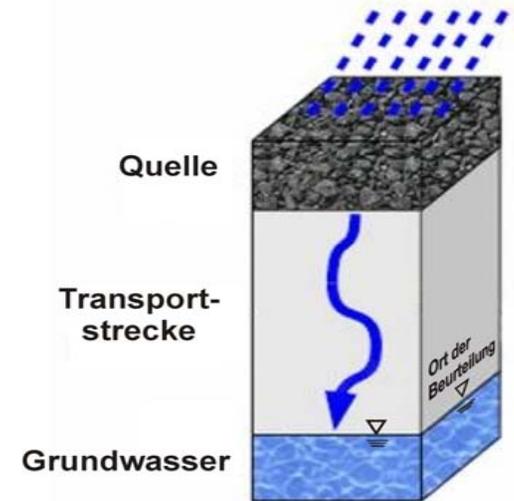


# Sickerwasserprognose in der Altlastenbearbeitung

1

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

Dipl.-Ing. B. Engeser (LBEG)



Stand Februar 2010

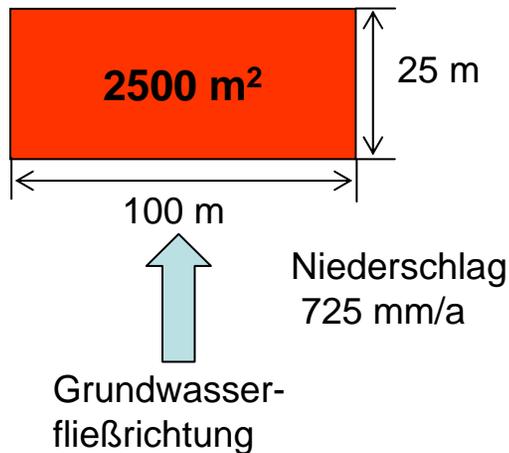


## 1. Sachverhalt

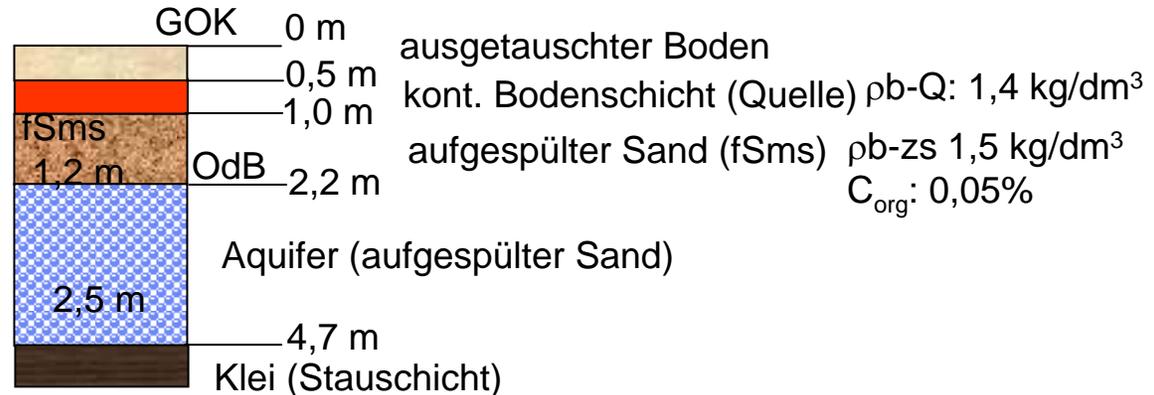
Es handelt sich um eine Brachfläche in einem Hafengelände, auf der früher sogenanntes Elektrodenpech (Steinkohlenteerpech) umgeschlagen wurde. Im Rahmen einer Sanierung wurde die hoch mit PAK belastete obere Bodenschicht bis 0,5 m ausgetauscht. Im Zuge von späteren Bauarbeiten zur Erschließung der Brachfläche wurden auch in tieferen Schichten der ungesättigten Zone bis max. 1 m u. GOK noch relevante Restbelastungen mit PAK festgestellt. In der Transportstrecke selbst wurde keine Vorbelastung festgestellt. Eine Grundwassermessstelle im unmittelbaren Abstrom ergab bisher keine Hinweise auf PAK-Belastungen. Die zuständige Behörde lässt eine Sickerwasserprognose durchführen, um zu klären, ob von der Restbelastung eine Gefahr für das Grundwasser ausgeht.

## 2. Standortbeschreibung

Brachfläche ohne Bewuchs (Ödland) mit 25% Versiegelung



Typisches Schichtprofil



Gefälle Grundwasser  $i: 0.001$

kf-Wert Aquifer:  $8 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$

## 3. Quelltermbeschreibung

In der kontaminierten Schicht (0,5 – 1 m) liegen fein verteilte Partikel von Elektrodenpech (als organische Festphase) vor. Der mittlere Gehalt des Bodens an Elektrodenpech beträgt 1500 mg/kg. Aus den Produktunterlagen des Herstellers des Elektrodenpechs ist die Zusammensetzung mit den anteiligen Gehalten der 16 EPA-PAK bekannt. Sie entspricht weitgehend den aus der Literatur (Förstner, Grathwohl 2003) bekannten Werten für Pech. In einem S4-Elutionstest wurde die höchste PAK-Einzelkonzentration (5 µg/l) für den Stoff Fluoranthen gemessen.

## 4. Aufgabe

Zur Beurteilung, ob von der PAK-Kontamination eine Gefahr für das Grundwasser ausgeht, soll eine Sickerwasserprognose durchgeführt werden. Da bisher keine Hinweise auf PAK-Kontaminationen im Grundwasser vorliegen, wird zunächst auf die Durchführung aufwendiger Säulenversuche zur Bestimmung des Quellterms verzichtet. Stattdessen soll eine worst-case-Betrachtung für den Schadstoff Fluoranthen mit Abschätzung der Quellkonzentration über eine Berechnung der Sättigungskonzentrationen durchgeführt werden. Dabei wird angenommen, dass die PAK-Gehalte des Elektrodenpechs durch Lösung (analog zu residualer Teerölphase!) vollständig mobilisierbar sind.

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

### Aufgabe/Teil 1

- kommt es zu einer Prüfwertüberschreitung (als PW für Fluoranthen ist der  $\Sigma$ PAK-Wert zu verwenden) am OdB?
- wie hoch ist die maximale Konzentration am OdB?
- wann ist die erstmalige Überschreitung zu erwarten?
- wie lange dauert die Prüfwertüberschreitung
- wie hoch ist der gesamte Schadstoffeintrag in das Grundwasser

## Teil 2

Der Gutachter des Eigentümers wirft der Behörde vor, dass das angenommene Szenario viel zu negativ sei. Er behauptet, dass bei Annahme des S4-Eluatwertes als Quellkonzentration sowie mit einer aus seiner Sicht repräsentativeren Halbwertszeit für die Abbaurate (BIOWIN3-Wert der US-EPA) für das Grundwasser keine Gefahr drohe, da die über die Aquifermächtigkeit gemittelte Konzentration im Grundwasser den Prüfwert nicht überschreiten würde.

a) Prüfen Sie diese Behauptung mit ALTEX-1D nach.

b) Berechnen Sie die resultierende Konzentration im Grundwasser für die beiden Varianten (Var. 1: Messstelle voll verfiltert über die Aquifermächtigkeit, Var. 2: Messstelle mit 0,5 m Filterstrecke an der Grundwasseroberfläche) und vergleichen Sie das Ergebnis mit dem Prüfwert nach BBodSchV und dem GFS-Wert.

## 5. Hinweise zur Lösung:

Als Quellkonzentration ist für Teil 1 die Sättigungskonzentration für Fluoranthene zu verwenden.

Bestimmen Sie diese mit Hilfe des Tabellenblattes [Teeröl](#). Die Vorgabewerte für das Stoffgemisch „Pech“ können übernommen werden. Der Gesamtgehalt ist der Gehalt für Fluoranthene, der sich aus dem prozentualen Anteil von Fluoranthene im Pech bezogen auf den mittleren Gesamtgehalt des Elektrodenpechs im Boden ergibt.

Folgende Tabellenblätter werden benötigt:

-Sickerwasserrate: [GWN](#)

-Feldkapazität: [Feldkap](#)

-lin. Verteilungskoeffizient  $k_d$ : [kd-Organik](#)

-Halbwertszeit Abbau: [Bio-Abbau](#) (verwenden Sie für Teil 1 einen Wert für die Halbwertszeit, der auf der sicheren Seite liegt !)

-Konzentration im Grundwasser: [Konz-GW](#)

Als Vorgabewert für den Skalenfaktor der Dispersivität ist der Vorgabewert von 0,1 zu übernehmen.



## 6. Lösung/Teil 1

Begründung: es handelt sich um eine lösungslimitierte Quelle (analog zu Teerölphase) mit konstanter Quellkonzentration (Sättigungskonzentration).

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

Namenfeld	A	B	C	D			
1	<b>Transportbetrachtung Fallkonstellation A</b>		Bearbeiter:	ALA-UA			
2	<b>konstante Quellkonzentration</b>		Projekt:	Übungsbsp. 1/T.1			
3	gelbe Felder: Eingabefelder		Datum Bearbeit.:	15.02.10			
4	rote Schrift: berechnete Werte		Version	2.4			
5	<b>Kennwert/Parameter</b>	<b>Symbol</b>	<b>Einheit</b>	<b>Wert</b>			
6	Schadstoff			Fluoranthen			
7	Prüfwert BBodSchV oder GFS	PW oder GFS	µg/l	0,20			
8	Kontaminierte Fläche	F	m <sup>2</sup>	2500,0			
9	Ort der Beurteilung (u.GOK)	OdB	m	2,2			
10	Oberkante Quelle (u.GOK)	OKq	m	0,5			
11	Unterkante Quelle (u.GOK)	UKq	m	1,0			
12	Bodenart (KA5)			fSms			
13	Feldkapazität	FK	%	14,0			
14	Trockenraumdichte Quelle	ρb-Q	kg/dm <sup>3</sup>				
15	Trockenraumdichte Transportstr.	ρb-zs	kg/dm <sup>3</sup>				
18	<b>Gesamtgehalt</b>						
19	<b>Gesamtmasse Quelle</b>	49 Ts4	1,5	0	32	10	
20	<b>Mobilisierbarer Anteil</b>	50 Sande					
21	<b>Quellkonzentration</b>	51 fS, fSms, fSgs	1,5	0	0	14	31
22	<b>Vorbelastung Transportstrecke</b>	52 mS, mSfs, mSgs	1,5	0	0	10	32
23	<b>Emissionsdauer</b>	53 gS	1,5	0	0	8	33
24	<b>Quellstärke</b>	54					
25	<b>Sickerwasserrate</b>	Fall A / Fall B / Graphik / Wertetabelle / Konz-GW / GWN / <b>Feldkap</b> / Stoffdaten / kd-Anorganik / kd-Organik					
26	<b>Länge Transportstrecke</b>	z <sub>s</sub>	m			1,2	
27	<b>Sickerwassergeschw</b>	v <sub>sm</sub>	m/a				
28	<b>Schadstoffverweilzeit</b>	t <sub>stm</sub>	a				
29	<b>Dispersivitäts-Skalenfaktor</b>	f <sub>d</sub>					
30	<b>long. Dispersivität</b>	α <sub>z</sub>	m				
31	<b>long. Disp.koeff.</b>	D <sub>z</sub>	m <sup>2</sup> /a				
32	<b>lin. Verteilungskoeff.</b>	k <sub>d</sub>	l/kg				
33	<b>Retardationsfaktor</b>	R					
34	<b>Halbwertszeit Abbau</b>	T <sub>1/2</sub>	a				
35	<b>Abbaukoeffizient</b>	λ	1/a				

Schritt 2: Eingabe der Daten aus der Standortbeschreibung

aus Standortbeschreibung

Ermittlung der Feldkapazität mit dem Tabellenblatt **Feldkap**



## 6. Lösung/Teil 1

Namenfeld	A	B	C	D
1	<b>Transportbetrachtung Fallkonstellation A</b>		Bearbeiter: ALA-UA	
2	<b>konstante Quellkonzentration</b>		Projekt: Übungsbsp. 1/T.1	
3	gelbe Felder: Eingabefelder		Datum Bearbeit.: 15.02.10	
4	rote Schrift: berechnete Werte		Version 2.4	
5	<b>Kennwert/Parameter</b>	<b>Symbol</b>	<b>Einheit</b>	<b>Wert</b>
6	Schadstoff			Fluoranthren
7	Prüfwert BBodSchV oder GFS	PW oder GFS	µg/l	0,20
8	Kontaminierte Fläche	F	m <sup>2</sup>	2500,0
9	Ort der Beurteilung (u.GOK)	OdB	m	2,2
10	Oberkante Quelle (u.GOK)	OKq		
11	Unterkante Quelle (	A	B	J
12	Bodenart (KA5)	17		
13	Feldkapazität	18	Niederschlag	Bodenart
14	Trockenraumdichte	19		Vegetationsart
15	Trockenraumdichte	20	(mm/a)	Symbol
18	Gesamtgehalt	21	725	S
19	Gesamtmasse Quell	22		Ödland
20	Mobilisierbarer Anteil	23		Ö
21	Quellkonzentration	c <sub>0</sub>	µg/l	
22	Vorbelastung Transportstrecke	c <sub>i</sub>	µg/l	
23	Emissionsdauer	t <sub>e</sub>	a	
24	Quellstärke	J <sub>s1</sub>	mg/(m <sup>2</sup> *a)	
25	Sickerwasserrate	SWR	mm/a	267,0
26	Länge Transportstrecke	z <sub>s</sub>	m	1,2
27	Sickerwassergeschw	v <sub>sm</sub>	m/a	1,907
28	Schadstoffverweilzeit	t <sub>stm</sub>	a	
29	Dispersivitäts-Skalenfaktor	f <sub>d</sub>		
30	long. Dispersivität	α <sub>z</sub>	m	
31	long. Disp.koeff.	D <sub>z</sub>	m <sup>2</sup> /a	
32	lin. Verteilungskoeff.	k <sub>d</sub>	l/kg	
33	Retardationsfaktor	R		
34	Halbwertszeit Abbau	T <sub>1/2</sub>	a	
35	Abbaukoeffizient	λ	1/a	

Schritt 2: Eingabe der Daten aus der Standortbeschreibung

SWR mit Tabellenblatt GWN



## 6. Lösung/Teil 1

Namenfeld	A	B	C	D
1	<b>Transportbetrachtung Fallkonstellation A</b>		Bearbeiter:	ALA-UA
2	<b>konstante Quellkonzentration</b>		Projekt:	Übungsbsp. 1/T.1
3	gelbe Felder: Eingabefelder		Datum Bearbeit.:	15.02.10
4	rote Schrift: berechnete Werte		Version	2.4
5	<b>Kennwert/Parameter</b>	<b>Symbol</b>	<b>Einheit</b>	<b>Wert</b>
6	Schadstoff			Fluoranthen
7	Prüfwert BBodSchV oder GFS	PW oder GFS	µg/l	0,20
8	Kontaminierte Fläche	F	m <sup>2</sup>	2500,0
9	Ort der Beurteilung (u.GOK)	OdB	m	2,2
10	Oberkante Quelle (u.GOK)	OKq	m	0,5
11	Unterkante Quelle (u.GOK)	UKq	m	1,0
12	Bodenart (KA5)			fSms
13	Feldkapazität	FK	%	14,0
14	Trockenraumdichte Quelle	ρb-Q	kg/dm <sup>3</sup>	1,40
15	Trockenraumdichte Transportstr.	ρb-zs	kg/dm <sup>3</sup>	1,50
18	Gesamtgehalt	G	mg/kg TM	
19	Gesamtmasse Quelle	M <sub>Sch,F</sub>	kg	
20	Mobilisierbarer Anteil	M <sub>mob</sub>	%	
21	Quellkonzentration	c <sub>0</sub>	µg/l	
22	Vorbelastung Transportstrecke	c <sub>i</sub>	µg/l	
23	Emissionsdauer	t <sub>e</sub>	a	
24	Quellstärke	J <sub>s1</sub>	mg/(m <sup>2</sup> *a)	
25	Sickerwasserrate	SWR	mm/a	267,0
26	Länge Transportstrecke	z <sub>s</sub>	m	1,2
27	Sickerwassergeschw	v <sub>sm</sub>	m/a	1,907
28	Schadstoffverweilzeit	t <sub>stm</sub>	a	
29	Dispersivitäts-Skalenfaktor	f <sub>d</sub>		
30	long. Dispersivität	α <sub>z</sub>	m	
31	long. Disp.koeff.	D <sub>z</sub>	m <sup>2</sup> /a	
32	lin. Verteilungskoeff.	k <sub>d</sub>	l/kg	
33	Retardationsfaktor	R		
34	Halbwertszeit Abbau	T <sub>1/2</sub>	a	
35	Abbaukoeffizient	λ	1/a	

Schritt 3: Eingabe der Daten aus der Quelltermbeschreibung

Gesamtgehalt und Quellkonzentration werden mit Hilfe des Tabellenblattes Teeröl ermittelt



## 6. Lösung/Teil 1

### Schritt 3a: Berechnung der Sättigungskonzentration für Fluoranthen mit dem Tabellenblatt *Teeröl*

	A	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	<b>Sättigungskonzentrationen für die 16 EPA-PAK in Teerölprodukten berechnet nach Raoult</b>										
2	Version 2.4		Daten au	Spalte Pech auswählen							
3	Hinweis: Zur Berechnung der Sättigungskonzentrationen werden verwendet										
4	rote Schrift: berechnete Werte der Sättigungskonzentrationen (Spalte Pech auswählen)										
5	Teerölprodukte										
6	16 EPA PAK	Pech		Steinkohlenteer		Rohteer		Kreosot		Antracen-Öl	
7		PAK-Anteil (Gew. %)	Ci,sat (µg/l)	PAK-Anteil (Gew. %)	Ci,sat (µg/l)	PAK-Anteil (Gew. %)	Ci,sat (µg/l)	PAK-Anteil (Gew. %)	Ci,sat (µg/l)	PAK-Anteil (Gew. %)	Ci,sat (µg/l)
9	Naphthalen	0,00	0,00E+00	4,50	1,09E+04	12,30	2,64E+04	9,49	1,23E+04	0,37	6,00E+02
10	Acenaphthen	0,00	0,00E+00	0,24	2,11E+02	1,88	1,46E+03	0,00	0,00E+00	0,00	0,00E+00
11	Acenaphthenanthracen	0,00	0,00E+00	0,07	2,15E+01	0,08	2,17E+01	6,07	9,96E+02	1,98	4,07E+02
12	Fluoranthren	0,00	0,00E+00	0,80	2,27E+02	1,46	3,66E+02	4,41	6,68E+02	5,18	9,82E+02
13	Pyren	0,00	6,11E+01	1,65	2,00E+02	4,44	4,76E+02	11,51	7,45E+02	17,01	1,38E+03
14	Anthracen	0,14	1,89E+01	0,50	1,00E+01	0,70	9,70E+00	2,72	4,04E+01	0,92	5,75E+01
15	Fluoranthen	0,78	3,04E+01	0,60	1,00E+01	0,70	9,70E+00	2,72	7,14E+01	7,52	1,36E+02
16	Pyren	0,59	2,95E+01	0,40	1,00E+01	0,50	1,82E+01	1,68	5,83E+01	4,31	1,00E+02
17	Benzo(a)anthracen	0,92	5,14E+00	0,40	1,00E+01	0,50	1,82E+01	1,68	4,26E+00	0,48	1,24E+00
18	Chrysen	0,98	7,24E+00	0,30	1,00E+01	0,50	1,82E+01	1,68	5,81E+00	0,31	1,06E+00
19	Benzo(b)fluoranthren	0,67	3,98E-01	0,35	1,44E-01	0,50	1,82E-01	1,68	3,70E-01	0,29	8,00E-02
20	Benzo(k)fluoranthren	0,68	2,02E-01	0,36	7,42E-02	0,50	9,12E-02	1,68	1,85E-01	0,29	4,00E-02
21	Benzo(a)pyren	0,47	1,05E+00	0,22	3,40E-01	0,37	5,06E-01	1,63	1,35E+00	0,18	1,86E-01
22	Indeno(123-cd)pyren	0,19	4,27E+00	0,17	2,65E+00	0,24	3,31E+00	1,29	1,08E+01	0,29	3,03E+00
23	Dibenzo(a,h)anthracen	0,46	8,06E-01	0,14	1,70E-01	0,19	2,04E-01	2,40	1,56E+00	0,26	2,11E-01
24	Benzo(ghi)perylene	0,34	1,38E-01	0,20	5,65E-02	0,22	5,49E-02	1,00	1,51E-01	0,19	3,59E-02
25	<b>Summe 16 EPA PAK</b>	<b>6,57</b>	<b>1,59E+02</b>	<b>11,25</b>	<b>1,17E+04</b>	<b>27,81</b>	<b>2,88E+04</b>	<b>54,24</b>	<b>1,49E+04</b>	<b>39,58</b>	<b>3,67E+03</b>
26	Rest	65,06		61,37		59,46		6,97		11,95	
27	nicht identifizierte Subst.	28,38		27,40		16,62		38,79		48,48	
28	Summe	100,01		100,02		103,89		100,00		100,01	
29	mittl. Molgewicht (g/mol)	375,00		260,00		230,00		139,00		174,00	

Fluoranthen-Anteil für Gesamtgehaltsberechnung verwenden

Sättigungskonzentration als Quellkonzentration übernehmen



## 6. Lösung/Teil 1

### Schritt 3: Eingabe der Daten aus der Quelltermbeschreibung

Namenfeld	A	B	C	D
1	<b>Transportbetrachtung Fallkonstellation A</b>		Bearbeiter:	ALA-UA
2	<b>konstante Quellkonzentration</b>		Projekt:	Übungsbsp. 1/T.1
3	gelbe Felder: Eingabefelder		Datum Bearbeit.:	15.02.10
4	rote Schrift: berechnete Werte		Version	2.4
5	<b>Kennwert/Parameter</b>	<b>Symbol</b>	<b>Einheit</b>	<b>Wert</b>
6	Schadstoff			Fluoranthren
7	Prüfwert BBodSchV oder GFS	PW oder GFS	µg/l	0,20
8	Kontaminierte Fläche	F	m <sup>2</sup>	2500,0
9	Ort der Beurteilung (u.GOK)	OdB	m	2,2
10	Oberkante Quelle (u.GOK)	OKq	m	0,5
11	Unterkante Quelle (u.GOK)	UKq	m	1,0
12	Bodenart (KA5)			fSms
13	Feldkapazität	FK	%	14,0
14	Trockenraumdichte Quelle	ρb-Q	kg/dm <sup>3</sup>	1,40
15	Trockenraumdichte Transportstr.	ρb-zs	kg/dm <sup>3</sup>	1,50
18	Gesamtgehalt	G	mg/kg TM	11,700
19	Gesamtmasse Quelle	M <sub>Sch,F</sub>	kg	
20	Mobilisierbarer Anteil	M <sub>mob</sub>	%	100,0
21	Quellkonzentration	c <sub>0</sub>	µg/l	30,4
22	Vorbelastung Transportstrecke	c <sub>i</sub>	µg/l	0,0
23	Emissionsdauer	t <sub>e</sub>	a	1009,0
24	Quellstärke	J <sub>s1</sub>	mg/(m <sup>2</sup> *a)	8,1
25	Sickerwasserrate	SWR	mm/a	267,0
26	Länge Transportstrecke	z <sub>s</sub>	m	1,2
27	Sickerwassergeschw	v <sub>sm</sub>	m/a	1,907
28	Schadstoffverweilzeit	t <sub>stm</sub>	a	
29	Dispersivitäts-Skalenfaktor	f <sub>d</sub>		
30	long. Dispersivität	α <sub>z</sub>	m	
31	long. Disp.koeff.	D <sub>z</sub>	m <sup>2</sup> /a	
32	lin. Verteilungskoeff.	k <sub>d</sub>	l/kg	
33	Retardationsfaktor	R		
34	Halbwertszeit Abbau	T <sub>1/2</sub>	a	
35	Abbaukoeffizient	λ	1/a	

Berechnung des **Gesamtgehaltes** an Fluoranthren

Fluoranthren-Anteil (0,78 Gew. %)      Gesamtgehalt Elektrodenpech im Boden

$$G_{\text{Fluoranthren}} = 0,0078 * 1500 \text{ mg/kg} = 11,7 \text{ mg/kg}$$

**Mobilisierbarer Anteil: 100%** (vollständig mobilisierbar)

**Quellkonzentration** übernehmen aus dem Tabellenblatt **Teeröl**

**Vorbelastung Transportstrecke: keine (0)**



## 6. Lösung/Teil 1

Schritt 4: Eingabe der Transportparameter

Namenfeld	A	B	C	D
1	<b>Transportbetrachtung Fallkonstellation A</b>		Bearbeiter:	ALA-UA
2	<b>konstante Quellkonzentration</b>		Projekt:	Übungsbsp. 1/T.1
3	gelbe Felder: Eingabefelder		Datum Bearbeit.: 15.02.10	
4	rote Schrift: berechnete Werte		Version 2.4	
5	<b>Kennwert/Parameter</b>	<b>Symbol</b>	<b>Einheit</b>	<b>Wert</b>
6	Schadstoff			Fluoranthen
7	Prüfwert BBodSchV oder GFS	PW oder GFS	µg/l	0,20
8	Kontaminierte Fläche	F	m <sup>2</sup>	2500,0
9	Ort der Beurteilung (u.GOK)	OdB	m	2,2
10	Oberkante Quelle (u.GOK)	OKq	m	0,5
11	Unterkante Quelle (u.GOK)	UKq	m	1,0
12	Bodenart (KA5)			fSms
13	Feldkapazität	FK	%	14,0
14	Trockenraumdichte Quelle	ρ <sub>b-Q</sub>	kg/dm <sup>3</sup>	1,40
15	Trockenraumdichte Transportstr.	ρ <sub>b-zs</sub>	kg/dm <sup>3</sup>	1,50
18	Gesamtgehalt	G	mg/kg TM	11,700
19	<b>Gesamtmasse Quelle</b>	<b>M<sub>Sch,F</sub></b>	<b>kg</b>	<b>20,475</b>
20	Mobilisierbarer Anteil	M <sub>mob</sub>	%	100,0
21	Quellkonzentration	c <sub>0</sub>	µg/l	30,4
22	Vorbelastung Transportstrecke	c <sub>i</sub>	µg/l	0,0
23	<b>Emissionsdauer</b>	<b>t<sub>e</sub></b>	<b>a</b>	<b>1009,0</b>
24	<b>Quellstärke</b>	<b>J<sub>s1</sub></b>	<b>mg/(m<sup>2</sup>*a)</b>	<b>8,1</b>
25	<b>Sickerwasserrate</b>	<b>SWR</b>	<b>mm/a</b>	<b>267,0</b>
26	<b>Länge Transportstrecke</b>	<b>z<sub>s</sub></b>	<b>m</b>	<b>1,2</b>
27	<b>Sickerwassergeschw</b>	<b>v<sub>sm</sub></b>	<b>m/a</b>	<b>1,907</b>
28	<b>Schadstoffverweilzeit</b>	<b>t<sub>stm</sub></b>	<b>a</b>	
29	<b>Dispersivitäts-Skalenfaktor</b>	<b>f<sub>d</sub></b>		<b>0,100</b>
30	<b>long. Dispersivität</b>	<b>α<sub>z</sub></b>	<b>m</b>	<b>0,1</b>
31	<b>long. Disp.koeff.</b>	<b>D<sub>z</sub></b>	<b>m<sup>2</sup>/a</b>	<b>0,2</b>
32	<b>lin. Verteilungskoeff.</b>	<b>k<sub>d</sub></b>	<b>l/kg</b>	
33	<b>Retardationsfaktor</b>	<b>R</b>		
34	<b>Halbwertszeit Abbau</b>	<b>T<sub>1/2</sub></b>	<b>a</b>	
35	<b>Abbaukoeffizient</b>	<b>λ</b>	<b>1/a</b>	

Vorgabewert für Dispersivitäts-Skalenfaktor 0,1(Standard)



# Praktische Anwendung von ALTEX-1D – Übungsbeispiel 1

## 6. Lösung/Teil 1

Schritt 4: Eingabe der Transportparameter

Ermittlung  $k_d$ -Wert mit dem Tabellenblatt  $k_d$ -Organik

Namenfeld	A	B	C	D
1	<b>Transportbetrachtung Fallkonstellation A</b>		Bearbeiter:	ALA-UA
2	<b>konstante Quellkonzentration</b>		Projekt:	Übungsbsp. 1/T.1
3	gelbe Felder: Eingabefelder		Datum Bearbeit.:	15.02.10
4	rote Schrift: berechnete Werte		Version	2.4
5	<b>Kennwert/Parameter</b>	<b>Symbol</b>	<b>Einheit</b>	<b>Wert</b>
6	Schadstoff			Fluoranthren
7	Prüfwert BBodSchV oder GES	PW oder GES	µg/l	0,20

	A	B	C	D	E	F	G	H
8	<b>Kontaminierte F</b>							
9	<b>Ort der Beurteil</b>							
10	<b>Oberkante Quel</b>							
11	<b>Unterkante Que</b>							
12	gelbe Felder: Eingabefelder (Vorgabewert: 0,1% Corg)							
13	der $k_{oc}$ -Wert wird aus dem Tabellenblatt "Stoffdaten" übernommen							
14	<b>Trockenraumdic</b>							
15	<b>Trockenraumdic</b>							
16	lineares Sorptionsmodell: $c_s = k_d * c_w$							
17	wichtiger Hinweis: Die Werte sind als Orientierung gedacht, sofern keine standortspezifischen Werte aus Labor-/Felduntersuchungen vorliegen							
18	<b>Gesamtgehalt</b>							
19	$k_d = C_{org} * K_{oc}$							
20	<b>Mobilisierbarer</b>							
21	<b>Quellkonzentrat</b>							
22	<b>Vorbelastung Tr</b>							
23	<b>Emissionsdauer</b>							
24	<b>Quellstärke</b>							
25	<b>Sickerwasserrat</b>							
26	<b>Länge Transpor</b>							
27	<b>Sickerwasserge</b>							
28	<b>Schadstoffverwe</b>							
29	<b>Dispersivitäts-St</b>							
30	long. Dispersivität							
31	long. Disp.koeff.							
32	lin. Verteilungskoeff.							
33	Retardationsfaktor							
34	Halbwertszeit Abbau							
35	Abbaukoeffizient							

	$C_{org}$ aus Schichtprofil (%)	$k_d$ (l/kg)
89	Fluoren	0,1
90	Phenanthren	0,1
91	Anthracen	0,1
92	Fluoranthren	0,05
93	Pyren	0,1

	$\alpha_z$	$m$	Wert
30	long. Dispersivität	$m$	0,1
31	long. Disp.koeff.	$m^2/a$	0,2
32	lin. Verteilungskoeff.	$l/kg$	35,397
33	Retardationsfaktor		380,3
34	Halbwertszeit Abbau	$a$	
35	Abbaukoeffizient	$1/a$	



## 6. Lösung/Teil 1

Schritt 4: Eingabe der Transportparameter

Namenfeld		A	B	C	D					
1	<b>Transportbetrachtung Fallkonstellation A</b>			Bearbeiter: ALA-UA						
2	<b>konstante Quellkonzentration</b>			Projekt: Übungsbsp. 1/T.1						
3	gelbe Felder: Eingabefelder			Datum Bearbeit.: 15.02.10						
4	rote Schrift: berechnete Werte			Version 2.4						
5	<b>Kennwert/Parameter</b>	<b>Symbol</b>		<b>Einheit</b>	<b>Wert</b>					
6	<b>Schadstoff</b>				<b>Fluoranthen</b>					
7	<b>Prüfwert</b>	A	D	E	G	I	K	M	O	P
8	<b>Kontaminant</b>	1 <b>Halbwertszeiten für organische Schadstoffe</b>								
9	<b>Ort der Beprobung</b>	2 <b>Abbau 1. Ordnung</b>								
10	<b>Oberkant</b>	3								
11	<b>Unterkant</b>	Ultimate Wert: kompletter Abbau bis CO2								
12	<b>Bodenart</b>	4 <b>Datenquellen</b>								
13	<b>Feldkapazität</b>	5 <b>Epi-Suite/US-EPA</b>								
14	<b>Trockenreife</b>	6 <b>CalTox</b>								
15	<b>Trockenreife</b>	wichtiger Hinweis: Die Halbwertszeiten sind als Orientierung gedacht,								
18	<b>Gesamtgewicht</b>	sofern keine standortspezifischen Werte aus Labor-/Felduntersuchungen vorliegen								
19	<b>Gesamtmenge</b>	8								
20	<b>Mobilisierungsgrad</b>	9								
21	<b>Quellkonzentration</b>	10								
22	<b>Vorbelastung</b>	11								
23	<b>Emissionsrate</b>	12								
24	<b>Quellstärke</b>	88	Acenaphthen	0,105	0,023				0,12	0,017
25	<b>Sickerwasser</b>	89	Fluoren	0,095	0,021				0,252	0,373
26	<b>Länge Transportweg</b>	90	Phenanthren	0,269	0,037				-	-
27	<b>Sickerwasser</b>	91	Anthracen	0,269	0,037	1,556	1,556	2,656	1,397	2,589
28	<b>Schadstoff</b>	92	Fluoranthen	0,450	0,079	2,334	2,334	2,795	1,589	2,603
29	<b>Dispersivität</b>	93	Pyren	0,450	0,079	2,767	2,767	10,986	5,781	10,712
30	<b>long. Disp.</b>	94	Benzo(a)anthracen	0,503	0,085	2,405	2,405	4,000	2,142	3,863
31	<b>long. Disp.</b>	Fall A / Fall B / Graphik / Wertetabelle / Konz-GW / GWN / Feldkap / Stoffdaten / kd-Anorganik / kd-Organik / Bio-Abbau / Äquival / MKW / Te								
32	<b>lin. Verteilungskoeff.</b>	<b>k<sub>d</sub></b>		<b>l/kg</b>			<b>35,397</b>			
33	<b>Retardationsfaktor</b>	<b>R</b>					<b>380,3</b>			
34	<b>Halbwertszeit Abbau</b>	<b>T<sub>1/2</sub></b>		<b>a</b>			<b>2,795</b>			
35	<b>Abbaukoeffizient</b>	<b>λ</b>		<b>1/a</b>			<b>0,248</b>			

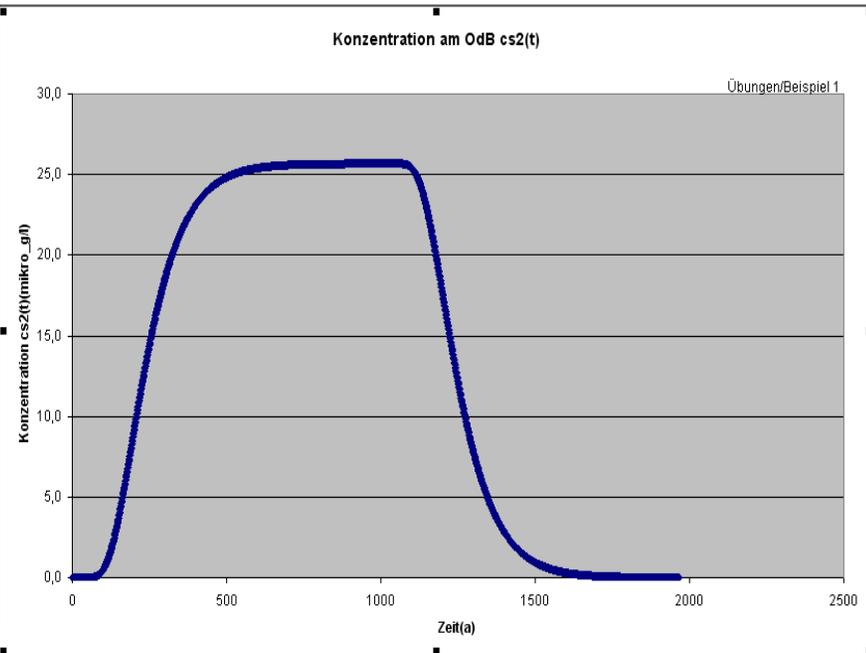
konservativen Wert auswählen (höchste Halbwertszeit)



# Praktische Anwendung von ALTEX-1D – Übungsbeispiel 1

## 6. Lösung/Teil 1 Schritt 5: Berechnung der Lösung

37	Berechnung nach analytischer Lösung "van Genuchten"			
70	Konzentrations- und Frachtberechnung am OdB		Start Berechnung	
72	max. Konzentration	$C_{\max}$	$\mu\text{g/l}$	25,7
73	Zeitpunkt der max. Konz.	$t_{\text{cmax}}$	a	1049,0
74	Zeitpunkt PW-Überschr.	$t_{\text{pwü}}$	a	87,0
75	Zeitpunkt PW-Unterschr.	$t_{\text{pwu}}$	a	1635,0
76	max. Fracht	$E_{\text{s2max}}$	g/a	17,14
77	Zeitdauer PW-Überschr.	$t_{\text{pw}}$	a	1548,0
78	ges. Schadstoffeintrag GW	$E_{\text{s2ges}}$	kg	17,3
79	mittl. Fracht	$E_{\text{s2mittel}}$	g/a	11,2
80	max. Emissionsstärke	$J_{\text{s2max}}$	$\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$	6,9



### Antworten Teil 1

- kommt es zu einer Prüfwertüberschreitung für Fluoranthen am OdB: **ja**
- wie hoch ist die maximale Konzentration am OdB: **25,7  $\mu\text{g/l}$**
- wann ist die erstmalige Überschreitung des Prüfwertes zu erwarten: **87 Jahre**
- wie lange dauert die Prüfwertüberschreitung: **1548 Jahre**
- Wie hoch ist der gesamte Stoffeintrag (Fluoranthen) in das Grundwasser: **17,28 kg**

# Praktische Anwendung von ALTEX-1D – Übungsbeispiel 1

## 6. Lösung/Teil 2

### Schritt 1: Eingabe der Parameter/Szenario des Gutachters

	A	B	C	D
1	<b>Transportbetrachtung Fallkonstellation A</b>		Bearbeiter:	ALA-UA
2	<b>konstante Quellkonzentration</b>		Projekt:	Übungsbsp. 1/T.1
3	gelbe Felder: Eingabefelder		Datum Bearbeit.:	15.02.10
4	rote Schrift: berechnete Werte		Version	2.4
5	<b>Kennwert/Parameter</b>	<b>Symbol</b>	<b>Einheit</b>	<b>Wert</b>
6	Schadstoff			Fluoranthen
7	Prüfwert BBodSchV oder GFS	PW oder GFS	µg/l	0,20
8	Kontaminierte Fläche	F	m <sup>2</sup>	2500,0
9	Ort der Beurteilung (u.GOK)	OdB	m	2,2
10	Oberkante Quelle (u.GOK)	OKq	m	0,5
11	Unterkante Quelle (u.GOK)	UKq	m	1,0
12	Bodenart (KA5)			fSms
13	Feldkapazität	FK	%	14,0
14	Trockenraumdichte Quelle	ρ <sub>b-Q</sub>	kg/dm <sup>3</sup>	1,40
15	Trockenraumdichte Transportstr.	ρ <sub>b-zs</sub>	kg/dm <sup>3</sup>	1,50
18	Gesamtgehalt	G	mg/kg TM	11,700
19	Gesamtmasse Quelle	M <sub>Sch,F</sub>	kg	20,475
20	Mobilisierbarer Anteil	M <sub>mob</sub>	%	100,0
21	Quellkonzentration	c <sub>0</sub>	µg/l	5,0
22	Vorbelastung Transportstrecke	c <sub>i</sub>	µg/l	0,0
23	Emissionsdauer	t <sub>e</sub>	a	6134,8
24	Quellstärke	J <sub>S1</sub>	mg/(m <sup>2</sup> *a)	1,3
25	Sickerwasserrate	SWR	mm/a	267,0
26	Länge Transportstrecke	z <sub>s</sub>	m	1,2
27	Sickerwassergeschw	v <sub>sm</sub>	m/a	1,907
28	Schadstoffverweilzeit	t <sub>stm</sub>	a	239,3
29	Dispersivitäts-Skalenfaktor	f <sub>d</sub>		0,100
30	long. Dispersivität	α <sub>z</sub>	m	0,1
31	long. Disp.koeff.	D <sub>z</sub>	m <sup>2</sup> /a	0,2
32	lin. Verteilungskoeff.	k <sub>d</sub>	l/kg	35,397
33	Retardationsfaktor	R		380,3
34	Halbwertszeit Abbau	T <sub>1/2</sub>	a	
35	Abbaukoeffizient	λ	1/a	

Vorschlag des Gutachters  
für Quellkonzentration  
übernehmen

Quellkonzentration S4-Eluat  
einsetzen



# Praktische Anwendung von ALTEX-1D – Übungsbeispiel 1

## 6. Lösung/Teil 2

### Schritt 1: Eingabe der Parameter/Szenario des Gutachters

1	<b>Transportbetrachtung Fallkonstellation A</b>		<b>Bearbeiter:</b> ALA-UA
2	<b>konstante Quellkonzentration</b>		<b>Projekt:</b> Übungsbsp. 1/T.1
3	<b>gelbe Felder: Eingabefelder</b>		<b>Datum Bearbeit.:</b> 15.02.10
4	<b>rote Schrift: berechnete Werte</b>		<b>Version</b> 2.4
5	<b>Kennwert/Parameter</b>	<b>Symbol</b>	<b>Einheit</b> <b>Wert</b>
6	<b>Schadstoff</b>		<b>Fluoranthren</b>
7	<b>Prüfwert</b> BB-16-M-100-CES	<b>RM-100-CES</b>	<b>1</b> <b>0,30</b>

Vorschlag des Gutachters für Halbwertszeit übernehmen

8	<b>Kontam</b>							
9	<b>Ort der</b>							
10	<b>Oberka</b>							
11	<b>Unterka</b>							
12	<b>Bodena</b>							
13	<b>Feldkap</b>							
14	<b>Trocker</b>							
15	<b>Trocker</b>							
18	<b>Gesamt</b>							
19	<b>Gesamt</b>							
20	<b>Mobilisi</b>							
21	<b>Quellko</b>							
22	<b>Vorbela</b>							
23	<b>Emissio</b>							
24	<b>Quellstä</b>							
25	<b>Sickerw</b>							
26	<b>Länge T</b>							
27	<b>Sickerw</b>							
28	<b>Schads</b>							
29	<b>Dispersi</b>							
30	<b>long. Dispersivitat</b>							
31	<b>long. Disp.koeff.</b>							
32	<b>lin. Verteilungskoeff.</b>							
33	<b>Retardationsfaktor</b>							
34	<b>Halbwertszeit Abbau</b>							
35	<b>Abbaukoeffizient</b>							

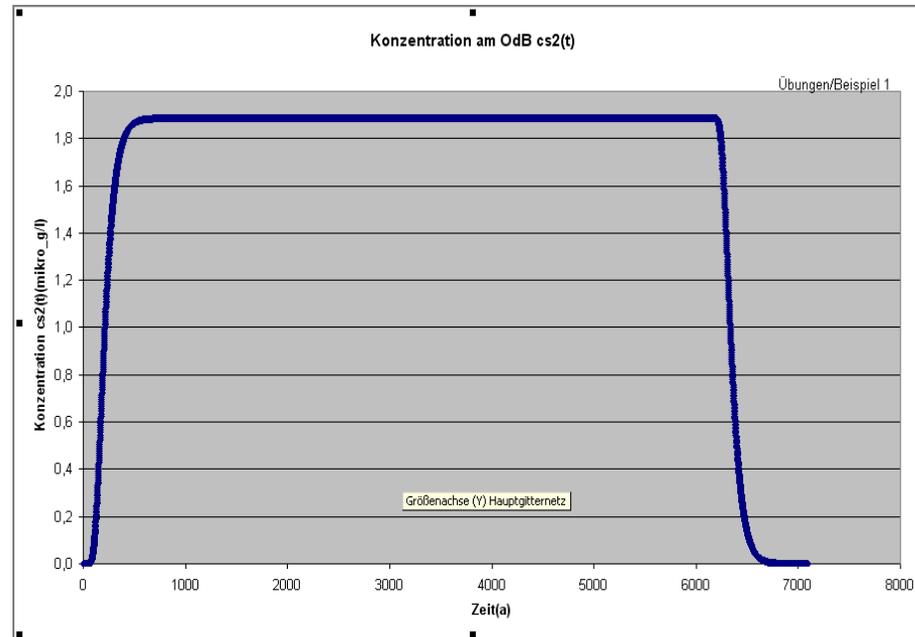
1	<b>Halbwertszeiten für organische Schadstoffe</b>								
2	<b>Abbau 1. Ordnung</b>								
3	<b>Ultimate Wert: kompletter Abbau bis CO2</b>								
4	<b>Datenquellen</b>								
5	<b>Epi-Suite/US-EPA</b>								
6	<b>CalTox</b>								
7	<b>wichtiger Hinweis: Die Halbwertszeiten sind als Orientierung gedacht, sofern keine standortspezifischen Werte aus Labor-/Felduntersuchungen vorliegen</b>								
8									
9	<b>Stoff</b>	<b>Biowin 3 Ultimate HWZ (a)</b>	<b>Biowin 3 Ultimate HWZ (a)</b>	<b>CalTox unges. Zone HWZ (a)</b>	<b>CalTox Grundwasser HWZ (a)</b>	<b>CalTox Sediment HWZ (a)</b>			
10	<b>Gruppe/Name</b>								
11			<b>Biowin3-Wert auswählen</b>						
12									
13	88	Acenaphthen	0,105	0,023	0,156	0,156	0,592	0,312	0,017
14	89	Fluoren	0,095	0,021	0,122	0,122	0,416	0,252	0,373
15	90	Phenanthren	0,269	0,037	-	-	-	-	-
16	91	Anthracen	0,269	0,037	1,556	1,556	2,658	1,397	2,589
17	92	Fluoranthren	0,450	0,079	2,334	2,334	2,795	1,589	2,603
18	93	Pyren	0,450	0,079	2,767	2,767	10,986	5,781	10,712
19	94	Benzo(a)anthracen	0,503	0,085	2,405	2,405	4,000	2,142	3,863



## 6. Lösung/Teil 2

### Schritt 2: Berechnung der Lösung für Szenario Gutachter

37	Berechnung nach analytischer Lösung "van Genuchten"		
70	Konzentrations- und Frachtberechnung am OdB		Start Berechnung
72	max. Konzentration	$c_{max}$	$\mu\text{g/l}$ 1,9
73	Zeitpunkt der max. Konz.	$t_{cmax}$	a 1992,0
74	Zeitpunkt PW-Überschr.	$t_{pwü}$	a 125,0
75	Zeitpunkt PW-Untersch.	$t_{pwu}$	a 6470,0
76	Dauer PW-Überschr.	$t_{pw}$	a 6345,0
77	Schadstoffemission Quelle	$E_{s1ges}$	kg 20,475
78	Schadstoffemission GW	$E_{s2ges}$	kg 7,709
79	max. Fracht GW	$E_{s2max}$	g/a 1,259
80	mittl. Fracht GW	$E_{s2mittel}$	g/a 1,215
81	max. Emissionsstärke GW	$J_{s2max}$	$\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 0,5
82	mittl. Emissionsstärke GW	$J_{s2mittel}$	$\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 0,5
83	mobilisierbare Masse	$M_{mob}$	kg 20,475
84	Abbruchkriterium		



### Antwort Teil 2

- a) trotz Eingabe der geringeren Quellkonzentration (S4-Eluat) und der deutlich geringeren Halbwertszeit kommt es zu einer Überschreitung des Prüfwertes am OdB. Die max. Konzentration ( $1,9 \mu\text{g/l}$ ) ist zwar deutlich geringer, dafür dauert die Prüfwertüberschreitung wesentlich länger (6345 Jahre)

## 6. Lösung/Teil 2 Schritt 3: Berechnung der Konzentration im Grundwasser mit dem Tabellenblatt **Konz-GW**

Variante 1: voll verfilterte Messstelle

A eingeben

Daten aus dem Tabellenblatt A werden übernommen

13	Parameter	Symbol	Einheit	Wert
14	Fall (A oder B)			A
15	kontaminierte Fläche	F	m <sup>2</sup>	2500,0
16	Abstrombreite kont. Fläche	Ba	m	
17	Sickerwasserrate	SWR	mm/a	267,0
18	max. Konz. am OdB	c <sub>max</sub>	µg/l	1,9
19	max. Fracht	E <sub>s2max</sub>	g/a	1,3
20	mittl. Fracht	E <sub>s2mittel</sub>	g/a	1,2
21	Sickerwasservolumenstrom	Q <sub>s2</sub>	m <sup>3</sup> /a	
22	kont. Aquifermächtigkeit	h <sub>kont</sub>	m	2,5
23	Durchlässigkeit Aquifer	kf	m/s	8,0E-04
24	hydr. Gefälle Grundwasser	I		1,0E-03
25	Filtergeschwindigkeit	vf	m/a	25,2
26	GW-Volumenstrom	Q <sub>gw</sub>	m <sup>3</sup> /a	6307,2
27	max. Konzentration im GW	c <sub>gw-max</sub>	µg/l	0,180
28	mittl. Konzentration im GW	c <sub>gw-mittel</sub>	µg/l	0,174
29	Verdünnungsfaktor (c <sub>max</sub> )	VF	(-)	10,449
30				
31				

Abstrombreite senkrecht zur GW-Fließrichtung eingeben

Länge der Filterstrecke im Feld kontaminierte Aquifermächtigkeit eingeben

Aquiferparameter (Durchlässigkeit und hydr. Gefälle eingeben)

### Antwort Teil 2

b) Für die Variante 1 wird der Prüfwert für die Σ PAK (0,2 µg/l) für den Einzelstoff Fluoranthren im Grundwasser nicht überschritten. Es ergibt sich allerdings eine Überschreitung der GFS für Fluoranthren (0,025 µg/l) im Grundwasser.



## 6. Lösung/Teil 2 Schritt 3: Berechnung der Konzentration im Grundwasser mit dem Tabellenblatt **Konz-GW**

Variante 1: voll verfilterte Messstelle

Parameter	Symbol	Einheit	Wert
Fall (A oder B)			A
kontaminierte Fläche	F	m <sup>2</sup>	2500,0
Abstrombreite kont. Fläche	Ba	m	
Sickerwasserrate	SWR	mm/a	267,0
max. Konz. am OdB	c <sub>max</sub>	µg/l	1,9
max. Fracht	E <sub>s2max</sub>	g/a	1,3
mittl. Fracht	E <sub>s2mittel</sub>	g/a	1,2
Sickerwasservolumenstrom	Q <sub>s2</sub>	m <sup>3</sup> /a	667,5
kont. Aquifermächtigkeit	h <sub>kont</sub>	m	2,5
Durchlässigkeit Aquifer	kf	m/s	8,0E-04
hydr. Gefälle Grundwasser	l		1,0E-03
Filtergeschwindigkeit	vf	m/a	25,2
GW-Volumenstrom	Q <sub>gw</sub>	m <sup>3</sup> /a	6307,2
max. Konzentration im GW	c <sub>gw-max</sub>	µg/l	0,180
mittl. Konzentration im GW	c <sub>gw-mittel</sub>	µg/l	0,174
Verdünnungsfaktor (c <sub>max</sub> )	VF	(-)	10,449

Variante 2: Messstelle mit 0,5 m Filterstrecke an der Grundwasseroberfläche

Parameter	Symbol	Einheit	Wert
Fall (A oder B)			A
kontaminierte Fläche	F	m <sup>2</sup>	2500,0
Abstrombreite kont. Fläche	Ba	m	100,0
Sickerwasserrate	SWR	mm/a	267,0
max. Konz. am OdB	c <sub>max</sub>	µg/l	1,9
max. Fracht	E <sub>s2max</sub>	g/a	1,3
mittl. Fracht	E <sub>s2mittel</sub>	g/a	1,2
Sickerwasservolumenstrom	Q <sub>s2</sub>	m <sup>3</sup> /a	667,5
kont. Aquifermächtigkeit	h <sub>kont</sub>	m	0,5
Durchlässigkeit Aquifer	kf	m/s	8,0E-04
hydr. Gefälle Grundwasser	l		1,0E-03
Filtergeschwindigkeit	vf	m/a	25,2
GW-Volumenstrom	Q <sub>gw</sub>	m <sup>3</sup> /a	1261,4
max. Konzentration im GW	c <sub>gw-max</sub>	µg/l	0,652
mittl. Konzentration im GW	c <sub>gw-mittel</sub>	µg/l	0,630
Verdünnungsfaktor (c <sub>max</sub> )	VF	(-)	2,890

### Antwort Teil 2

b) Für die Variante 2 wird der Prüfwert für die  $\Sigma$  PAK (0,2 µg/l) für den Einzelstoff Fluoranthen im Grundwasser deutlich überschritten. Für beide Varianten ergibt sich eine Überschreitung der GFS für den Einzelstoff Fluoranthen (0,025 µg/l) im Grundwasser. Durch die PAK-Kontamination des Bodens ist eine langfristige Verunreinigung des Grundwassers mit Fluoranthen zu erwarten.