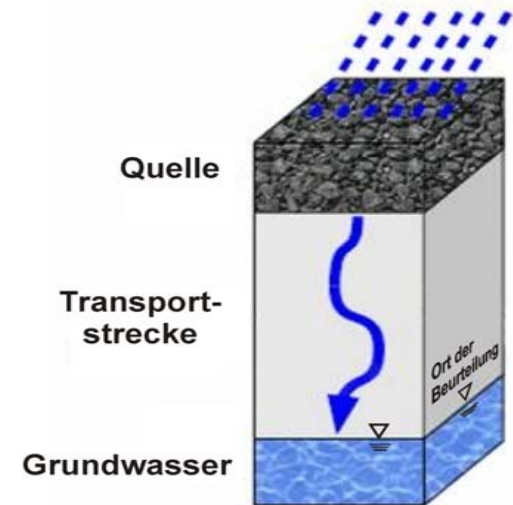


Praktische Anwendung ALTEX-1D - Übungsbeispiel 2 -

Dipl.-Ing. B. Engeser (LBEG)



Stand Februar 2010

1. Sachverhalt

Es handelt sich um ein Gelände, auf dem durch jahrzehntelange **Verrieselung von Abwasser** einer kommunalen Kläranlage **Schwermetallkontaminationen der oberen Bodenschicht** entstanden sind. Als besonders relevant für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser werden die **erhöhten Cadmiumgehalte** des Bodens in Verbindung mit der **extremen Versauerung der oberflächennahen Schichten** infolge des Verrieselungsbetriebes angesehen. Allerdings wurden im Grundwasser bisher keine erhöhten Cadmium-Konzentrationen festgestellt. Die kontaminierte Fläche soll in ein geplantes **Golfplatzgelände** integriert werden. Der Investor verlangt vom Abwasserverband, dem das Gelände gehört, eine verlässliche Bewertung, ob von der Cadmium-Kontamination eine Gefahr für das Grundwasser ausgeht.

frühere Nutzung
Abwasserverrieselung



geplante Nutzung
Golfplatz



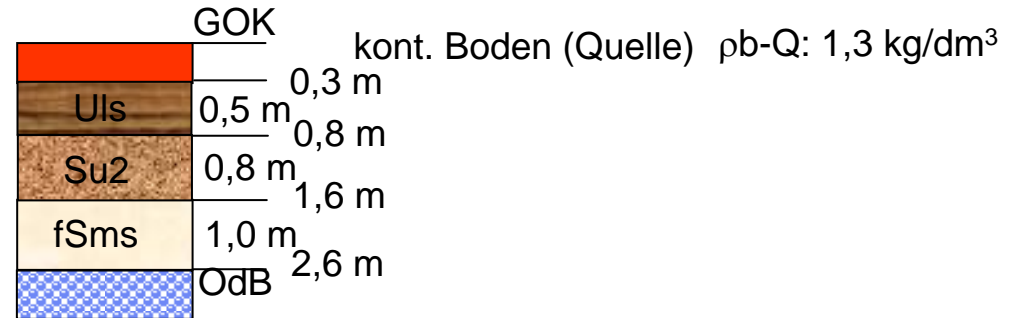
2. Standortbeschreibung

Grünfläche (geplanter Zustand)

5000 m²

Niederschlag: 1200 mm/a
(Rasenbewässerung)

Typisches Schichtprofil



Bodenkennwerte

Boden- art	Mächtig- keit	Trocken- raumdicke	pH	C _{org}	Ton- gehalt	Humus- gehalt	Grob- boden
	(m)	(kg/dm ³)		(%)	(%)	(%)	(%)
Uls	0,5	1,3	3	1,5	9,3	5	3
Su2	0,8	1,5	4	0,1	2	-	1
fSms	1,0	1,5	4	0,05	1	-	-

3. Quelltermbeschreibung

Die obere Bodenschicht bis 0,3 m ist infolge der Abwasserverrieselung durch sorbierte Schwermetalle insbesondere Cadmium verunreinigt. Der mittlere Cadmium-Gehalt des Bodens (Königswasser-Extrakt) beträgt 35 mg/kg. Zur Bestimmung der Quellkonzentration wurden Elutionuntersuchungen (Bodensättigungsextrakt, S4-Elutionen mit unterschiedlichem W/F-Verhältnis 10:1 und 2:1) durchgeführt. Folgende Eluatkonzentrationen wurden gemessen:

Eluate	S4 (10:1)	S4 (2:1)	BSE
Konzentration ($\mu\text{g/l}$)	3	8	25

Der mobilisierbare Anteil wurde nach dem Ansatz von Durner (Mehrfachelution/BMBF-Abschlussbericht/2006) mit 15 % bestimmt.

4. Aufgabe

Zur Beurteilung, ob von der Cadmium-Kontamination eine Gefahr für das Grundwasser ausgeht, soll eine Sickerwasserprognose durchgeführt werden. Aufgrund der Ergebnisse der Elutionsversuche ist für die Quelle eine **sorptionslimitierte Freisetzung** zugrunde zulegen. Es wird angenommen, dass die **initiale Quellkonzentration** dem **BSE-Wert** entspricht. Eine geogene Vorbelastung der Transportstrecke liegt nicht vor.

Beantworten Sie mit Hilfe von ALTEX-1D folgende Fragen:

Teil 1

- a) kommt es zu einer Prüfwertüberschreitung am OdB?
- b) wie hoch ist die maximale Konzentration am OdB?
- c) wann ist die erstmalige Überschreitung zu erwarten?
- d) wie lange dauert die Prüfwertüberschreitung
- e) wie hoch ist der gesamte Schadstoffeintrag in das Grundwasser

Teil 2

Der vom Investor beauftragte Gutachter schlägt vor, die extreme Versauerung der oberflächennahen Schichten durch **Einbringen von Kalkmergel** mit einer Tieffräse bis zur Tiefe von 0,8 m zu neutralisieren. Beurteilen Sie die Erfolgsaussichten dieser Maßnahme mit Hilfe von ALTEX-1D, indem Sie für die unter dem kontaminierten Boden liegende Schicht aus humosem Lehmschluff (Uls) einen pH-Wert von 6,5 annehmen und für den Quellterm (worst case) und die sonstigen Parameter die für Teil 1 verwendeten Werte zugrunde legen.

5. Hinweise zur Lösung

Da es sich um ein **mehrschichtiges Profil** handelt, sind zunächst die **äquivalenten Parameter** mit Hilfe des Tabellenblattes **Äquival** zu bestimmen (Da die Flüchtigkeit keine Rolle spielt, können die relevanten Stoffparameter auf 0 gesetzt werden)

Folgende weitere Tabellenblätter werden benötigt:

- Sickerwasserrate: **GWN**
- Feldkapazität: **Feldkap**
- lin. Verteilungskoeffizient k_d : **kd-Anorganik**

Als Wert für den Skalenfaktor der Dispersivität ist der Vorgabewert von 0,1 zu übernehmen. Cadmium unterliegt keinem Abbau. Es wird angenommen, dass kein „Tailing“ vorliegt und die Konzentration beim Abklingen auf 0 zurückgeht. Eine geogene Vorbelastung der Transportstrecke liegt nicht vor.



6. Lösung/Teil 1

Schritt 1:

Auswahl des Tabellenblattes **Fall B**

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

	A	B	C	D	E
1	Transportbetrachtung Fallkonstellation B		Bearbeiter:	ALA-UA	
2	exponentiell abnehmende Quellkonzentration		Projekt:	Übungsbsp. 2/T.1	
3	gelbe Felder: Eingabefelder		Datum Bearbeit.: 15.2.10		
4	rote Schrift: berechnete Werte		Version 2.4		
5	Kennwert/Parameter	Symbol	Einheit	Wert	ber. Wert
6	Schadstoff				
7	Prüfwert BBodSchV/GFS	PW/GFS	µg/l		
8	Kontaminierte Fläche	F	m ²		
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 _{b-Q}	kg/dm ³		
15	Trockenraumdichte Transportstr.	ρ _{b-zs}	kg/dm ³		
17	Gesamtgehalt	G	mg/kg TM		
18	Gesamtmasse Quelle	M _{Sch,F}	kg		
19	Mobilisierbarer Anteil	M _{mob}	%		
20	flächenbez. mob. Masse		g/m ²		
21	Quellkonzentration initial	c _{s1(0)}	µg/l		
22	Vorbelastung Transportstrecke	c _i	µg/l		
23	asympt. Endkonzentration	c _a	µg/l		
24	Abklingkonstante	k _s	1/a		
25	Emissionsdauer Quelle	t _e	a		
26	Quellstärke initial	J _{s1(0)}	mg/(m ² *a)		
27	Sickerwasserrate	SWR	mm/a		
28	Länge Transportstrecke	z _s	m		
29	Sickerwassergeschw.	v _{sm}	m/a		
30	Schadstoffverweilzeit	t _{stm}	a		
31	Dispersivitäts-Skalenfaktor	f _d			
32	long. Dispersivität	α _z	m		
33	long. Disp.koeff.	D _z	m ² /a		
35	lin. Verteilungskoeff.	k _d	l/kg		
36	Retardationsfaktor	R			
37	Halbwertszeit Abbau	T _{1/2}	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



6. Lösung/Teil 1

Schritt 2: Eingabe der Daten aus der Standortbeschreibung

Es handelt sich um ein **mehrschichtiges** Bodenprofil, daher ist die Eingabe **äquivalenter Parameter** notwendig.

A		B		C		D		E
1	Transportbetrachtung Fallkonstellation B			Bearbeiter:		ALA-UA		Allgem. Standortparameter
2	exponentiell abnehmende Quellkonzentration			Projekt:		Übungsbsp. 2/T.1		
3	gelbe Felder: Eingabefelder			Datum Bearbeit.:		15.2.10		
4	rote Schrift: berechnete Werte			Version		2.4		
5	Kennwert/Parameter		Symbol	Einheit	Wert	ber. Wert		
6	Schadstoff				Cadmium			
7	Prüfwert BBodSchV/GFS		PW/GFS	µg/l	5,00			
8	Kontaminierte Fläche		F	m²	5000,0			
9	OdB (u GOK)		OdB	m	2,6			
10	Oberkante Quelle		OKq	m	0,0			
11	Unterkante Quelle		UKq	m	0,3			
12	Bodenart (KA5)		Uls/Su2/fSms					
13	Feldkapazität		1,30			äquiv. Feldkapazität		
14	Trockenraumdichte Quelle					äquiv. Trockenraumdichte		
15	Trockenraumdichte Transportst.		pb-zs	kg/dm³				
16	Gesamtgehalt		G	mg/kg TM				
17	Gesamtmasse Quelle		M _{Sch,F}	kg				
18	Mobilisierungsanteil		M	%				
19	18	Niederschlag	Bodenart	Vegetationsart	Versiegelungsgrad	Grundwasserneubildung		
20	19	(mm/a)	Symbol	Bezeichnung	Flächenanteil (%)	(mm/a)		
21	20	1200	Uls	Gras	G	0	468	
22	21							
23	Emissionsdauer Quelle		t _e	a				
24	Quellstärke initial		J _{s1(0)}	mg/(m²*a)				
25	Sickerwasserrate		SWR	mm/a				
26	Länge Transportstrecke		z _s	m				
27	Sickerwassergeschw.		v _{sm}	m/a				
28	Schadstoffverweilzeit		t _{stm}	a				
29	Dispersivitäts-Skalenfaktor		f _d			äquiv. Disp.-Skalenf.		
30	long. Dispersivität		α _z	m				
31	long. Disp.koeff.		D _z	m²/a				
32	lin. Verteilungskoeff.		k _d	l/kg		äquiv. kd-Wert		
33	Retardationsfaktor		R					
34	Halbwertszeit Abbau		T _{1/2}	a				
35	Abbaukoeff. λ		λ	1/a				

SWR mit Tabellenblatt GWN

Fall A Fall B Graphik Wertetabelle SWR_GWN Feldkap Äquival Stoffdaten kd-Anorganik kd-Organik Bio-Abbau Konz-GW

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

	A	B	C	D	
9	Parameter	Symbol	Einheit	Wert	
10	Fall A oder B			B	
11	Stoff			Cadmium	
12	Sickerwasserrate	SWR	(mm/a)	468,000	
13	Henry-Konstante	H	(-)	0,000E+00	
14	Diffusionskoeff. Wasser	Dw	m ² /a	0	
15	Diffusionskoeff. Luft	Dg	m ² /a	0	
16	Dispersivitäts-Skalenfaktor	fd	(-)	0,100	
17					
18	Schicht-Nr	Bodenart	Mächtigkeit	Feldkapazität	Luftk
19		KA5			
20	i		z(i)	Fk(i)	
21			(m)	(Vol.-%)	(Vol.-%)
22	1				(kg/dm ³)
23	2				(l/kg)
24	3				
25	4				
26	5				
27	6				
28	7				
29	8				
30	9				
31	10				
32	Summe/äquiv.				
33					
34	Äquivalente Parameter	Symbol	Einheit	Wert	
35	Feldkapazität	FK-äq	(%)		
36	Luftkapazität	LK-äq	(%)		
37	Trockenraumdichte	pb-zs-äq	(kg/dm ³)		
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 ² /a)		
45	molekulare Diffusion	Dmol	(m ² /a)		
46	Dispersion Verflüchtigung	Dvol	(m ² /a)		
47	Dispersionskoeffizient	Dz-äq	(m ² /a)		
48	Dispersivitäts-Skalenfaktor	fd-äq	(-)		
49					

Übernahme der allgemeinen Standortparameter aus Tabellenblatt Fall B

Cadmium nicht flüchtig, Stoffdaten können auf 0 gesetzt werden

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*

	A	B	C	D	F	H	J	R
9	Parameter	Symbol	Einheit	Wert				
10	Fall A oder B			B				
11	Stoff			Cadmium				
12	Sickerwasserrate	SWR	(mm/a)	468,000				
13	Henry-Konstante	H	(-)	0,000E+00				
14	Diffusionskoeff. Wasser	Dw	m ² /a	0				
15	Diffusionskoeff. Luft	Dg	m ² /a	0				
16	Dispersivitäts-Skalenfaktor	fd	(-)	0,100				
17								
18	Schicht-Nr	Bodenart	Mächtigkeit	Feldkapazität	Luftkapazität	Trockenraumdichte	lin. Verteilungs-	
19		KA5					koeffizient	
20	i		z(i)	Fk(i)	Lk(i)	pb(i)	kd(i)	
21			(m)	(Vol.-%)	(Vol.-%)	(kg/dm ³)	(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	Äquivalente Parameter	Symbol	Einheit	Wert				
35	Feldkapazität	FK-äq	(%)					
36	Luftkapazität	LK-äq	(%)					
37	Trockenraumdichte	pb-zs-äq	(kg/dm ³)					
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 ² /a)					
45	molekulare Diffusion	Dmol	(m ² /a)					
46	Dispersion Verflüchtigung	Dvol	(m ² /a)					
47	Dispersionskoeffizient	Dz-äq	(m ² /a)					
48	Dispersivitäts-Skalenfaktor	fd-äq	(-)					
49								

Bodenarten, Mächtigkeit und Trockenraumdichte für die Einzelschichten eingeben (aus der Standortbeschreibung)

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*

	A	B	C	D	F	H	J	R
9	Parameter	Symbol	Einheit	Wert				
10	Fall A oder B			B				
11	Stoff			Cadmium				
12	Sickerwasserrate	SWR	(mm/a)	468,000				
13	Henry-Konstante	H	(-)	0,000E+00				
14	Diffusionskoeff. Wasser	Dw	m ² /a	0				
15	Diffusionskoeff. Luft	Dg	m ² /a	0				
16	Dispersivitäts-Skalenfaktor	fd	(-)	0,100				
17								
18	Schicht-Nr	Bodenart	Mächtigkeit	Feldkapazität	Luftkapazität	Trockenraumdichte	lin. Verteilungs-	
19		KA5		Fk(i)	Lk(i)	pb(i)	koeffizient	
20	i		z(i)	(Vol.-%)	(Vol.-%)	(kg/dm ³)	kd(i)	
21			(m)				(l/kg)	
22	1	Uls	0,5			1,3		
23	2	Su2	0,8			1,5		
24	3	fSms	1			1,5		
25	4							
26	5							
27	6							
28	7							
29	8							
30	9							
31	10							
32	Summe/äquiv.							
33								
34	Äquivalente Parameter	Symbol	Einheit	Wert				
35	Feldkapazität	FK-äq	(%)					
36	Luftkapazität	LK-äq	(%)					
37	Trockenraumdichte	pb-zs-äq	(kg/dm ³)					
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 ² /a)					
45	molekulare Diffusion	Dmol	(m ² /a)					
46	Dispersion Verflüchtigung	Dvol	(m ² /a)					
47	Dispersionskoeffizient	Dz-äq	(m ² /a)					
48	Dispersivitäts-Skalenfaktor	fd-äq	(-)					
49								

Feldkapazität für die Einzelschichten mit dem Tabellenblatt *Feldkap* ermitteln, Luftkapazität auf 0 setzen, da Cadmium nicht flüchtig

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*

	A	B	C	D	G	I
14						
15	Bodenart	Trocken- rohdichte	Grobboden- Anteil	Humusgehalt	Feldkapazität	Luftkapazität
16		pt	Korngröße > 2 mm		n. Tab. 70	n. Tab. 70
17		(kg/dm³)	(Vol %)	(Masse %)	(Vol %)	(Vol %)
18						
19	Ss	1,5	0	0	11	32
20	Sl2	1,5	0	0	25	18
21	Sl3	1,5	0	0	27	15
22	Sl4	1,5	0	0	30	12
23	Slu	1,5	0	0	33	10
24	St2	1,5	0	0	22	20
25	St3	1,5	0	0	30	14
26	Su2	1,5	1	0	22,77	21
27	Su3	1,5	0	0	29	14
28	Su4	1,5	0	0	32	11
29	Ls2				34	9
30	Ls3				33	9
31	Ls4				35,68	15
32	Lt2	1,5	0	0	36	7
33	Lt3	1,5	0	0	39	5
34	Lts	1,5	0	0	37	6
35	Lu	1,5	0	0	36	7
36	Uu	1,5	0	0	38	7
37	Uls	1,3	3	5	47,83	23
38	Us	1,5	0	0	35	9
39	Ut2	1,5	0	0	37	6
40	Ut3	1,5	0	0	37	6
41	Ut4	1,5	0	0	37	7
42	Tt				43	3
43	Tl				41	4
44	Tu2	1,5	0	0	42	4
45	Tu3	1,5	0	0	38	6
46	Tu4	1,5	0	0	37	6
47	Ts2	1,5	0	0	39	4
48	Ts3	1,5	0	0	37	6
49	Ts4	1,5	0	0	32	10
50	Sande					
51	fS, fSms, fSgs	1,5	0	0	14	31
52	mS, mSfs, mSgs	1,5	0	0	10	32
53	gS	1,5	0	0	8	33

Ermittlung der Feldkapazität der Einzelschichten aus der Bodenart mit Hilfe des Tabellenblattes *Feldkap*

aus Standortbeschreibung

aus Standortbeschreibung

übernehmen in *Äquival*

6. Lösung/Teil 1

Schritt 3: Ermittlung der äquivalenten Parameter mit dem Tabellenblatt *Äquival*

	A	B	C	D	F	H	J	R
9	Parameter	Symbol	Einheit	Wert				
10	Fall A oder B			B				
11	Stoff			Cadmium				
12	Sickerwasserrate	SWR	(mm/a)	468,000				
13	Henry-Konstante	H	(-)	0,000E+00				
14	Diffusionskoeff. Wasser	Dw	m ² /a	0				
15	Diffusionskoeff. Luft	Dg	m ² /a	0				
16	Dispersivitäts-Skalenfaktor	fd	(-)	0,100				
17								
18	Schicht-Nr	Bodenart	Mächtigkeit	Feldkapazität	Luftkapazität	Trockenraumdichte	lin. Verteilungs-	
19		KA5					koeffizient	
20	i		z(i)	Fk(i)	Lk(i)	pb(i)	kd(i)	
21			(m)	(Vol.-%)	(Vol.-%)	(kg/dm ³)	(l/kg)	
22	1	Uls	0,5	47,83	0	1,3		
23	2	Su2	0,8	22,77	0	1,5		
24	3	fSms	1	14	0	1,5		
25	4							
26	5							
27	6							
28	7							
29	8							
30	9							
31	10							
32	Summe/äquiv.							
33								
34	Äquivalente Parameter	Symbol	Einheit	Wert				
35	Feldkapazität	FK-äq	(%)					
36	Luftkapazität	LK-äq	(%)					
37	Trockenraumdichte	pb-zs-äq	(kg/dm ³)					
38	lin. Verteilungskoeff.	kd-äq	(l/kg)					
39	Retardationsfaktor	R-äq	(-)					
40	Tortuosität Bodenwasser	rw-äq	(-)					
41	Tortuosität Bodenluft	rg-äq	(-)					
42	Sickerwassergeschwindigkeit	vsm-äq	(m/a)					
43	longitudinale Dispersivität	αz	(m)					
44	mechanische Dispersion	Dmech	(m ² /a)					
45	molekulare Diffusion	Dmol	(m ² /a)					
46	Dispersion Verflüchtigung	Dvol	(m ² /a)					
47	Dispersionskoeffizient	Dz-äq	(m ² /a)					
48	Dispersivitäts-Skalenfaktor	fd-äq	(-)					
49								

kd-Wert für die Einzelschichten ermitteln mit dem Tabellenblatt kd-Anorganik

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

Praktische Anwendung von ALTEX-1D – Übungsbeispiel 2

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

Schicht 1: Uls

Element	Sym	Tab. BGR	log K*	a (pH)	b (log Ton)	c (log Corg)	n-Freundlich	pH	C _{org}	Ton	K _d -Freundlich	¹ c _{si} (= Quellk.)	k _d -linearisiert
Cadmium	Cd	Tab. 3.2.6	-0,827	0,521	0,419	0,376	0,836	3,0	1,50	9,3	16,1	25,0	10,3
Chrom	Cr	Tab. 3.2.6	3,09				0,799	6,0	0,10	10,0	1230,3	500,0	391,4
Kupfer	Cu	Tab. 3.2.6	0,764	0,332	0,41		0,758	6,0	0,10	10,0	1465,5	500,0	369,6
Molybdän	Mo	Tab. 3.2.11	5,309	-0,663	0,732					10,0	115,6	500,0	14,0
Nickel	Ni	Tab. 3.2.6	-0,122	0,365	0,473					10,0	206,5	500,0	53,0
Blei	Pb	Tab. 3.2.11	1,231	0,432	0,465					10,0	19408,9	250,0	2783,5
Antimon	Sb	Tab. 3.2.6	2,593	-0,333	0,776	-0,292	0,846	6,0	0,10	10,0	46,0	100,0	24,5
Thallium	Tl	Tab. 3.2.11	0,718	0,216	0,729		0,857	6,0	0,10	10,0	553,4	10,0	427,1
Zink	Zn	Tab. 3.2.6	0,248	0,456	0,381	0,27	0,575	6,0	0,10	10,0	1244,5	5000,0	42,1

kd-Wert in Äquival übernehmen

aus Schichtbeschreibung

¹Vorgabewert: 10*PW

Schicht 2: Su2

Element	Sym	Tab. BGR	log K*	a (pH)	b (log Ton)	c (log Corg)	n-Freundlich	pH	C _{org}	Ton	K _d -Freundlich	¹ c _{si} (= Quellk.)	k _d -linearisiert
Cadmium	Cd	Tab. 3.2.6	-0,827	0,521	0,419	0,376	0,836	4,0	0,10	2,0	10,2	25,0	6,5
Chrom	Cr	Tab. 3.2.6	3,09				0,799	6,0	0,10	10,0	1230,3	500,0	391,4
Kupfer	Cu	Tab. 3.2.6	0,764	0,332	0,41		0,758	6,0	0,10	10,0	1465,5	500,0	369,6
Molybdän	Mo	Tab. 3.2.11	5,309	-0,663	0,732					10,0			
Nickel	Ni	Tab. 3.2.6	-0,122	0,365	0,473					10,0			
Blei	Pb	Tab. 3.2.11	1,231	0,432	0,465					10,0			
Antimon	Sb	Tab. 3.2.6	2,593	-0,333	0,776	-0,292	0,846	6,0	0,10	10,0	553,4	10,0	427,1
Thallium	Tl	Tab. 3.2.11	0,718	0,216	0,729		0,857	6,0	0,10	10,0	553,4	10,0	427,1
Zink	Zn	Tab. 3.2.6	0,248	0,456	0,381	0,27	0,575	6,0	0,10	10,0	1244,5	5000,0	42,1

kd-Wert in Äquival übernehmen

aus Schichtbeschreibung

Quellkonzentration einsetzen

¹Vorgabewert: 10*PW

Schicht 3: fSms

Element	Sym	Tab. BGR	log K*	a (pH)	b (log Ton)	c (log Corg)	n-Freundlich	pH	C _{org}	Ton	K _d -Freundlich	¹ c _{si} (= Quellk.)	k _d -linearisiert
Cadmium	Cd	Tab. 3.2.6	-0,827	0,521	0,419	0,376	0,836	4,0	0,05	1,0	5,9	25,0	3,7
Chrom	Cr	Tab. 3.2.6	3,09				0,799	6,0	0,10	10,0	1230,3	500,0	391,4
Kupfer	Cu	Tab. 3.2.6	0,764	0,332	0,41		0,758	6,0	0,10	10,0	1465,5	500,0	369,6
Molybdän	Mo	Tab. 3.2.11	5,309	-0,663	0,732					10,0			
Nickel	Ni	Tab. 3.2.6	-0,122	0,365	0,473					10,0			
Blei	Pb	Tab. 3.2.11	1,231	0,432	0,465					10,0			
Antimon	Sb	Tab. 3.2.6	2,593	-0,333	0,776	-0,292	0,846	6,0	0,10	10,0	553,4	10,0	427,1
Thallium	Tl	Tab. 3.2.11	0,718	0,216	0,729		0,857	6,0	0,10	10,0	553,4	10,0	427,1
Zink	Zn	Tab. 3.2.6	0,248	0,456	0,381	0,27	0,575	6,0	0,10	10,0	1244,5	5000,0	42,1

kd-Wert in Äquival übernehmen

aus Schichtbeschreibung

Quellkonzentration einsetzen

¹Vorgabewert: 10*PW

6. Lösung/Teil 1

Schritt 3: Ermittlung der äquivalenten Parameter mit dem Tabellenblatt *Äquival*

	A	B	C	D	F	H	J	R
9	Parameter	Symbol	Einheit	Wert				
10	Fall A oder B			B				
11	Stoff			Cadmium				
12	Sickerwasserrate	SWR	(mm/a)	468,000				
13	Henry-Konstante	H	(-)	0,000E+00				
14	Diffusionskoeff. Wasser	Dw	m ² /a	0				
15	Diffusionskoeff. Luft	Dg	m ² /a	0				
16	Dispersivitäts-Skalenfaktor	fd	(-)	0,100				
17								
18	Schicht-Nr	Bodenart	Mächtigkeit	Feldkapazität	Luftkapazität	Trockenraumdichte	lin. Verteilungs-	
19		KA5					koeffizient	
20	i		z(i)	Fk(i)	Lk(i)	pb(i)	kd(i)	
21			(m)	(Vol.-%)	(Vol.-%)	(kg/dm ³)	(l/kg)	
22	1	Uls	0,5	47,83	0	1,3	10,3	
23	2	Su2	0,8	22,77	0	1,5	6,5	
24	3	fSms	1	14	0	1,5	3,7	
25	4							
26	5							
27	6							
28	7							
29	8							
30	9							
31	10							
32	Summe/äquiv.							
33								
34	Äquivalente Parameter	Symbol	Einheit	Wert				
35	Feldkapazität	FK-äq	(%)	24,405				
36	Luftkapazität	LK-äq	(%)	0,000				
37	Trockenraumdichte	pb-zs-äq	(kg/dm ³)	1,457				
38	lin. Verteilungskoeff.	kd-äq	(l/kg)	5,984				
39	Retardationsfaktor	R-äq	(-)	36,711				
40	Tortuosität Bodenwasser	τw-äq	(-)	0,608				
41	Tortuosität Bodenluft	τg-äq	(-)	0,000				
42	Sickerwassergeschwindigkeit	vsm-äq	(m/a)	1,918				
43	longitudinale Dispersivität	αz	(m)	0,230				
44	mechanische Dispersion	Dmech	(m ² /a)	0,441				
45	molekulare Diffusion	Dmol	(m ² /a)	0,000				
46	Dispersion Verflüchtigung	Dvol	(m ² /a)	0,000				
47	Dispersionskoeffizient	Dz-äq	(m ² /a)	0,441				
48	Dispersivitäts-Skalenfaktor	fd-äq	(-)	0,100				
49								

kd-Wert für die Einzelschichten übernehmen

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

	A	B	C	D	E
1	Transportbetrachtung Fallkonstellation B		Bearbeiter:	ALA-UA	Übernahme der äquivalenten Parameter
2	exponentiell abnehmende Quellkonzentration		Projekt:	Übungsbsp. 2/T.1	
3	gelbe Felder: Eingabefelder		Datum Bearbeit.:	15.2.10	
4	rote Schrift: berechnete Werte		Version	2.4	
5	Kennwert/Parameter	Symbol	Einheit	Wert	ber. Wert
6	Schadstoff			Cadmium	
7	Prüfwert BBodSchV/GFS	PW/GFS	$\mu\text{g/l}$	5,00	
8	Kontaminierte Fläche	F	m^2	5000,0	
9	OdB (u GOK)	OdB	m	2,6	
10	Oberkante Quelle	OKq	m	0,0	
11	Unterkante Quelle	UKq	m	0,3	
12	Bodenart (KA5)			Uls/Su2/fSms	
13	Feldkapazität	FK	%	24,4	äquiv. Feldkapazität
14	Trockenraumdichte Quelle	ρ_{b-Q}	kg/dm^3	1,30	
15	Trockenraumdichte Transportstr.	ρ_{b-zs}	kg/dm^3	1,46	äquiv. Trockenraumd.
17	Gesamtgehalt	G	mg/kg TM		
18	Gesamtmasse Quelle	$M_{\text{Sch},F}$	kg		
19	Mobilisierbarer Anteil	M_{mob}	%		
20	flächenbez. mob. Masse		g/m^2		
21	Quellkonzentration initial	$c_{s1}(0)$	$\mu\text{g/l}$		
22	Vorbelastung Transportstrecke	c_i	$\mu\text{g/l}$		
23	asympt. Endkonzentration	c_a	$\mu\text{g/l}$		
24	Abklingkonstante	k_s	1/a		
25	Emissionsdauer Quelle	t_e	a		
26	Quellstärke initial	$J_{s1}(0)$	$\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$		
27	Sickerwasserrate	SWR	mm/a	468,0	
28	Länge Transportstrecke	z_s	m	2,3	
29	Sickerwassergeschw.	v_{sm}	m/a	1,918	
30	Schadstoffverweilzeit	t_{stm}	a	44,1	
31	Dispersivitäts-Skalenfaktor	f_d		0,100	äquiv. Disp.-Skalenf.
32	long. Dispersivität	α_z	m	0,230	
33	long. Disp.koeff.	D_z	m^2/a	0,441	
35	lin. Verteilungskoeff.	k_d	l/kg	5,984	äquiv. kd-Wert
36	Retardationsfaktor	R		36,8	
37	Halbwertszeit Abbau	$T_{1/2}$	a		Cadmium kein Abbau, Halbwertszeit 1 Mio Jahre
38	Abbaukoeff. λ	λ	1/a		

6. Lösung/Teil 1

Schritt 4: Eingabe der Quelltermparameter

	A	B	C	D	E
1	Transportbetrachtung Fallkonstellation B		Bearbeiter: ALA-UA		
2	exponentiell abnehmende Quellkonzentration		Projekt: Übungsbsp. 2/T.1		
3	gelbe Felder: Eingabefelder		Datum Bearbeit.: 15.2.10		
4	rote Schrift: berechnete Werte		Version 2.4		
5	Kennwert/Parameter	Symbol	Einheit	Wert	ber. Wert
6	Schadstoff			Cadmium	
7	Prüfwert BBodSchV/GFS	PW/GFS	µg/l	5,00	
8	Kontaminierte Fläche	F	m ²	5000,0	
9	OdB (u GOK)	OdB	m	2,6	
10	Oberkante Quelle	OKq	m	0,0	
11	Unterkante Quelle	UKq	m	0,3	
12	Bodenart (KA5)			Uls/Su2/fSms	
13	Feldkapazität	FK	%	24,4	
14	Trockenraumdichte Quelle	ρ _{b-Q}	kg/dm ³	1,30	
15	Trockenraumdichte Transportstr.	ρ _{b-zs}	kg/dm ³	1,46	
17	Gesamtgehalt	G	mg/kg TM	35,000	
18	Gesamtmasse Quelle	M _{Sch,F}	kg	68,250	
19	Mobilisierbarer Anteil	M _{mob}	%	15,0	
20	flächenbez. mob. Masse		g/m ²	2,048	
21	Quellkonzentration initial	c _{s1(0)}	µg/l	25,0	
22	Vorbelastung Transportstrecke	c _i	µg/l	0,0	
23	asympt. Endkonzentration	c _a	µg/l	0,0	
24	Abklingkonstante	k _s	1/a		
25	Emissionsdauer Quelle	t _e	a		
26	Quellstärke initial	J _{s1(0)}	mg/(m ² ·a)		
27	Sickerwasserrate	SWR	mm/a	468,0	
28	Länge Transportstrecke	z _s	m	2,3	
29	Sickerwassergeschw.	v _{sm}	m/a	1,918	
30	Schadstoffverweilzeit	t _{stm}	a	44,1	
31	Dispersivitäts-Skalenfaktor	f _d		0,100	
32	long. Dispersivität	α _z	m	0,230	
33	long. Disp.koeff.	D _z	m ² /a	0,441	
35	lin. Verteilungskoeff.	k _d	l/kg	5,984	
36	Retardationsfaktor	R		36,8	
37	Halbwertszeit Abbau	T _{1/2}	a	1000000,000	
38	Abbaukoeff. λ	λ	1/a	0,000	

Eingabe des
Gesamtgehaltes

Eingabe des
mobilisierbaren
Anteils

Eingabe der initialen
Quellkonzentration
(BSE-Wert)

Keine Vorbelastung
c_i=0

asympt.
Endkonzentration = 0

Praktische Anwendung von ALTEX-1D – Übungsbeispiel 2

6. Lösung/Teil 1

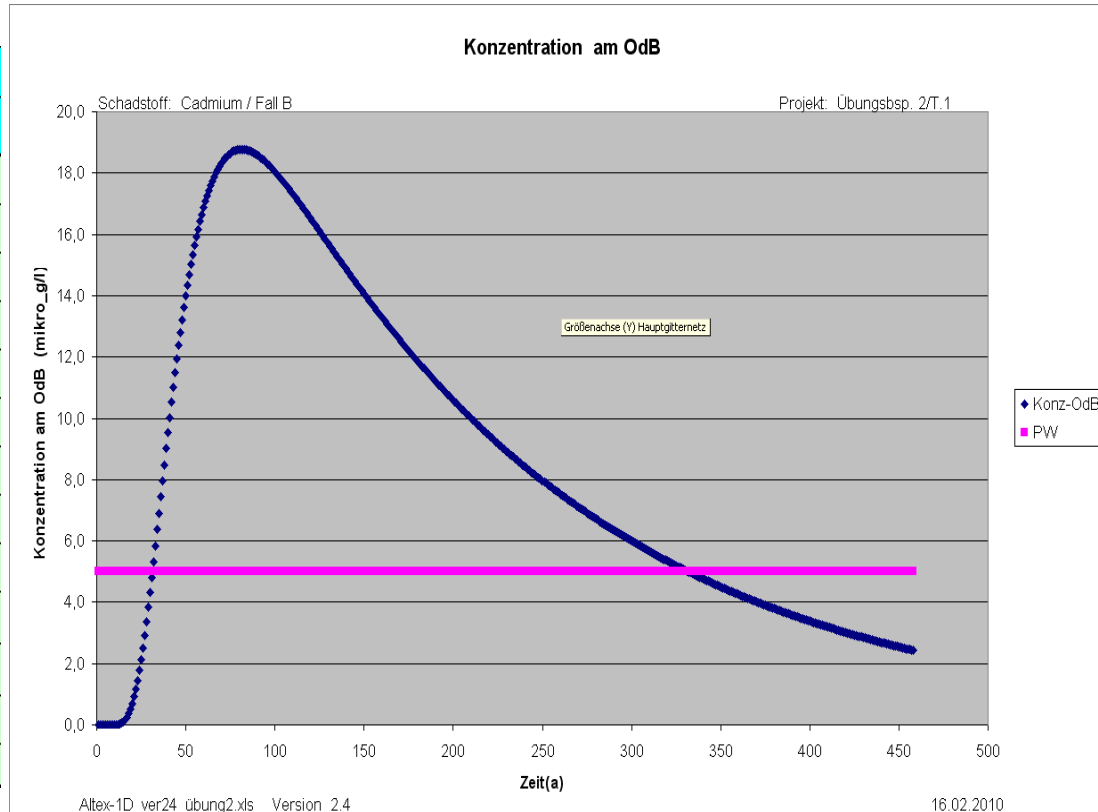
Schritt 4: Eingabe der Quelltermparameter

	A	B	C	D	E
1	Transportbetrachtung Fallkonstellation B		Bearbeiter: ALA-UA		
2	exponentiell abnehmende Quellkonzentration		Projekt: Übungsbsp. 2/T.1		
3	gelbe Felder: Eingabefelder		Datum Bearbeit.: 15.2.10		
4	rote Schrift: berechnete Werte		Version 2.4		
5	Kennwert/Parameter	Symbol	Einheit	Wert	ber. Wert
6	Schadstoff			Cadmium	
7	Prüfwert BBodSchV/GFS	PW/GFS	µg/l	5,00	
8	Kontaminierte Fläche	F	m ²	5000,0	
9	OdB (u GOK)	OdB	m	2,6	
10	Oberkante Quelle	OKq	m	0,0	
11	Unterkante Quelle	UKq	m	0,3	
12	Bodenart (KA5)			Uls/Su2/fSms	
13	Feldkapazität	FK	%	24,4	
14	Trockenraumdichte Quelle	ρ _{b-Q}	kg/dm ³	1,30	
15	Trockenraumdichte Transportstr.	ρ _{b-zs}	kg/dm ³	1,46	
17	Gesamtgehalt	G	mg/kg TM	35,000	
18	Gesamtmasse Quelle	M _{Sch,F}	kg	68,250	
19	Mobilisierbarer Anteil	M _{mob}	%	15,0	
20	flächenbez. mob. Masse		g/m ²	2,048	
21	Quellkonzentration initial	c _{s1(0)}	µg/l	25,0	
22	Vorbelastung Transportstrecke	c _i	µg/l	0,0	
23	asympt. Endkonzentration	c _a	µg/l	0,0	
24	Abklingkonstante	k _s	1/a	5,714E-03	5,714E-03
25	Emissionsdauer Quelle	t _e	a		
26	Quellstärke initial	J _{s1(0)}	mg/(m ² *a)	11,7	
27	Sickerwasserrate	SWR	mm/a	468,0	
28	Länge Transportstrecke	z _s	m	2,3	
29	Sickerwassergeschw.	v _{sm}	m/a	1,918	
30	Schadstoffverweilzeit	t _{stm}	a	44,1	
31	Dispersivitäts-Skalenfaktor	f _d		0,100	
32	long. Dispersivität	α _z	m	0,230	
33	long. Disp.koeff.	D _z	m ² /a	0,441	
35	lin. Verteilungskoeff.	k _d	l/kg	5,984	
36	Retardationsfaktor	R		36,8	
37	Halbwertszeit Abbau	T _{1/2}	a	1000000,000	
38	Abbaukoeff. λ	λ	1/a	0,000	

manuelle
Übernahme der
berechneten
Abklingkonstante in
das Feld D24

Schritt 5: Start der Berechnung/Ergebnis

Berechnung nach analytischer Lösung "van Genuchten"			
Konzentrations- und Frachtberechnung am OdB			Start Berechnung
max. Konzentration	c_{\max}	$\mu\text{g/l}$	18,8
Zeitpunkt der max. Konz.	$t_{c\max}$	a	81,0
Zeitpunkt PW-Überschr.	$t_{pw\ddot{u}}$	a	31,0
Zeitpunkt PW-Unterschr.	t_{pwu}	a	331,0
Dauer PW-Überschr.	t_{pw}	a	300,0
Schadstoffemission Quelle	$E_{s1\text{ges}}$	kg	8,250
Schadstoffemission GW	$E_{s2\text{ges}}$	kg	8,128
max. Fracht GW	$E_{s2\max}$	g/a	43,928
mittl. Fracht GW	$E_{s2\text{mittel}}$	g/a	27,092
max. Emissionsstärke GW	$J_{s2\max}$	$\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$	8,8
mittl. Emissionsstärke GW	$J_{s2\text{mittel}}$	$\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$	5,4
mobilisierbare Masse	M_{mob}	kg	10,238
Abbruchkriterium			



Antworten Teil 1

- kommt es zu einer Prüfwertüberschreitung am OdB: **ja**
- wie hoch ist die maximale Konzentration am OdB: **18,8 $\mu\text{g/l}$**
- wann ist die erstmalige Überschreitung des Prüfwertes zu erwarten: **31 Jahre**
- wie lange dauert die Prüfwertüberschreitung: **300 Jahre**
- Wie hoch ist der gesamte Stoffeintrag in das Grundwasser: **8,1 kg**

Praktische Anwendung von ALTEX-1D – Übungsbeispiel 2

6. Lösung/Teil 2

Schritt 1: Ermittlung des veränderten k_d -Wertes für die Schicht 1 nach Einbringung von Kalkmergel

Tabellenblatt *kd-Anorganik*

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L	N	O	Q
9														
10			Freundlich-Regressionskoeffizienten (Bericht BGR/2005)						Bodenkenngrößen			Linear. Freundlich-Isoth.		
11	Element	Sym	Tab. BGR	log K*	a (pH)	b (log Ton)	c (log Corg)	n-Freundlich	pH	C _{org}	Ton	K _d -Freundlich ($\mu\text{g}^{(1-n)}\text{kg}/\text{kg}$)	¹ C _{sl} (=Quellk.) $\mu\text{g}/\text{l}$	k _d -linearisiert (l/kg)
12										(%)	(%)			
13	Cadmium	Cd	Tab. 3.2-6	-0,827	0,521	0,419	0,376	0,836	6,5	1,50	9,3	1075,2	25,0	687,7
14	Chrom	Cr	Tab. 3.2-6	3,09				0,799	6,0	0,10	10,0	1230,3	500,0	497,4
15	Kupfer	Cu	Tab. 3.2-6	0,764	0,333			0,759	6,0	0,10	10,0	1465,5	500,0	497,4
16	Molybdän	Mo	Tab. 3.2-11	5,309	-0,66						10,0	115,6	500,0	
17	Nickel	Ni	Tab. 3.2-6	-0,122	0,364						10,0	206,5	500,0	
18	Blei	Pb	Tab. 3.2-11	1,231	0,432	0,465		0,61	6,0	0,10	10,0	19408,9	250,0	
19	Antimon	Sb	Tab. 3.2-6	2,593	-0,333	0,776	-0,292	0,846	6,0	0,10	10,0	46,0	100,0	24,5
20	Thallium	Tl	Tab. 3.2-11	0,718	0,216	0,729		0,857	6,0	0,10	10,0	553,4	10,0	427,1
21	Zink	Zn	Tab. 3.2-6	0,248	0,456	0,381	0,27	0,575	6,0	0,10	10,0	1244,5	5000,0	42,1
22														

Schritt 2

kd-Wert in Äquival
übernehmen

pH nach Einbringung Kalkmergel

¹Vorgabewert: 10*PW

	A	B	C	D	F	H	J	R
8								
9	Parameter	Symbol	Einheit	Wert				
10	Fall A oder B			B				
11	Stoff			Cadmium				
12	Sickerwasserrate	SWR	(mm/a)	468,000				
13	Henry-Konstante	H	(-)	0,000E+00				
14	Diffusionskoeff. Wasser	Dw	m ² /a	0				
15	Diffusionskoeff. Luft	Dg	m ² /a	0				
16	Dispersivitäts-Skalenfaktor	fd	(-)	0,100				
17								
18	Schicht-Nr	Bodenart	Mächtigkeit	Feldkapazität	Luftkapazität	Trockenraumdichte	lin. Verteilungs-	
19		KA5	z(i)	Fk(i)	Lk(i)	pb(i)	koeffizient	
20	i		(m)	(Vol.-%)	(Vol.-%)	(kg/dm ³)	kd(i)	
21							(l/kg)	
22	1	Uls	0,5	47,83	0	1,3	687,7	
23	2	Su2	0,8	22,77	0	1,5	6,5	
24	3	fSms	1	14	0	1,5	3,7	
25	4							
26	5							
27	6							
28	7							
29	8							
30	9							
31	10							
32	Summe/äquiv.		2,3	24,4	0,0	1,457	137,419	
33								
34	Äquivalente Parameter	Symbol	Einheit	Wert				
35	Feldkapazität	FK-äq	(%)	24,405				
36	Luftkapazität	LK-äq	(%)	0,000				
37	Trockenraumdichte	pb-zs-äq	(kg/dm ³)	1,457				
38	lin. Verteilungskoeff.	kd-äq	(l/kg)	137,419				
39	Retardationsfaktor	R-äq	(-)	821,144				
40	Tortuosität Bodenwasser	tw-äq	(-)	0,608				
41	Tortuosität Bodenluft	tg-äq	(-)	0,000				
42	Sickerwassergeschwindigkeit	vsm-äq	(m/a)	1,918				
43	longitudinale Dispersivität	αz	(m)	0,230				
44	mechanische Dispersion	Dmech	(m ² /a)	0,441				
45	molekulare Diffusion	Dmol	(m ² /a)	0,000				
46	Dispersion Verflüchtigung	Dvol	(m ² /a)	0,000				
47	Dispersionskoeffizient	Dz-äq	(m ² /a)	0,441				
48	Dispersivitäts-Skalenfaktor	fd-äq	(-)	0,100				

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

kd-äq übernehmen in
Fall B
(sonstige Parameter
bleiben gleich)

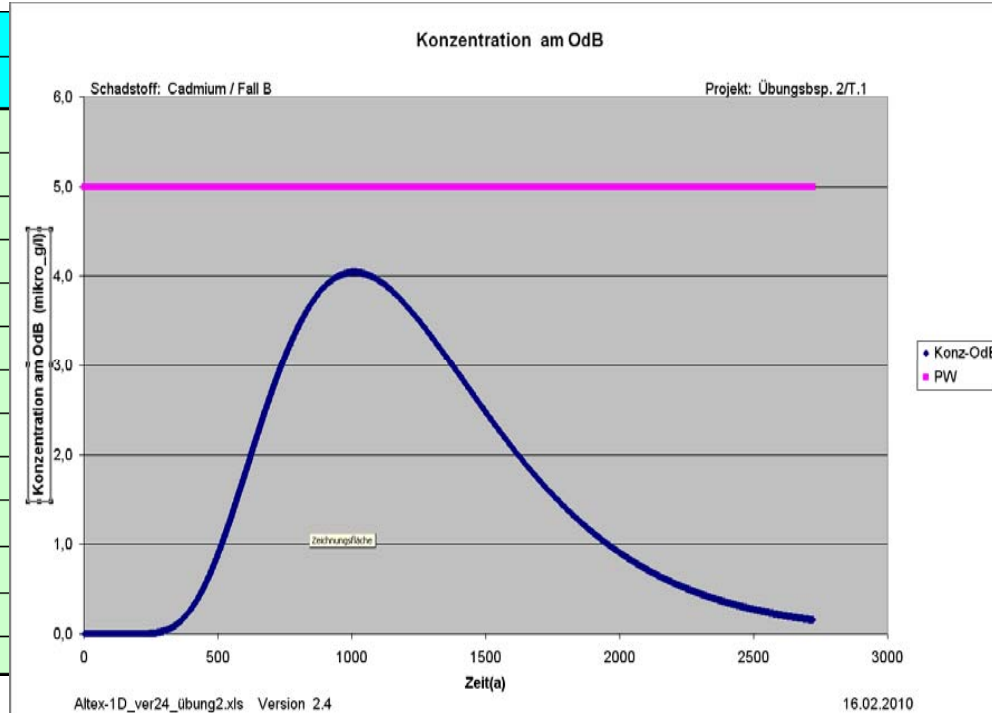
Teil 2/Schritt 3: Übernahme des äquivalenten kd-Wertes aus dem Tabellenblatt Äquival

	A	B	C	D	E
1	Transportbetrachtung Fallkonstellation B		Bearbeiter:	ALA-UA	
2	exponentiell abnehmende Quellkonzentration		Projekt:	Übungsbsp. 2/T.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			Cadmium	
7	Prüfwert BBodSchV/GFS	PW/GFS	µg/l	5,00	
8	Kontaminierte Fläche	F	m ²	5000,0	
9	OdB (u GOK)	OdB	m	2,6	
10	Oberkante Quelle	OKq	m	0,0	
11	Unterkante Quelle	UKq	m	0,3	
12	Bodenart (KA5)			Uls/Su2/fSms	
13	Feldkapazität	FK	%	24,4	
14	Trockenraumdichte Quelle	ρ _{b-Q}	kg/dm ³	1,30	
15	Trockenraumdichte Transportstr.	ρ _{b-zs}	kg/dm ³	1,46	
17	Gesamtgehalt	G	mg/kg TM	35,000	
18	Gesamtmasse Quelle	M _{Sch,F}	kg	68,250	
19	Mobilisierbarer Anteil	M _{mob}	%	15,0	
20	flächenbez. mob. Masse		g/m ²	2,048	
21	Quellkonzentration initial	c _{s1(0)}	µg/l	25,0	
22	Vorbelastung Transportstrecke	c _i	µg/l	0,0	
23	asympt. Endkonzentration	c _a	µg/l	0,0	
24	Abklingkonstante	k _s	1/a	5,714E-03	5,714E-03
25	Emissionsdauer Quelle	t _e	a	281,7	
26	Quellstärke initial	J _{s1(0)}	mg/(m ² *a)	11,7	
27	Sickerwasserrate	SWR	mm/a	468,0	
28	Länge Transportstrecke	z _s	m	2,3	
29	Sickerwassergeschw.	v _{sm}	m/a	1,918	
30	Schadstoffverweilzeit	t _{stm}	a	987,2	
31	Dispersivitäts-Skalenfaktor	f _d		0,100	
32	long. Dispersivität	α _z	m	0,230	
33	long. Disp.koeff.	D _z	m ² /a	0,441	
35	lin. Verteilungskoeff.	k _d	l/kg	137,419	
36	Retardationsfaktor	R		823,3	
37	Halbwertszeit Abbau	T _{1/2}	a	1000000,000	
38	Abbaukoeff. λ	λ	1/a	0,000	

veränderten äquivalenten kd-Wert übernehmen

6. Lösung/Teil 2 Schritt 4: Start der Berechnung

Berechnung nach analytischer Lösung "van Genuchten"			
Konzentrations- und Frachtberechnung am OdB			Start Berechnung
max. Konzentration	c_{\max}	$\mu\text{g/l}$	4,0
Zeitpunkt der max. Konz.	t_{\max}	a	1008,0
Zeitpunkt PW-Überschr.	$t_{\text{pwü}}$	a	- keine PW-Ü.
Zeitpunkt PW-Unterschr.	t_{pwu}	a	- keine PW-Ü.
Dauer PW-Überschr.	t_{pw}	a	0,0
Schadstoffemission Quelle	$E_{s1\text{ges}}$	kg	10,238
Schadstoffemission GW	$E_{s2\text{ges}}$	kg	- keine Berech.
max. Fracht GW	$E_{s2\text{max}}$	g/a	- keine Berech.
mittl. Fracht GW	$E_{s2\text{mittel}}$	g/a	- keine Berech.
max. Emissionsstärke GW	$J_{s2\text{max}}$	$\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$	- keine Berech.
mittl. Emissionsstärke GW	$J_{s2\text{mittel}}$	$\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$	- keine Berech.
mobilisierbare Masse	M_{mob}	kg	10,238
Abbruchkriterium			



Antwort Teil 2

Durch die Einbringung des Kalkmergels wird der k_d -Wert von Cadmium für die Schicht 1 infolge des höheren pH-Wertes stark erhöht. Dadurch kommt es zu einer verstärkten Retardation von Cadmium in der Schicht 1 und einer hieraus resultierenden zusätzlichen Konzentrationsminderung, so dass keine Überschreitung des Prüfwertes am OdB mehr erfolgt. Die **Erfolgsaussichten** der vorgeschlagenen Maßnahme sind daher als **positiv** zu beurteilen.