

Workshop Sickerwasserprognose

Parameterermittlung und –anwendung
an einem Fallbeispiel

Ergebnisse mit ALTEX-1D

Dresden

27.1.2011

Bernhard Engeser

LBEG Hannover

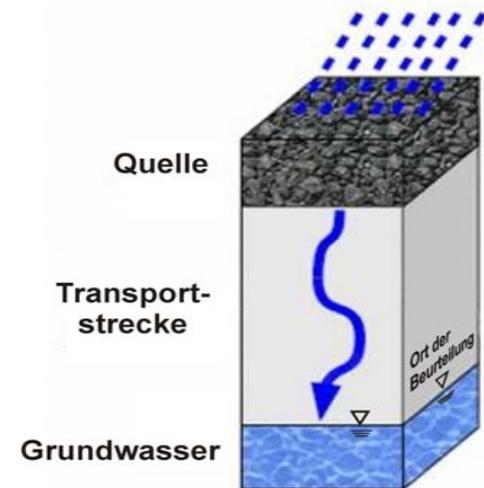


Workshop Sickerwasserprognose

Parameterermittlung und –anwendung an einem Fallbeispiel

Ergebnisse mit ALTEX-1D

1. Kurzvorstellung ALTEX-1D
2. Ergebnisse der Fallbeispiele
Fallbeispiel 1
Fallbeispiel 2
3. Zusammenfassung/Fazit



Was ist ALTEX-1D ?

Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft
Bodenschutz (LABO)

Altlastenausschuss (ALA)

Unterausschuss Sickerwasserprognose

Arbeitshilfe
Sickerwasserprognose bei
Detailuntersuchungen

Anhang 3
Excel-Anwendung „ALTEX-1D“

Stand 12/2008

ALTEX-1D

Anytische Lösung der
1D - Transportgleichung mit Excel

ALTEX-1D ist ein Instrument zur
quantifizierenden Abschätzung des
durch Sickerwasser verursachten
Stoffeintrages in das Grundwasser bzgl.
Konzentrationen $c_{si}(t)$ und Frachten $E_{si}(t)$

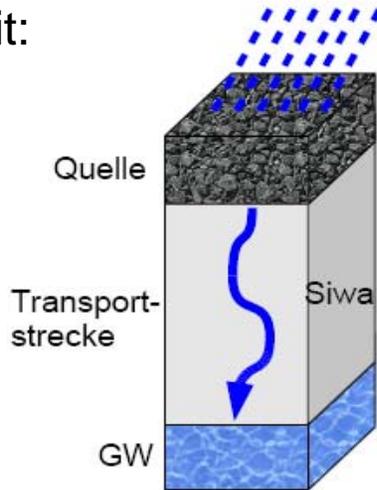
Grundlage von ALTEX-1D ist die
**analytische Lösung der eindimensionalen
Advektions-Dispersions-Transportgleichung**

$$R \cdot \frac{\delta c}{\delta t} = D_z \cdot \frac{\delta^2 c}{\delta z^2} - v_z \cdot \frac{\delta c}{\delta z} - \lambda \cdot c$$



Für welche Aufgaben ist ALTEX-1D geeignet?

ALTEX-1D ist auf den **Standardfall** beschränkt mit:



-Freisetzung der Schadstoffe aus einer in der ungesättigten Zone liegenden Quelle infolge des Kontaktes mit durchsickerndem Niederschlagswasser

-anschließender Verlagerung der Schadstoffe mit dem Sickerwasser durch die ungesättigte Bodenzone zur Grundwasseroberfläche.

ALTEX-1D soll:

✓ ein einfach handhabbares quantitatives Abschätzungsinstrument in Ergänzung zu komplexeren Stofftransportmodellen sein

✓ das Verständnis der in der Arbeitshilfe beschriebenen Zusammenhänge verbessern

✓ die Fallbeispiele der Arbeitshilfe nachvollziehbar machen

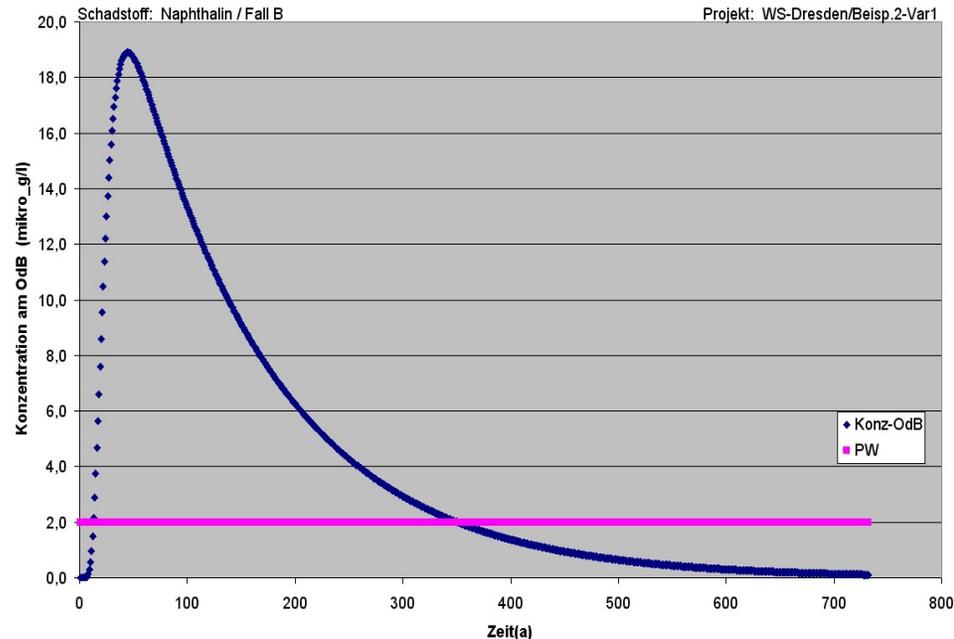
✓ ein „Gefühl“ für die Auswirkung unterschiedlicher Eingabeparameter auf das Ergebnis vermitteln

✓ die Transparenz und Reproduzierbarkeit von Sickerwasserprognosen verbessern

Was wird mit ALTEX-1D berechnet?

- Zeitlicher Verlauf der Schadstoffkonzentration im Sickerwasser am Ort der Beurteilung
- maximale Schadstoffkonzentration am Ort der Beurteilung
- Zeitpunkt der Prüfwertüberschreitung und –unterschreitung
- Zeitdauer der Prüfwertüberschreitung
- maximale und mittlere Schadstofffrachten ins Grundwasser
- Gesamter Schadstoffeintrag ins Grundwasser
- Maximale und mittlere Emissionsstärke (flächenbezogene Fracht)

max. Konzentration	c_{\max}	$\mu\text{g/l}$	18,9
Zeitpunkt der max. Konz.	$t_{c\max}$	a	45,0
Zeitpunkt PW-Überschr.	$t_{pw\ddot{u}}$	a	12,0
Zeitpunkt PW-Unterschr.	t_{pwu}	a	350,0
Dauer PW-Überschr.	t_{pw}	a	338,0
Schadstoffemission Quelle	$E_{s1\text{ges}}$	kg	0,432
Schadstoffemission GW	$E_{s2\text{ges}}$	kg	0,057
max. Fracht GW	$E_{s2\max}$	g/a	0,378
mittl. Fracht GW	$E_{s2\text{mittel}}$	g/a	0,168
max. Emissionsstärke GW	$J_{s2\max}$	$\text{mg}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$	3,8
mittl. Emissionsstärke GW	$J_{s2\text{mittel}}$	$\text{mg}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$	1,7



Welche Annahmen macht ALTEX-1D?

eindimensionale vertikale Strömung

zeitlich konstante (stationäre)
Sickerwasserrate (SWR)

mittl. Wassergehalt in der
Transportstrecke entspricht
Feldkapazität (FK)

mittl. Sickerwassergeschwindigkeit
wird berechnet aus SWR/FK

Quellstärkefunktion (konstante
Quellkonzentration oder exponentiell
abklingend) wird als obere
Randbedingung 3. Art (Fluss)
vorgegeben

lineare Sorptionsisotherme

Schadstoffabbau mit Kinetik 1. Ordnung

Berücksichtigung mehrschichtig
aufgebauter Transportstrecken über
äquivalente Transportparameter

Berücksichtigung des 3-
Phasengleichgewichtes
Boden/Sickerwasser/Bodenluft über
äquivalente Transportparameter

keine Verdünnung durch den
Grundwasserstrom am unteren Rand
(„halbunendliche Säule“ $\delta c / \delta x (\infty, t) = 0$)

Annahmen führen i.d.R. zu einem Ergebnis auf der sicheren Seite (konservative Abschätzung)

Wo kann man ALTEX-1D bekommen? (1)



LABO

Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz

www.labo-deutschland.de

- Startseite
- Willkommen
- Vorsitz und Geschäftsstelle
- Aktuelles
- Mitglieder
- Ausschüsse
- Termine
- Jahresberichte
- **Veröffentlichungen**
- Links
- Suche
- Kontakt
- Interner Bereich
- Impressum

[Arbeitshilfe Sickerwasserprognose bei Detailuntersuchungen Stand 10/2006 mit redaktionellen Anpassungen \(Stand 12/2008\)](#) (PDF | 5.921 kb)

Ergänzend zu der 2003 veröffentlichten Arbeitshilfe "Sickerwasserprognose bei orientierenden Untersuchungen", befasst sich diese Arbeitshilfe mit der Durchführung der Sickerwasserprognose bei Detailuntersuchungen und unterstützt damit die Arbeit der Bodenschutzvollzugsbehörden bei Untersuchungen und Bewertungen des Wirkungspfades Boden - Grundwasser. Bestandteil dieser Arbeitshilfe ist das Berechnungsinstrument ALTEX-1D, mit dem Sickerwasserprognoseberechnungen durchgeführt, d. h. Sickerwasserkonzentrationen und -frachten am Ort der Beurteilung quantitativ abgeschätzt werden können. Die Umweltministerkonferenz empfiehlt die Anwendung der Arbeitshilfe in den Ländern und hat mit Beschluss Nr. 12/2007 vom 14. Mai 2007 der Veröffentlichung auf der LABO-Homepage zugestimmt. Anschließend wurde eine validierte und im Hinblick auf Anwendungsbreite und Benutzerfreundlichkeit entscheidend verbesserte Version des [Arbeitsblattes ALTEX-1D \(Stand 12/2008\)](#) (XLS | 555 kb) vorgelegt und gemeinsam mit der angepassten Arbeitshilfe von der LABO im März 2009 verabschiedet. Die auf der Webseite des Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie Niedersachsen (LBEG) zum Herunterladen bereit gestellte aktuelle Version von [ALTEX-1D](#) schließt anschließend durchgeführte Änderungen ein.

[Link zum LBEG](#)



Wo kann man ALTEX-1D bekommen? (2)

Nur Text > Kontakt > Impressum > Datenschutz

Suche Portal Niedersachsen

LBEG Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie

GEOZENTRUM HANNOVER Niedersachsen

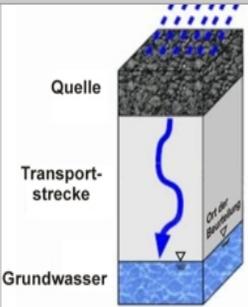
www.lbeg.niedersachsen.de

Aktuelles | Bergbau | Energie & Rohstoffe | **Geologie** | Boden & Grundwasser | Karten & Daten | Service | Publikationen | Wir über uns

Pfad > Home > Boden & Grundwasser > Altlasten > Arbeitshilfen > Sickerwasserprognose

Arbeitshilfen

Sickerwasserprognose



Sickerwasserprognose

Sickerwasserprognose

Sickerwasserprognose

Für die Beurteilung des Wirkungspfades Boden-Grundwasser auf altlastenverdächtigen Flächen und Verdachtsflächen sieht die BBodSchV die Durchführung einer Sickerwasserprognose vor.

Der Altlastenausschuss (ALA) der Länderarbeitsgemeinschaft Boden (LABO) hat zwei Arbeitshilfen zur Durchführung der Sickerwasserprognose erstellt, die von der Umweltministerkonferenz (UMK) den Ländern zur Anwendung im Vollzug empfohlen wurden. Die Arbeitshilfen beschreiben die Vorgehensweise

- bei Orientierenden Untersuchungen (OU) - [Download](#) (PDF, 588 KB) und
- Detailuntersuchungen (DU) - [Download](#) (PDF, 588 KB) .

Während das Ziel der OU auf die Bestätigung oder Ausräumung eines Verdachts gerichtet ist, dient die DU der abschließenden Gefährdungsabschätzung. Demzufolge steht bei der Arbeitshilfe DU die quantitative Betrachtungsweise im Vordergrund.

Die Arbeitshilfe DU enthält das Berechnungsinstrument ALTEX-1D, mit dem Sickerwasserkonzentrationen und -frachten am Ort der Beurteilung quantitativ abgeschätzt werden können.

- [ALTEX 1-D](#) - [Download](#) (XLS, 296 KB)

aktualisierte Version 2.4 v. Februar 2010

Seminar Sickerwasserprognose in der Altlastenbearbeitung

Das LBEG hat im April 2009 für die unteren Bodenschutzbehörden und die Staatlichen Gewerbeaufsichtsämter in Niedersachsen eine Schulungsveranstaltung zur Sickerwasserprognose in der Altlastenbearbeitung durchgeführt, in der die Arbeitshilfen und die Anwendung von ALTEX-1D vorgestellt wurden.

Die **Seminarunterlagen** stehen als Download zur Verfügung:

- Präsentation
- Teil 1: Einführung [Download](#) (PDF 1,9 MB)
- Teil 2: Sickerwasserprognose bei Detailuntersuchungen [Download](#) (PDF 3,9 MB)
- Teil 3: Einführung in ALTEX-1D [Download](#) (PDF 4,7 MB)
- Übungen an Fallbeispielen mit Lösungshinweisen
- Beispiel 1: Hafengelände, PAK - Kontamination - Fluoranthen [Download](#) (PDF 260 KB)
- Beispiel 2: Abwasserrieselungsfläche, Schwermetallkontamination - erhöhte Cadmiumgehalte [Download](#) (PDF 260 KB)
- Beispiel 3: Tiermehlproduktionsbetrieb, Vinylchloridkonzentrationen im GW [Download](#) (PDF 260 KB)

Schulungsunterlagen

Hinweis: Die Urheberrechte für die Schulungsunterlagen liegen beim LBEG.



Fallbeispiel 1/BTEX-Kontamination - Standortbeschreibung

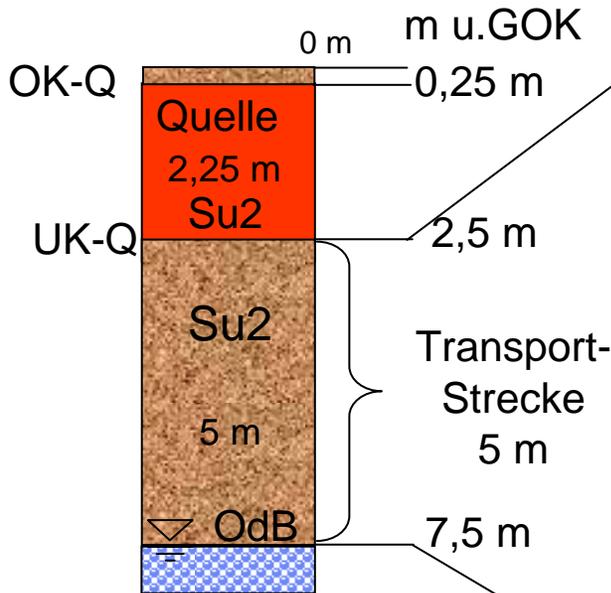
Chemiestandort mit erheblichen Belastungen von Boden- und Grundwasser mit BTEX. Die Sickerwasserprognose wird für den Schadstoff **Benzol** (Prüfwert: $1 \mu\text{g/l}$) durchgeführt.

kont. Fläche F

100 m²

Niederschlag: 695 mm/a
Sickerwasserrate SWR: 200 mm/a
(Abschätzung nach Beims/Gutt)

Schichtprofil



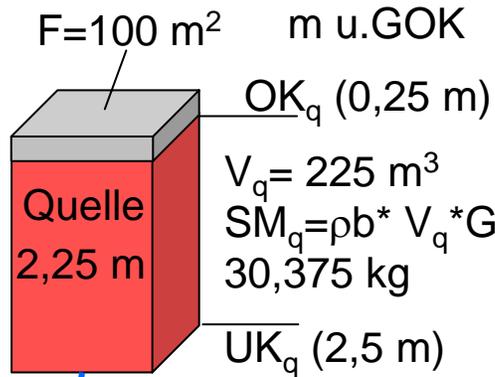
Transportparameter (ALTEX-1D)

Parameter	Symb.	Einheit	Var. 1 Literatur	Var. 2 Labor
Trockenr.-dichte	ρ_b	kg/dm ³	1,5	1,5
Feldkap. (KA5)	FK	% V	23	23
Luftkap. (KA 5)	LK	% V	21	21
C _{org}	TOC	% M	0,57	0,57
Dispersivitäts-Skf.	fd	(-)	0,1	0,1
kd-Wert (Sorption)	kd	l/kg	0,5	5
Halbwertszeit (Abbau)	HWZ	a	0,66	3,52

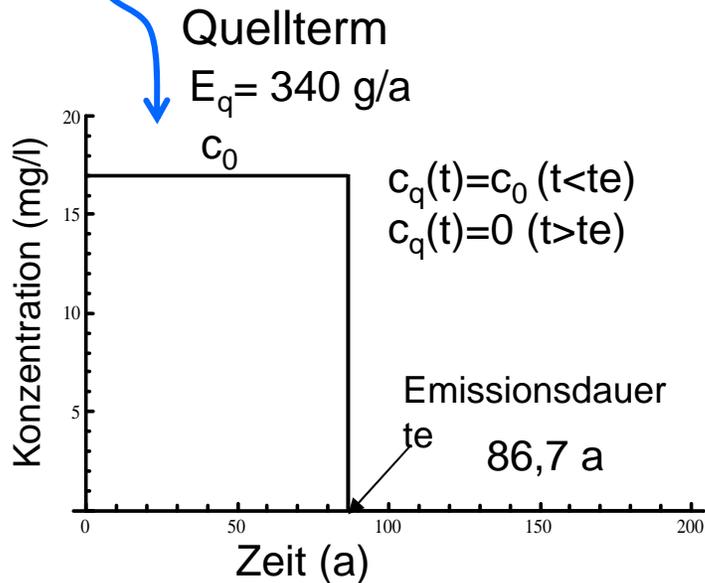


Fallbeispiel 1/BTEX-Kontamination – Beschreibung der Quelle

Die BTEX-Kontamination ist durch residuale KW-Phase verursacht. Die Freisetzung von Benzol erfolgt lösungslimitiert mit konstanter Konzentration $c_q(t)=c_0$ bis zur Erschöpfung der Quelle. Die Emissionsdauer der Quelle t_e ergibt sich aus der Gesamtschadstoffmasse der Quelle (SM_q), dem mobilisierbaren Anteil A_{mob} und der Freisetzungsrate E_q



$$E_q = SWR * F * c_0 \quad t_e = SM_q * A_{mob} / E_q$$



Quelltermparameter (ALTEX-1D)

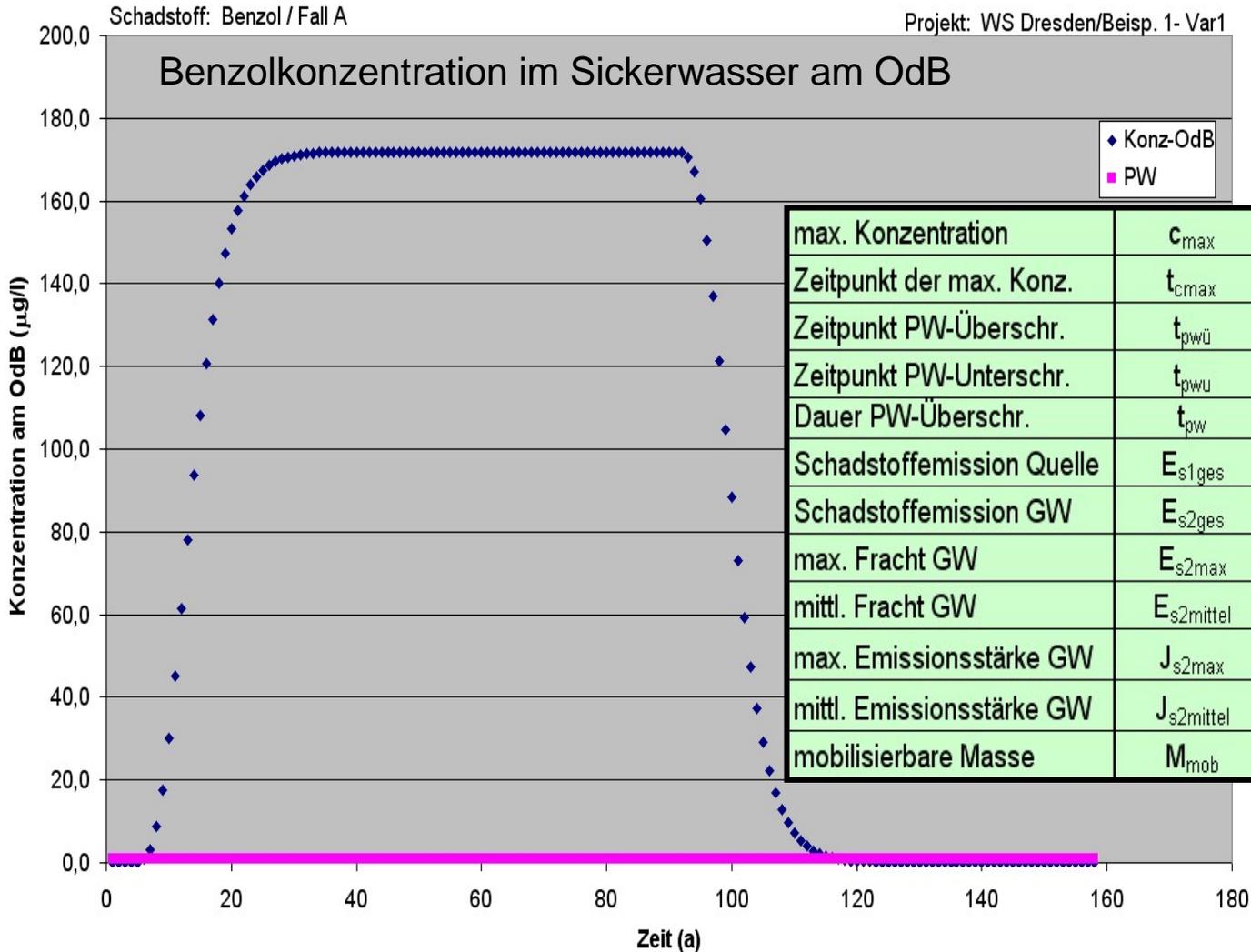
Parameter	Symb.	Einheit	Var. 1 Literatur	Var. 2 Labor
Trockenr.di. Quelle	$\rho_b\text{-}Q$	kg/dm ³	1,5	1,5
Benzolgehalt im Feststoff	G	mg/kg	90	90
Anfangskonz. Sickerwasser	c_0	mg/l	17	17
Mob. Anteil	A_{mob}	% M	100	97
Emissionsdauer (berechnet)	t_e	a	89,3	86,7

ALTEX-1D: Fallkonstellation A



Fallbeispiel 1/BTEX-Kontamination – Ergebnis ALTEX-1D

Variante 1 - Literaturdaten



Fallbeispiel 1/BTEX-Kontamination – Ergebnis ALTEX-1D

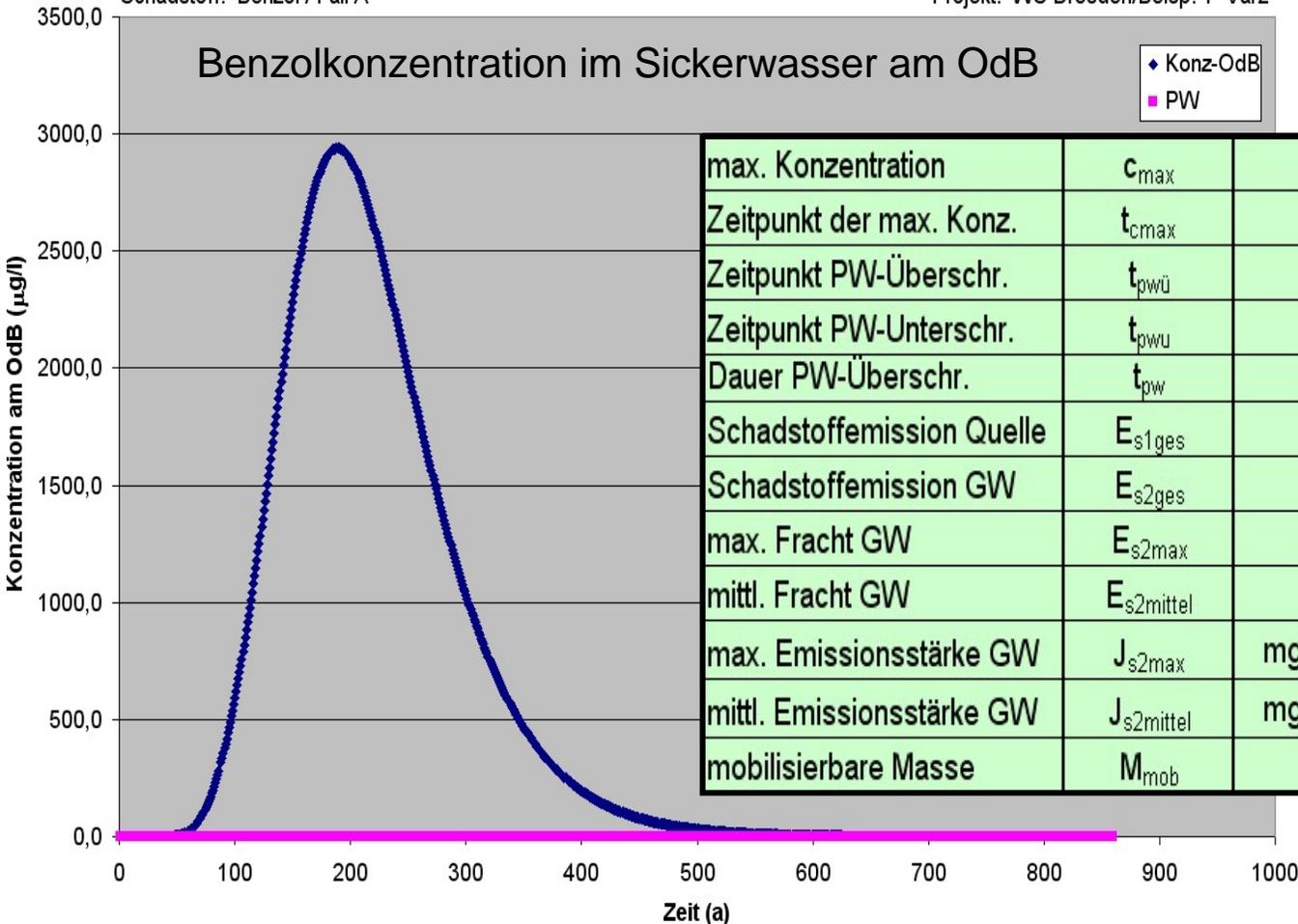
Variante 2 - Labordaten

Schadstoff: Benzol / Fall A

Projekt: WS Dresden/Beisp. 1- Var2

Benzolkonzentration im Sickerwasser am OdB

◆ Konz-OdB
■ PW



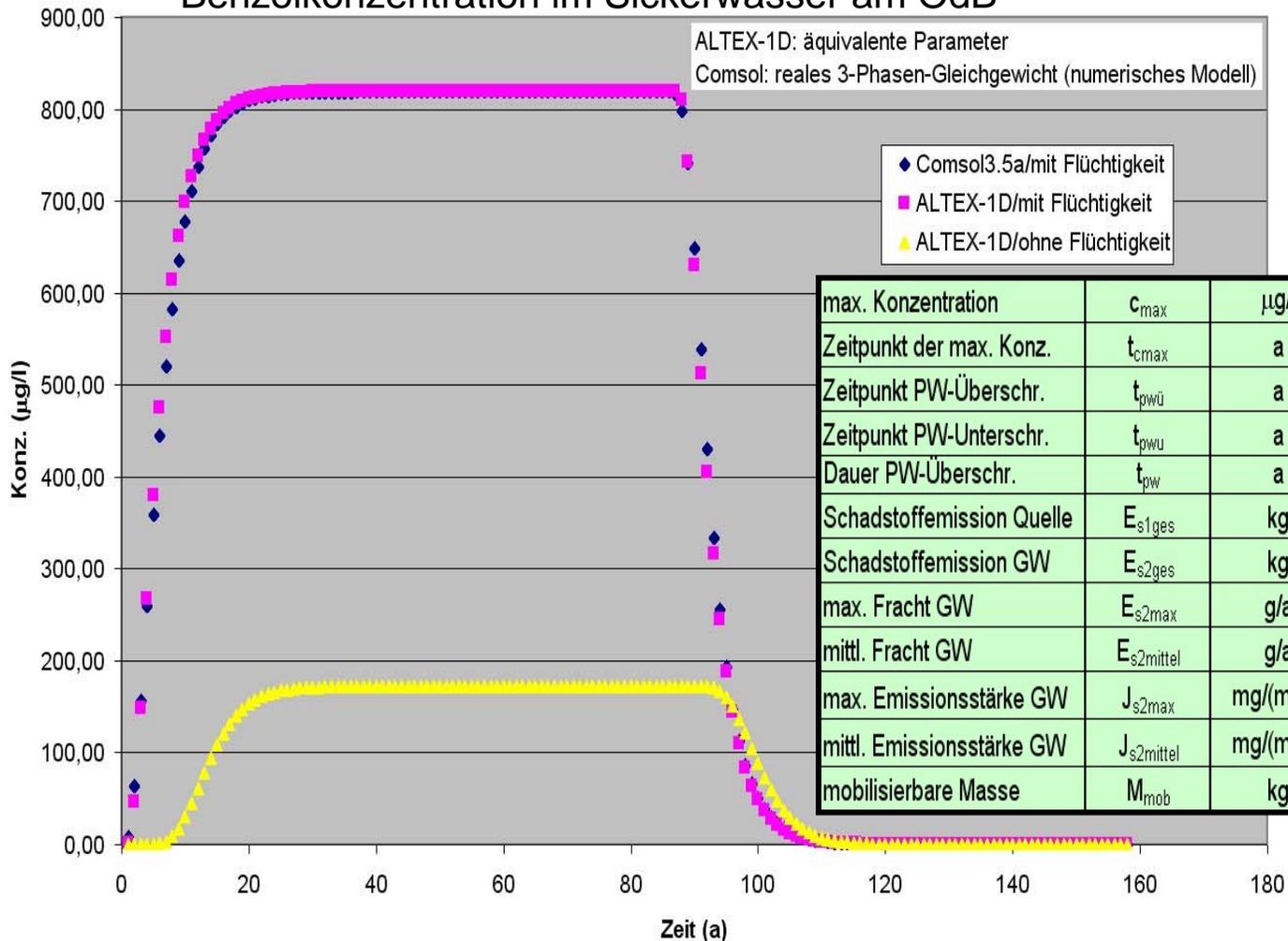
max. Konzentration	c_{max}	$\mu\text{g/l}$	2938,5
Zeitpunkt der max. Konz.	t_{cmax}	a	189,0
Zeitpunkt PW-Überschr.	$t_{pwü}$	a	43,0
Zeitpunkt PW-Unterschr.	t_{pwu}	a	677,0
Dauer PW-Überschr.	t_{pw}	a	634,0
Schadstoffemission Quelle	E_{s1ges}	kg	29,464
Schadstoffemission GW	E_{s2ges}	kg	9,569
max. Fracht GW	E_{s2max}	g/a	58,770
mittl. Fracht GW	$E_{s2mittel}$	g/a	15,093
max. Emissionsstärke GW	J_{s2max}	$\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$	587,7
mittl. Emissionsstärke GW	$J_{s2mittel}$	$\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$	150,9
mobilisierbare Masse	M_{mob}	kg	29,464



Fallbeispiel 1/BTEX-Kontamination – Ergebnis ALTEX-1D

Variante 1/Literaturdaten - Auswirkung der Flüchtigkeit

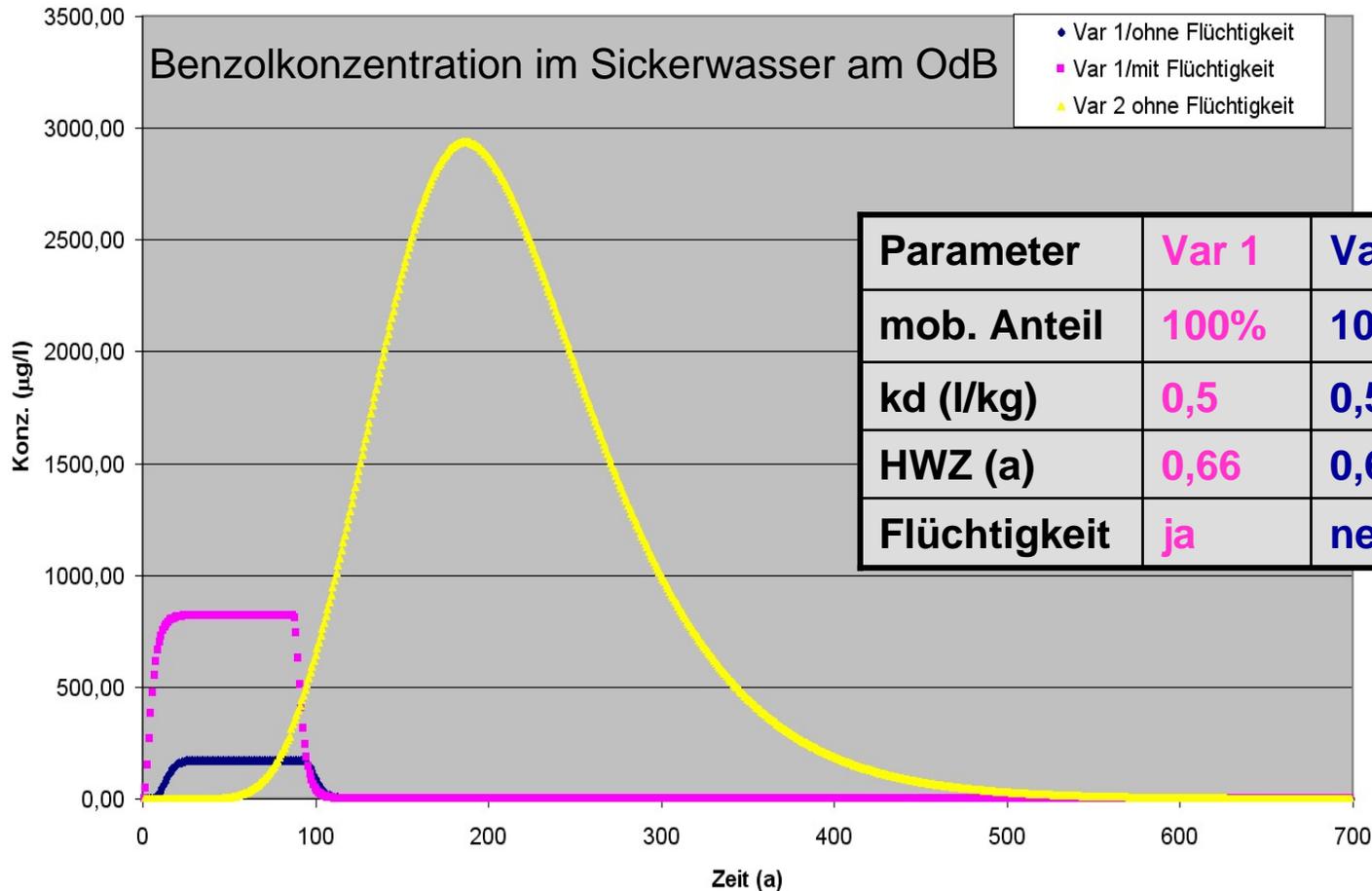
Benzolkonzentration im Sickerwasser am OdB



max. Konzentration	c_{max}	µg/l	171,9	819,1
Zeitpunkt der max. Konz.	t_{cmax}	a	72,0	89,0
Zeitpunkt PW-Überschr.	$t_{pwü}$	a	6,0	0,0
Zeitpunkt PW-Unterschr.	t_{pwu}	a	119,0	117,0
Dauer PW-Überschr.	t_{pw}	a	113,0	117,0
Schadstoffemission Quelle	E_{s1ges}	kg	30,375	30,375
Schadstoffemission GW	E_{s2ges}	kg	0,307	1,464
max. Fracht GW	E_{s2max}	g/a	3,438	16,383
mittl. Fracht GW	$E_{s2mittel}$	g/a	2,718	12,509
max. Emissionsstärke GW	J_{s2max}	mg/(m ² *a)	34,4	163,8
mittl. Emissionsstärke GW	$J_{s2mittel}$	mg/(m ² *a)	27,2	125,1
mobilisierbare Masse	M_{mob}	kg	30,375	30,375



Fallbeispiel 1/BTEX-Kontamination – Ergebnis ALTEX-1D Zusammenfassung



- Der Prüfwert für Benzol (1 µg/l) wird bei allen Varianten deutlich überschritten
- Den größten Einfluss auf das Ergebnis hat der biologische Abbau (HWZ)
- Bei Vernachlässigung der Flüchtigkeit in Var. 1 wird die Konzentration am OdB deutlich unterschätzt (Ergebnis nicht konservativ!)



Fallbeispiel 2/PAK-Kontamination - Standortbeschreibung

Chemiestandort mit erheblichen Belastungen von Boden- und Grundwasser mit PAK. Die Sickerwasserprognose wird für den Schadstoff *Naphthalin* (Prüfwert: 2 µg/l) durchgeführt.

kont. Fläche F

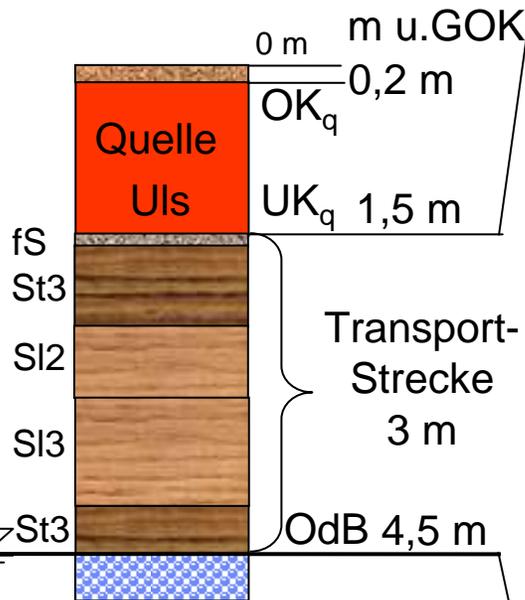
100 m²

Niederschlag: 620 mm/a
Sickerwasserrate SWR: 200 mm/a
(Abschätzung nach Beims/Gutt)

Transportparameter

Parameter	Symb	Einheit	S1	S2	S3	S4	S5
Bodenart			fS	St3	Sl2	Sl3	St3
Mächtigkeit	mä	m	0,1	0,8	0,6	1,1	0,4
Trockenr.dichte	ρ _b	kg/dm ³	1,59 1,7	1,67 1,48	1,65 1,79	1,69 1,71	1,67 1,48
Feldkap. (KA5)	FK	% V	14 12	26 30	23 23	25 25	26 30
Luftkap. (KA 5)	LK	% V	31 23	9 14	13 13	10 10	9 14
C _{org}	TOC	% M	0,2	0,01	0,28	0,01	0,1
Disp.-Skf.	fd	(-)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
kd-Wert	kd	l/kg	3 42	0,2 42	4 42	0,2 42	1,5 42
Halbwertszeit	HWZ	a	1,24 0,356	1,24 0,356	1,24 0,356	1,24 0,356	1,24 0,356

Schichtprofil



xx: Var 1 (Literatur)
xx: Var 2 (Labor)

Berechnung des Mehrschichtprofils mit äquivalenten Parametern

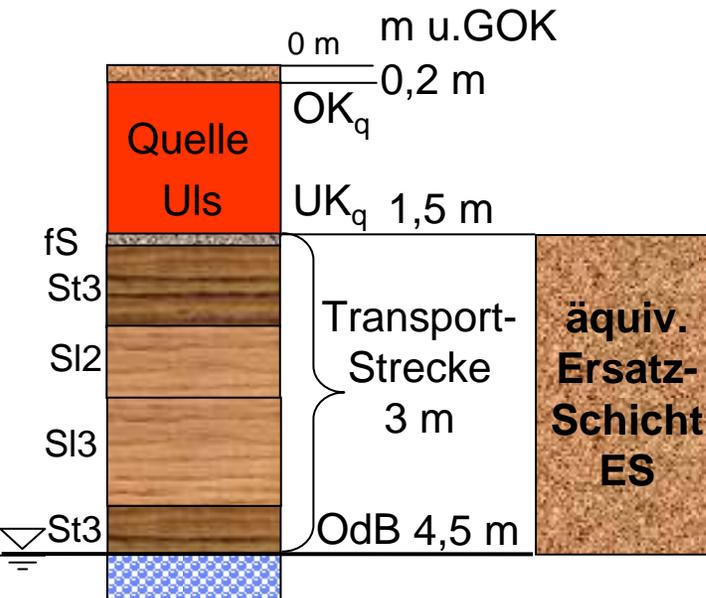


Fallbeispiel 2/PAK-Kontamination – Standortbeschreibung

Berücksichtigung eines Mehrschichtprofiles in ALTEX-1D

Eine mehrschichtig aufgebaute Transportstrecke mit schichtspezifischen Transportparametern wird durch eine **Ersatzschicht** mit einheitlichen Parametern abgebildet, die sich bezüglich ihres Transportverhaltens wie das Mehrschichtprofil verhält.

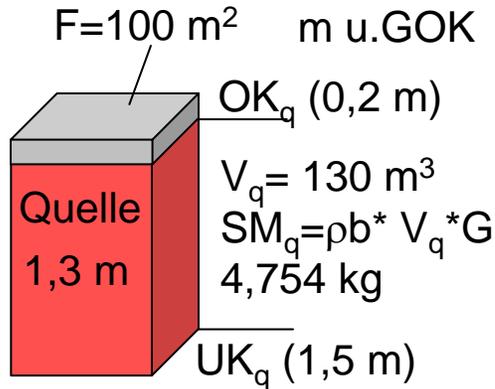
Schichtprofil



Äquivalente Transportparameter (ALTEX-1D)

Parameter	Symb	Einheit	Var 1 Lit.	Var 2 Labor
Bodenart			äqu. ES	äqu. ES
Mächtigkeit	mä	m	3	3
Trockenr.dichte	ρ_b	kg/dm ³	1,67	1,63
Feldkap. (KA5)	FK	% V	24,6	26,2
Luftkap. (KA 5)	LK	% V	10,9	12,6
Disp.-Skf.	fd	(-)	0,1	0,1
kd-Wert	kd	l/kg	1,213	42,0
Halbwertszeit	HWZ	a	1,244	0,356

Fallbeispiel 2/PAK-Kontamination – Beschreibung der Quelle

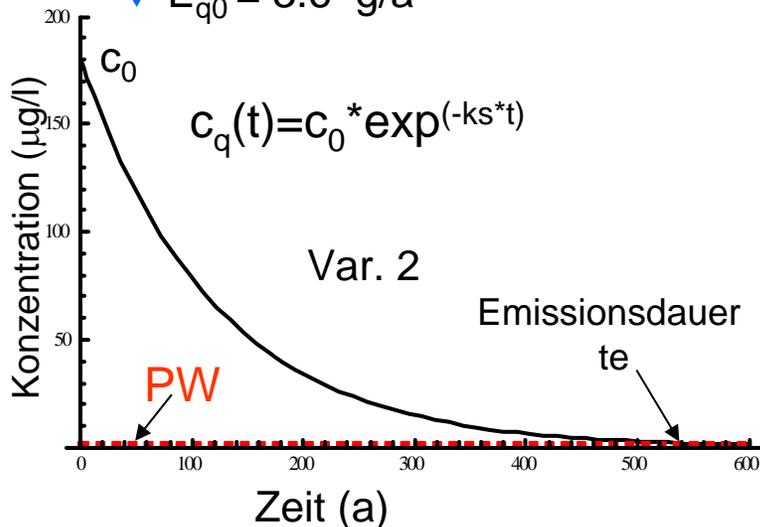


Die Kontamination ist durch PAK-Gehalte verursacht, die an der Bodenmatrix des Quellhorizontes (Uls) sorbiert sind. Die Freisetzung von Naphthalin erfolgt sorptionslimitiert mit einem Konzentrationsverlauf $c_q(t)$, der exponentiell von der Startkonzentration c_0 bis zur Unterschreitung des Prüfwertes abklingt. Die Emissionsdauer der Quelle t_e wird durch die Abklingkonstante k_s bestimmt, die sich aus der Gesamtschadstoffmasse der Quelle (SM_q), dem mobilisierbaren Anteil A_{mob} und der initialen Freisetzungsrate E_{q0} ergibt

$$E_{q0} = SWR * F * c_0 \quad k_s = E_{q0} / (SM_q * A_{mob}) \quad t_e = [\ln(c_0) - \ln(PW)] / k_s$$

Quellterm

$$E_{q0} = 3.6 \text{ g/a}$$



Quelltermparameter (ALTEX-1D)

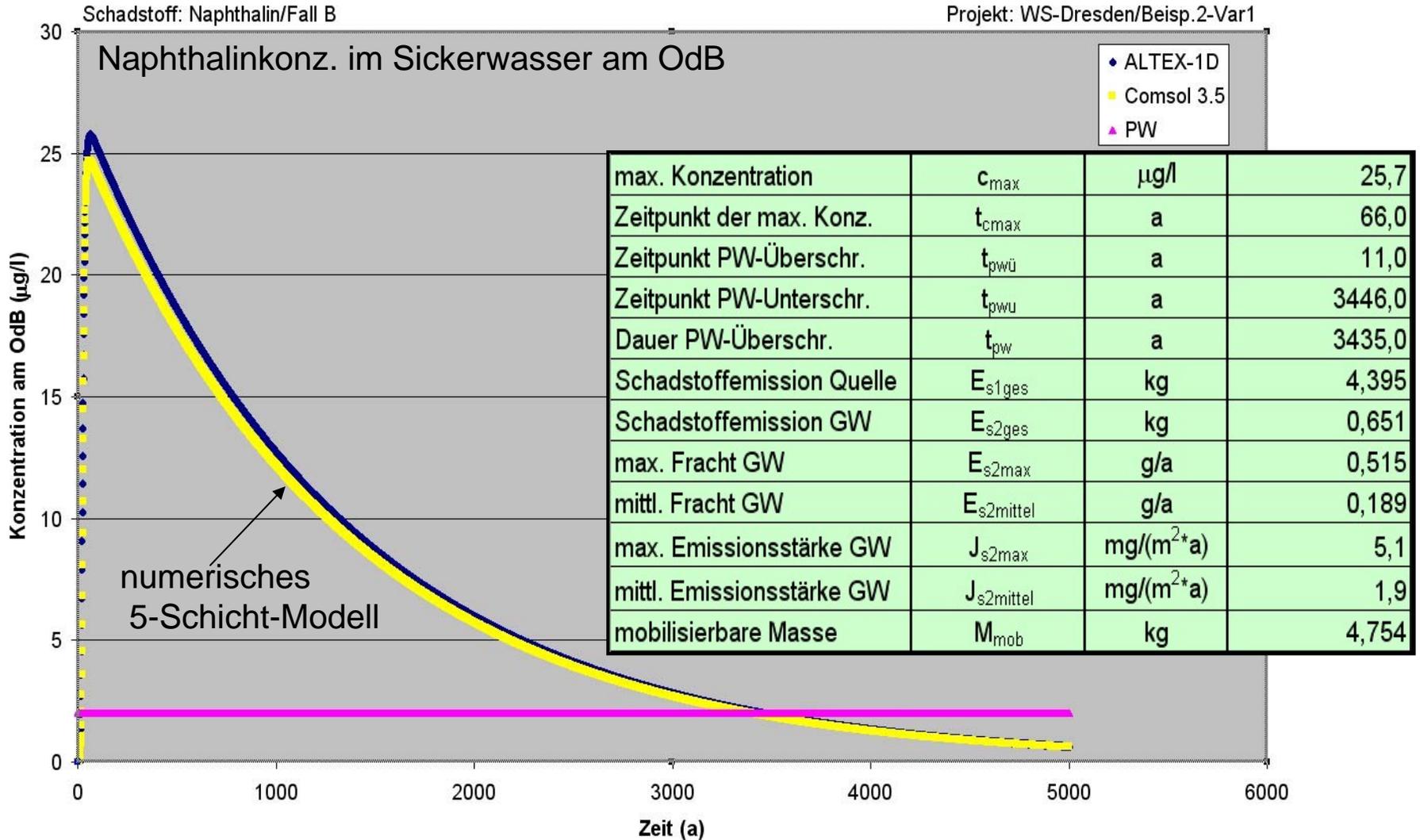
Parameter	Symb.	Einheit	Var. 1 Literatur	Var. 2 Labor
Trockenr.di. Quelle	$\rho b-Q$	kg/dm ³	1,59	1,45
Napht. Gehalt i. F.	G	mg/kg	23	23
Anfangskonz. Siwa.	c_0	µg/l	180	180
Mob. Anteil	A_{mob}	% M	100	10
Abklingkonst. (ber.)	k_s	1/a	7,57E-4	8,3E-3
Emissionsd. (ber.)	t_e	a	5942,7	541,9

ALTEX-1D: Fallkonstellation B



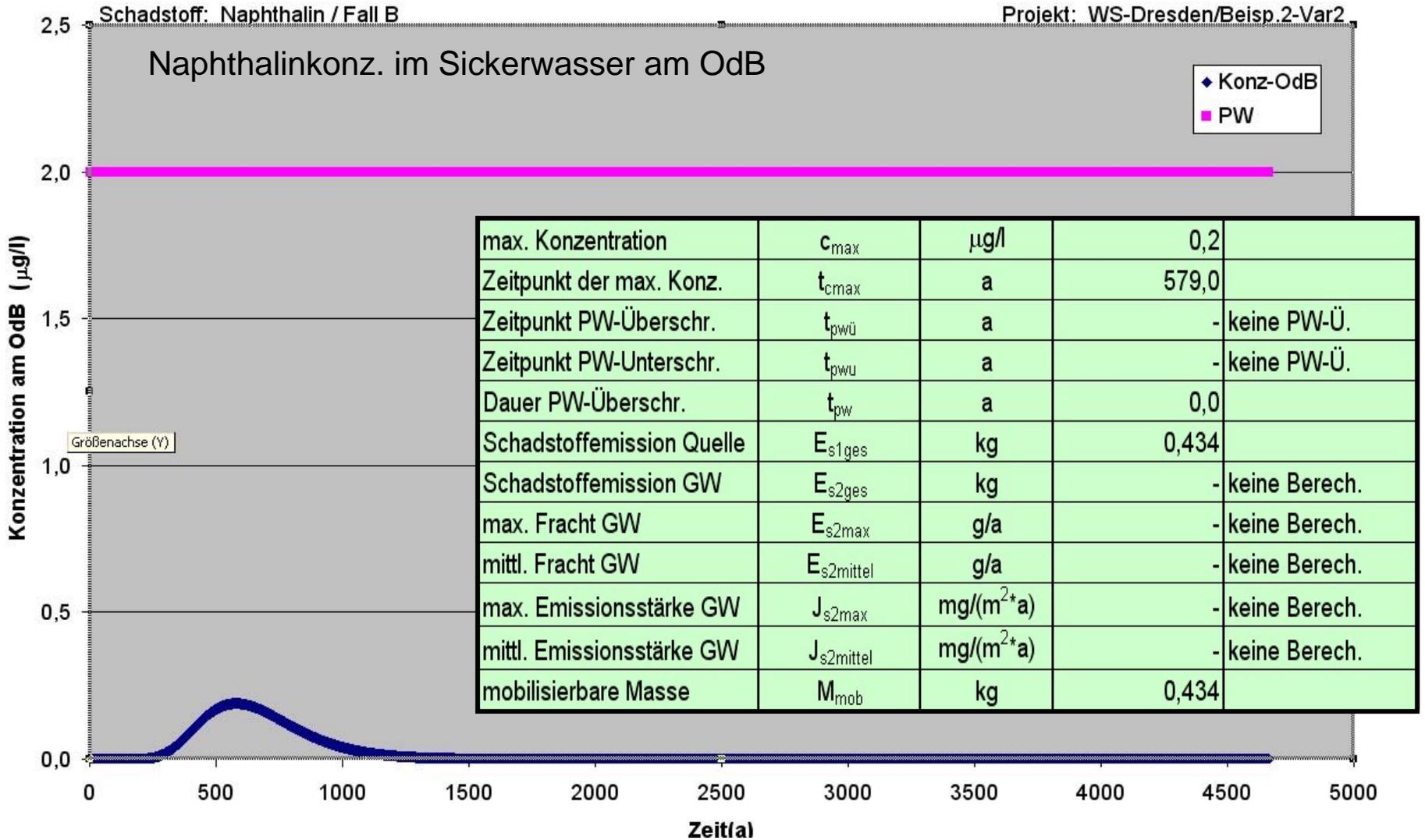
Fallbeispiel 2/PAK-Kontamination – Ergebnis ALTEX-1D

Variante 1 - Literaturdaten

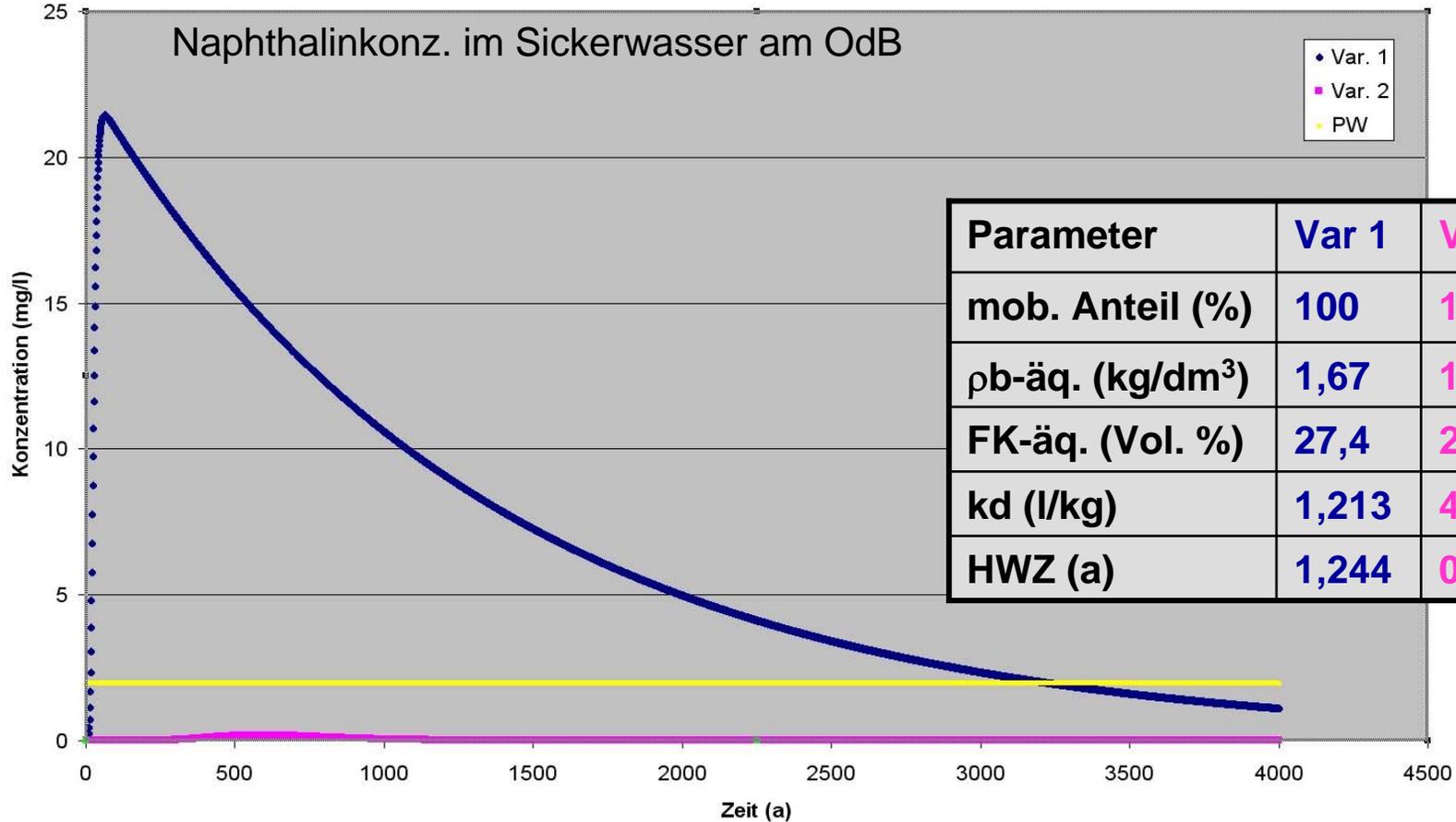


Fallbeispiel 2/PAK-Kontamination – Ergebnis ALTEX-1D

Variante 2 - Labordaten



Fallbeispiel 2/PAK-Kontamination – Ergebnis ALTEX-1D Zusammenfassung

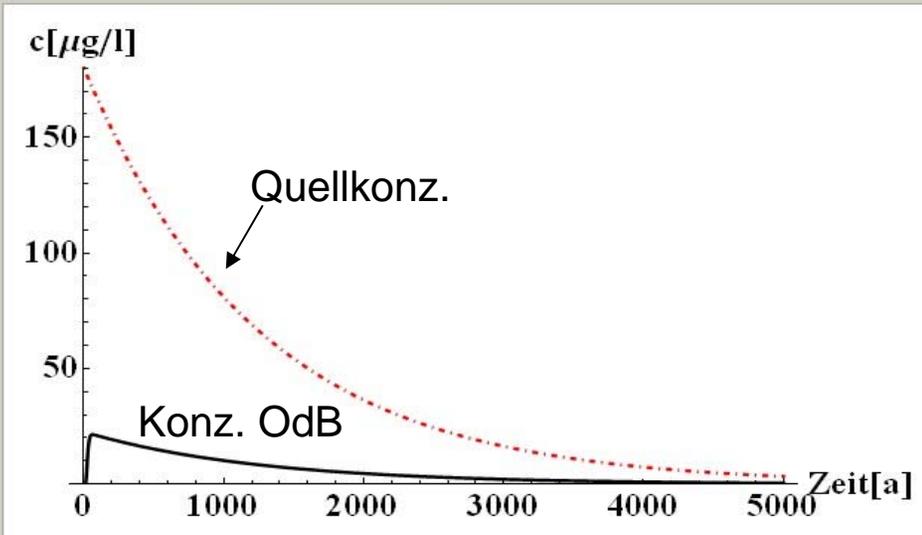


Für Var. 1 (Literatur) ergibt sich eine deutliche Überschreitung des PW (2 $\mu\text{g/l}$), für Var. 2 (Labor) eine deutliche Unterschreitung.

Frage: welche Parameter verursachen den deutlichen Unterschied zwischen Var 1/Var 2 ?

Fallbeispiel 2/PAK-Kontamination – Ergebnis ALTEX-1D

Online-Demonstration der Einflussparameter



Konzentrationsentwicklung am OdB – Fallbsp. 2/Naphthalin

Fazit Fallbsp. 2:

- Die unterschiedlichen Maximalkonzentration am OdB zwischen den Varianten 1 und 2 werden im wesentlichen durch die geringere Halbwertszeit (erhöhter biol. Abbau) in Var 2 verursacht,
- Der geringere mobilisierbare Anteil in Var. 2 wirkt sich hpts. auf die Zeitdauer der PW-Überschreitung aus,
- Der deutlich höhere kd-Wert in Var. 2 bewirkt eine zeitliche Verzögerung des Transportes, führt aber nur zu einer vergleichsweise geringen Minderung der Maximalkonzentration am OdB,
- die Auswirkungen der geringen Unterschiede bei Trockenraumdichte und Feldkapazität sind vernachlässigbar

Fazit der Ergebnisse mit ALTEX-1D

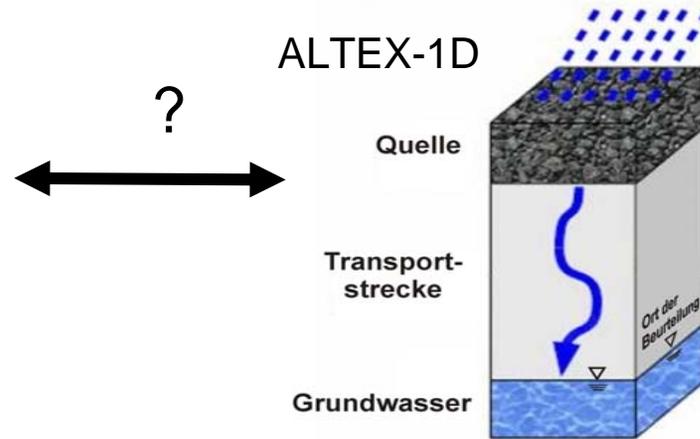
1. Für beide Fallbeispiele ergeben sich deutliche Unterschiede bei der Verwendung von Literaturwerten und Labordaten,
2. Trotz deutlicher Unterschiede der beiden Varianten ergibt sich für das Fallbeispiel 1 die eindeutige Schlussfolgerung, dass eine PW-Überschreitung am OdB zu erwarten ist.
3. Für das Fallbeispiel 2 ist das Ergebnis nicht eindeutig, da sich bei Heranziehung von Literaturdaten eine deutliche PW-Überschreitung ergibt, während bei Verwendung der Labordaten eine deutliche PW-Unterschreitung resultiert.
4. Die Ergebnisse mit ALTEX-1D zeigen hervorragende Übereinstimmung mit den Ergebnissen eines stationären numerischen Modelles
5. Der biologische Abbau hat überragenden Einfluss auf das Ergebnis. Im Labor bestimmte Abbauraten, die deutlich höher liegen als Literaturwerte (Fallbsp. 2), sollten im Hinblick auf die Konservativität des Ergebnisses daher kritisch geprüft werden.



Realität



Modell



„All models are wrong - but some models are useful“

(G.E. Box, 1979)

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

