

Thermische In-situ-Desorption und Geostatistik

Beurteilung der Behandlungseffizienz mittels eines quantitativen Ansatzes

Maxime Emery

Hélène Demougeot-Renard



10. Fachtagung ChloroNet – 23. November 2017 – Solothurn

Ausgangslage

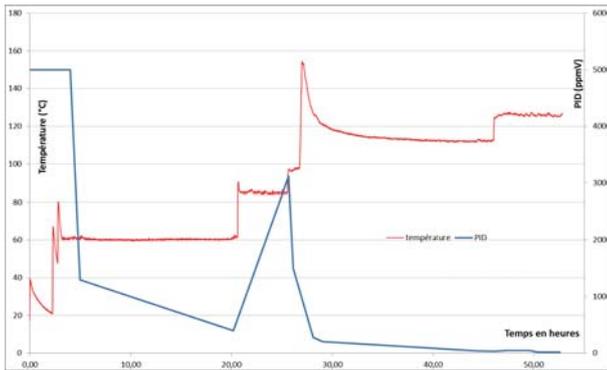
- Standort auf einem Gelände mit hohem Grundstückswert in der Region Paris.
- **Beträchtliche Belastung durch chlorierte Lösungsmittel (schätzungsweise mehrere Tonnen in reiner Phase):**
 - In grosser Tiefe
 - Monokonzentrationen und hohe Konzentrationen
- **Komplexe Geologie:**
 - Toniger Lehm von 0 bis 4 m
 - Kalkmergel von 4 bis 12 m
 - Tonhaltiger Sand von 12 bis 20 m
- **Für das weitere Vorgehen sind Ergebnisse nötig:**
 - Rascher Handlungsbedarf
 - Wiederherstellung einer Geländequalität, die mit einer industriellen Nutzung vereinbar ist

 **Behandlung per thermische In-situ-Desorption**

Thermische In-situ-Desorption

Dimensionierung der Behandlung – Laboruntersuchungen

- Bestimmung der angestrebten Heiztemperatur und Abschluss der Massenbilanz (Erfassung der Verschmutzung in der Abluft)
- Ermittlung der physischen Wärmeleitparameter in den Böden (Wärmekapazität und Wärmeleitfähigkeit)



Echantillon	Sol état initial	Sol traité	Sol témoins	Eau extraite	CA inférieur	CA milieu	CA supérieur
Paramètre							
MS %	79,1%	99,3%	79,8%	s/o	s/o	s/o	s/o
PCE (mg/kgMS)	1100	8,6	940	12000 µg/l	25000 µg	8,5 µg	7,1 µg
TCE (mg/kgMS)	<0,05	<0,05	<0,05	45 µg/l	2,4 µg	1,3 µg	1,2 µg
Masse totale (g)	1680	1340	s/o	340 ml (g)	195,5 g	181,1 g	201 g
Masse analysée (g)	s/o	s/o	s/o	s/o	1g	1g	1g
Masse de polluant dans l'échantillon (mg)	1848 mg	11,5 mg	s/o	4,1 mg	4888 mg	1,7 mg	1,6 mg
Répartition de la pollution extraite	s/o	0,23%	s/o	0,08%	99,61%	0,03%	0,03%

23. November 2017

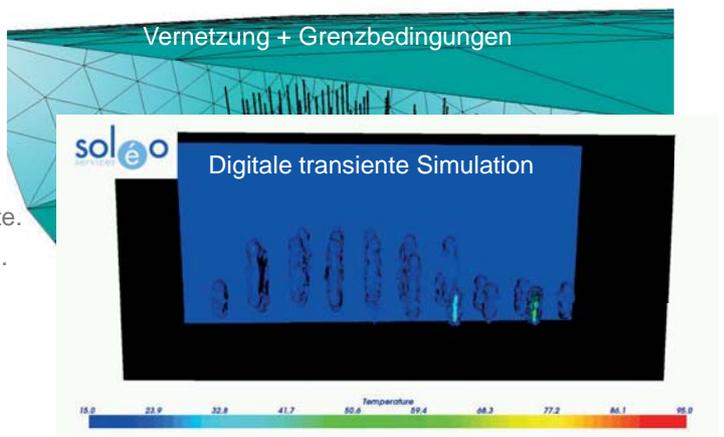
10. Fachtagung ChloroNet

3

Thermische In-situ-Desorption

Dimensionierung der Behandlung – digitale Modellierung

- Basierend auf den aus Laboruntersuchungen resultierenden Parametern, Umsetzung eines digitalen Modells für die Temperaturverteilung in den Böden, um die Positionierung von Heizelementen in den Böden zu definieren.
- Finite-Elemente-Modellierung des Geländes.



- Definition der räumlichen Anordnung der Heizelemente.
- Festlegung der benötigten zu installierenden Leistung.
- Definition des Energieverbrauchs des Projekts.



Finanzielle Absicherung des Projekts

23. November 2017

10. Fachtagung ChloroNet

4

Thermische In-situ-Desorption

■ Dimensionierung der Behandlung – Pilotfeldversuch

- Validierung der Bodendurchlässigkeitsparameter (Venting-Versuche)
- Validierung der Heiztemperaturen
- Validierung der extrahierbaren Massenströme
- Validierung der Robustheit und Flexibilität des Abgasbehandlungsverfahrens

➔ **Austrag von 300 kg PER in 3 Monaten**



23. November 2017

10. Fachtagung ChloroNet

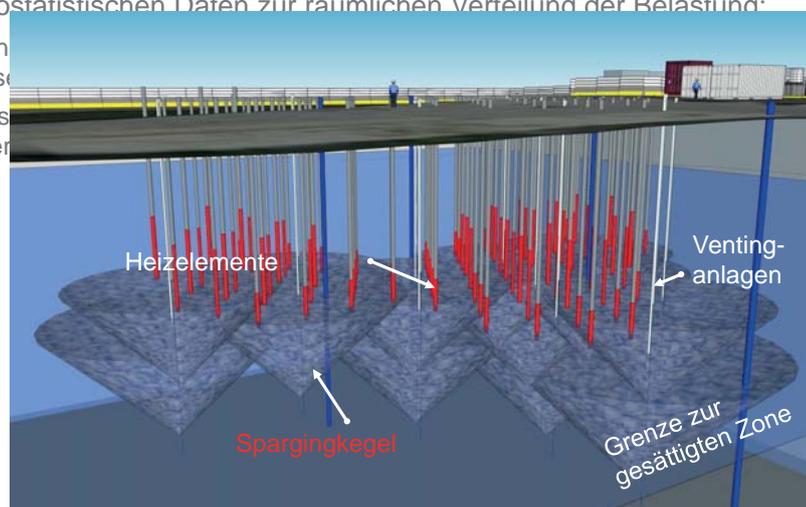
5

Thermische In-situ-Desorption

■ Umsetzung vor Ort – Erfassung von Abgasen

- Basierend auf den geostatistischen Daten zur räumlichen Verteilung der Belastung:

- Errichtung von 13 Anlagen zur Erfassung von Abgasen aus dem Grundwasser
- Auffangen der Abgasen in 3 Anlagen in unterer Zone



23. November 2017

10. Fachtagung ChloroNet

6

Thermische In-situ-Desorption

▪ Umsetzung vor Ort – Abgasbehandlung

• Schritt 1: Kondensierung der Abgase

→ Senkung des Drucks des sättigenden Schadstoffdampfes durch Absenkung der Temperatur:
Erhalt eines Schwellenwerts für die Abgaskonzentration je nach Temperatur.

• Schritt 2: Regeneration von Aktivkohle

→ Nicht explosive Komponente.

→ Bekannte Adsorptions-/Desorptionsisothermen des PER auf Aktivkohle.

→ Verschmutzung mit einer Komponente.

→ Konzentrationen oberhalb einer Schwelle, die die Behandlung finanziell rechtfertigt.

23. November 2017

10. Fachtagung ChloroNet

8

Thermische In-situ-Desorption

▪ Umsetzung vor Ort – Abgasbehandlung



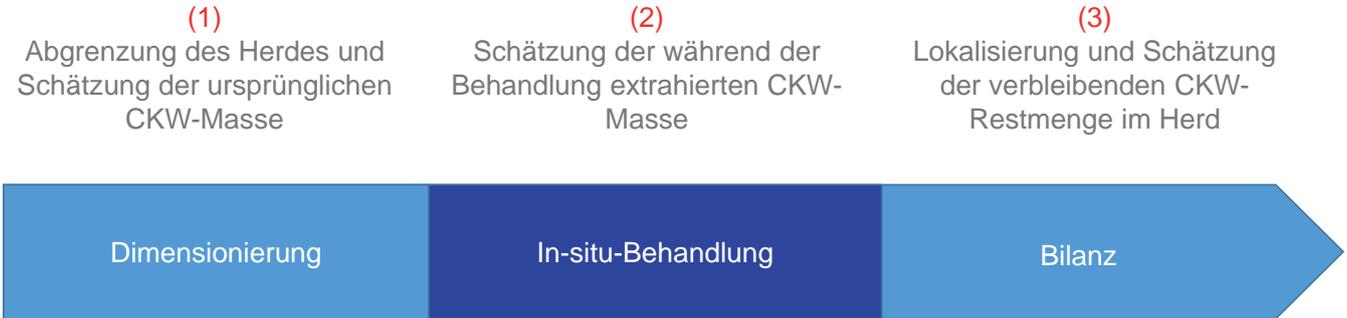
23. November 2017

10. Fachtagung ChloroNet

9

Geostatistisches Vorgehen

- Beurteilung der Effizienz einer In-situ-Behandlung – 3 Schritte:



- Daten der Untersuchung
- Kartierung und Berechnungen

- Massenbilanz

- Probenahmekampagne
- Kartierung und Berechnungen

23. November 2017

10. Fachtagung ChloroNet

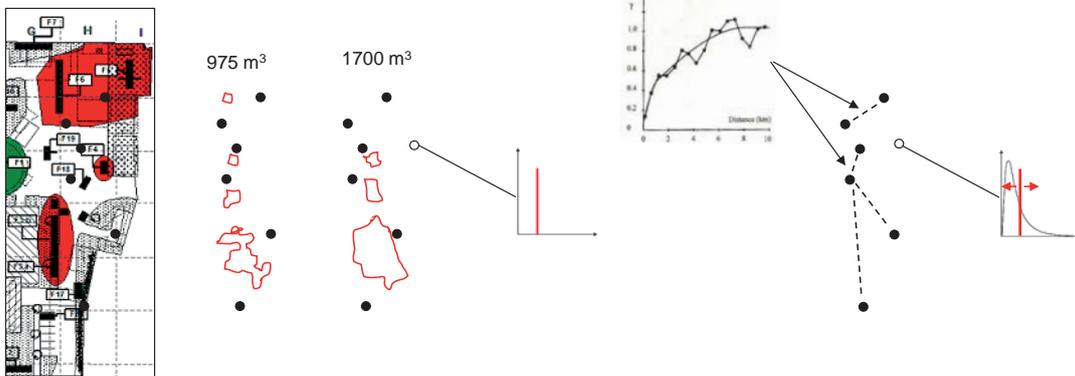
10

Geostatistisches Vorgehen

- Beurteilung der Effizienz einer In-situ-Behandlung: Abgrenzung des Herdes

Klassischer Ansatz

Geostatistischer Ansatz



Nicht plausibles Modell der räumlichen Verteilung
Nicht lückenlos quantifizierte Unsicherheit

Aus Daten abgeleitetes Modell für die räumliche Verteilung
Lückenlos quantifizierte Unsicherheit

23. November 2017

10. Fachtagung ChloroNet

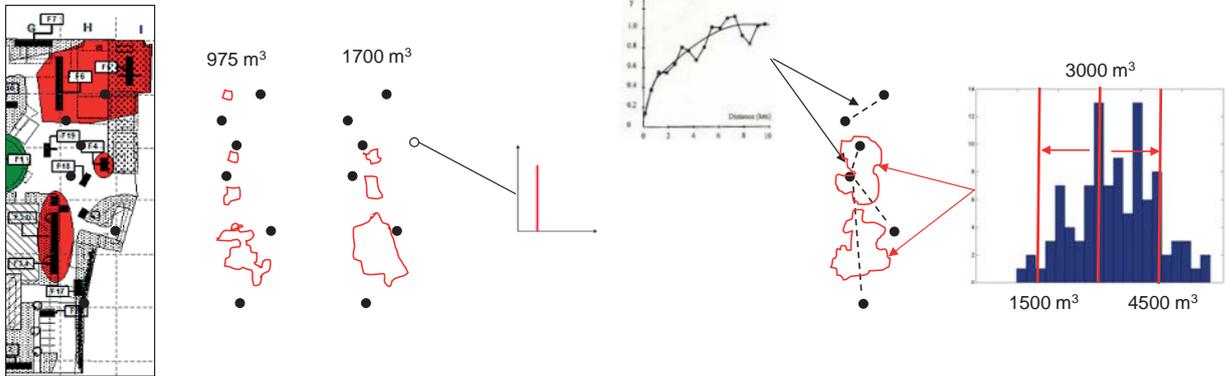
11

Geostatistisches Vorgehen

- Beurteilung der Effizienz einer In-situ-Behandlung: Schätzung von Massen und Volumen

Klassischer Ansatz

Geostatistischer Ansatz



Nicht plausibles Modell der räumlichen Verteilung
Nicht lückenlos quantifizierte Unsicherheit

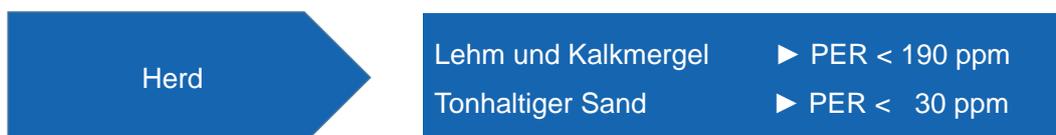
Sehr flexibler theoretischer Rahmen zur lückenlosen Abschätzung der Mengen
(Bodenvolumen, Schadstoffmassen)

23. November 2017

10. Fachtagung ChloroNet

Geostatistisches Vorgehen

- Für Soleo umgesetzte Arbeiten am behandelten Standort durch thermische In-situ-Desorption
 - Empfehlungen für eine zusätzliche Probenahme
 - Ausgangszustand vor der Behandlung:
 - Schätzung des Volumens und Abgrenzung des Herdes ab bestimmten PER-Gehalten
 - Schätzung der CKW-Masse, darunter diejenige an PER, im Herd
 - Abschliessender Zustand nach der Behandlung (2018):
 - Schätzung der verbleibenden CKW-Restmasse insgesamt, darunter diejenige an PER, im Herd



23. November 2017

10. Fachtagung ChloroNet

13

Fazit

■ Behandlung per thermische Desorption

- Komplexe und stark evolutive Behandlung (Venting und Abgasbehandlung): **engmaschige Erfolgskontrolle**.
- Effiziente Behandlung: **4 Tonnen** an reinen chlorierten Lösungsmitteln wurden während der **9-monatigen** Behandlung aus dem Boden extrahiert.
- Erreichen einer **asymptotischen** Funktion der Masse der ausgetragenen Belastung / **Zeit**.

■ Geostatistisches Vorgehen

- Die Untersuchung hat eine **grosse Masse an PER in der Tiefe** festgestellt, im Mergel, und einen **seitlichen Herd** (Bereich Nordwest), der anhand der klassischen qualitativen Datenanalyse nicht ersichtlich war.
- Die Modellierung zeigt die **grosse Unsicherheit**, welche die Volumen- und Massenschätzungen erschwerte, insbesondere in der Tiefe.
- Die geostatistische Schätzung der **verbleibenden Restbelastung nach der Behandlung**, anhand neuer Sondierungen im Herd, erlaubt es, die Effizienz der Desorption vollständig zu beurteilen.

23. November 2017

10. Fachtagung ChloroNet

19

Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!



Maxime Emery

memery@soleo-services.fr

Telefon: +33 4 72 45 46 43

Telefon: +33 6 70 75 09 54

8 ter avenue du Dr Schweitzer

F-69330 Meyzieu



Hélène Demougeot-Renard

helenedemougeotrenard@eode.ch

Telefon: +41 79 671 96 22

7 chemin de Mont-Riant

CH-2000 Neuenburg

23. November 2017

10. Fachtagung ChloroNet

20