

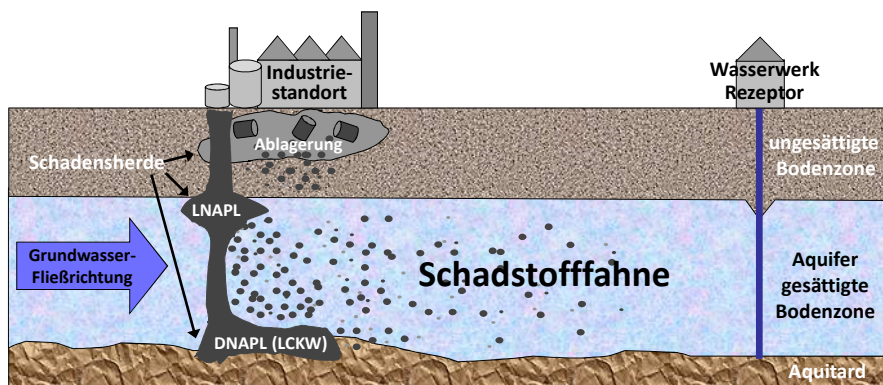
AEROBER BIOLOGISCHER ABBAU VON VINYLCHLORID

8. ChloroForum-Workshop, Bern-Ittigen, 08.03.2017

Dr. Kathrin Schmidt, Prof. Dr. Andreas Tiehm



ÖKOSYSTEMLEISTUNG – NATURAL ATTENUATION (NA)



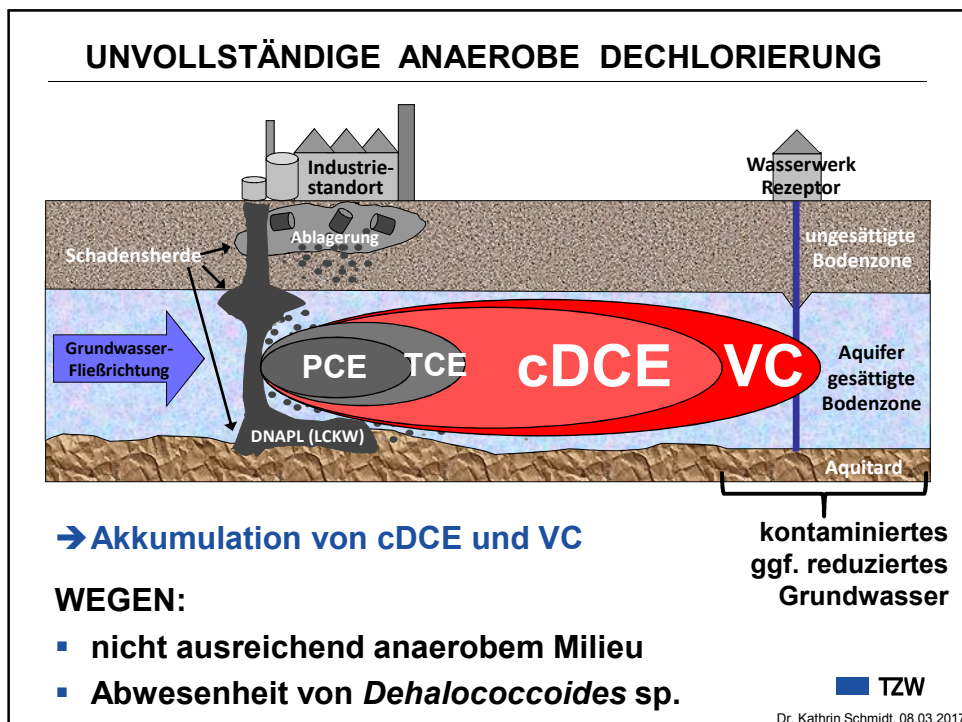
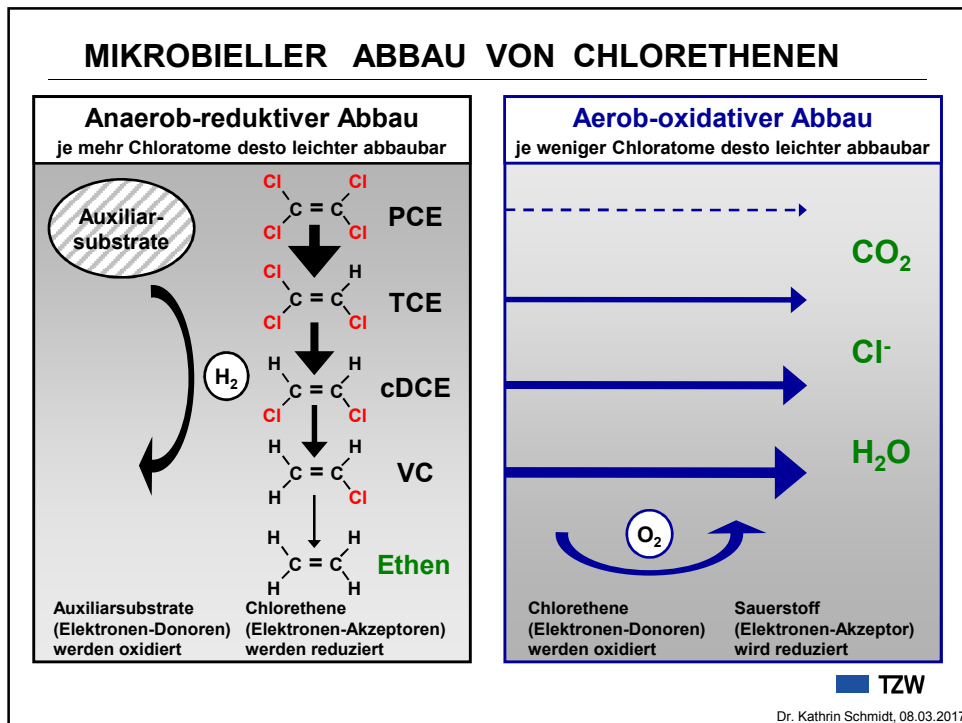
„Natürliche Schadstoffminderungsprozesse sind **biologische**, chemische und physikalische Prozesse, die ohne menschliches Eingreifen zu einer Verringerung (...) eines Stoffes im Boden oder Grundwasser führen“

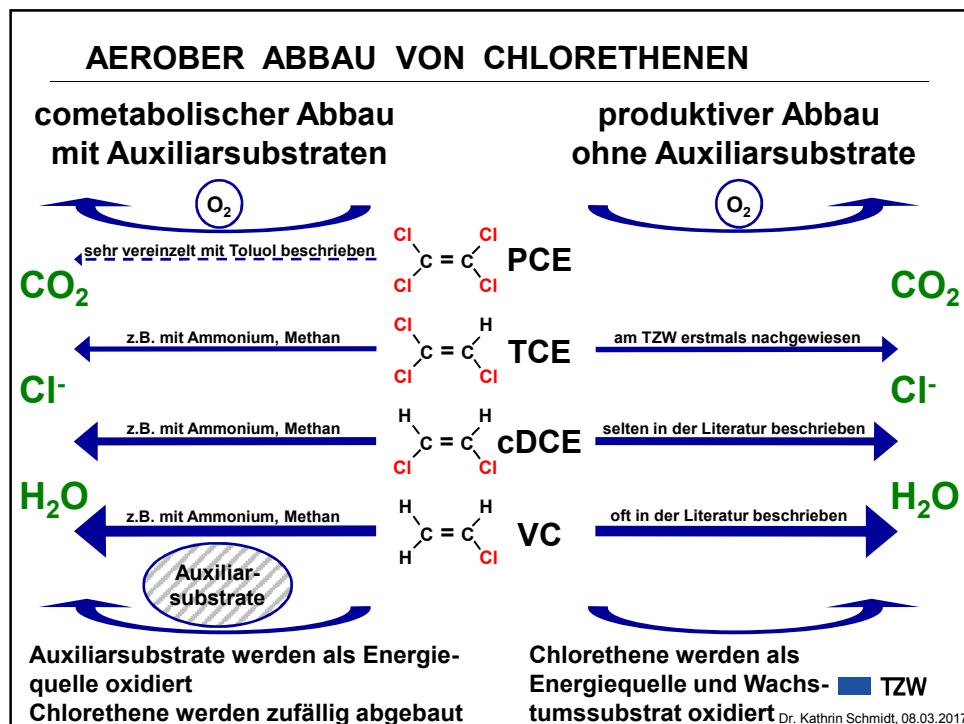
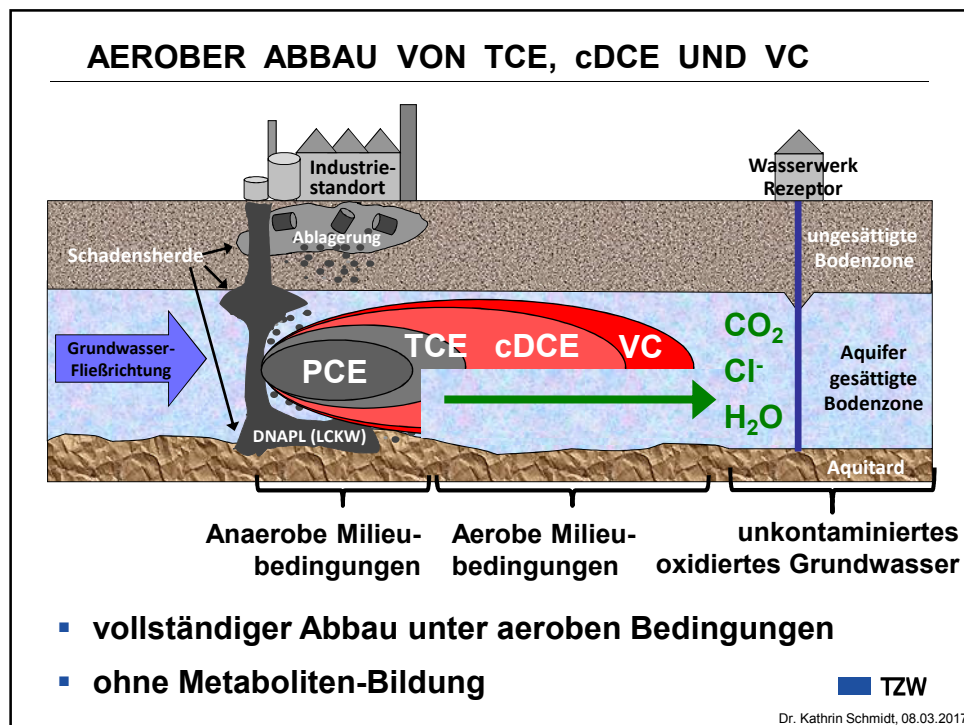
→ **biologischer Abbau ist oft maßgeblich für Frachtreduktion**

→ **biologische Sanierung / Bioremediation**




Dr. Kathrin Schmidt, 08.03.2017



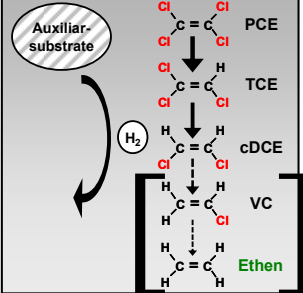


2 STANDORT-BEISPIELE AUS KORA

GEFÖRDELT VOM

 Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

- Ausgangsschadstoffe: PCE, TCE
- Killisfeld: anaerob-reduktiver Abbau bis cDCE, VC, Ethen
- Frankenthal: anaerob-reduktiver Abbau bis cDCE (VC)

Anaerob-reduktiver Abbau
je mehr Chloratome desto leichter abbaubar



Aerob-oxidativer Abbau
je weniger Chloratome desto leichter abbaubar

KILLISFELD

cometabolischer Abbau mit VC als Auxiliarsubstrat → CO₂

produktiver Abbau ohne Auxiliarsubstrate → Cl⁻

O₂


Aerob-oxidativer Abbau
je weniger Chloratome desto leichter abbaubar

FRANKENTHAL

produktiver Abbau ohne Auxiliarsubstrate → CO₂

O₂

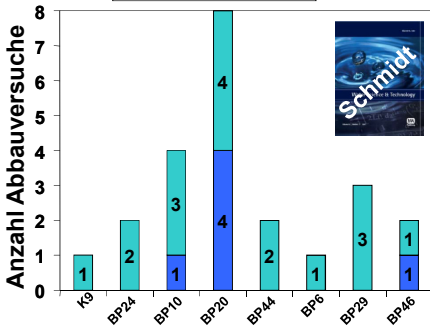
➔ der aerobe Abbau leistet einen wichtigen Beitrag zur Schadstoff-Elimination in-situ



Dr. Kathrin Schmidt, 08.03.2017

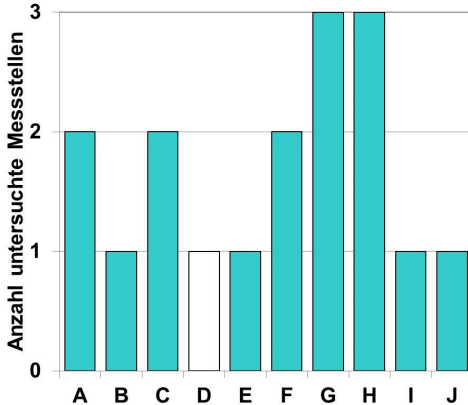
VORKOMMEN

Anzahl Abbauprobversuche



verschiedene Messstellen


Anzahl untersuchte Messstellen



verschiedene Standorte

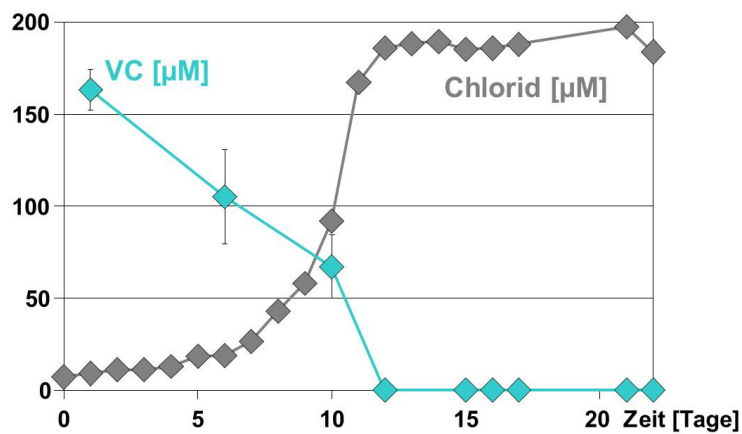
- in Frankenthal zeigten alle untersuchten Messstellen aeroben VC-Abbau
- bei 9 von 10 Standorten zeigten alle untersuchten Messstellen aeroben VC-Abbau

➔ aerober VC-Abbau ist weit verbreitet



Dr. Kathrin Schmidt, 08.03.2017

VOLLSTÄNDIGER ABBAU



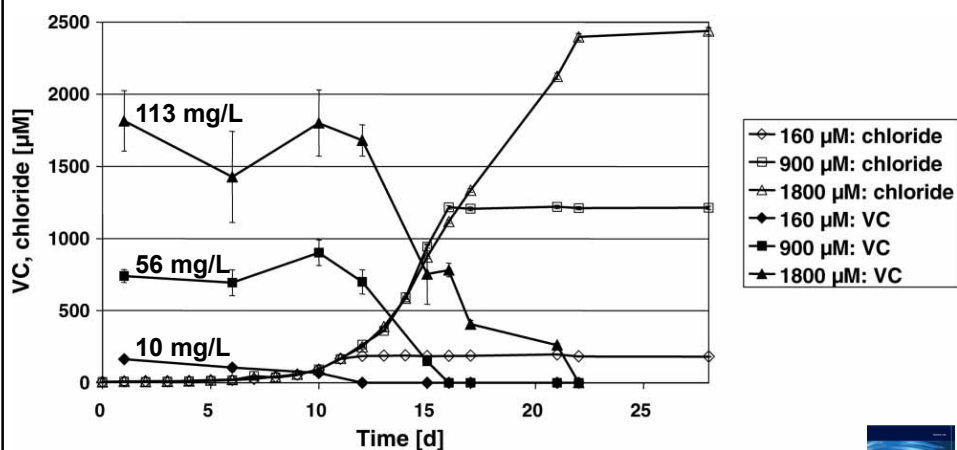
→ stöchiometrische Chlorid-Bildung

→ Mineralisierung zu Chlorid, Wasser und CO₂

TZW

Dr. Kathrin Schmidt, 08.03.2017

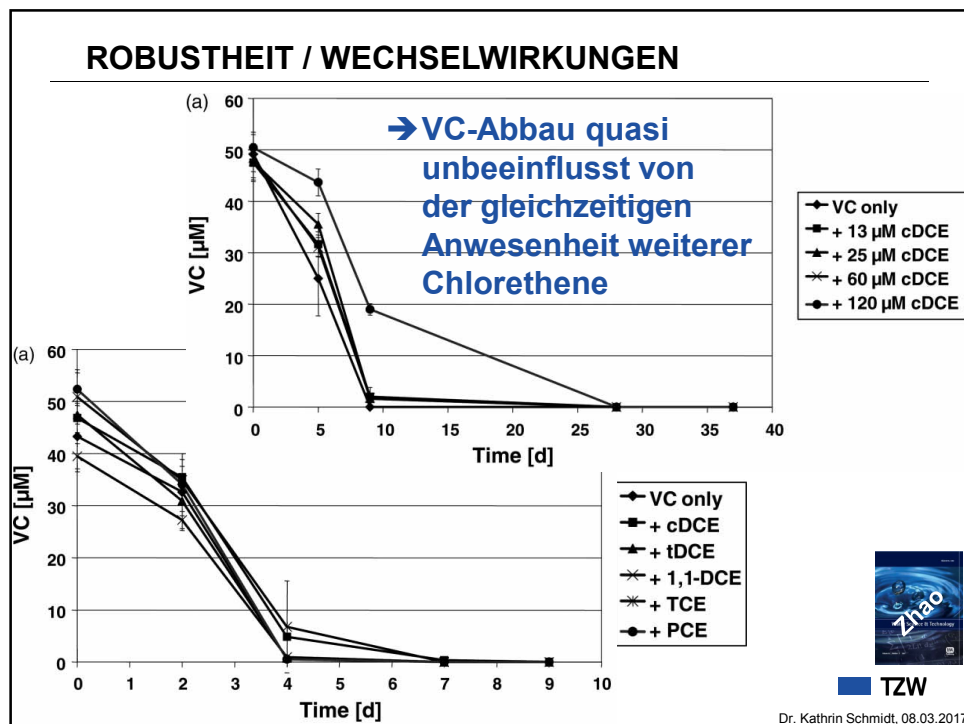
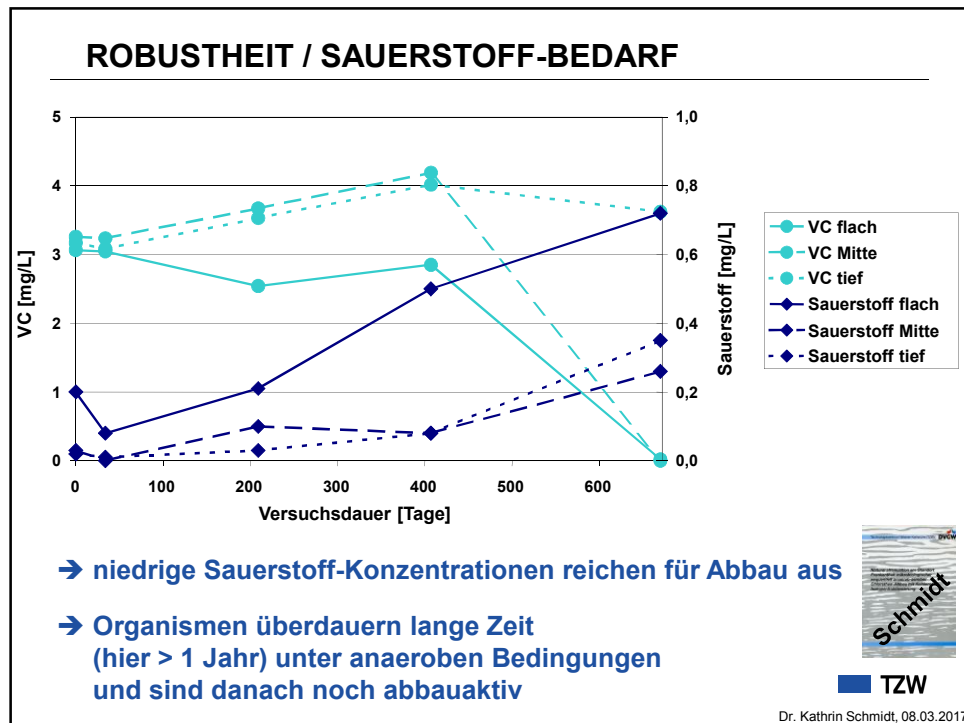
KONZENTRATIONSBEREICH



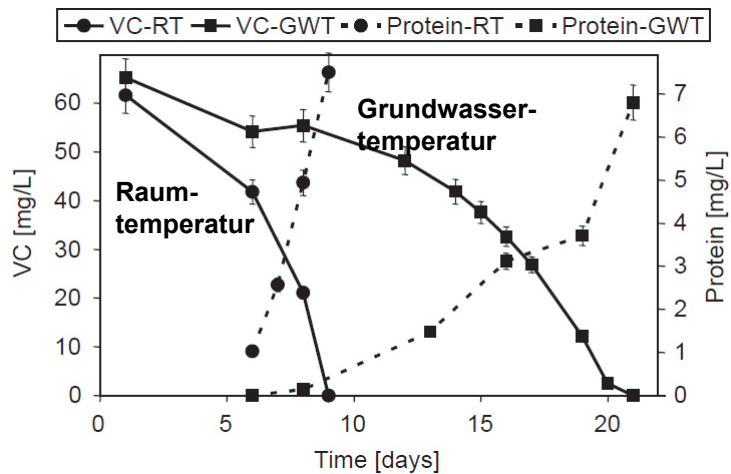
→ über 100 mg/L VC sind gut abbaubar

TZW

Dr. Kathrin Schmidt, 08.03.2017



BAKTERIELLES WACHSTUM



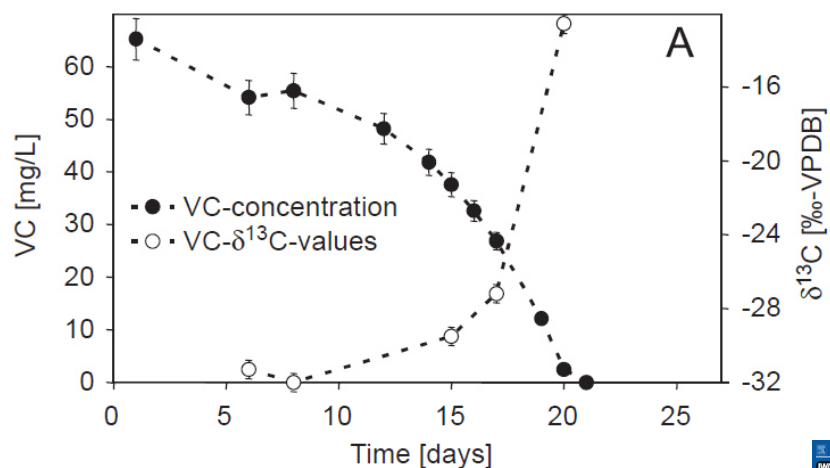
→ produktiver Abbau: VC wird als einziges Substrat (= Kohlenstoffquelle) genutzt und ermöglicht bakterielles Wachstum



TZW

Dr. Kathrin Schmidt, 08.03.2017

ISOTOPEN-FRAKTIONIERUNG



→ signifikante Isotopenfraktionierung ($\epsilon = -6,3 \pm 0,3$) ermöglicht Nachweis und Quantifizierung des aeroben VC-Abbaus im Feld



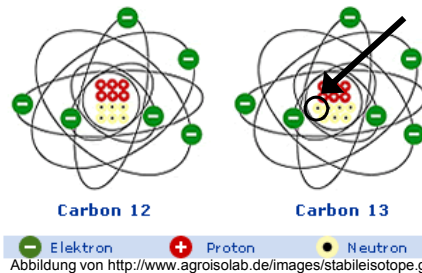
TZW

Dr. Kathrin Schmidt, 08.03.2017

ISOTOPEN-UNTERSUCHUNG

→ Nachweis mikrobiologischer NA-Prozesse am Standort mittels chemischer Analytik

- Quellen- und Verursacherzuordnung
- Quantifizierung des biologischen Abbaus

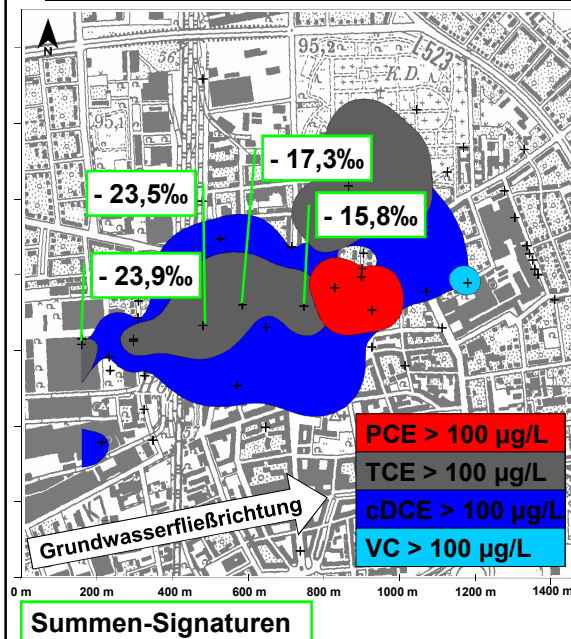


Isotope = Atome desselben Elements mit unterschiedlicher Anzahl an Neutronen, z.B. ^{12}C (leicht) und ^{13}C (schwer), beide stabil, d.h. nicht radioaktiv

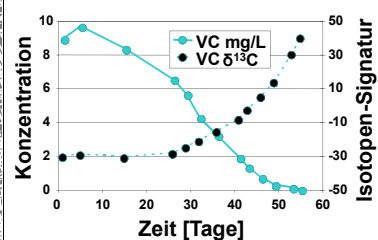
TZW

Dr. Kathrin Schmidt, 08.03.2017

ISOTOPEN: BEISPIEL FRANKENTHAL



■ ^{13}C -Isotopen-anreicherung im Feld



Bestimmung des Anreicherungsfaktors im Abbaueversuch

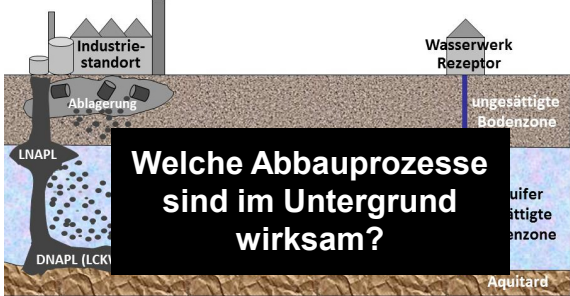
→ Quantifizierung des Abbaus im Feld



TZW

Dr. Kathrin Schmidt, 08.03.2017

NACHWEIS VON BIO-ABBAU / NA IM FELD



!!!

- Isotopen
- Abbauversuche (Mikrokosmen)
- Mikrobiologische Bestandsaufnahme (PCR+MPN)
- Redoxmilieu
- Schadstoffmuster

????????


- welche Schadstoffe werden abgebaut?
- unter welchen Milieubedingungen?
- wie effizient ist der Abbau?
- reicht MNA (monitored NA)?
- Stimulierung/ ENA (enhanced NA) nötig?
- welche Stimulierungs-Optionen gibt es?

TZW
Dr. Kathrin Schmidt, 08.03.2017

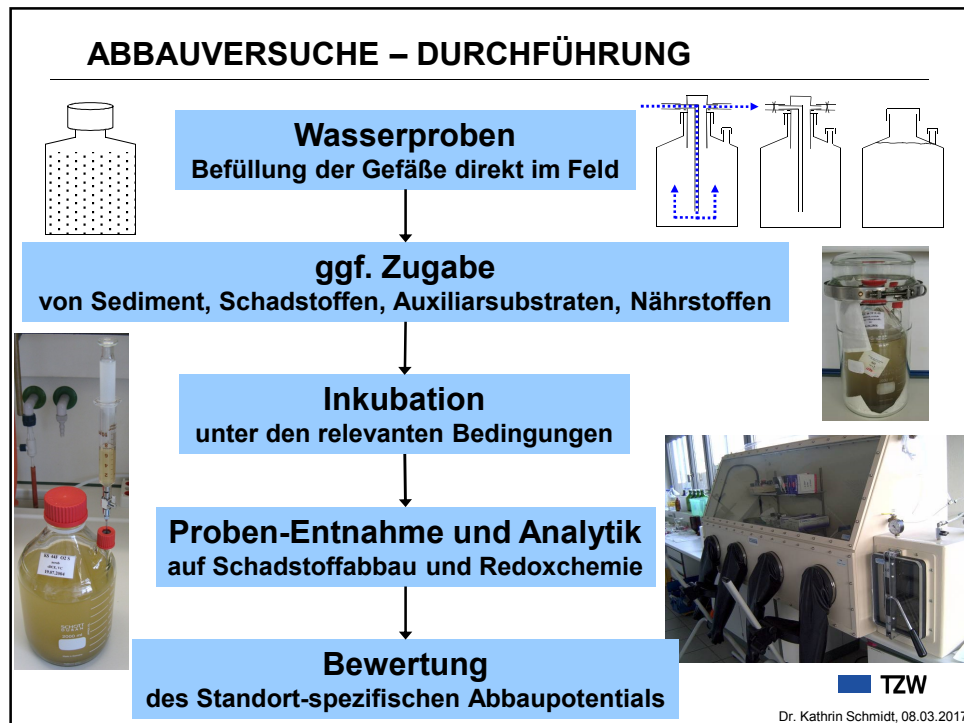
MIKROBIOLOGISCHE ABBAUVERSUCHE

➔ Nachweis am Standort auftretender mikrobiologischer Abbauprozesse

- Standortmaterial (Grundwasser, Sediment)
- Mikrokosmen
- Standort-nahe oder gezielt veränderte Bedingungen
- Untersuchung von Schadstoffabbau und Redoxprozessen



TZW
Dr. Kathrin Schmidt, 08.03.2017



MIKROBIOLOGISCHE BESTANDSAUFNAHME (PCR+MPN)

PCR = Polymerase Chain Reaction



Bakterien/ Enzym-spezifisch;
setzt molekularbiologische
Charakterisierung voraus



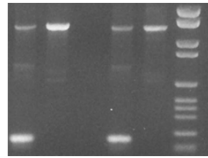
→ Nachweis von DNA
(= Erbgutinformation)

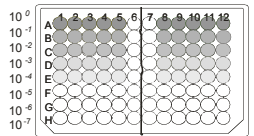
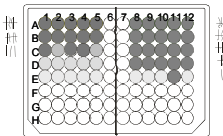
MPN = Most Probable Number

Keimzahl-Bestimmung
(Kulturverfahren)

→ Nachweis des Wachstums von
Mikroorganismen-Gruppen mit
bestimmten Leistungen im Labor

Verdünnungsreihe der Probe → + VC → gewachsene Bakterien

- Verwendung von Feldproben (Grundwasser, Boden)
- Informationen zu Abbaupotential und Redoxmilieu

TZW
Dr. Kathrin Schmidt, 08.03.2017

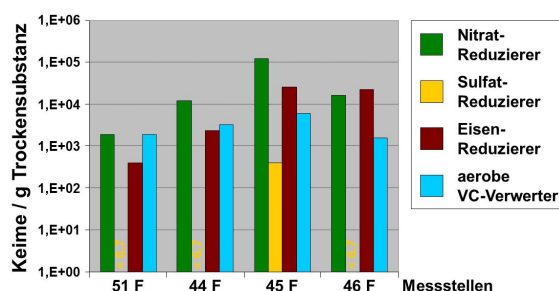
MIKROBIOLOGISCHE BESTANDSAUFNAHME (PCR+MPN)

PCR hat sich in der Praxis für den Nachweis der **anaerob-reduktiven Dechlorierung** sehr bewährt

- Nachweis der Bakterien
Desulfomonile sp.,
Desulfuromonas sp.,
Dehalobacter sp.,
Desulfitobacterium sp.,
Dehalococcoides sp.
- und der Enzyme pceA,
tceA, vcrA, bvcA
- qualitativ und quantitativ

bisher bekannte Enzyme für produktiven aeroben VC-Abbau wenig spezifisch

MPN wird in der Praxis für verschiedene Schadstoff-Verwerter verwendet



→ aerobe VC-Verwerter sind weit verbreitet

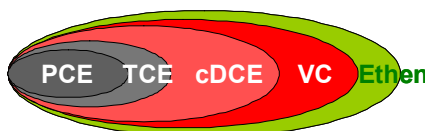
TZW

Dr. Kathrin Schmidt, 08.03.2017

NACHWEIS-METHODEN – ZUSAMMENFASSUNG

Schadstoffmuster

wichtige erste Hinweise, Daten liegen meistens vor



Redoxmilieu

wichtige Randbedingung, Daten liegen oft vor

Aerob/ anaerob

Mikrobiologische Bestandsaufnahme

PCR: schneller Nachweis mikrobieller Potentiale (v.a. anaerob-reduktiv)

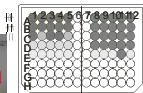
MPN: relativ schneller Nachweis mikrobieller Aktivitäten

Abbauversuche (Mikrokosmen)

liefern umfassende Kenntnisse des Abbauverhaltens

Isotopenfraktionierung

ermöglicht Unterscheidung zwischen Frachtreduktion durch biologischen Abbau und anderen NA-Prozessen sowie Quantifizierung



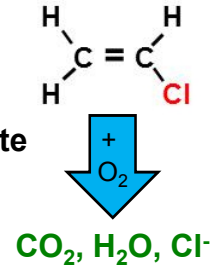
¹²C → Abbau schneller
¹³C → Abbau langsamer

TZW

Dr. Kathrin Schmidt, 08.03.2017

LEISTUNGSFÄHIGKEIT DES AEROBEN VC-ABBAUS

- vollständige Elimination (Mineralisierung)
→ keine Bildung stabiler Abbauprodukte
- benötigt in der Regel keine Auxiliarsubstrate
- hohe Konzentrationen abbaubar
- robust gegenüber Co-Kontaminanten
- niedrige Sauerstoff-Konzentrationen ausreichend
- Toleranz gegenüber einem weiten Bereich an Umwelt-Bedingungen (z.B. Temperatur, pH-Werte, Hungerzeiten)
- Bakterien-Wachstum (Protein-Bildung)
- reproduzierbar und langzeitstabil



TZW

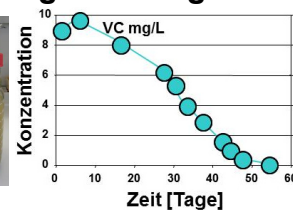
Dr. Kathrin Schmidt, 08.03.2017

AEROBER VC-ABBAU IN DER PRAXIS

- interessant für biologische Sanierungsstrategien
- Anwendung in sequentiellen anaerob-aeroben Verfahren

Ein umfassendes Prozessverständnis der biologischen Abbauvorgänge an einem Standort

- ist für die Anwendung von NA (MNA / ENA) erforderlich
- ermöglicht eine Gefährdungsabschätzung und Prognose
- wird erreicht durch
 - eine abgestufte Vorgehensweise
 - angepasst an die Standort-Bedingungen (Einzelfallbetrachtung)
 - verschiedene Methoden in Kombination (multiple lines of evidence approach)



TZW

Dr. Kathrin Schmidt, 08.03.2017

DANK



- für die finanzielle Förderung
- für die Zusammenarbeit
den ProjektpartnerInnen
- für die Mitarbeit den
KollegInnen am TZW
- Ihnen für Ihre Aufmerksamkeit!



TZW

Dr. Kathrin Schmidt, 08.03.2017

LITERATUR + KONTAKT

kathrin.schmidt@tzw.de; 0721 / 9678-223
andreas.tiehm@tzw.de; 0721 / 9678-137

Müller A., Schäfer W., Wickert F., Tiehm A. (2006) Nachweis und Identifikation von Natural Attenuation Prozessen in einer LCKW-Fahne. altlasten spektrum 6: 301-309.



Martin H., Heidinger M., Ertl S., Eichinger L., Tiehm A., Schmidt K., Karch U., Leve J. (2006) 13C-Isotopenuntersuchungen zur Bestimmung von Natural Attenuation – Abgrenzung und Charakterisierung eines CKW-Schadens am Standort Frankenthal. TerraTech 3-4: 14-17.

Schmidt K. R., Stoll C., Tiehm A. (2006) Evaluation of 16S-PCR detection of Dehalococcoides at two chloroethene-contaminated sites. Wa. Sci. Technol. 6(3): 129-136.



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.

Schmidt K. R., Tiehm A. (2008) Natural attenuation of chloroethenes: identification of sequential reductive/oxidative biodegradation by microcosm studies. Water Sci. Technol. 58(5): 1137-1145.



Schmidt K. R. (2009) Natural attenuation am Standort Frankenthal: mikrobiologischer sequentiell anaerob-aeroben Chlorethen-Abbau mit Kohlenstoff-Isotopenfraktionierung. Dissertation, Technische Universität Dresden / DVGW-Technologiezentrum Wasser, Karlsruhe. Veröffentlichungen aus dem Technologiezentrum Wasser (ISSN 1434-5765), Band 43.



Zhao H.-P., Schmidt K. R., Lohner S., Tiehm A. (2011) Robustness of an aerobic metabolically vinyl chloride degrading bacterial enrichment culture. Water Sci. Technol. 64(9): 1796-1803.

Schmidt K. R. und 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. TZW

Dr. Kathrin Schmidt, 08.03.2017