



# Erkundung und Beurteilung von NA-Prozessen an LCKW- kontaminierten Standorten

Erfahrungen und Ergebnisse aus dem  
KORA Themenverbund 3 & Österreich

Sibylle Grandel, Universität Kiel  
Dietmar Müller, Umweltbundesamt Wien

2. September 2009

2. Fachtagung ChloroNet

## Motivation



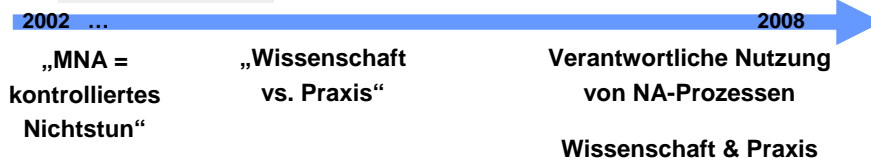
**"eine Reihe von Altlasten können aus ökonomischen oder aber technischen Gründen nicht oder nicht vollständig saniert werden..."**

(BMBF-Ausschreibungstext MNA, 1999)

- ⇒ Ist die kontrollierte Nutzung natürlicher Rückhalt- und Abbauprozesse (MNA) eine ergänzende oder alleinige Alternative zu bisher üblichen Sanierungstechniken?
- ⇒ Wie und unter welchen Voraussetzungen kann MNA bei der Altlastensanierung berücksichtigt werden?



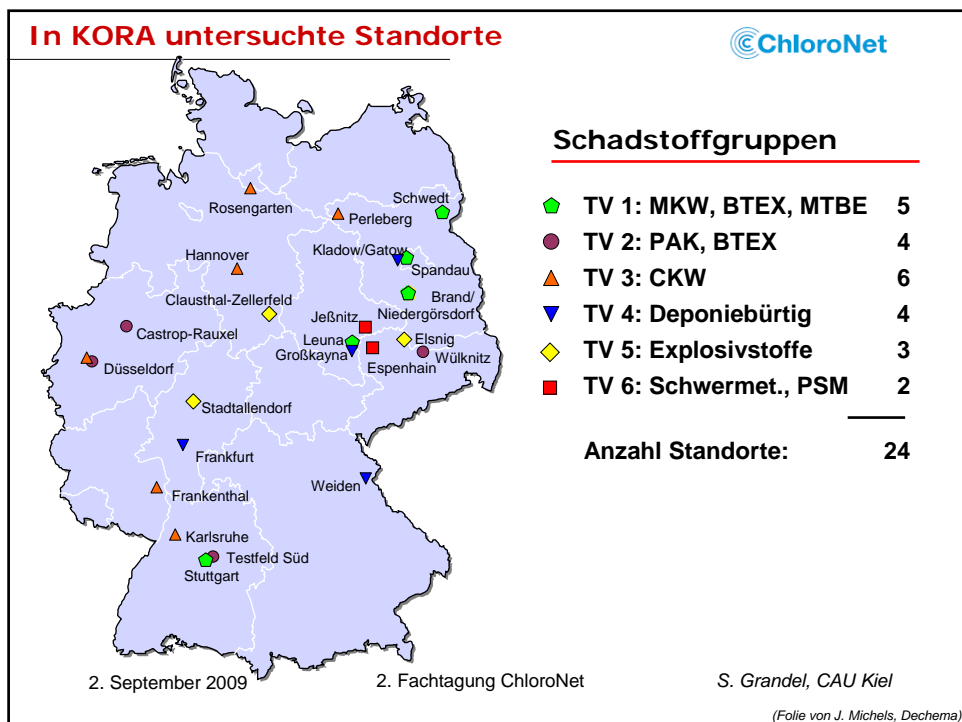
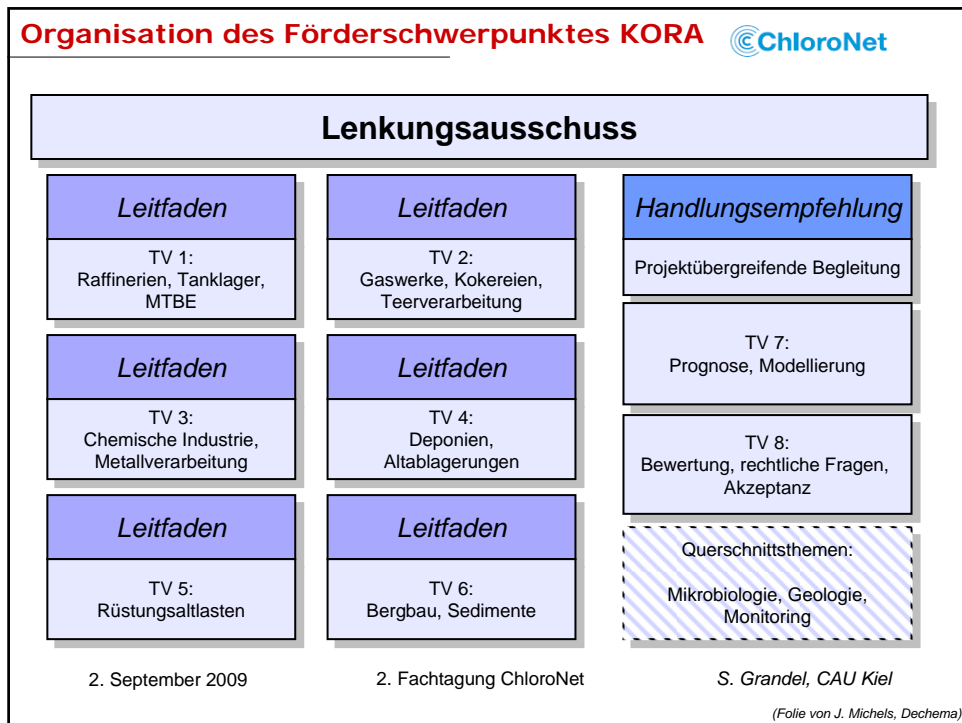
BMBF-Förderschwerpunkt:  
Kontrollierter natürlicher Rückhalt und Abbau von Schadstoffen bei  
der Sanierung kontaminierter Grundwässer und Böden




2. September 2009


2. Fachtagung ChloroNet

S. Grandel, CAU Kiel



**KORA Produkte**






<http://www.natural-attenuation.de>

2. September 2009      2. Fachtagung ChloroNet      S. Grandel, CAU Kiel  
(geänderte Folie von J. Michels, Dechema)

**KORA TV 3 – LCKW kontaminierte Standorte**




**A – GRUNDLAGEN**

- Branchen- und Schadstoffcharakteristik
- Relevante NA-Prozesse bei LCKW-Standorten

**B – EMPFEHLUNGEN ZUR EINZELFALLBEARBEITUNG**

- Voraussetzungen & Prüfkriterien
- Empfehlungen zur systematischen Vorgehensweise
- Untersuchungs- und Beurteilungsmethoden
- ENA unterstützte Maßnahmen

**C - FALLBEISPIELE**

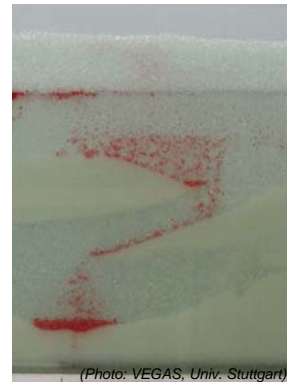


2. September 2009      2. Fachtagung ChloroNet      S. Grandel, CAU Kiel

## LCKW-Schadenscharakteristik



- *Komplexe Quellenarchitektur*
- *Zeitskala zur Auflösung von LCKW-Phase* unter natürlichen Grundwasserbedingungen: Jahre (Blobs) bis Jahrhunderte (Pools)
- *Typische Fahnenlängen*  
in der Regel < 2 km, mehrere km sind möglich
- *Stoffspektrum*  
nur ca. 20 relevante Einzelsubstanzen, mit Standardanalytik nachweisbar
- Gute *natürliche Abbaubarkeit* nur unter bestimmten Milieubedingungen



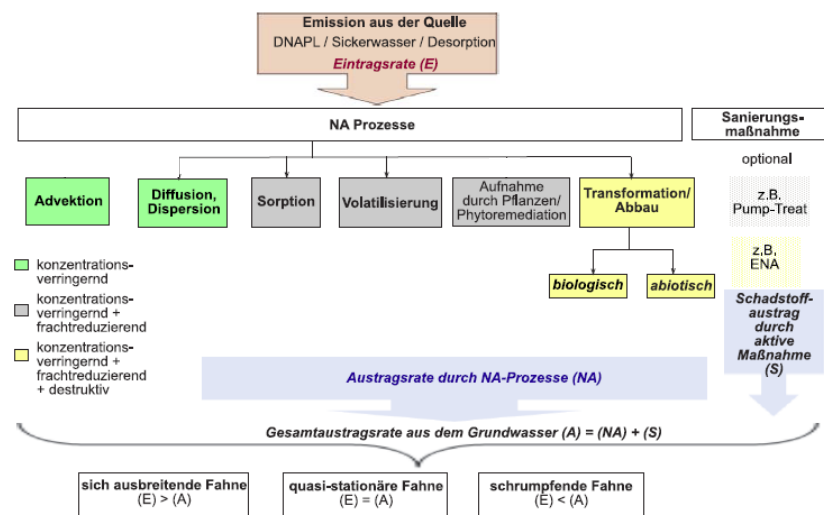
(Grafik aus Deutsch & Rügner 1999)

2. September 2009

2. Fachtagung ChloroNet

S. Grandel, CAU Kiel

## LCKW relevante Schadstoffminderungsprozesse

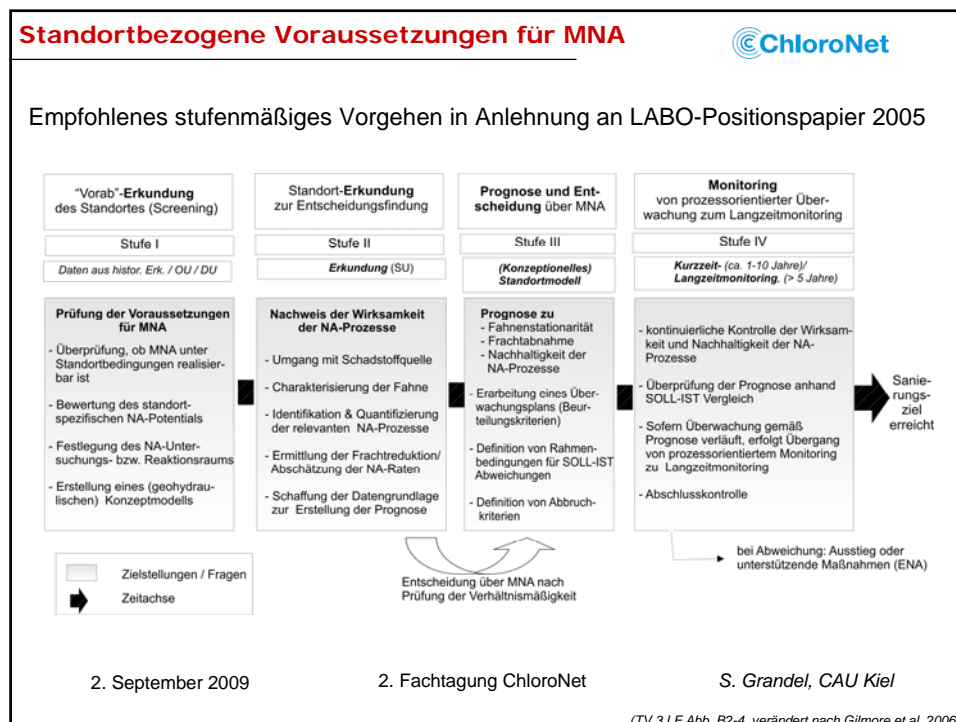
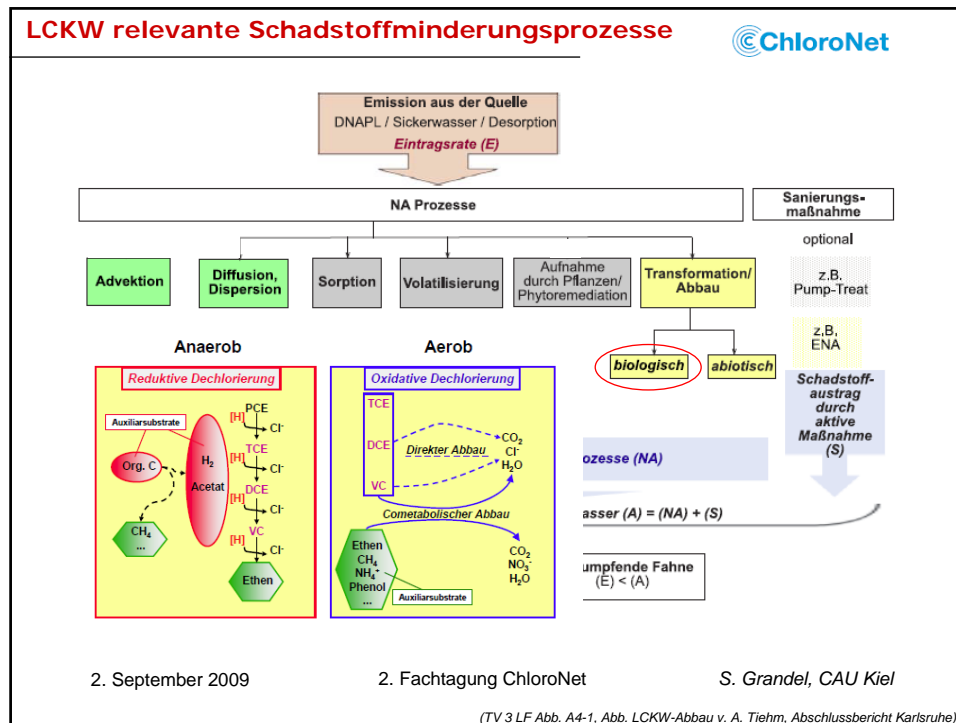


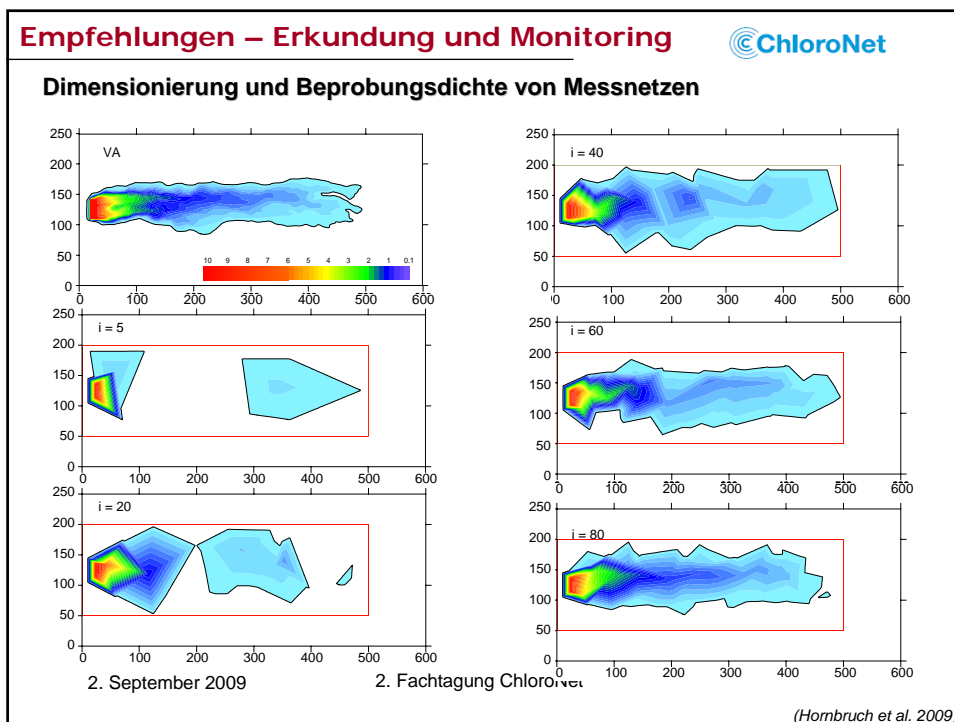
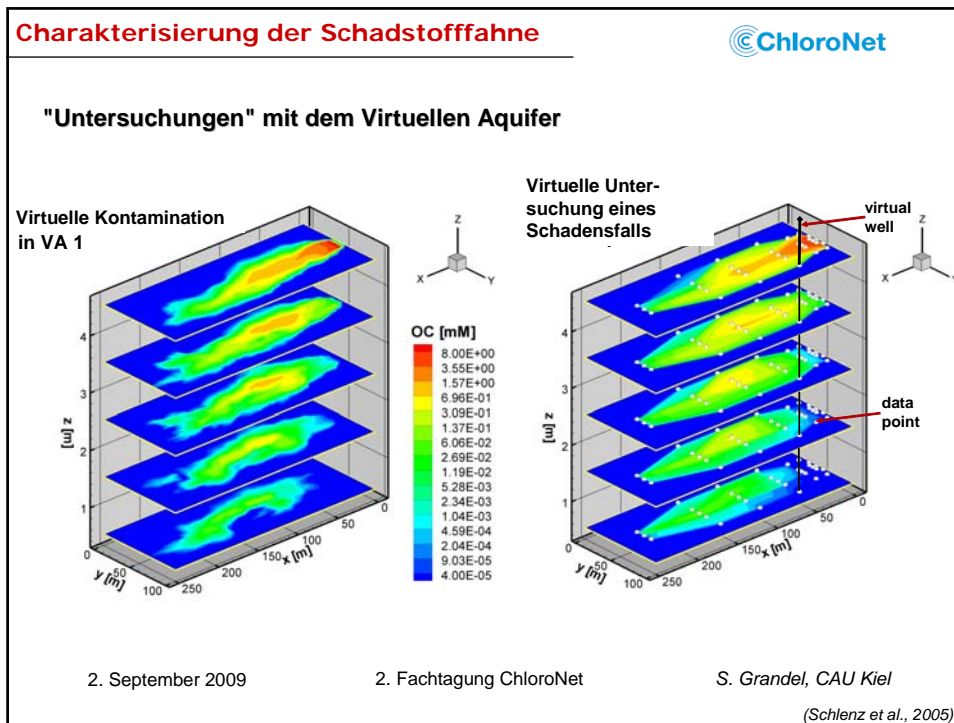
2. September 2009

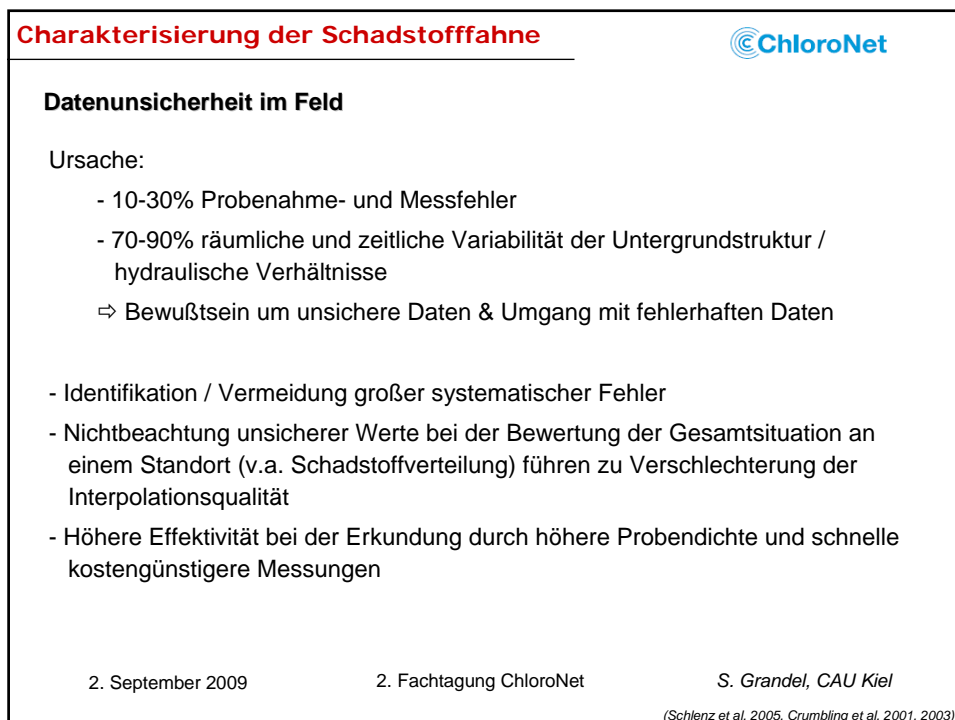
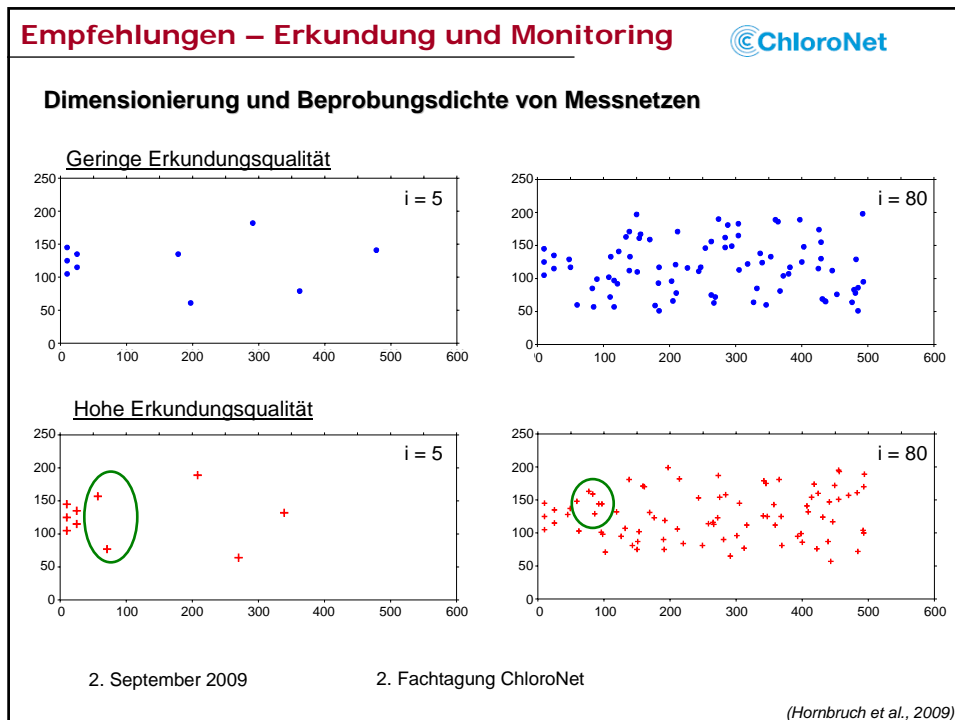
2. Fachtagung ChloroNet

S. Grandel, CAU Kiel

(TV 3 LF Abb. A4-1, Abb. LCKW-Abbau v. A. Tiehm, Abschlussbericht Karlsruhe)



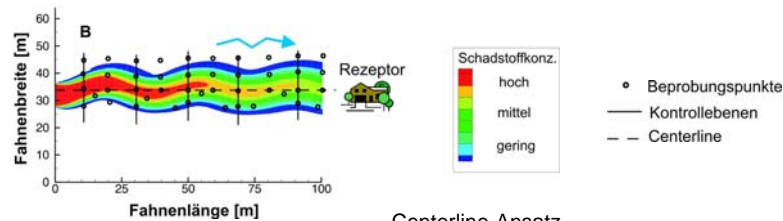




## Charakterisierung der Schadstofffahne



### Dimensionierung und Beprobungsdichte von Messnetzen



- Geringste Messpunktabstände dort, wo größter Gradient für Konzentrationsverteilung erwartet wird (= Quellbereich)
- Höhere Dichte von Messstellen im Quellbereich verringert häufig Unsicherheiten bei Fahnen erkundung

#### - Centerline-Ansatz

- Problematik den Stromfaden zu lokalisieren, wenn räumliche Schwankungen im Fließfeld  
⇒ Kontrollebenenansatz wichtig!

#### - Tiefendifferenzierte Beprobung erforderlich

- Ausrichtung an stratigraphischen Intervallen
- möglichst gleich lange Filterstrecken einrichten (Massenflussberechnung)

#### - Kontinuierliche (Weiter-)Entwicklung des Standortmodells / graphische Darstellungen

2. September 2009

2. Fachtagung ChloroNet

S. Grandel, CAU Kiel

(French et al. 2000, Hudak et al. 1993, Schlenz et al. 2005, Hornbruch et al. eing., U.S. EPA 2004)

## Identifikation/Quantifizierung der NA-Prozesse



### Parameter für Bewertung der NA-Prozesse



(TV 3 LF Abb. B3-1)



## Identifikation/Quantifizierung der NA-Prozesse



### Parameter für Bewertung der NA-Prozesse



⇒ Kenntnisse über Transport- und Strömungsverhältnisse sind unerlässlich für Prozessbeurteilung an einem Standort

- Verteilung der Schadstoffe im Untergrund
- Zufuhr von wesentlichen Reaktionspartnern

#### Untersuchungsmethoden:

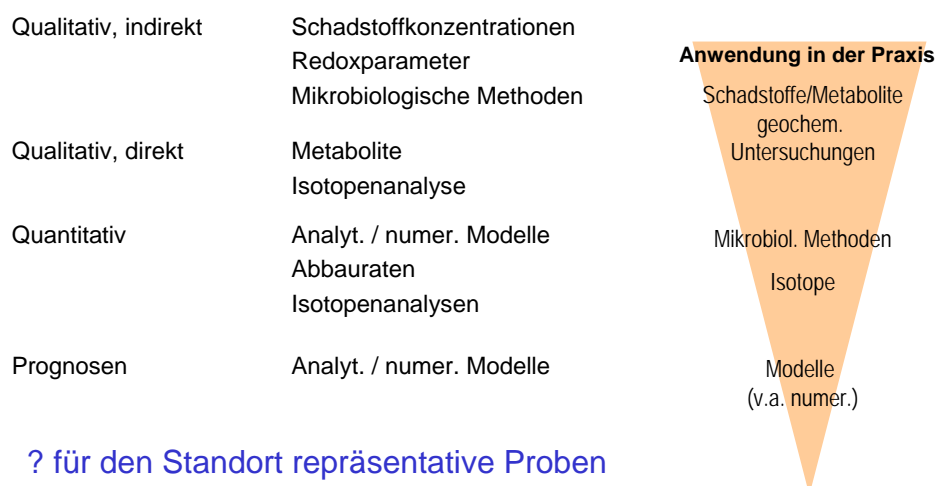
- Bohrungen / Direct-Push (Ansprache von Bohrkernmaterial, DP-Sondierungen)
- Bohrlochgeophysik
- Pumpversuche, Slug-Tests, Tracertests
- .....

(TV 3 LF Abb. B3-1)

## Identifikation/Quantifizierung der NA-Prozesse



### Methoden zur Prozessidentifikation & Quantifizierung



? für den Standort repräsentative Proben

2. September 2009

2. Fachtagung ChloroNet

S. Grandel, CAU Kiel

### Fallbeispiele



- **Historische Nutzung:**

Chem. Industrie, Metallverarbeitende Betriebe,  
Chem. Reinigung, Tanklager

- **Nutzungsdauer:**

30 – 80 Jahre (Nutzungsende ~1990)

- **Fahnenausdehnungen:**

horizontal: 900 – 4400m (Länge)

300 – 900m (Breite)

vertikal: 5-30m (5 Standorte), > 70m (Rosengarten)

- **Aquifertypen:**

nur Lockergesteinsaquifere:

Sande und Kiese Norddeutschlands  
sowie des Nieder- und Oberrheins



2. September 2009

2. Fachtagung ChloroNet

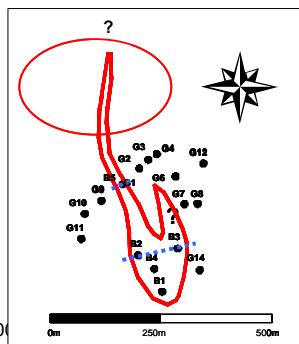
S. Grandel, CAU Kiel

### Fallbeispiele - Sachverhalt



#### Rosengarten

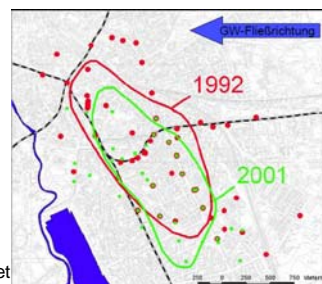
- ~ 30a bis 1985: chemische Reinigung
- Grundwasserflurabstand 30-35m, Aquifermächtigkeit > 230m
- enge Wohnbebauung, stark hügelige Topographie
- in 300 m Entfernung abstromig beginnt ein Wasserschutzgebiet (die Förderbrunnen liegen 2,5 km entfernt vom Schadensherd)



2. September 2009

#### Hannover-Südstadt

- ~ 40a bis 1985: chem. Industrie,
- Flurabstand 4-6m, Aquifermächtigkeit 15-20m
- enge Wohnbebauung, Rinnenstrukturen
- gesicherte Primärquelle: Brachfläche; Schadstofffahne liegt unter der Innenstadt



ChloroNet

**Fallbeispiele – Erkundung / NA-Prozesse****Rosengarten**

Bodenluft, Quelle, Fahne

- Boden-Luft-Absaugpegel
- Direct-push-Sondierungen (25)
- Konventionelle GWMS (4)
- Multi-level-Probennahmesysteme
- v.a. Kontrollebenen
- Immissionspumpversuche
- Massenflussermittlung
- Isotopenmessungen, Isotopen-Massenbilanzen
- Analytische Abschätzung des Schadstoffaustrages aus der Quelle
- 3-D Strömungsmodell (8 x 10 km)
- Numerisches regionales Schadstofftransportmodell

**Hannover-Südstadt**

Fahne

- Direct-Push-Sondierungen (16 für Detailerkundung d. Rinnenstruktur)
- Konventionelle GWMS, Messstellenbündel, -gruppen (61)
- flächenhaft + Centerline
- Festphasen- / Sorptionsuntersuchungen
- Isotopenmessungen
- Mikrobiol. Messungen
- Hydrogeol. Modell
- Numerisches regionales Schadstofftransportmodell

2. September 2009

2. Fachtagung ChloroNet

S. Grandel, CAU Kiel

**Fallbeispiele – Ergebnisse****Rosengarten**Quelle

- Ausdehnung etwa 35 m konzentrisch um Eintrag
- Emission 70 % (mehrere Gramm/d) in das Grundwasser, 30 % in Atmosphäre
- Emissionsdauer noch ca. 50 Jahre
- Fahne
- Breite zunächst 200 m, später Aufspaltung in einen sehr kurzen Zweig und einen längeren mit max. 900 m Gesamt-Länge
- Schadstoffabbau findet in der Fahne statt
- Fahne stationär

**Hannover-Südstadt**Fahne

- Prozessverständnis bzgl. Schadstofffreisetzung und damit Fahnenausbreitung
- Prognostizierte Schadstoff-nachlieferung in die Fahne (aus dem Aquifer) ca. 30 Jahre
- Schadstoffabbau findet in der Fahne statt
- Fahne ist stationär

2. September 2009

2. Fachtagung ChloroNet

S. Grandel, CAU Kiel

### Fallbeispiele – Behördliche Bewertung



- Keine Gefährdung von Schutzgütern, Ausnahme: relevanter Schadstoffeintrag in das Grundwasser (aber kein gefährdeter Nutzer)

Deswegen

- findet eine Sanierung der Quelle nicht statt (Rosengarten)
- findet eine Sanierung der Fahne nicht (Rosengarten) / nicht mehr (Hannover) statt

⇒ MNA mit Monitoring

Bewertungsgrundlagen:

- Wasser- und Bodenschutzrecht, LABO-Positionspapier (2005)
- Grundsatz der Verhältnismäßigkeit
- sachgerechte Ausübung des Ermessens

2. September 2009

2. Fachtagung ChloroNet

S. Grandel, CAU Kiel

(überarbeitete Folie v. G. Peter, Projekt Rosengarten)

### Fallbeispiele – Zusammenfassung



	Hannover	Perleberg	Karlsruhe	Düssel-dorf	Rosen-garten	Franken-thal
Charakterisierung der Quelle	+	z. T.	+	k. U.	+	z. T.
Fahnenabgrenzung	+	+	(+)	+	+(M)	+
Ermittlung der relevanten NA-Prozesse	+	+	+	+	+	+
Ermittlung der Schadstofffrachten	+	k. U.	+	+	+	-
Fahne ist stationär?	+	k. U.	?	+	+(M)	+
Prognose erstellt	+	k. U.	z. T.	z. T.	+	z. T.
MNA als Option akzeptiert	●	?	●	●	●	●

MNA als Option akzeptiert

MNA als Option abgelehnt

2. September 2009

2. Fachtagung ChloroNet

S. Grandel, CAU Kiel

## Zusammenfassung & Fazit (I)



### MNA - ja / nein?

1. Wer sich für NA/MNA entscheidet, weicht ab von alten Pfaden!
2. Einzelfallbetrachtung – Ermessen, Verhältnismäßigkeit
3. Das LABO-Papier ist eine gute Arbeitsgrundlage (noch besser kombiniert mit dem KORA-Leitfaden – praktische Beispiele)
4. NA/MNA kann/sollte schon bei der orientierenden Untersuchung berücksichtigt werden
5. Die Quelle – man muss sich ihr widmen.  
Informationen müssen umso genauer und besser sein, wenn angedacht ist, nicht zu sanieren.  
Sofern möglich/verhältnismäßig sollte die Schadstoffmenge und/oder der Austrag aus der Quelle durch Sanierungsmaßnahmen reduziert werden.
6. Großes Gewicht ist auf die Erkundung der Fahne zu legen.

2. September 2009

2. Fachtagung ChloroNet

S. Grandel, CAU Kiel

(überarbeitete Folie v. G. Peter, Projekt Rosengarten)

## Zusammenfassung & Fazit (II)



### Wesentliche Erkenntnisse / Ergebnisse aus KORA

1. Intensive Kommunikation / Wissensaustausch / Auseinandersetzung zwischen Wissenschaft und Praxis war wichtig
2. Hohe behördliche Bewertungsansprüche für MNA erzeugte Innovationsdruck
  - Standorterkundung / Bewußtsein & Bewertung von Unsicherheiten
  - Prozessverständnis
  - Übergeordnete Konzepte
3. Gut und öffentlich dokumentierte Vorgehensweisen zur Erkundung und Monitoring von Schadensfällen in Form der Leitfäden in Abstimmung zu behördlichen Anforderungen

2. September 2009

2. Fachtagung ChloroNet

S. Grandel, CAU Kiel

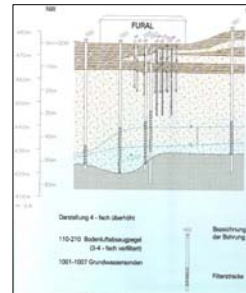
## NA & Erkundung in Österreich



### Voraussetzungen

#### „Konzeptives Standortmodell“ - Verständnis

- Schadensursache, Untergrundaufbau (räumliche Variabilität und Heterogenität)
- Schadstoffeigenschaften, Verteilung im Untergrund
- Prozessverständnis: NA (Rückhalt und Abbau) sind bei der Planung und Durchführung der Erkundung zu berücksichtigen!



2. September 2009

### CKW-Schäden: Methoden – Erfahrungen/Ausblick

- ✓ Qualitätssicherung Probenahme/Analyse
- ✓ Redoxparameter und Metabolite
- ✓ zeitliche Variabilität: stationäre Bodenluftpegel
- ✓ Bodenluftabsaug- & Immissionspumpversuche
- ➔ Probenahmen: direct-push; (Passivsammler)
- ➔ Isotopenanalysen

2. Fachtagung ChloroNet

D. Müller, Umweltbundesamt Wien

## MNA bzw. Sanierung in Österreich



### CKW-Schäden

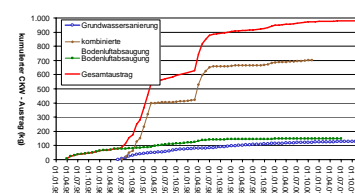
- ~ 25 % der sanierungsbedürftigen Altlasten
- Schadensherde meist bebaut/genutzt
- lange Fahnen, überwiegend quasi-stationär
- Grundwasserressourcen überwiegend aerob
- ☑ generell: Dekontamination der Quelle und Sperrbrunnen (Unterbrechung der Fahne)
  - vereinzelt: Fahnenanierung
- ☹ Pump&Treat meist nur eingeschränkt wirksam
- ➡ „Sanierungszielwerte“ langfristig erreichbar?
- ➡ Aufwand/Nutzen?
- ➡ tolerierbare Restbelastungen?
- ➔ analog LABO „MNA-Positionspapier“ - Kriterien für die Durchführung und den Abbruch von Sanierungsmaßnahmen

2. September 2009

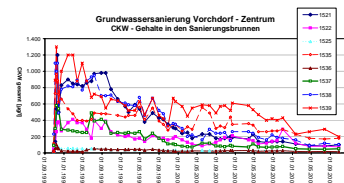
2. Fachtagung ChloroNet

D. Müller, Umweltbundesamt Wien

### Entwicklung CKW-Austrag



### Entwicklung CKW-Belastung



## MNA in Österreich



- Wasserrechtsgesetz: Vorsorgeprinzip! – Handhabung bei der Nachsorge?
  - MNA bisher kein relevantes Diskussionsthema, jedoch Voraussetzung für ein effizientes Altlastenmanagement, um durch besseres Prozessverständnis
    - Erkundung und Gefährdungsabschätzungen gezielter durchzuführen,
    - die Wirksamkeit verfügbaren Sanierungstechnologien besser einschätzen zu können und
    - Aufwand und Nutzen sowie langfristig tolerierbare Restbelastungen diskutieren zu können
- ➔ *Diskussion ist notwendig!*
- ➔ *Entwurf Diskussionspapier (Umweltbundesamt)*

2. September 2009

2. Fachtagung ChloroNet

D. Müller, Umweltbundesamt Wien

## (M)NA - Ausblick



- ☒ KORA in Wien (8. Juni 2009) – Themenblöcke:
- Themenblöcke Vormittag: Überblick & NAPL-Schäden (Mineralöl, CKW und PAK)
  - Nachmittag: Technologische Innovation, „Working with Nature“ & Podiumsdiskussion

### VORSCHLAG/EINLADUNG

- ➔ Gemeinsame Veranstaltung Schweiz & Österreich:

**(M)NA und die Ergebnisse des  
Forschungsverbundvorgabens KORA**  
(„KORA goes alpine“)


- ➔ Ostschweiz (Westösterreich): Frühjahr 2010

2. September 2009

2. Fachtagung ChloroNet


D. Müller, Umweltbundesamt Wien

# Dank




**Förderung**

GEFÖRDERT VOM




Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung


**TV 3 Projektpartner**




BWS GmbH  
BODEN • WASSER • WATER • SOIL




BIG




CIAU  
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel




M&P  
Ingenieurgesellschaft




Region Hannover




LBE BGR GGA  
INSTITUT




FAL




iswa




Technischer Umweltschutz Berlin  
Dipl. Ing. L. Vigeland




BRANDENBURGISCHE BODEN




SZL



DVGW




TZW




G.U.C.


Dr. Ing. Wolfgang Schäfer  
Grundwassermodellierung

TGF  
Tübinger Grundwasser-Forschungsinstitut  
Prof. Dr. G. Teutsch







AACHEN  
IHU  
Institut für Hydrogeologie und Umweltwissenschaften




INSTITUT  
FÜR GEWÄSSERSCHUTZ  
UND UMGEBUNGSLÜFTUNGSFORSCHUNG  
Dr. Bernath-Wippig GmbH




Landkreis  
Harburg




septec




TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT



ntagur



ARCADIS



ZAG