsatz
Beschaffung vertikaler und horizontaler Daten

INERIS
maîtriser le risque
pour un développement durable

Techniken zur Standortcharakterisierung

Direct-Push-Verfahren

Verschiedene Verfahren zur Untersuchung von Boden, Porenluft und Grundwasser

PRINZIP:

- ✓ Statischer und/oder dynamischer Vortrieb eines Hohlgestänges in den Boden
- ✓ Messungen und/oder Probenahmen mithilfe von DP-Sonden in einer bestimmten Tiefe oder über ein vertikales Profil (kontinuierlich oder diskret)

Breite Palette von Hilfsmitteln

- ✓ zur Bestimmung geophysikalischer, geotechnischer, hydrogeologischer und geochemischer Parameter
- ✓ für den Nachweis von Schadstoffen
- ✓ für punktuelle Probenahme
- ✓ zur Errichtung dauerhafter Anlagen

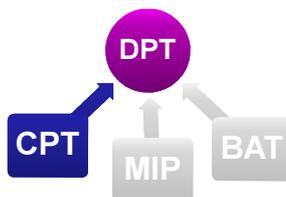


Einsatz am CityChlor-Pilot-Standort «Frankreich» zur Beschaffung lithologischer Daten und zur Bestimmung der Belastung des Standorts (Boden und Grundwasser)

Techniken zur Standortcharakterisierung

Direct-Push-Verfahren

... Erfahrungsaustausch CityChlor: Einsatz von DP-Verfahren am Pilot-Standort «Frankreich»



Drucksondierung (Cone Penetrometer Test, CPT)

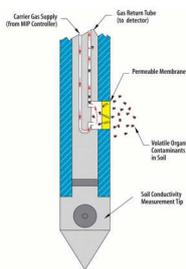
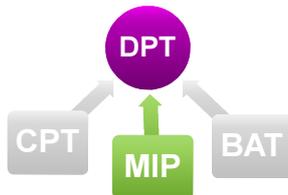
Aufschluss über Bodendichte und Lithologie

- ✓ Messung des Penetrationswiderstandes
- ✓ Messung des Porenwasserdrucks

Techniken zur Standortcharakterisierung

Direct-Push-Verfahren

... Erfahrungsaustausch CityChlor: Einsatz von DP-Verfahren am Pilot-Standort «Frankreich»



Drucksondierung (Cone Penetrometer Test, CPT)

Aufschluss über Bodendichte und Lithologie

- ✓ Messung des Penetrationswiderstandes
- ✓ Messung des Porenwasserdrucks

MIP-Sondierung (Membrane Interface Probe)

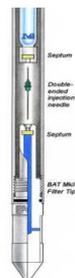
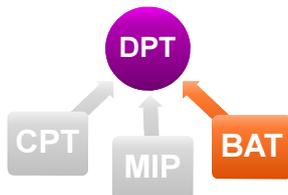
kontinuierliche Messung des VOC-Gehalts

- ✓ Einsatz verschiedener Detektoren: FID, PID und DELCD

Techniken zur Standortcharakterisierung

Direct-Push-Verfahren

... Erfahrungsaustausch CityChlor: Einsatz von DP-Verfahren am Pilot-Standort «Frankreich»



Drucksondierung (Cone Penetrometer Test, CPT)

Aufschluss über Bodendichte und Lithologie

- ✓ Messung des Penetrationswiderstandes
- ✓ Messung des Porenwasserdrucks

MIP-Sondierung (Membrane Interface Probe)

kontinuierliche Messung des VOC-Gehalts

- ✓ Einsatz verschiedener Detektoren: FID, PID und DELCD

BAT®-Sampler

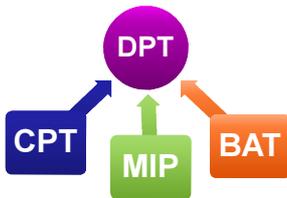
Probenahme von Porenluft oder Grundwasser in definierten Tiefen

- ✓ Ziehen der Probe mithilfe einer Injektionsnadel in ein Röhrchen

Techniken zur Standortcharakterisierung

Direct-Push-Verfahren

... Erfahrungsaustausch CityChlor: Einsatz von DP-Verfahren am Pilot-Standort «Frankreich»



Drucksondierung (Cone Penetrometer Test, CPT)

Aufschluss über Bodendichte und Lithologie

- ✓ Messung des Penetrationswiderstandes
- ✓ Messung des Porenwasserdrucks

MIP-Sondierung (Membrane Interface Probe)

kontinuierliche Messung des VOC-Gehalts

- ✓ Einsatz verschiedener Detektoren: FID, PID und DELCD

BAT®-Sampler

Probenahme von Porenluft oder Grundwasser in definierten Tiefen

- ✓ Ziehen der Probe mithilfe einer Injektionsnadel in ein Röhrchen

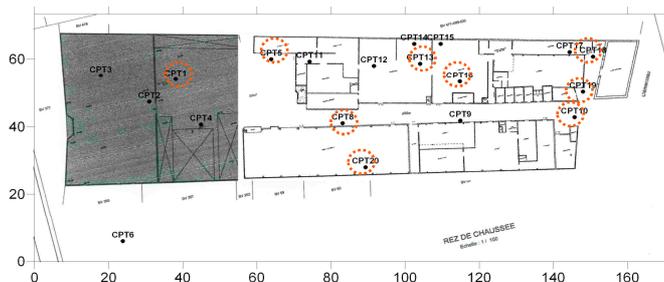
Techniken zur Standortcharakterisierung

Direct-Push-Verfahren

... Erfahrungsaustausch CityChlor: Einsatz von DP-Verfahren am Pilot-Standort «Frankreich»

Messungen und Probenahmen am Pilot-Standort «Frankreich»:

- ✓ 19 CPT/MIP-Messungen direkt über oder in der Nähe der Verschmutzungsquellen in 4,2 bis 7,6 m Tiefe
- ✓ 9 Probenahmen mit BAT® Sampler direkt über den belasteten Zonen (2 bis 3 Tiefen)



Techniken zur Standortcharakterisierung

Direct-Push-Verfahren

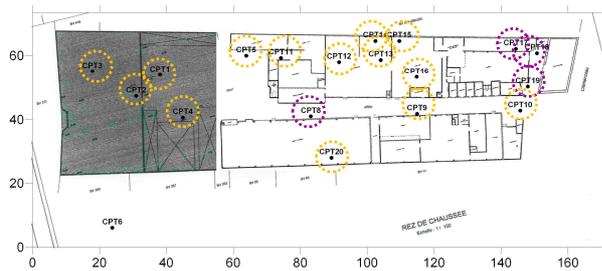
... Erfahrungsaustausch CityChlor: Einsatz von DP-Verfahren am Pilot-Standort «Frankreich»

Beschaffen von Informationen über die **Bodenbeschaffenheit: Konuspenetrometer (CPT)**
... 2 vorherrschende lithologische Profile

↪ 1–4 m: torfig/tonig
↪ 4–6 m: lehmig-tonig/sandig/kiesig

↪ 1–5 m: torfig/tonig
↪ 5–6 m: lehmig-tonig/sandig/kiesig

↪ Nicht
erkanntes/identifiziertes
Schüttmaterial



INERIS
maîtriser le risque
pour un développement durable

Techniken zur Standortcharakterisierung

Direct-Push-Verfahren

... Erfahrungsaustausch CityChlor: Einsatz von DP-Verfahren am Pilot-Standort «Frankreich»

Beschaffen von Informationen über die **Bodenbelastung: MIP**
... Ortung der Quellzonen und Verschmutzungsfahnen

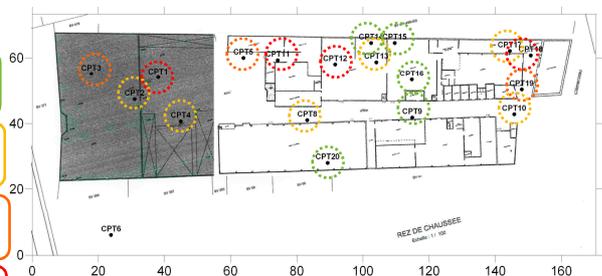
Identifizierung verschiedener Zonen mit unterschiedlicher
Belastung dank DELCD:

↪ keine Belastung (TCE-Äquivalente)

↪ 0,3– 1 mg/L (TCE-Äquivalente)
↪ in GZ (> 3 m)

↪ 1–10 mg/L (TCE-Äquivalente)
↪ in GZ (> 3 m)

↪ 1–100 mg/L (TCE-Äquivalente)
↪ in UZ und GZ



INERIS
maîtriser le risque
pour un développement durable

Techniken zur Standortcharakterisierung

Direct-Push-Verfahren

... Erfahrungsaustausch CityChlor: Einsatz von DP-Verfahren am Pilot-Standort «Frankreich»



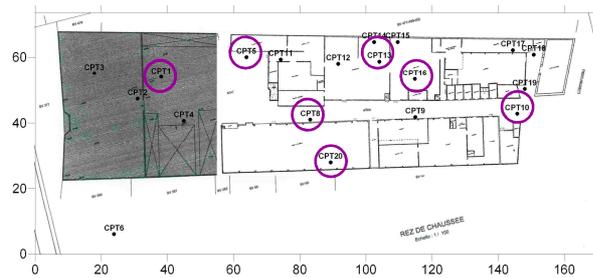
Beschaffen von Informationen über die Bodenbelastung: BAT® Sampler

... Ortung der Quellzonen und Verschmutzungsfahnen

Grundwasserprobenahme:

2 Probenahmetiefen:

- 3,6–3,7 m
- 4,6–4,7 m



INERIS
maîtriser le risque
pour un développement durable

Techniken zur Standortcharakterisierung

Direct-Push-Verfahren

... Erfahrungsaustausch CityChlor: Einsatz von DP-Verfahren am Pilot-Standort «Frankreich»



Beschaffen von Informationen über die Bodenbelastung: BAT® Sampler

... Ortung der Quellzonen und Verschmutzungsfahnen

Grundwasserprobenahme:

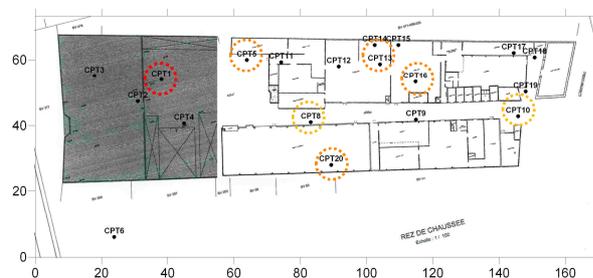
2 Probenahmetiefen:

- 3,6–3,7 m
- 4,6–4,7 m

→ 0,4–0,9 mg/L

→ 2–4 mg/L

→ 20–40 mg/L



INERIS
maîtriser le risque
pour un développement durable

Techniken zur Standortcharakterisierung

Direct-Push-Verfahren

... Erfahrungsaustausch CityChlor: Einsatz von DP-Verfahren am Pilot-Standort «Frankreich»

Wichtigste Erkenntnisse:

- Vorhandensein der in der historischen Untersuchung vermuteten Quellzonen bestätigt
- **Neue belastete Zonen identifiziert**
- Untersuchung gewisser Zonen nicht möglich
- **MIP-Messungen durch Probenahme mit BAT® Sampler bestätigt**

➔ **Grosses Potenzial für die Standorterkundung (Aufschluss über geophysikalische und geotechnische Parameter und die Standortqualität durch Screening)**

Techniken zur Standortcharakterisierung

- **Direct-Push-Verfahren** zur Durchführung eines Screenings
- **Passive Probenahme** zur Bestimmung der Grundwasserqualität
- **Probepbohrungen und -techniken** zur Porenluftanalyse in verschiedenen Tiefen
- **Entnahme von Porenluft- und Raumluftproben** im Rahmen der Modellierung des Stofftransports von der ungesättigten Zone in die Innenraumluft

Techniken zur Standortcharakterisierung

Analyse und Beobachtung des Grundwassers

Einige konventionelle Probenahmetechniken im Überblick

Gängige Verfahren:

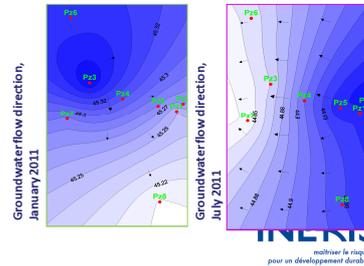
- ✓ **Piezometer** vor Ort
- ✓ konventionelle Probenahme (**Pumpen**)

Was es zu beachten gilt:

- ✓ für jede Probenahmekampagne müssen verschiedene Parameter präzisiert werden:
 - statisches Niveau
 - pH, Konduktivität, Temperatur, Redoxpotenzial (vertikales Profil der Wassersäule)
 - Witterung

Besonderheiten des Pilot-Standorts «Frankreich»

- ✓ Strömungsrichtung des Grundwassers
 - ↳ 3 zusätzliche Piezometer am Standort (Zu- und Abstrom)



Techniken zur Standortcharakterisierung

Analyse und Beobachtung des Grundwassers

...Passivprobenehmer: innovative Probenahmeverfahren

Passivprobenehmer im Vergleich:

 Konventionelle Probenahme	 Passive Diffusion Bag (PDB)	 Dialysemembran	 Keramikkdosimeter	 Gore Module®
Pumpen	Diffusionsprobenehmer		Integrierte Probenehmer	
	12 Kampagnen Expositionszeit 3 Wochen	2 Kampagnen Expositionszeit 2 Wochen	4 Kampagnen Expositionszeit 6-12 Wochen	4 Kampagnen Expositionszeit 30 Minuten

- ↳ Vergleich der Leistung und Anwendung der Module an einem CKW-belasteten Standort (PCE, TCE, DCE, CV)
- ↳ Expositionsdauer abhängig von den Eigenschaften des Passivprobenehmers
- ↳ **Insgesamt 21 Probenahmekampagnen im September 2011 und im Januar 2014**



Techniken zur Standortcharakterisierung

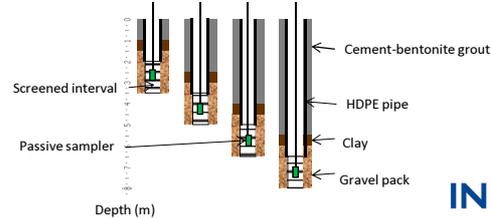
Analyse und Beobachtung des Grundwassers

... Erfahrungsaustausch CityChlor: Einsatz von *Passivprobenehmern*

Passivprobenehmer im Vergleich:

- ✓ Vergleich der Resultate aus passiver und herkömmlicher Probenahme
- ✓ Vergleich der Leistung und des Einsatzes verschiedener Passivmodule (Expositionsdauer, Anwendungsfreundlichkeit usw.)
- ✓ anhand von 4 unterschiedlich tief reichenden Piezometern (*geringer Abstand der Öffnungen: 1,5 m*)

Der Passivprobenehmer wird in der Mitte der Öffnung angebracht.



Techniken zur Standortcharakterisierung

Analyse und Beobachtung des Grundwassers

... Erfahrungsaustausch CityChlor: Einsatz von *Passivprobenehmern*

Passivprobenehmer im Vergleich:

Wichtigste Erkenntnisse:

- Die mithilfe von Passivprobenehmern gemessenen Konzentrationen liegen in **derselben Größenordnung** wie jene, die durch herkömmliche Probenahme ermittelt wurden (PDB, Dialysemembran, Gore® Sorber Module)
- Die Daten lassen sich nur schwer mit denjenigen vergleichen, die mit **Keramikkosimetern und anderen Verfahren erhoben wurden (Expositionsdauer)**
- Die Resultate sind **reproduzierbar** (PDB, Dialysemembran, Gore® Sorber Module)

Beschaffung von Informationen in Ergänzung zu herkömmlichen Probenahmeverfahren

Detaillierte Informationen und Empfehlungen in:

CityChlor: Passive samplers as an innovative way for groundwater quality monitoring, Julien Michel (INERIS)

Techniken zur Standortcharakterisierung

- Direct-Push-Verfahren zur Durchführung eines Screenings
- Passive Probenahme zur Bestimmung der Grundwasserqualität
- **Probeproduktionen und -techniken zur Porenluftanalyse in verschiedenen Tiefen**
- Entnahme von Porenluft- und Raumluftproben im Rahmen der Modellierung des Stofftransports von der ungesättigten Zone in die Innenraumluft

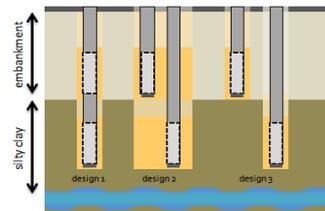
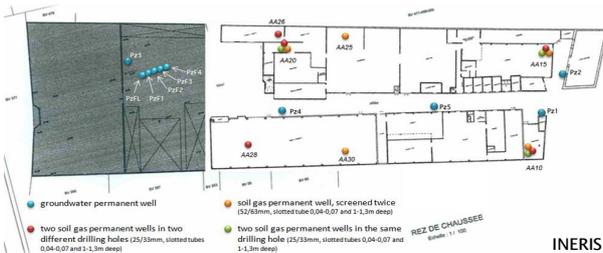
Techniken zur Standortcharakterisierung

➤ Multilevel-Porenluftprobenahme

... Erfahrungsaustausch CityChlor: Durchführung von **Multilevel-Porenluftprobenahmen**

Vergleich von dauerhaften Anlagen für Multilevel-Probenahmen

- ✓ Vergleich von **3 Typen von Multilevel-Piezairs**
 - Piezair mit doppelter Öffnung
 - Multilevel-Piezairs in gemeinsamem Bohrloch
 - Multilevel-Piezairs in zwei verschiedenen Bohrlöchern
- ✓ geringe Abstände zwischen Öffnungen, auf zwei unterschiedlichen Horizonten:
 - Schüttmaterial (0,4-0,7 m)
 - Lehm/Ton (1,0-1,3 m)



Techniken zur Standortcharakterisierung

Multilevel-Porenluftprobenahme

... Erfahrungsaustausch CityChlor: Durchführung von **Multilevel-Porenluftprobenahmen**

Vergleich von dauerhaften Anlagen für Multilevel-Probenahmen

- ✓ Vergleich von **3 Typen von Multilevel-Piezairs**
 - Piezair mit doppelter Öffnung
 - Multilevel-Piezairs in gemeinsamem Bohrloch
 - Multilevel-Piezairs in zwei verschiedenen Bohrlöchern
- ✓ geringe Abstände zwischen Öffnungen, **auf zwei unterschiedlichen Horizonten**
- ✓ 5 Probenahmekampagnen (*Aktivprobenahme mit Adsorbermaterial*)

Was es bei den Kampagnen zu beachten gilt:

- ✓ Messung und Beobachtung verschiedener Parameter
 - nach Probenahme Abzug und Messung am PID (qualitativ)
 - Temperatur und Feuchtigkeit in den Piezairs
 - Witterung (Wetterstation: Temperatur, Luftdruck, Niederschlagsmenge usw.)

Durchgeführte Tests:

- ✓ Beobachtung des Abzugs am PID
- ✓ Aktivprobenahme unter versch. Bedingungen (Jahreszeiten, Konzentrationen usw.)
- ✓ Rückführung

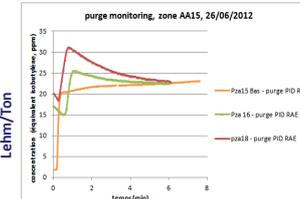
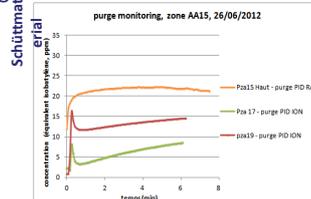
Techniken zur Standortcharakterisierung

Multilevel-Porenluftprobenahme

... Erfahrungsaustausch CityChlor: Durchführung von **Multilevel-Porenluftprobenahmen**

Vergleich von dauerhaften Anlagen für Multilevel-Probenahmen

- ✓ Beobachtung des Abzugs am PID



- Keine generelle Tendenz
- Stärker ausgeprägte Abweichung bei Piezairs mit doppelter Öffnung

↩ Dichtigkeit des Packers?

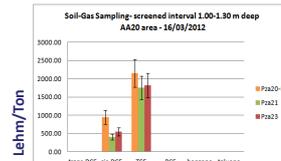
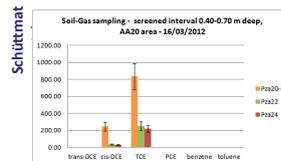
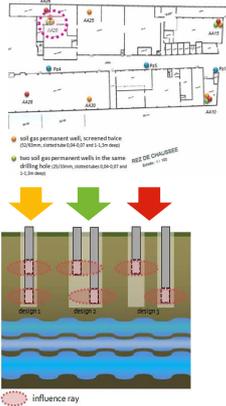
Techniken zur Standortcharakterisierung

Multilevel-Porenluftprobenahme

... Erfahrungsaustausch CityChlor: Durchführung von **Multilevel-Porenluftprobenahmen**

Vergleich von dauerhaften Anlagen für Multilevel-Probenahmen

✓ Aktivprobenahme mit Adsorbermaterial



- Konzentrationen in gleicher Grössenordnung für alle Typen
- Stärker ausgeprägte Abweichung bei Piezairs mit doppelter Öffnung (vor allem im Schüttmaterial)

↪ Dichtigkeit des Packers?

Techniken zur Standortcharakterisierung

Multilevel-Porenluftprobenahme

... Erfahrungsaustausch CityChlor: Durchführung von **Multilevel-Porenluftprobenahmen**

Vergleich von dauerhaften Anlagen für Multilevel-Probenahmen

Wichtigste Erkenntnisse:

- ↪ Gute Korrelation zwischen Multilevel-Piezairs in gemeinsamem Bohrloch und Piezairs in getrennten Bohrlöchern
- ↪ Stärker ausgeprägte Abweichungen (Beobachtung des Abzugs, Probenahme) bei Piezair mit doppelter Öffnung
- ↪ Signifikante Konzentrationsschwankungen von einer Kampagne zur nächsten (Witterungseinfluss)

➔ **Erster Erfahrungsaustausch, Bedarf an weiteren Erkundungen (andere Standorte, andere Verhältnisse) im Hinblick auf die Formulierung zweckmässiger und präziser Empfehlungen**

Detaillierte Informationen und Empfehlungen in:

CityChlor: Soil-gas monitoring: soil-gas sampling installations and soil-gas sampling techniques, Marie Lemoine, Olivier Bour, Corinne Hulot (INERIS)

Techniken zur Standortcharakterisierung

- ⇒ **Direct-Push-Verfahren** zur Durchführung eines Screenings
- ⇒ **Passive Probenahme** zur Bestimmung der Grundwasserqualität
- ⇒ **Probepfehlungen und -techniken** zur Porenluftanalyse in verschiedenen Tiefen
- ⇒ **Entnahme von Porenluft- und Raumluftproben** im Rahmen der Modellierung des Stofftransports von der ungesättigten Zone in die Innenraumluft

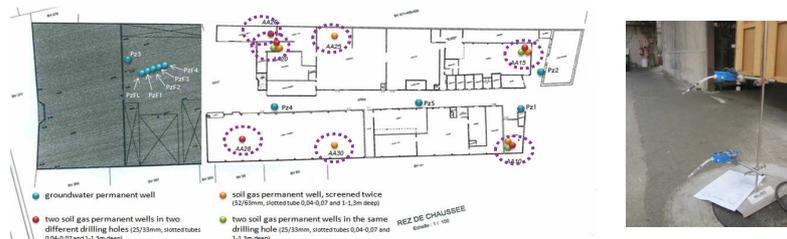
Techniken zur Standortcharakterisierung

⇒ Modellierung des Stofftransports von der UZ in die Innenraumluft

... Erfahrungsaustausch CityChlor: Durchführung von **Innenraumluft-Probenahmen und Modellierung**

Erhebung von Daten für die Modellierung:

- ✓ 7 Entnahmezonen (in 10 und 50 cm Höhe)
- ✓ 5 Probenahmekampagnen (Aktivprobenahme mit Adsorbentmaterial)



➔ Arbeiten im Rahmen der Dissertation von **Amadou Thiam**: **Transfert de vapeurs de composés organiques volatils chlorés depuis les sols et eaux souterraines vers l'air ambiant de bâtiments**

Techniken zur Standortcharakterisierung

➤ Direct-Push-Verfahren: CPT/MIP und BAT Sampler

- ✓ Zweckmässige Verfahren zur Beschaffung von Daten über Bodeneigenschaften (Lithologie, Durchlässigkeit usw.) sowie zur räumlichen Abgrenzung von Verschmutzungsquellen und -fahnen, Untersuchungen im Rahmen des Standortscreenings
- ✓ Gute Korrelation der mit CPT/MIP und BAT Sampler gewonnenen Resultate

➤ Passivprobenehmer für Grundwasseruntersuchungen

- ✓ Zweckmässige Hilfsmittel für die Analyse und die Beobachtung der Grundwasserqualität
- ✓ Im Rahmen des Projekts Formulierung gewisser Empfehlungen

➤ Multilevel-Porenluftprobenahme

- ✓ Zwei Typen von Multilevel-Piezairs liefern vergleichbare und kohärente Ergebnisse (Beobachtung des Abzugs, Konzentrationen): *Piezairs in gemeinsamem Bohrloch und Piezairs in getrennten Bohrlöchern*
- ✓ Bisherige Erfahrungen müssen durch weitere Versuche an Standorten ergänzt werden (Ziel: Formulierung von Empfehlungen)



Integriertes Management von CKW-belasteten Standorten in Stadtgebieten



➤ Untersuchungen an Pilot-Standorten

- *Pilot Project "Ile de France", use of tools for groundwater, soil, soil-gas and indoor air characterization, in the frame of chlorinated solvent pollution in urban areas*, Julien Michel, Marie Lemoine

➤ Porenluftuntersuchungen

- *CityChlor: Soil-gas monitoring: soil-gas sampling installations and soil-gas sampling techniques*, Marie Lemoine, Olivier Bour, Corinne Hulot (INERIS)
- *Attenuation of Vinyl Chloride in the vadose zone*, Olivier Bour

➤ Grundwasseruntersuchungen

- *Passive samplers as an innovative way for groundwater quality monitoring*, Julien Michel

➤ Gastransport vom Boden in die Innenraumluft

- *Models for predicting transfers to indoor air*, Guillaume Gay, Amadou Thiam