

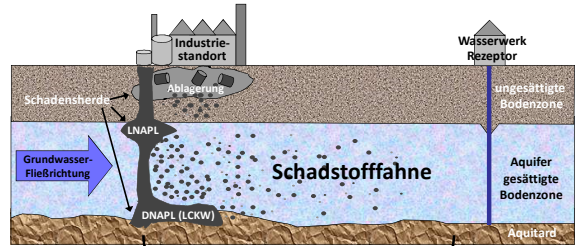
# AEROB-PRODUKTIVER ABBAU VON CHLORETHENEN - EIN NEUER ABBAUWEG AUCH FÜR TCE

6. ÖVA Technologieworkshop, 23.04.2015

Kathrin R. Schmidt, Andreas Tiehm



## NATURAL ATTENUATION (NA)

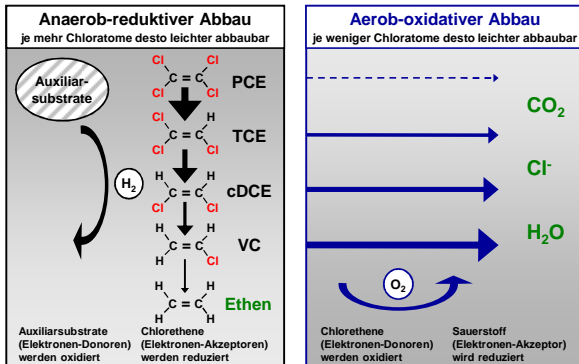


„Natürliche Schadstoffminderungsprozesse sind biologische, chemische und physikalische Prozesse, die ohne menschliches Eingreifen zu einer Verringerung (...) eines Stoffes im Boden oder Grundwasser führen“

→ Der biologische Abbau ist bei vielen Fällen der maßgebende frachtreduzierende Prozess.

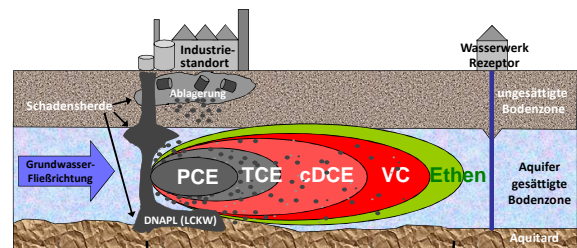


## MIKROBIELLER ABBAU VON CHLORETHENEN



## MIKROBIELLER ABBAU VON CHLORETHENEN

### VOLLSTÄNDIGE ANAEROB-REDUKTIVE DECHLORIERUNG

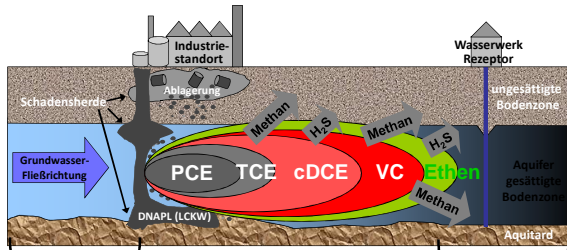


Anaerobe, stark reduzierende Milieubedingungen erforderlich  
Anwesenheit von *Dehalococcoides* sp. erforderlich



## MIKROBIELLER ABBAU VON CHLORETHENEN

### ANAEROB-REDUKTIVE DECHLORIERUNG MIT BEGLEITREAKTIONEN: BILDUNG VON CH<sub>4</sub> UND H<sub>2</sub>S



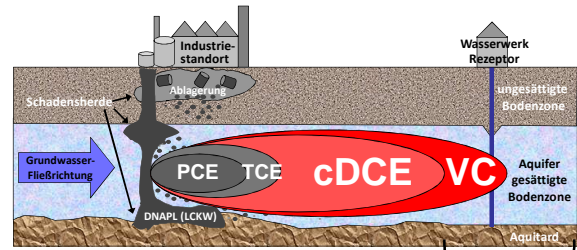
unkontaminiertes oxidiertes Grundwasser

unkontaminiertes stark reduziertes Grundwasser



## MIKROBIELLER ABBAU VON CHLORETHENEN

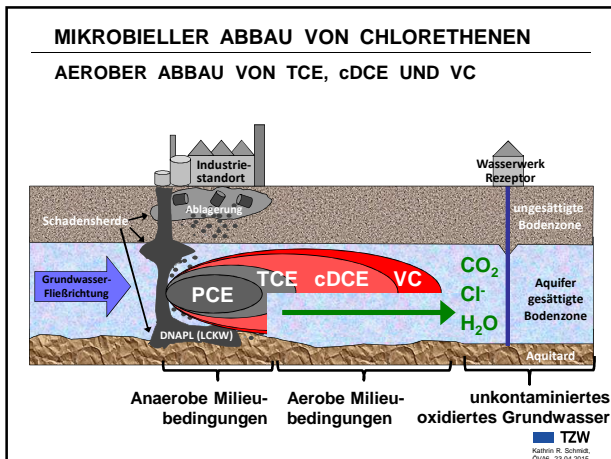
### ANAEROB-REDUKTIVE DECHLORIERUNG MIT AKKUMULATION VON cDCE UND VC



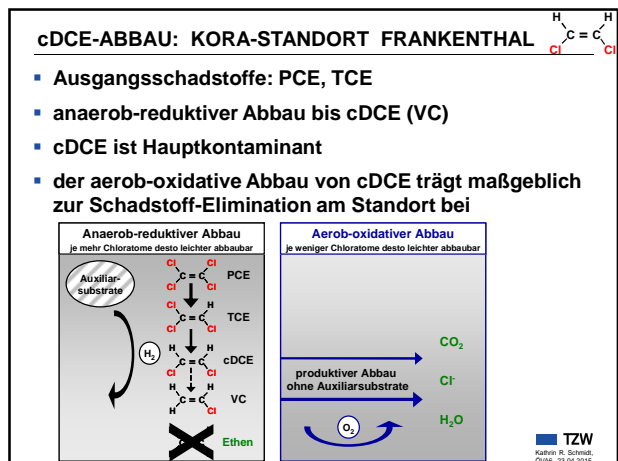
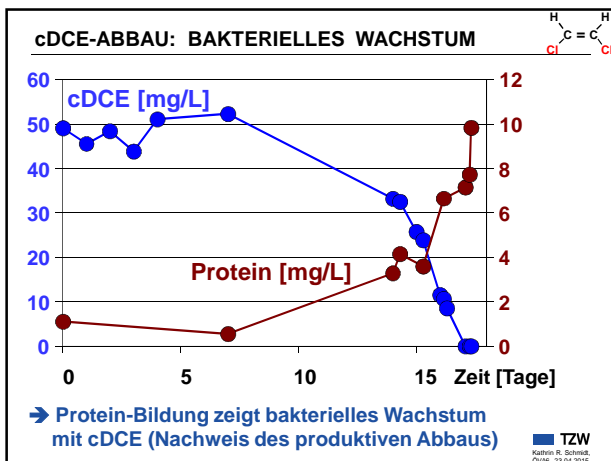
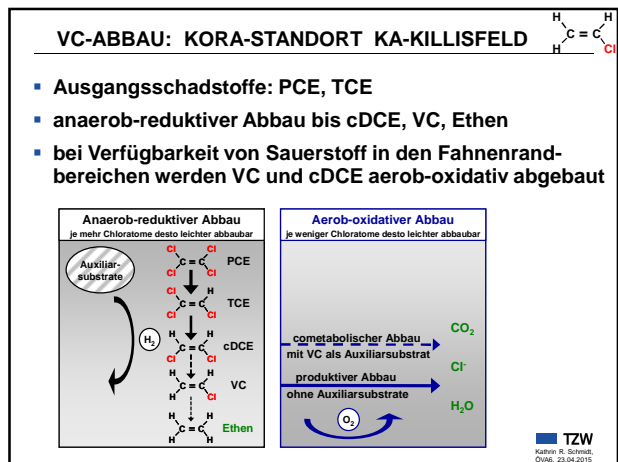
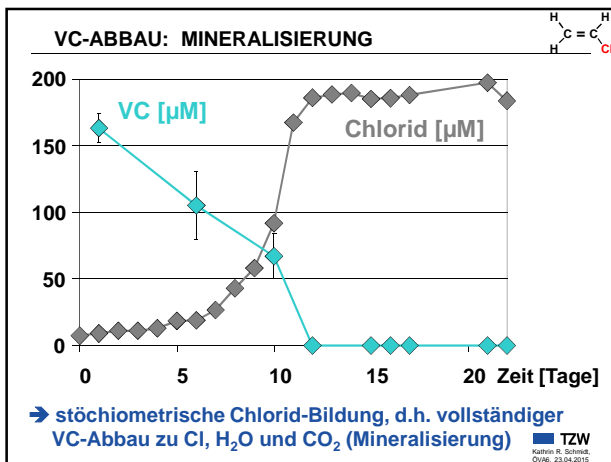
wird oft beobachtet bei  
- nicht ausreichend anaerobem Milieu  
- Abwesenheit von *Dehalococcoides* sp.

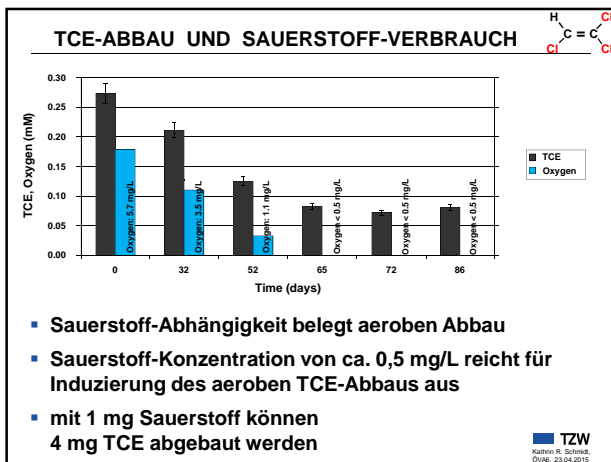
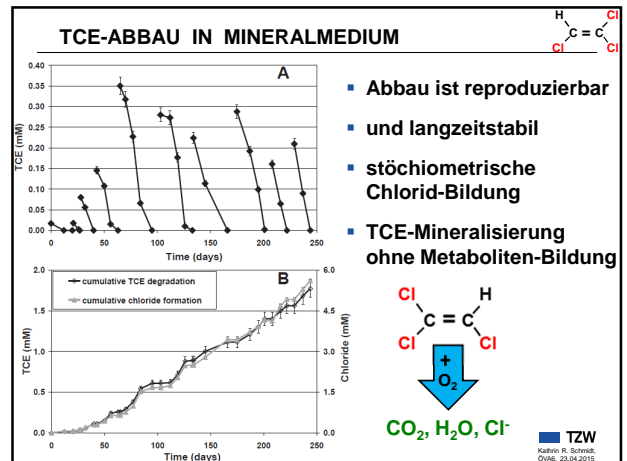
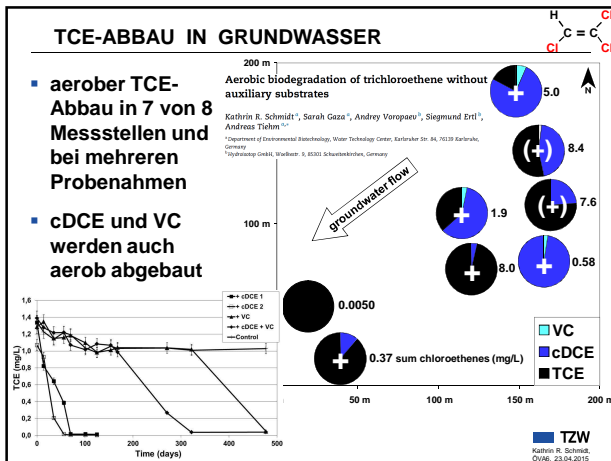
kontaminiertes ggf. reduziertes Grundwasser



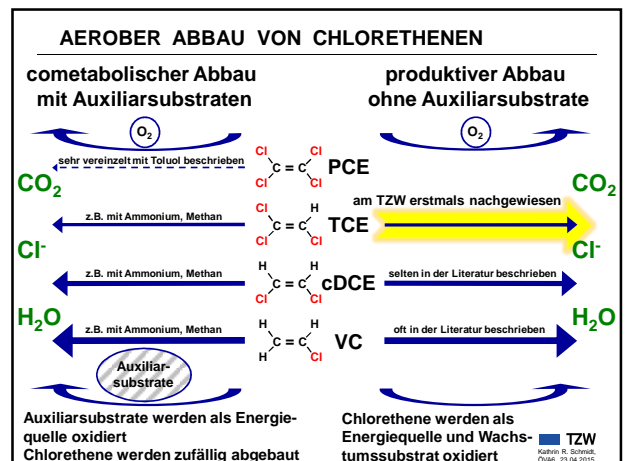
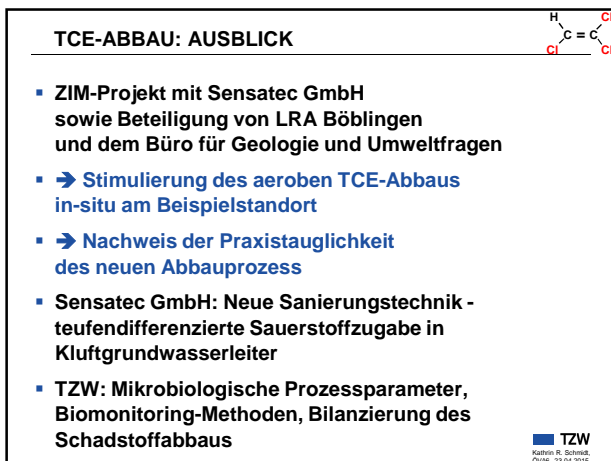
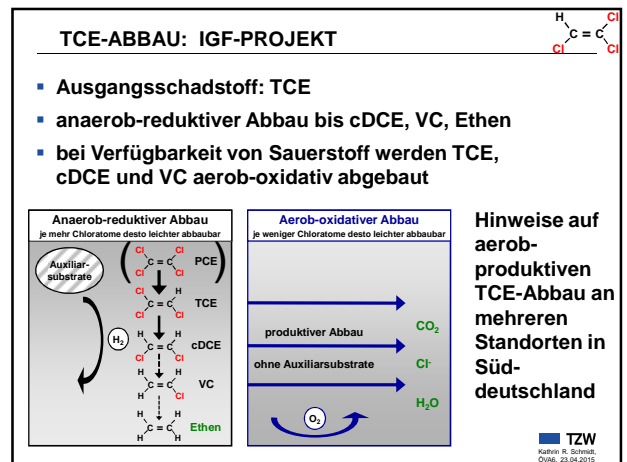


- ### VORTEILE
- #### DES AEROBEN ABBAUS GEGENÜBER DEM ANAEROBEN ABBAU
- keine Bildung stabiler toxischer Metabolite
  - keine reduzierenden Bedingungen erforderlich  
→ kein Bedarf an Auxiliarsubstraten zur Zehrung von Sauerstoff und weiterer alternativer Elektronen-Akzeptoren
  - keine Begleitprozesse wie Sulfat-Reduktion und Methanogenese  
→ keine Verschlechterung der Grundwasserqualität
- TZW  
Kathrin R. Schmidt,  
07/06 - 23.04.2015





- Sauerstoff-Abhängigkeit belegt aeroben Abbau
- Sauerstoff-Konzentration von ca. 0,5 mg/L reicht für Induzierung des aeroben TCE-Abbaus aus
- mit 1 mg Sauerstoff können 4 mg TCE abgebaut werden



### VORTEILE

#### DES PRODUKTIVEN ABBAUS GEGENÜBER DEM COMETABOLISCHEN ABBAU

- kein Bedarf an Auxiliarsubstraten
  - keine zusätzlichen Kosten
  - keine Probleme mit Einmischung etc.
- geringerer Bedarf an Sauerstoff, da keine zusätzliche Sauerstoff-Zehrung durch Auxiliarsubstrate

TZW  
Kathrin R. Schmidt,  
07/06 - 23.04.2015

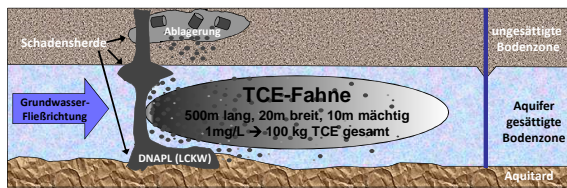
### CHLORETHEN-ABBAU UND SAUERSTOFF-BEDARF



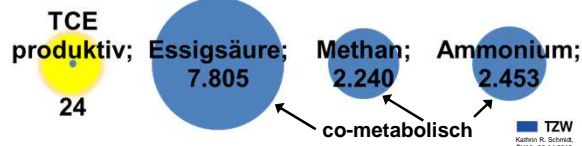
- beim produktiven Abbau kann mit der gleichen Menge Sauerstoff deutlich mehr Chlorethen abgebaut werden als beim cometabolischen Abbau

TZW  
Kathrin R. Schmidt,  
07/06 - 23.04.2015

### CHLORETHEN-ABBAU UND SAUERSTOFF-BEDARF

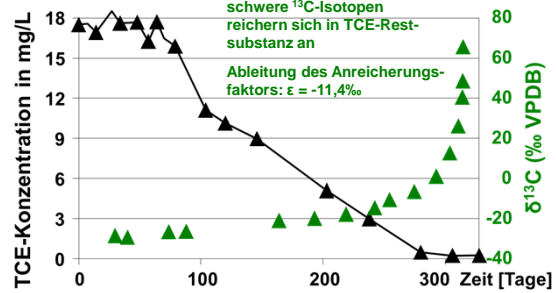


Sauerstoff-Verbrauch (kg) beim Abbau von 100 kg TCE:



TZW  
Kathrin R. Schmidt,  
07/06 - 23.04.2015

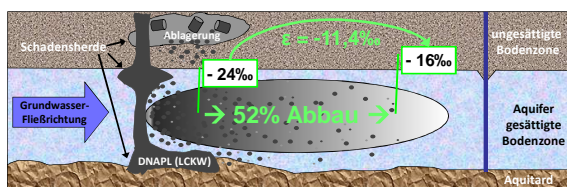
### CHLORETHEN-ABBAU UND ISOTOPENFRAKTIONIERUNG



- TCE-Abbau hinterlässt keine im Feld messbaren Abbauprodukte
- und führt zu signifikanter Isotopenfraktionierung

TZW  
Kathrin R. Schmidt,  
07/06 - 23.04.2015

### QUANTIFIZIERUNG MIT ISOTOPENFRAKTIONIERUNG



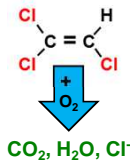
- Quantifizierung des biologischen Abbaus im Feld mit Hilfe des im Labor bestimmten Anreicherungs-faktors
- korrekte Quantifizierung nur mit dem richtigem Anreicherungs-faktor möglich
- je höher die isotopische Anreicherung desto einfacher ist Nachweis und Quantifizierung

TZW  
Kathrin R. Schmidt,  
07/06 - 23.04.2015

FELDEINSATZ: RAND-BEDINGUNGEN	Anaerob-reduktiv	Aerob-cometabolisch	Aerob-produktiv
Milieubedingungen	anaerobe Verhältnisse Organik als Auxiliarsubstrat	aerobe Verhältnisse Organik als Auxiliarsubstrat	aerobe Verhältnisse
Abbau im Feld erkennbar anhand	Bildung und ggf. Akkumulation von cDCE, VC, Ethen	<sup>13</sup> C-Isotopenfraktionierung	<sup>13</sup> C-Isotopenfraktionierung
Begleit- / Konkurrenz-Reaktionen	Nitrat-, Sulfat- und Eisen-Reduktion, Methanogenese	Abbau der Auxiliarsubstrate Abbau weiterer Organik	Abbau weiterer Organik
Nachweis des Bio-Abbaus	PCR Mikrokosmen	Mikrokosmen	MPN (nur VC) Mikrokosmen
Stimulierungsmöglichkeiten (→ ENA)	Dosierung von Organik als Auxiliarsubstrat	Dosierung von Sauerstoff und von Organik als Auxiliarsubstrat	Dosierung von Sauerstoff

## LEISTUNGSFÄHIGKEIT DES AEROBEN ABBAUS

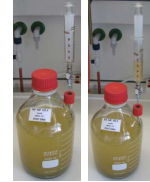
- vollständige Elimination (Mineralisierung) keine Bildung stabiler Abbauprodukte
- reproduzierbar und langzeitstabil
- hohe CKW-Konzentrationen abbaubar
- niedrige Sauerstoff-Konzentrationen ausreichend
- Toleranz gegenüber einem weiten Bereich an Umwelt-Bedingungen (z.B. Temperatur, pH-Werte, Hungerzeiten)
- Bakterien-Wachstum (Protein- und DNA-Bildung)
- [bei Substanz-Gemischen können hemmende Effekte auftreten]



TZW  
Kathrin R. Schmidt,  
02/06 - 23.04.2015

## ZUSAMMENFASSUNG

- → der aerob-produktive Abbau ist eine interessante Sanierungsstrategie für Chlorethen-Altlasten
- der aerobe Abbau von TCE macht anaerobe Abbauschritte bei TCE-Schäden überflüssig
- keine Sauerstoff-Zehrung durch Auxiliarsubstrate wie beim aerob-cometabolischen Abbau
- für die Bestimmung des Standort-spezifischen aeroben Abbaupotentials sind Abbaugesuche in Mikrokosmen geeignet



TZW  
Kathrin R. Schmidt,  
02/06 - 23.04.2015

## DANK

- unseren Zuwendungsgebern z.B. BMBF und BMWi (Fördernummern 02WN0374, 02WN0446 und 16224N) für die finanzielle Förderung
- den Teilnehmenden am Projektbegleitenden Ausschuss für die angeregte Diskussion der Projektergebnisse
- den Projektbeteiligten für die Zusammenarbeit
- unseren KollegInnen am TZW für die Mitarbeit
- Ihnen für Ihre Aufmerksamkeit



Gefördert durch:  
 Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie  
 Bundesministerium für Bildung und Forschung  
 auf Grundlage eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



TZW  
Kathrin R. Schmidt,  
02/06 - 23.04.2015

## → der aerob-produktive Abbau von TCE, cDCE und VC ist eine interessante Sanierungsstrategie

kathrin.schmidt@tzw.de andreas.tiehm@tzw.de

- Gaza S. (2015) Aerob-produktiver Abbau von Chlorethenen: Nachweis eines neuen Abbaupfad für Trichlorethen. Dissertation, Technische Universität Dresden / DVGW-Technologiezentrum Wasser, Karlsruhe. Veröffentlichungen aus dem Technologiezentrum Wasser Karlsruhe (ISSN 1434-5765), Band 66.
- Schmidt K. R., Gaza S., Voropaev A., Ertl S., Tiehm A. (2014) Aerobic biodegradation of trichloroethene without auxiliary substrates. Water Res. 59: 112-118.
- Ertl S., Heidinger M., Sakaguchi-Söder K., Tiehm A., Schmidt K., Kranzloch I., Eichinger F. (2014) Neue Isotopenmethoden - Chlor-, Kohlenstoff- und Wasserstoff-Isotopie bei der Bearbeitung von CKW-Schäden. TerraTech 1: 12-16.
- Schmidt K. R., Tiehm A. (2011) Natural attenuation am Chlorethen-Standort Frankenthal: Bedeutung des sequentiell anaerob-aeroben Bio-Abbaus. altlasten spektrum 05: 212-219.
- Tiehm A., Schmidt K. R. (2011) Sequential anaerobic/aerobic biodegradation of chloroethenes – aspects of field application. Curr. Opin. Biotechnol. 22(3): 415-421.
- Schmidt K. R., Augenstein T., Heidinger M., Ertl S., Tiehm A. (2010) Aerobic biodegradation of cis-1,2-dichloroethene as sole carbon source: Stable carbon isotope fractionation and growth characteristics. Chemosphere 78(5): 527-532.
- Tiehm A., Schmidt K. R., Pfeifer B., Heidinger M., Ertl S. (2008) Growth kinetics and carbon isotope fractionation during aerobic degradation of cis-1,2-dichloroethene and vinyl chloride. Water Res. 42 (10-11): 2431-2438.
- Martin H., Heidinger M., Ertl S., Eichinger L., Tiehm A., Schmidt K., Karch U., Leve J. (2006) <sup>13</sup>C-Isotopenuntersuchungen zur Bestimmung von Natural Attenuation – Abgrenzung und Charakterisierung eines CKW-Schadens am Standort Frankenthal. TerraTech 3-4: 14-17.

TZW  
Kathrin R. Schmidt,  
02/06 - 23.04.2015