



Arbeitshilfe zur Grundwassersanierung

Gelöste Mengen Frachten

Frankfurt/M., den 3. Juni 2008



Fachliche Kriterien AH Anlage 1

Gefährlichkeit der Schadstoffe

- GFS
- Abbaubarkeit
- Mobilität

Räumliche Verteilung und Menge

- Schadstoffmenge GW
- Schadstoffmenge Boden
- Fracht GW

Örtliche Verhältnisse

- Hydrogeologie
- Schutzbedürftigkeit
- Beeinträchtigungen
- orhanden Belastungen



Bewertungskriterien

Gelöste Menge im
Grundwasser
IST-Zustand

Fracht im Grundwasser
Dynamik



Microsoft Excel

Mengen und Frachtberechnung

Bezeichnung des Schadensfalls							
Schadstoff							
Geringfügigkeitsschwellenwert	GFS	µg/l					
Stromröhre Nr.							
Bezeichnung der Stromröhre/Messstelle							
Mittlere Konzentration	C_{mittel}	µg/l		①	②	③	Quelle der Daten
Maximale Konzentration	C_{max}	µg/l					
Breite der Stromröhre/Fahne	B	m					
Höhe der Stromröhre/Fahne	H	m					
Länge der Stromröhre/Fahne	L	m					
Durchlässigkeitsbeiwert	k_f	m/s					
Hydraulischer Gradient	I	-					
Nutzbare Porosität	P*	%					

Abstandsgeschwindigkeit	v_a	m/d		0,00
Gelöste Menge im Grundwasser	M_{gel}	kg		0,00
Fracht im Grundwasser	E	g/d		0,00

groß

groß



Mengen und Frachtberechnung

Bezeichnung des Schadensfalls

Schadstoff

Geringfügigkeitsschwellenwert

GFS $\mu\text{g/l}$

Stromröhre Nr.

Bezeichnung der Stromröhre/Messstelle

Mittlere Konzentration

c_{mittel} $\mu\text{g/l}$

Maximale Konzentration

c_{max} $\mu\text{g/l}$

Breite der Stromröhre/Fahne

B m

Höhe der Stromröhre/Fahne

H m

Länge der Stromröhre/Fahne

L m

Durchlässigkeitsbeiwert

k_f m/s

Hydraulischer Gradient

I -

Nutzbare Porosität

P^* %

	①	②	③	Quelle der Daten

Abstandsgeschwindigkeit	v_a	m/d	$V_a = k_f \cdot I \cdot P^*/100$	0,00
Gelöste Menge im Grundwasser	M_{gel}	kg	$M_{\text{gel}} = c_{\text{mit}} \cdot L \cdot B \cdot H \cdot$	0,00
Fracht im Grundwasser	E	g/d	$E = k_f \cdot I \cdot B \cdot H \cdot c_{\text{max}}$	0,00

groß

groß



Mengen und Frachtberechnung

Bezeichnung des Schadensfalls		
Schadstoff		
Geringfügigkeitsschwellenwert	GFS	µg/l

HLUG-Seminar-Beispiel-Schaden		
LHKW		
20		

Stromröhre Nr.		
Bezeichnung der Stromröhre/Messstelle		
Mittlere Konzentration	C_{mittel}	µg/l
Maximale Konzentration	C_{max}	µg/l
Breite der Stromröhre/Fahne	B	m
Höhe der Stromröhre/Fahne	H	m
Länge der Stromröhre/Fahne	L	m
Durchlässigkeitsbeiwert	k_f	m/s
Hydraulischer Gradient	I	-
Nutzbare Porosität	P*	%

	①	②	③	
				Quelle der Daten



Abstandsgeschwindigkeit	v_a	m/d	$V_a = k_f \cdot I \cdot P^*/100$	0,00
Gelöste Menge im Grundwasser	M_{gel}	kg	$M_{gel} = c_{mit} \cdot L \cdot B \cdot H \cdot$	0,00
Fracht im Grundwasser	E	g/d	$E = k_f \cdot I \cdot B \cdot H \cdot c_{max}$	0,00

groß

groß

Mengen und Frachtberechnung

Bezeichnung des Schadensfalls		
Schadstoff		
Geringfügigkeitsschwellenwert	GFS	µg/l

HLUG-Seminar-Beispiel-Schaden		
LHKW		
20		

Stromröhre Nr.		
Bezeichnung der Stromröhre/Messstelle		

	①	②	③	Quelle der Daten
Mittlere Konzentration				
Maximale Konzentration				
Breite der Stromröhre/Fahne				
Höhe der Stromröhre/Fahne				
Länge der Stromröhre/Fahne				
Durchlässigkeitsbeiwert				
Hydraulischer Gradient				
Nutzbare Porosität				

Mittlere Konzentration	C_{mittel}	µg/l
Maximale Konzentration	C_{max}	µg/l
Breite der Stromröhre/Fahne	B	m
Höhe der Stromröhre/Fahne	H	m
Länge der Stromröhre/Fahne	L	m
Durchlässigkeitsbeiwert	k_f	m/s
Hydraulischer Gradient	I	-
Nutzbare Porosität	P*	%



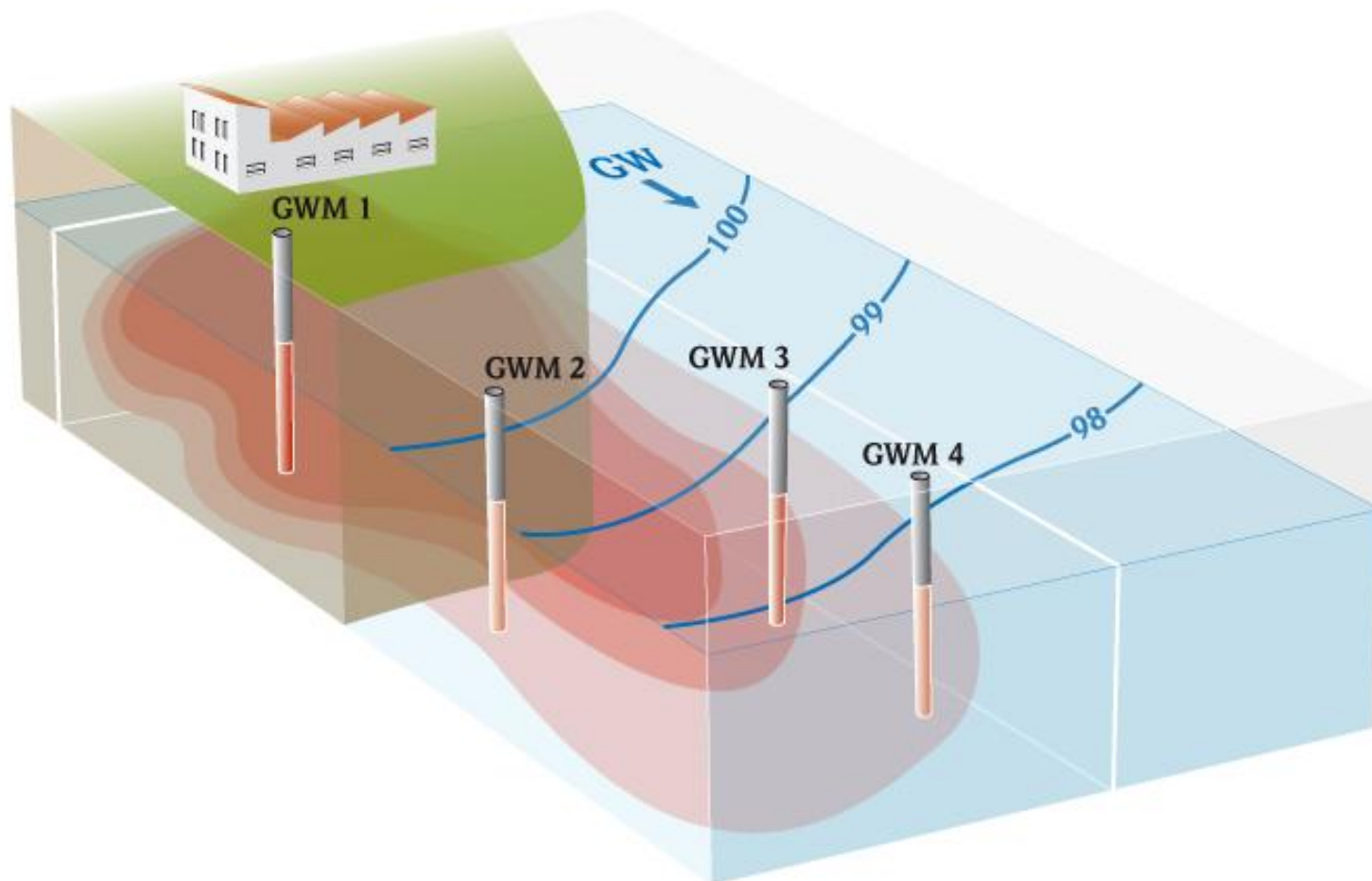
Abstandsgeschwindigkeit	v_a	m/d	$V_a = k_f \cdot I \cdot P^*/100$	0,00
Gelöste Menge im Grundwasser	M_{gel}	kg	$M_{gel} = c_{mit} \cdot L \cdot B \cdot H \cdot$	0,00
Fracht im Grundwasser	E	g/d	$E = k_f \cdot I \cdot B \cdot H \cdot c_{max}$	0,00

groß

groß

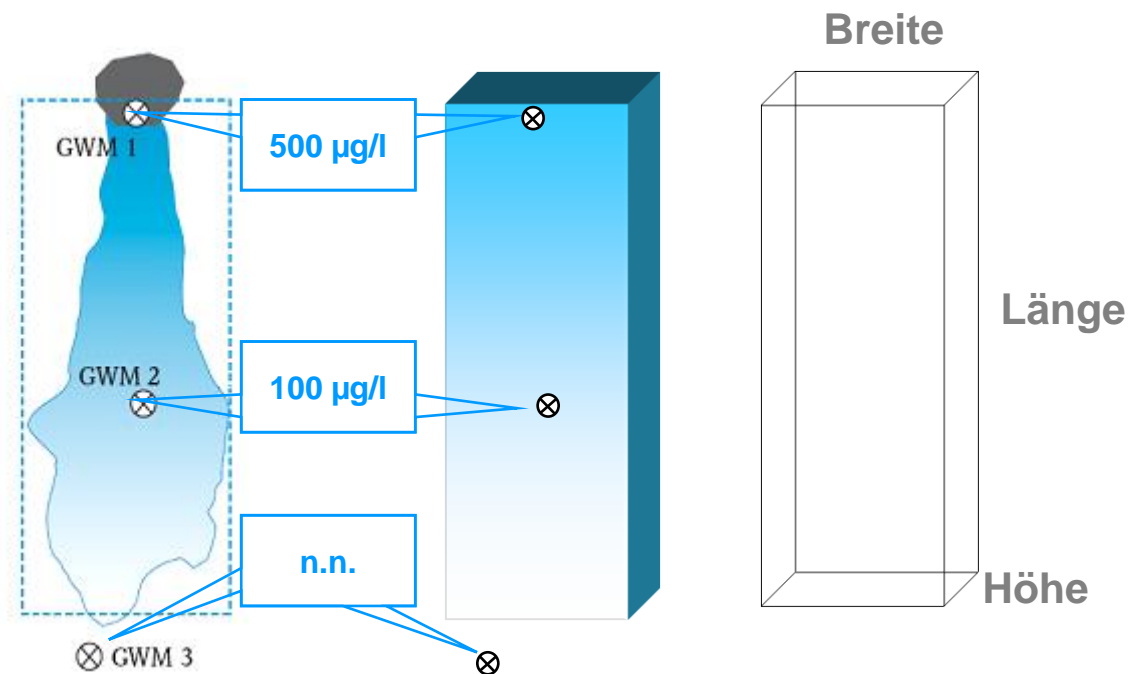
Volumen, Stromröhre

Volumen Schadstoffkörper = Fahnenengeometrie
(L·B·H)



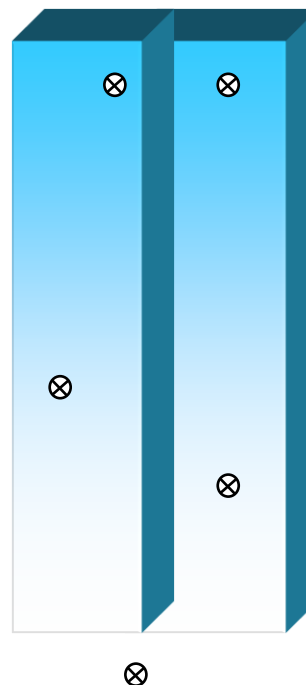
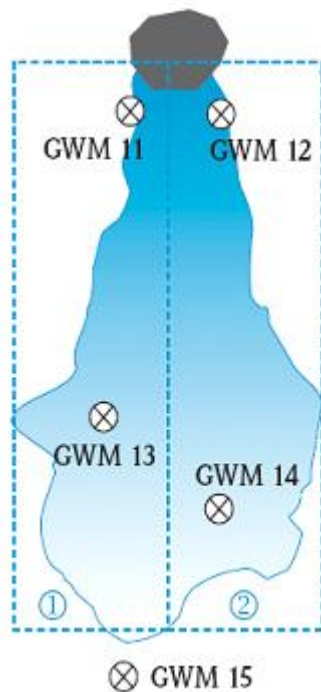
Volumen, Stromröhre

Stromröhren sind rechteckig und parallel zur Fließrichtung.



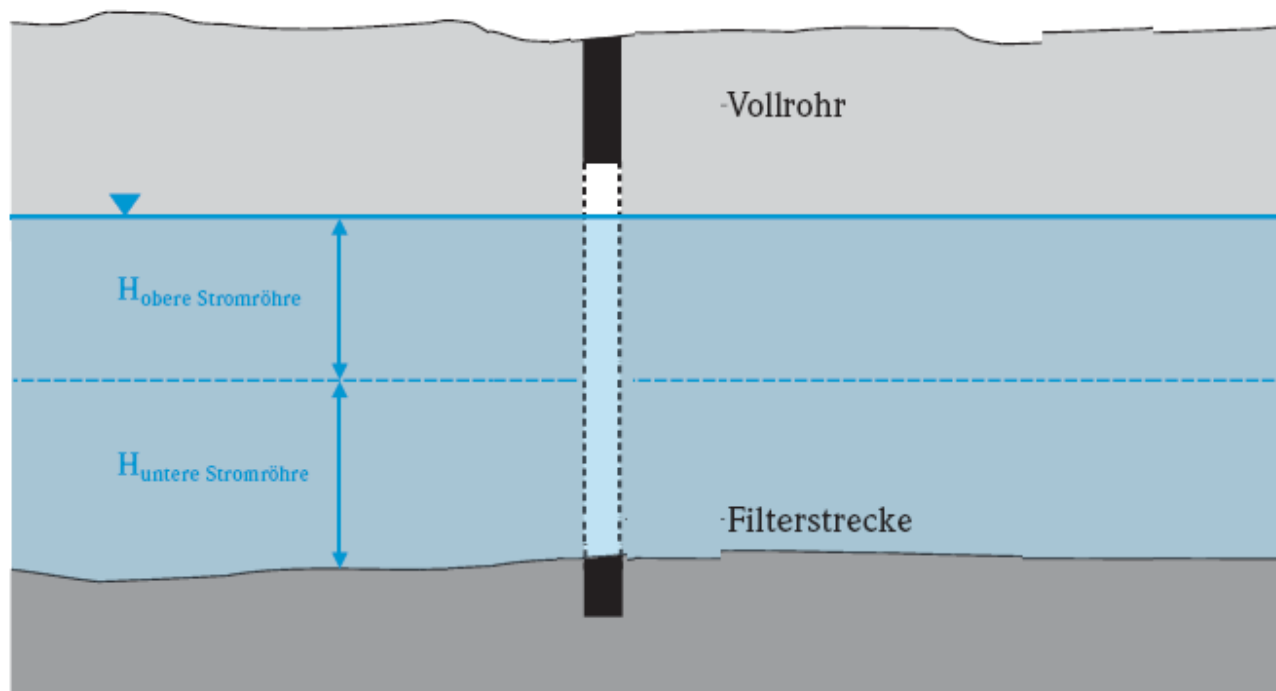
Volumen, Stromröhre

Jede im nahen Abstrom der Quelle liegende Messstelle ist Ausgangspunkt einer Stromröhre.



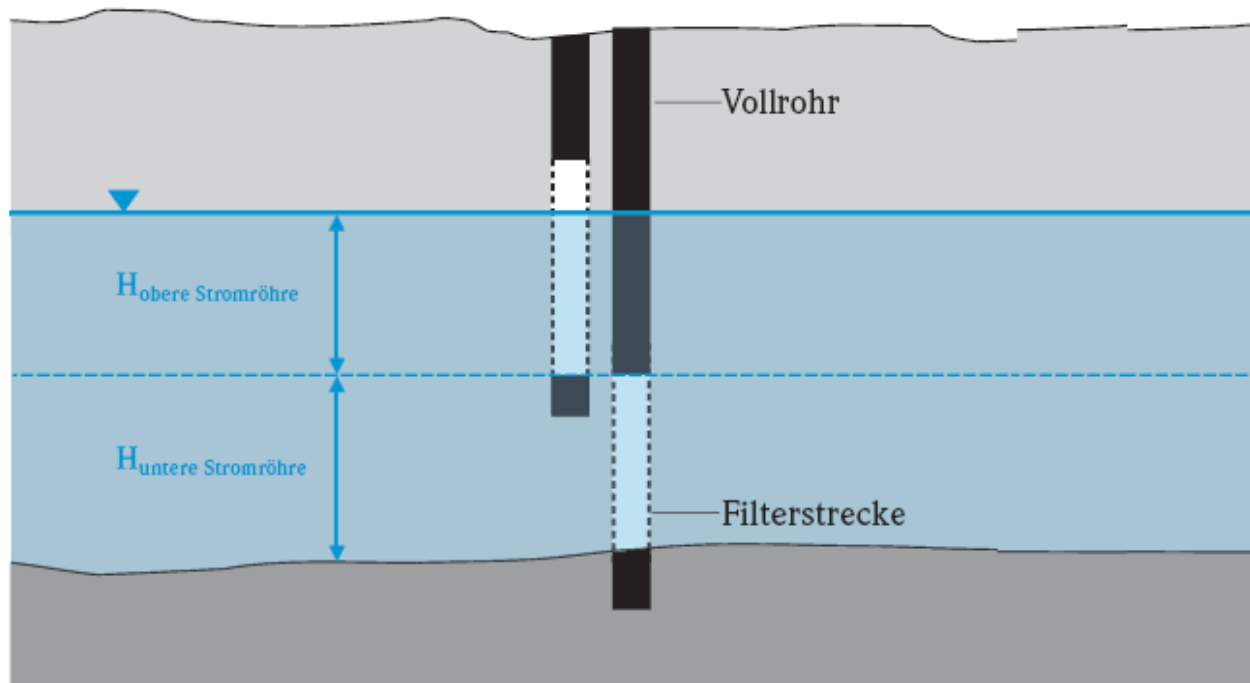
Volumen, Stromröhre

Die Höhe einer Stromröhre richtet sich nach der Grundwassermächtigkeit.



Volumen, Stromröhre

Ist die Messstelle unvollkommen, wird für die Höhe, die Länge der Filterstrecke angenommen.



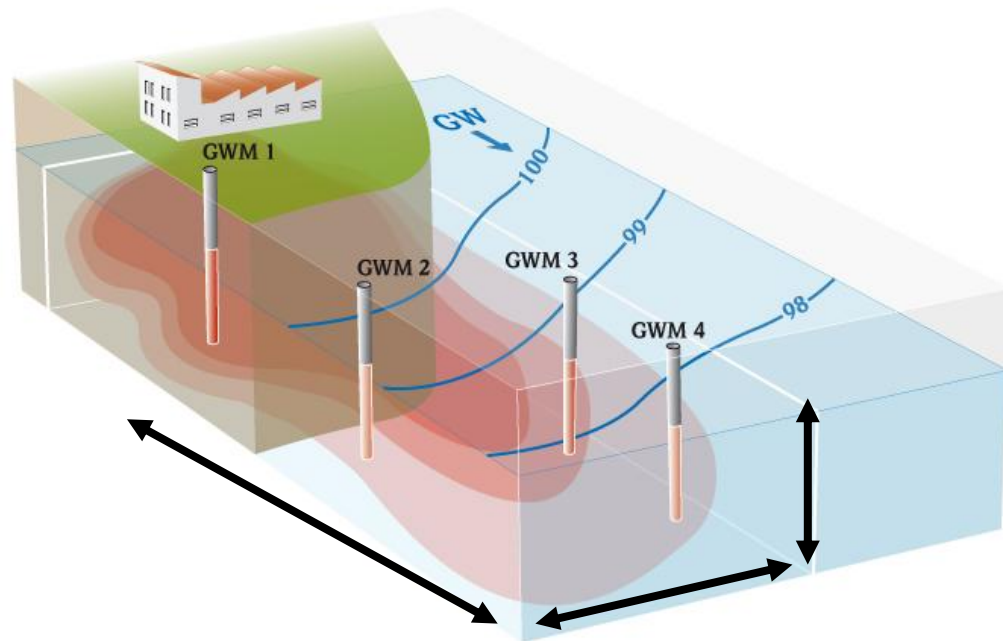
Volumen, Stromröhre

Fallbeispiel

Breite: 75 m

Länge: 250 m

Höhe: 7 m





Mengen und Frachtberechnung

Bezeichnung des Schadensfalls		
Schadstoff		
Geringfügigkeitsschwellenwert	GFS	µg/l

HLUG-Seminar-Beispiel-Schaden		
LHKW		
20		

Stromröhre Nr.		
Bezeichnung der Stromröhre/Messstelle		

①	②	③	
GWM1			

Mittlere Konzentration	C_{mittel}	µg/l
Maximale Konzentration	C_{max}	µg/l

			Quelle der Daten

Breite der Stromröhre/Fahne	B	m
Höhe der Stromröhre/Fahne	H	m
Länge der Stromröhre/Fahne	L	m

75			Gutachten, S. 42
7			Gutachten, S. 43
250			Gutachten, S. 43

Durchlässigkeitsbeiwert	k_f	m/s
Hydraulischer Gradient	I	-
Nutzbare Porosität	P*	%



Abstandsgeschwindigkeit	v_a	m/d	$V_a = k_f \cdot I \cdot P^*/100$	0,00
--------------------------------	----------------------	------------	---	-------------

Gelöste Menge im Grundwasser	M_{gel}	kg	$M_{gel} = c_{mit} \cdot L \cdot B \cdot H \cdot$	0,00
-------------------------------------	------------------------	-----------	---	-------------

groß

Fracht im Grundwasser	E	g/d	$E = k_f \cdot I \cdot B \cdot H \cdot c_{max}$	0,00
------------------------------	----------	------------	---	-------------

groß

Mengen und Frachtberechnung

Bezeichnung des Schadensfalls		
Schadstoff		
Geringfügigkeitsschwellenwert	GFS	µg/l

HLUG-Seminar-Beispiel-Schaden		
LHKW		
20		

Stromröhre Nr.	
Bezeichnung der Stromröhre/Messstelle	

	①	②	③	
	GWM1			
				Quelle der Daten
Mittlere Konzentration				
Maximale Konzentration				
Breite der Stromröhre/Fahne	75			Gutachten, S. 42
Höhe der Stromröhre/Fahne	7			Gutachten, S. 43
Länge der Stromröhre/Fahne	250			Gutachten, S. 43
Durchlässigkeitsbeiwert				
Hydraulischer Gradient				
Nutzbare Porosität				

Mittlere Konzentration	C_{mittel}	µg/l
Maximale Konzentration	C_{max}	µg/l
Breite der Stromröhre/Fahne	B	m
Höhe der Stromröhre/Fahne	H	m
Länge der Stromröhre/Fahne	L	m
Durchlässigkeitsbeiwert	k_f	m/s
Hydraulischer Gradient	I	-
Nutzbare Porosität	P*	%



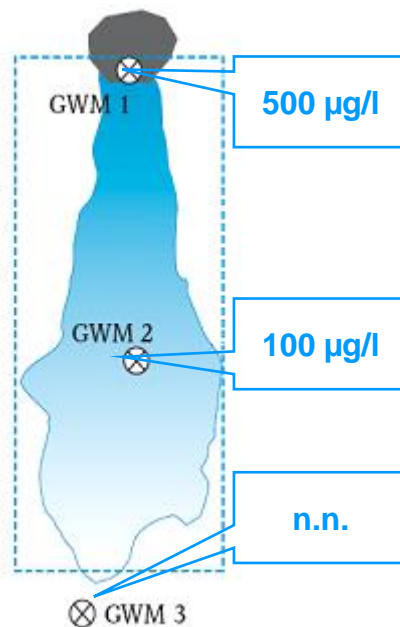
Abstandsgeschwindigkeit	v_a	m/d	$V_a = k_f \cdot I \cdot P^*/100$	0,00
Gelöste Menge im Grundwasser	M_{gel}	kg	$M_{gel} = c_{mit} \cdot L \cdot B \cdot H \cdot$	0,00
Fracht im Grundwasser	E	g/d	$E = k_f \cdot I \cdot B \cdot H \cdot c_{max}$	0,00

groß

groß

Mittlere Konzentration

Arithmetische Mittel aus den Messwerten der einzelnen Messstellen

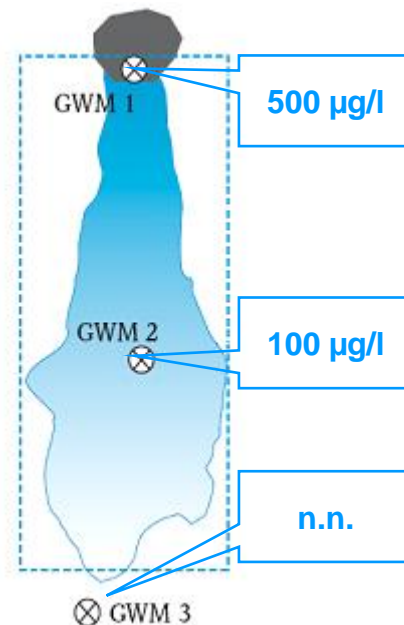


Arithmetische Mittel
 $(500 \mu\text{g/l} + 100 \mu\text{g/l})/2 = 300 \mu\text{g/l}$

Fallbeispiel
Mittlere Konz. = 300 µg/l

Maximale Konzentration

Konzentration an der Messstelle, die die Stromröhre repräsentiert



Fallbeispiel
Maximale Konz. = 500 µg/l

Mengen und Frachtberechnung

Bezeichnung des Schadensfalls		
Schadstoff		
Geringfügigkeitsschwellenwert	GFS	µg/l

HLUG-Seminar-Beispiel-Schaden		
LHKW		
20		

Stromröhre Nr.		
Bezeichnung der Stromröhre/Messstelle		

①	②	③
GWM1		

Mittlere Konzentration	C_{mittel}	µg/l
Maximale Konzentration	C_{max}	µg/l

300			Quelle der Daten Gutachten, Anl. 2
500			

Breite der Stromröhre/Fahne	B	m
Höhe der Stromröhre/Fahne	H	m
Länge der Stromröhre/Fahne	L	m

75			Gutachten, S. 42 Gutachten, S. 43 Gutachten, S. 43
7			
250			

Durchlässigkeitsbeiwert	k_f	m/s
Hydraulischer Gradient	I	-
Nutzbare Porosität	P*	%



Abstandsgeschwindigkeit	v_a	m/d	$V_a = k_f \cdot I \cdot P^*/100$	0,00
-------------------------	----------------------	-----	---	-------------

Gelöste Menge im Grundwasser	M_{gel}	kg	$M_{gel} = c_{mit} \cdot L \cdot B \cdot H \cdot$	0,00
------------------------------	------------------------	----	---	-------------

Fracht im Grundwasser	E	g/d	$E = k_f \cdot I \cdot B \cdot H \cdot c_{max}$	0,00
-----------------------	----------	-----	---	-------------

groß
groß

Mengen und Frachtberechnung

Bezeichnung des Schadensfalls		
Schadstoff		
Geringfügigkeitsschwellenwert	GFS	µg/l

Stromröhre Nr.		
Bezeichnung der Stromröhre/Messstelle		

Mittlere Konzentration	c_{mittel}	µg/l
Maximale Konzentration	c_{max}	µg/l

Breite der Stromröhre/Fahne	B	m
Höhe der Stromröhre/Fahne	H	m
Länge der Stromröhre/Fahne	L	m

Durchlässigkeitsbeiwert	k_f	m/s
Hydraulischer Gradient	I	-

Nutzbare Porosität	P^*	%
--------------------	-------	---

HLUG-Seminar-Beispiel-Schaden			
LHKW			
20			

	①	②	③	
GWM1				Quelle der Daten
	300			Gutachten, Anl. 2
	500			Gutachten, Anl. 2
	75			Gutachten, S. 42
	7			Gutachten, S. 43
	250			Gutachten, S. 43

Abstandsgeschwindigkeit	v_a	m/d	$V_a = k_f \cdot I \cdot P^*/100$	0,00
Gelöste Menge im Grundwasser	M_{gel}	kg	$M_{\text{gel}} = c_{\text{mit}} \cdot L \cdot B \cdot H \cdot$	0,00
Fracht im Grundwasser	E	g/d	$E = k_f \cdot I \cdot B \cdot H \cdot c_{\text{max}}$	0,00

Nutzbare Porosität

Quotient aus dem Volumen der vom Grundwasser durchfließbaren Hohlräume und dessen Gesamtvolumens

$$P^* = (V_p - V_h) / V_g$$

P* = nutzbare Porosität

V_p = Porenvolumen

V_h = Haftwasservolumen

V_g = Gesamtvolumen



Nutzbare Porosität

Korngemisch

:

60% Sand

30% Schluff

10% Ton

$$P^* = (V_p - V_h) / V_g$$

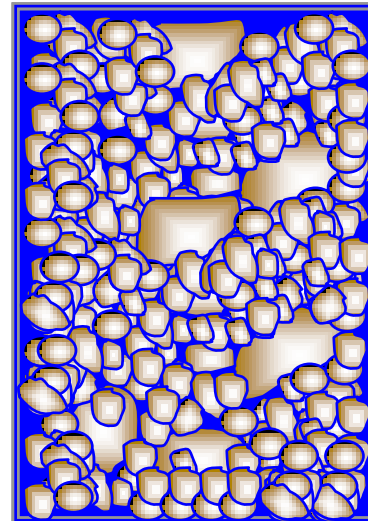
P^* = nutzbare Porosität

V_g = Gesamtvolumen = 1 m³ = 100%

V_p = Porenvolumen = 400 l = 40 %

V_h = Haftwasservolumen = 200 l = 20%

400 Liter



105 °C

200 Liter

Nutzbare Porosität

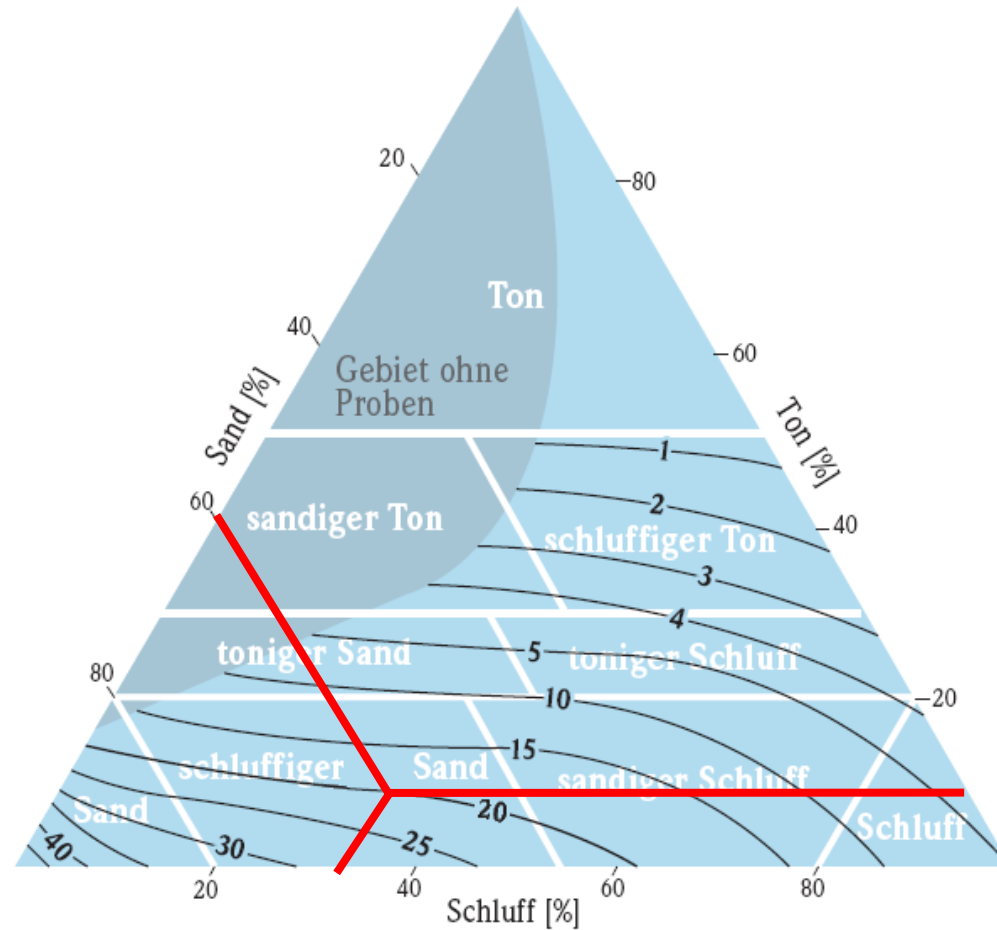
Korngemisch

:

60% Sand

30% Schluff

10% Ton





Mengen und Frachtberechnung

Bezeichnung des Schadensfalls		
Schadstoff		
Geringfügigkeitsschwellenwert	GFS	µg/l

Stromröhre Nr.		
Bezeichnung der Stromröhre/Messstelle		

Mittlere Konzentration	c_{mittel}	µg/l
Maximale Konzentration	c_{max}	µg/l

Breite der Stromröhre/Fahne	B	m
Höhe der Stromröhre/Fahne	H	m
Länge der Stromröhre/Fahne	L	m

Durchlässigkeitsbeiwert	k_f	m/s
Hydraulischer Gradient	I	-

Nutzbare Porosität	P^*	%
--------------------	-------	---

HLUG-Seminar-Beispiel-Schaden			
LHKW			
			20

	①	②	③	
GWM1				
300				Quelle der Daten
500				<i>Gutachten, Anl. 2</i>
75				<i>Gutachten, S. 42</i>
7				<i>Gutachten, S. 43</i>
250				<i>Gutachten, S. 43</i>
20				<i>Gutachten, S. 127</i>



Abstandsgeschwindigkeit	v_a	m/d	$V_a = k_f \cdot I \cdot P^*/100$	0,00
Gelöste Menge im Grundwasser	M_{gel}	kg	$M_{\text{gel}} = c_{\text{mit}} \cdot L \cdot B \cdot H \cdot$	0,00
Fracht im Grundwasser	E	g/d	$E = k_f \cdot I \cdot B \cdot H \cdot c_{\text{max}}$	0,00

groß
groß

Mengen und Frachtberechnung

Bezeichnung des Schadensfalls		
Schadstoff		
Geringfügigkeitsschwellenwert	GFS	µg/l

Stromröhre Nr.	
Bezeichnung der Stromröhre/Messstelle	

Mittlere Konzentration	c_{mittel}	µg/l
Maximale Konzentration	c_{max}	µg/l

Breite der Stromröhre/Fahne	B	m
Höhe der Stromröhre/Fahne	H	m
Länge der Stromröhre/Fahne	L	m

Durchlässigkeitsbeiwert	k_f	m/s
Hydraulischer Gradient	I	-

Nutzbare Porosität	P^*	%
--------------------	-------	---

HLUG-Seminar-Beispiel-Schaden		
LHKW		
20		

	①	②	③	
GWM1				
300				Quelle der Daten
500				<i>Gutachten, Anl. 2</i>
75				<i>Gutachten, S. 42</i>
7				<i>Gutachten, S. 43</i>
250				<i>Gutachten, S. 43</i>
20				<i>Gutachten, S. 127</i>



Abstandsgeschwindigkeit	v_a	m/d	$V_a = k_f \cdot I \cdot P^*/100$	0,00
Gelöste Menge im Grundwasser	M_{gel}	kg	$M_{\text{gel}} = c_{\text{mit}} \cdot L \cdot B \cdot H \cdot$	0,00
Fracht im Grundwasser	E	g/d	$E = k_f \cdot I \cdot B \cdot H \cdot c_{\text{max}}$	0,00

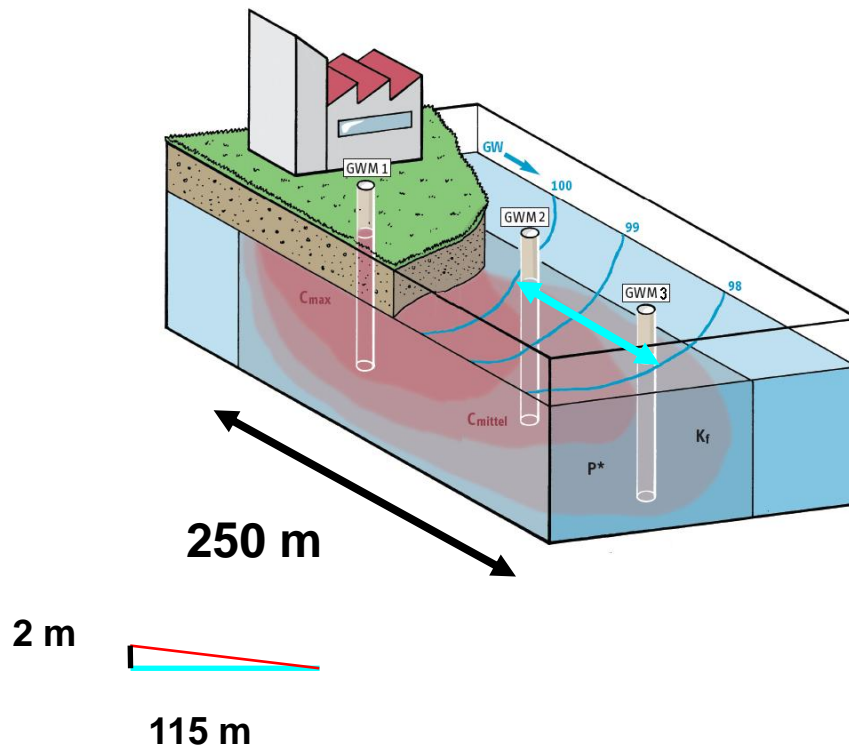
groß
groß

Hydraulischer Gradient

Das Grundwassergefälle hat keine Einheit und wird als Dezimalzahl angegeben.

Fallbeispiel

Länge: 250 m



$$I = 2 \text{ m} / 115 \text{ m} = 0,0175$$



Mengen und Frachtberechnung

Bezeichnung des Schadensfalls		
Schadstoff		
Geringfügigkeitsschwellenwert	GFS	µg/l

Stromröhre Nr.	
Bezeichnung der Stromröhre/Messstelle	

Mittlere Konzentration	C_{mittel}	µg/l
Maximale Konzentration	C_{max}	µg/l

Breite der Stromröhre/Fahne	B	m
Höhe der Stromröhre/Fahne	H	m
Länge der Stromröhre/Fahne	L	m

Durchlässigkeitsbeiwert	k_f	m/s
Hydraulischer Gradient	I	-

Nutzbare Porosität	P*	%
--------------------	-----------	---

HLUG-Seminar-Beispiel-Schaden

LHKW
20

	①	②	③	
GWM1				
300				Quelle der Daten Gutachten, Anl. 2
500				Gutachten, Anl. 2
75				Gutachten, S. 42
7				Gutachten, S. 43
250				Gutachten, S. 43
0,0175				Gutachten, Anl. 2
20				Gutachten, S. 127



Abstandsgeschwindigkeit	v_a	m/d	V_a = k_f · I · P*/100	0,00
Gelöste Menge im Grundwasser	M_{gel}	kg	M_{gel} = c_{mit} · L · B · H ·	0,00
Fracht im Grundwasser	E	g/d	E = k_f · I · B · H · c_{max}	0,00

groß

groß

Mengen und Frachtberechnung

Bezeichnung des Schadensfalls		
Schadstoff		
Geringfügigkeitsschwellenwert	GFS	µg/l

Stromröhre Nr.		
Bezeichnung der Stromröhre/Messstelle		

Mittlere Konzentration	c_{mittel}	µg/l
Maximale Konzentration	c_{max}	µg/l

Breite der Stromröhre/Fahne	B	m
Höhe der Stromröhre/Fahne	H	m
Länge der Stromröhre/Fahne	L	m

Durchlässigkeitsbeiwert	k_f	m/s
Hydraulischer Gradient	I	-

Nutzbare Porosität	P^*	%
--------------------	-------	---

HLUG-Seminar-Beispiel-Schaden			
LHKW			
	20		

	①	②	③	
GWM1				
	300			Quelle der Daten
	500			Gutachten, Anl. 2
				Gutachten, Anl. 2
	75			Gutachten, S. 42
	7			Gutachten, S. 43
	250			Gutachten, S. 43
	0,0175			Gutachten, Anl. 2
	20			Gutachten, S. 127



Abstandsgeschwindigkeit	v_a	m/d	$V_a = k_f \cdot I \cdot P^*/100$	0,00
Gelöste Menge im Grundwasser	M_{gel}	kg	$M_{\text{gel}} = c_{\text{mit}} \cdot L \cdot B \cdot H \cdot$	0,00
Fracht im Grundwasser	E	g/d	$E = k_f \cdot I \cdot B \cdot H \cdot c_{\text{max}}$	0,00

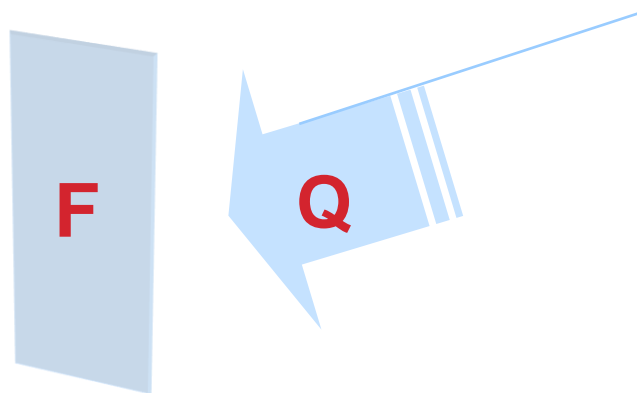
groß
groß

Durchlässigkeitsbeiwert K_f

Die durch eine poröse Gesteinsfläche F [m²] hindurchtretende Wassermenge Q [m³/s] ist proportional zum hydraulischen Gefälle i [m/m],

K_f [m/s] stellt dabei den Proportionalitätsfaktor dar, welcher von den o.g. Eigenschaften abhängt.

$$Q / F = K_f \cdot I$$





Mengen und Frachtberechnung

Bezeichnung des Schadensfalls		
Schadstoff		
Geringfügigkeitsschwellenwert	GFS	µg/l

HLUG-Seminar-Beispiel-Schaden		
LHKW		
20		

Stromröhre Nr.		
Bezeichnung der Stromröhre/Messstelle		

①	②	③
GWM1		

Mittlere Konzentration	C_{mittel}	µg/l
Maximale Konzentration	C_{max}	µg/l

300			Quelle der Daten
500			Gutachten, Anl. 2

Breite der Stromröhre/Fahne	B	m
Höhe der Stromröhre/Fahne	H	m
Länge der Stromröhre/Fahne	L	m

75			Gutachten, S. 42
7			Gutachten, S. 43
250			Gutachten, S. 43

Durchlässigkeitsbeiwert	k_f	m/s
Hydraulischer Gradient	I	-

0,00005			Gutachten, S. 87
0,0175			Gutachten, Anl. 2

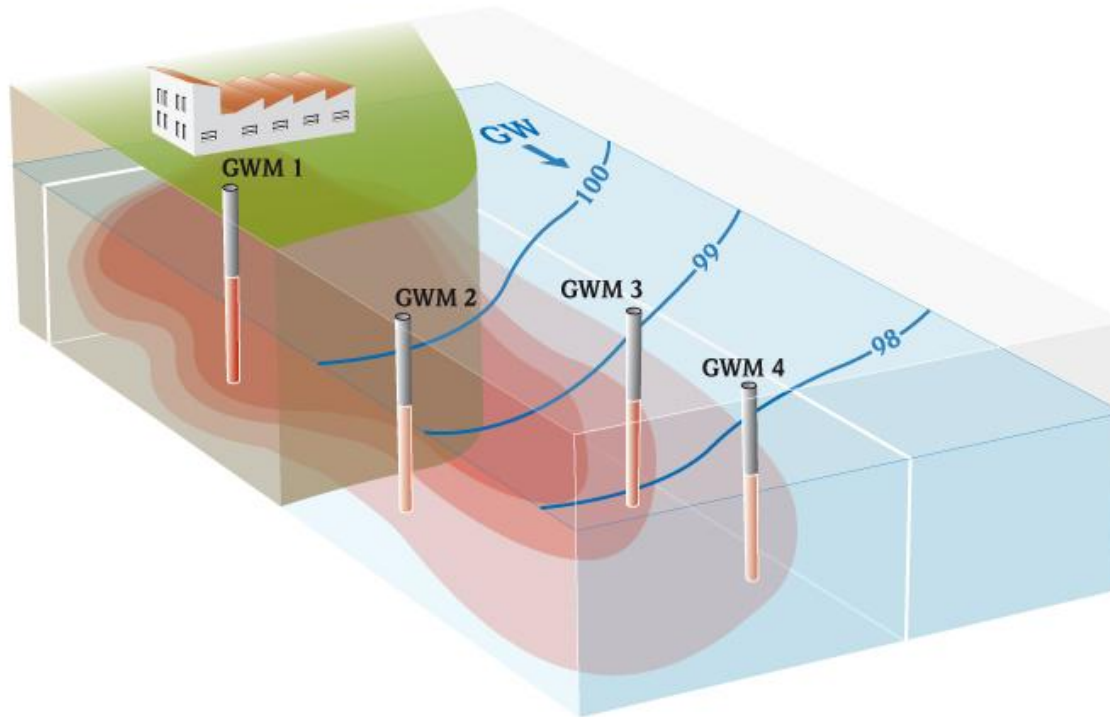
Nutzbare Porosität	P*	%
--------------------	-----------	---

20			Gutachten, S. 127
-----------	--	--	--------------------------

$K_f = 5 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$

Gutachterliche Beurteilung des Sachverhaltes:
 Es liegen nur Ergebnisse einer ersten Beprobung vor. Die Daten sind nicht durch weitere Messungen bestätigt. Eine weitere Probenahme sollte die Daten bestätigen. An der GWM 3 konnte nur eine Schöpfprobe genommen werden. Es wird empfohlen die Messstelle wieder herzustellen. Die Brunnen sind über die gesamte Grundwassermächtigkeit verfiltert. Der Durchlässigkeitsbeiwert für die Stromröhre wurde abgeschätzt. Zur Verifizierung wird ein Pumpversuch empfohlen.

Büro Gutachter 03. Juni 2008



Abstandsgeschwindigkeit	v_a	m/d	$V_a = k_f \cdot I \cdot P^*/100$	0,4	
Gelöste Menge im Grundwasser	M_{gel}	kg	$M_{gel} = c_{mit} \cdot L \cdot B \cdot H \cdot$	7,9	groß
Fracht im Grundwasser	E	g/d	$E = k_f \cdot I \cdot B \cdot H \cdot c_{max}$	19,8	groß



HESSEN





Mengen und Frachtberechnung

Bezeichnung des Schadensfalls		
Schadstoff		
Geringfügigkeitsschwellenwert	GFS	µg/l

Stromröhre Nr.
Bezeichnung der Stromröhre/Messstelle

Mittlere Konzentration	c_{mittel}	µg/l
Maximale Konzentration	c_{max}	µg/l
Breite der Stromröhre/Fahne	B	m
Höhe der Stromröhre/Fahne	H	m
Länge der Stromröhre/Fahne	L	m
Durchlässigkeitsbeiwert	k_f	m/s
Hydraulischer Gradient	I	-
Nutzbare Porosität	P^*	%

Metallwarenfabrik Schrot, Offenbach, HAGW 30.08.07			
LHKW			
20			
①	②	③	Quelle der Daten



Abstandsgeschwindigkeit	v_a	m/d	$V_a = k_f \cdot I \cdot P^*/100$	0,00
Gelöste Menge im Grundwasser	M_{gel}	kg	$M_{gel} = c_{mit} \cdot L \cdot B \cdot H \cdot$	0,00
Fracht im Grundwasser	E	g/d	$E = k_f \cdot I \cdot B \cdot H \cdot c_{max}$	0,00

groß
groß

Mengen und Frachtberechnung

Bezeichnung des Schadensfalls		
Schadstoff		
Geringfügigkeitsschwellenwert	GFS	µg/l

Stromröhre Nr.		
Bezeichnung der Stromröhre/Messstelle		

Mittlere Konzentration	c_{mittel}	µg/l
Maximale Konzentration	c_{max}	µg/l
Breite der Stromröhre/Fahne	B	m
Höhe der Stromröhre/Fahne	H	m
Länge der Stromröhre/Fahne	L	m
Durchlässigkeitsbeiwert	k_f	m/s
Hydraulischer Gradient	I	-
Nutzbare Porosität	P^*	%

Metallwarenfabrik Schrot, Offenbach, HAGW, 30.08.07
LHKW
20

①	②	③	Quelle der Daten

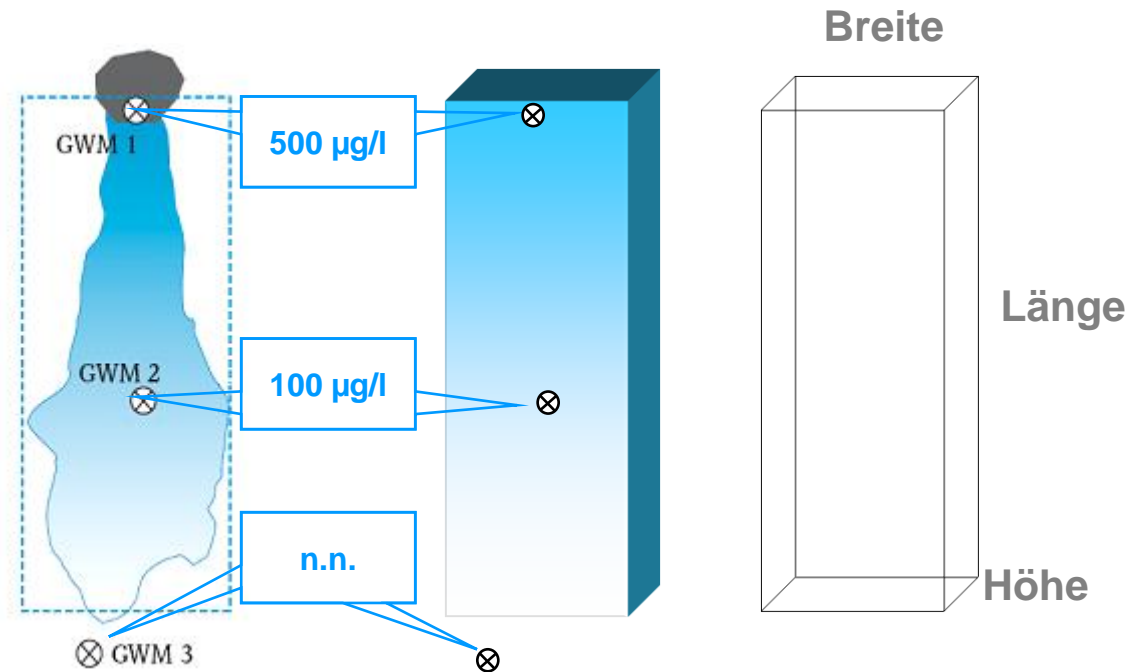


Abstandsgeschwindigkeit	v_a	m/d	$V_a = k_f \cdot I \cdot P^*/100$	0,00
Gelöste Menge im Grundwasser	M_{gel}	kg	$M_{gel} = c_{mit} \cdot L \cdot B \cdot H \cdot$	0,00
Fracht im Grundwasser	E	g/d	$E = k_f \cdot I \cdot B \cdot H \cdot c_{max}$	0,00

groß
 groß

Volumen, Stromröhre

Stromröhren sind rechteckig und parallel zur Fließrichtung.



Volumen, Stromröhre

Stromröhren sind rechteckig und parallel zur Fließrichtung.



1 : 5.000
1 cm : 50 m

L = 8cm
(400 m)

B = 1,5 cm
(75 m)

H = 11m



Mengen und Frachtberechnung

Bezeichnung des Schadensfalls		
Schadstoff		
Geringfügigkeitsschwellenwert	GFS	µg/l

Stromröhre Nr.		
Bezeichnung der Stromröhre/Messstelle		

Mittlere Konzentration	c_{mittel}	µg/l
Maximale Konzentration	c_{max}	µg/l

Breite der Stromröhre/Fahne	B	m
Höhe der Stromröhre/Fahne	H	m
Länge der Stromröhre/Fahne	L	m

Durchlässigkeitsbeiwert	k_f	m/s
Hydraulischer Gradient	I	-
Nutzbare Porosität	P^*	%

Metallwarenfabrik Schrot, Offenbach, HAGW 30.08.07

LHKW
20

①	②	③	
GWM1			Quelle der Daten
75			GA, S. 11, Abb. 5
11			GA, S. 13
400			GA, S. 11, Abb. 5



Abstandsgeschwindigkeit	v_a	m/d	$V_a = k_f \cdot I \cdot P^*/100$	0,00
Gelöste Menge im Grundwasser	M_{gel}	kg	$M_{\text{gel}} = c_{\text{mit}} \cdot L \cdot B \cdot H \cdot$	0,00
Fracht im Grundwasser	E	g/d	$E = k_f \cdot I \cdot B \cdot H \cdot c_{\text{max}}$	0,00

groß
groß

Mengen und Frachtberechnung

Bezeichnung des Schadensfalls		
Schadstoff		
Geringfügigkeitsschwellenwert	GFS	µg/l

Stromröhre Nr.		
Bezeichnung der Stromröhre/Messstelle		

Mittlere Konzentration	c_{mittel}	µg/l
Maximale Konzentration	c_{max}	µg/l

Breite der Stromröhre/Fahne	B	m
Höhe der Stromröhre/Fahne	H	m
Länge der Stromröhre/Fahne	L	m

Durchlässigkeitsbeiwert	k_f	m/s
Hydraulischer Gradient	I	-
Nutzbare Porosität	P^*	%

Metallwarenfabrik Schrot, Offenbach, HAGW 30.08.07			
LHKW			
20			

①	②	③	
GWM1			
			Quelle der Daten
75			GA, S. 11, Abb. 5
11			GA, S. 13
400			GA, S. 11, Abb. 5

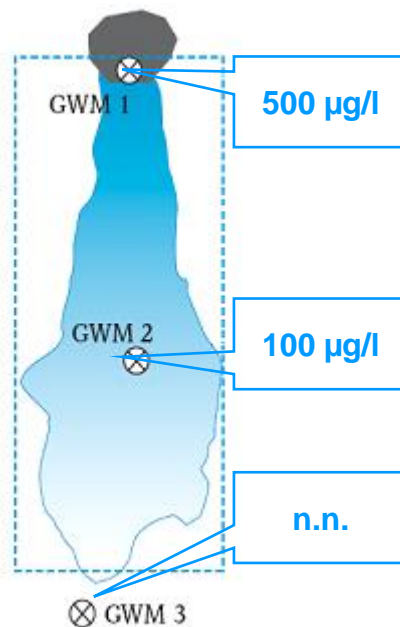


Abstandsgeschwindigkeit	v_a	m/d	$V_a = k_f \cdot I \cdot P^*/100$	0,00
Gelöste Menge im Grundwasser	M_{gel}	kg	$M_{gel} = c_{mit} \cdot L \cdot B \cdot H \cdot$	0,00
Fracht im Grundwasser	E	g/d	$E = k_f \cdot I \cdot B \cdot H \cdot c_{max}$	0,00

groß
groß

Mittlere Konzentration

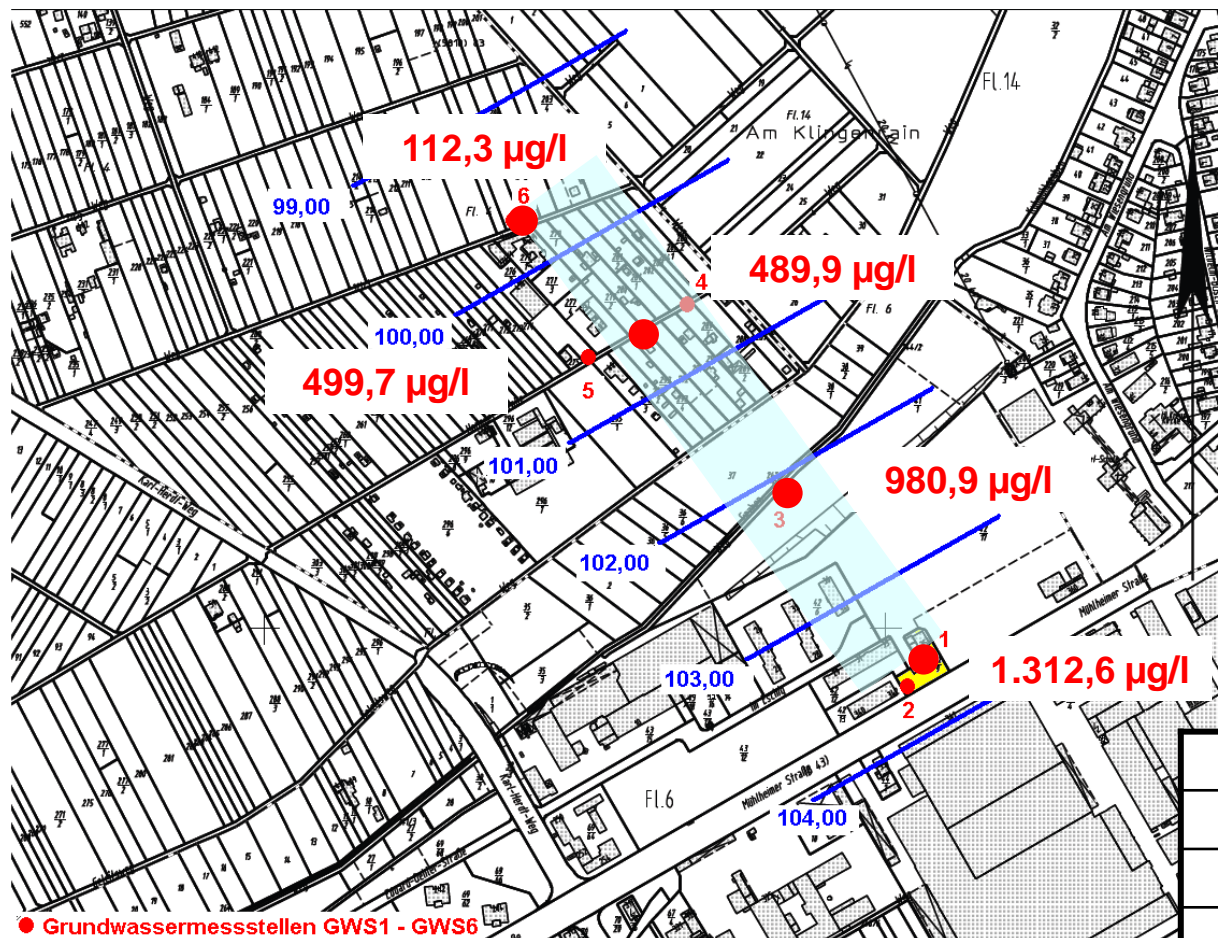
Arithmetische Mittel aus den Messwerten der einzelnen Messstellen



Arithmetische Mittel
 $(500 \mu\text{g/l} + 100 \mu\text{g/l})/2 = 300 \mu\text{g/l}$

Mittlere Konzentration

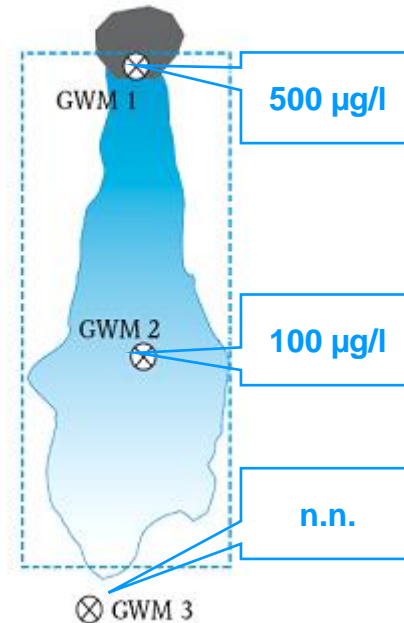
Arithmetische Mittel aus den Messwerten der einzelnen Messstellen



112,3
$(499,7+489,9)/2 = 494,8$
980,9
1.312,6
$2.900,6 / 4 = 725,15$

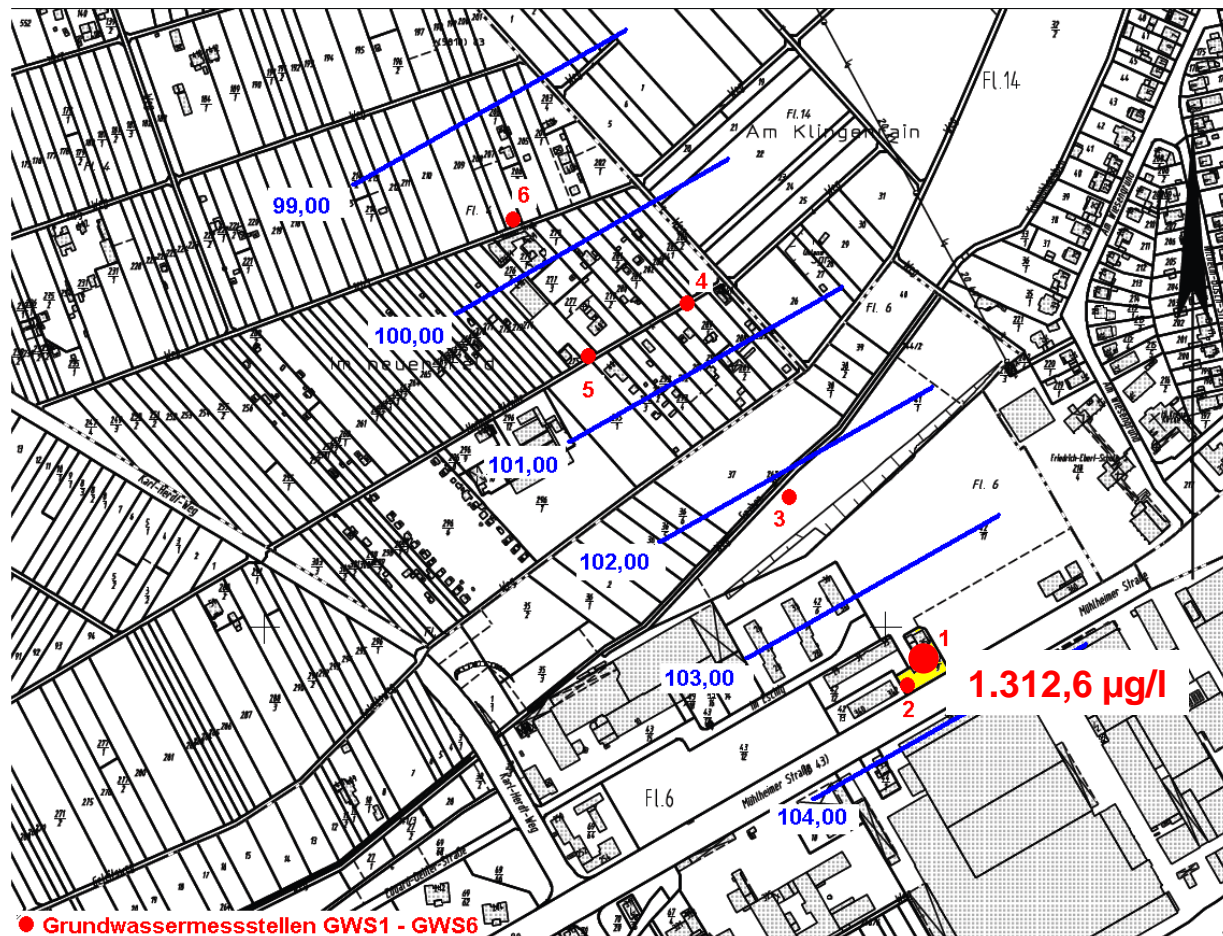
Maximale Konzentration

Konzentration an der Messstelle, die die Stromröhre repräsentiert



Maximale Konzentration

Konzentration an der Messstelle, die die Stromröhre repräsentiert



Mengen und Frachtberechnung

Bezeichnung des Schadensfalls		
Schadstoff		
Geringfügigkeitsschwellenwert	GFS	µg/l

Stromröhre Nr.		
Bezeichnung der Stromröhre/Messstelle		

Mittlere Konzentration	c_{mittel}	µg/l
Maximale Konzentration	c_{max}	µg/l

Breite der Stromröhre/Fahne	B	m
Höhe der Stromröhre/Fahne	H	m
Länge der Stromröhre/Fahne	L	m

Durchlässigkeitsbeiwert	k_f	m/s
Hydraulischer Gradient	I	-
Nutzbare Porosität	P^*	%

Metallwarenfabrik Schrot, Offenbach, HAGW 30.08.07		
LHKW		
20		

	①	②	③	
GWM1				
725,15				Quelle der Daten GA, S. 12, Abb. 7 GA, S. 13
1.312,6				
75				GA, S. 11, Abb. 5 GA, S. 13
11				
400				GA, S. 11, Abb. 5



Abstandsgeschwindigkeit	v_a	m/d	$V_a = k_f \cdot I \cdot P^*/100$	0,00
Gelöste Menge im Grundwasser	M_{gel}	kg	$M_{\text{gel}} = c_{\text{mit}} \cdot L \cdot B \cdot H \cdot$	0,00
Fracht im Grundwasser	E	g/d	$E = k_f \cdot I \cdot B \cdot H \cdot c_{\text{max}}$	0,00

groß

groß

Mengen und Frachtberechnung

Bezeichnung des Schadensfalls		
Schadstoff		
Geringfügigkeitsschwellenwert	GFS	µg/l

Stromröhre Nr.		
Bezeichnung der Stromröhre/Messstelle		

Mittlere Konzentration	c_{mittel}	µg/l
Maximale Konzentration	c_{max}	µg/l

Breite der Stromröhre/Fahne	B	m
Höhe der Stromröhre/Fahne	H	m
Länge der Stromröhre/Fahne	L	m

Durchlässigkeitsbeiwert	k_f	m/s
Hydraulischer Gradient	I	-

Nutzbare Porosität	P^*	%
--------------------	-------	---

Metallwarenfabrik Schrot, Offenbach, HAGW 30.08.07		
LHKW		
20		

	①	②	③	
GWM1				
725,15				Quelle der Daten GA, S. 12, Abb. 7 GA, S. 13
1.312,6				
75				GA, S. 11, Abb. 5 GA, S. 13 GA, S. 11, Abb. 5
11				
400				



Abstandsgeschwindigkeit	v_a	m/d	$V_a = k_f \cdot I \cdot P^*/100$	0,00
Gelöste Menge im Grundwasser	M_{gel}	kg	$M_{\text{gel}} = c_{\text{mit}} \cdot L \cdot B \cdot H \cdot$	0,00
Fracht im Grundwasser	E	g/d	$E = k_f \cdot I \cdot B \cdot H \cdot c_{\text{max}}$	0,00

groß

groß

Nutzbare Porosität

Quotient aus dem Volumen der vom Grundwasser durchfließbaren Hohlräume und dessen Gesamtvolumens

$$P^* = (V_p - V_h) / V_g$$

P* = nutzbare Porosität

V_p = Porenvolumen

V_h = Haftwasservolumen

V_g = Gesamtvolumen



Nutzbare Porosität

Korngemisch

:

60% Sand

30% Schluff

10% Ton

$$P^* = (V_p - V_h) / V_g$$

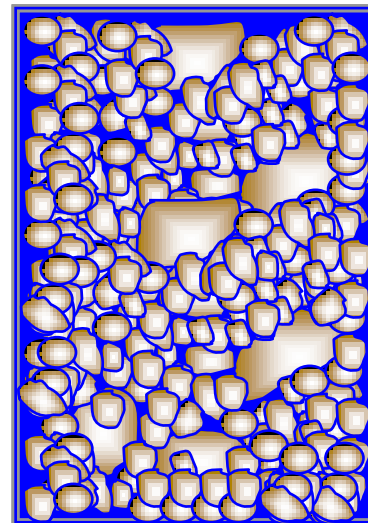
P^* = nutzbare Porosität

V_g = Gesamtvolumen = 1 m³ = 100%

V_p = Porenvolumen = 400 l = 40 %

V_h = Haftwasservolumen = 200 l = 20%

400 Liter



105 °C

200 Liter

Nutzbare Porosität



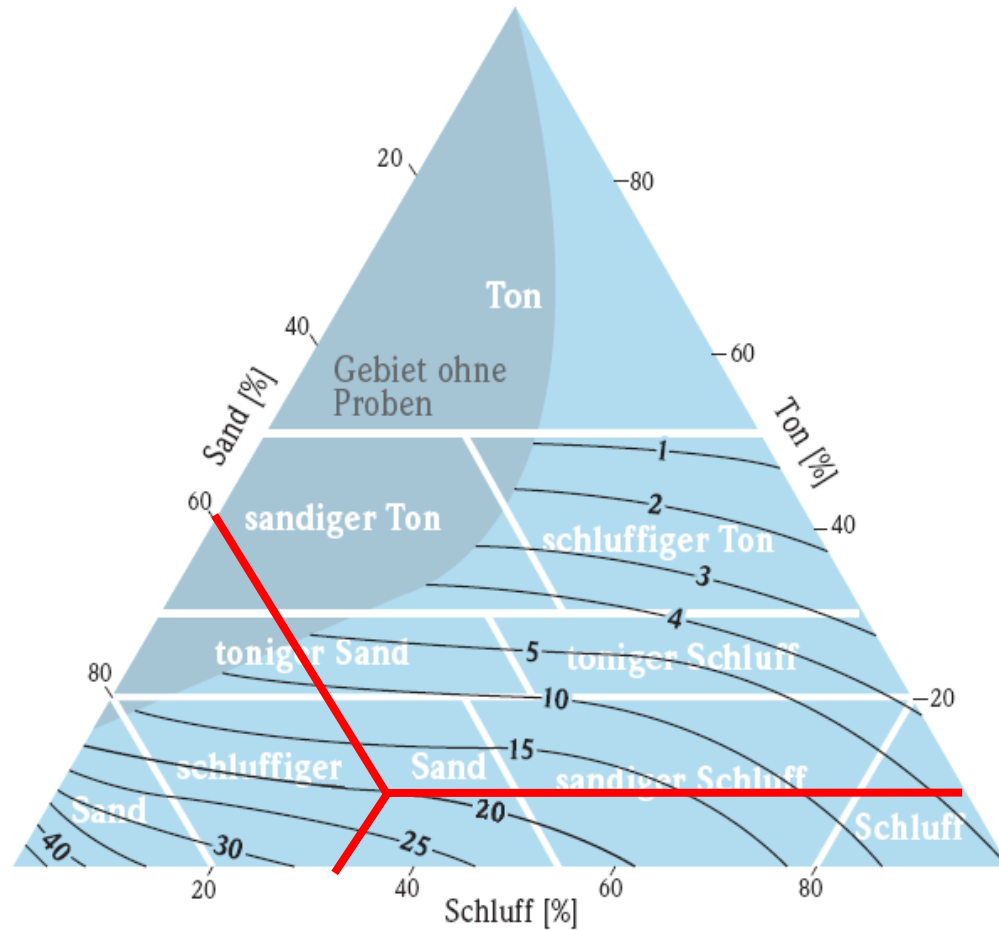
Korngemisch

:

60% Sand

30% Schluff

10% Ton



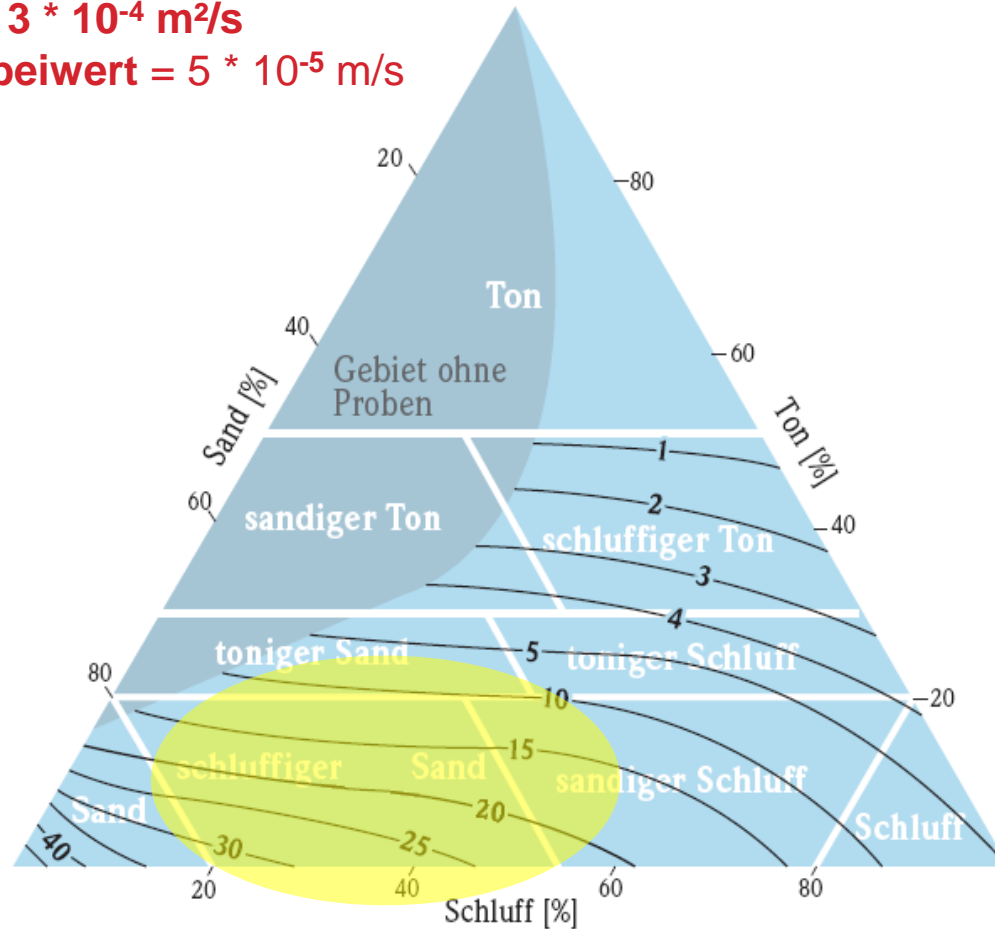
Nutzbare Porosität

Korngemisch: ?

Transmissivität = $3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$

Durchlässigkeitsbeiwert = $5 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$

10 / 20 / 30





Mengen und Frachtberechnung

Bezeichnung des Schadensfalls		
Schadstoff		
Geringfügigkeitsschwellenwert	GFS	µg/l

Stromröhre Nr.		
Bezeichnung der Stromröhre/Messstelle		

Mittlere Konzentration	c_{mittel}	µg/l
Maximale Konzentration	c_{max}	µg/l

Breite der Stromröhre/Fahne	B	m
Höhe der Stromröhre/Fahne	H	m
Länge der Stromröhre/Fahne	L	m

Durchlässigkeitsbeiwert	k_f	m/s
Hydraulischer Gradient	I	-

Nutzbare Porosität	P^*	%
--------------------	-------	---

Metallwarenfabrik Schrot, Offenbach, HAGW 30.08.07		
LHKW		
20		

	①	②	③	
GWM1				
725,15				Quelle der Daten GA, S. 12, Abb. 7 GA, S. 13
1.312,6				
75				GA, S. 11, Abb. 5 GA, S. 13
11				
400				GA, S. 11, Abb. 5
20				Schätzwert_1



Abstandsgeschwindigkeit	v_a	m/d	$V_a = k_f \cdot I \cdot P^*/100$	0,00
-------------------------	-------	-----	-----------------------------------	------

Gelöste Menge im Grundwasser	M_{gel}	kg	$M_{\text{gel}} = c_{\text{mit}} \cdot L \cdot B \cdot H \cdot$	0,00	groß
------------------------------	------------------	----	---	------	------

Fracht im Grundwasser	E	g/d	$E = k_f \cdot I \cdot B \cdot H \cdot c_{\text{max}}$	0,00	groß
-----------------------	-----	-----	--	------	------

Mengen und Frachtberechnung

Bezeichnung des Schadensfalls		
Schadstoff		
Geringfügigkeitsschwellenwert	GFS	µg/l

Stromröhre Nr.		
Bezeichnung der Stromröhre/Messstelle		

Mittlere Konzentration	c_{mittel}	µg/l
Maximale Konzentration	c_{max}	µg/l

Breite der Stromröhre/Fahne	B	m
Höhe der Stromröhre/Fahne	H	m
Länge der Stromröhre/Fahne	L	m

Durchlässigkeitsbeiwert	k_f	m/s
Hydraulischer Gradient	I	-
Nutzbare Porosität	P^*	%

Metallwarenfabrik Schrot, Offenbach, HAGW 30.08.07		
LHKW		
20		

	①	②	③	
GWM1				
725,15				Quelle der Daten GA, S. 12, Abb. 7 GA, S. 13
1.312,6				
75				GA, S. 11, Abb. 5 GA, S. 13 GA, S. 11, Abb. 5
11				
400				
20				Schätzwert_1



Abstandsgeschwindigkeit	v_a	m/d	$V_a = k_f \cdot I \cdot P^*/100$	0,00
Gelöste Menge im Grundwasser	M_{gel}	kg	$M_{\text{gel}} = c_{\text{mit}} \cdot L \cdot B \cdot H \cdot$	0,00
Fracht im Grundwasser	E	g/d	$E = k_f \cdot I \cdot B \cdot H \cdot c_{\text{max}}$	0,00

groß

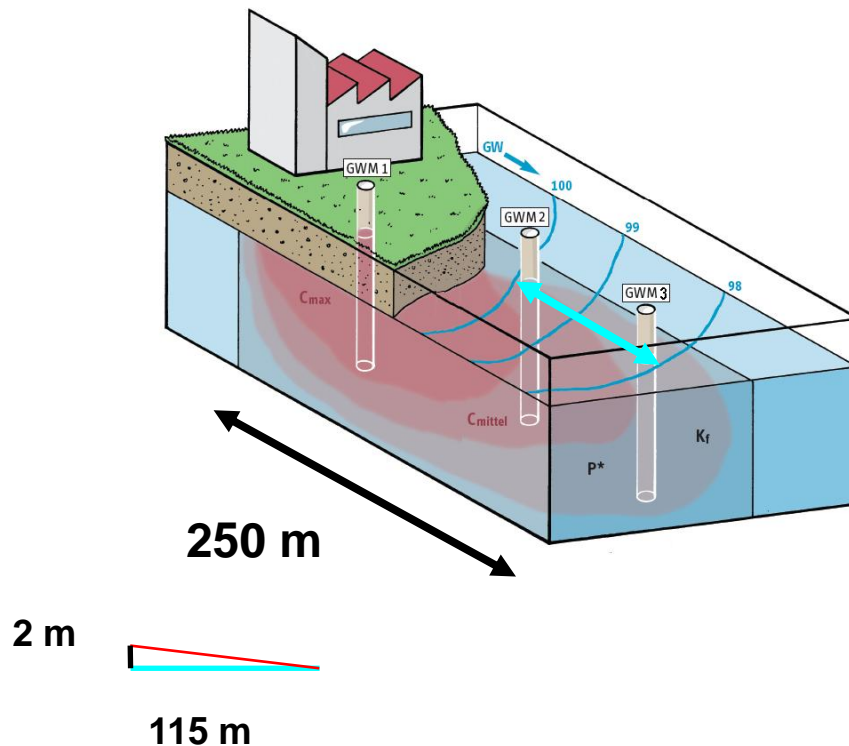
groß

Hydraulischer Gradient

Das Grundwassergefälle hat keine Einheit und wird als Dezimalzahl angegeben.

Fallbeispiel

Länge: 250 m

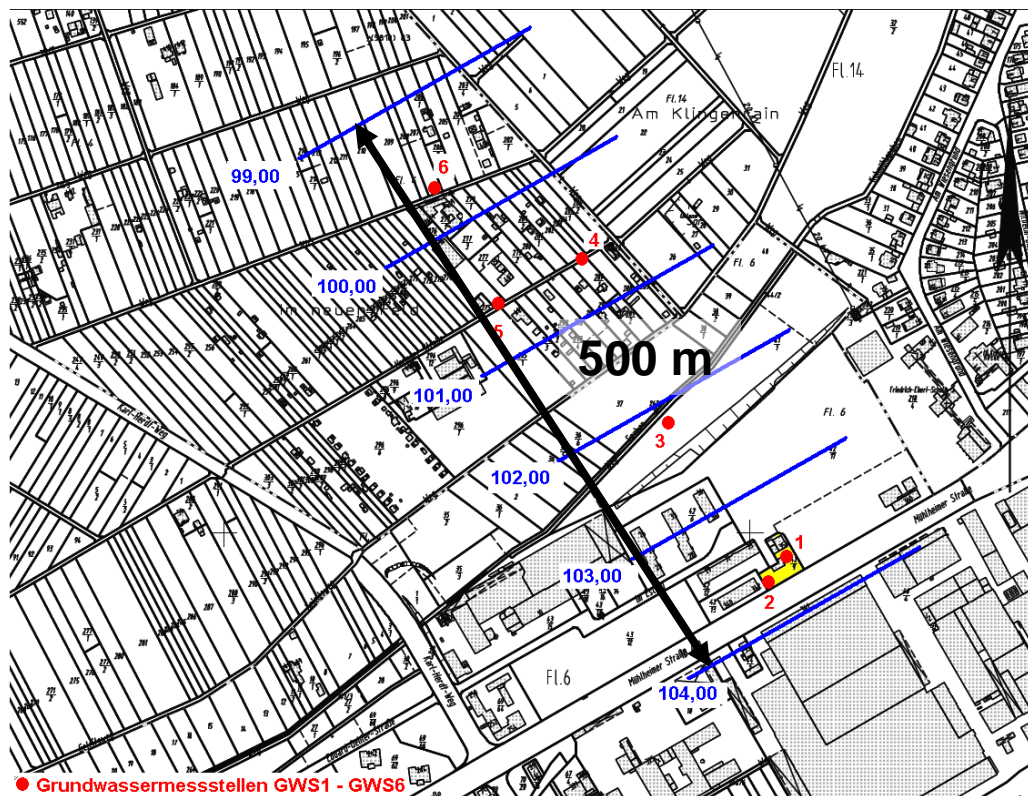
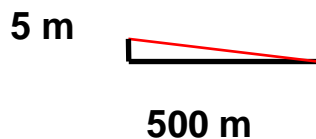


$$I = 2 \text{ m} / 115 \text{ m} = 0,0175$$

Hydraulischer Gradient

Das Grundwassergefälle hat keine Einheit und wird als Dezimalzahl angegeben.

Fallbeispiel
 Länge: 500 m
 Gefälle: 5m
 (104,00m-99,00m)



$$I = 5 \text{ m} / 500 \text{ m} = 0,01$$



Mengen und Frachtberechnung

Bezeichnung des Schadensfalls		
Schadstoff		
Geringfügigkeitsschwellenwert	GFS	µg/l

Stromröhre Nr.		
Bezeichnung der Stromröhre/Messstelle		

Mittlere Konzentration	c_{mittel}	µg/l
Maximale Konzentration	c_{max}	µg/l

Breite der Stromröhre/Fahne	B	m
Höhe der Stromröhre/Fahne	H	m
Länge der Stromröhre/Fahne	L	m

Durchlässigkeitsbeiwert	k_f	m/s
Hydraulischer Gradient	I	-

Nutzbare Porosität	P^*	%
--------------------	-------	---

Metallwarenfabrik Schrot, Offenbach, HAGW 30.08.07		
LHKW		
20		

	①	②	③	
GWM1				
725,15				Quelle der Daten GA, S. 12, Abb. 7 GA, S. 13
1.312,6				
75				GA, S. 11, Abb. 5 GA, S. 13 GA, S. 11, Abb. 5
11				
400				
0,01				GA, S. 13, Abb. 7
20				Schätzwert_1



Abstandsgeschwindigkeit	v_a	m/d	$V_a = k_f \cdot I \cdot P^*/100$	0,00
Gelöste Menge im Grundwasser	M_{gel}	kg	$M_{gel} = c_{mit} \cdot L \cdot B \cdot H \cdot$	0,00
Fracht im Grundwasser	E	g/d	$E = k_f \cdot I \cdot B \cdot H \cdot c_{max}$	0,00

groß

groß

Mengen und Frachtberechnung

Bezeichnung des Schadensfalls		
Schadstoff		
Geringfügigkeitsschwellenwert	GFS	µg/l

Stromröhre Nr.		
Bezeichnung der Stromröhre/Messstelle		

Mittlere Konzentration	c_{mittel}	µg/l
Maximale Konzentration	c_{max}	µg/l

Breite der Stromröhre/Fahne	B	m
Höhe der Stromröhre/Fahne	H	m
Länge der Stromröhre/Fahne	L	m

Durchlässigkeitsbeiwert	k_f	m/s
Hydraulischer Gradient	I	-

Nutzbare Porosität	P^*	%
--------------------	-------	---

Metallwarenfabrik Schrot, Offenbach, HAGW 30.08.07			
LHKW			
	20		
①	②	③	
GWM1			
			Quelle der Daten
725,15			GA, S. 12, Abb. 7
1.312,6			GA, S. 13
75			GA, S. 11, Abb. 5
11			GA, S. 13
400			GA, S. 11, Abb. 5
0,01			GA, S. 13, Abb. 7
20			Schätzwert_1



Abstandsgeschwindigkeit	v_a	m/d	$V_a = k_f \cdot I \cdot P^*/100$	0,00
Gelöste Menge im Grundwasser	M_{gel}	kg	$M_{\text{gel}} = c_{\text{mit}} \cdot L \cdot B \cdot H \cdot$	0,00
Fracht im Grundwasser	E	g/d	$E = k_f \cdot I \cdot B \cdot H \cdot c_{\text{max}}$	0,00

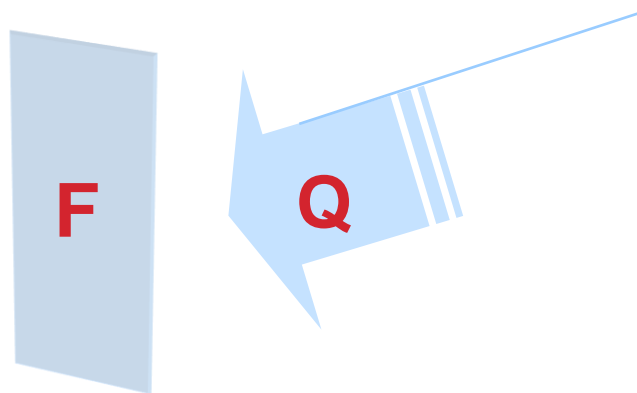
groß
groß

Durchlässigkeitsbeiwert K_f

Die durch eine poröse Gesteinsfläche F [m²] hindurch tretende Wassermenge Q [m³/s] ist proportional zum hydraulischen Gefälle i [m/m],

K_f [m/s] stellt dabei den Proportionalitätsfaktor dar, welcher von den o.g. Eigenschaften abhängt.

$$Q / F = K_f \cdot I$$





Mengen und Frachtberechnung

Bezeichnung des Schadensfalls		
Schadstoff		
Geringfügigkeitsschwellenwert	GFS	µg/l

Stromröhre Nr.		
Bezeichnung der Stromröhre/Messstelle		

Mittlere Konzentration	c_{mittel}	µg/l
Maximale Konzentration	c_{max}	µg/l

Breite der Stromröhre/Fahne	B	m
Höhe der Stromröhre/Fahne	H	m
Länge der Stromröhre/Fahne	L	m

Durchlässigkeitsbeiwert	k_f	m/s
Hydraulischer Gradient	I	-

Nutzbare Porosität	P^*	%
--------------------	-------	---

Metallwarenfabrik Schrot, Offenbach, HAGW 30.08.07
LHKW
20

	①	②	③	
GWM1				
725,15				Quelle der Daten GA, S. 12, Abb. 7 GA, S. 13
1.312,6				
75				GA, S. 11, Abb. 5 GA, S. 13
11				
400				GA, S. 11, Abb. 5
0,00005				GA, S. 13
0,01				GA, S. 13, Abb. 7
20				Schätzwert_1

$K_f = 5 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$



Abstandsgeschwindigkeit	v_a	m/d	$V_a = k_f \cdot I \cdot P^*/100$	
-------------------------	-------	-----	-----------------------------------	--

Gelöste Menge im Grundwasser	M_{gel}	kg	$M_{gel} = c_{mit} \cdot L \cdot B \cdot H \cdot$	47,9 Kg	groß
------------------------------	-----------	----	---	----------------	-------------

Fracht im Grundwasser	E	g/d	$E = k_f \cdot I \cdot B \cdot H \cdot c_{max}$	46,8 g/d	groß
-----------------------	-----	-----	---	-----------------	-------------



HESSEN



Transmissivität



Die **Transmissivität** ist als Produkt aus Durchlässigkeitsbeiwert k_f und der Mächtigkeit M der Wasser führenden Boden- oder Gesteinsschichten (Aquifer) definiert:

$$\text{Transmissivität} = K_f * M \quad [\text{m}^2/\text{s}]$$

zurück