

Vortrag

zum

Disserationsthema

Hochwasserschutzdeiche an Fließgewässern und ihre Durchsickerung

Ronald Haselsteiner

20. März 2007

Gliederung

1. Einleitung
2. Lastfälle
3. Fehlstellen in Innendichtungen (stat. Durchsickerung)
4. Saugspannung & relative Durchlässigkeit ausgewählter Böden
5. Instationäre Durchsickerung für homogene Deiche
– κ -Abschätzung

Einleitung

Einleitung – Inhalte der Dissertation

Hochwasserschutzdeiche an Fließgewässern

Hydraulische Beanspruchung und Randbedingungen

Instationäre Durchsickerung von Deichen

Grundlagen der Geohydraulik

Stationäre Durchsickerung von Deichen

Untersuchungen am physikalischen Modell

Einleitung – Chaos(theorie)

Hochwasserschutzdeiche an Fließgewässern

Hydraulische Beanspruchung und Randbedingungen

hsickerung von Deichen

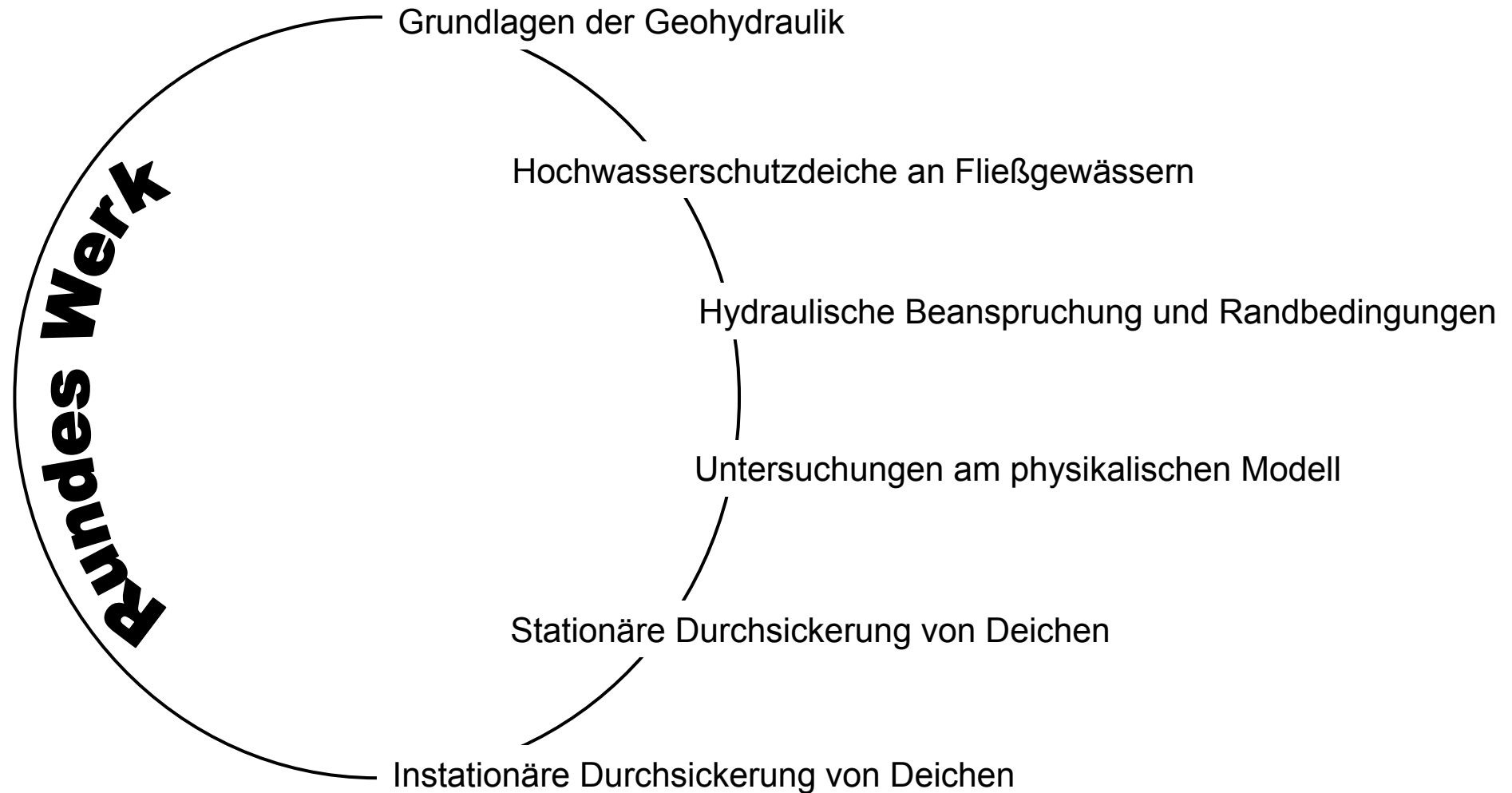
Systeme, deren **Dynamik** unter bestimmten Bedingungen empfindlich von den Anfangsbedingungen abhängt, so dass ihr Verhalten nicht langfristig vorhersagbar ist.

Grundlagen der C

Stationäre Durchsick

Untersuchungen am physikalischen Modell

Einleitung – Aufbau der Arbeit



Lastfälle

Lastfälle nach DIN 1054/2005

		Einwirkungsgrößen		Sicherheitsklassen			
				SK 1	SK 2	SK 3	
				Funktionszeit	Bauzustände	Einmalige Zustände	
Einwirkungskombinationen	EK 1	Eigenlast		(LF 1)	LF 2	(LF 3)	
		Verkehrs- und Auflasten (i. d. R. auf Krone und/oder Berme)					
	EK 2	zzgl. Einwirkungen aus EK 1	Wasserdruck und Strömungskräfte bei BHW		LF 2	LF 2	LF 3
			Schnell fallender Wasserspiegel				
			ggf. andere seltene Einwirkungen oder Belastungen				
	EK 3	zzgl. Einwirkungen aus EK 1	Wasserdruck und Strömungskräfte bei Kronenstau		LF 3	(LF 3)	(LF 3)
			Schnell fallender Wasserspiegel				
			ggf. andere außergewöhnliche Einwirkungen oder Belastungen				

Lastfälle nach DIN 1054/2005

1. Frage

Unter welchen Voraussetzungen sind stationäre Durchsickerungsverhältnisse gerechtfertigt?

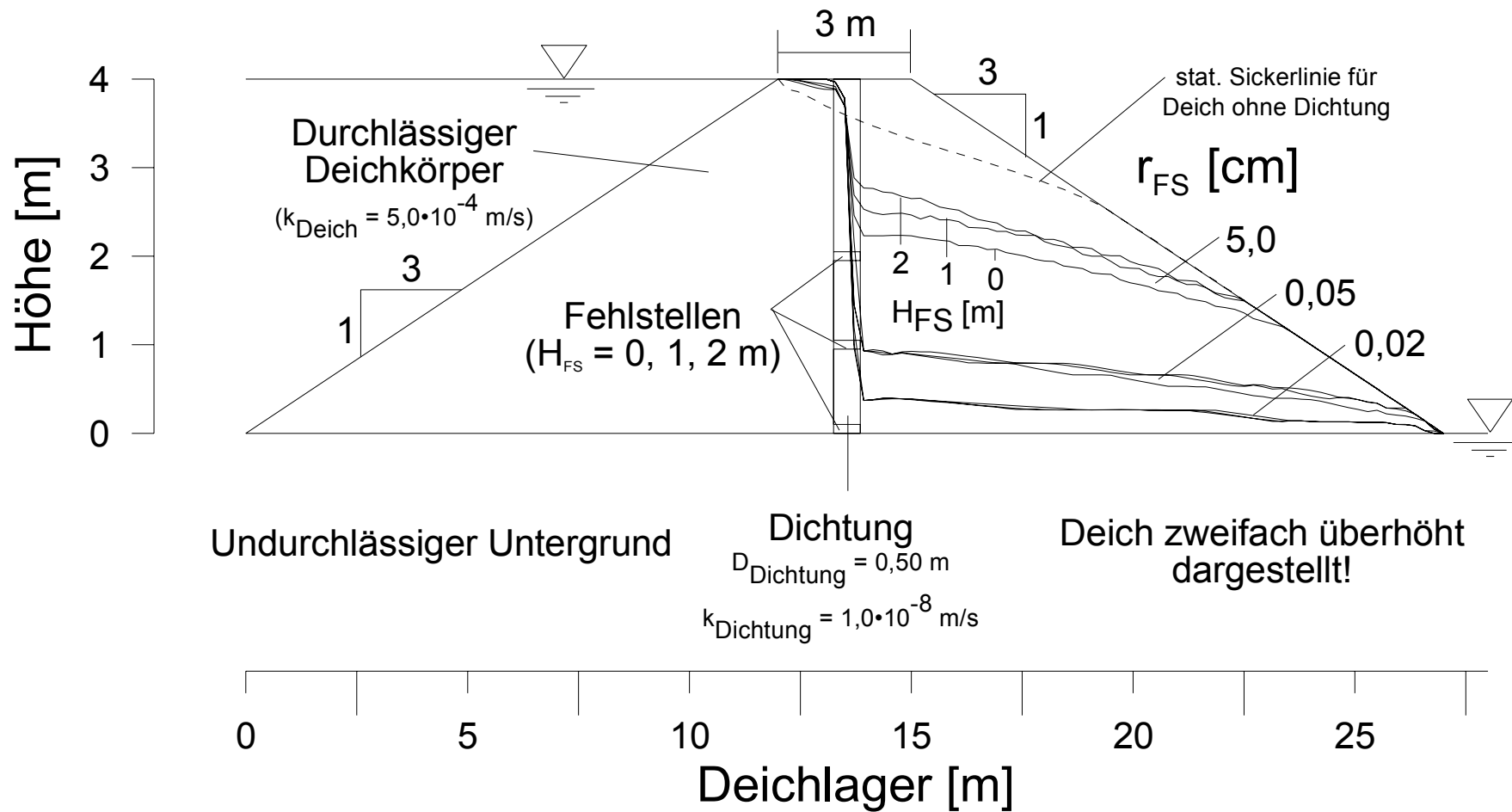
2. Frage

Unter welchen Verhältnissen können instationäre Verhältnisse angenommen werden?

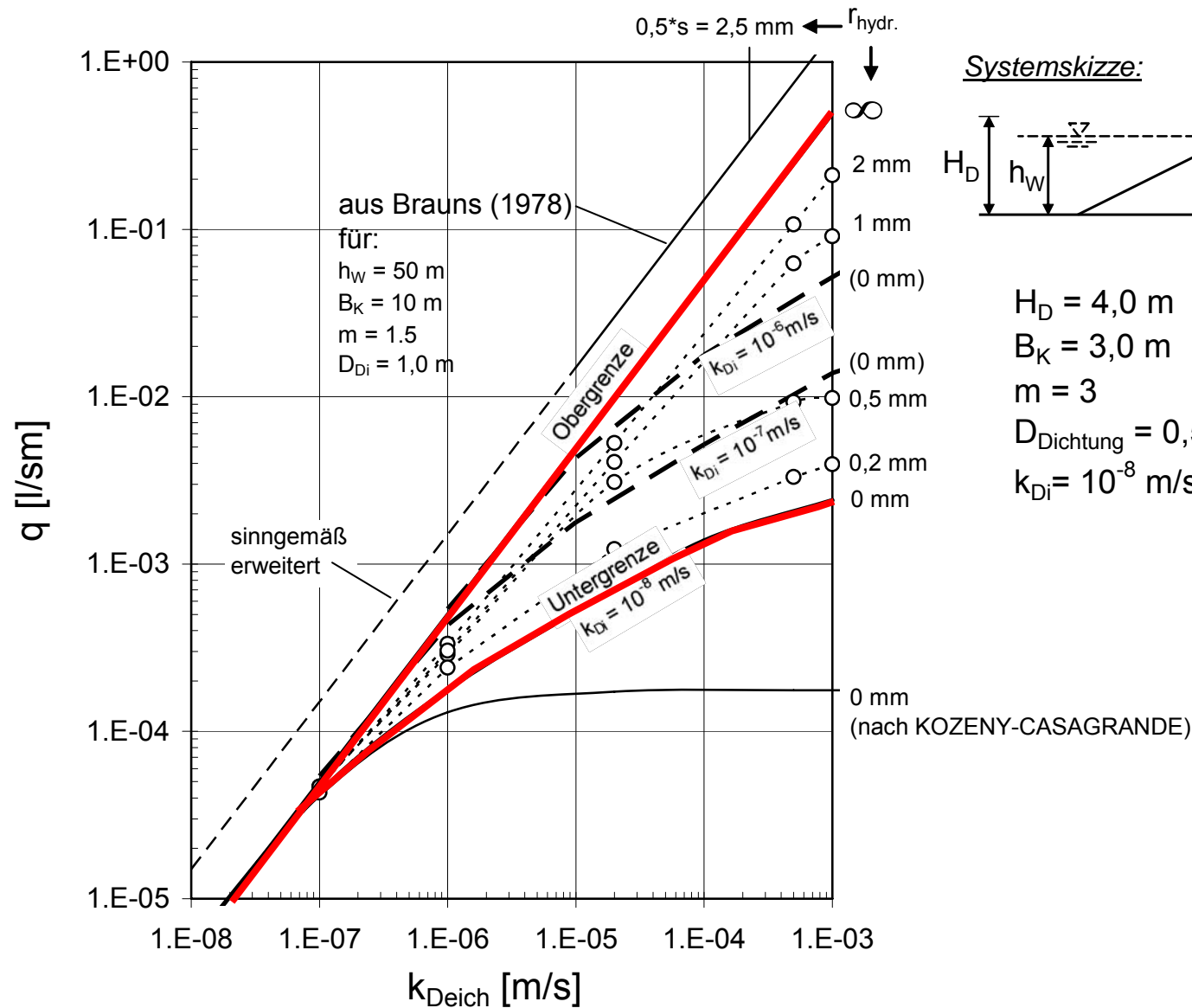
Fehlstellen in Innendichtungen

(stationäre Durchsickerung)

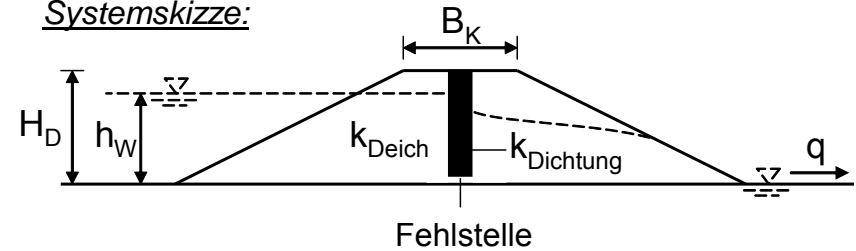
Fehlstellen in Innendichtungen (2D)



Fehlstellen in Innendichtungen (2D) - Berechnungen



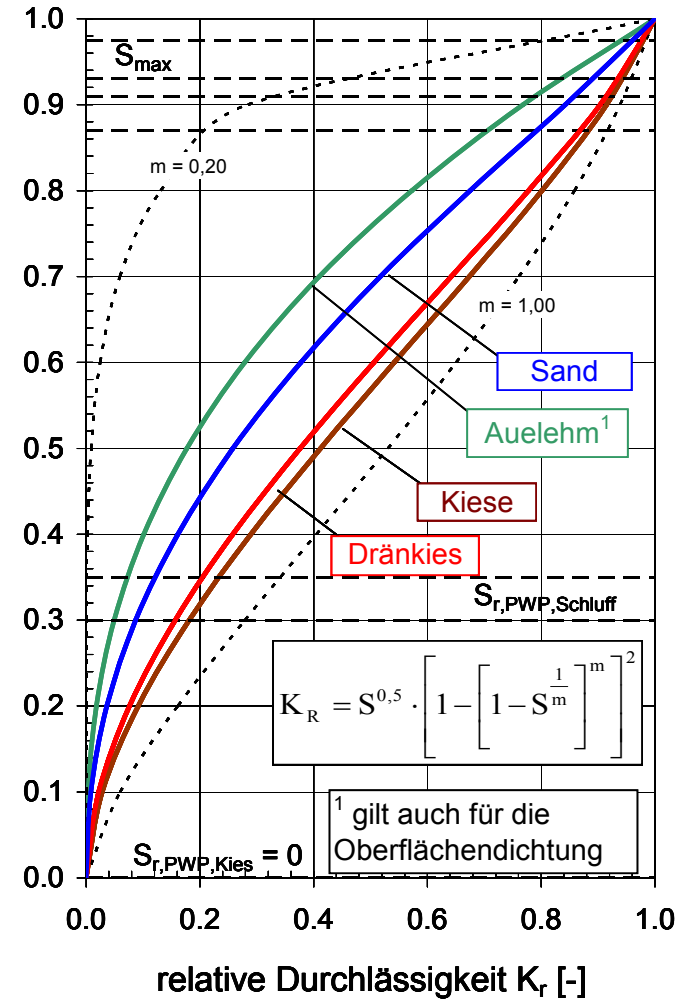
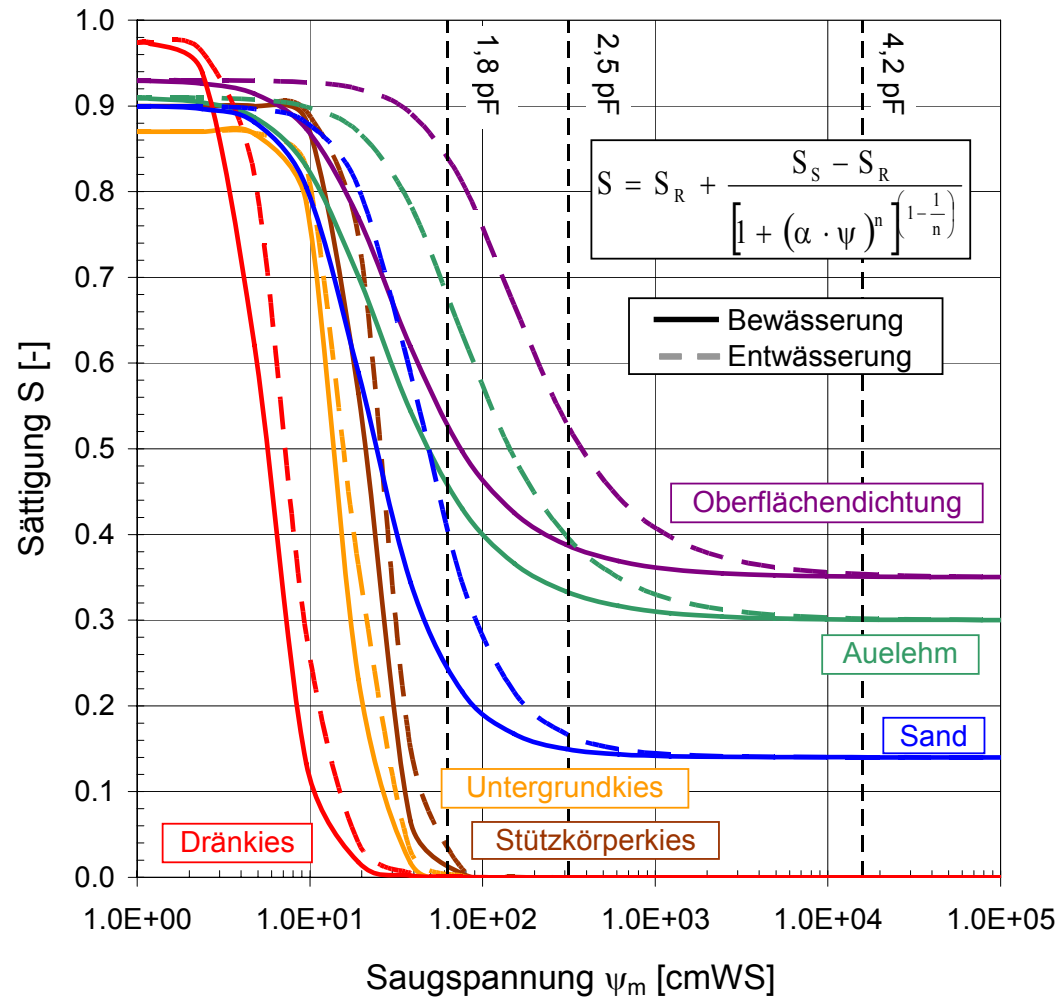
Systemskizze:



$H_D = 4,0$ m
 $B_K = 3,0$ m
 $m = 3$
 $D_{Dichtung} = 0,50$ m
 $k_{Di} = 10^{-8}$ m/s

Saugspannung & relative Durchlässigkeit

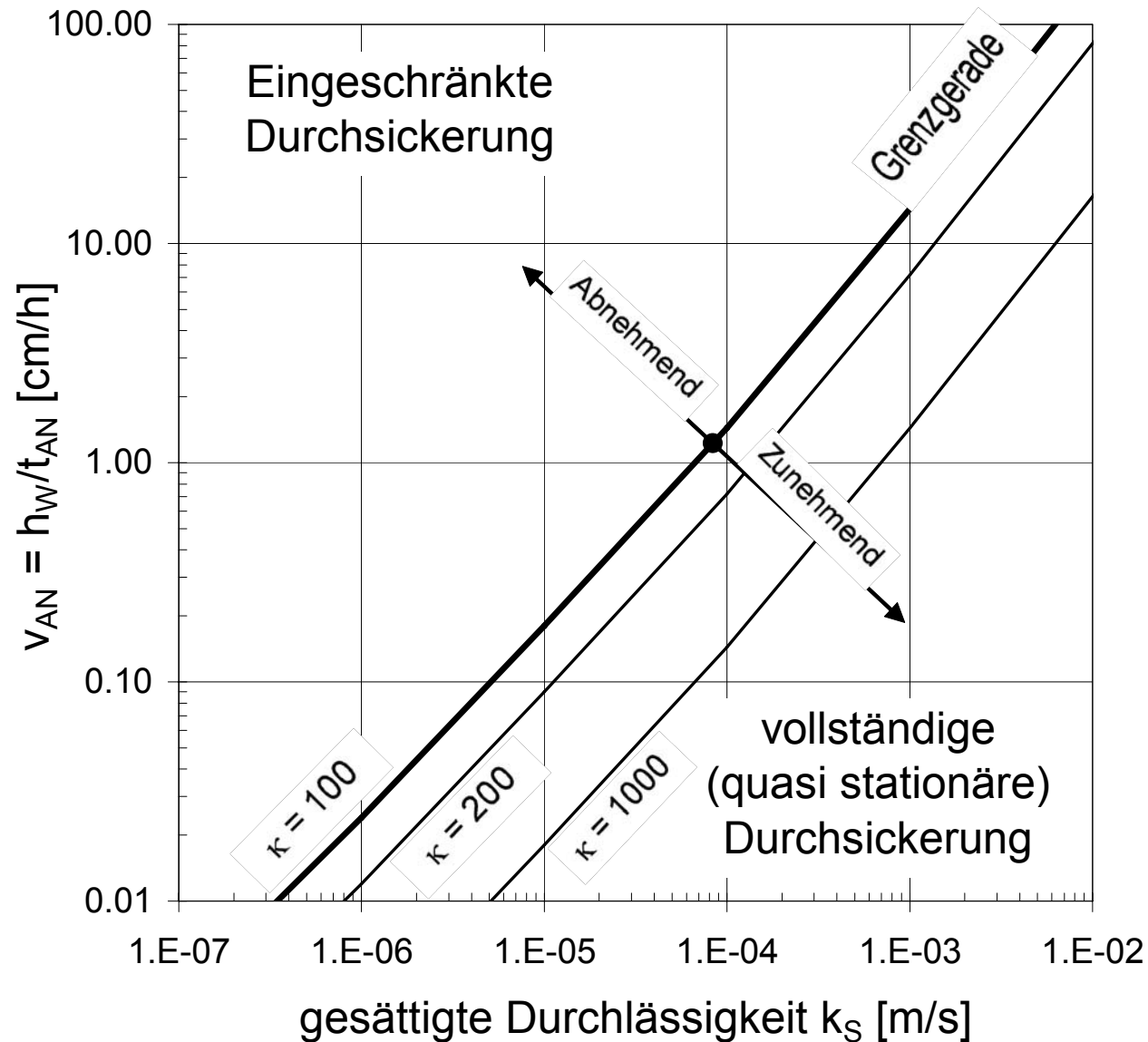
Saugspannung & relative Durchlässigkeit von Böden



Instationäre Durchsickerung

(κ -Abschätzung)

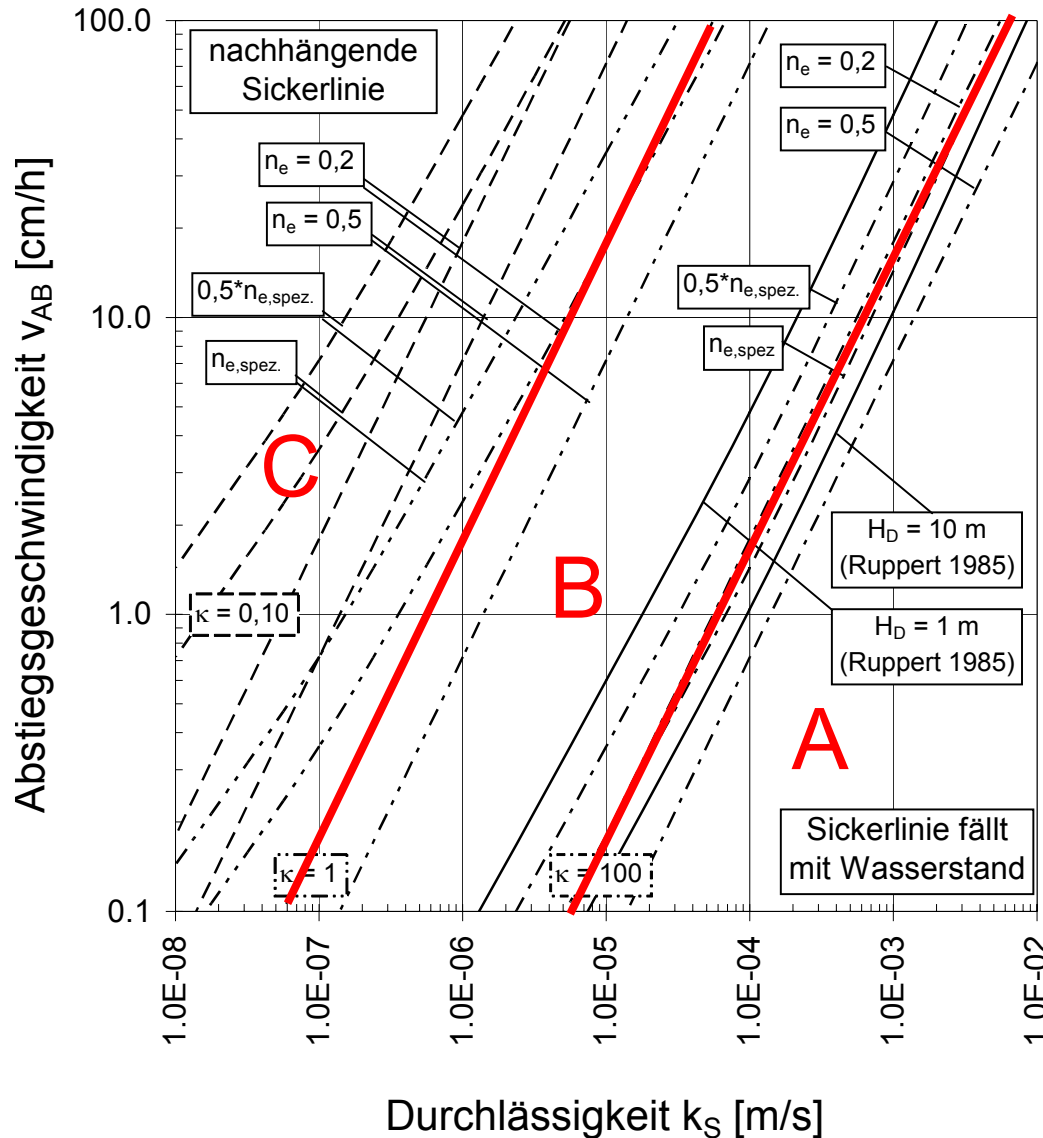
Steigender Wasserstand – κ -Abschätzung



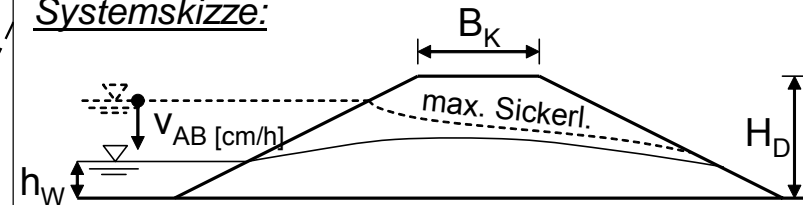
$$\kappa = \frac{k_S}{n_e \cdot v_{AN}} \geq 100 \div 1.000$$

Fallender Wasserstand – κ -Abschätzung

$$0,10 \div 1,00 \leq \kappa = \frac{k_s}{n_e \cdot v_{AB}} \leq 100$$



Systemskizze:



--- Schnitter & Zeller (1957) / Brauns (1977) / Uhlig (1962)

$n_{e,spez.}$ [-] (bodenspezifisch, siehe Tabelle)
 n_e [-] (konstant)

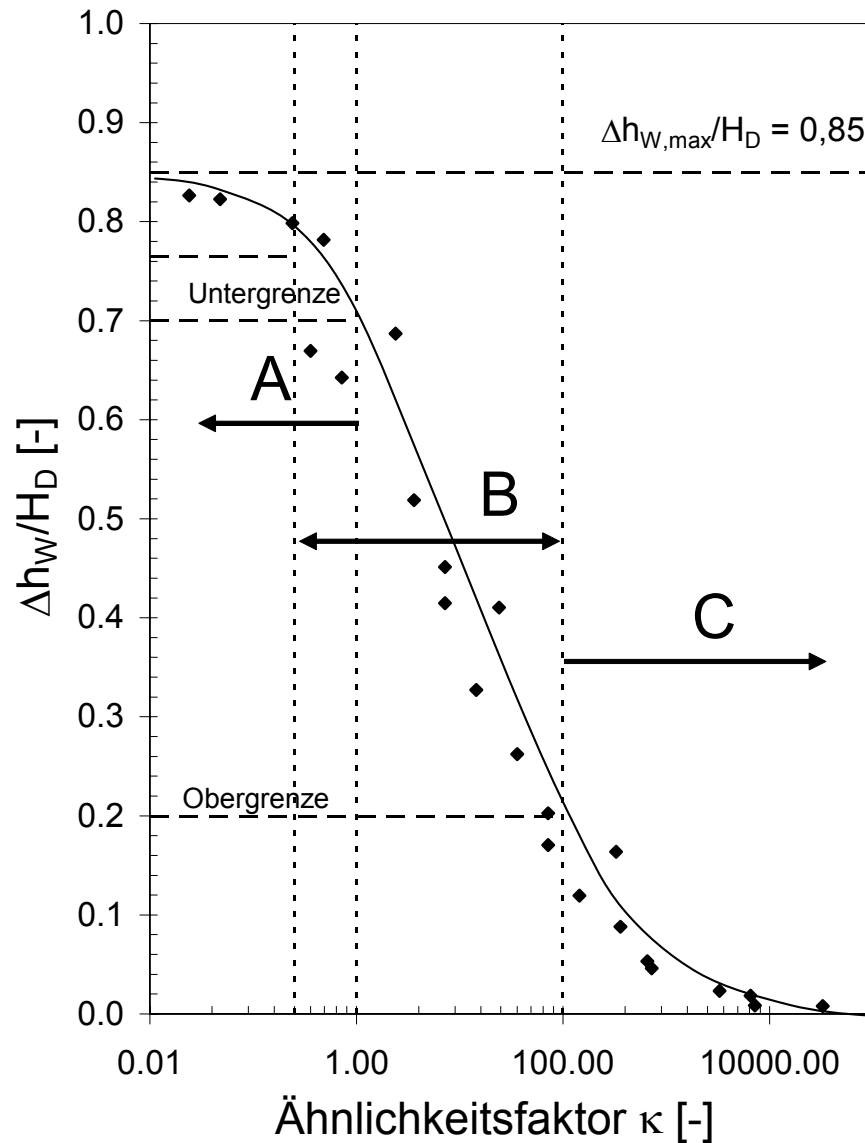
— Ruppert (1985) mit $i_m = 0,17$
(1:m = 1:2, $B_K = 4,0 \text{ m}$)

Tabelle*:

k [m/s]	$n_{e,spez.}$ [-]	$0,5 \cdot n_{e,spez.}$ [-]
10^{-1}	0.20	0.10
10^{-2}	0.22	0.11
10^{-3}	0.25	0.13
10^{-4}	0.25	0.13
10^{-5}	0.20	0.10
10^{-6}	0.15	0.08
10^{-7}	0.10	0.05
10^{-8}	0.05	0.03

* nach:
Busch et al. (1993)
Mull u. Holländer (2002)

κ -Abschätzung – Berechnungen und Kriterien



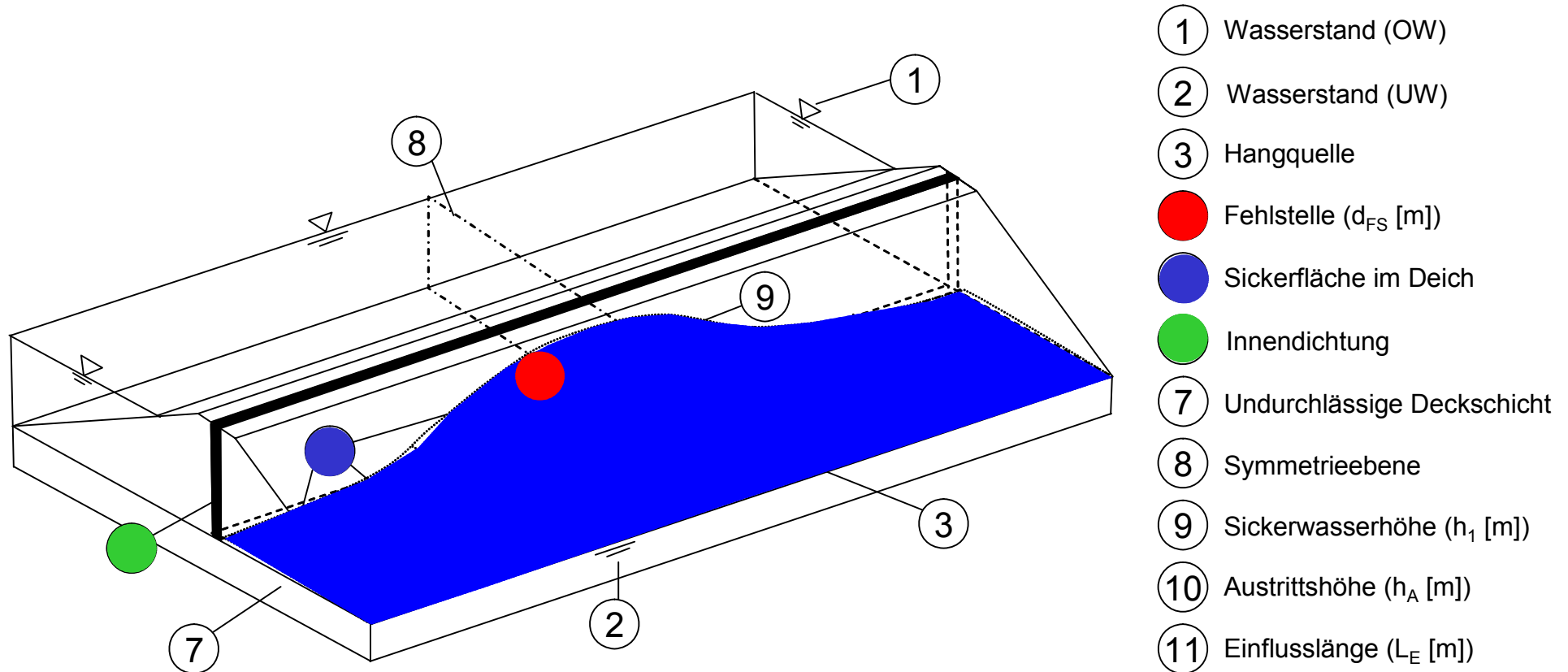
$H_D = 4,0 \text{ m}$
 $B_K = 3,0 \text{ m}$
 $m = 3$

Ausgangszustand:
Stationäre Durchsickerung
bei Kronenstau

Bereich	Sickerlinie	κ
A $\Delta h_W/H_D > 0,70$ oder $0,85-0,90$	"wenig bis kaum nachhängende Sickerlinie"	$< 0,25 \dots 1,0$
B $0,20 \leq \Delta h_W/H_D$ $\leq 0,70$ oder $0,85-0,95$	"mäßig nachhängende Sickerlinie"	$1,00 \dots 100$
C $\Delta h_W/H_D < 0,20$	"stark nachhängende Sickerlinie"	> 100

Vielen Dank
für die
Aufmerksamkeit!

Fehlstellen in Innendichtungen (3D)



Einleitung – Chaostheorie

Hochwasserschutzdeiche an Fließgewässern

Grundlagen der Geohydraulik

Hydraulische Beanspruchung und Randbedingungen

Hochwasserschutzdeiche an Fließgewässern

Instationäre Durchsickerung von Deichen

Hydraulische Beanspruchung und Randbedingungen

Grundlagen der Geohydraulik

Untersuchungen am physikalischen Modell

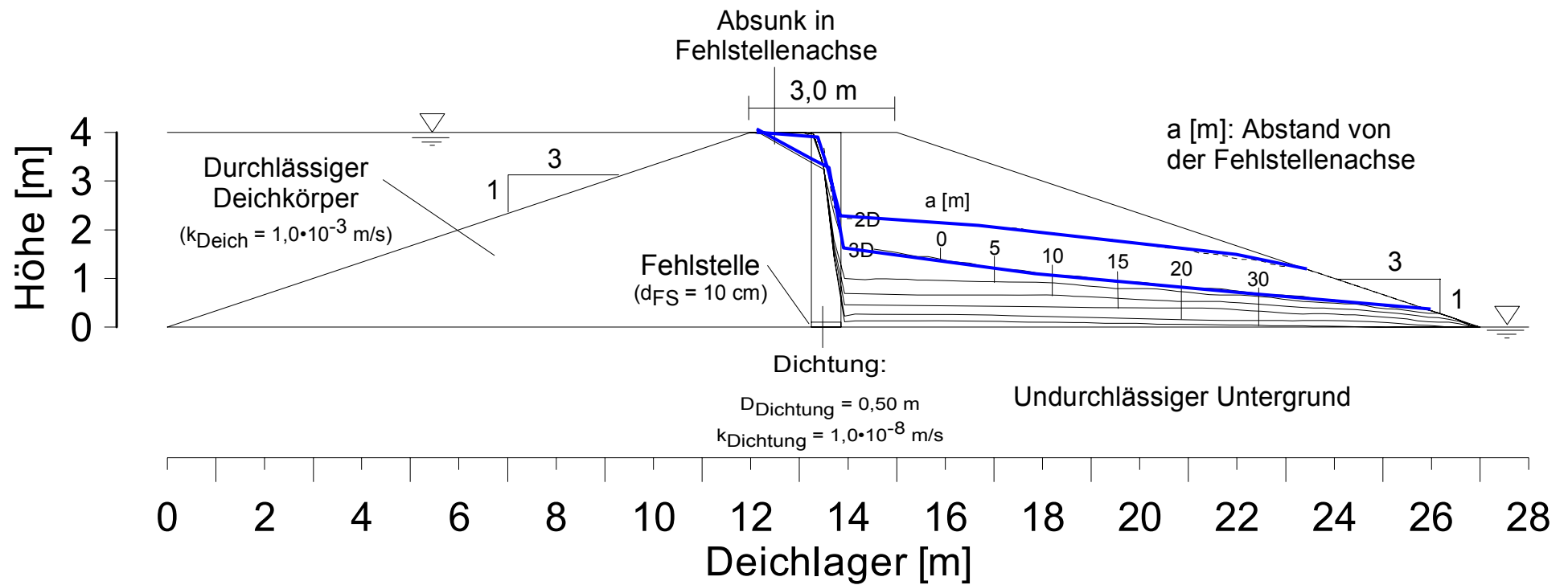
Stationäre Durchsickerung von Deichen

Stationäre Durchsickerung von Deichen

Instationäre Durchsickerung von Deichen

Untersuchungen am physikalischen Modell

Fehlstellen in Innendichtungen (3D) - Berechnungen



Lastfälle nach DIN 1054/2005

		Sicherheitsklassen					
		SK 1	SK 2				
		"Auf der Funktionsseite des Bauwerkes vorgegebene Zustände."	"Zustände bei der Herstellung oder Reparatur des Bauwerkes und Zustände durch Bauwerkveränderungen während der Nutzung."				
			<table border="1"> <tr> <td>SR 1</td> <td>SR 2</td> </tr> <tr> <td>"Vollständige Erfüllung der Funktionsanforderungen."</td> <td>"Vollständige Erfüllung der Funktionsanforderungen mit zulässigen Mängeln."</td> </tr> </table>	SR 1	SR 2	"Vollständige Erfüllung der Funktionsanforderungen."	"Vollständige Erfüllung der Funktionsanforderungen mit zulässigen Mängeln."
SR 1	SR 2						
"Vollständige Erfüllung der Funktionsanforderungen."	"Vollständige Erfüllung der Funktionsanforderungen mit zulässigen Mängeln."						
			<table border="1"> <tr> <td>SR 3</td> <td>SR 4</td> </tr> <tr> <td>"Vollständige Erfüllung der Funktionsanforderungen mit zulässigen Mängeln und zulässigen Schäden."</td> <td>"Vollständige Erfüllung der Funktionsanforderungen mit zulässigen Mängeln, zulässigen Schäden und zulässigen Verformungen."</td> </tr> </table>	SR 3	SR 4	"Vollständige Erfüllung der Funktionsanforderungen mit zulässigen Mängeln und zulässigen Schäden."	"Vollständige Erfüllung der Funktionsanforderungen mit zulässigen Mängeln, zulässigen Schäden und zulässigen Verformungen."
SR 3	SR 4						
"Vollständige Erfüllung der Funktionsanforderungen mit zulässigen Mängeln und zulässigen Schäden."	"Vollständige Erfüllung der Funktionsanforderungen mit zulässigen Mängeln, zulässigen Schäden und zulässigen Verformungen."						
			<table border="1"> <tr> <td>SR 5</td> <td>SR 6</td> </tr> <tr> <td>"Vollständige Erfüllung der Funktionsanforderungen mit zulässigen Mängeln, zulässigen Schäden und zulässigen Verformungen, unter Berücksichtigung der Auswirkungen von Brand und Explosion."</td> <td>"Vollständige Erfüllung der Funktionsanforderungen mit zulässigen Mängeln, zulässigen Schäden und zulässigen Verformungen, unter Berücksichtigung der Auswirkungen von Brand, Explosion und Erdbeben."</td> </tr> </table>	SR 5	SR 6	"Vollständige Erfüllung der Funktionsanforderungen mit zulässigen Mängeln, zulässigen Schäden und zulässigen Verformungen, unter Berücksichtigung der Auswirkungen von Brand und Explosion."	"Vollständige Erfüllung der Funktionsanforderungen mit zulässigen Mängeln, zulässigen Schäden und zulässigen Verformungen, unter Berücksichtigung der Auswirkungen von Brand, Explosion und Erdbeben."
SR 5	SR 6						
"Vollständige Erfüllung der Funktionsanforderungen mit zulässigen Mängeln, zulässigen Schäden und zulässigen Verformungen, unter Berücksichtigung der Auswirkungen von Brand und Explosion."	"Vollständige Erfüllung der Funktionsanforderungen mit zulässigen Mängeln, zulässigen Schäden und zulässigen Verformungen, unter Berücksichtigung der Auswirkungen von Brand, Explosion und Erdbeben."						
Einwirkungskombinationen	Regelkombination	EK1 "Ständige sowie während der Funktionszeit des Bauwerkes regelmäßig einwirkende veränderliche Einwirkungen"	(LF 1 ¹⁾				
	Sonderkombination	EK2 "Außer den Einwirkungen der Regelkombination während oder während planmäßiger Einwirkungen"	LF 2 ²⁾				
Einwirkungskombinationen	Außergewöhnliche Kombination	EK3 "Außer den Einwirkungen der Regelkombination eine gleichzeitig einwirkende außergewöhnliche Einwirkung, insbesondere ein Erdbeben, Konzeption oder Umsturz"	LF 3 ³⁾				
	Einwirkungskombinationen	EK4 "Außer den Einwirkungen der Regelkombination eine gleichzeitig einwirkende außergewöhnliche Einwirkung, insbesondere ein Erdbeben, Konzeption oder Umsturz"	LF 3 ^{3a)}				

Hinweise zu den Lastfällen:

¹⁾ Lastfall 1, d. h. nicht einfügbar.

²⁾ Übertragung der einwirkenden Einwirkungen in Kombination mit sich verändernden Lasten
DIN 1054

³⁾ Für die zu betrachtenden Bauwerkszustände kann ein einfügbares Bemessungswertverhältnis des Bemessungswertes bestimmt werden.

^{3a)} Ergänzt durch Formel (38) (39) 1

⁴⁾ Für den Zustand, dass ein oder mehrere der einwirkenden Lasten EK 3 und die Sonderlasten SK 2 zusammenwirken, kann ein einfügbares Bemessungswertverhältnis des Bemessungswertes für Einwirkungen und Verformungen (nach §

4, § 1, 1) zu setzen. (DIN 1054:2005)

Hinweise zu den Einwirkungen von Schiffsverkehr:

¹⁾ Nach Erreichen des Bemessungswertes oder ggf. des Bemessungswertes

²⁾ Im Einzelfall kann auch ein höherer Bemessungswert für den Schiffverkehr sein, wenn die Höhe des Aufwands des Konstruktors dem geringeren Schiffsverkehr Bemessungswert des Schiffsverkehrs entspricht

³⁾ Bei einer Verengung der Fahrrinne oder bei einer anderen Maßnahme, die zu einem erhöhten oder höheren Verkehrswert (nach § 2, 6) Bemessungswert von Schiffen führt, ist eine Erhöhung der Bemessungswerte zu berücksichtigen

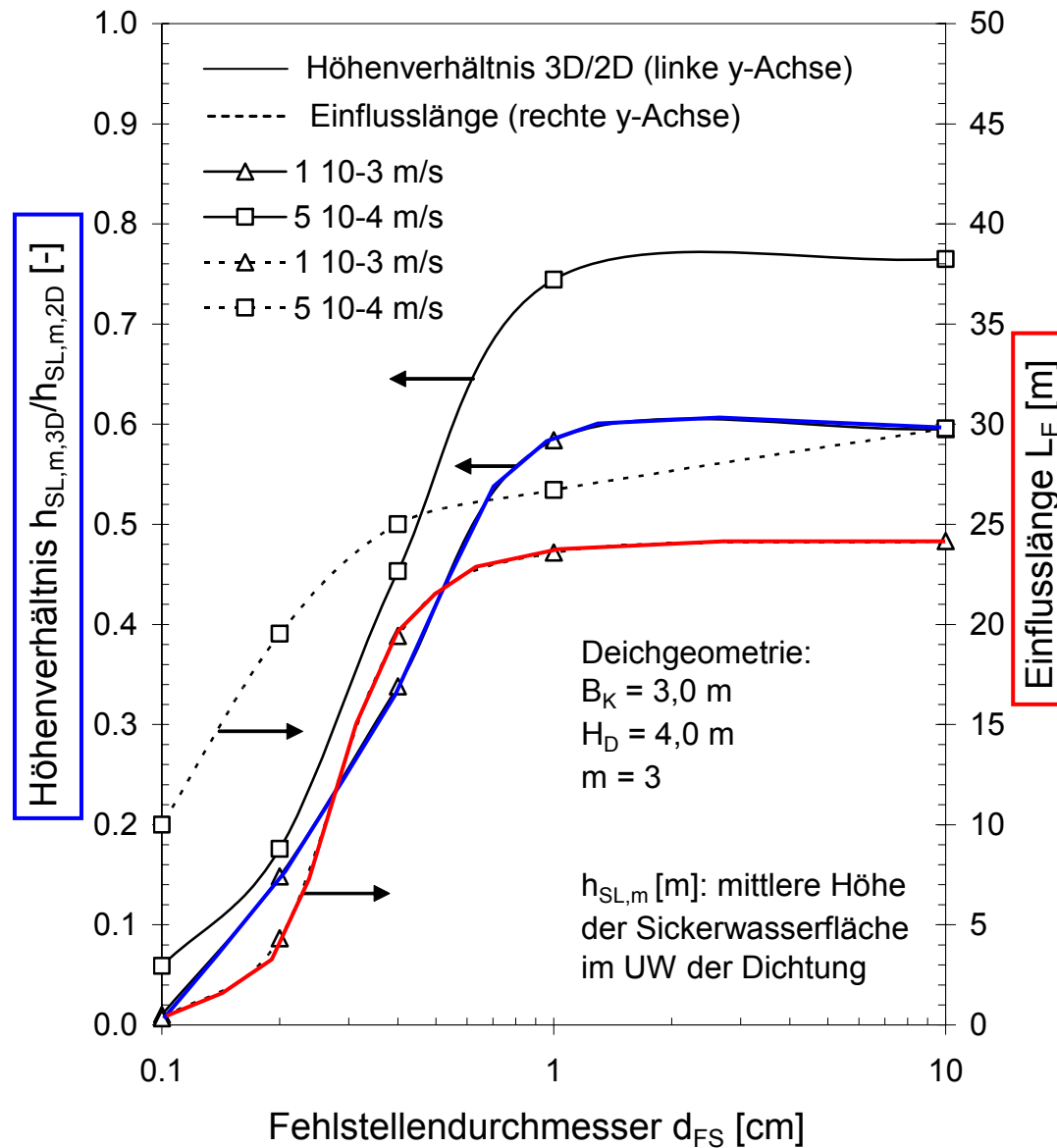
⁴⁾ Bei Erhöhten Verkehrswerten sind die Auswirkungen von Schiffen und Dampfschiffen durch Abwurf von Wasser zu berücksichtigen, wenn die Auswirkungen von Schiffen durch Abwurf von Wasser zu berücksichtigen sind

⁵⁾ Für einen weiteren Bemessungswert von § 2, 6) ist bei der Bemessung, wenn die Auswirkungen von Schiffen durch Abwurf von Wasser zu berücksichtigen sind, der Bemessungswert zu berücksichtigen

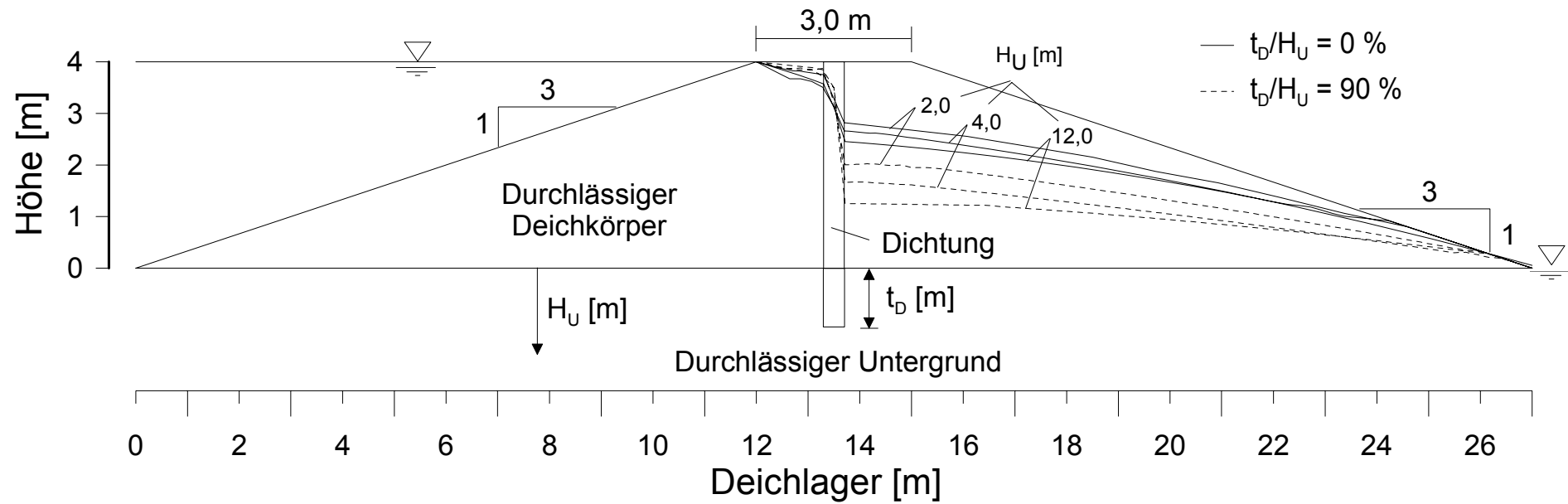
Lastfälle nach DIN 1054/2005

		Sicherheitsklassen						
		SK 1	SK 2	SK 3				
		Einwirkungsgrößen	Funktionszeit	Bauzustände	Einmalige Zustände			
Einwirkungskombinationen	EK 1	Eigenlast			(LF 1)	LF 2	(LF 3)	
		Verkehrs- und Auflasten (i. d. R. auf Krone und/oder Berme)						
	EK 2	zzgl. Einwirkungen aus EK 1	Wasserdruck und Strömungskräfte bei BHW			LF 2	LF 2	LF 3
			Schnell fallender Wasserspiegel					
			ggf. andere seltene Einwirkungen oder Belastungen					
	EK 3	zzgl. Einwirkungen aus EK 1	Wasserdruck und Strömungskräfte bei Kronenstau			LF 3	(LF 3)	(LF 3)
			Schnell fallender Wasserspiegel					
			ggf. andere außergewöhnliche Einwirkungen oder Belastungen					

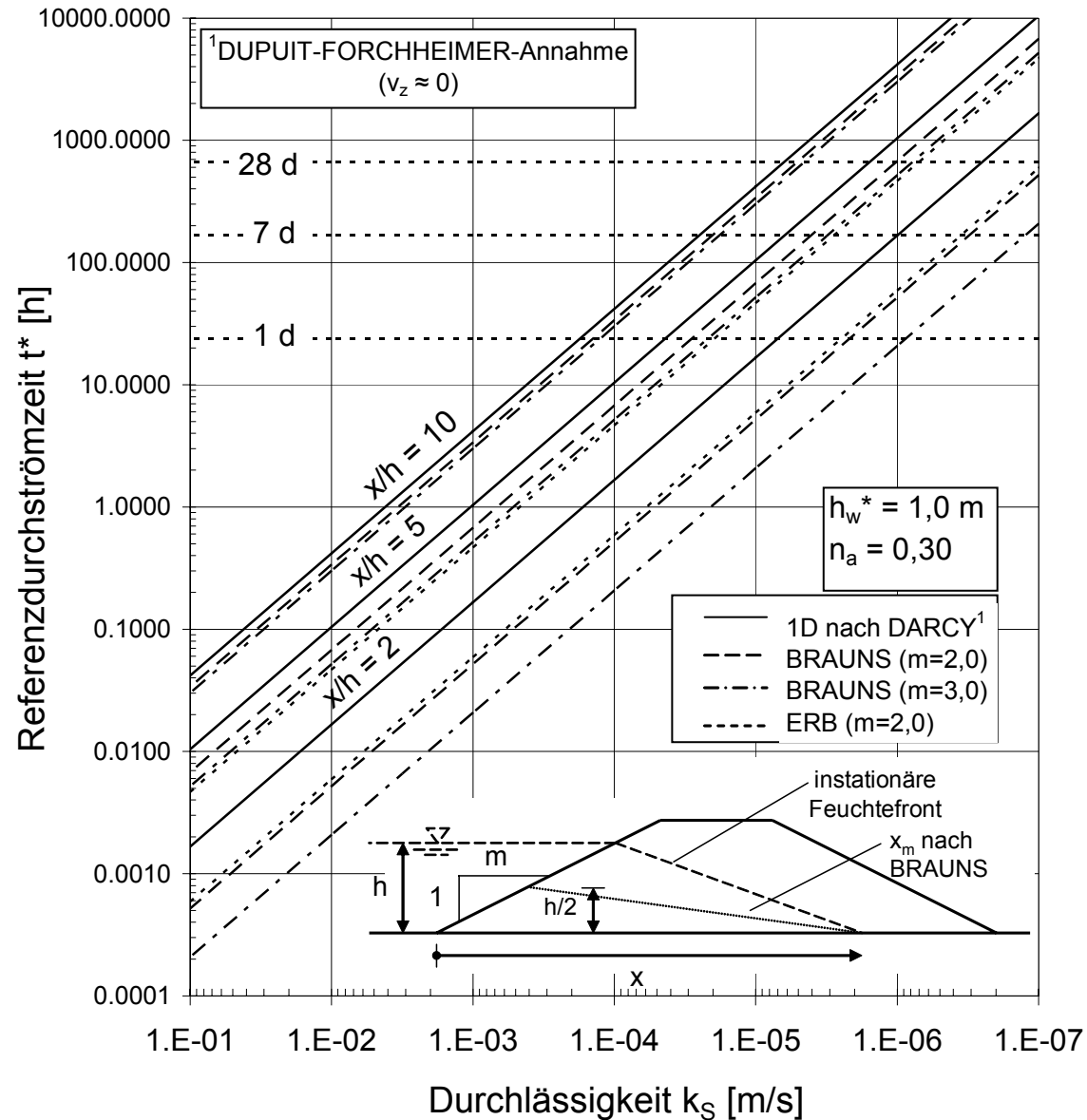
Fehlstellen in Innendichtungen (3D) - Berechnungen



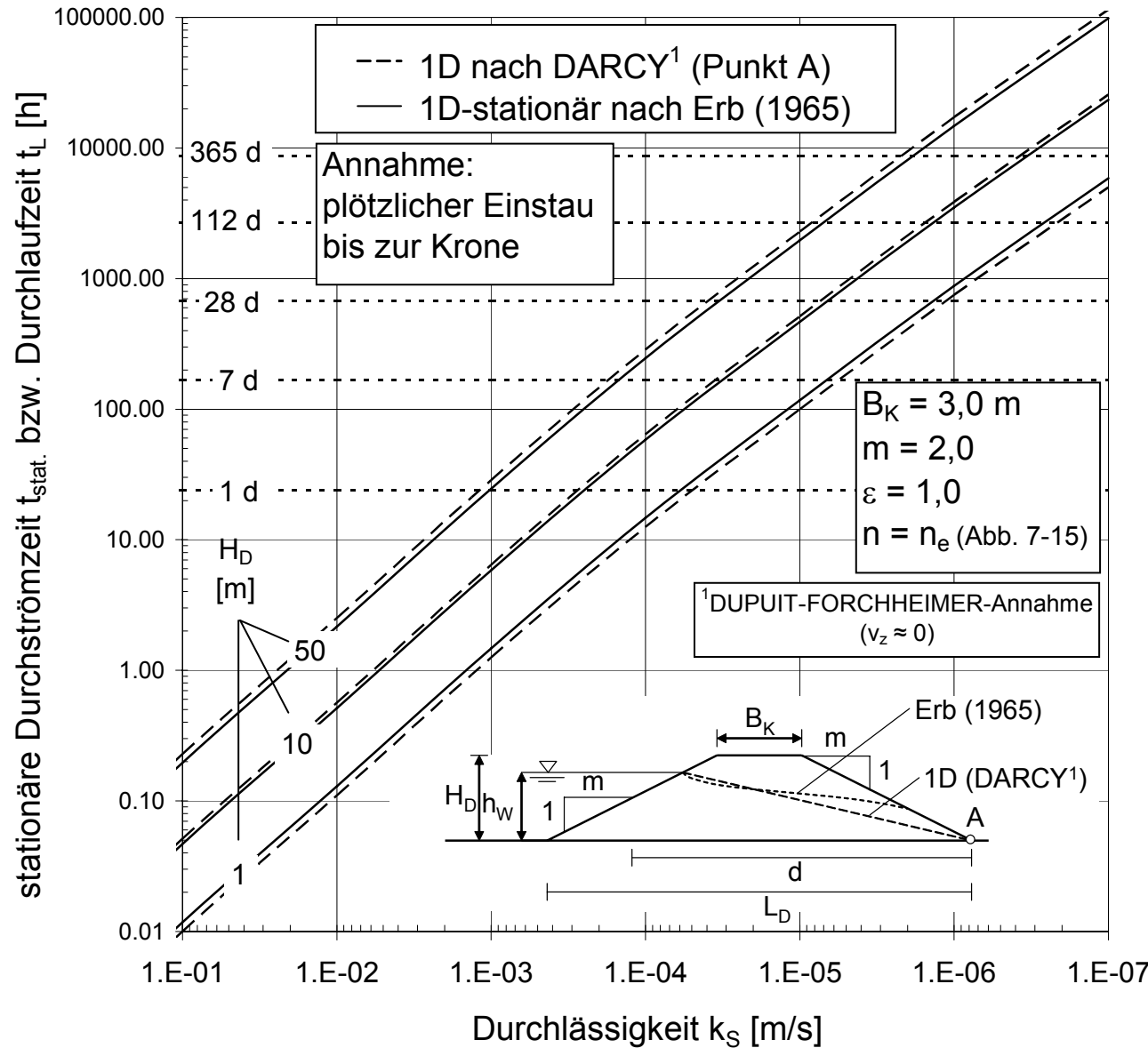
Unvollkommene Innendichtungen (2D)



Instationäre Durchsickerung – 1D-Abschätzung

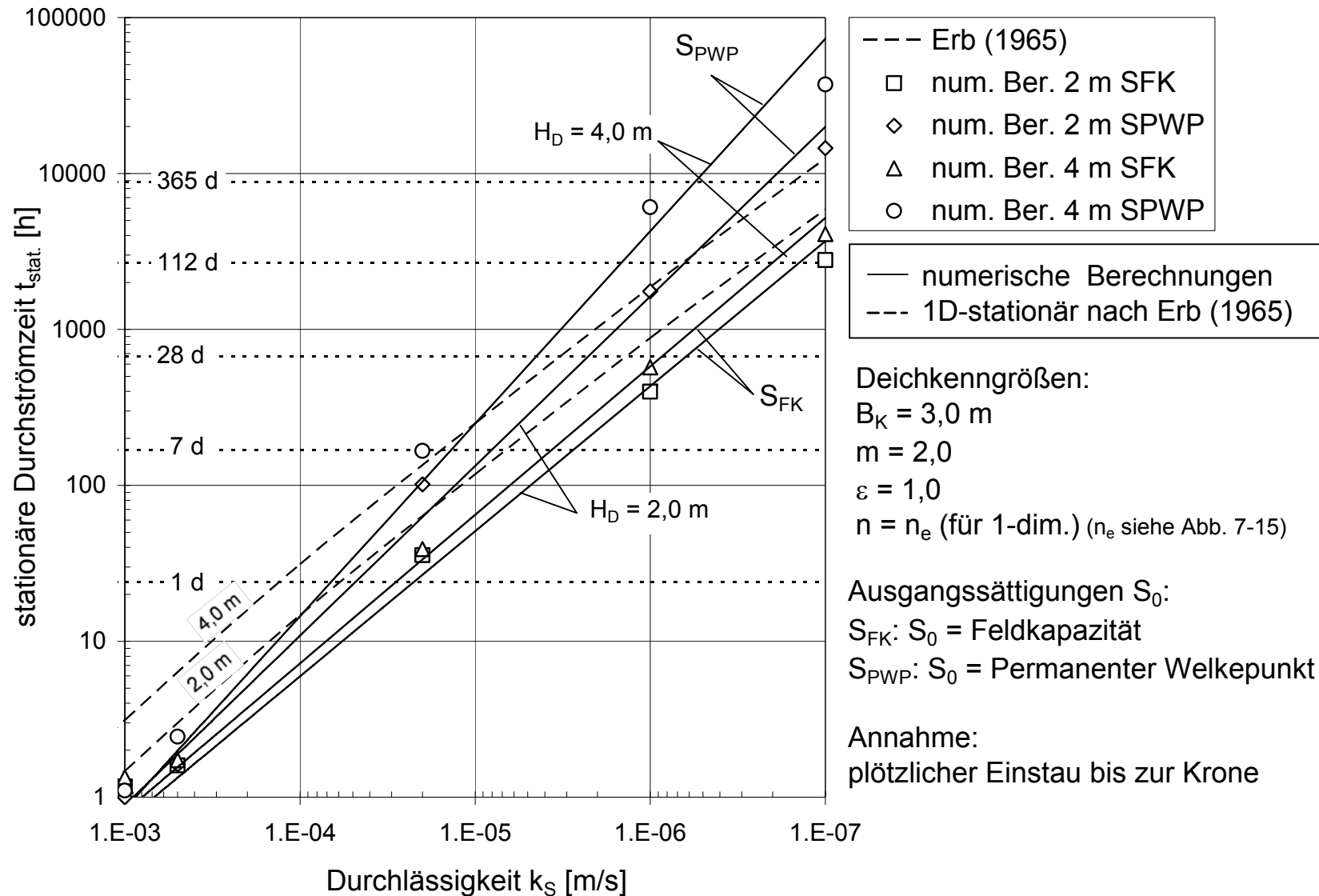


Instationäre Durchsickerung – stationäre Verhältnisse

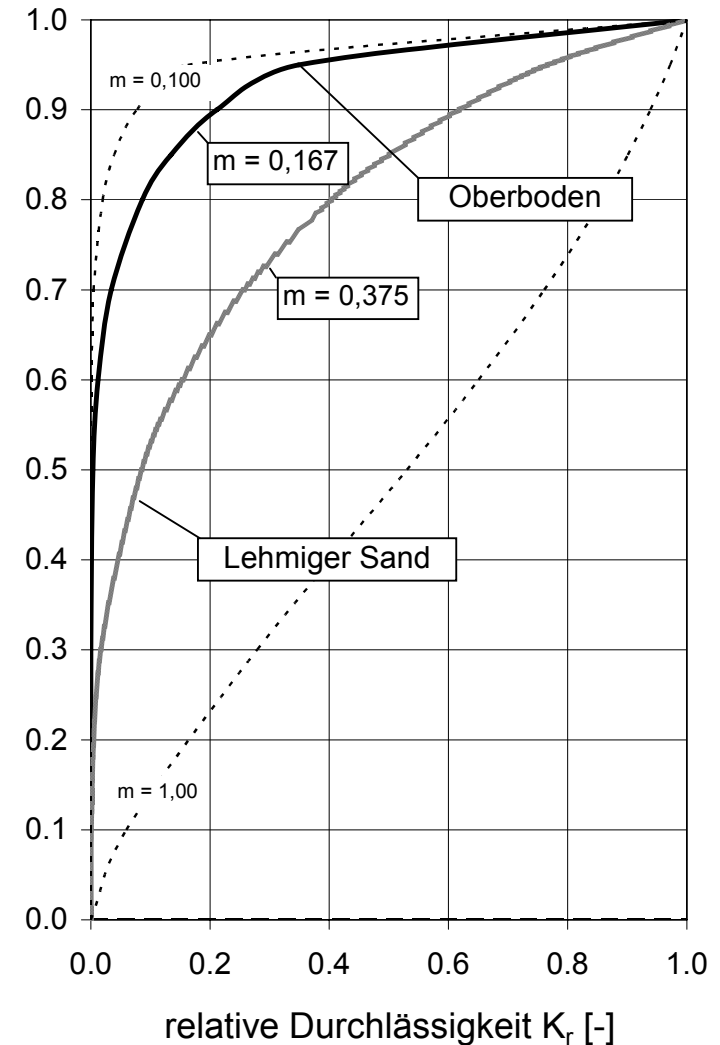
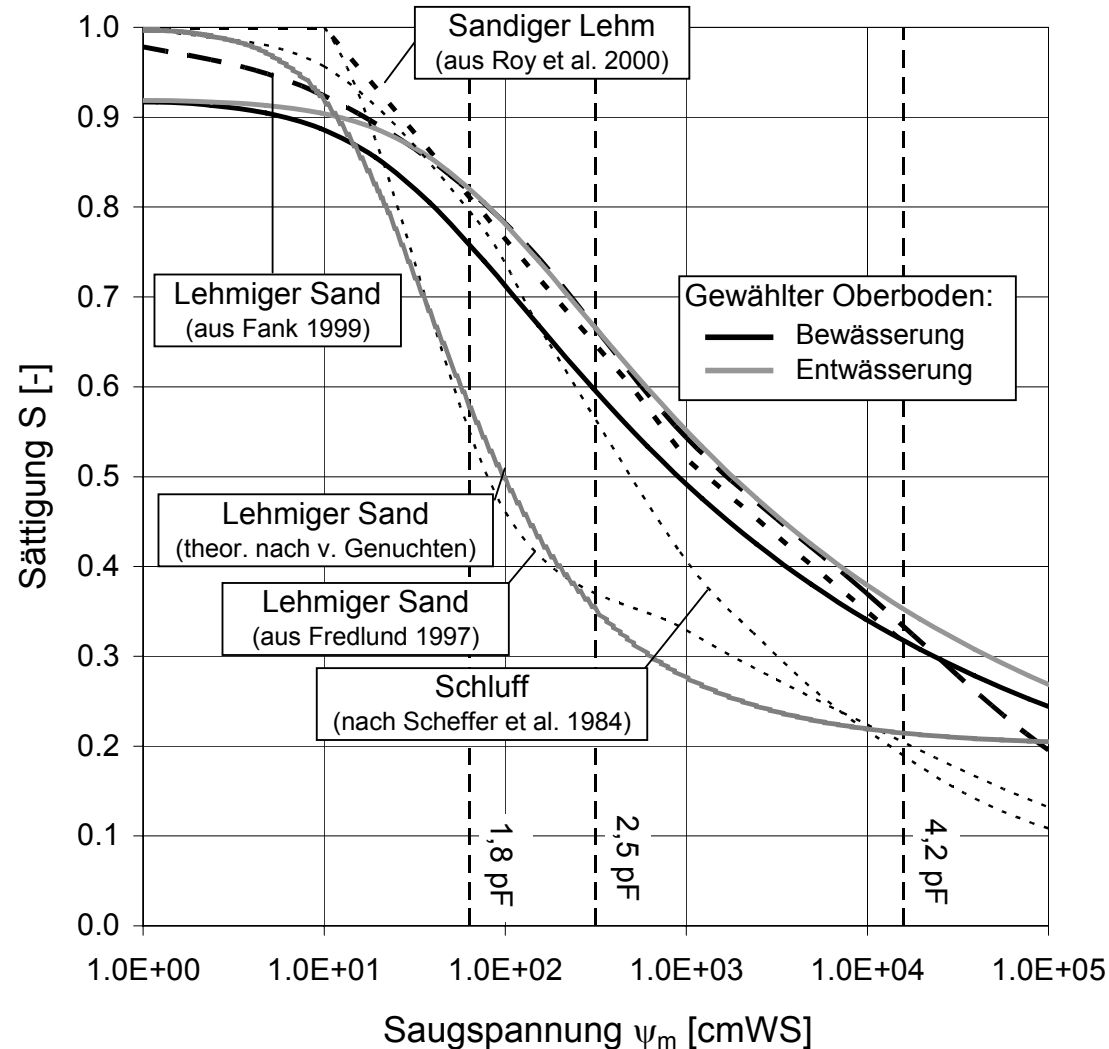


$$t_{stat.} = \frac{n_a \cdot d^2}{k_s \cdot h_w}$$

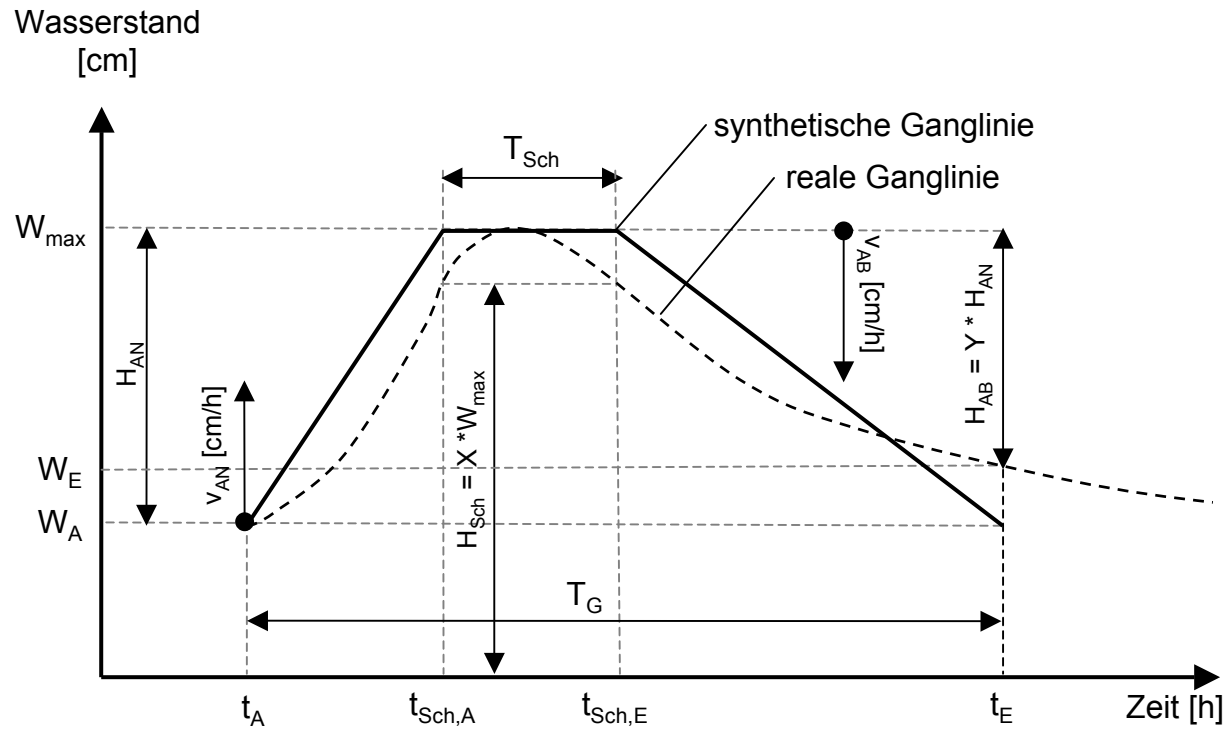
Vergleich mit num. Berechnung – Stationäre Durchsickerungszeit



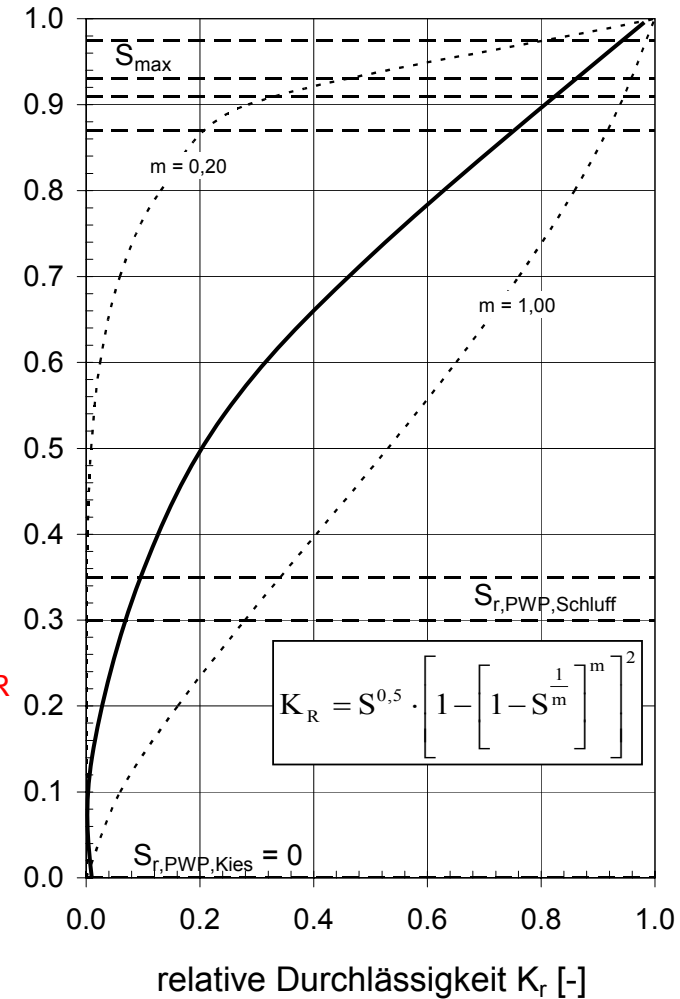
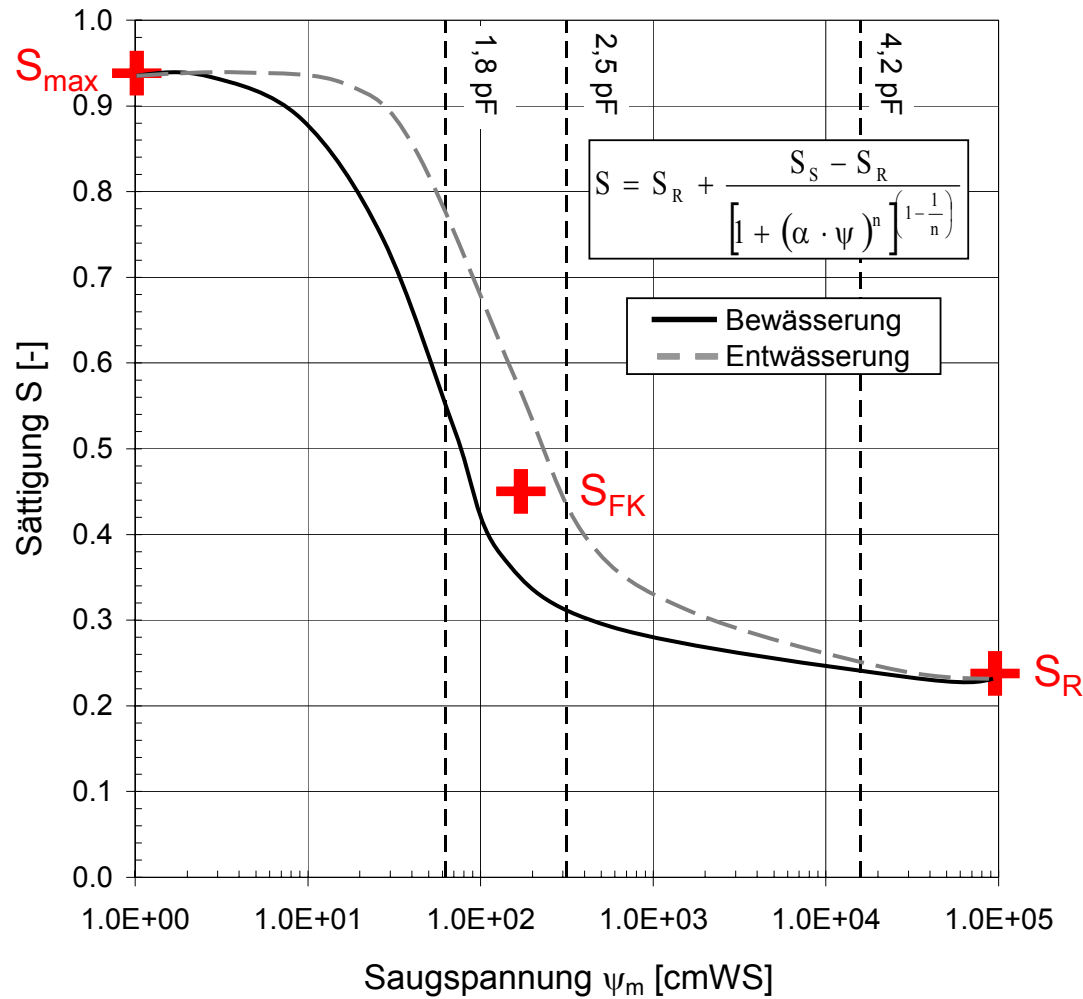
Saugspannung & relative Durchlässigkeit von Vegetationsdecken



Wasserstandsganglinien

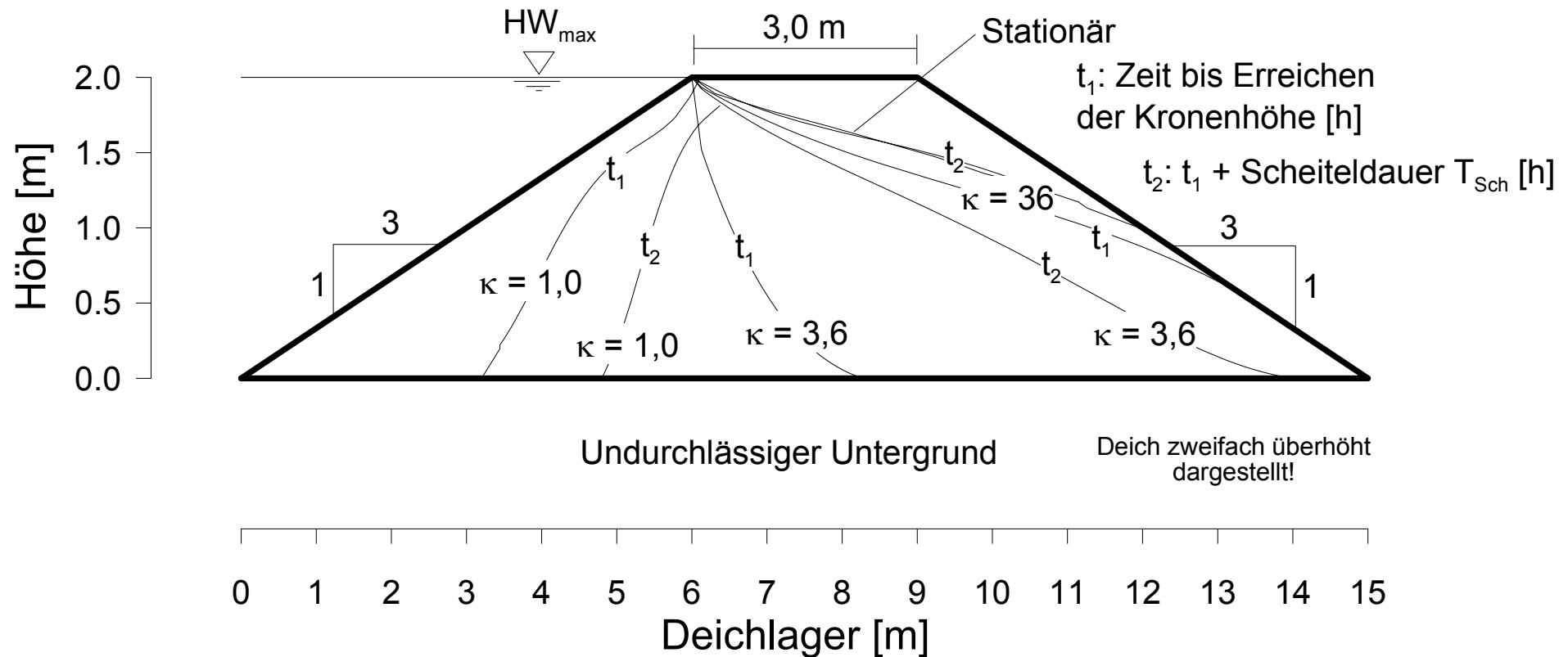


Abschätzung: Saugspannungsverhalten & rel. Durchlässigkeit



Ausbreitung der Durchsickerungsfront

$$\kappa = \frac{k_s}{n_e \cdot v_{AN}}$$



κ -Abschätzung – Hilfestellung für die Praxis

1. Anstieg:

$\kappa > 100 - 1.000$ → vollständige Durchsickerung
→ Annahme von stationären Verhältnissen

2. Abstieg:

$\kappa > 100$ → stark nachhängende Sickerlinie
→ Annahme von vollständiger Rückströmung

$\kappa < 1,0$ → schwach nachhängende Sickerlinie
→ Annahme von keiner Rückströmung

Vegetationsdecken können haben...

1. Durchlässigkeiten von

Sand mit $k_S = 10^{-4} \text{ m/s} \div 10^{-5} \text{ m/s}$

2. Saugspannungsverhalten

Schluffen bis Tonen

Lastfälle nach DIN 1054/2005

Ausfall von
Dichtungen und Dräns

		Bemessungswasserstands- ganglinien		Sicherheitsklassen			
				SK 1	SK 2	SK 3	
				Funktionszeit	Bauzustände	Einmalige Zustände	
Einwirkungskombinationen	EK 1	Eigenlast		(LF 1)	LF 2	(LF 3)	
		Verkehrs- und Auflasten (i. d. R. auf Krone und/oder Berme)					
	EK 2	zzgl. Einwirkungen aus EK 1	Wasserdruck und Strömungskräfte bei BHW		LF 2	LF 2	LF 3
			Schnell fallender Wasserspiegel				
			ggf. andere seltene Einwirkungen oder Belastungen				
	EK 3	zzgl. Einwirkungen aus EK 1	Wasserdruck und Strömungskräfte bei Kronenstau		LF 3	(LF 3)	(LF 3)
			Schnell fallender Wasserspiegel				
			ggf. andere außergewöhnliche Einwirkungen oder Belastungen				

Fallender Wasserstand

$$\kappa = \frac{k_s}{n_e \cdot v_{AB}}$$

