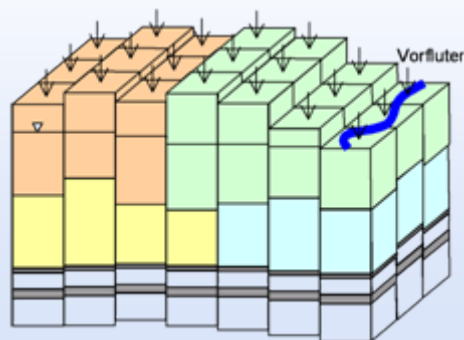
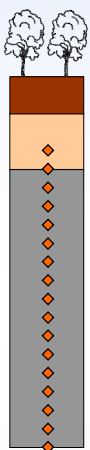
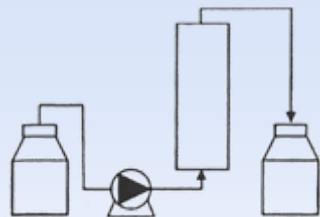




Bewertung des Stoffaustrags aus einer Sanierungsschicht für das Grundwasser

Praxisbeispiel
Industrielle Absetzanlage Ostausfahrt Böhlen

H. Büttcher, D. Ulandowski (Ingenieurbüro für Grundwasser, Leipzig)

R. Blankenburg (TU Dresden)

Dr. D. Swaboda (GFI, Dresden)

F.-U. Henze (Vattenfall Europe Generation AG)

Workshop „Sickerwasserprognose“ des LfULG
Dresden, 27.01.2011

Sanierung Industrielle Absetzanlage Ostausfahrt Böhlen:

Verwendung von REA-Gips zur Herstellung der Ausgleichs- und Tragschicht im Rahmen der Rekultivierung (Einbau wegen Massendefizit)

Länge: 1,7 km, Breite: 100 m, Tiefe: 1,5 m, Masse: 300 000 t

Routineuntersuchung des Gips-Eluates:

Überschreitung des Geringfügigkeitschwellenwertes von **Fluorid** nach LAWA von 0,75 mg/l

Reaktion der Behörde:

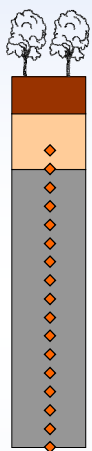
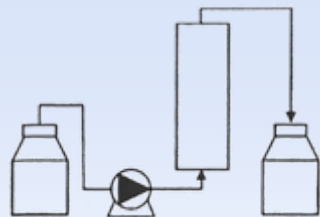
1. Baustopp
2. Forderung einer Untersuchung zur Bewertung der Fluoridverfrachtung und zur Prognose der langfristig zu erwartenden Konzentrationen im Grundwasser

Erarbeitung eines Konzeptes zur Durchführung der geforderten Untersuchungen:

wird auf Veranlassung der Vattenfall von IBGW erstellt

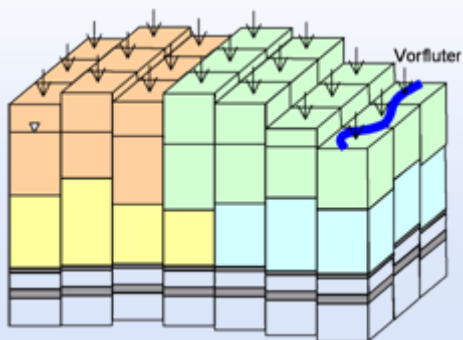
Interdisziplinärer Ansatz aus 3 Bearbeitungsstufen:

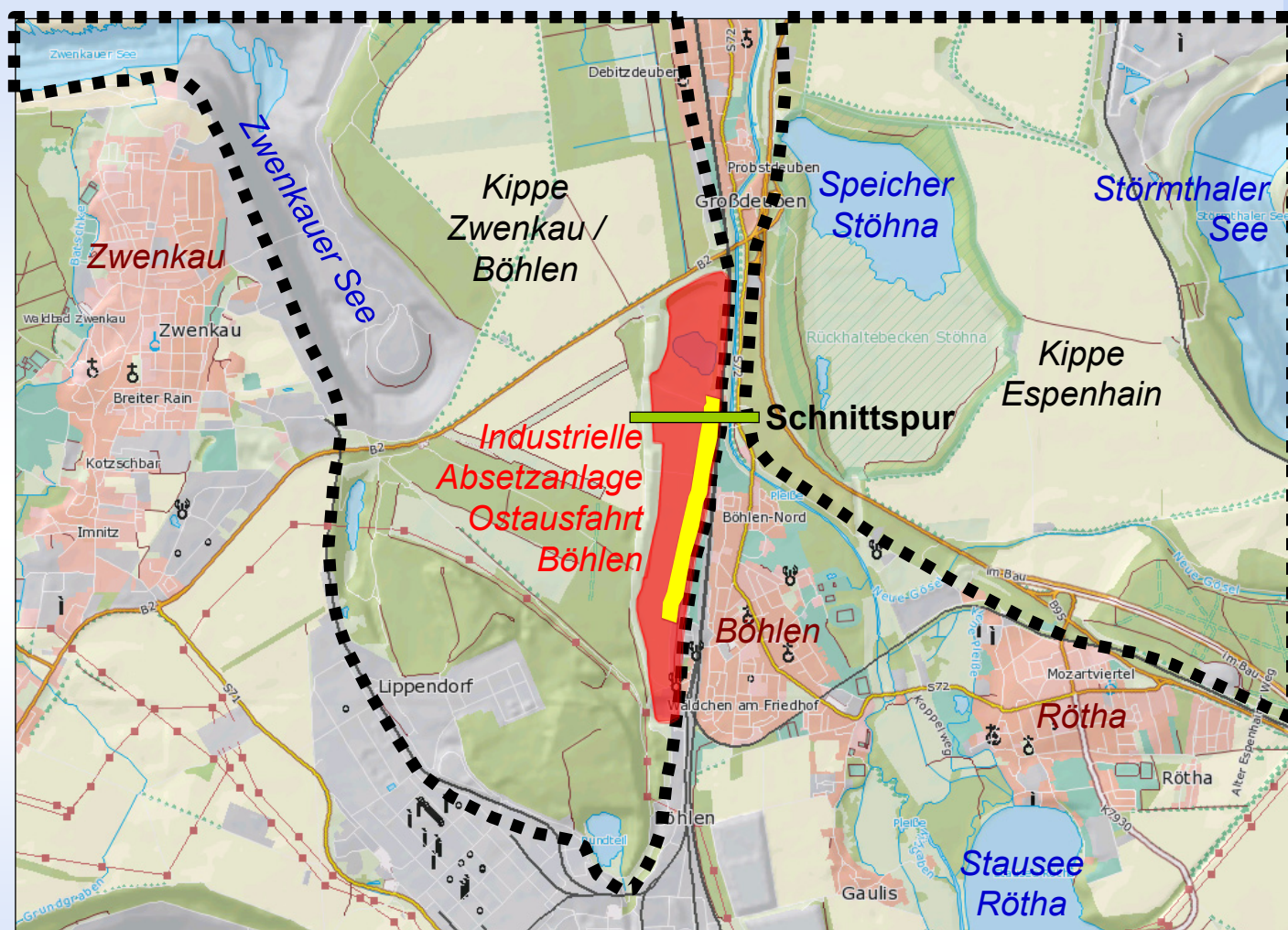
1. Laborversuche zur Parameterermittlung
2. Sickerwasserprognose
3. Grundwasserströmungs- und Stofftransportmodellierung



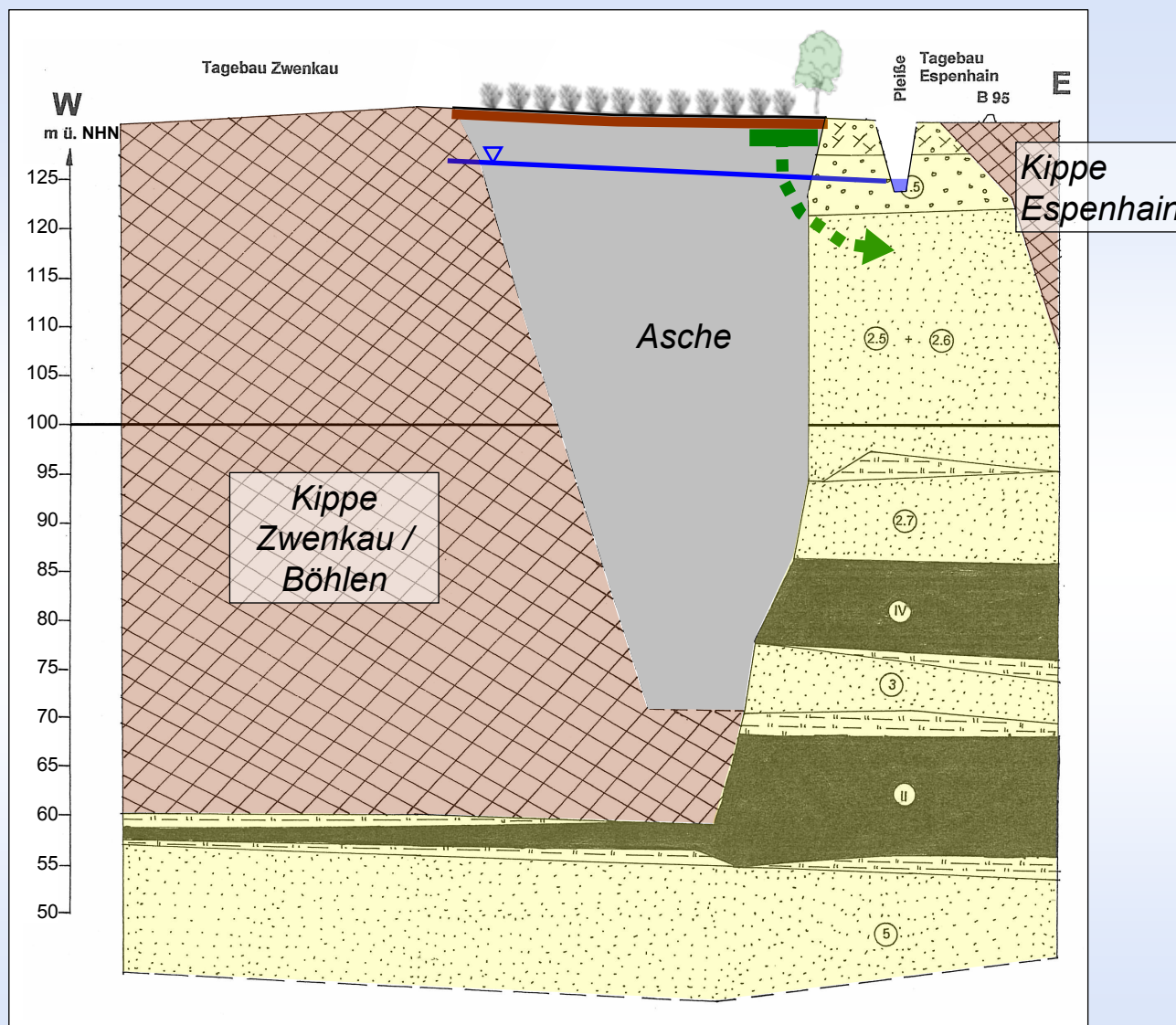
1.

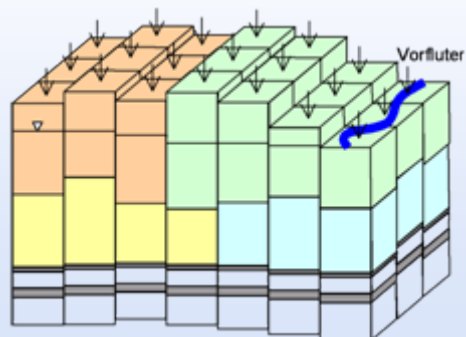
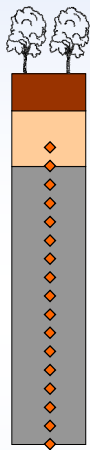
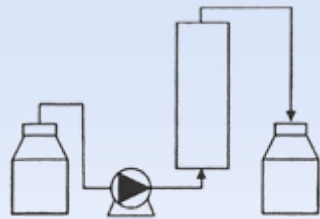
Bearbeitungsgebiet und geologische Verhältnisse





Quelle: Landesvermessung Sachsen





2. Projektablauf

Gips-Eluat-Untersuchungen mit Überschreitung des Fluorid-Geringfügigkeitschwellenwertes nach LAWA
→ Behördenveranlassung zur Prognose von Stoffkonz. im GW

Aufgabenstellung gemäß
Musterleistungsbeschreibung



Laborversuche zur
Parameterermittlung

- Stoffaustrag aus Gips
- Stoffrückhalt der Asche
- Wasserspannungskurve Gips



obere Randbedingung
Parametermodell Asche

Sickerwasserprognose

- Grundwasserneubildung
- Zeitfunktion Stoffeintrag in das Grundwasser



Parametermodell Asche

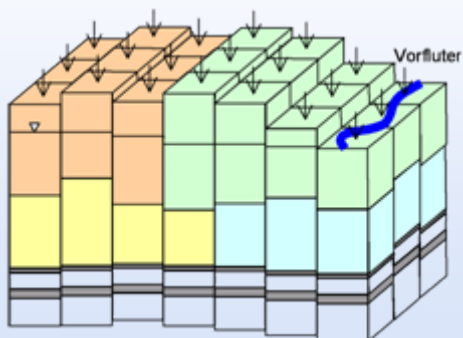
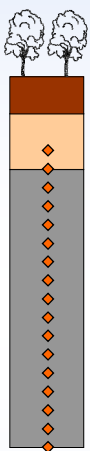
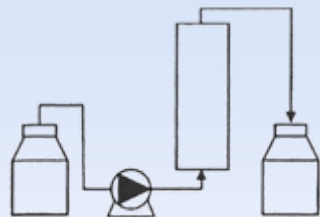
Grundwasserneubildung
obere Randbedingung

GW-Strömungs- und
Stofftransportmodell

- Stoffverteilung im GW in Abhängigkeit von der Zeit



Grundlage der Beurteilung des REA-Gips-Einbaus durch die Behörde



3. Parameterermittlung über Laborversuche

Quellterm (REA-Gips)

Zeitfunktion der mittleren Fluoridkonzentration im sickewasserdurchströmten Gips als obere Randbedingung für die Sickerwasserprognose

Transportterm (Kraftwerksasche)

Quantifizierung des Stoffrückhalts für die Stofftransportberechnung in der ungesättigten und der gesättigten Zone

Bodenphysikalische Parameter

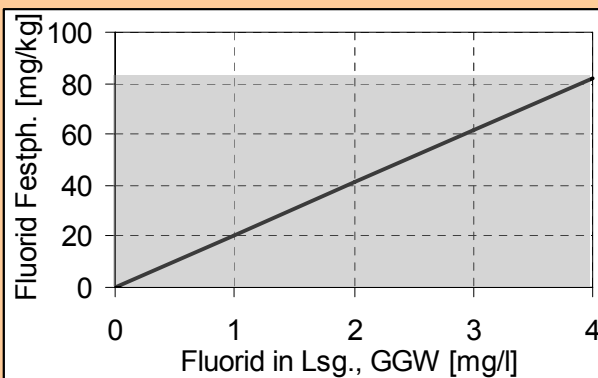
Porosität, Trockenrohdichte für REA-Gips und Kraftwerksasche

Ermittlung der Wasserspannungskurve des REA-Gips

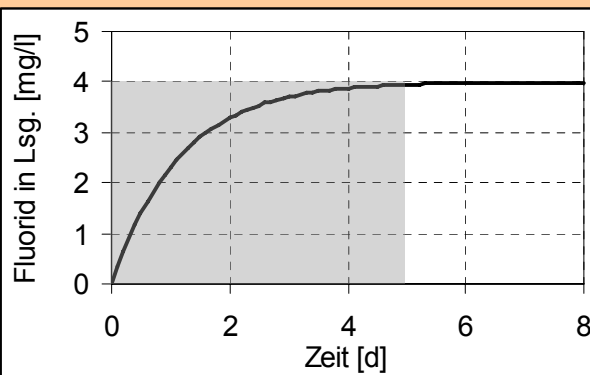
Erarbeitung einer Aufgabenstellung unter Verwendung der **Musterleistungsbeschreibung** (Quell- und Transportterm)

Quellterm

Zur Festphasenkonz. korrespondierende Lösungskonz.:

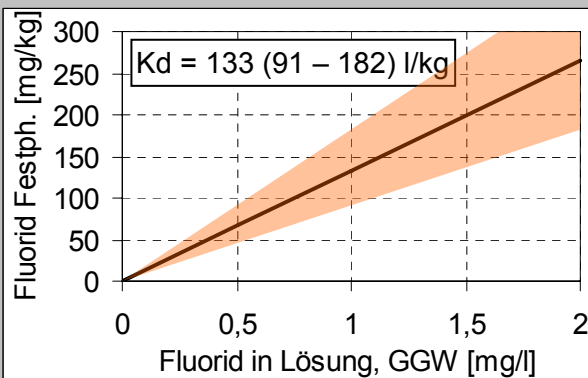


Kinetik Fluoridfreisetzung:



Transportterm

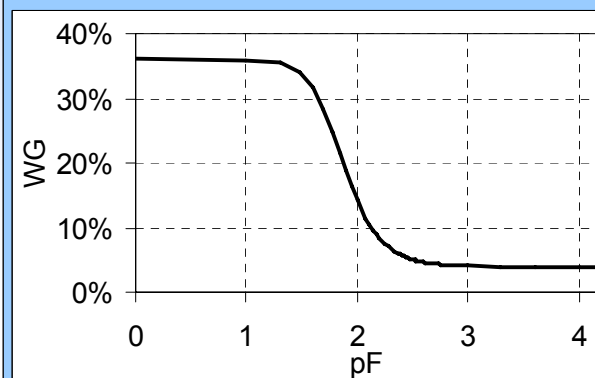
Rückhalt durch Sorption:

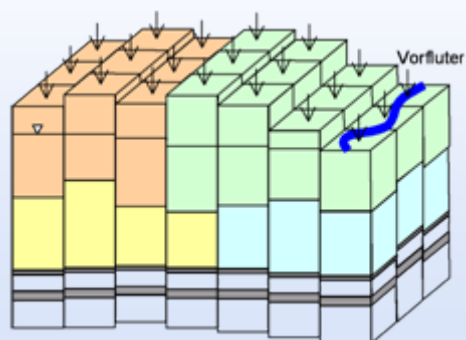
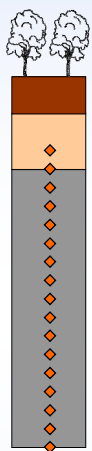
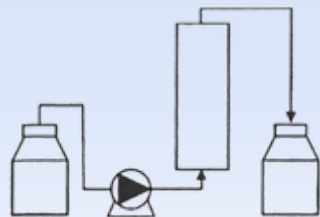


Kinetische Kontrolle der Gleichgewichtseinstellung

Bodenphysikalische Parameter

pF-WG-Kurve REA-Gips:





4. Sickerwasserprognose

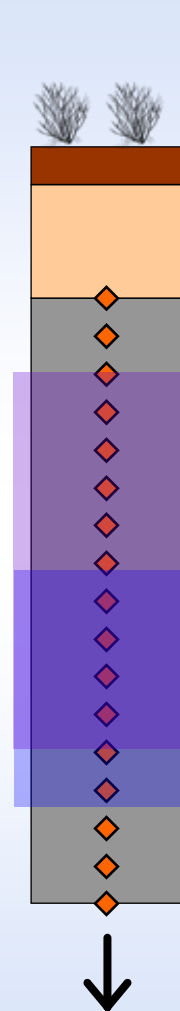
Sukzessionsfläche

Waldfläche

Zeitlich und räumlich
variabler Ort der Beurteilung!

Modellierung mit **SIWAPRO**
1-dimensional

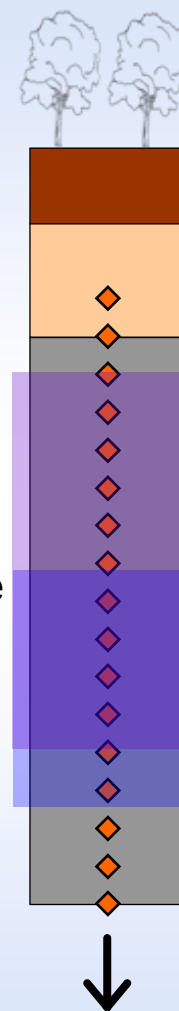
◆ Beobachtungspunkte



Kulturboden

REA-Gips

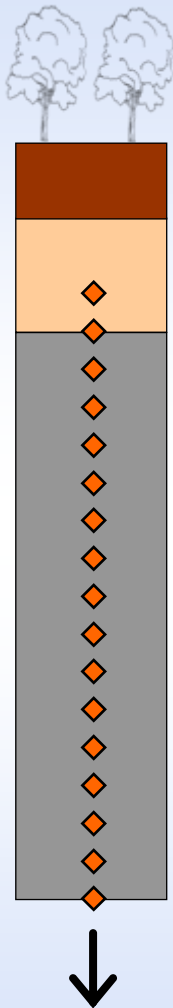
Kraftwerksasche



GW-Stand 2100

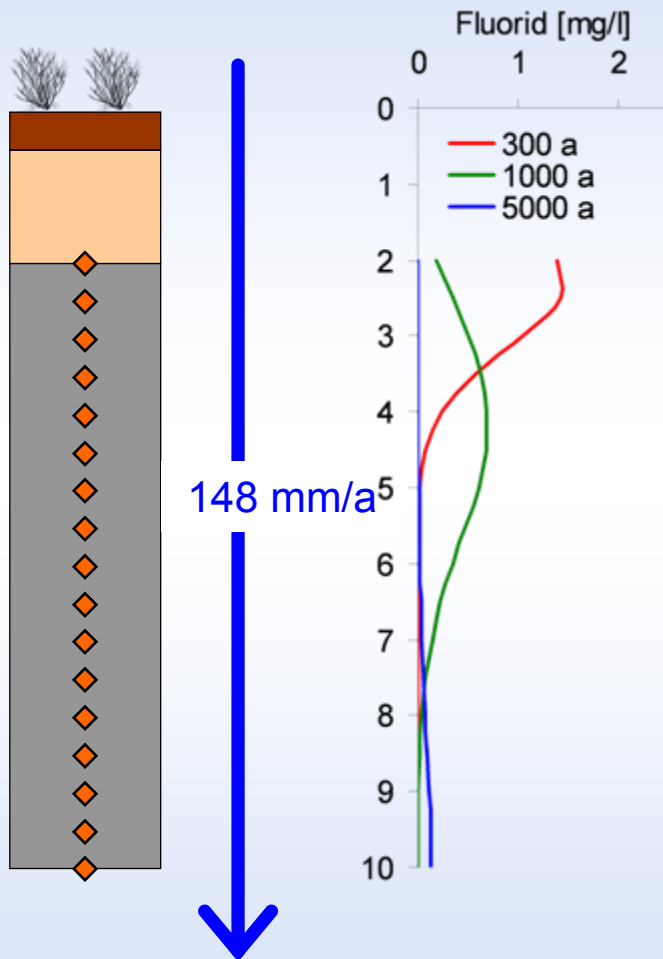
GW-Stand 2011

10 m

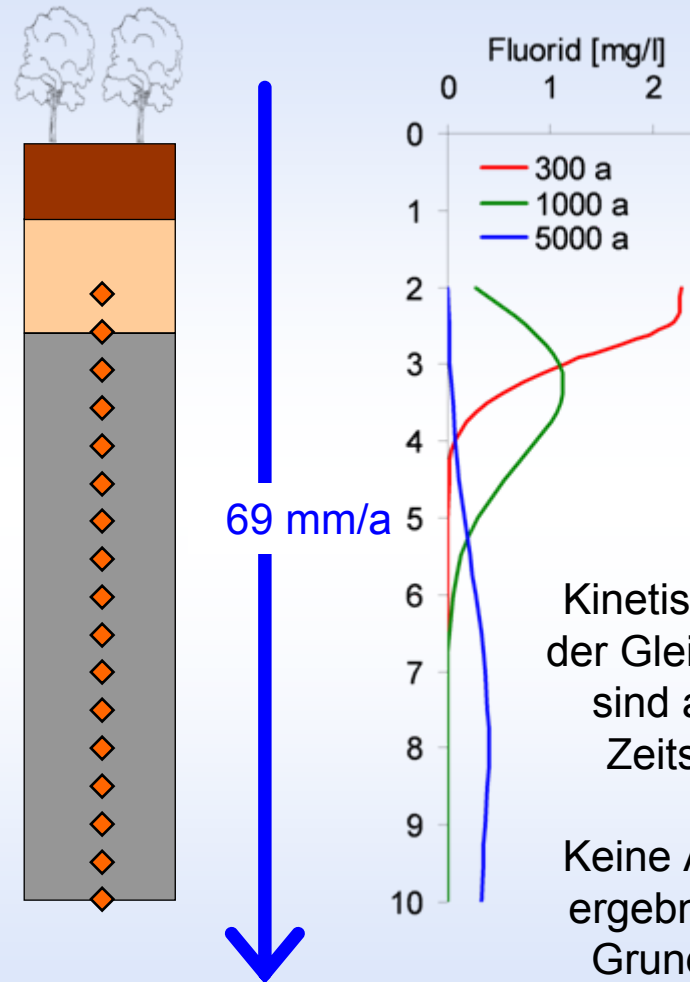


- Bodenhydraulische Parameter
pF-WG-Kurve, gesättigte hydraulische Leitfähigkeit
- Klimatische Randbedingungen
Niederschlag, potentielle Evapotranspiration
- Quellterm Stofftransport
initiale Feststoffkonzentration, linearer Sorptionskoeffizient, Ratenkonstante
- Transportterm Stofftransport
linearer Sorptionskoeffizient, Ratenkonstante
- Dispersivität
longitudinal: 0,6 m (Beims et al., 1982)

Sukzessionsfläche



Waldfläche



Kinetische Ratenkonstanten
der Gleichgewichtseinstellung
sind aufgrund der langen
Zeitskala unbedeutend!

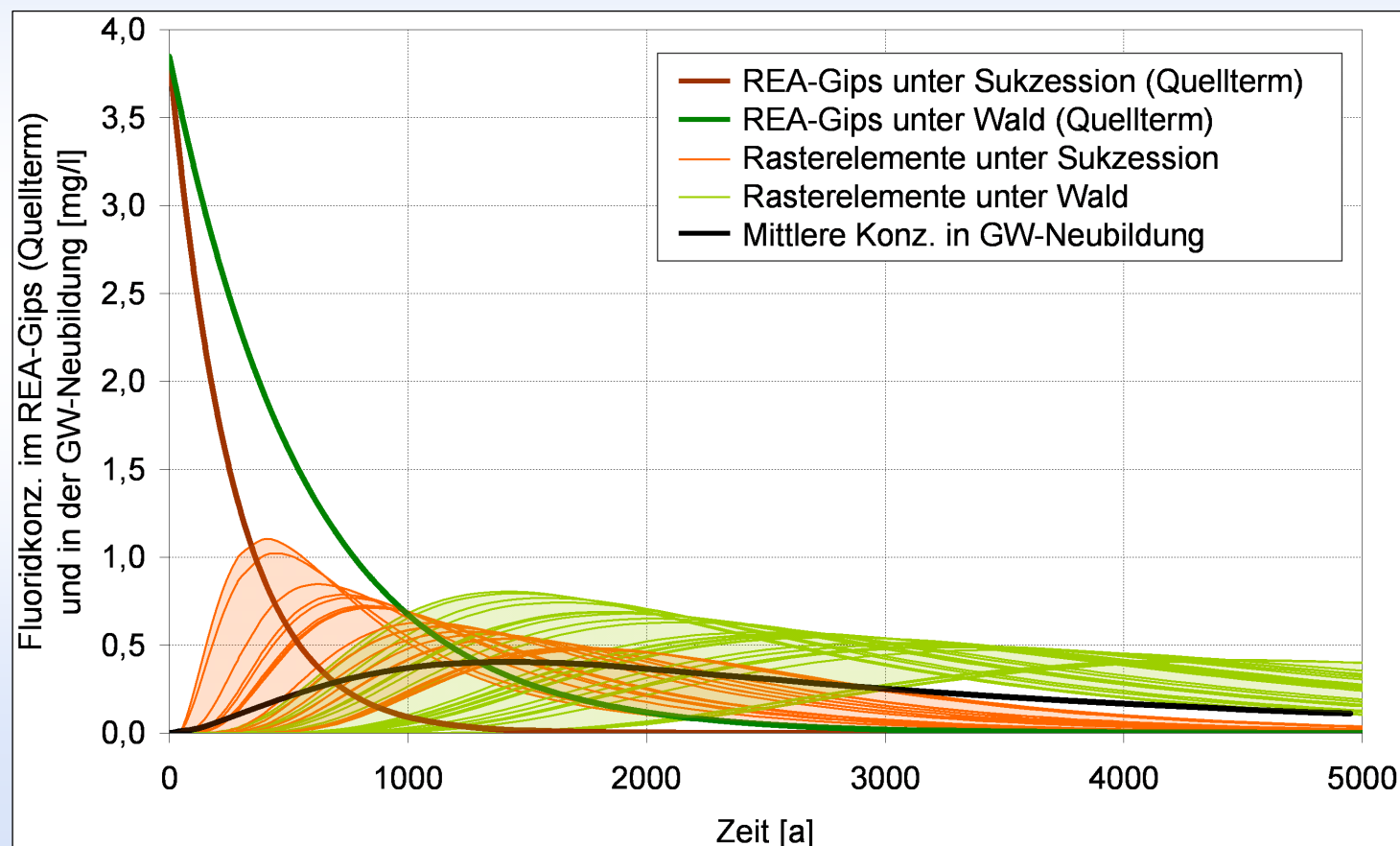
Keine Änderung der Modell-
ergebnisse bei zeitvariabler
Grundwasserneubildung!

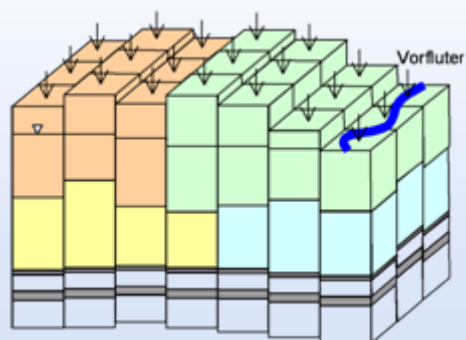
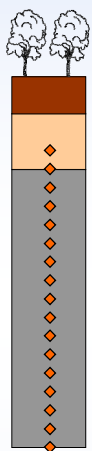
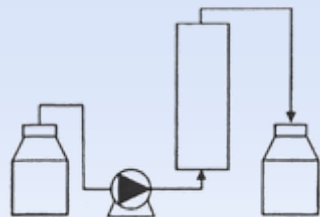
Modellkopplung:

Beaufschlagung der Grundwasserneubildung im GW-Strömungs- und Stofftransportmodell mit Fluoridkonzentrationen entsprechend den Ergebnissen der Sickerwasserprognose

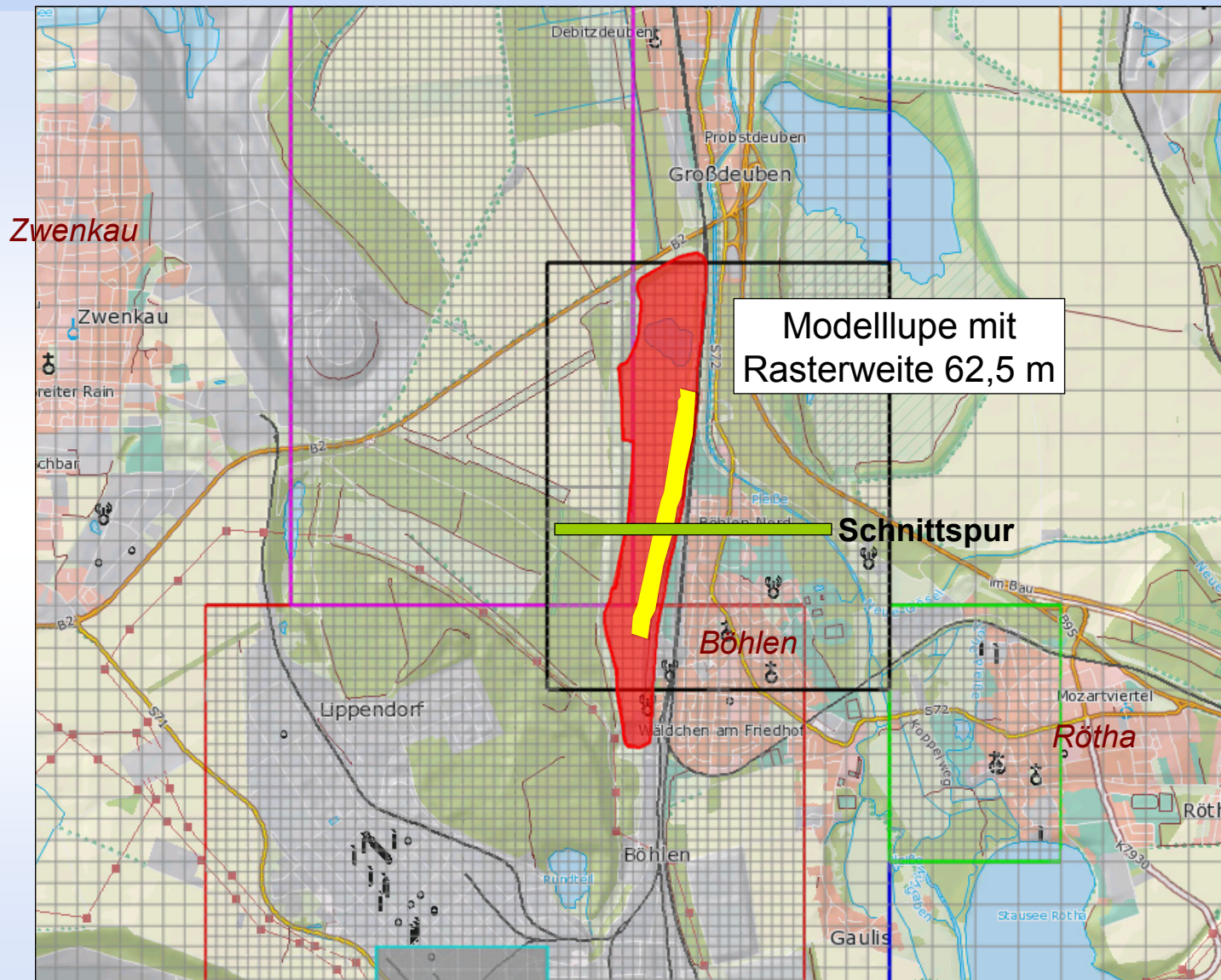
für jedes Modellelement und für jeden Zeitpunkt:

Fluoridkonzentration (Zeit, GW-Flurabstand, Landnutzung)



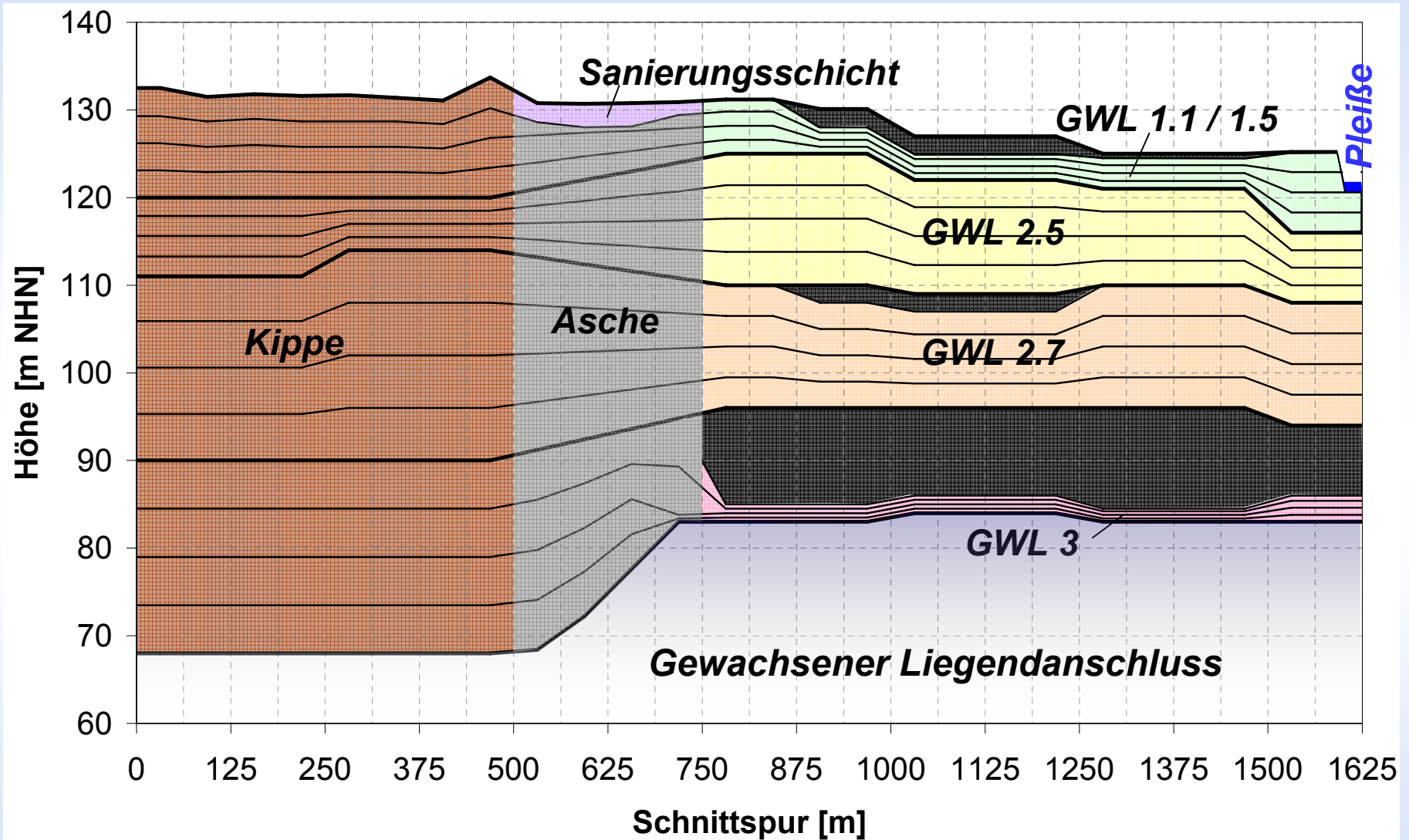


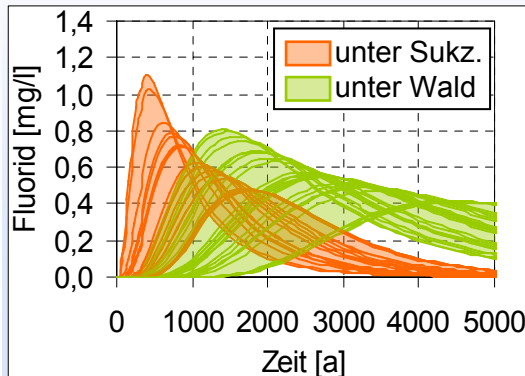
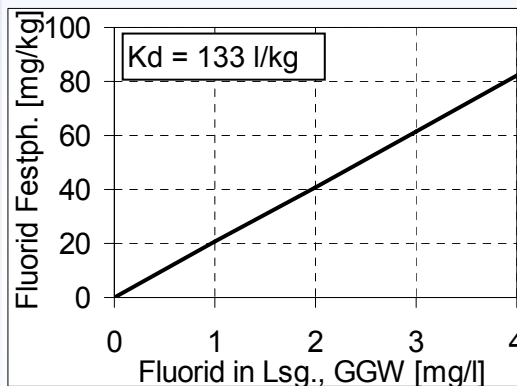
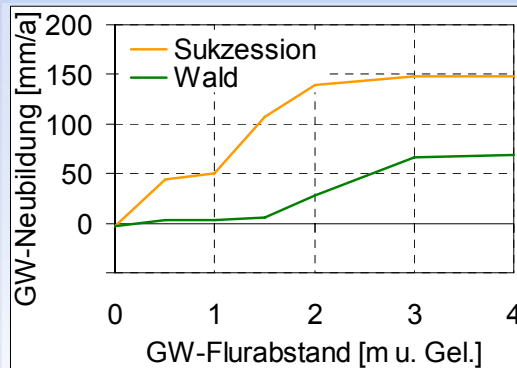
5. Grundwasserströmungs- und Stofftransportmodellierung



**Hydrogeologisches
Großraummodell Süd**

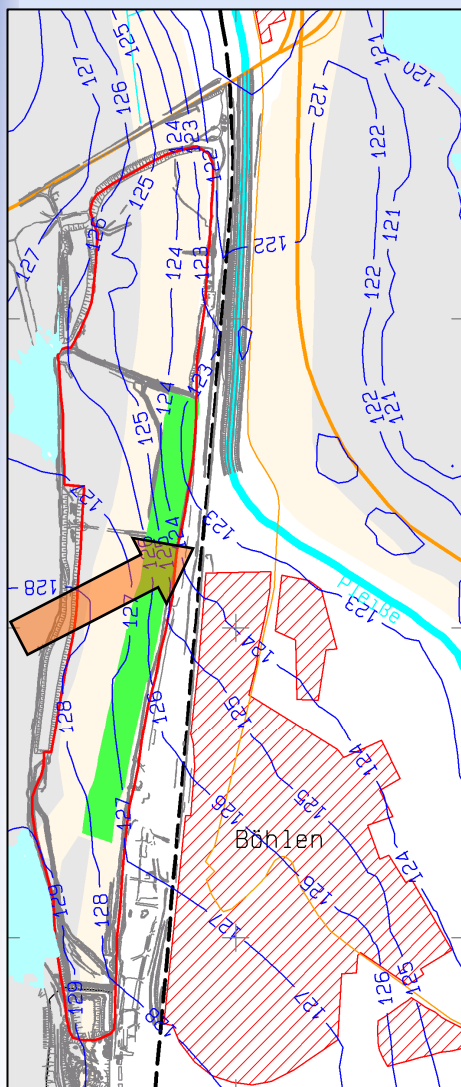
**Programmsystem
PcGeofim**



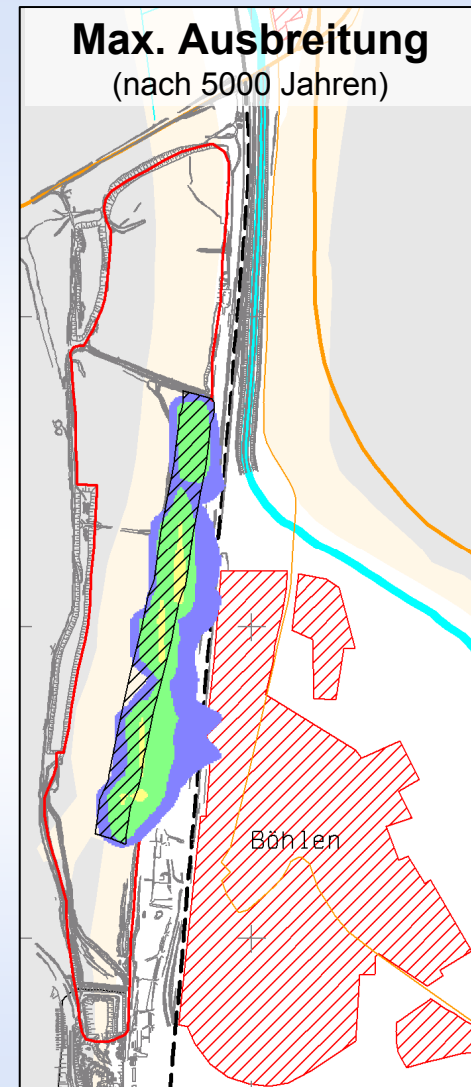
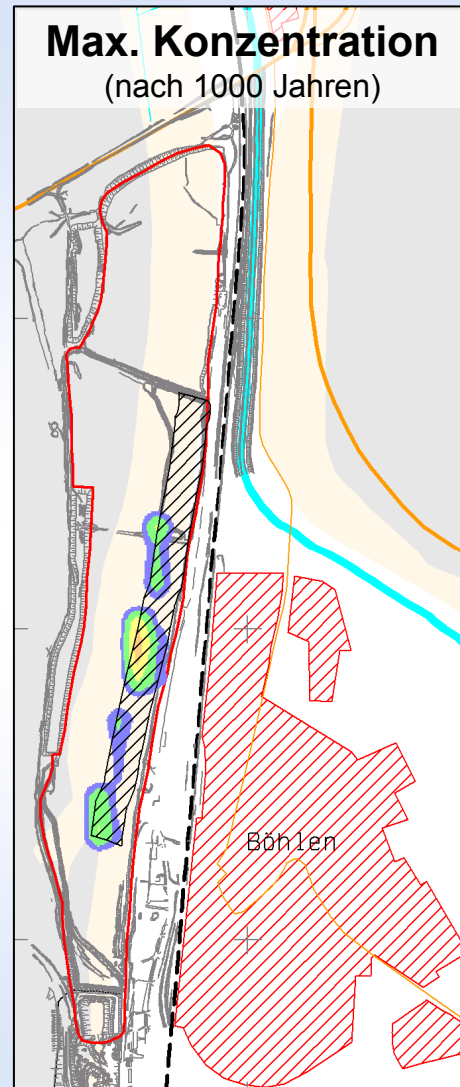
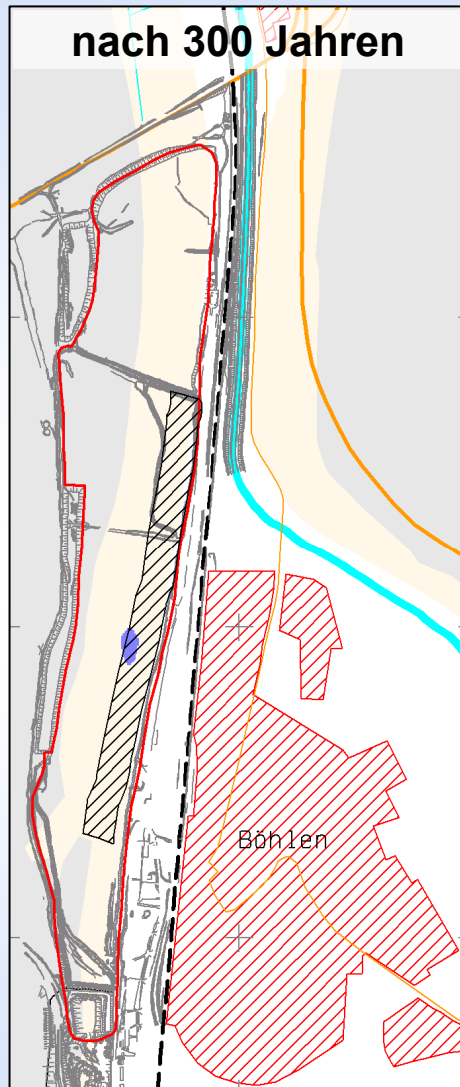


- Gesättigte hydraulische Leitfähigkeiten:
Kippe, gewachsene Schichten, Asche, Sanierungsschicht
- Grundwasserneubildung
gemäß Sickerwasserprognose, flurabstandsabhängig
- Randbedingungen Grundwasserströmung:
Standgewässer, Fließgewässer (Pleisse u.a.)
- Sorption im Aschekörper
- Randbedingung Stoffeintrag
über Grundwasserneubildung gemäß Sickerwasserprognose
- Dispersivität
longitudinal: 5 m, horizontal und transversal: 0,5 m (Beims et al., 1982)

Wasserstände 2100:

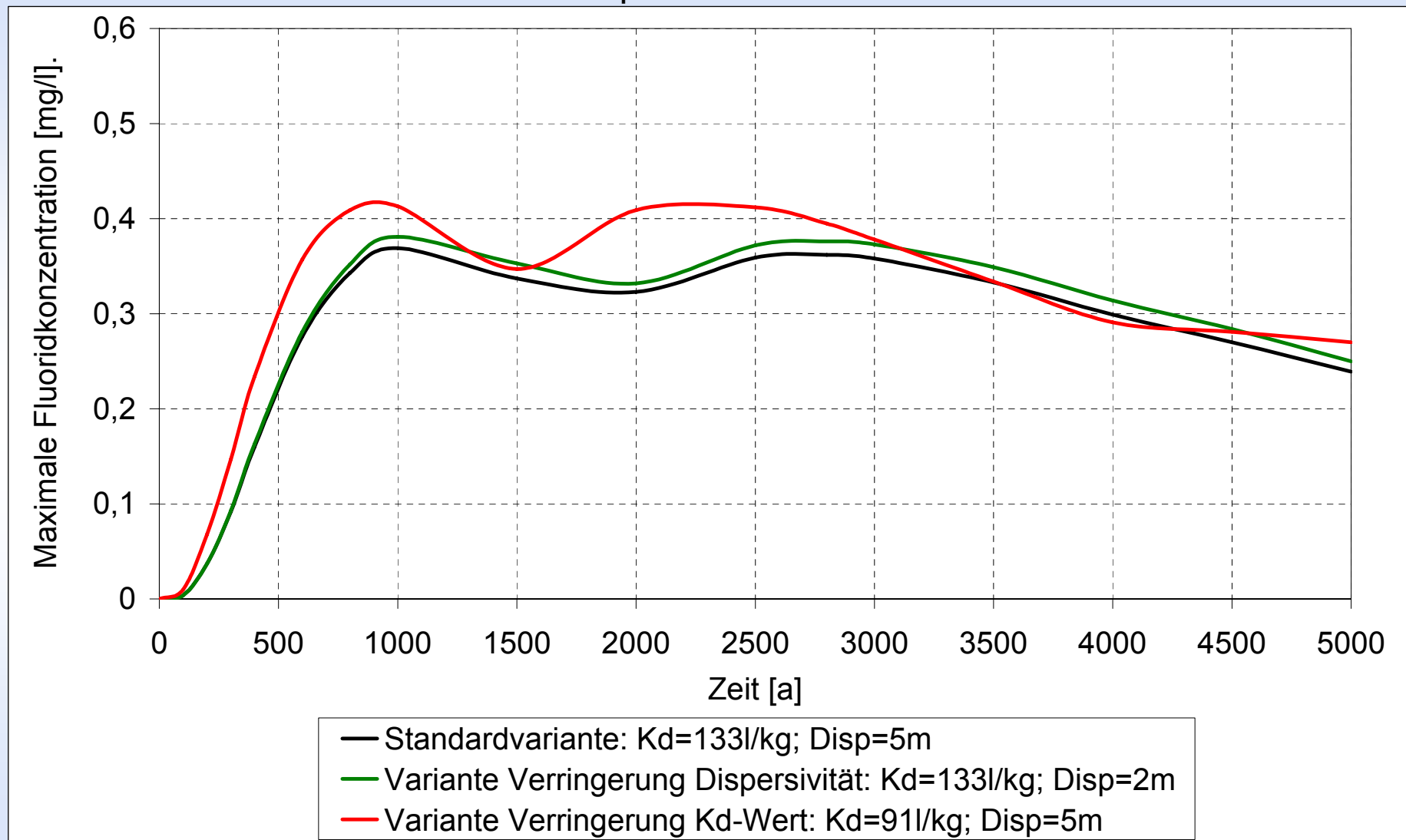


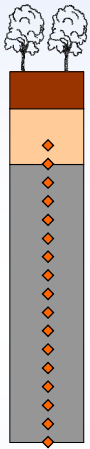
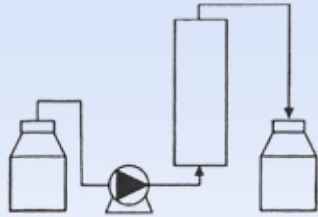
Fluoridverteilung im Grundwasser:



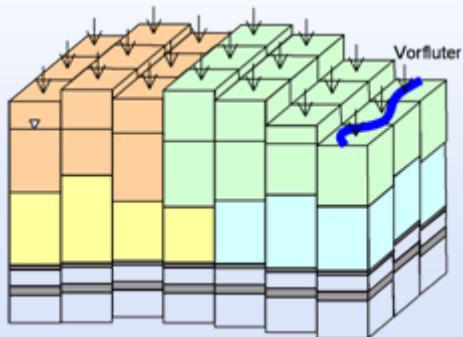
Fluoridkonz. [mg/l]:
 ■ 0,05 – 0,1
 ■ 0,1 – 0,2
 ■ 0,2 – 0,3
 ■ 0,3 – 0,4
 20/24

Variation des K_d -Wertes und der Dispersivität

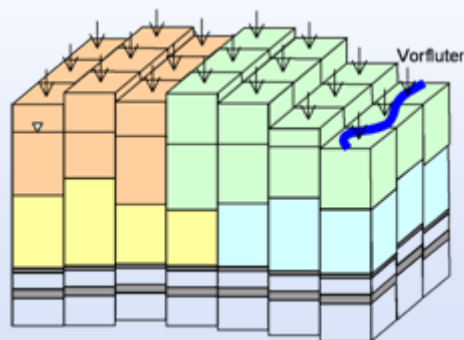
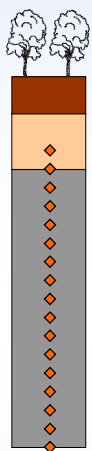
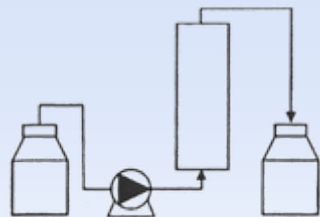




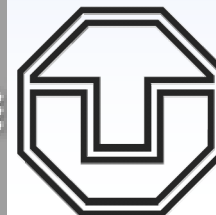
6. Fazit



- **Ergebnisse der Modellierung:**
 Maximale für das Grundwasser berechnete Fluoridkonzentrationen $< 0,4 \text{ mg/l}$
 Aufgrund hoher Sorptionskapazität der Aschen $\rightarrow$ 1000 Jahre bis zur Einstellung
 max. Fluoridkonzentrationen im Grundwasser, übertrifft überschaubaren Zeitraum bei Weitem
- **Genehmigung** des REA-Gips-Einbaus durch die **Behörde** ist erfolgt
 keine relevante Beeinträchtigung der Grundwasserbeschaffenheit
 zu keinem Zeitpunkt Überschreitung des Geringfügigkeitschwellenwertes nach LAWA zu erwarten
- **3-stufige Bearbeitung** hat sich bewährt:
 1. Laborversuche zur Parameterermittlung
 2. Sickerwasserprognose nach BBodSchV zur Ermittlung der Stoffeinträge in das Grundwasser
 3. GW-Strömungs- und Stofftransportmodellierung nach Stand der Technik
 (Hydrogeologisches Großraummodell Süd, PcGeofim)
- **Enge Zeitschiene** von 4 – 5 Monaten ab Beginn der Laborversuche bis zum Abschluss der Modellierung konnte eingehalten werden
- **Musterleistungsbeschreibung** liefert eine **praktikable Hilfestellung** für die Abarbeitung einer Aufgabenstellung zur Parameterermittlung für den Modellierer
- Anbindung der Ergebnisse der Sickerwasserprognose als obere stoffliche Randbedingung für die Stoffstrommodellierung im Grundwasser (**off-line-Kopplung**) ist bei flurfernen Grundwasserständen möglich und unkompliziert durchführbar



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Kontakt:

www.ibgw-leipzig.de
h.buettcher@ibgw-leipzig.de

■ Feststoff-Charakterisierung:

Materialien: REA-Gips u. Asche

Ausgangszustand: Elemente im Königswasseraufschluss, Dichte, TIC, TOC, S4-Eluat, Fluorid-Gehalt, Kornsummenlinie

Versuchsende: Fluorid-Gehalt

■ Quellterm: **Statischer Batchversuch**

■ Durchführung:

Beprobung von Porenwasser zu diskreten Zeitpunkten (Zeitreihe)

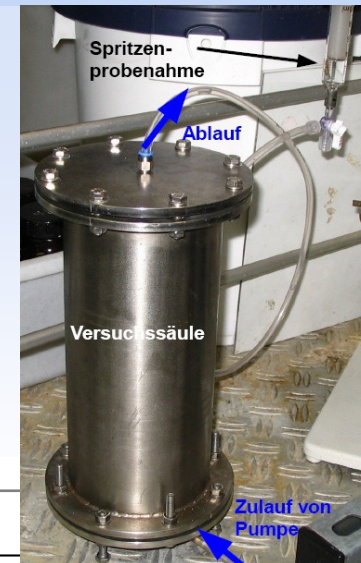
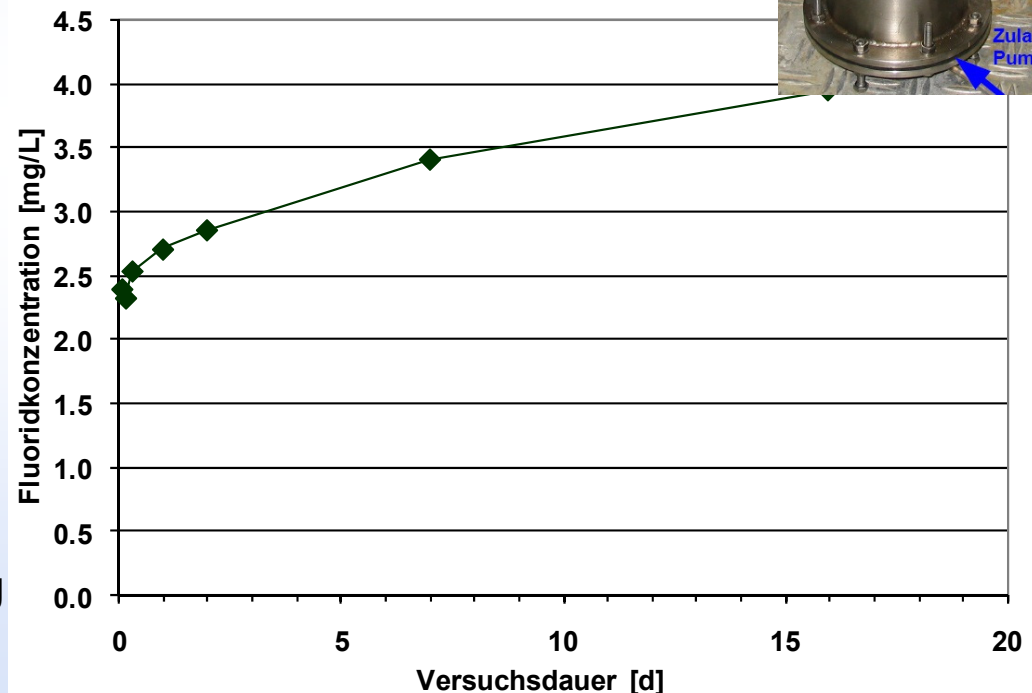
Freisetzungskinetik Fluorid,
Gleichgewichtskonzentration Fluorid

Ergebnis: Zweiphasenkinetik:

1. Phase: $t < 24\text{h}$ Gipslösung;

2. Phase: $1\text{d} < t < 14\text{d}$

diffusionskontrollierte Fluoridfreisetzung



- Transportterm: **Klassischer Batchversuch**
- Durchführung:
Schüttelversuch mit verschiedenen Gipseluat/Asche-Verhältnissen
- Parameterermittlung:

Berechnung der Aschebeladung:

$$q = W / F \cdot (c_{w,0} - c_{w,eq.})$$

Ermittlung der Speicherfunktion:

$$K_d = \frac{q}{c_{w,eq.}}$$

q

Beladung des Feststoffs (mg/kg)

W/F

Wasser/Feststoffverhältnis im Batch (kg/L)

$c_{w,0}$

Fluoridkonzentration im Gipseluat vor Versuch (mg/L)

$c_{w,eq.}$

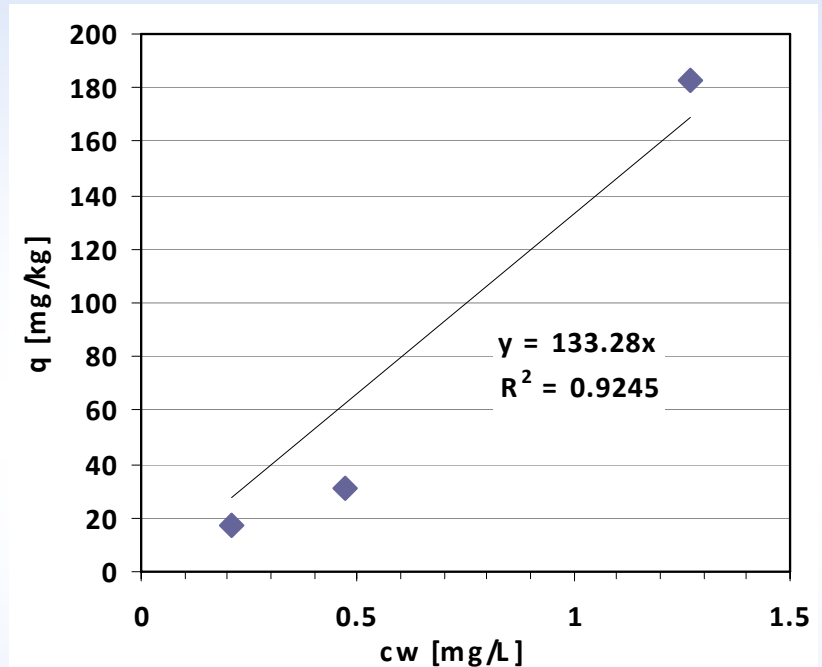
Fluoridkonzentration im Gipseluat im Gleichgewicht mit Festphase (mg/L)

K_d

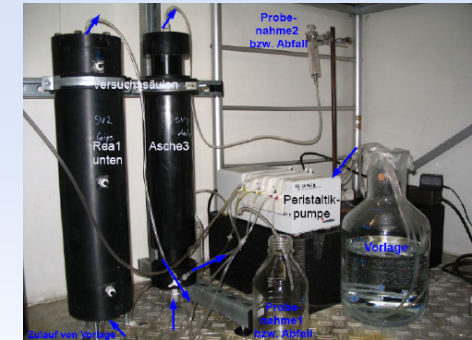
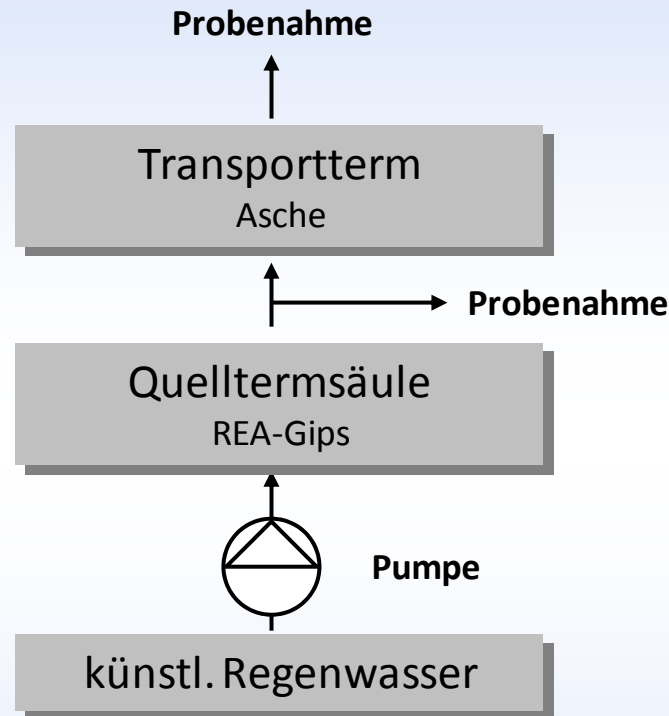
Verteilungskoeffizient (L/kg)

$$K_d \approx 130 \text{ L/kg}$$

Speicherfunktion Fluorid



- Transportterm: **2-stufiger Säulenversuch**
- Durchführung:



- Simulation einer Laufzeit von ca. 20 Jahren
- Fluorid ca. 5...10 cm in Asche eingedrungen
Abschätzung des Retardationskoeffizienten, K_d – Wert aus Batchversuch bestätigt

Bestimmung Fluoridgehalt am Festbett

