

Isotopenanalyse und Grundwasserdatierung zur Beurteilung von CKWs an Altlastenstandorten

Eawag: Christoph Aeppli, Helena Amaral, Michael Berg, Rolf Kipfer
ETH Zürich: Thomas B. Hofstetter, René P. Schwarzenbach
BAFU: Christoph Wenger, Christiane Wermeille, Daniel Rickli

1. Fachtagung ChloroNet, 14. Mai 2008, Allresto Bern



Abteilung Wasserressourcen
und Trinkwasser



Institut für Biogeochemie
und Schadstoffdynamik



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU



Inhalt

Einzelstoff-Isotopenanalyse (CSIA)

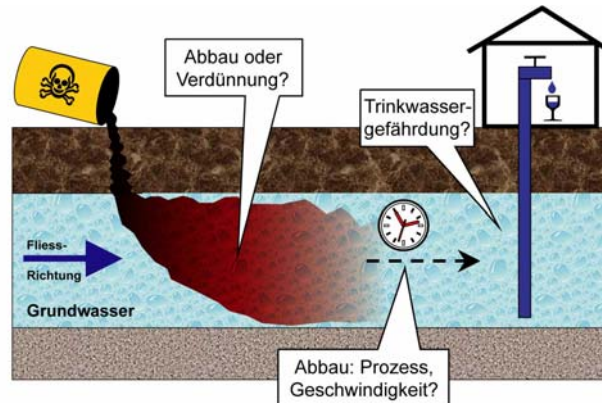
Beurteilung von PCE Altlasten mittels CSIA

Grundwasser Datierung

Fallstudien an 3 Standorten

Potenzial CSIA und Datierung

CSIA zur Altlastenbeurteilung



Strategie

Beurteilung von Abbau → **CSIA**

Zeitskala → **Grundwasser Datierung**

Kombination von CSIA und Datierung

Herkömmliche Praxis

- Konzentrationen → Massenbilanz
- Abbauprodukte → Indikator für Abbau
- Redox Bedingungen im Aquifer

Ergänzende Methoden

- CSIA → Nachweis von *in-situ* Transformationen (unabhängig von Konzentration)
- Grundwasserdatierung → mittlere Strömungsgeschwindigkeit

Kombination von CSIA und Datierung

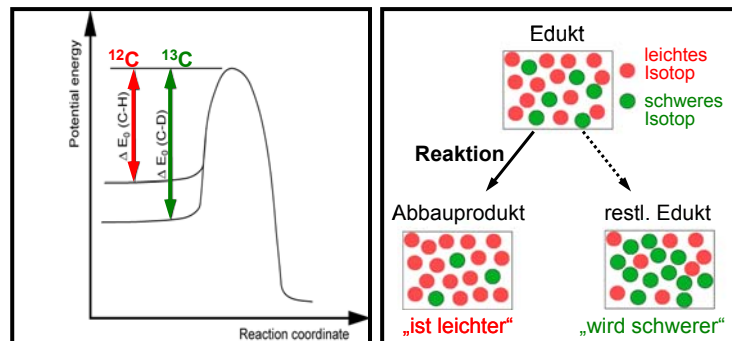
→ Abbau-Raten

Prinzip der Isotopenfraktionierung

Bindungsstärke des leichten Isotops ist schwächer als die des schweren Isotops.

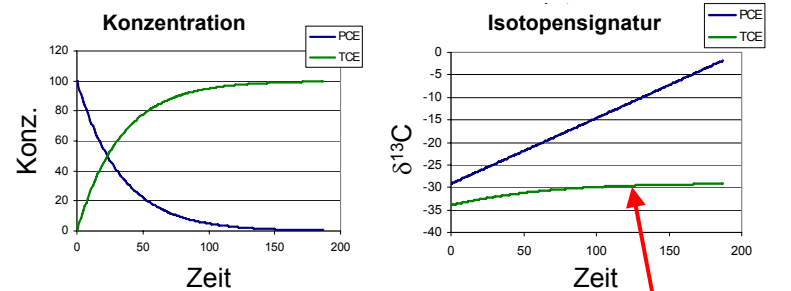
→ leichtes Isotop reagiert schneller

→ schwereres Isotop wird in Edukt angereichert



Nachweis von PCE Abbau

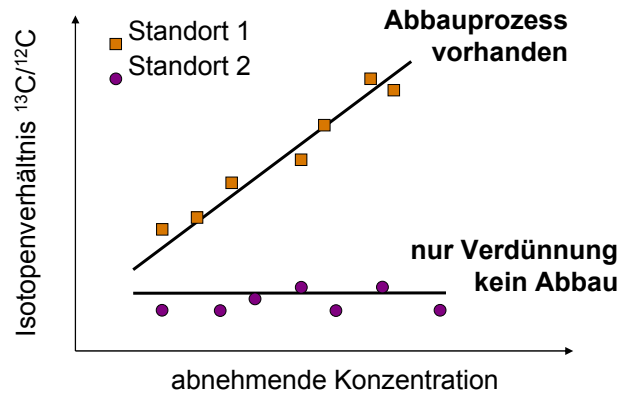
idealer Verlauf für einstufigen Abbau PCE → TCE



Isotopen

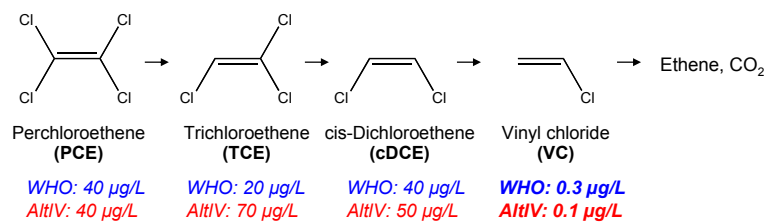
- unabhängig von Konzentration
- Unterscheidung Verdünnung - Abbau
- Quantifizierung des Schadstoffabbaus

Nachweis von Abbau mit CSIA



PCE und Transformationsprodukte

Reduktive Transformation von Perchlorethene (PCE)

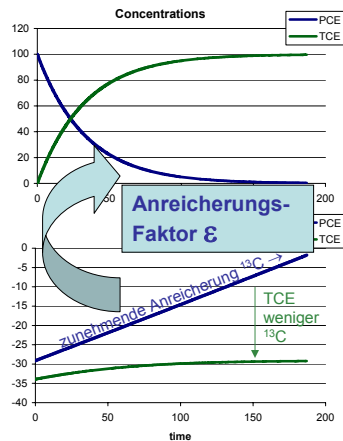


WHO Trinkwasser Richtwerte
Altlasten Verordnung

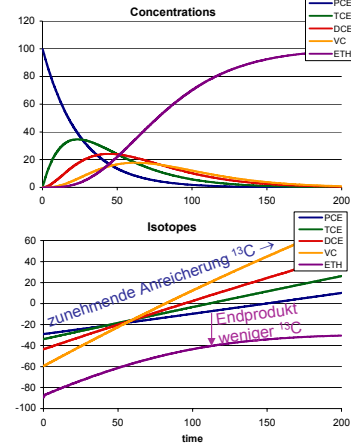
VC sehr toxisch

Transformation von PCE: Modellsituation in einem Batch-Experiment

einstufiger Abbau
PCE → TCE

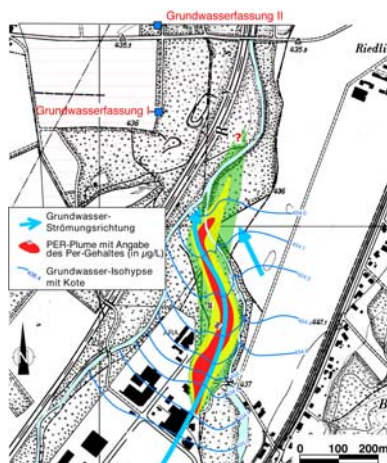


mehrstufiger Abbau
PCE → TCE → cDCE → VC → Eth



Aus ϵ kann Fortschritt des Abbaus quantifiziert werden

Standort 1: kein PCE Abbau



Verwertung von Schlachtabfällen

Entfettung mit PCE von 1963–1983

PCE Verbrauch >5,000 Tonnen

PCE Leckage führte zu Trinkwasserkontamination

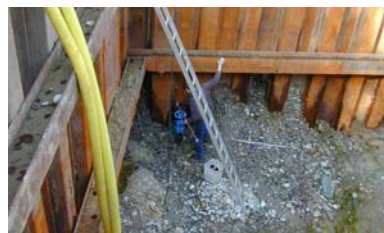
Konzentrationen

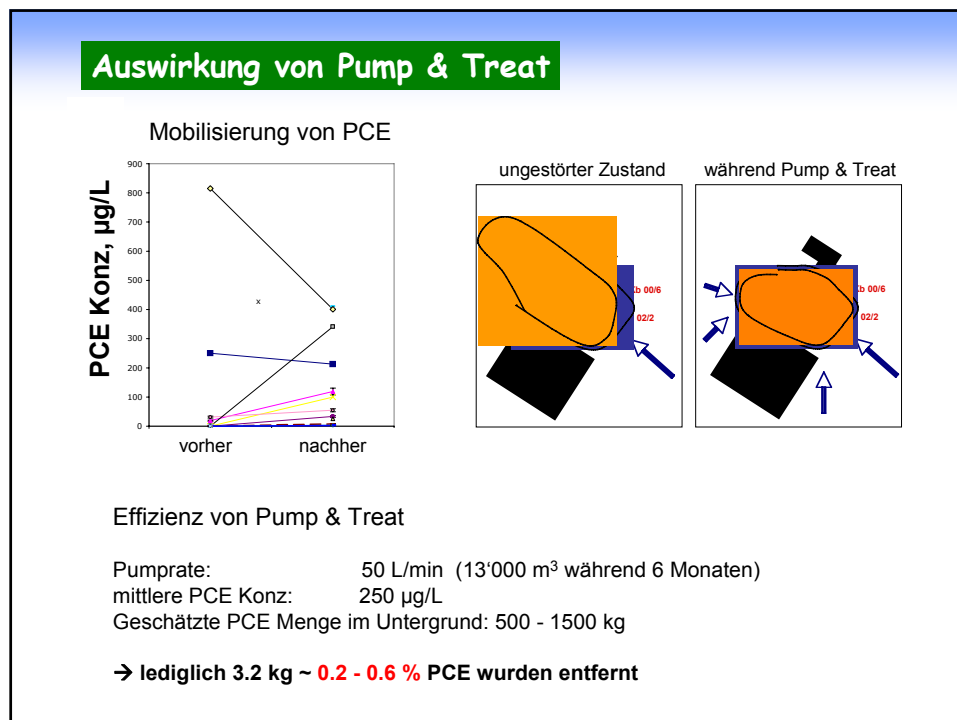
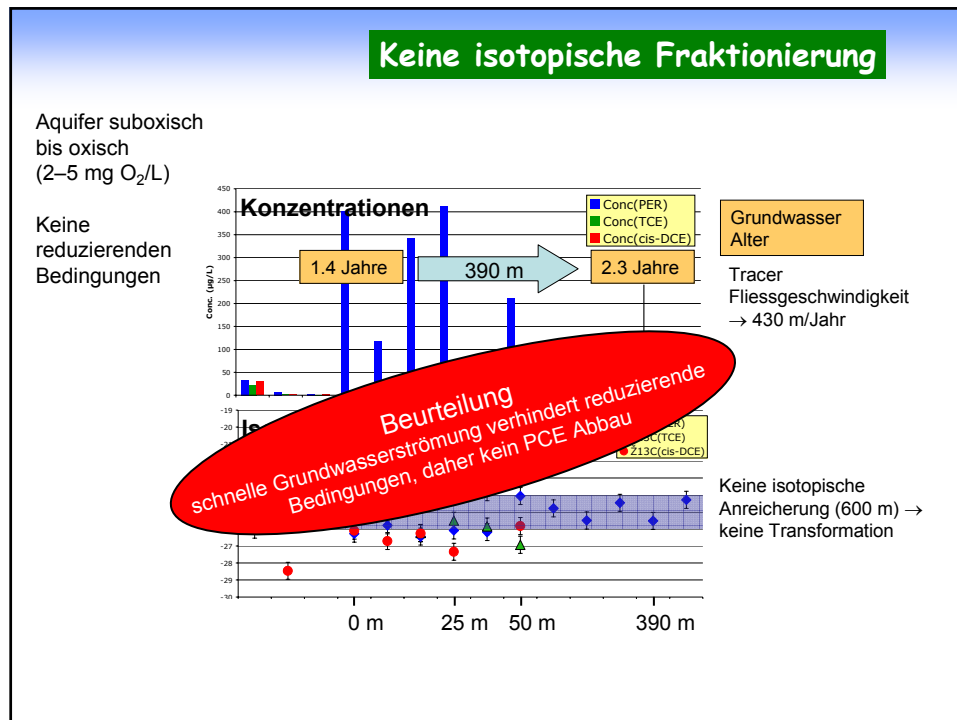
- PCE: >400 µg/L
- TCE und cDCE: bis 30 µg/L

sandiger Aquifer

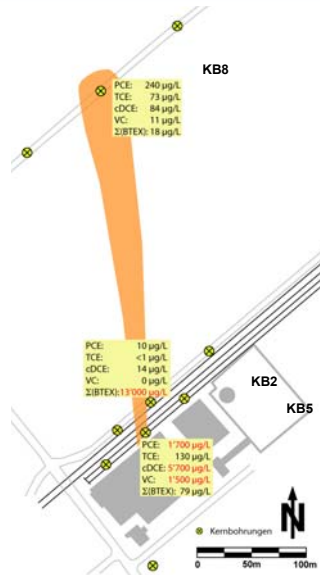
Sanierungsmassnahme (2005):

- Auskoffnung des Schadensherdes (10x12x6m)
- Pump & Treat





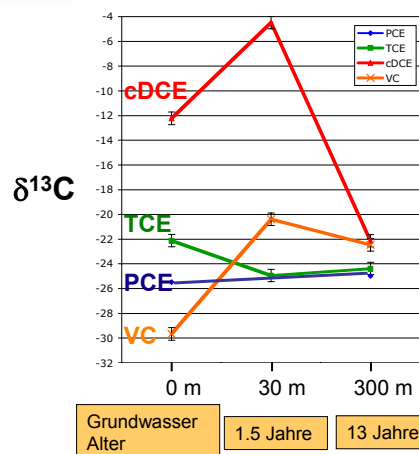
Standort 2: geringer Abbau



- Lösungsmittel Händler (Umschlag von 63'000 Tonne/Jahr)
- schmale Schadstoff-Fahne
- günstige Redox Bedingungen lediglich im Schadstoffherd
- BTEX & CKW im Schadstoffherd



Beurteilung der Abbau-Effizienz



- PCE fraktioniert nach 30 m nicht mehr signifikant
- cDCE & VC: Vermischung mit weniger abgebauten Produkten zwischen 30 und 300 m

Tracer
Fließgeschwindigkeit
→ 25 m/Jahr

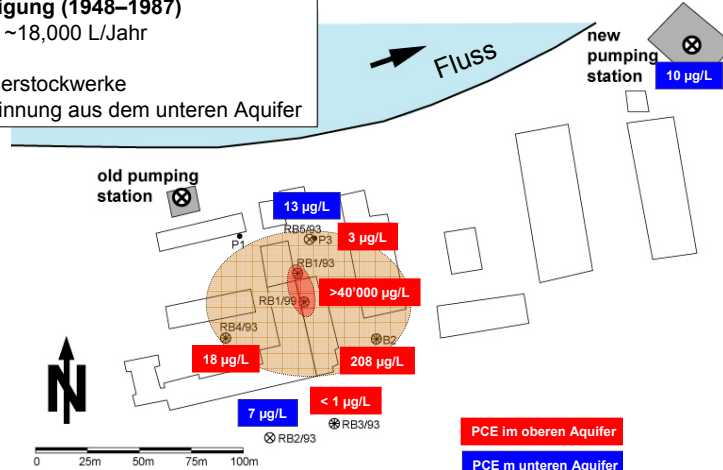
Beurteilung:

- langsame Strömung -> Sanierung benötigt Jahrzehnte, auch bei Quellenstopp
- Abbau vorhanden, jedoch nicht effizient
- mehrere Punktquellen und/oder Eintragsereignisse wahrscheinlich

Site 3: deutlicher Abbau

Chemische Reinigung (1948–1987)

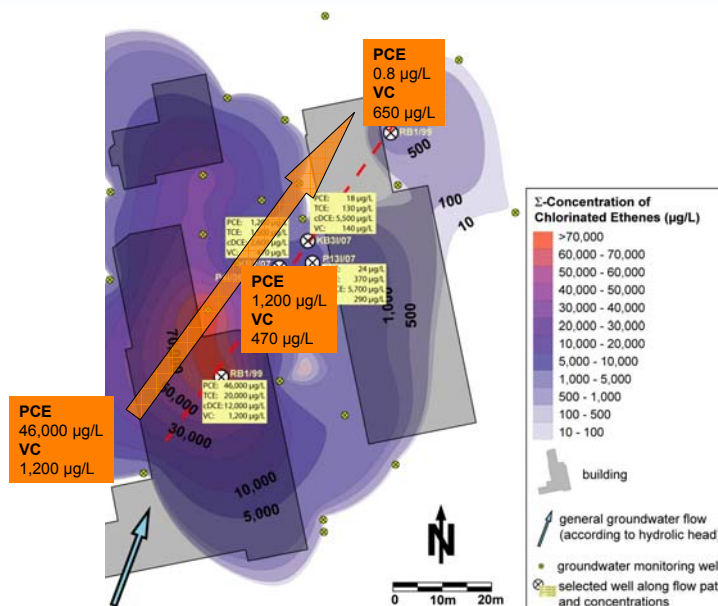
- PCE Verbrauch: ~18,000 L/Jahr
- zwei Grundwasserstockwerke
- Trinkwassergewinnung aus dem unteren Aquifer

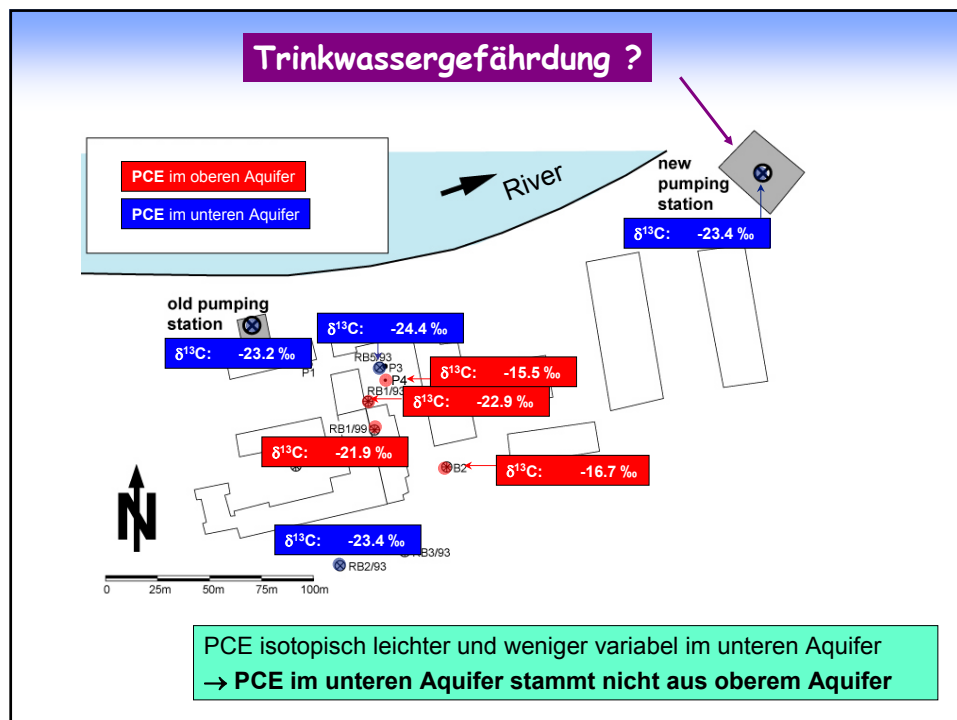
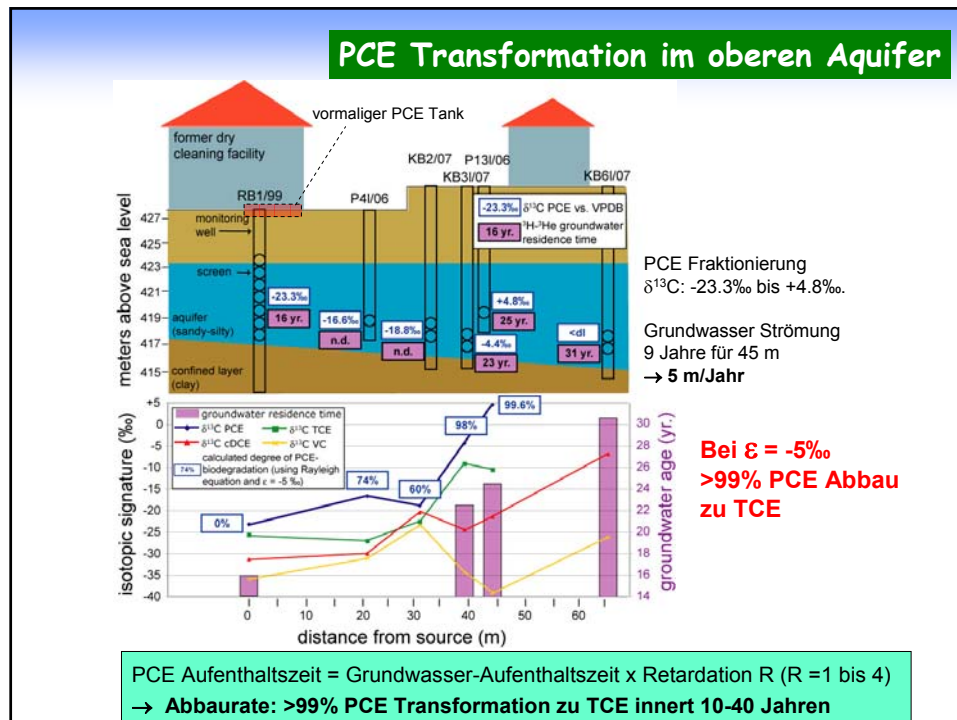


offene Fragen:



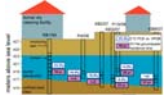
- leckt PCE in den unteren Aquifer → Trinkwassergefährdung ?
- mit welcher Geschwindigkeit wird PCE abgebaut ?

Schadstoffe im oberen Aquifer (Σ CE Konz.)



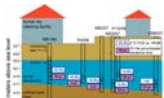




Zusammenfassung Standorte 1-3

	Standort 1 	Standort 2 	Standort 3 
Max. PCE Konz.	410 µg/L	1'700 µg/L	46'000 µg/L
Abbauprodukte (max. Konz.)	TCE (22µg/L) cDCE (30µg/L) (+)	TCE (130 µg/L) cDCE(5'700 µg/L) VC (1'500 µg/L) ++	TCE (20'000 µg/L) cDCE(17'000 µg/L) VC (3'300 µg/L) +++
reduzierende Bedingungen in Schadstoff-Fahne	nein -	wenige Meter +	gesamter oberer Aquifer +++
Grundwasser Tracer Geschwindigkeit	430 m/Jahr +++	25 m/Jahr +	5 m/Jahr (+)

Zusammenfassung Standorte 1-3

	Standort 1 	Standort 2 	Standort 3 
PCE Abbau	kein Abbau -	sehr gering (nur lokal) +	deutlicher Abbau (bis >99% innert 10-40 Jahren) +++
Nutzen CSIA	keine zusätzliche Information von CSIA -	bessere Beurteilung +	Quantifizierung nur mit CSIA möglich +++
Grundwasser Datierung	Tracer Geschwindigkeit	Zeitskala bei Quellenstopp	Abbauraten nur mit CSIA und Datierung möglich

Schlussfolgerungen für CKW Standorte

Potential

CSIA bietet grossen Nutzen an Standorten mit

- einer Punktquelle
- reduzierendem Aquifer
- langsame Grundwasserströmung

Grundwasser Datierung:

- an allen Standorten sehr hilfreich
- ermöglicht die Abschätzung von Abbauraten
- vertieftes Verständnis der Hydrologie

Limitierung CSIA

- Anreicherungsfaktor nicht bekannt (ϵ)



Verdankungen:

BAFU: Finanzierung

Standorte 1-3: viele mitwirkende Personen

Eawag: Eduard Hoehn, Caroline Stengel

ETHZ: Jakov Bolotin

EPFL: Christof Holliger, Pierre Rossi