



**Seminar „Niederschlagswasser“
(LBB / LAU)**

Offene, die Versickerung begünstigende, Systeme zur Ableitung, Rückhaltung
und Behandlung von Niederschlagswasser

Begrenzung der hydraulischen Belastung der aufnehmenden oberirdischen Gewässer

➔ Festlegung zulässiger Drosselabflusses - grundsätzlich Einzelfallentscheidung

Er kann wie folgt ermittelt werden:

$$Q_{\text{zul}} = A_{\text{ges}} * q_{\text{HQ}(100)}$$

A_{ges} - kanalisiertes Einzugsgebiet

$q_{\text{HQ}(100)}$ - berechnete Abflussspende der Fläche A_{ges}

zusätzlich gilt:

$$Q_{\text{zul}} \geq 10 \text{ l/s}$$

$$Q_{\text{zul,max}} < 0,1 * \text{MHQ}$$

- See/Teich mit $A_o > 0,2 * A_u$
- $A_u < 0,5 \text{ ha} / 1.000 \text{ m Gewässerabschnitt}$
- $V_{\text{RRB}} < 10 \text{ m}^3$

Bagatellgrenzen gemäß DWA-M 153 beachten

Ermittlung des b -Wertes und ggf. erforderlicher weitergehender Maßnahmen gemäß:

2. Arbeitsbericht der ATV-AG 1.4.3, KA 08/96

2. Arbeitsbericht ATV-AG 2.1.1, KA 05/97

$$b = (A_u/A_E) * 100 [\%], b_{\text{krit}} = 5$$

A_E - hydrolog. EG



Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt

Parameter	Literaturauswertung und bisherige Messwerte der Sonderuntersuchungen (LAU)		kommunales Schmutzwasser
	Regenwasserabfluss	Mischwasserabfluss	
AFS (mg/l)	75 - 300	110 - 400	2 - 50
CSB (mg/l)	50 - 120	90 - 250	15 - 150
NH ₄ (mg/l)	1 - 3	2 - 7	0,2 - 60
N _{ges} (mg/l)	2 - 5	4 - 10	1 - 70
P _{ges} (mg/l)	0,3 - 1	0,5 - 3	0,1 - 15
Pb (µg/l)	35 - 150	25 - 100	5 - 50
Zn (µg/l)	320 - 440	200 - 400	20 - 150
AOX (µg/l)	≈ 20	≈ 50	20 - 60

Planungs- und Bemessungsgrundlagen (Gewässerschutz)

- ➔ **wesentliche Planungs- und Bemessungsgrundlagen** (für Beantragung einer wE):
- zulässiger Einleitungsvolumenstrom in das Oberflächengewässer
 - ggf. erforderliches Behandlungsniveau des Niederschlagswasserabflusses
 - Anforderungen an die Einleitungsstelle unter Berücksichtigung der Angaben des zuständigen Unterhaltungspflichtigen für die Gewässer I. Ordnung, II. Ordnung (z. B. Anforderungen an die Lage und bauliche Gestaltung des Einleitbauwerkes auch unter Beachtung von Hochwasserüberflutungsgebieten)
 - Besonderheiten im Entwässerungsgebiet (z. B. Trinkwasserschutzzone, Altlastenflächen, Naturschutzgebiete)

Planungs- und Bemessungsgrundlagen (hydraulische u. stoffliche Belastung)

- ➔ Wenn geeignete Verhältnisse vorliegen, ortsnahe **Versickerung vor Ableitung**
- ➔ Ermittlung des **abzuleitenden Niederschlagswasservolumenstrom** darstellen
 - maßgebende Regenspende (KOSTRA-Atlas)
 - Abflussbeiwerte
 - Flächen ($A_{E,k}$, $A_{E,b}$, $A_{E,b,k}$, A_u)
 - Versickerungswirkung von Anlagen zur Ableitung des Niederschlagswassers
- ➔ **Notwendigkeit und Art der Behandlung** des Niederschlagswassers vor Einleitung in ein Gewässer darstellen
 - Verschmutzungsgrad des Niederschlagswasserabflusses
 - Reinigungsvermögen von in Frage kommenden Behandlungsverfahren
 - Schutzbedürftigkeit des Gewässers, in welches eingeleitet werden soll

(Besonderheiten im Entwässerungsgebiet, wie z. B. Trinkwasserschutzzonen, Altlastenflächen beachten)

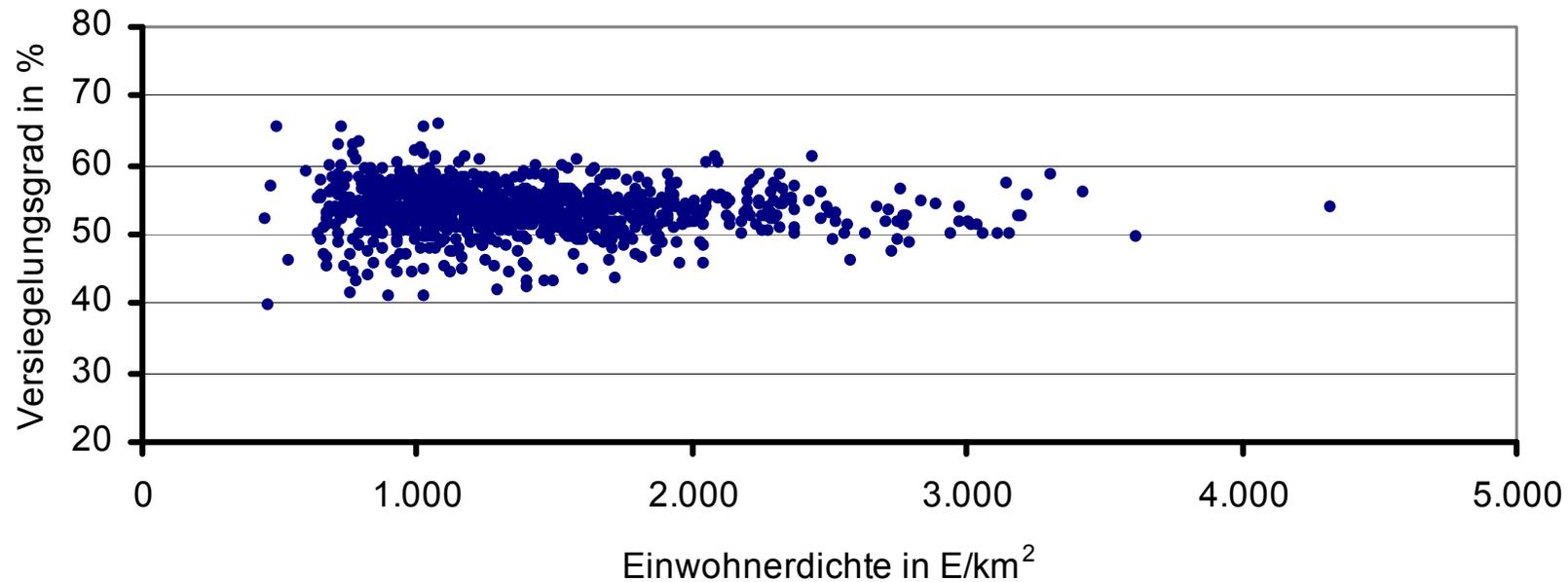
Planungs- und Bemessungsgrundlagen (Plausibilitätsprüfung)

- ➔ **Plausibilitätsprüfung** wesentlicher Planungs- und Bemessungsgrößen
 - Bemessungsregen, Regenreihe
 - Befestigungsgrad
 - Abflussbilanzen (Niederschlag, Abfluss, Versickerung)
 - Abflussbeiwerte (Ψ_m , Ψ_S)
 - Anteil der undurchlässigen Fläche A_u an der kanalisierten befestigten Fläche $A_{E,b,k}$
 - Maximalwerte (Q_{voll} , v_{max})
 - spezifische Beckenvolumina
 - Regenabflusspenden (Berücksichtigung natürl. bzw. unbef. Flächen?)

- ➔ Ergebnisse von **Simulationsrechnungen kritisch beurteilen**
 - Grundlagenermittlung
 - Übereinstimmung des Modellsystems (hydrologisches oder hydrodynamisches Abflussmodell) mit realen Verhältnissen
 - zusammenfassende Abflussbilanz, Gesamtabflussbeiwert der befest. Flächen

Plausibilitätsprüfung ausgewählter Parameter					
Parameter		Ermittlung	Einheit	Wertebereich	Bemerkung
Versiegelungs- bzw. Befestigungs- grad	$\gamma_{Ortl.}$	$\gamma_{Ortl.} = (VSVF-OI / FI-OI) * 100$	%	50 bis 60	VSVF-OI - <u>versiegelte</u> Siedlung- und Verkehrsfläche d. Ortslage FI-OI - Fläche der Ortslage (ATKIS)
	$\gamma_{Str.}$	$\gamma_{Str.} = (A_{b(Str./Nebenr.)} / A_{(Str./Nebenr.)}) * 100$	%	25 bis 50	für Straßen einschließl. Nebenraum

Versiegelungsgrad in Abhängigkeit von der Einwohnerdichte



Versiegelungsgrad = versiegelte Siedlungs- u. Verkehrsfl. d. Ortslage / Fläche d. Ortslage
Einwohnerdichte = Einwohnerzahl d. Ortslage / Fläche der Ortslage
(ATKIS-Daten - Sachsen-Anhalt 2008)

**Versiegelungsgrad nach Strukturtypen
3., überarbeitete Auflage
Umweltatlas 7/2007**

Plausibilitätsprüfung ausgewählter Parameter				
Parameter	Ermittlung	Einheit	Wertebereich	Bemerkung
Spitzenabflussbeiwert ^{*)}	Ψ_s $\Psi_s = q_{\max}/r_{\max}$	-	je nach Art der Befestigung, RAS-Ew, Pkt. 1.3 DIN EN 752:2008-04, Tabelle E.3 DWA-A 118, Tab. 6	q_{\max} - max. Niederschlagsabflusspende r_{\max} - zugehörige max. Regenspende
mittlerer Abflussbeiwert ^{*)}	Ψ_m $\Psi_m = Q_{\text{Abfluss}}/Q_{\text{Niederschlag}}$	-	je nach Art der Befestigung, DWA-M 153 DWA-A 138 DWA-A 117	Q_{Abfluss} - Abfluss $Q_{\text{Niederschlag}}$ - Niederschlag

^{*)} Der Abflussbeiwert sollte an Hand des Verhältnisses von Abflusspende zu Regenspende auf Plausibilität geprüft werden.

KA – Abwasser, Abfall 2007 (54) Nr. 8

„Oberflächenabfluss von durchlässig befestigten Flächen“, Arbeitsbericht der DWA-Arbeitsgruppe ES-2.6 „Abfluss- und Schmutzfrachtsimulation“

Plausibilitätsprüfung ausgewählter Parameter				
Parameter	Ermittlung	Einheit	Wertebereich	Bemerkung
spezifische Versickerungsrate im Sinne der RAS-Ew (<u>Bemessungsfall "Vegetationsphase"</u>)	$q_{s(\text{Bankett})}$	Bei Ansatz von höheren Werten ist ein Nachweis erforderlich, z. B. nach DWA - A 138, Anhang B Hinweis: $k_f = 10^{-5} \text{ m/s} = 100 \text{ l/(s*ha)}$	200 bis 300	Minimalwert nach RAS-Ew = 100 l/(s*ha)
	$q_{s(\text{Böschung})}$		200 bis 300	Minimalwert nach RAS-Ew = 100 l/(s*ha) empfohlener Wert für Böschungen mit Rasenbewuchs = 200 l/(s*ha)
	$q_{s(\text{Mulde})}$		150 bis 300	Minimalwert für Rasenmulden = 150 l/(s*ha)
	$q_{s(\text{M-D-S})}$		250	Mulden-Drainage-System mit 5 cm Rollrasen auf 70 cm Mittelsandlage

Plausibilitätsprüfung ausgewählter Parameter					
Parameter		Ermittlung	Einheit	Wertebereich	Bemerkung
spezifische Versickerungsrate des natürlichen Einzugsgebietes zur Entwässerungsmulde während Vegetationsphase	$q_{s(nat.EG,V)}$	Ermittlung erfolgt durch LHW	$l/(s*ha)$	100 bis 300	wird zur Bemessung von Entwässerungsanlagen (z. B. Mulde, RRB) benötigt, wenn diese a priori nicht zur Ableitung des natürlichen Abflusses erforderlich sind
Abflussbeiwert des natürlichen Einzugsgebietes zur Entwässerungsmulde	Ψ_N	Ermittlung erfolgt durch LHW	-	0 bis 0,05	wird zur Bemessung von Entwässerungsanlagen (z. B. Mulde) benötigt, wenn diese a priori auch zur Ableitung des natürlichen Abflusses erforderlich sind (Häufigkeit $n = 0,05$ bis $0,01$)
Abflussspende des natürlichen Einzugsgebietes zur Entwässerungsmulde	$q_{nat.EG}$		$l/(s*ha)$	2 bis 10	
Abflussspende	q_{HQ100}	Ermittlung erfolgt durch LHW	$l/(s*ha)$	1 bis 10	Ansatz nach Schmidt/Glos (wird zur Ermittlung des maximal zulässigen Einleitungsabflusses benötigt)

Plausibilitätsprüfung ausgewählter Parameter					
Parameter		Ermittlung	Einheit	Wertebereich	Bemerkung
spezifisches Rückhaltevolumen	V_s	$V_s = V_{RRA}/A_{E,b}$	m ³ /ha	100 bis 300	100 - eher dezentraler Bereich, 300 - eher zentraler Bereich
Regenspende mit der Häufigkeit n = 1 Jahr und der Dauerstufe D = 15 Minuten	$r_{15,1}$	KOSTRA-DWD	l/(s*ha)	100 – 120 (150)	
Rauhigkeitsbeiwert der Standardrasenmulde Breite = 2,0 - 2,5m Höhe = 0,3 - 0,4m	k_{st}	nach Manning-Strickler	m ^{1/3} /s	20	Nach RAS-EW beträgt der Wertebereich für $k_{st} = 20 - 30$ Der obere Wert gilt jedoch nur für große vollgefüllte Gräben.

Bemessung von Anlagen zur Niederschlagswasserbeseitigung mit so genannten einfachen Verfahren

Regenrückhaltebecken - DWA-A 117

Versickerungsanlagen - DWA-A 138

Kanalisationen - DWA-A 118

Entwässerungssysteme auf
Gebäuden - DIN EN 752 (2008)

Straßenentwässerungseinrichtungen
RAS-Ew (2005)

Außerhalb des Anwendungsbereichs
- hydrologische Niederschlagsabfluss
- hydraulische bzw. hydrodynamische

Anwendungsbereich für einfache Verfahren:

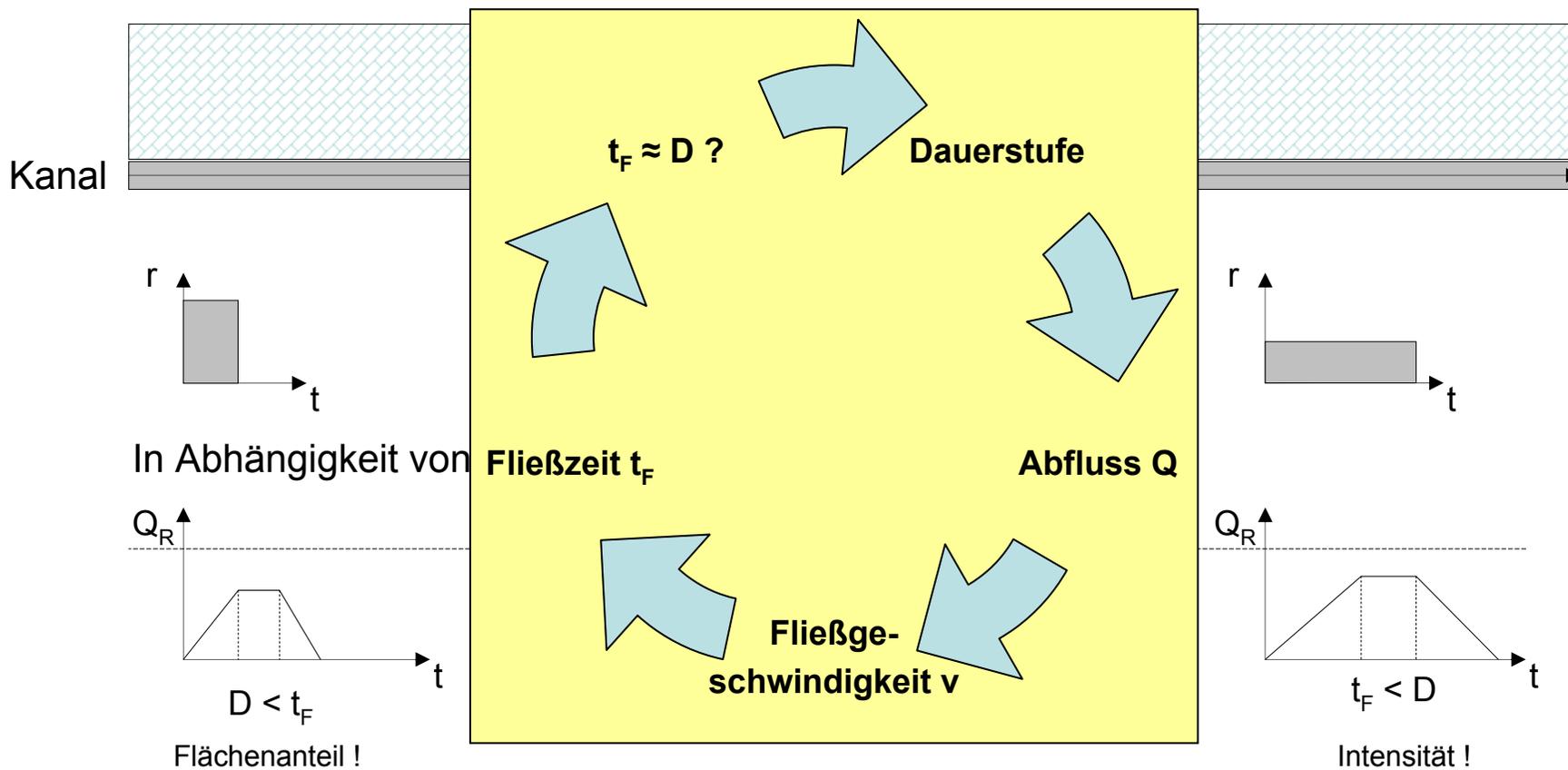
$$A_E \leq 200 \text{ ha} \text{ oder } t_F \leq 15 \text{ min}$$

Übertragungsfunktion für Generierung Abflussganglinie aus Zufluss [z. B. FLUT, KOSIM, SMUSI, NASIM, HYSTEM] (u.a. berücks. Translation, Retention)

$$\text{beziehen auf } A_u \geq 2 \text{ l/(s} \cdot \text{ha)}$$

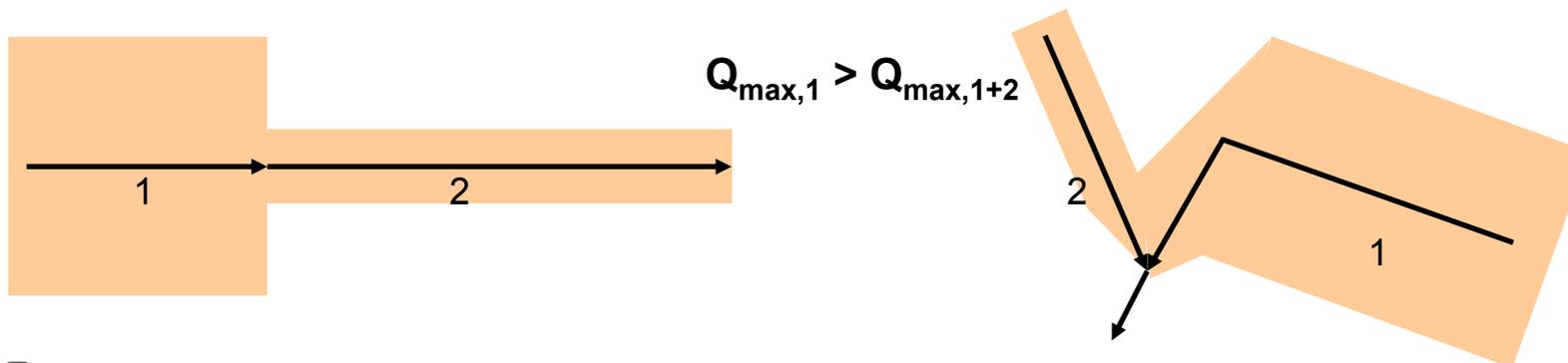
numerische Lösung eines Gleichungssystems für instationären, ungleichförmigen Abflussvorgang in Gerinnen [z. B. EXTRAN, HAMOKA, MOUSE, DYNA] (u. a. berücks. Rückstau, Fließumkehr)

Fließzeitverfahren (i. d. R. Zeitbeiwertverfahren)
 (maximaler Abfluss ist gegeben, wenn $t_F = D \implies$ ggf. Iteration)



Fließzeitverfahren (i. d. R. Zeitbeiwertverfahren) \Rightarrow Einzugsgebietscharakteristik beachten

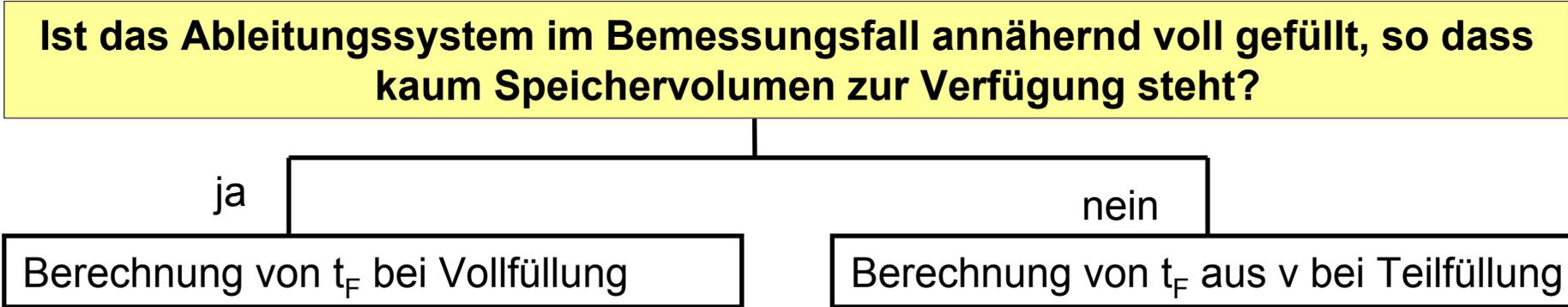
Bei wesentlich voneinander abweichenden Teileinzugsgebieten kann der maximale Durchfluss durch Überregnung eines Teilgebietes erreicht werden.



Beim Zusammenfluss aus mehreren Kanalstrecken mit **leicht unterschiedlichen Fließzeiten** sollte bei der Abflussberechnung mit der **größten Fließzeit** weiter gerechnet werden.

Bei **größeren Unterschieden** zwischen den Fließzeiten der Teilgebiete sollte die Gesamtließzeit, mit der weiter gerechnet wird, als **gewogenes Mittel** wie folgt berechnet werden.

$$t_F = ((Q_1 * t_{F1}) + (Q_2 * t_{F2})) / (Q_1 + Q_2)$$



Rohrleitungen: Fließformel nach Prandtl-Colebrook

offene Gerinne: Kontinuitätsgleichung i. V. m. Formel von Manning-Strickler

$$Q = A * \overbrace{k_{St} * r_{hy}^{2/3} * I_E^{1/2}}^v$$

Mulden:

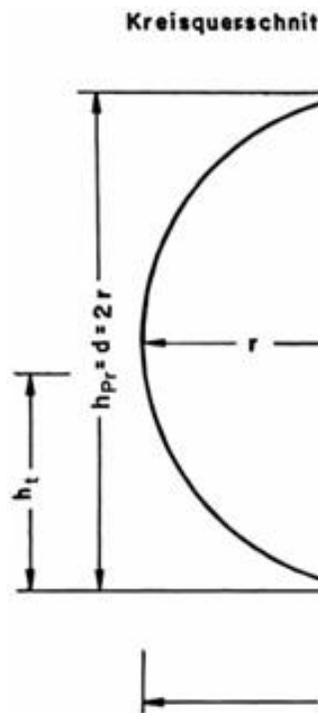
vereinfachte Darstellung (RAS-Ew, 1.4.1)

$$Q = k_{St} * h^{8/3} * \sqrt{I} * b / 2h$$

k_{St} - M-S-Rauhigkeitsbeiwert, Tab. 2 RAS-Ew , I - Muldenlängsneigung
 h - Wassertiefe in Muldenmitte , b - Muldenbreite bzw. Staubbreite



**Abfluss bei Teilfüllung:
Kreisquerschnitt
Standarddrasenmulde**



DWA-A 110

Abfluss einer Standarddrasenmulde (RAS_Ew) mit $k_{ST} = 25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ als Funktion der Stauhöhe und des Gefälles in l/s			
Stauhöhe in m	Gefälle in %		
	0,5	2	5
0	0	0	0
0,04	3,19	6,37	10,08
0,08	14,21	28,42	44,94
0,12	33,97	67,95	107,44
0,16	62,93	125,86	198,99
0,20	101,34	202,69	320,48
0,24	149,39	298,77	472,40
0,28	207,15	414,31	655,08
0,30	239,70	479,40	758,00

RAS-Ew Bemessungshilfen -

Datei Bearbeiten Ansicht Rohrhydraulik Durchlass Gerinne Rinnen Ablauf RRR Versickerung Beenden ?

Hydraulische Nachweise nach den RAS-Ew, den ZTV-ING
den Arbeitsblättern ATV-DWVK-A 110, DWA-A 138 und ATV-A 111,
der DIN 19661-1

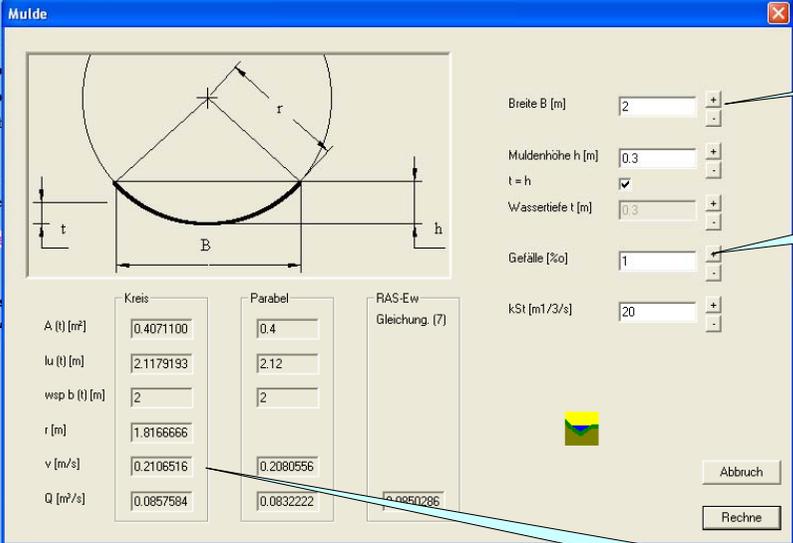
Rohrhydraulik nach Prandtl-Colebrook, Teil- und Vollfüllung
Leistungsfähigkeit Rohr-/Rahmendurchlass Teil- und Vollfüllung
Leistungsfähigkeit einer Straßenumulde
Leistungsfähigkeit eines Straßengrabens
Leistungsfähigkeit einer Mulde

Ermittlung der Straßenab...
Ermittlung der Straßenab...
Ermittlung der Brückenab...
Hydraulischer Nachweis...
Hydraulischer Nachweis...
Hydraulische Nachweise...

Bei der Zahleneingabe ist...

Bearbeitet von Dipl.-Ing.
Programm wird kostenlos
Aus der Installation, der...
der FGSV oder dem Prog...

RAS-Ew Version 1.00



Breite B [m] 2
Muldenhöhe h [m] 0,3
t = h
Wassertiefe t [m] 0,3
Gefälle [%o] 1
kSt [m^{1/3}/s] 20

	Kreis	Parabel	RAS-Ew Gleichung (7)
A (l) [m ²]	0,4071100	0,4	
lu (l) [m]	2,1179193	2,12	
wsp b (l) [m]	2	2	
r [m]	1,8166666		
v [m/s]	0,2106516	0,2080556	
Q [m ³ /s]	0,0857584	0,0832222	0,0850286

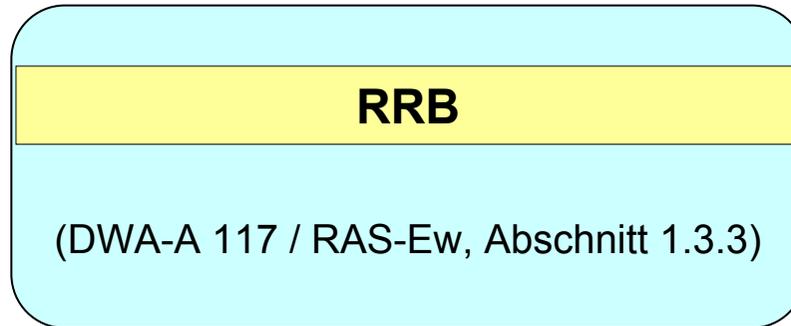
Abbruch
Rechne

Programm zur RAS-Ew

Staubbreite

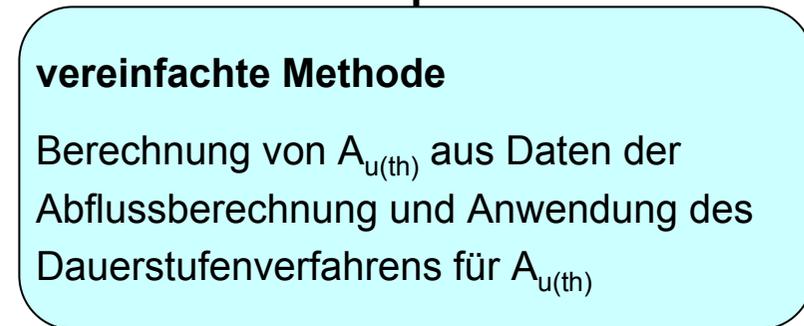
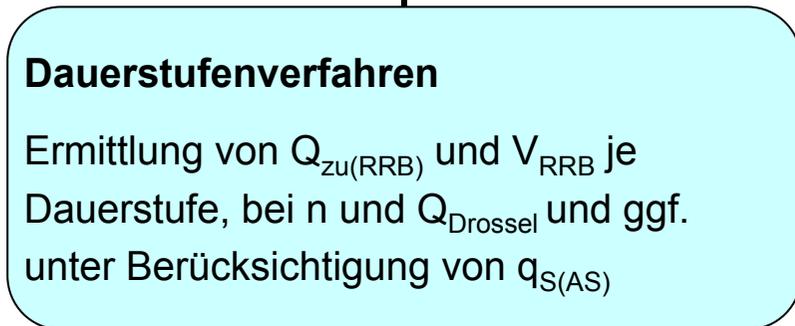
Gefälle in Promille

Fließgeschwindigkeit



Anwendungsbereich einfacher Verfahren?
Berücksichtigung Versickerung (Bankett, Mulde, Graben)?
Abschätzung Fließzeit f_A ?

Kann $Q_{zu(RRB)}$ durch Ableitungssystem zugeleitet werden?



- Prüfung Abflussberechnung, häufig Zeitbeiwertverfahren, erforderlich
- Höherer Versickerungsanteil bei Regen geringerer Intensität nicht berücksichtigt (kritisch bei Abfluss durch Mulde/Graben)
- Ergebnis Abflussberechnung „kein Abfluss“ – RRB kann dennoch erforderlich sein (Dauerstufenverfahren, Simulation)

**Nachweise für ausreichende Speicherwirkung der Entwässerungsmulde
bzw. Nachweis, dass kein RRB erforderlich ist****DWA-A 138 , Gleichung 8**

Die Versickerungsrate Q_S ist in diesem Fall mit Null einzusetzen da bei der Berechnung des Zuflusses zu einer fiktiven Rückhalteanlage die Versickerungsleistung der Mulde bereits zu berücksichtigen ist.

$$V = (Q_{zu} - Q_S) * D * 60 * f_z * f_A$$

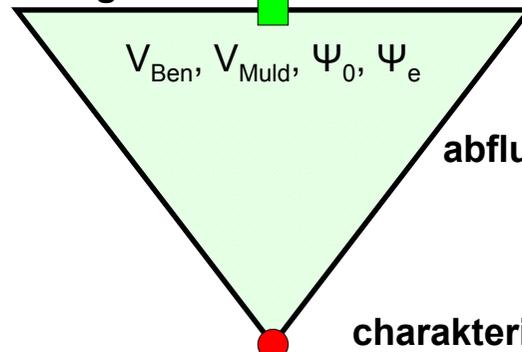
V - erforderliches Speichervolumen in m^3
 Q_{zu} - Zufluss während Regendauer D in m^3/s
 Q_S - Versickerungsrate während Regendauer D in m^3/s
 D - Regendauer in min
 f_z und f_A - Faktoren nach DWA-A 117

Das vorhandene aktivierbare Speichervolumen der Entwässerungsmulde kann wie folgt ermittelt werden.

$$V = (((b + B) / 2) * h * L) / t$$

V - aktivierbares Speichervolumen der Entwässerungsmulde
 b - Sohlbreite
 B - Staubbreite bzw. Muldenbreite
 h - Stauhöhe
 L - Länge der Mulde
 t - Faktor zur Berücksichtigung des Längsgefälles (überschlägig 2)

Niederschlag



Abflussbildung

abflusswirksamer Niederschlag

Abflusskonzentration

charakteristische Abflussganglinien

Einheitsganglinie, Gebiet entspricht linearer Speicherkaskade mit 3 Speichern, volumentreu

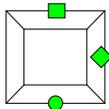
Abflusstransport

Translation - zeitlicher Versatz der Abflusswelle (Fließzeitverschiebung), volumentreu

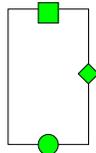
Retention - Dämpfung der Abflusswelle (Speicherung eines Teils des Zuflusses durch Anstieg des Wasserspiegels und verlangsamter Abflusrückgang bei Absenkung des Wasserspiegels), volumentreu

Je größer und je flacher ein Kanalnetz ist, je bedeutender ist die **Retention**.

Versickerung, Rückhaltung



Versickerungsmulde – Überlauf in Abhängigkeit vom Versickerungsvermögen und von der Speicherkapazität



Speicherbauwerk/RRB – (Not)entlastung in Abhängigkeit vom Versickerungsvermögen, von der Speicherkapazität und dem Drosselabfluss („konstant“, „druckabhängig“, „gesteuert durch“ oder Kennlinie)

Ergebnisse der Simulationsrechnung

- Ein- und Überstauereignisse der betreffenden Regenrückhalteanlage sind statistisch ausgewertet
- Die berechnete vorhandene Bemessungshäufigkeit wird mit der erforderlichen Bemessungshäufigkeit verglichen.
- Ein erforderliches Speichervolumen wird ausgegeben.

linke, äußere
Straßenfläche

rechte, innere
Straßenfläche

Abef = 1 ha
Länge
tF-Kan
tF-Ober

Abef = 1 ha

Zufluss von Oberflächenwasser aus dem natürlichen Einzugsgebiet in die Entwässerungsmulde im Beispiel Null gesetzt

Bankett/Böschung – „Versickerungsmulde“
 $V_{Sp.} = 0, k_f = 3 \cdot 10^{-5}$

Staumulde li für Kanal

Mulde als Böschung/Bankette

Mulden-Drainage-System 5 * 200 m
Länge = 1 km
Standardmulde
Kf = 2E -0,5 m/s
Bemessungshäufigkeit n = 0,2

Retention, t_f aus Gerinneedaten

Standardrasenmulde Kombination aus Transportstrecke und RRB

$k_f = 1,5 \cdot 10^{-5}$, Kennlinie (Drosselabfluss = f (Stauhöhe) (Anwendungshilfe der RAS-Ew)

Länge = 1 km
Breite = 1,5 m
Tiefe = 0,2 m
Bö-Neigung m = 1:2,5
Stauziel über Sohle = 0 m
Kf = 1,5E -0,5 m/s
Bemessungshäufigkeit n = 0,2
Drosselabfluss mit Kennlinie nach Manning-Strickler
Drosselabfluss ab Einstauhöhe = 2 cm
Längsgefälle = 0,5 %

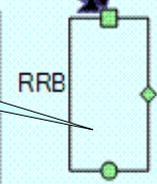
RRB als Entw.-Mulde

Translation
tF = 0 min

$V_{erf} = 42 \text{ m}^3, n = 0,2$

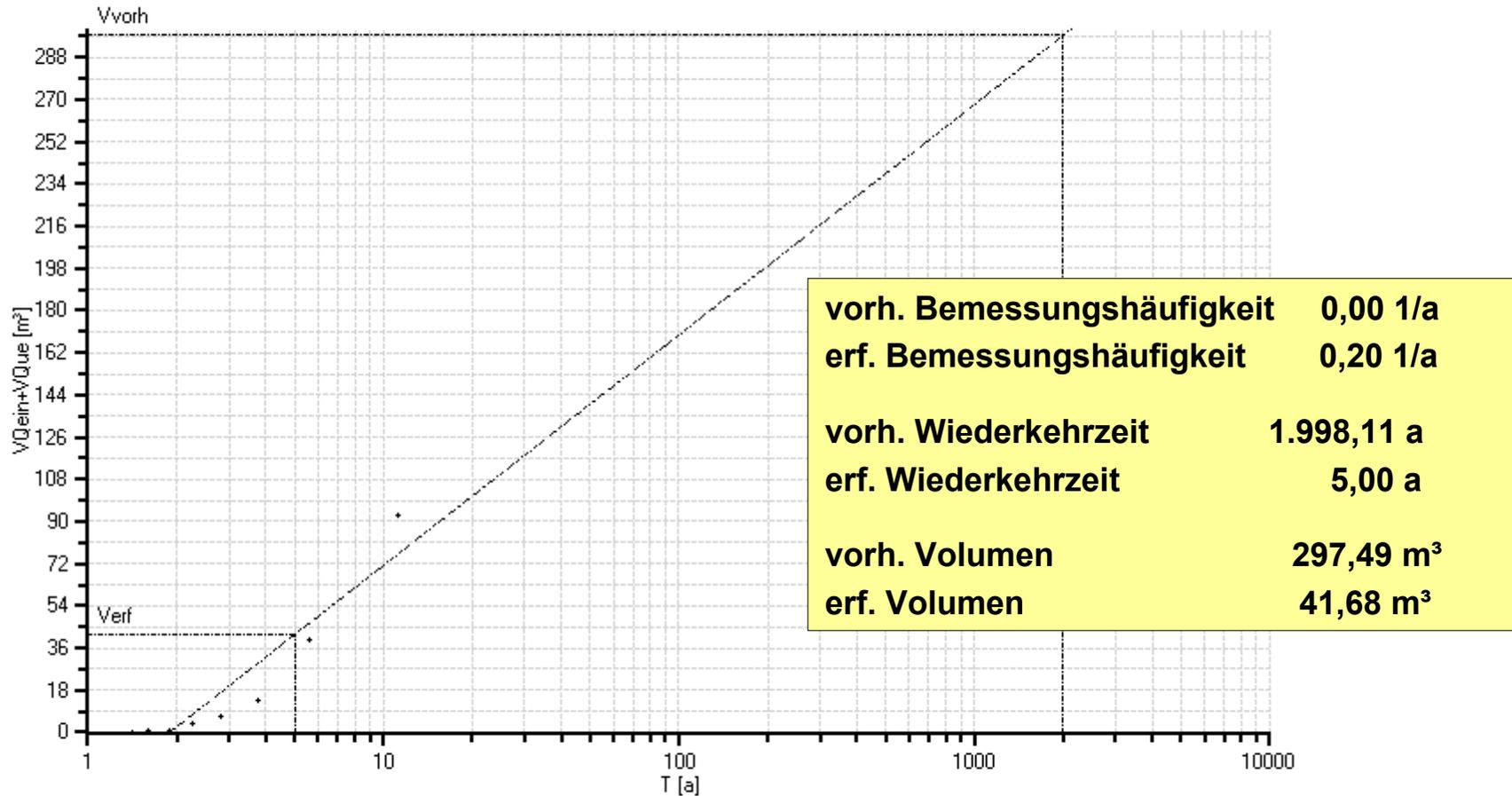
Regenstation 45325, Regenreihe B1 (NIKOSA)
gleichmäßige Überregnung
Verdunstung = 500 mm/a, bei Ereignis, periodisch

Tiefe = 0,5 m
Bö-Neigung m = 1:3
Stauziel über Sohle = 0 m
Kf = 1E -0,9 m/s
Drosselleistung = 10 l/s



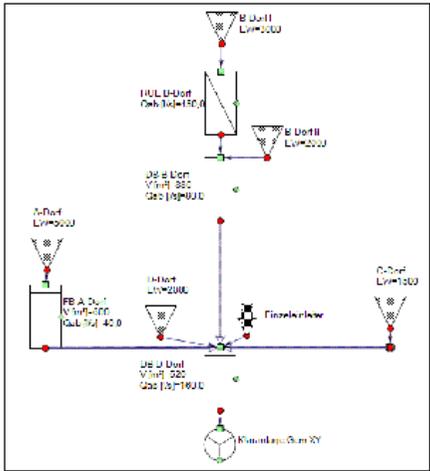
RRB

Rang	Beginn	Tein [h]	max h [m]	Que,max [l/s]	VQzu [m³]	VQein [m³]	VQue [m³]	VQein+VQue [m³]	n [1/a]	T [a]
1	25.06.1996	4,92	0,17	0,0	177,3	92,3	0,0	92,3	0,09	11,25
2	04.08.1993	2,83	0,07	0,0	104,1	39,2	0,0	39,2	0,18	5,63
3	08.08.1992	1,50	0,03	0,0	54,5	13,6	0,0	13,6	0,27	3,75
4	29.07.1997	1,08	0,01	0,0	40,1	7,2	0,0	7,2	0,36	2,81
5	01.08.1994	0,83	0,01	0,0	30,2	3,7	0,0	3,7	0,44	2,25
6	29.07.1997	0,17	0,00	0,0	6,9	1,1	0,0	1,1	0,53	1,88
7	08.08.1992	0,17	0,00	0,0	6,6	0,6	0,0	0,6	0,62	1,61
8	01.08.1994	0,08	8,33*10 ⁻⁰⁶	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,71	1,41



FACHINFORMATION Nr. 04/2008

Hinweise und Empfehlungen für die fachtechnische Prüfung von Anträgen auf Einleitung von Mischwasser in Gewässer




SACHSEN-ANHALT
Landesamt für Umweltschutz

FACHINFORMATION Nr. 2/2010

Ableitung, Rückhaltung und Behandlung von Niederschlagswasser mit offenen, die Versickerung begünstigenden, Systemen

(Hinweise zur Planung und Bemessung)




SACHSEN-ANHALT
Landesamt für Umweltschutz