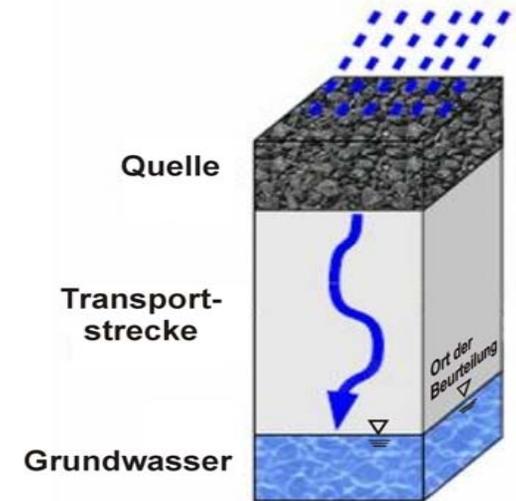


# Sickerwasserprognose in der Altlastenbearbeitung

1

## Praktische Anwendung ALTEX-1D - Übungsbeispiel 3 -

Dipl.-Ing. B. Engeser (LBEG)



Stand Februar 2010

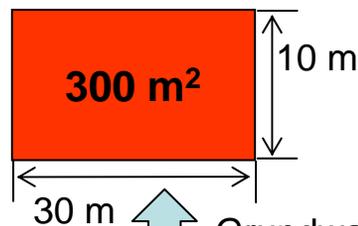


## 1. Sachverhalt

Es handelt sich um das ehemalige Betriebsgelände eines Tiermehlproduktionsbetriebes, auf dem es durch den Betrieb einer Nassextraktionsanlage zu einem Eintrag von Tetrachlorethen in den Untergrund über eine undichte Abwasserkanalisation gekommen ist. Besonders betroffen war eine humose Schicht in der ungesättigten Zone, in der sich das Tetrachlorethen angereichert hatte. Die ursprüngliche Verunreinigung von Boden und Grundwasser wurde durch mehrjährige Bodenluft- und Grundwassersanierung (Pump & Treat) auf Sanierungszielwerte (Bodenluft:  $50 \text{ mg/m}^3$ , Grundwasser:  $20 \text{ } \mu\text{g/l}$ ) abgereinigt. Bei Kontrollmessungen 5 Jahre nach Beendigung der Sanierungsmaßnahmen wurden in der Bodenluft Konzentrationen von  $350 \text{ mg/m}^3$  (fast ausschl. Vinylchlorid) festgestellt. Auch im Grundwasser wurden langsam steigende Konzentrationen mit ansteigendem Anteil an Vinylchlorid (bis max.  $30 \text{ } \mu\text{g/l}$ ) beobachtet. Die zuständige Behörde lässt eine Sickerwasserprognose durchführen, um zu klären, ob die ansteigenden Vinylchloridkonzentrationen im Grundwasser durch Eintrag von kontaminiertem Sickerwasser verursacht sein können. Annahme ist, dass an die humose Schicht gebundene Restkontaminationen von Tetrachlorethen, die zwischenzeitlich zu Vinylchlorid abgebaut wurden, mit dem Sickerwasser freigesetzt werden.

## 2. Standortbeschreibung

teilversiegelte Fläche SWR:  $150 \text{ mm/a}$

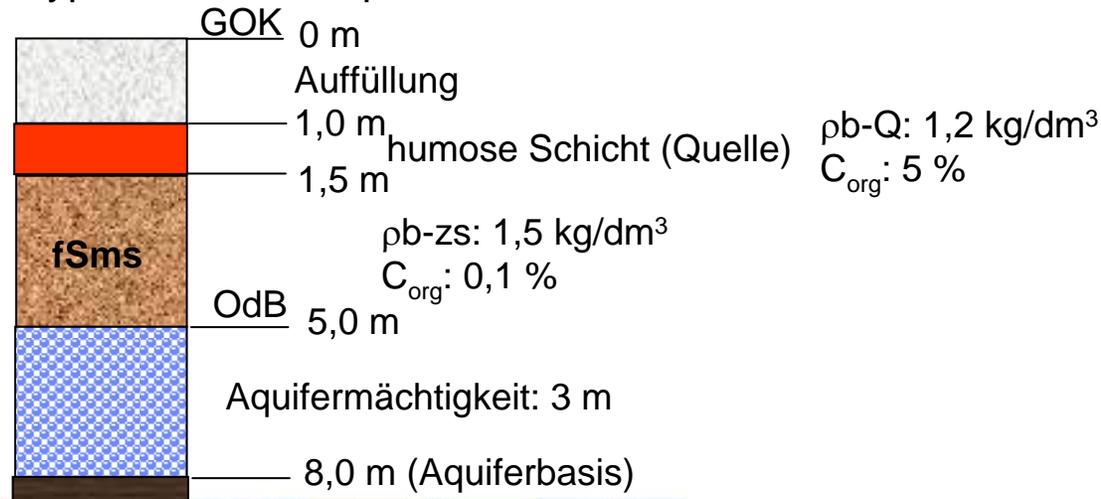


Grundwasserfließrichtung

Gefälle Grundwasser  $i: 0,004$

kf-Wert Aquifer:  $2 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$

### Typisches Schichtprofil



## 3. Quelltermbeschreibung

Es wird angenommen, dass das Vinylchlorid (VC) in der humosen Bodenschicht **sorptiv** gebunden ist und ein lineares Sorptionsgleichgewicht zwischen dem sorbierten VC-Gehalt der humosen Schicht und der gelösten Konzentration im Sickerwasser (Quellkonzentration) vorliegt. Darüberhinaus wird angenommen, dass die Quellkonzentration nach dem Henry-Gesetz im Gleichgewicht mit der gemessenen VC-Konzentration in der Bodenluft ( $350 \text{ mg/m}^3$ ) steht.

## 4. Aufgabe

Führen Sie die Sickerwasserprognose für VC durch und beantworten Sie folgende Fragen:

### Teil 1

- kommt es zu einer Prüfwertüberschreitung am OdB?
- wie hoch ist die maximale Konzentration am OdB?
- was folgt aus dem Ergebnis im Hinblick auf die von der zuständigen Behörde gestellte Frage (Sind ansteigende VC-Konzentrationen im GW durch Sickerwassereinträge verursacht) ?

### Teil 2

Die zuständige Behörde geht i.S. einer worst-case Annahme davon aus, dass die humose Schicht selbst bei Wiederaufnahme der Bodenluftsanierung langfristig als Quelle wirksam sein wird und die Quellkonzentration daher auf unbegrenzte Zeit auf einem niedrigen Niveau verharren wird. Klären Sie mit Hilfe von ALTEX-1D, ob der von der zuständigen Behörde vorgeschlagene Abbruchwert für die Bodenluftsanierung von  $50 \text{ mg/m}^3$  im Hinblick auf die Gefahr für das Grundwasser (Ist ein Grundwasserschaden zu besorgen?) akzeptiert werden kann. Ziehen Sie für die Beurteilung die resultierende, über die Aquifermächtigkeit gemittelte Konzentration im Grundwasser heran.



# Praktische Anwendung von ALTEX-1D – Übungsbeispiel 3

## 5. Hinweise zur Lösung

### a) Quellterm

Berechnen Sie zunächst über das Henry-Gleichgewicht aus der Bodenluft-Konzentration die Konzentration im Sickerwasser (s. Fallbsp.4 im Anhang 3 der Arbeitshilfe) und verwenden Sie diese als Quellkonzentration für ALTEX-1D. Entnehmen Sie dazu die Henry-Konstante für VC dem Tabellenblatt *Stoffdaten* (Temperatur 12 °C). Berechnen Sie dann über das lineare Sorptionsgleichgewicht nach dem KOC-Konzept die sorbierte VC-Konzentration in der humosen Bodenschicht (s. Gl. A16/S. 71 der Arbeitshilfe). Benutzen Sie zur Ermittlung des benötigten  $k_d$ -Wertes das Tabellenblatt *kd-Organik*. Verwenden Sie den berechneten VC-Gehalt im Boden als Gesamtgehalt für ALTEX-1D und gehen Sie davon aus, dass die Sorption vollständig reversibel (100 % mobilisierbar) ist.

### b) Sickerwasserprognose mit ALTEX-1D

Prüfen Sie zunächst an Hand der Flüchtigkeitsklasse im Tabellenblatt *Stoffdaten* (Temperatur 12 °C), ob die Flüchtigkeit zu berücksichtigen ist. Wenn ja, ermitteln Sie zunächst die äquivalenten Parameter mit dem Tabellenblatt *Äquival*. Weitere benötigte Tabellenblätter sind:

- Feldkapazität/Luftkapazität: *Feldkap*
- lin. Verteilungskoeffizient *kd-Organik*
- Halbwertszeit: *Bio-Abbau* (verwenden Sie den CalTox-Wert für die ungesättigte Zone)
- Konzentration im Grundwasser: *Konz-GW*

Als Ausgangswert für den Skalenfaktor der Dispersivität (vor Ermittlung der äquivalenten Parameter!) ist der Vorgabewert von 0,1 zu verwenden. Die Vorbelastung der Transportstrecke ist 0.

Für die Beantwortung des Teils 2 ist zunächst analog zu Teil 1 die im Gleichgewicht mit der Abbruchkonzentration der Bodenluftsanierung (50 mg/m<sup>3</sup>) stehende Konzentration im Sickerwasser zu ermitteln. Diese Konzentration ist als asymptotische Endkonzentration zu verwenden. Als initiale Quellkonzentration ist der Wert aus Teil 1 zu übernehmen. Die weitere Vorgehensweise ist analog zu Teil 1.



# Praktische Anwendung von ALTEX-1D – Übungsbeispiel 3

## 6. Lösung/Teil 1

Begründung: es handelt sich um eine Quelle im Sorptionsgleichgewicht, so dass eine **exponentiell abfallende Quellkonzentration** zu erwarten ist.

### Schritt 1: Auswahl des Tabellenblattes **Fall B**

	A	B	C	D	E
1	<b>Transportbetrachtung Fallkonstellation B</b>		Bearbeiter:	ALA-UA	
2	<b>exponentiell abnehmende Quellkonzentration</b>		Projekt:	Übungen/Bsp. 3/Teil 2	
3	<b>gelbe Felder: Eingabefelder</b>		Datum Bearbeit.: 16.2.10		
4	<b>rote Schrift: berechnete Werte</b>		Version 2.4		
5	<b>Kennwert/Parameter</b>	<b>Symbol</b>	<b>Einheit</b>	<b>Wert</b>	<b>ber. Wert</b>
6	Schadstoff				
7	Prüfwert BBodSchV/GFS	PW/GFS	µg/l		
8	Kontaminierte Fläche	F	m <sup>2</sup>		
9	OdB (u GOK)	OdB	m		
10	Oberkante Quelle	OKq	m		
11	Unterkante Quelle	UKq	m		
12	Bodenart (KA5)				
13	Feldkapazität	FK	%		
14	Trockenraumdichte Quelle	ρ <sub>b-Q</sub>	kg/dm <sup>3</sup>		
15	Trockenraumdichte Transportstr.	ρ <sub>b-zs</sub>	kg/dm <sup>3</sup>		
17	Gesamtgehalt	G	mg/kg TM		
18	<b>Gesamtmasse Quelle</b>	<b>M<sub>Sch,F</sub></b>	<b>kg</b>		
19	<b>Mobilisierbarer Anteil</b>	<b>M<sub>mob</sub></b>	<b>%</b>		
20	<b>flächenbez. mob. Masse</b>		<b>g/m<sup>2</sup></b>		
21	<b>Quellkonzentration initial</b>	<b>c<sub>s1(0)</sub></b>	<b>µg/l</b>		
22	<b>Vorbelastung Transportstrecke</b>	<b>c<sub>i</sub></b>	<b>µg/l</b>		
23	<b>asympt. Endkonzentration</b>	<b>c<sub>a</sub></b>	<b>µg/l</b>		
24	<b>Abklingkonstante</b>	<b>k<sub>s</sub></b>	<b>1/a</b>		
25	<b>Emissionsdauer Quelle</b>	<b>t<sub>e</sub></b>	<b>a</b>		
26	<b>Quellstärke initial</b>	<b>J<sub>s1(0)</sub></b>	<b>mg/(m<sup>2</sup>*a)</b>		
27	<b>Sickerwasserrate</b>	<b>SWR</b>	<b>mm/a</b>		
28	<b>Länge Transportstrecke</b>	<b>z<sub>s</sub></b>	<b>m</b>		
29	<b>Sickerwassergeschw.</b>	<b>v<sub>sm</sub></b>	<b>m/a</b>		
30	<b>Schadstoffverweilzeit</b>	<b>t<sub>stm</sub></b>	<b>a</b>		
31	<b>Dispersivitäts-Skalenfaktor</b>	<b>f<sub>d</sub></b>			
32	<b>long. Dispersivität</b>	<b>α<sub>z</sub></b>	<b>m</b>		
33	<b>long. Disp.koeff.</b>	<b>D<sub>z</sub></b>	<b>m<sup>2</sup>/a</b>		
35	<b>lin. Verteilungskoeff.</b>	<b>k<sub>d</sub></b>	<b>l/kg</b>		
36	<b>Retardationsfaktor</b>	<b>R</b>			
37	<b>Halbwertszeit Abbau</b>	<b>T<sub>1/2</sub></b>	<b>a</b>		
38	<b>Abbaukoeff. λ</b>	<b>λ</b>	<b>1/a</b>		

◀ ▶ ⏪ ⏩ | Fall A | **Fall B** | Graphik | Wertetabelle | SWR\_GWN | Feldkap | Äquival | Stoffdaten | kd-Anorganik | kd-Organik | Bio-Abbau | Konz-GW | S



# Praktische Anwendung von ALTEX-1D – Übungsbeispiel 3

## 6. Lösung/Teil 1 Schritt 2: Eingabe der Daten aus der Standortbeschreibung

Bei VC ist die Flüchtigkeit zu berücksichtigen, daher ist die Eingabe **äquivalenter Parameter** notwendig.

A		B		C		D		E	
1	<b>Transportbetrachtung Fallkonstellation B</b>			Bearbeiter: ALA-UA					
2	<b>exponentiell abnehmende Quellkonzentration</b>			Projekt: Übungen/Bsp. 3/Teil 2					
3	gelbe Felder: Eingabefelder			Datum Bearbeit.: 16.2.10					
4	rote Schrift: berechnete Werte			Version 2.4					
5	<b>Kennwert/Parameter</b>	<b>Symbol</b>	<b>Einheit</b>	<b>Wert</b>	<b>ber. Wert</b>				
6	Schadstoff			Vinylchlorid					
7	Prüfwert BBodSchV/GFS	PW/GFS	µg/l	10,00					
8	Kontaminierte Fläche	F	m <sup>2</sup>	300,0					
9	OdB (u GOK)	OdB	m	5,0					
10	Oberkante Quelle	OKq	m	1,0					
11	Unterkante Quelle	UKq	m	1,5					
12	Bodenart (KA5)			fSms					
13	Feldkapazität	FK	%			← äquiv. Feldkapazität			
14	Trockenraumdichte Quelle	ρ <sub>b-Q</sub>	kg/dm <sup>3</sup>	1.20		← äquiv. Trockenraumd.			
15	Trockenraumdichte Transportstr.	ρ <sub>b-zs</sub>	kg/dm <sup>3</sup>			←			
17	Gesamtgehalt	G	mg/kg TM						
18	Gesamtmasse Quelle	M <sub>Sch,F</sub>	kg						
19	Mobilisierbarer Anteil	M <sub>mob</sub>	%						
20	flächenbez. mob. Masse		g/m <sup>2</sup>						
21	Quellkonzentration initial	c <sub>s1(0)</sub>	µg/l						
22	Vorbelastung Transportstrecke	c <sub>i</sub>	µg/l						
23	asympt. Endkonzentration	c <sub>a</sub>	µg/l						
24	Abklingkonstante	k <sub>s</sub>	1/a						
25	Emissionsdauer Quelle	t <sub>e</sub>	a						
26	Quellstärke initial	J <sub>s1(0)</sub>	mg/(m <sup>2</sup> *a)						
27	Sickerwasserrate	SWR	mm/a	150,0					
28	Länge Transportstrecke	z <sub>s</sub>	m	3,5					
29	Sickerwassergeschw.	v <sub>sm</sub>	m/a	1,071					
30	Schadstoffverweilzeit	t <sub>stm</sub>	a						
31	Dispersivitäts-Skalenfaktor	f <sub>d</sub>				← äquiv. Disp.-Skalenf.			
32	long. Dispersivität	α <sub>z</sub>	m						
33	long. Disp.koeff.	D <sub>z</sub>	m <sup>2</sup> /a						
35	lin. Verteilungskoeff.	k <sub>d</sub>	l/kg			← äquiv. kd-Wert			
36	Retardationsfaktor	R							
37	Halbwertszeit Abbau	T <sub>1/2</sub>	a						
38	Abbaukoeff. λ	λ	1/a						

Allgemeine Standortdaten

äquiv. Feldkapazität

äquiv. Trockenraumd.

äquiv. Disp.-Skalenf.

äquiv. kd-Wert



## 6. Lösung/Teil 1

### Schritt 3: Ermittlung der äquivalenten Parameter mit dem Tabellenblatt **Äquiv**

	A	B	C	D	
8					
9	<b>Parameter</b>	<b>Symbol</b>	<b>Einheit</b>	<b>Wert</b>	
10	Fall A oder B			B	
11	Stoff			Vinylchlorid	
12	Sickerwasserrate	SWR	(mm/a)	150,000	
13	Henry-Konstante	H	(-)		
14	Diffusionskoeff. Wasser	Dw	m <sup>2</sup> /a		
15	Diffusionskoeff. Luft	Dg	m <sup>2</sup> /a		
16	Dispersivitäts-Skalenfaktor	fd	(-)	0,100	
17					
18	<b>Schicht-Nr</b>	<b>Bodenart</b>	<b>Mächtigkeit</b>	<b>Feldkapazität</b>	<b>Luftk</b>
19		KA5			
20	i		z(i)	Fk(i)	
21			(m)	(Vol-%)	(Vol-%) (kg/dm <sup>3</sup> ) (l/kg)
22	1				
23	2				
24	3				
25	4				
26	5				
27	6				
28	7				
29	8				
30	9				
31	10				
32	Summe/äquiv.				
33					
34	<b>Äquivalente Parameter</b>	<b>Symbol</b>	<b>Einheit</b>	<b>Wert</b>	
35	Feldkapazität	FK-äq	(%)		
36	Luftkapazität	LK-äq	(%)		
37	Trockenraumdichte	ρb-zs-äq	(kg/dm <sup>3</sup> )		
38	lin. Verteilungskoeff.	kd-äq	(l/kg)		
39	Retardationsfaktor	R-äq	(-)		
40	Tortuosität Bodenwasser	τw-äq	(-)		
41	Tortuosität Bodenluft	τg-äq	(-)		
42	Sickerwassergeschwindigkeit	vsm-äq	(m/a)		
43	longitudinale Dispersivität	αz	(m)		
44	mechanische Dispersion	Dmech	(m <sup>2</sup> /a)		
45	molekulare Diffusion	Dmol	(m <sup>2</sup> /a)		
46	Dispersion Verflüchtigung	Dvol	(m <sup>2</sup> /a)		
47	Dispersionskoeffizient	Dz-äq	(m <sup>2</sup> /a)		
48	Dispersivitäts-Skalenfaktor	fd-äq	(-)		
49					

Übernahme der allgemeinen Standortparameter aus Tabellenblatt **Fall B**

VC flüchtig, Stoffdaten mit dem Tabellenblatt **Stoffdaten** ermitteln

Standardwert für Dispersivitäts-Skalenfaktor (0,1) einsetzen

Die Werte der rot unterlegten Zellen sind in die Eingabeblätter **Fall A** bzw. **Fall B** zu übertragen



## 6. Lösung/Teil 1 Schritt 3: Ermittlung der äquivalenten Parameter mit dem Tabellenblatt Äquival Stoffdaten ermitteln

	A	B	C	D	E	F	G	J	K	O	P	T
1	Stoffdaten für organische Stoffe											
2	Einstufung der Flüchtigkeit (n. Handbook of Chemical Property Estimation Methods)											
3	grüne Felder: nach EPI-Suite Datenbank der US-EPA			Henry-Konstante H								
4	gelbe Felder: Eingabefelder			H < 1,26e-5: gering								
5				1,26e-5 < H < 4,087e-2: mittel								
6				H > 4,087e-2: hoch								
7												
8	Stoff	Temperatur	Summen-	Molgew.	CAS-Nr	Flüchtigkeit	Log (Koc)	Dampfdruck	Wasser-	Henry-	Diffusions-	Diffusions-
9	Gruppe/Name	(°C)	Formel	(g/mol)		Klasse	(l/kg)	bei T Spalte B	Löslichkeit	Konstante	koeffizient	koeffizient
10								(mm Hg)	(25°C)	bei T Spalte B	Luft (n. FSG)	Wasser (n. Worch)
11								(mg/l)	(-)		bei T Spalte B	bei T Spalte B
12											(m²/a)	(m²/a)
59												
60	LHKW	Temperatur wählen			Flüchtigkeit berücksichtigen							
61	halogenierte Alkene											
62	Tetrachlorethen (PER)	25	C2Cl4	165,83	127-18-4	hoch	2,029	1,850E+01	2,060E+02	7,235E-01	204,234	0,023
63	Trichlorethen (TRI)	25	C2HCl3	131,39	79-01-6	hoch	1,831	6,900E+01	1,280E+03	4,026E-01	228,239	0,025
64	cis-Dichlorethen	25	C2H2Cl2	96,94	156-59-2	hoch	1,641	2,010E+02	6,410E+03	1,668E-01	264,630	0,030
65	Vinylchlorid (VC)	12	C2H3Cl	62,50	75-01-4	hoch	1,376	2,025E+03	8,800E+03	7,182E-01	305,449	0,036
66												
67	halogenierte Alkane											
68	Tetrachlorkohlenstoff	25	CCl4	153,82	56-23-5	hoch						
69	Trichlormethan	25	CHCl3	119,38	67-66-3	hoch	1,545	1,970E+02	7,950E+03	1,500E-01	239,042	0,027
70												
Stoffdaten in Tabellenblatt Äquival übernehmen												



# Praktische Anwendung von ALTEX-1D – Übungsbeispiel 3

## 6. Lösung/Teil 1 Ermittlung der äquivalenten Parameter mit dem Tabellenblatt *Äquival*

Parameter	Symbol	Einheit	Wert
Fall A oder B			B
Stoff			Vinylchlorid
Sickerwasserrate	SWR	(mm/a)	150,000
Henry-Konstante	H	(-)	7,182E-01
Diffusionskoeff. Wasser	Dw	m <sup>2</sup> /a	0,036
Diffusionskoeff. Luft	Dg	m <sup>2</sup> /a	305,449
Dispersivitäts-Skalenfaktor	fd	(-)	0,100

Stoffdaten aus dem Tabellenblatt Stoffdaten übernehmen

Schicht-Nr	Bodenart	Mächtigkeit	Feldkapazität	Luftkapazität	Trockenraumdichte	lin. Verteilungs-koeffizient
i	KA5	z(i)	Fk(i)	Lk(i)	pb(i)	kd(i)
		(m)	(Vol-%)	(Vol-%)	(kg/dm <sup>3</sup> )	(l/kg)
1	fSms	3,5			1,5	
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
Summe/äquiv.						

Schritt 5: Schichtparameter eingeben

Äquivalente	A	B	C	D	G	I
Feldkapazität	Ts4	1,5	0	10	46	24
Luftkapazität	Sande					
Trockenraum	fS, fSms, fSgs	1,5	0	0	14	31
lin. Verteilung	mS, mSfs, mSgs	1,5	0	0	10	32
Retardationsf	gS	1,5	0	0	8	33
Tortuosität Bo						
Tortuosität Bo						

legten Zellen ter ertragen

mechanische Dispersion	Dmech	(m <sup>2</sup> /a)
molekulare Diffusion	Dmol	(m <sup>2</sup> /a)
Dispersion Verflüchtigung	Dvol	(m <sup>2</sup> /a)
Dispersionskoeffizient	Dz-äq	(m <sup>2</sup> /a)
Dispersivitäts-Skalenfaktor	fd-äq	(-)



## 6. Lösung/Teil 1 Ermittlung der äquivalenten Parameter mit dem Tabellenblatt *Äquival*

	A	B	C	D	F	H	J	R
8								
9	<b>Parameter</b>	<b>Symbol</b>	<b>Einheit</b>	<b>Wert</b>				
10	Fall A oder B			B				
11	Stoff			Vinylchlorid				
12	Sickerwasserrate	SWR	(mm/a)	150,000				
13	Henry-Konstante	H	(-)	7,182E-01				
14	Diffusionskoeff. Wasser	Dw	m <sup>2</sup> /a	0,036				
15	Diffusionskoeff. Luft	Dg	m <sup>2</sup> /a	305,449				
16	Dispersivitäts-Skalenfaktor	fd	(-)	0,100				
17								
18	<b>Schicht-Nr</b>	<b>Bodenart</b>	<b>Mächtigkeit</b>	<b>Feldkapazität</b>	<b>Luftkapazität</b>	<b>Trockenraumdichte</b>	<b>lin. Verteilungs-</b>	
19		<b>KA5</b>					<b>koeffizient</b>	
20	<b>i</b>		<b>z(i)</b>	<b>Fk(i)</b>	<b>Lk(i)</b>	<b>pb(i)</b>	<b>kd(i)</b>	
21			<b>(m)</b>	<b>(Vol-%)</b>	<b>(Vol-%)</b>	<b>(kg/dm<sup>3</sup>)</b>	<b>(l/kg)</b>	
22	1	fSms	3,5	14	31	1,5		
23	2							
24	3							
25	4							
26	5							
27	6							
28	7							
29	8							
30	9							
31	10							
32	Summe/äquiv.							
33								
34	<b>Äquivalente</b>	A	B	C	D	G	I	
35	Feldkapazität	Ts4	1,5	0	10	46	24	legten Zellen ertragen
36	Luftkapazität	Sande						
37	Trockenraum	fS, fSms, fSgs	1,5	0	0	14	31	
38	lin. Verteilung	mS, mSfs, mSgs	1,5	0	0	10	32	
39	Retardationsf	gS	1,5	0	0	8	33	
40	Tortuosität Bo							
41	Tortuosität Bo							
42	Sickerwasser							
43	longitudinale							
44	mechanische Dispersion	Dmech	(m <sup>2</sup> /a)					
45	molekulare Diffusion	Dmol	(m <sup>2</sup> /a)					
46	Dispersion Verflüchtigung	Dvol	(m <sup>2</sup> /a)					
47	Dispersionskoeffizient	Dz-äq	(m <sup>2</sup> /a)					
48	Dispersivitäts-Skalenfaktor	fd-äq	(-)					
49								

Feld- und Luftkapazität aus dem Tabellenblatt **Feldkap** ermitteln

legten Zellen  
ertragen



# Praktische Anwendung von ALTEX-1D – Übungsbeispiel 3

## 6. Lösung/Teil 1 Ermittlung der äquivalenten Parameter mit dem Tabellenblatt *Äquival*

Parameter	Symbol	Einheit	Wert
Fall A oder B			B
Stoff			Vinylchlorid
Sickerwasserrate	SWR	(mm/a)	150,000
Henry-Konstante	H	(-)	7,182E-01

Stoff Gruppe/Name	C <sub>org</sub> (%)	k <sub>d</sub> (l/kg)
Indan	0,1	9,954E-01
MTBE	0,1	5,260E-03
LHKW		
halogenierte Alkene		
Tetrachlorethen (PER)	0,1	1,069E-01
Trichlorethen (TRI)	0,1	6,776E-02
cis-Dichlorethen	0,1	4,375E-02
Vinylchlorid (VC)	0,1	2,377E-02
halogenierte Alkane		

ndichte	lin. Verteilungskoeffizient kd(i) (l/kg)
	2,38E-02

kd-Wert aus dem Tabellenblatt *kd-Organik* ermitteln

wichtiger Hinweis: Die Werte sind als Orientierung gedacht, sofern keine standortspezifischen Werte aus Labor-/Felduntersuchungen vorliegen

Die der rot unterlegten Zellen der Eingabeblätter w. Fall B zu übertragen



## 6. Lösung/Teil 1

Ermittlung der äquivalenten Parameter mit dem Tabellenblatt *Äquival*

	A	B	C	D	F	H	J	R
8								
9	<b>Parameter</b>	<b>Symbol</b>	<b>Einheit</b>	<b>Wert</b>				
10	Fall A oder B			B				
11	Stoff			Vinylchlorid				
12	Sickerwasserrate	SWR	(mm/a)	150,000				
13	Henry-Konstante	H	(-)	7,182E-01				
14	Diffusionskoeff. Wasser	Dw	m <sup>2</sup> /a	0,036				
15	Diffusionskoeff. Luft	Dg	m <sup>2</sup> /a	305,449				
16	Dispersivitäts-Skalenfaktor	fd	(-)	0,100				
17								
18	<b>Schicht-Nr</b>	<b>Bodenart</b>	<b>Mächtigkeit</b>	<b>Feldkapazität</b>	<b>Luftkapazität</b>	<b>Trockenraumdichte</b>	<b>lin. Verteilungs-</b>	
19		<b>KA5</b>					<b>koeffizient</b>	
20	<b>i</b>		<b>z(i)</b>	<b>Fk(i)</b>	<b>Lk(i)</b>	<b>ρb(i)</b>	<b>kd(i)</b>	
21			<b>(m)</b>	<b>(Vol.%)</b>	<b>(Vol.%)</b>	<b>(kg/dm<sup>3</sup>)</b>	<b>(l/kg)</b>	
22	1	fSms	3,5	14	31	1,5	2,38E-02	
23	2							
24	3							
25	4							
26	5							
27	6							
28	7							
29	8							
30	9							
31	10							
32	<b>Summe/äquiv.</b>							
33								
34	<b>Äquivalente Parameter</b>	<b>Symbol</b>	<b>Einheit</b>	<b>Wert</b>				
35	Feldkapazität	FK-äq	(%)	14,000				
36	Luftkapazität	LK-äq	(%)	31,000				
37	Trockenraumdichte	ρb-zs-äq	(kg/dm <sup>3</sup> )	1,500				
38	lin. Verteilungskoeff.	kd-äq	(l/kg)	0,172				
39	Retardationsfaktor	R-äq	(-)	2,845				
40	Tortuosität Bodenwasser	τw-äq	(-)	0,050				
41	Tortuosität Bodenluft	τg-äq	(-)	0,321				
42	Sickerwassergeschwindigkeit	vsm-äq	(m/a)	1,071				
43	longitudinale Dispersivität	αz	(m)	0,350				
44	mechanische Dispersion	Dmech	(m <sup>2</sup> /a)	0,375				
45	molekulare Diffusion	Dmol	(m <sup>2</sup> /a)	0,002				
46	Dispersion Verflüchtigung	Dvol	(m <sup>2</sup> /a)	156,016				
47	Dispersionskoeffizient	Dz-äq	(m <sup>2</sup> /a)	156,393				
48	Dispersivitäts-Skalenfaktor	fd-äq	(-)	41,705				
49								

Die Werte der rot unterlegten Zellen sind in die Eingabeblätter Fall A bzw. Fall B zu übertragen

Äquivalente Parameter in das Tabellenblatt B übernehmen



## 6. Lösung/Teil 1

äquivalente Parameter übernehmen

	A	B	C	D	E
1	<b>Transportbetrachtung Fallkonstellation B</b>		Bearbeiter: ALA-UA		
2	<b>exponentiell abnehmende Quellkonzentration</b>		Projekt: Übungen/Bsp. 3/Teil 2		
3	<b>gelbe Felder: Eingabefelder</b>		Datum Bearbeit.: 16.2.10		
4	<b>rote Schrift: berechnete Werte</b>		Version 2.4		
5	<b>Kennwert/Parameter</b>	<b>Symbol</b>	<b>Einheit</b>	<b>Wert</b>	<b>ber. Wert</b>
6	Schadstoff			Vinylchlorid	
7	Prüfwert BBodSchV/GFS	PW/GFS	µg/l	10,00	
8	Kontaminierte Fläche	F	m <sup>2</sup>	300,0	
9	OdB (u GOK)	OdB	m	5,0	
10	Oberkante Quelle	OKq	m	1,0	
11	Unterkante Quelle	UKq	m	1,5	
12	Bodenart (KA5)			fSms	
13	Feldkapazität	FK	%	14,0	← äquiv. Feldkapazität
14	Trockenraumdichte Quelle	ρ <sub>b-Q</sub>	kg/dm <sup>3</sup>	1,20	
15	Trockenraumdichte Transportstr.	ρ <sub>b-zs</sub>	kg/dm <sup>3</sup>	1,50	← äquiv. Trockenraumd.
17	Gesamtgehalt	G	mg/kg TM		
18	Gesamtmasse Quelle	M <sub>Sch,F</sub>	kg		
19	Mobilisierbarer Anteil	M <sub>mob</sub>	%		
20	flächenbez. mob. Masse		g/m <sup>2</sup>		
21	Quellkonzentration initial	c <sub>s1(0)</sub>	µg/l		
22	Vorbelastung Transportstrecke	c <sub>i</sub>	µg/l		
23	asympt. Endkonzentration	c <sub>a</sub>	µg/l		
24	Abklingkonstante	k <sub>s</sub>	1/a		
25	Emissionsdauer Quelle	t <sub>e</sub>	a		
26	Quellstärke initial	J <sub>s1(0)</sub>	mg/(m <sup>2</sup> *a)		
27	Sickerwasserrate	SWR	mm/a	150,0	
28	Länge Transportstrecke	z <sub>s</sub>	m	3,5	
29	Sickerwassergeschw.	v <sub>sm</sub>	m/a	1,071	
30	Schadstoffverweilzeit	t <sub>stm</sub>	a		
31	Dispersivitäts-Skalenfaktor	f <sub>d</sub>		41.705	← äquiv. Disp.-Skalenf.
32	long. Dispersivität	α <sub>z</sub>	m		
33	long. Disp.koeff.	D <sub>z</sub>	m <sup>2</sup> /a		
35	lin. Verteilungskoeff.	k <sub>d</sub>	l/kg	0,172	← äquiv. kd-Wert
36	Retardationsfaktor	R			
37	Halbwertszeit Abbau	T <sub>1/2</sub>	a		
38	Abbaukoeff. λ	λ	1/a		

◀ ▶ ⏪ ⏩
 Fall A  Fall B  Graphik  Wertetabelle  SWR\_GWN  Feldkap  Äquival  Stoffdaten  kd-Anorganik  kd-Organik  Bio-Abbau  Konz-GW  S



# Praktische Anwendung von ALTEX-1D – Übungsbeispiel 3

## 6. Lösung/Teil 1

### Schritt 4a Quelltermdaten ermitteln/Quellkonzentration

a) Berechnung der **Quellkonzentration** in der humosen Schicht (Quelle) nach dem Henry-Gesetz:  $c_w = c_g/H$

$c_g$ : 350 mg/m<sup>3</sup> = 350 µg/l (aus der gemessenen Bodenluftkonzentration)

H: aus dem Tabellenblatt *Stoffdaten* ALTEX-1D

$c_w = 350 \text{ µg/l} / 0,7182 = 487,3 \text{ µg/l}$

	A	B	C	D	E	F	G	J	K	O	P	T
1	Stoffdaten für organische Stoffe											
2	Einstufung der Flüchtigkeit (n. Handbook of Chemical Property Estimation Methods)											
3	grüne Felder: nach EPI-Suite Datenbank der US-EPA			Henry-Konstante H								
4	gelbe Felder: Eingabefelder			H < 1,26e-5: gering								
5				1,26e-5 < H < 4,087e-2: mittel								
6				H > 4,082e-2: hoch								
7												
8	Stoff Gruppe/Name	Temperatur	Summen-Formel	Molgew.	CAS-Nr	Flüchtigkeit Klasse	Log (Koc)	Dampfdruck bei T Spalte B	Wasser-Löslichkeit (25°C)	Henry-Konstante bei T Spalte B	Diffusionskoeffizient Luft (n. FSG) bei T Spalte B	Diffusionskoeffizient Wasser (n. Worch) bei T Spalte B
9		(°C)		(g/mol)			(l/kg)	(mm Hg)	(mg/l)	(-)	(m <sup>2</sup> /a)	(m <sup>2</sup> /a)
59												
60	LHKW											
61	halogenierte Alkene											
62	Tetrachlorethen (PER)	25	C2Cl4	165,83	127-18-4	hoch	2,029	1,850E+01	2,060E+02	7,235E-01	204,234	0,023
63	Trichlorethen (TRI)	25	C2HCl3	131,39	79-01-6	hoch	1,831	6,900E+01	1,280E+03	4,026E-01	228,239	0,025
64	cis-Dichlorethen	25	C2H2Cl2	96,94	156-59-2	hoch	1,641	2,010E+02	6,410E+03	1,668E-01	264,630	0,030
65	Vinylchlorid (VC)	12	C2H3Cl	62,50	75-01-4	hoch	1,376	2,025E+03	8,800E+03	7,182E-01	305,449	0,036
66												
67	halogenierte Alkane											
68	Tetrachlorkohlenstoff	25	CCl4	153,82	56-23-5	hoch	1,687	1,150E+02	7,930E+02	1,128E+00	211,662	0,023
69	Trichlormethan	25	CHCl3	119,38	67-66-3	hoch	1,545	1,970E+02	7,950E+03	1,500E-01	239,042	0,027
70												

Temperatur wählen



## 6. Lösung/Teil 1

### Schritt 4b: Quelltermdaten ermitteln/Gesamtgehalt

Berechnung des sorbierten Gesamtgehaltes in der humosen Schicht nach dem koc-Konzept  $c_s = k_d \cdot c_w$

$c_w$ :  $\mu\text{g/l}$  (aus der mit Henry berechneten Quellkonzentration)

$k_d$ : aus dem Tabellenblatt **kd-Organik** ALTEX-1D

$$c_s = 487,3 \mu\text{g/l} \cdot 1,188 \text{ l/kg} = 578,9 \mu\text{g/kg} = \mathbf{0,579 \text{ mg/kg}}$$

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	<b>kd-Werte Organik</b>							
2								
3	gelbe Felder: Eingabefelder (Vorgabewert: 0,1% Corg)							
4	der $k_{oc}$ -Wert wird aus dem Tabellenblatt "Stoffdaten" übernommen							
5								
6	lineares Sorptionsmodell: $c_s = k_d \cdot c_w$		wichtiger Hinweis: Die Werte sind als Orientierung gedacht,					
7	$k_d = C_{org} \cdot K_{oc}$		sofern keine standortspezifischen Werte aus					
8							Labor-/Felduntersuchungen vorliegen	
9								
10	Stoff		$C_{org}$		$k_d$			
11	Gruppe/Name		(%)		(l/kg)			
12								
59								
60	<b>LHKW</b>							
61	<b>halogenierte Alkene</b>							
62	Tetrachlorethen (PER)		5		5,345			
63	Trichlorethen (TRI)		0,1		0,068			
64	cis-Dichlorethen		0,1		0,044			
65	Vinylchlorid (VC)		5		1,188			
66								



## 6. Lösung/Teil 1

### Schritt 5: Quelltermdaten eingeben

	A	B	C	D	E
1	<b>Transportbetrachtung Fallkonstellation B</b>		<b>Bearbeiter: ALA-UA</b>		
2	<b>exponentiell abnehmende Quellkonzentration</b>		<b>Projekt: Übungen/Bsp. 3/Teil 2</b>		
3	<b>gelbe Felder: Eingabefelder</b>		<b>Datum Bearbeit.: 16.2.10</b>		
4	<b>rote Schrift: berechnete Werte</b>		<b>Version 2.4</b>		
5	<b>Kennwert/Parameter</b>	<b>Symbol</b>	<b>Einheit</b>	<b>Wert</b>	<b>ber. Wert</b>
6	Schadstoff			Vinylchlorid	
7	Prüfwert BBodSchV/GFS	PW/GFS	µg/l	10,00	
8	Kontaminierte Fläche	F	m <sup>2</sup>	300,0	
9	OdB (u GOK)	OdB	m	5,0	
10	Oberkante Quelle	OKq	m	1,0	
11	Unterkante Quelle	UKq	m	1,5	
12	Bodenart (KA5)			fSms	
13	Feldkapazität	FK	%	14,0	
14	Trockenraumdichte Quelle	ρ <sub>b-Q</sub>	kg/dm <sup>3</sup>	1,20	
15	Trockenraumdichte Transportstr.	ρ <sub>b-zs</sub>	kg/dm <sup>3</sup>	1,50	
17	Gesamtgehalt	G	mg/kg TM	0,579	
18	<b>Gesamtmasse Quelle</b>	<b>M<sub>Sch,F</sub></b>	<b>kg</b>	<b>0,104</b>	
19	<b>Mobilisierbarer Anteil</b>	<b>M<sub>mob</sub></b>	<b>%</b>	<b>100,0</b>	
20	<b>flächenbez. mob. Masse</b>		<b>g/m<sup>2</sup></b>	<b>0,347</b>	
21	<b>Quellkonzentration initial</b>	<b>c<sub>s1(0)</sub></b>	<b>µg/l</b>	<b>487,3</b>	
22	<b>Vorbelastung Transportstrecke</b>	<b>c<sub>i</sub></b>	<b>µg/l</b>	<b>0,0</b>	
23	<b>asympt. Endkonzentration</b>	<b>c<sub>a</sub></b>	<b>µg/l</b>	<b>0,0</b>	
24	<b>Abklingkonstante</b>	<b>k<sub>s</sub></b>	<b>1/a</b>		
25	<b>Emissionsdauer Quelle</b>	<b>t<sub>e</sub></b>	<b>a</b>		
26	<b>Quellstärke initial</b>	<b>J<sub>s1(0)</sub></b>	<b>mg/(m<sup>2</sup>*a)</b>		
27	<b>Sickerwasserrate</b>	<b>SWR</b>	<b>mm/a</b>	<b>150,0</b>	
28	<b>Länge Transportstrecke</b>	<b>z<sub>s</sub></b>	<b>m</b>	<b>3,5</b>	
29	<b>Sickerwassergeschw.</b>	<b>v<sub>sm</sub></b>	<b>m/a</b>	<b>1,071</b>	
30	<b>Schadstoffverweilzeit</b>	<b>t<sub>stm</sub></b>	<b>a</b>	<b>9,3</b>	
31	<b>Dispersivitäts-Skalenfaktor</b>	<b>f<sub>d</sub></b>		<b>41,705</b>	
32	<b>long. Dispersivität</b>	<b>α<sub>z</sub></b>	<b>m</b>	<b>145,968</b>	
33	<b>long. Disp.koeff.</b>	<b>D<sub>z</sub></b>	<b>m<sup>2</sup>/a</b>	<b>156,394</b>	
35	<b>lin. Verteilungskoeff.</b>	<b>k<sub>d</sub></b>	<b>l/kg</b>	<b>0,172</b>	
36	<b>Retardationsfaktor</b>	<b>R</b>		<b>2,8</b>	
37	<b>Halbwertszeit Abbau</b>	<b>T<sub>1/2</sub></b>	<b>a</b>		
38	<b>Abbaukoeff. λ</b>	<b>λ</b>	<b>1/a</b>		

Eingabe des Gesamtgehaltes (ber. Wert einsetzen)

Eingabe des mobilisierbaren Anteils

Eingabe der initialen Quellkonzentration (ber. Wert einsetzen)

Vorbelastung = 0

Asympt. Endkonzentration = 0



## 6. Lösung/Teil 1

### Schritt 5: Quelltermdaten eingeben

	A	B	C	D	E
1	<b>Transportbetrachtung Fallkonstellation B</b>		<b>Bearbeiter: ALA-UA</b>		
2	<b>exponentiell abnehmende Quellkonzentration</b>		<b>Projekt: Übungen/Bsp. 3/Teil 2</b>		
3	<b>gelbe Felder: Eingabefelder</b>		<b>Datum Bearbeit.: 16.2.10</b>		
4	<b>rote Schrift: berechnete Werte</b>		<b>Version 2.4</b>		
5	<b>Kennwert/Parameter</b>	<b>Symbol</b>	<b>Einheit</b>	<b>Wert</b>	<b>ber. Wert</b>
6	Schadstoff			Vinylchlorid	
7	Prüfwert BBodSchV/GFS	PW/GFS	µg/l	10,00	
8	Kontaminierte Fläche	F	m <sup>2</sup>	300,0	
9	OdB (u GOK)	OdB	m	5,0	
10	Oberkante Quelle	OKq	m	1,0	
11	Unterkante Quelle	UKq	m	1,5	
12	Bodenart (KA5)			fSms	
13	Feldkapazität	FK	%	14,0	
14	Trockenraumdichte Quelle	ρ <sub>b-Q</sub>	kg/dm <sup>3</sup>	1,20	
15	Trockenraumdichte Transportstr.	ρ <sub>b-zs</sub>	kg/dm <sup>3</sup>	1,50	
17	Gesamtgehalt	G	mg/kg TM	0,579	
18	<b>Gesamtmasse Quelle</b>	<b>M<sub>Sch,F</sub></b>	<b>kg</b>	<b>0,104</b>	
19	<b>Mobilisierbarer Anteil</b>	<b>M<sub>mob</sub></b>	<b>%</b>	<b>100,0</b>	
20	<b>flächenbez. mob. Masse</b>		<b>g/m<sup>2</sup></b>	<b>0,347</b>	
21	Quellkonzentration initial	c <sub>s1(0)</sub>	µg/l	487,3	
22	Vorbelastung Transportstrecke	c <sub>i</sub>	µg/l	0,0	
23	asympt. Endkonzentration	c <sub>a</sub>	µg/l	0,0	
24	Abklingkonstante	k <sub>s</sub>	1/a	2,104E-01	2,104E-01
25	Emissionsdauer Quelle	t <sub>e</sub>	a		
26	Quellstärke initial	J <sub>s1(0)</sub>	mg/(m <sup>2</sup> *a)	73,1	
27	Sickerwasserrate	SWR	mm/a	150,0	
28	Länge Transportstrecke	z <sub>s</sub>	m	3,5	
29	Sickerwassergeschw.	v <sub>sm</sub>	m/a	1,071	
30	Schadstoffverweilzeit	t <sub>stm</sub>	a	9,3	
31	Dispersivitäts-Skalenfaktor	f <sub>d</sub>		41,705	
32	long. Dispersivität	α <sub>z</sub>	m	145,968	
33	long. Disp.koeff.	D <sub>z</sub>	m <sup>2</sup> /a	156,394	
35	lin. Verteilungskoeff.	k <sub>d</sub>	l/kg	0,172	
36	Retardationsfaktor	R		2,8	
37	Halbwertszeit Abbau	T <sub>1/2</sub>	a		
38	Abbaukoeff. λ	λ	1/a		

Manuelle Übernahme der berechneten Abklingkonstante in Zelle D24



## 6. Lösung/Teil 1

### Schritt 6: Halbwertszeit ermitteln

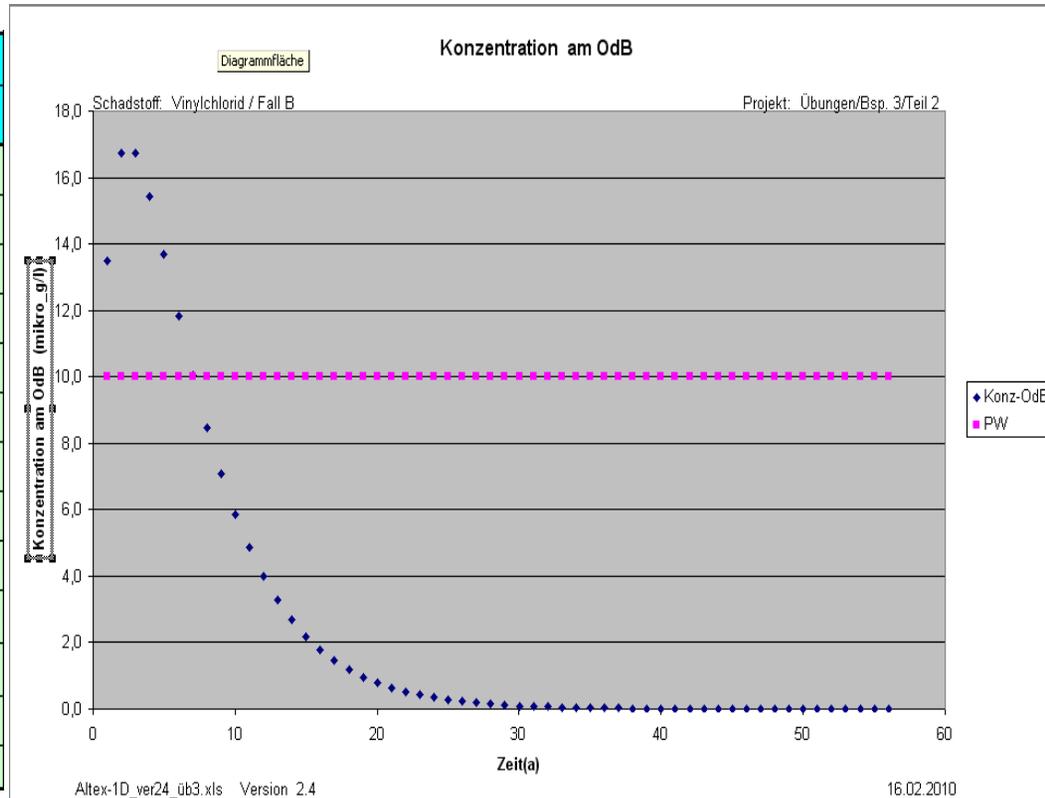
A		B		C		D		E	
1	Transportbetrachtung Fallkonstellation B			Bearbeiter: ALA-UA					
2	exponentiell abnehmende Quellkonzentration			Projekt: Übungen/Bsp. 3/Teil 2					
3	gelbe Felder: Eingabefelder			Datum Bearbeit.: 16.2.10					
4	rote Schrift: berechnete Werte			Version 2.4					
5	Kennwert/Parameter		Symbol	Einheit	Wert	ber. Wert			
6	Schadstoff				Vinylchlorid				
7	Prüfwert BBodSchV/GFS		PW/GFS	µg/l	10,00				
8	Kontaminierte Fläche		F	m <sup>2</sup>	300,0				
9	OdB (u GOK)		OdB	m	5,0				
10	Oberkante Quelle		OKq	m	1,0				
11	Unterkante Quelle		UKq	m	1,5				
12	Bodenart (KA5)				fSms				
13	Feldkapazität		FK	%	14,0				
14	Trockenraumdichte Quelle		ρb-Q	kg/dm <sup>3</sup>	1,20				
15	Trockenraumdichte Transportstr.		ρb-zs	kg/dm <sup>3</sup>	1,50				
17	Gesamt								
18	9	Stoff	Biowin 3 Ultimate	Biowin 4 Primary	CalTox Oberboden	CalTox Wurzelzone	CalTox unges. Zone	CalTox Grundwasser	CalTox Sediment
19	10	Mobil	HWZ	HWZ	HWZ	HWZ	HWZ	HWZ	HWZ
20	11	fläch	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)
21	12	Quel							
22	12	Vorb							
23	60	LHKW	aus Tabellenblatt Bio-Abbau						
24	61	Abkl							
25	62	Emis	0,313	0,040	1,627	1,627	2,082	1,411	1,411
26	63	Quel	0,194	0,030	2,548	2,548	2,074	2,195	0,595
27	64	Sick	0,120	0,022	-	-	-	-	-
28	65	Läng	0,074	0,017	0,762	0,762	0,712	11,918	3,041
29	65	Sicke							
30	Schadstoffverweilzeit		t <sub>stm</sub>		a		9,3		
31	Dispersivitäts-Skalenfaktor		f <sub>d</sub>				41,705		
32	long. Dispersivität		α <sub>z</sub>		m		145,968		
33	long. Disp.koeff.		α <sub>z</sub>		m <sup>2</sup> /a		156,394		
35	lin. Verteilungskoeff.		k <sub>d</sub>		l/kg		0,172		
36	Retardationsfaktor		R				2,8		
37	Halbwertszeit Abbau		T <sub>1/2</sub>		a		0,712		
38	Abbaukoeff. λ		λ		1/a				



## 6. Lösung/Teil 1

### Berechnung der Lösung

Berechnung nach analytischer Lösung "van Genuchten"			
Konzentrations- und Frachtberechnung am OdB			Start Berechnung
max. Konzentration	$c_{max}$	$\mu\text{g/l}$	16,7
Zeitpunkt der max. Konz.	$t_{cmax}$	a	2,0
Zeitpunkt PW-Überschr.	$t_{pwü}$	a	0,0
Zeitpunkt PW-Unterschr.	$t_{pwu}$	a	7,0
Dauer PW-Überschr.	$t_{pw}$	a	7,0
Schadstoffemission Quelle	$E_{s1ges}$	kg	0,080
Schadstoffemission GW	$E_{s2ges}$	kg	0,004
max. Fracht GW	$E_{s2max}$	g/a	0,753
mittl. Fracht GW	$E_{s2mittel}$	g/a	0,630
max. Emissionsstärke GW	$J_{s2max}$	$\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$	2,5
mittl. Emissionsstärke GW	$J_{s2mittel}$	$\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$	2,1
mobilisierbare Masse	$M_{mob}$	kg	0,104
Abbruchkriterium			



### Antworten Teil 1

- a) kommt es zu einer Prüfwertüberschreitung am OdB: **ja**
- b) wie hoch ist die maximale Konzentration am OdB: **16,7 µg/l**
- c) was folgt aus dem Ergebnis im Hinblick auf die von der zuständigen Behörde gestellte Frage: **die ansteigenden VC-Konzentrationen im Grundwasser können nicht durch Sickerwassereinträge verursacht sein, da die Maximalkonzentration am OdB unterhalb der im Grundwasser gemessenen Konzentrationen liegt**

# Praktische Anwendung von ALTEX-1D – Übungsbeispiel 3

6. Lösung/Teil 2 Zunächst wird analog zu Teil 1 die im Gleichgewicht mit der Abbruchkonzentration der Bodenluftsanierung ( $50 \text{ mg/m}^3$ ) stehende Konzentration im Sickerwasser ermittelt.

$$c_w = 50 \text{ } \mu\text{g/l} / 0,7182 = 69,62 \text{ } \mu\text{g/l}$$

	A	B	C	D	E
1	<b>Transportbetrachtung Fallkonstellation B</b>		Bearbeiter:	ALA-UA	
2	<b>exponentiell abnehmende Quellkonzentration</b>		Projekt:	Übungen/Bsp. 3/Teil 2	
3	<b>gelbe Felder: Eingabefelder</b>		Datum Bearbeit.:	16.2.10	
4	<b>rote Schrift: berechnete Werte</b>		Version	2.4	
5	<b>Kennwert/Parameter</b>	<b>Symbol</b>	<b>Einheit</b>	<b>Wert</b>	<b>ber. Wert</b>
6	Schadstoff			Vinylchlorid	
7	Prüfwert BBodSchV/GFS	PW/GFS	$\mu\text{g/l}$	10,00	
8	Kontaminierte Fläche	F	$\text{m}^2$	300,0	
9	OdB (u GOK)	OdB	m	5,0	
10	Oberkante Quelle	OKq	m	1,0	
11	Unterkante Quelle	UKq	m	1,5	
12	Bodenart (KA5)			fSms	
13	Feldkapazität	FK	%	14,0	
14	Trockenraumdichte Quelle	$\rho_b\text{-Q}$	$\text{kg/dm}^3$	1,20	
15	Trockenraumdichte Transportstr.	$\rho_b\text{-zs}$	$\text{kg/dm}^3$	1,50	
17	Gesamtgehalt	G	$\text{mg/kg TM}$	0,579	
18	Gesamtmasse Quelle	$M_{\text{Sch,F}}$	kg	0,104	
19	Mobilisierbarer Anteil	$M_{\text{mob}}$	%	100,0	
20	flächenbez. mob. Masse		$\text{g/m}^2$	0,347	
21	Quellkonzentration initial	$c_{s1}(0)$	$\mu\text{g/l}$	487,3	
22	Vorbelastung Transportstrecke	$c_i$	$\mu\text{g/l}$	0,0	
23	asympt. Endkonzentration	$c_a$	$\mu\text{g/l}$	69,6	
24	Abklingkonstante	$k_s$	1/a	2,104E-01	2,104E-01
25	Emissionsdauer Quelle	$t_e$	a	10,0	
26	Quellstärke initial	$J_{s1}(0)$	$\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$	73,1	
27	Sickerwasserrate	SWR	mm/a	150,0	
28	Länge Transportstrecke	$z_s$	m	3,5	
29	Sickerwassergeschw.	$v_{sm}$	m/a	1,071	
30	Schadstoffverweilzeit	$t_{stm}$	a	9,3	
31	Dispersivitäts-Skalenfaktor	$f_d$		41,705	
32	long. Dispersivität	$\alpha_z$	m	145,968	
33	long. Disp.koeff.	$D_z$	$\text{m}^2/\text{a}$	156,394	
35	lin. Verteilungskoeff.	$k_d$	l/kg	0,172	
36	Retardationsfaktor	R		2,8	
37	Halbwertszeit Abbau	$T_{1/2}$	a	0,712	
38	Abbaukoeff. $\lambda$	$\lambda$	1/a	0,974	

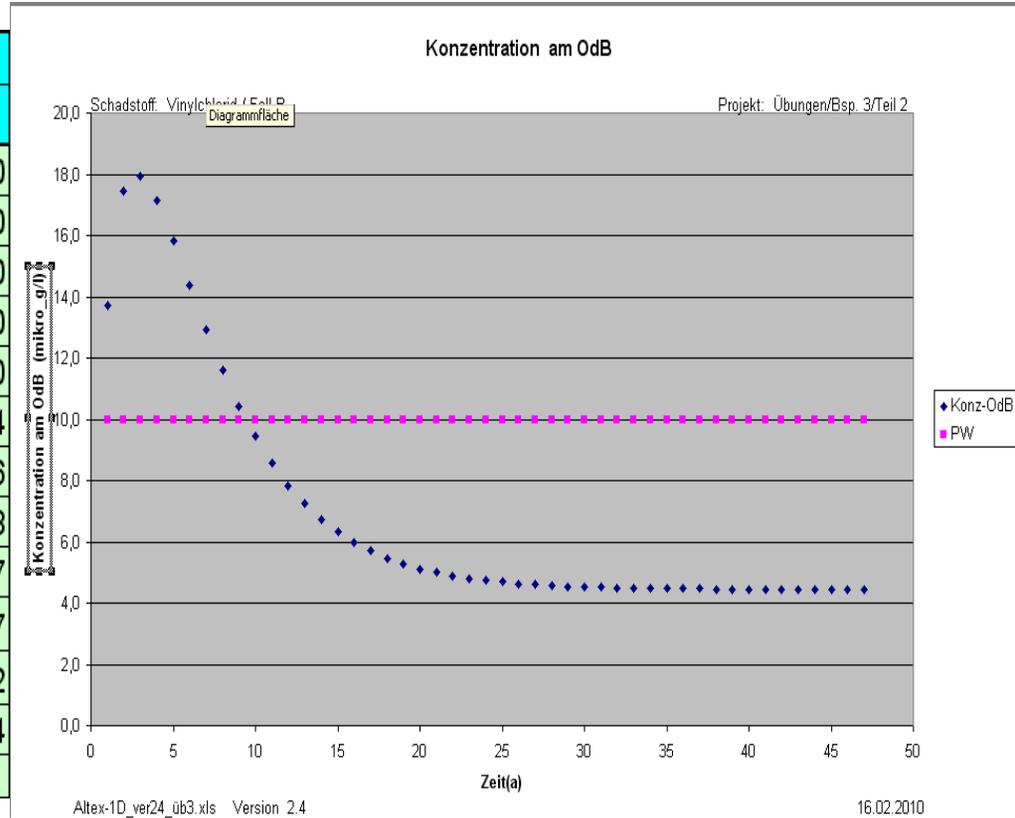
Verwendung als asymptotische Endkonzentration



# Praktische Anwendung von ALTEX-1D – Übungsbeispiel 3

## 6. Lösung/Teil 2 Berechnung der Lösung

Berechnung nach analytischer Lösung "van Genuchten"			
Konzentrations- und Frachtberechnung am OdB			Start Berechnung
max. Konzentration	$c_{max}$	$\mu\text{g/l}$	18,0
Zeitpunkt der max. Konz.	$t_{cmax}$	a	3,0
Zeitpunkt PW-Überschr.	$t_{pwü}$	a	0,0
Zeitpunkt PW-Untersch.	$t_{pwu}$	a	9,0
Dauer PW-Überschr.	$t_{pw}$	a	9,0
Schadstoffemission Quelle	$E_{s1ges}$	kg	0,104
Schadstoffemission GW	$E_{s2ges}$	kg	0,006
max. Fracht GW	$E_{s2max}$	g/a	0,808
mittl. Fracht GW	$E_{s2mittel}$	g/a	0,657
max. Emissionsstärke GW	$J_{s2max}$	$\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$	2,7
mittl. Emissionsstärke GW	$J_{s2mittel}$	$\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$	2,2
mobilisierbare Masse	$M_{mob}$	kg	0,104
Abbruchkriterium			



### Antworten Teil 2

a) Durch Berücksichtigung einer langfristig auf einem konstanten Wert verharrenden (asympt. Endkonzentration) Verunreinigung des Sickerwassers (entspricht der Gleichgewichtskonzentration mit der Abbruchkonzentration der Bodenluftsanierung) bei sonst gleichen Annahmen wie im Teil 1 wird der Prüfwert am OdB für 9 Jahre überschritten.

b) Die aus der Prüfwertüberschreitung resultierende Konzentration im Grundwasser kann mit Hilfe des Tabellenblattes Konz-GW berechnet werden.

# Praktische Anwendung von ALTEX-1D – Übungsbeispiel 3

## 6. Lösung/Teil 2

### Berechnung der resultierenden Konzentration im Grundwasser mit dem Tabellenblatt **Konz-GW**

Annahme: Messstelle im unmittelbaren Abstrom mit **vollständiger Verfilterung** über die Aquifermächtigkeit

	A	B	C	D	E	F	G	H
13								
14	<b>Parameter</b>	<b>Symbol</b>	<b>Einheit</b>	<b>Wert</b>				
15	<b>Fall (A oder B)</b>			<b>B</b>				
16	kontaminierte Fläche	F	m <sup>2</sup>	300,0				
17	Abstrombreite kont. Fläche	Ba	m	30,0				
18	Sickerwasserrate	SWR	mm/a	150,0				
19	max. Konz. am OdB	c <sub>max</sub>	µg/l	18,0				
20	max. Fracht	E <sub>s2max</sub>	g/a	0,808				
21	mittl. Fracht	E <sub>s2mittel</sub>	g/a	0,657				
22	Sickerwasservolumenstrom	Q <sub>s2</sub>	m <sup>3</sup> /a					
23	kont. Aquifermächtigkeit	h <sub>kont</sub>	m	3,0				
24	Durchlässigkeit Aquifer	kf	m/s	2,0E-04				
25	hydr. Gefälle Grundwasser	l	m/m	4,0E-03				
26	Filtergeschwindigkeit	vf	m/a	25,2				
27	GW-Volumenstrom	Q <sub>gw</sub>	m <sup>3</sup> /a	2270,6				
28	max. Konzentration im GW	c <sub>gw-max</sub>	µg/l	0,3				
29	mittl. Konzentration im GW	c <sub>gw-mittel</sub>	µg/l	0,3				
30	Verdünnungsfaktor (c <sub>max</sub> )	VF	(-)	51,5				
31								
	Fall A	Fall B	Graphik	Wertetabelle	SWR_GWN	Feldkap	Äquival	Stoffdaten
					kd-Anorganik	kd-Organik	Bio-Abbau	Konz-GW

Eingabe „B“ (automatische Übernahme der Ergebnisse des Tabellenblattes **Fall B**)

Abstrombreite der kont. Fläche quer zur GW-Strömung (aus Standortbeschreibung)

Aquifermächtigkeit aus Standortbeschreibung

Aquiferparameter aus Standortbeschreibung

### Antwort Teil 2

b) Die max. Konzentration im Grundwasser beträgt 0,3 µg/l und liegt unterhalb der GFS für VC (0,5 µg/l). Zieht man die über die Aquifermächtigkeit gemittelte Konzentration im Grundwasser als Beurteilungskriterium heran, ist ein Grundwasserschaden nicht zu erwarten. Der Abbruchwert für die Bodenluftsanierung von 50 mg/m<sup>3</sup> ist akzeptabel