

Strategien und Methoden zum Nachweis des Sanierungserfolges

Thomas G. Reichenauer

Rahmenbedingungen für die Altlastensanierung

- Räumung oder Umschließung an vielen Standorten nicht optimal (Kostenfaktor, vorhandene Bebauung)
 - Nachhaltigkeit der Sanierung wird wichtiger
 - Sanierung aller Altlasten in zwei Generationen
- In-situ Sanierungstechnologien als ernsthafte Alternativen
- „In-situ Sanierungs Quicksan“ auf www.altlastenmanagement.at

Stufenweises Vorgehen zum Nachweis des Sanierungserfolges

- 3D-Modell des Standortes: geologischer Aufbau, hydrologische Situation, Schadstoffverteilung/Quellenarchitektur
- Auswahl der geeigneten Sanierungsvariante und Festlegung der standortspezifischen Prozessparameter
- Quantifizierung der Wirksamkeit von Sanierungsmaßnahmen (→ Nachjustierung) und Nachweis des Sanierungserfolges

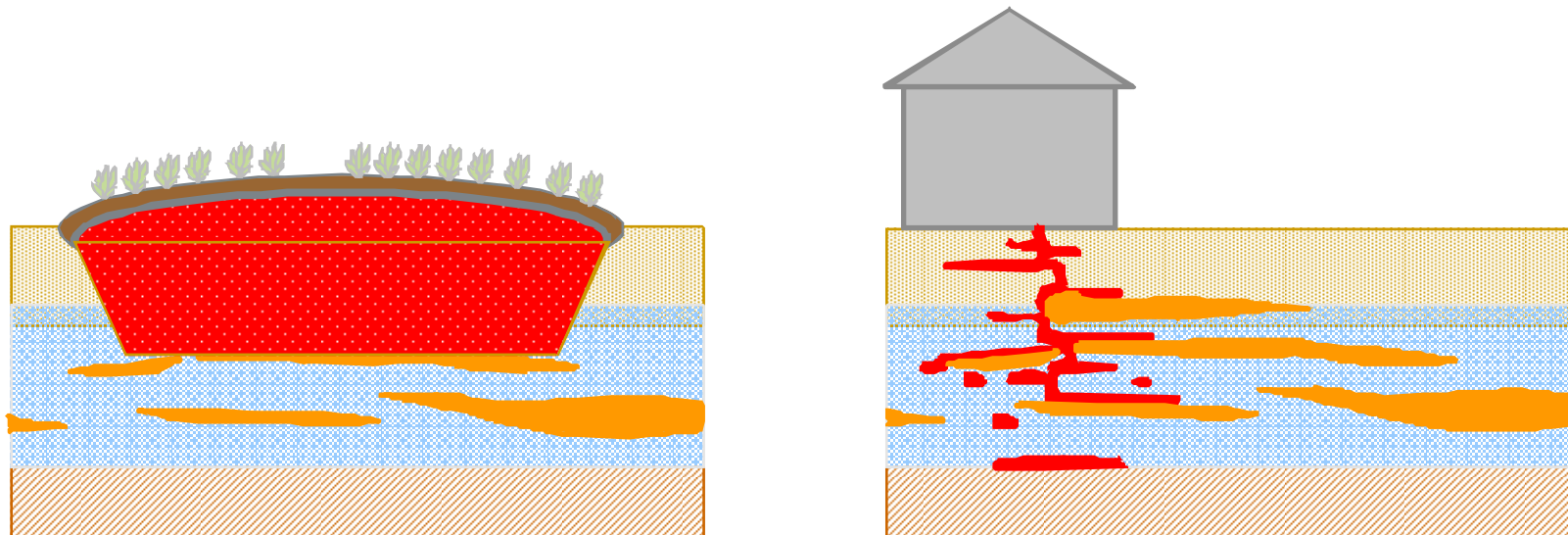
Modell der Schadstoffverteilung

Welche Schadstoffe ?

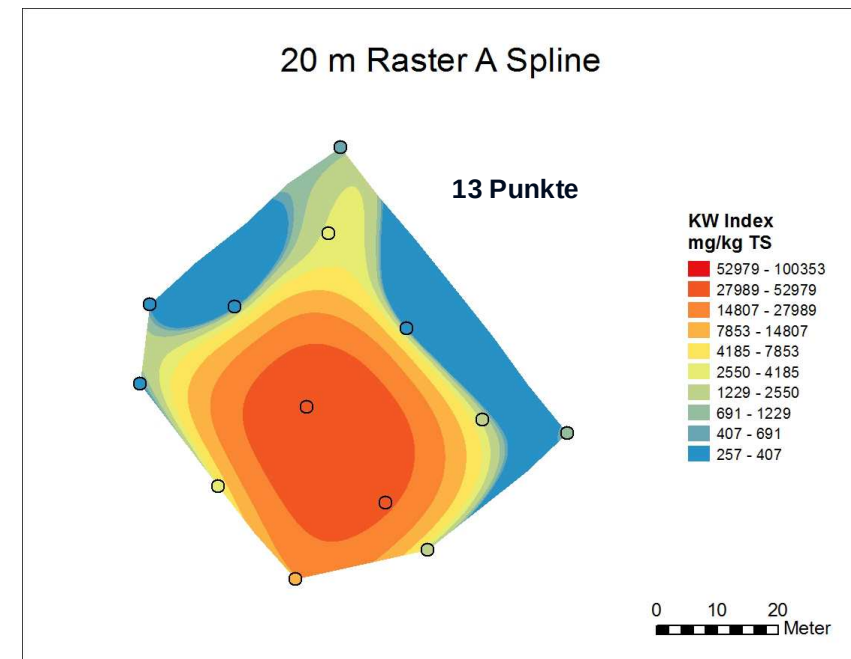
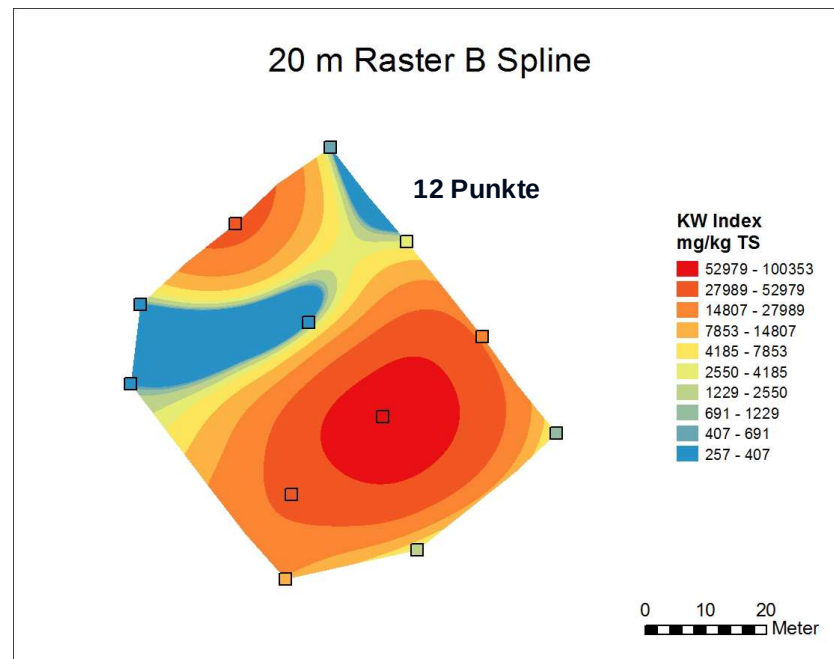
Wo sind die Schadstoffherde ?

Wie liegen die Schadstoffe vor ?

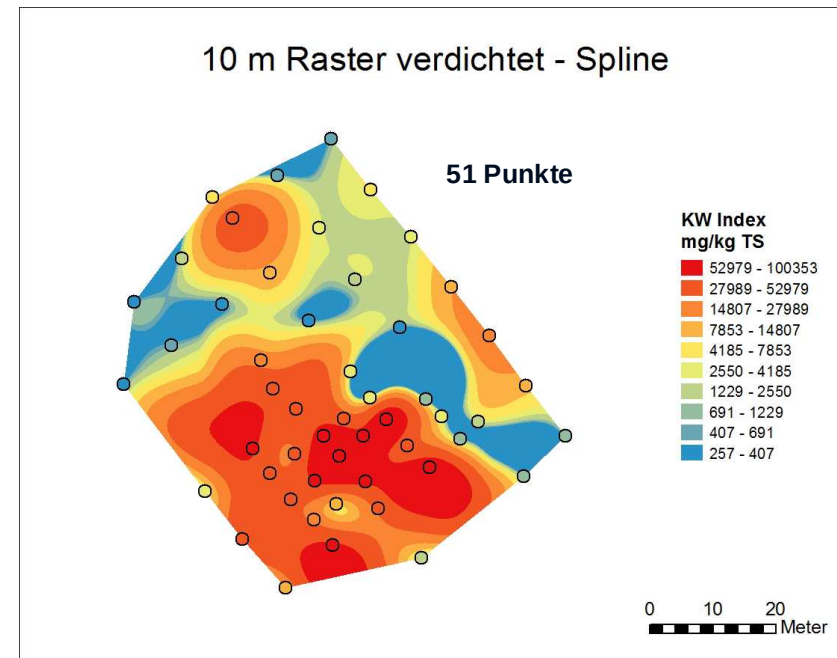
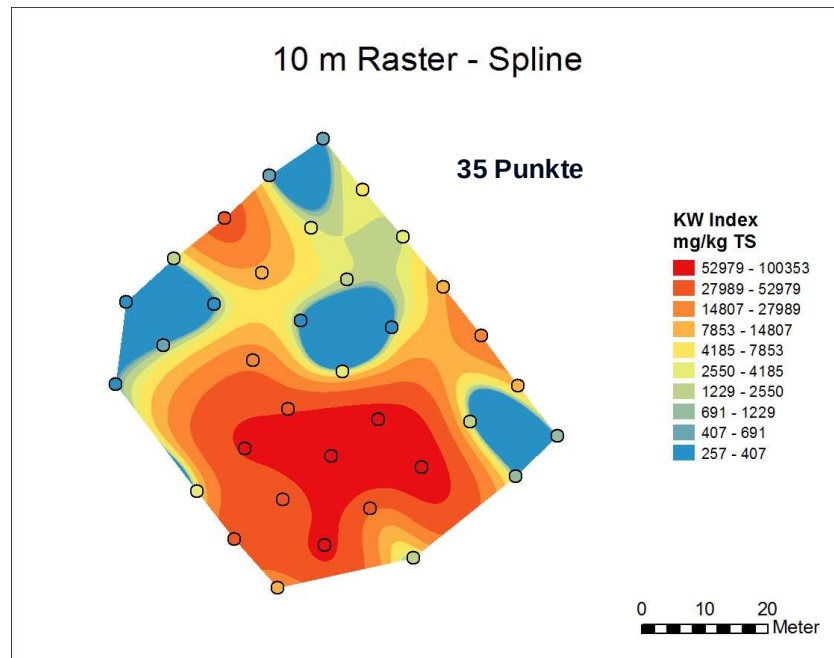
Wieviel Schadstoff ist vorhanden ?



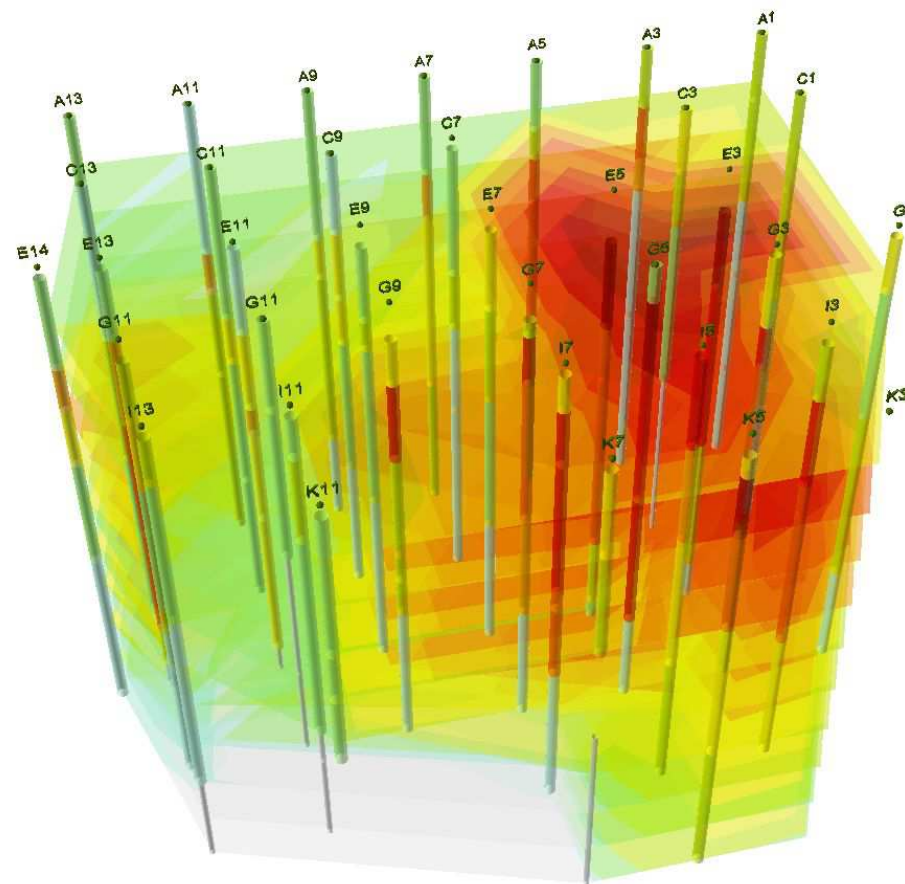
Modell der Schadstoffverteilung – Teil 1



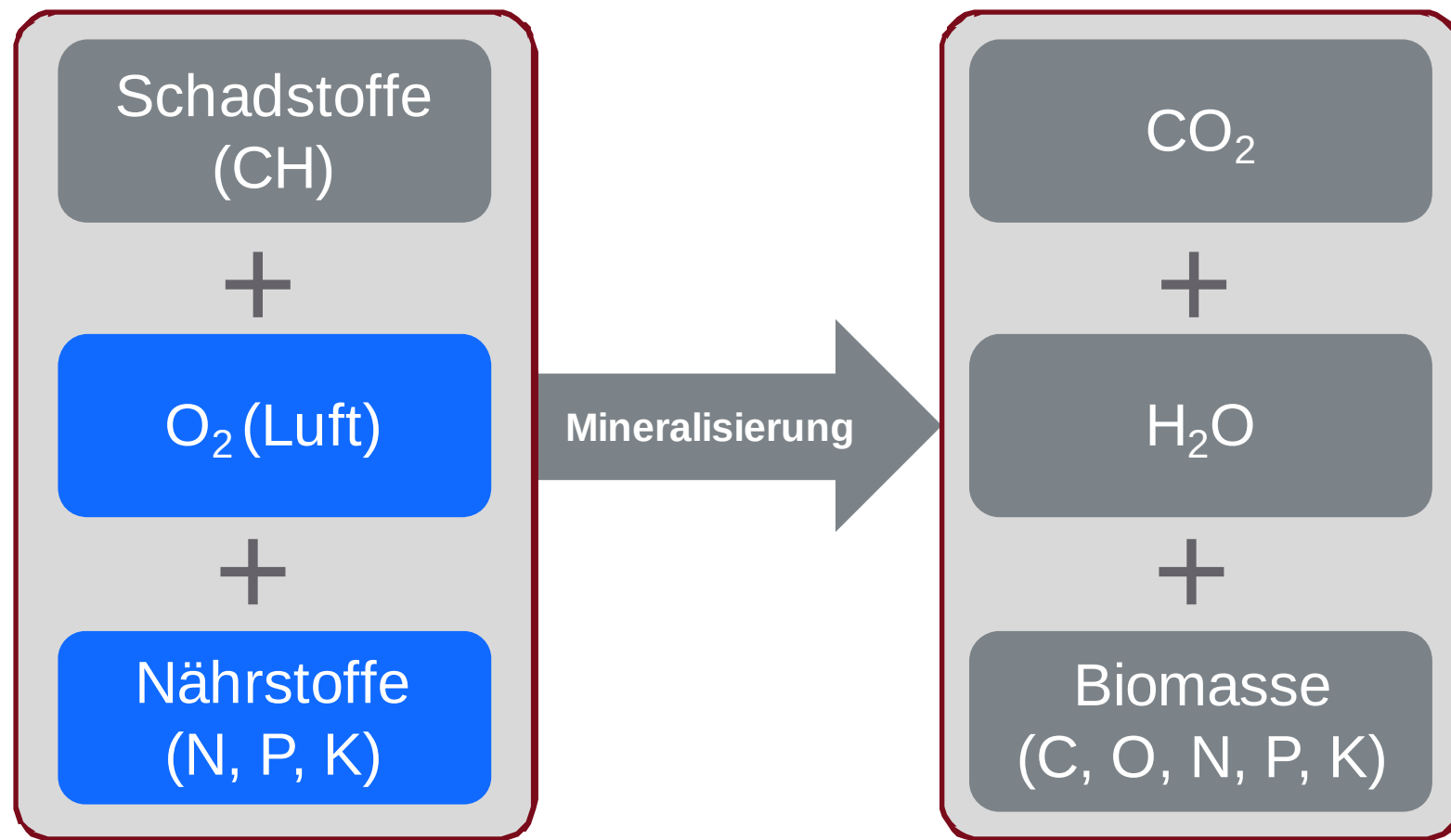
Modell der Schadstoffverteilung – Teil 2



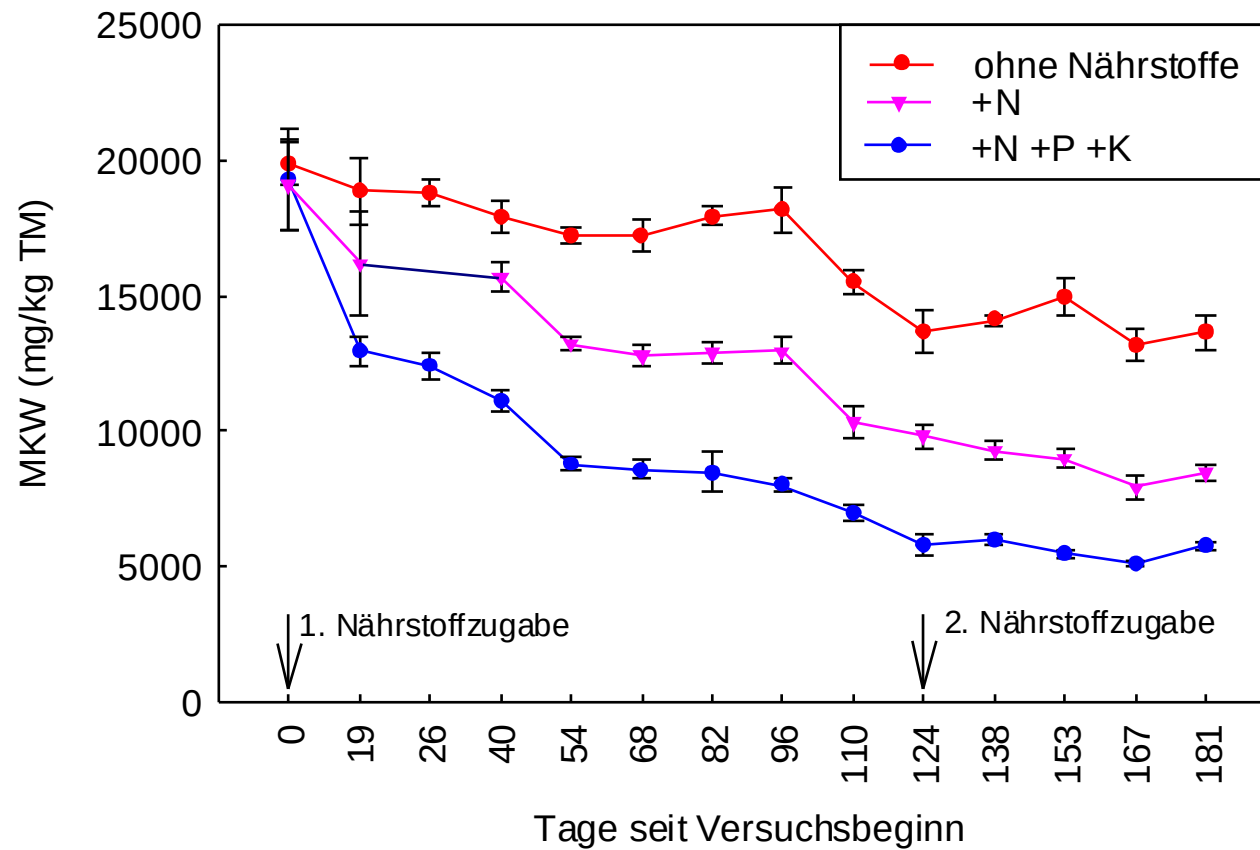
Modell der Schadstoffverteilung – Teil 3



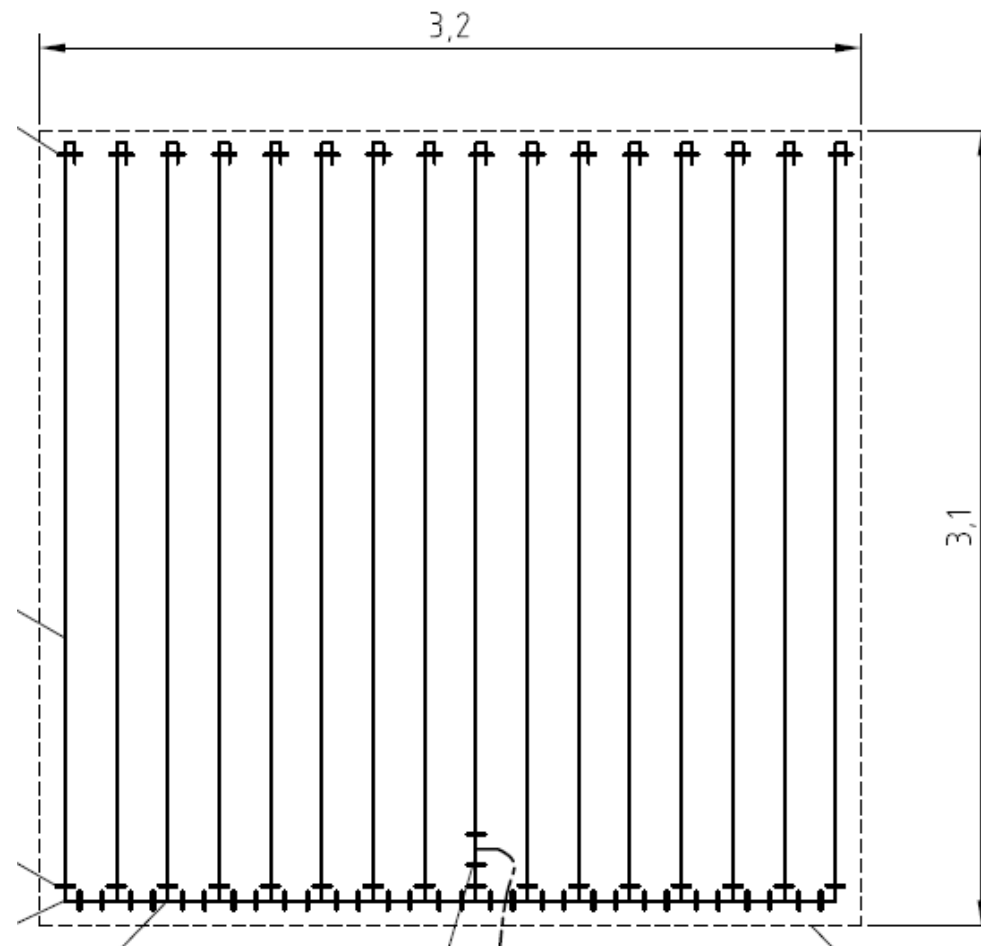
Mikrobieller Abbau (ungesättigten Zone) – Teil 1



Mikrobieller Abbau (ungesättigten Zone) – Teil 2

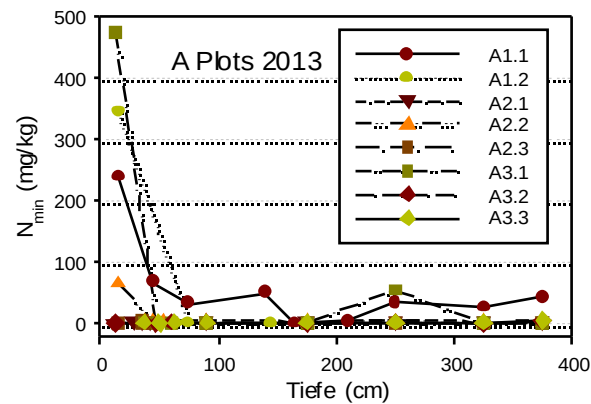


Einbringung von Nährstoffen (ungesättigte Zone) - Bewässerungsrechen

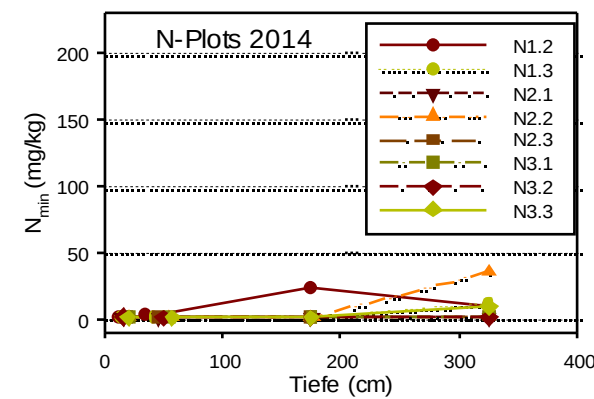
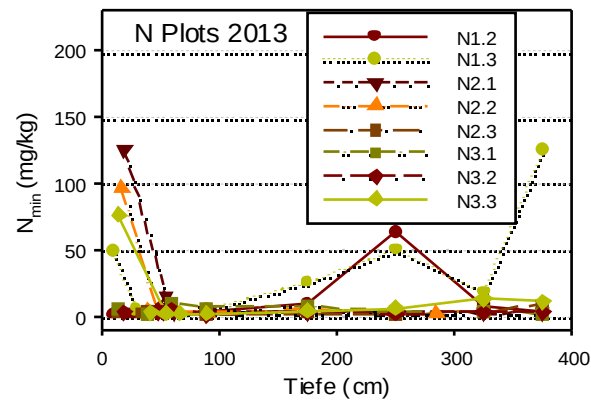
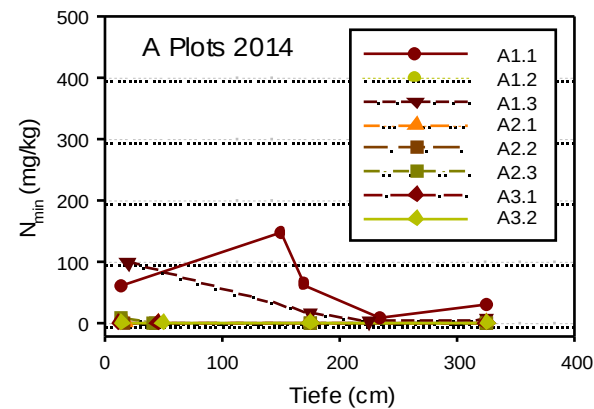


Einbringung von Nährstoffen (ungesättigte Zone)

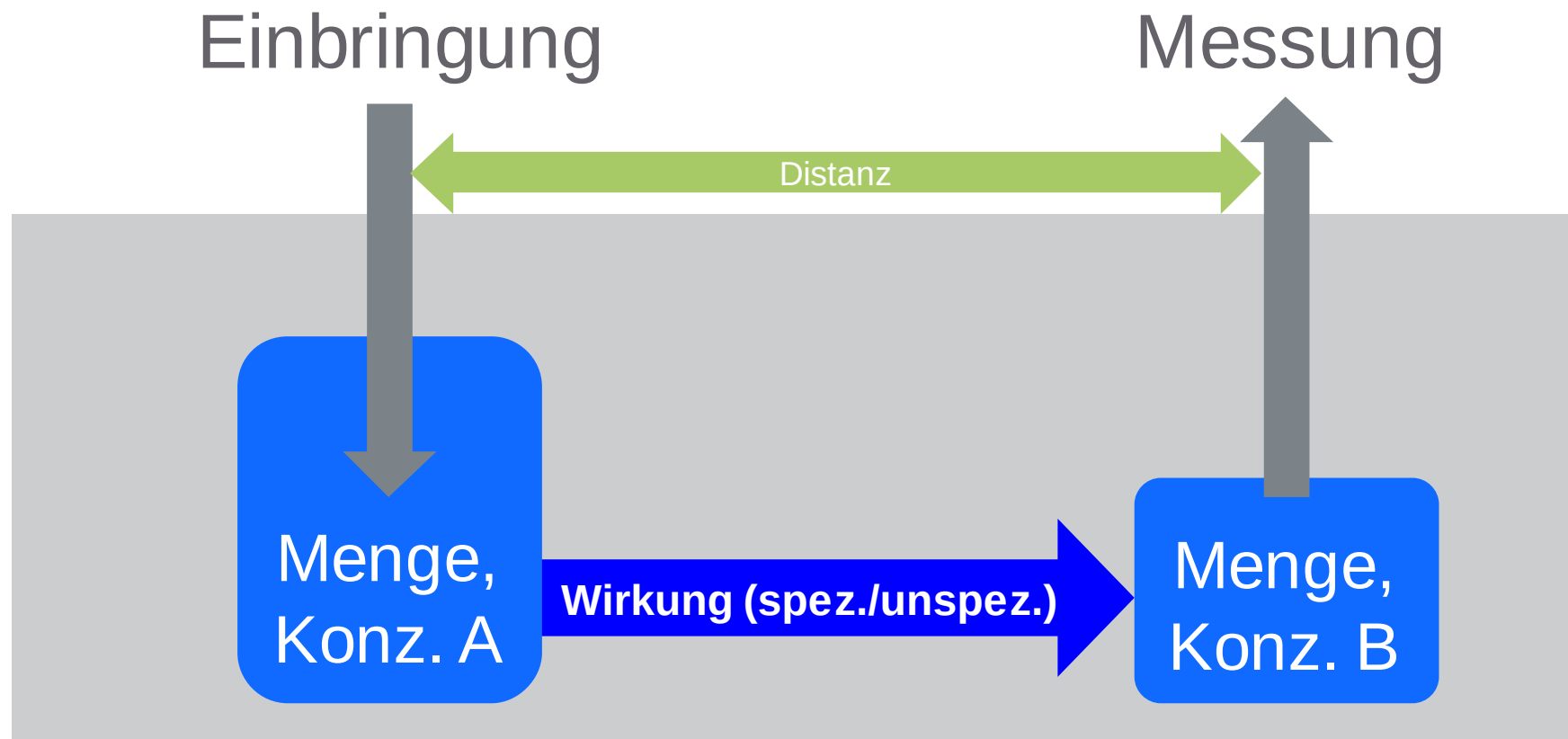
5 Tage nach Nährstoffaufbringung



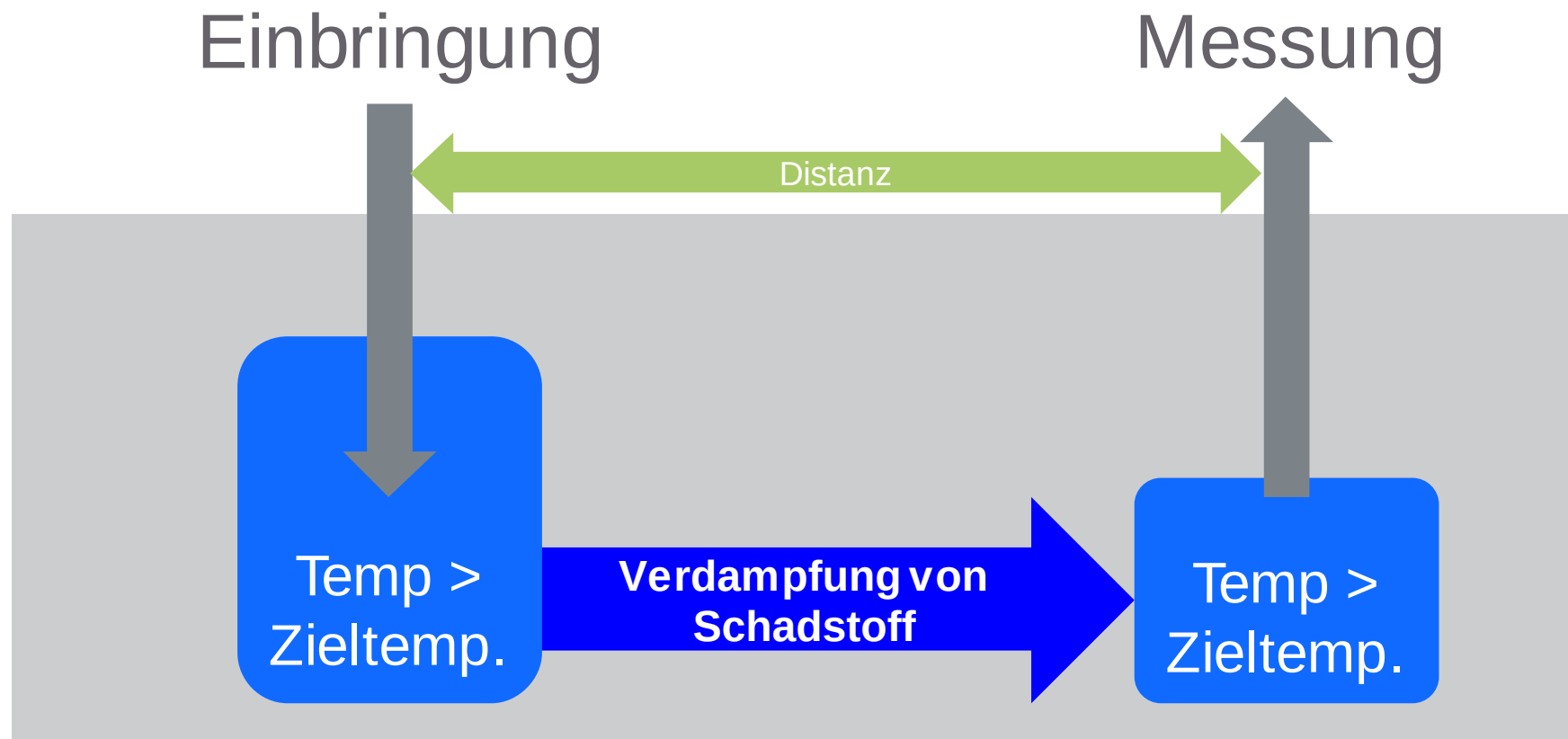
3,5 Monate nach Nährstoffaufbringung



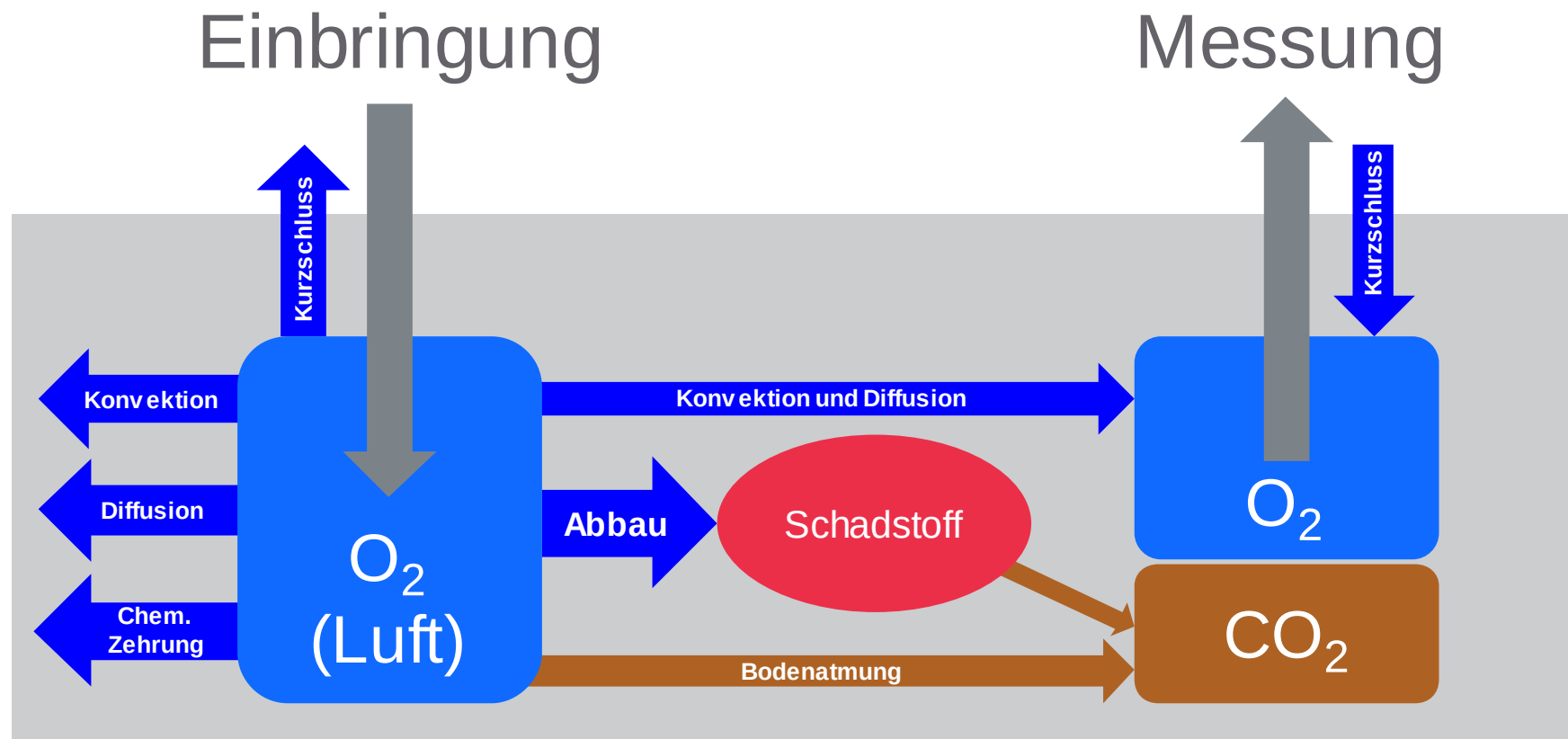
Wirkungsnachweis bei in-situ Maßnahmen



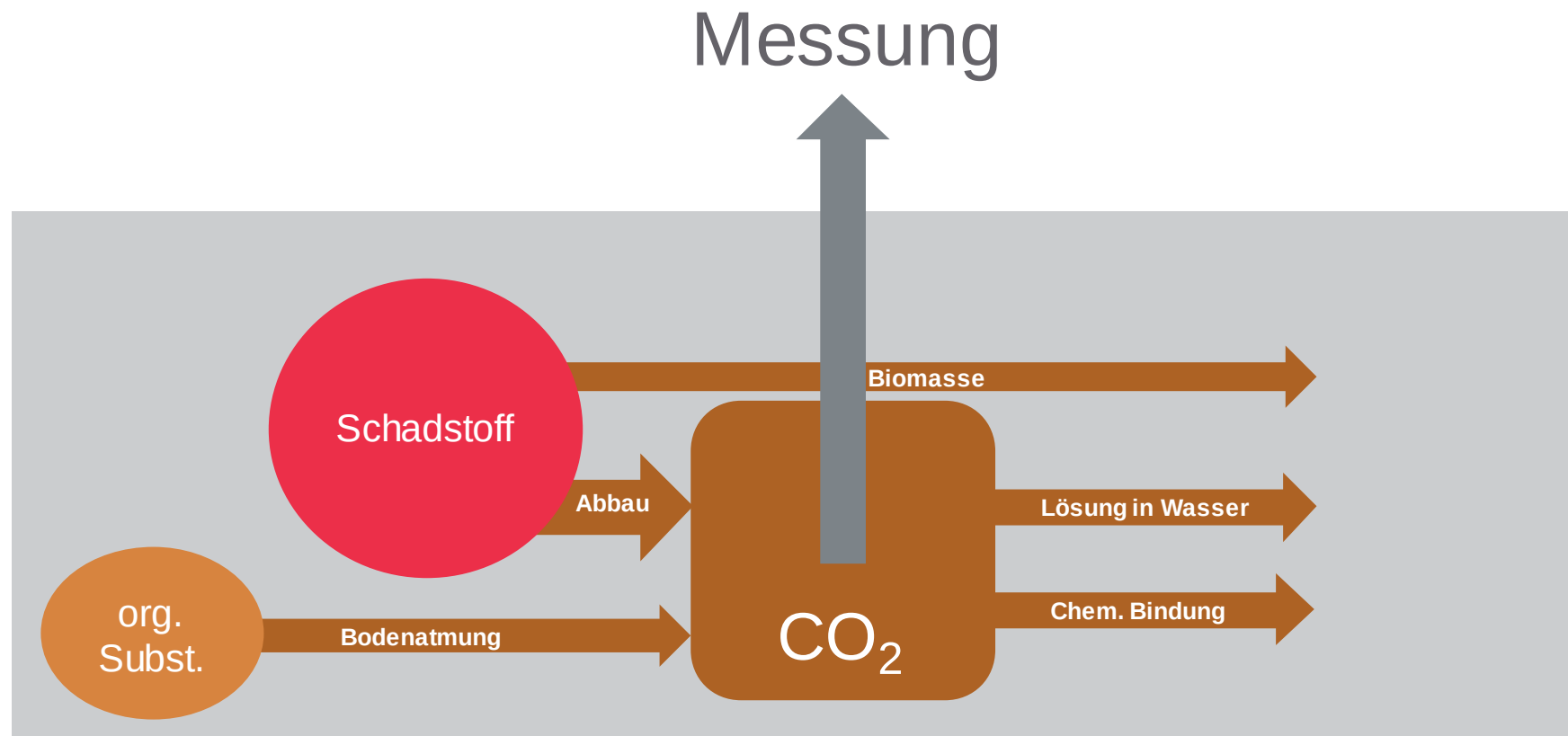
Wirkungsnachweis bei thermischer in-situ Sanierung



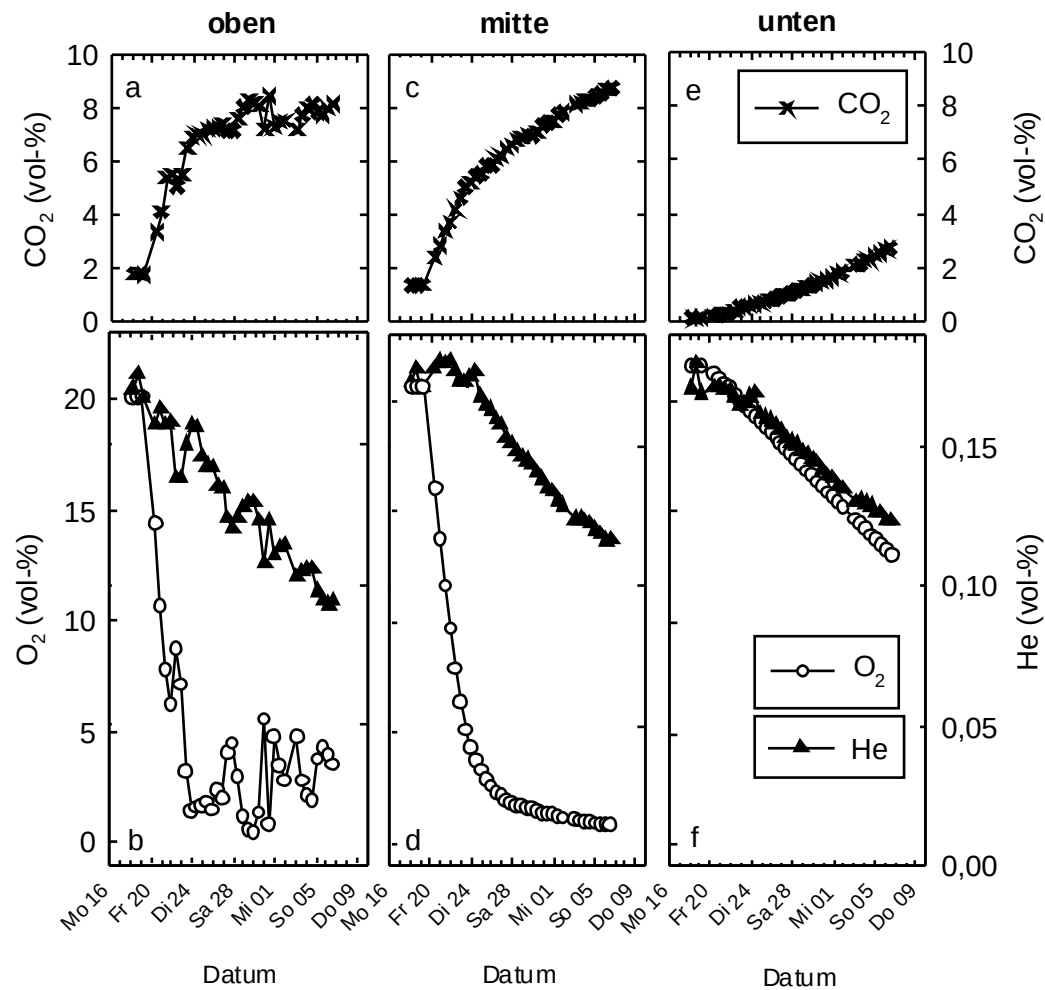
Sauerstoffmessungen zum Wirkungsnachweis von mikrobiellem Schadstoffabbau



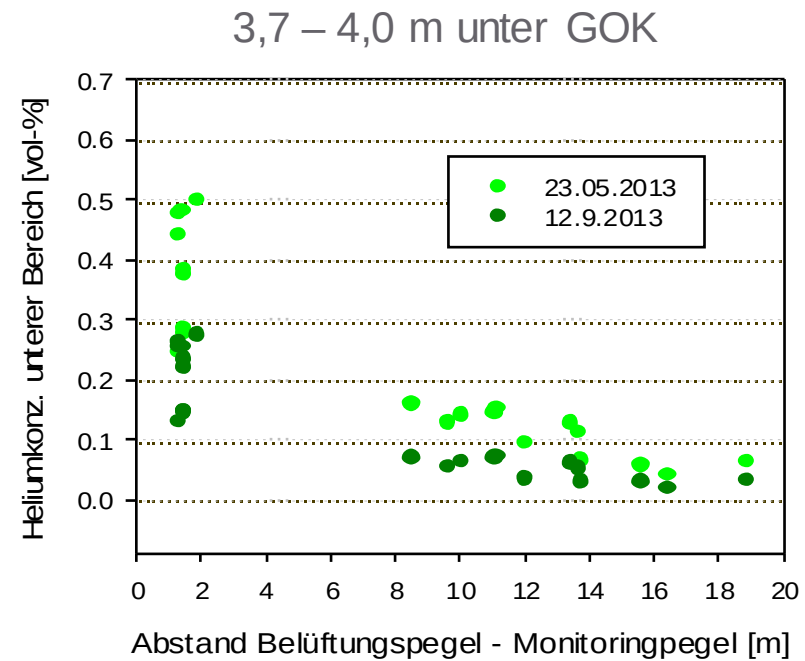
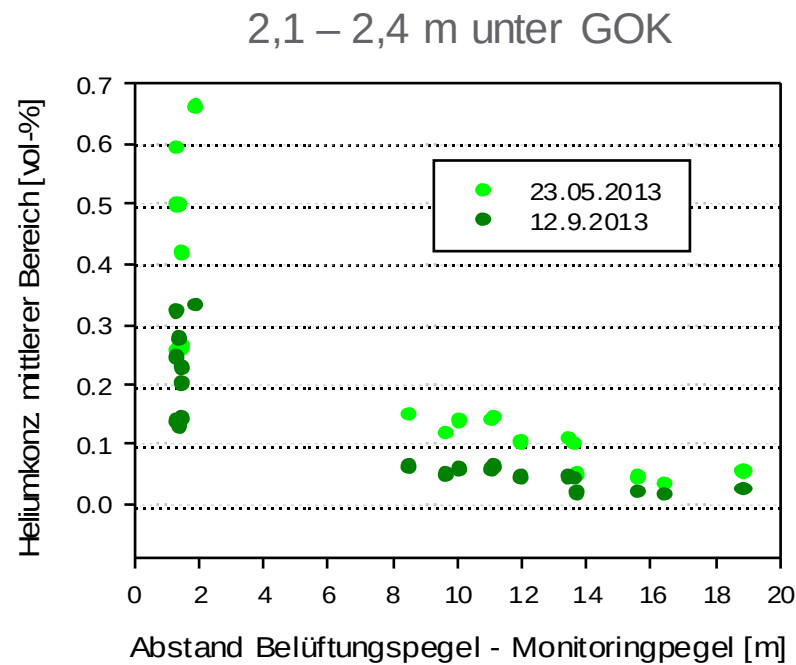
Kohlendioxidmessung zum Nachweis von mikrobiellem Schadstoffabbau



Helium als Tracer für in-situ Respiationsversuch



Diffusionsweite von Helium in der ungesättigten Zone

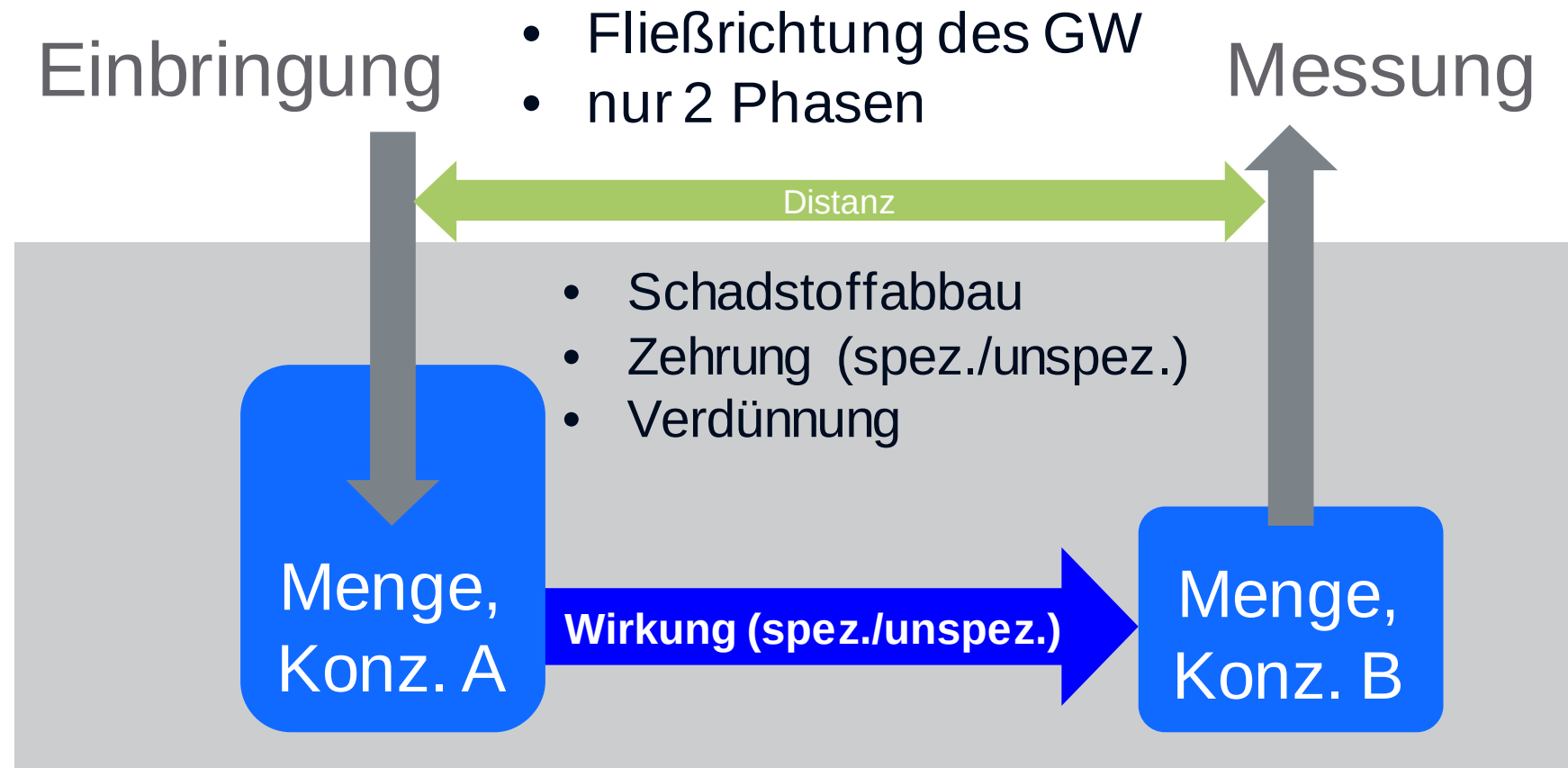


Wirkungsnachweis und Wirkungsquantifizierung im Grundwasser und Sickerwasser

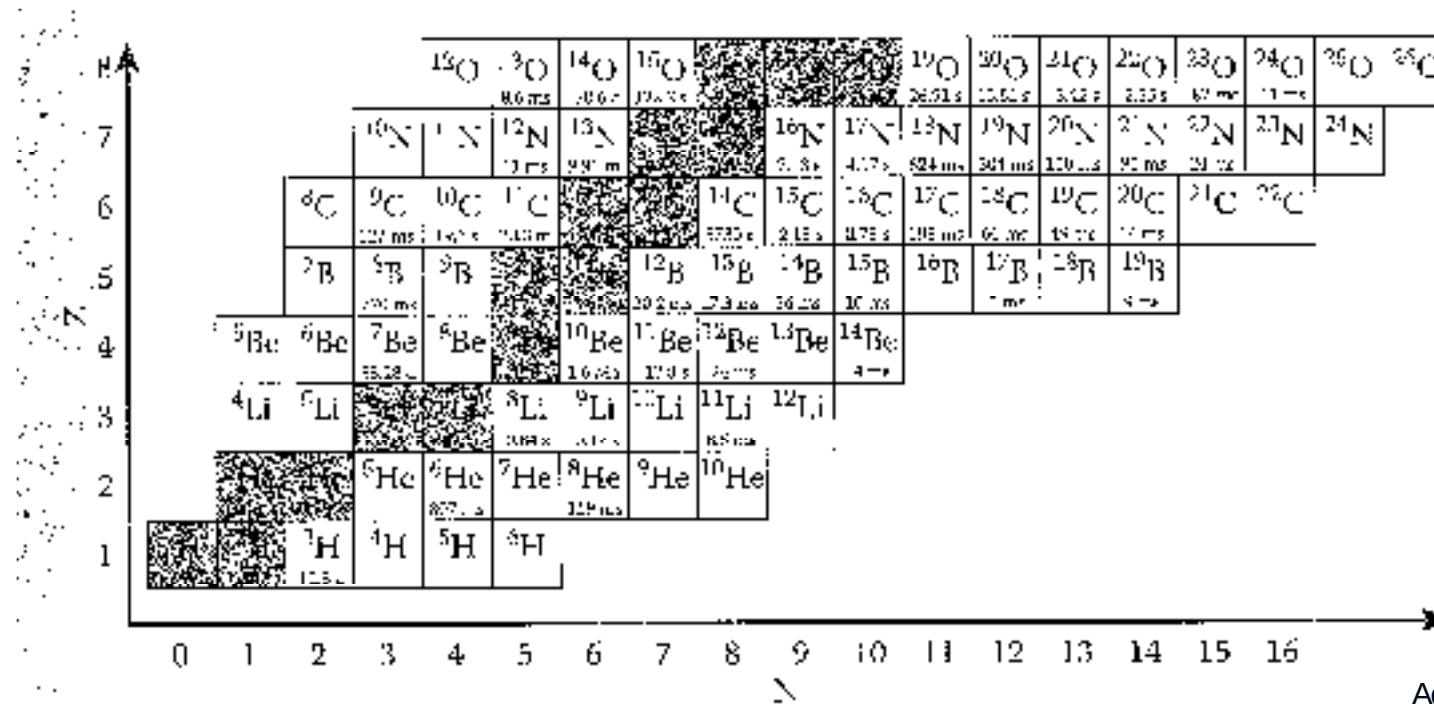
- Charakterisierung von Schadstoffen in der Quelle
 - Anteil von Phase-Pools im Verhältnis zu absorbierten und adsorbierten Schadstoff-Pools (z.B.: Partitioning Tracer Tests für DNAPL)
 - Abbaugrad von MKW (z.B. GC-Fingerprinting)

- Charakterisierung von Schadstoffen in der Fahne
 - Lokalisierung der hochbelasteten Abstrombereiche
(z.B. Immissionspumpversuche)
 - Messung der Redox-Verhältnisse (z.B.: Redoxsensitive Bänder)
 - Messung von Abbauprodukten
 - Quantifizierung von Genen von abbauenden Organismen (z.B. *Dehalococcoides*)

Wirkungsnachweis und Wirkungsquantifizierung im Grundwasser und Sickerwasser



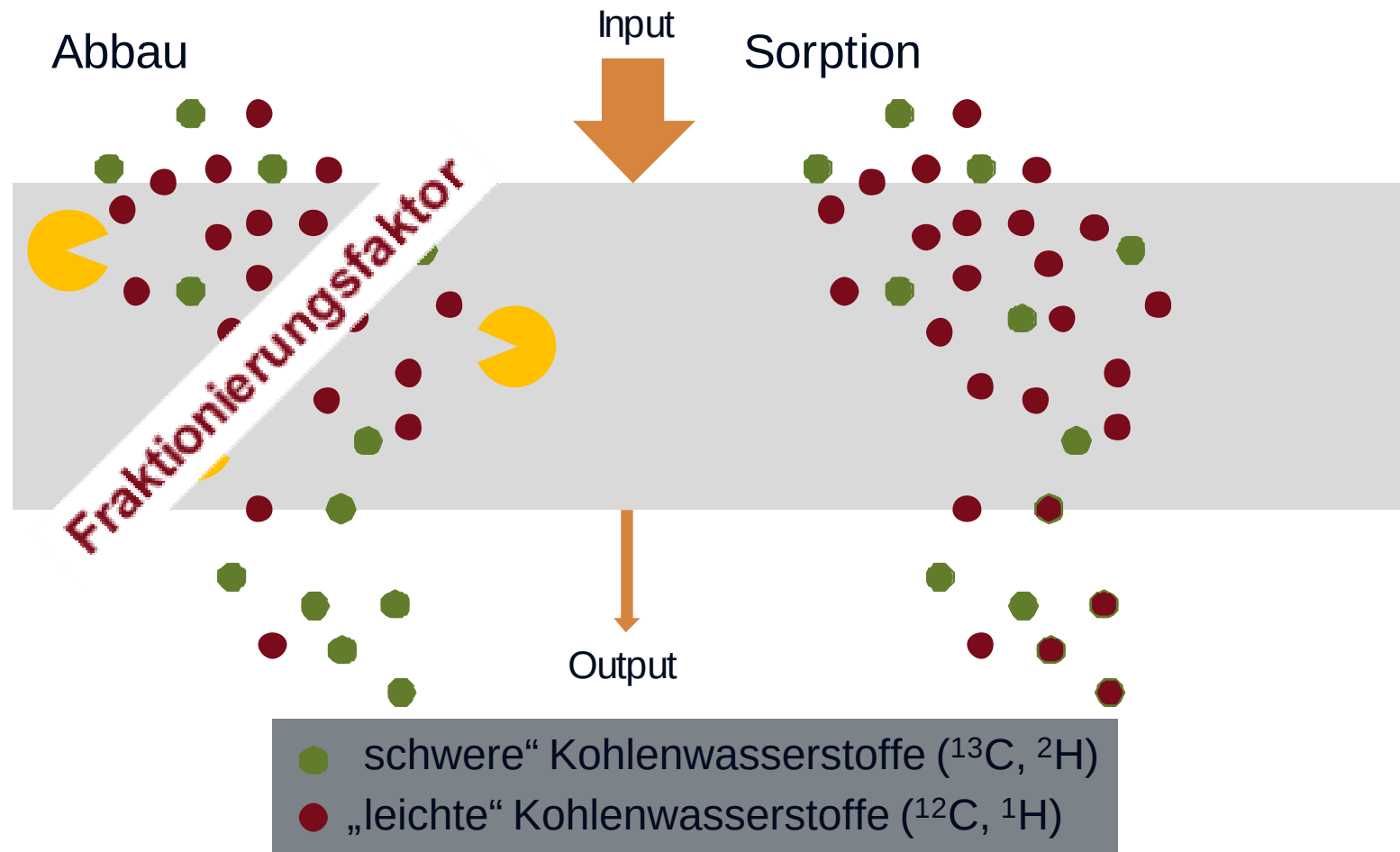
Was sind stabile Isotope



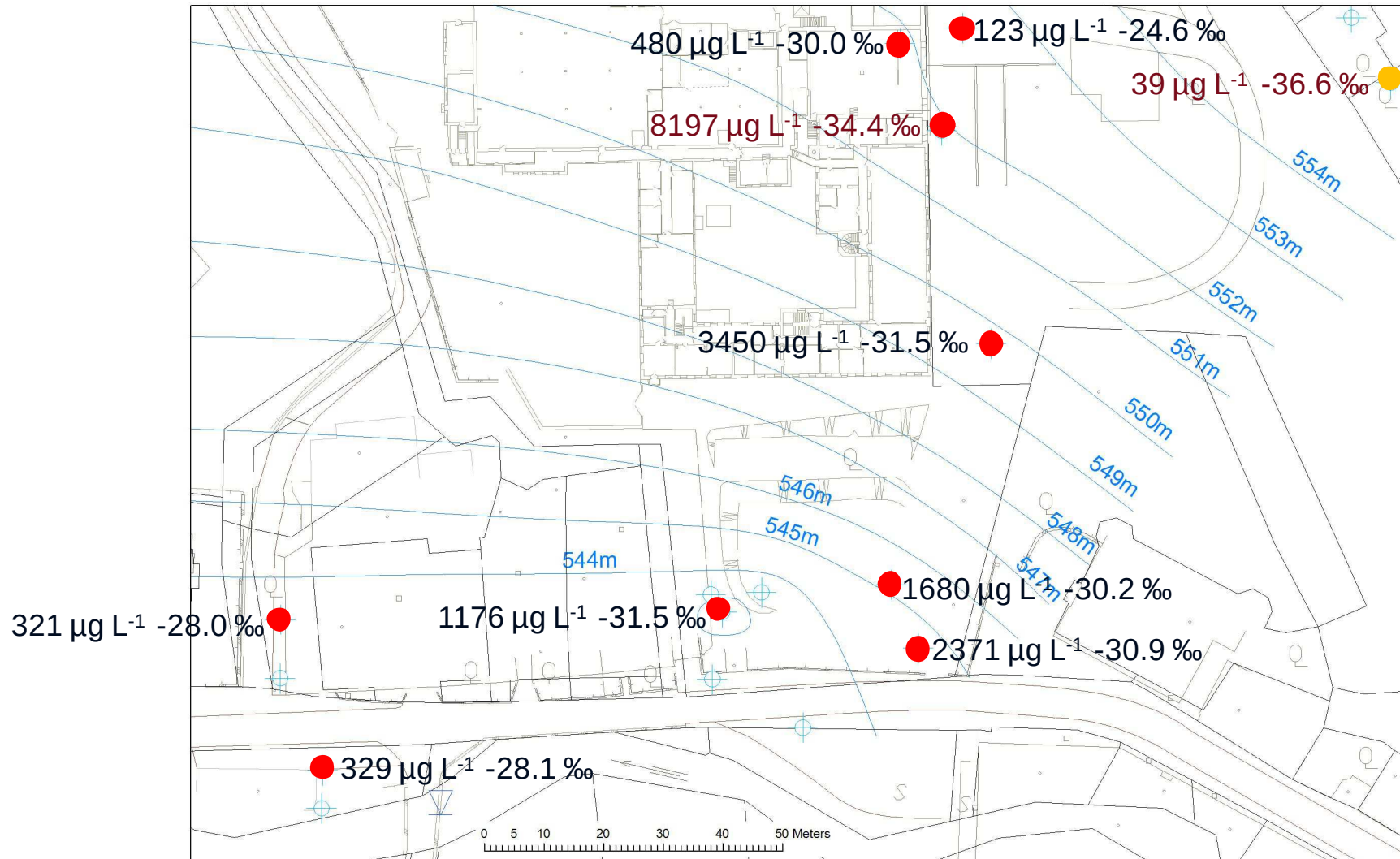
Aelion et al (2010)

- Die gleiche Anzahl an Protonen (Z), eine unterschiedliche Anzahl an Neutronen (N)
- Stabil: kein radioaktiver Zerfall $\leftrightarrow$ instabil: radioaktiver Zerfall

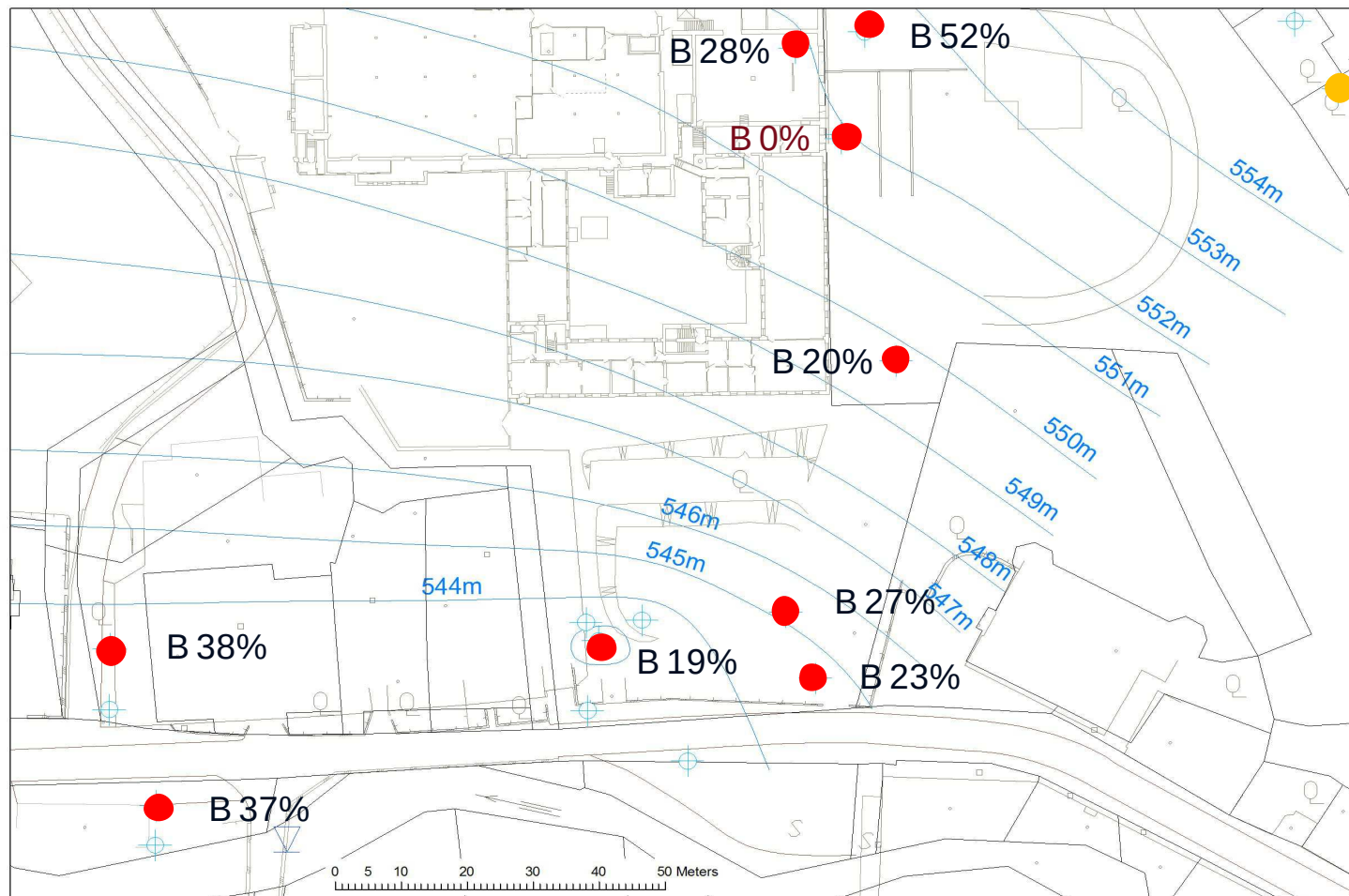
Quantifizierung des Schadstoffabbaus durch Komponentenspezifische Stabilisotopenanalytik (engl.: compound specific stable isotope analysis (CSIA))



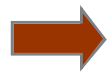
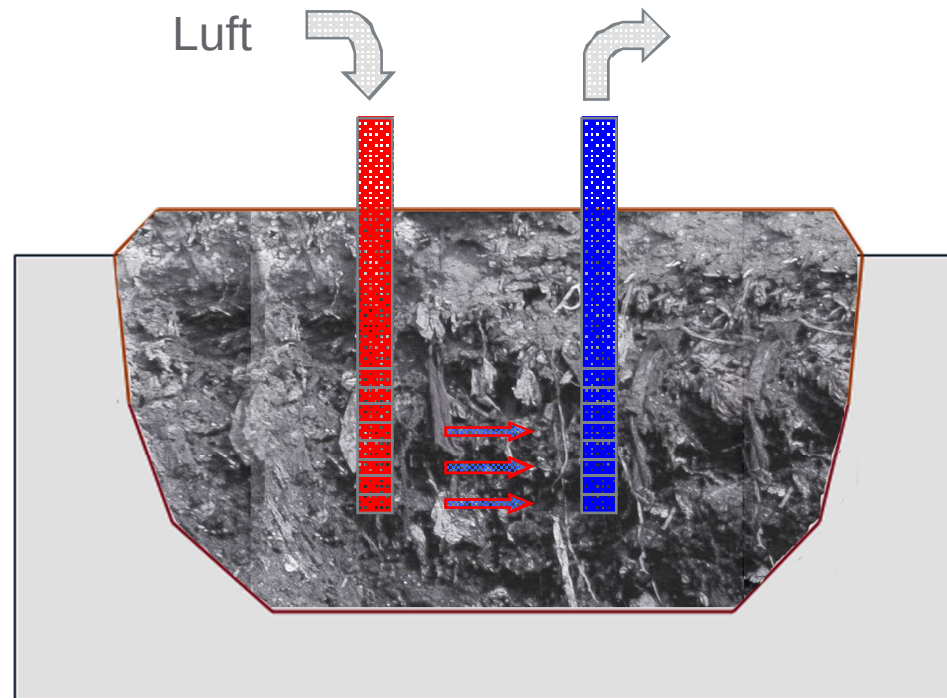
Trichloroethen (TCE) Konzentration und $\delta^{13}\text{C}$ Wert



Abschätzung des (bio)chemischen Abbaus

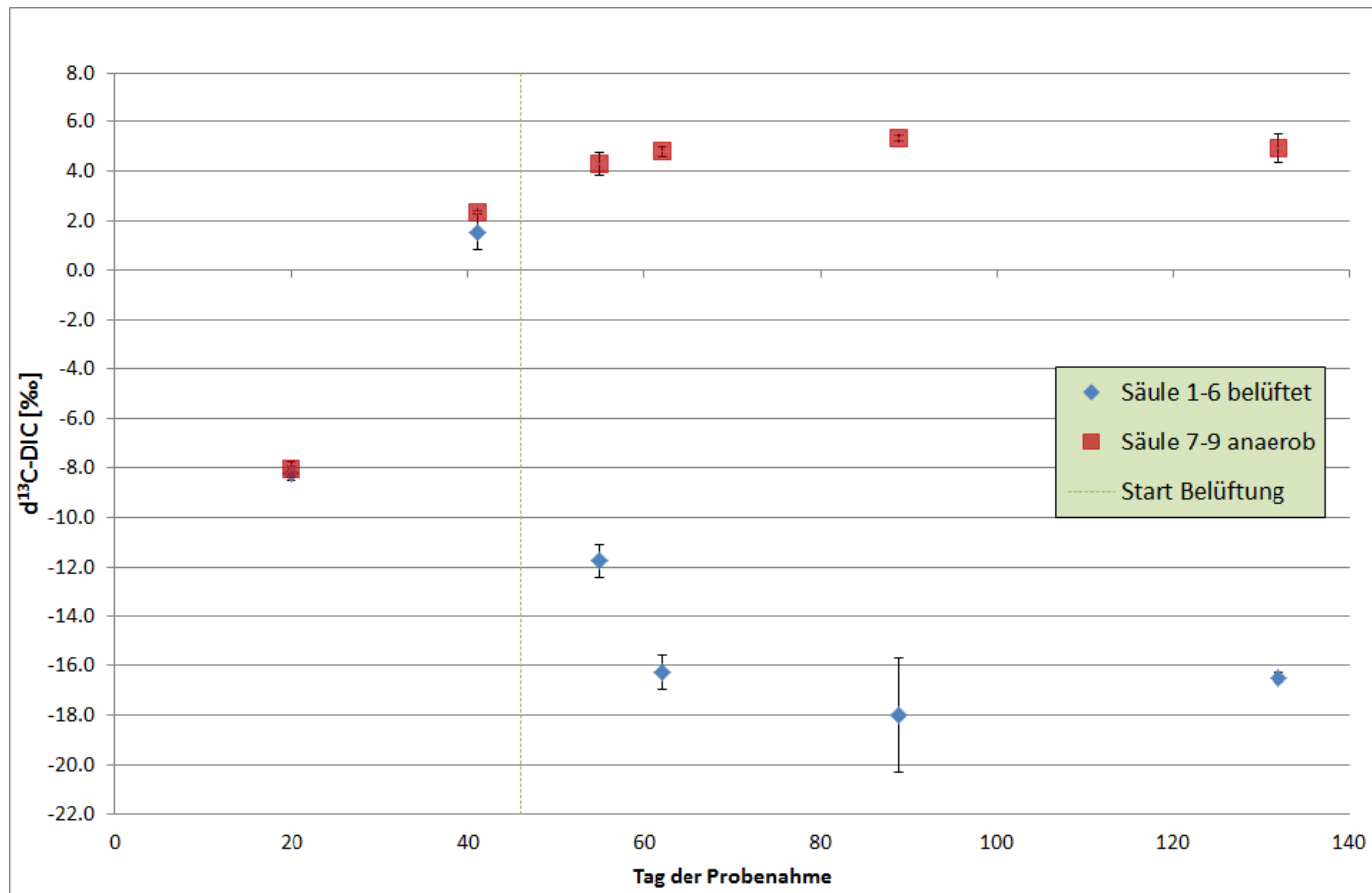


In-Situ Aerobisierung von Altablagerungen



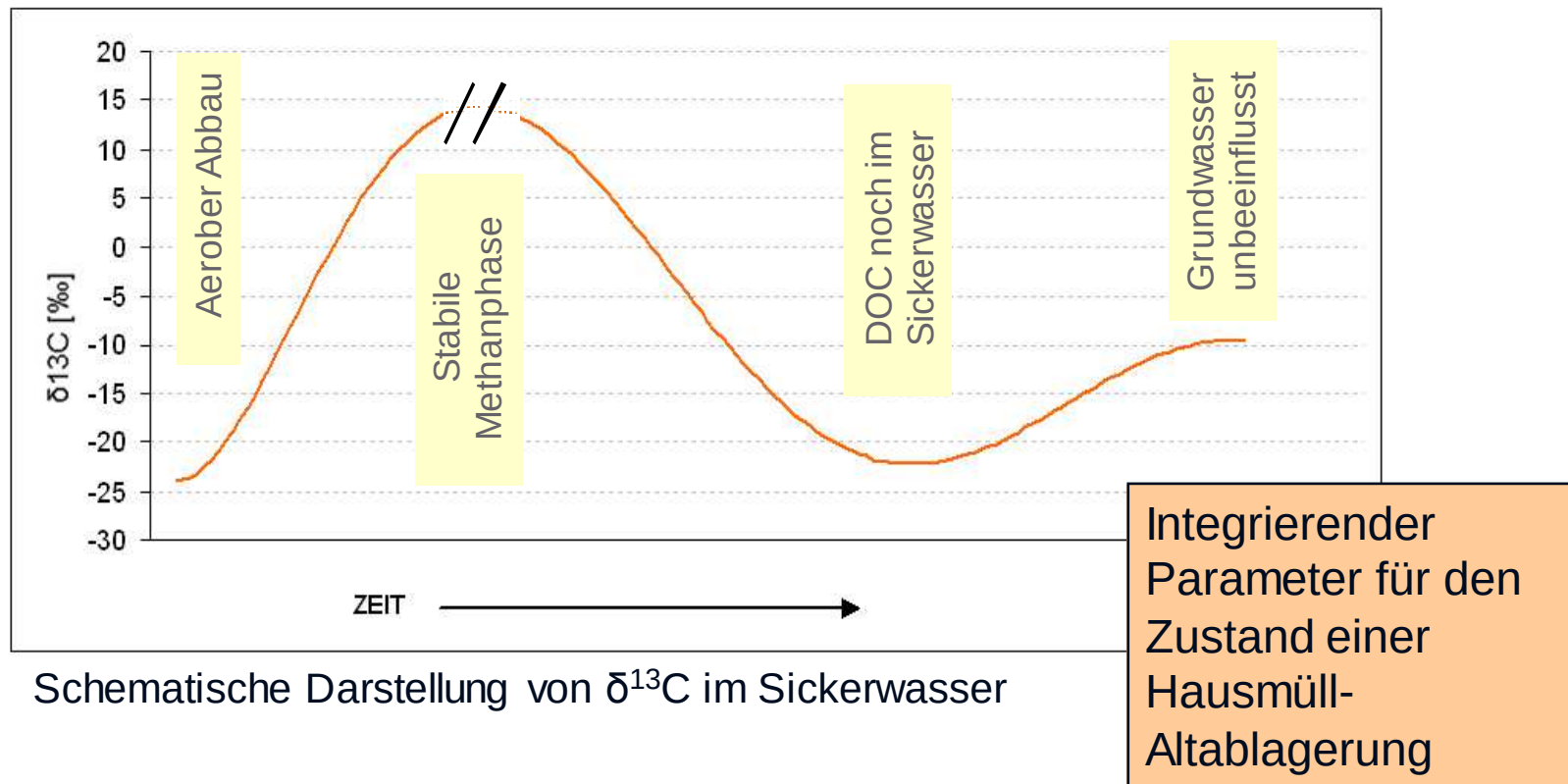
Humifizierung, Stabilisierung der organischen Substanz, Reduktion von Emissionen

$\delta^{13}\text{C}$ -DIC im Sickerwasser als Indikator für Aerobisierung von Deponien und Altablagerungen



$\delta^{13}\text{C}$ -DIC im Sickerwasser von Deponien und Altablagerungen

- Grundwasser unbeeinflusst: $\delta^{13}\text{C} = \text{ca. } -8 \text{ bis } -10 \text{ ‰}$ (HCO_3^-)
- CO_2 aus aeroben Abbau von organischem Material: $\delta^{13}\text{C} = -20 \text{ bis } -25 \text{ ‰}$
- CO_2 aus anaeroben Abbau mit Methanbildung: $\delta^{13}\text{C} = 0 \text{ bis } > 10 \text{ ‰}$



Zusammenfassung und Ausblick

- Die Anwendung von in-situ Sanierungsmethoden erfordert entsprechendes Prozessverständnis (standortspezifisch!)
- Prozessverständnis erfordert die Anwendung spezifischer Erkundungs- und Monitoringmethoden
 - Voruntersuchungen im Labor (Batch, Säulen, Technikum)
 - integrale Methoden (genaue Information über den gesamten Standort)
 - lokale Methoden (genaue Information über wenige Punkte)
 - Kombination ideal für Standortcharakterisierung und Wirkungsquantifizierung und somit Sanierungserfolg

Mitte 2016: Erkundungsquickscan (Umweltbundesamt + ÖVA)

→ Häufigere/Frühere Kooperation von Wissenschaftlern und Praktiker wäre wünschenswert