

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

(Hinweise zur Planung und Bemessung)



SACHSEN-ANHALT

Landesamt für Umweltschutz

Bearbeitung: Ad-hoc-AG Niederschlagswasser

Landesamt für Umweltschutz
Sachsen-Anhalt
Fachbereich 2
Reideburger Straße 47
06116 Halle (Saale)

Landesbetrieb Bau
Sachsen-Anhalt
Kompetenzzentrum Umwelt
Hasselbachstraße 6
39104 Magdeburg

Landesverwaltungsamt
Sachsen-Anhalt
Referat 405
Ernst-Kamieth-Straße 2
06112 Halle (Saale)

Titelfoto: Regenrückhaltebecken Bernburg/Gröna (LAU)

Fachinformation

„Ableitung, Rückhaltung und Behandlung von Niederschlagswasser mit offenen, die Versickerung begünstigenden, Systemen (Hinweise zur Planung und Bemessung)“

Inhaltsverzeichnis	Seite
1. Einleitung	4
2. Definitionen	6
3. Planungs- und Bemessungsgrundlagen	9
4. Hinweise zur Planung und Bemessung von Anlagen zur Ableitung, Rückhaltung und Behandlung von Niederschlagswasser	13
4.1 Planungshinweise	13
4.1.1 Ableitung und Rückhaltung von Niederschlagswasser	13
4.1.2 Behandlung von Niederschlagswasser	20
4.1.2.1 Allgemeine Hinweise zur Anwendung des DWA-M 153	20
4.1.2.2 Sedimentationsanlagen für den Muldenabfluss	22
4.1.2.3 Sedimentationsanlagen für den Kanalabfluss	23
4.1.2.4 Weitergehende Behandlung des Niederschlagswasserabflusses	24
4.2 Bemessungshinweise	30
4.2.1 Ableitung und Rückhaltung von Niederschlagswasser	31
4.2.1.1 Direkte Anwendung des Dauerstufenverfahrens	34
4.2.1.2 Vereinfachte Methode zur Anwendung des Dauerstufenverfahrens	34
4.2.1.3 Nachweise für eine ausreichende Speicherwirkung der Entwässerungsmulde	35
4.2.1.4 Langzeitsimulation mit KOSIM	36
5. Literaturhinweise	38

Anlagen

- 1 Erlass des MLU vom 23.05.2001 „Niederschlagswassererlass“
- 2 Synopse zu Zielvorgaben für die Begrenzung der hydraulischen und stofflichen Belastung der Gewässer durch Niederschlagswassereinleitungen
- 3 Berechnungsbeispiel 1 „Bemessung Regenrückhaltebecken, Autobahn mit Entwässerungsmulde“
- 4 Berechnungsbeispiel 2 „Bemessung Regenrückhaltebecken, Bundesstraße mit Entwässerungsmulde“
- 5 Beispiel für die Anwendung der Langzeitsimulation mit KOSIM zum Nachweis eines Regenrückhaltebecken, Autobahn mit Entwässerungsmulde
- 6 Abflusskennlinie für Standardrasenmulde ($k_{St} = 25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ und $I_E = 2 \text{ ‰}$), berechnet mit der Arbeitshilfe zur RAS-Ew

1. Einleitung

Die Rückführung des im urbanen Bereich von bebauten und befestigten Flächen abfließenden Niederschlagswassers in den natürlichen Kreislauf stellt eine besondere Herausforderung der Siedlungswasserwirtschaft dar. Zum Einen soll ein möglichst hoher Entwässerungskomfort gewährleistet sein, d. h. es soll möglichst nicht zur hydraulischen Überlastung von Entwässerungssystemen bzw. zur Überflutung von bebauten Gebieten kommen, zum Anderen kann ein Entwässerungssystem aus Kostengründen nicht so dimensioniert werden, dass der Abfluss jedes möglichen Regenereignisses vollständig abgeleitet werden kann.

Anlagen zur Ableitung, Rückhaltung, Versickerung und Behandlung von Niederschlagswasser werden daher immer nur für eine vorgegebene statistische Sicherheit geplant und bemessen. Im Bemessungsgang oder an Hand von Nachweismodellen ist darzustellen, dass die jeweils zulässige Überstauhäufigkeit bzw. Überflutungshäufigkeit nicht überschritten wird.

In Abhängigkeit von der Leistungsfähigkeit nach geschalteter Entwässerungsanlagen oder der Art und des Schutzbedürfnisses des für die Aufnahme des Niederschlagswassers vorgesehenen Gewässers, kann eine Rückhaltung und verzögerte Ableitung des Niederschlagswassers erforderlich sein.

Je nach Material der bebauten und befestigten Flächen, der Staubbelastung aus der Luft, und der Art der Flächennutzung, ist das abfließende Niederschlagswasser mehr oder weniger mit Schmutzstoffen belastet. Um das Niederschlagswasser auf eine naturverträgliche, d. h. für Boden- und Gewässer schonende Art und Weise in den natürlichen Kreislauf zurückzuführen, kann eine Behandlung des Niederschlagswassers notwendig sein.

Im Hinblick auf einen schonenden Umgang mit der Ressource Wasser gelten insbesondere nachfolgende Grundsätze:

- Eine zusätzliche Flächenversiegelung sollte möglichst vermieden werden.
- Die örtliche Zuführung des Niederschlagswassers in den natürlichen Kreislauf, möglichst durch Versickerung über die belebte Bodenzone, ist in geeigneten Fällen der Fortleitung des gesammelten Niederschlagswassers vorzuziehen.
- Gering oder mäßig belastetes Niederschlagswasser soll möglichst nicht mit stark belastetem Niederschlagswasser vermischt werden.

Die Versickerung stellt in den meisten Fällen die einfachste und kostengünstigste Variante der Niederschlagswasserbeseitigung dar. In Abhängigkeit vom Verschmutzungsgrad des Niederschlagswassers und der jeweiligen örtlichen Verhältnisse, wie z. B. Bodentyp, Wasserdurchlässigkeit des Bodens/Untergrundes, Grundwasserflurabstand, Platzverhältnisse ist eine geeignete Versickerungsanlage zu planen.

Generell sollten Versickerungsanlagen mit Nutzung des Reinigungsvermögens der belebten Bodenzone (Oberboden/Mutterboden mit einer Stärke von mindestens 20 cm) bevorzugt werden. Bei diesen Anlagen wird das Niederschlagswasser einer mit Pflanzen (i. d. R. Gras) bewachsenen Fläche zugeleitet, die so gestaltet sein muss, dass das Niederschlagswasser schadlos über die belebte Bodenzone in den Untergrund versickert (z. B. Flächen- oder Muldenversickerung).

Sofern nicht aus Gründen des Gewässerschutzes im Einzelfall abweichend entschieden werden muss, sollte auch im Bereich der Straßenentwässerung eine möglichst ortsnahe Versickerung des Niederschlagswasserabflusses über die belebte Bodenzone angestrebt werden. Dabei sollte das Niederschlagswasser ungesammelt breitflächig über Seitenstreifen und Böschungen abfließen. Ist eine Ableitung des Niederschlagswassers erforderlich, sollten hierfür oberirdische Anlagen eingesetzt werden, die gleichzeitig eine Versickerung ermöglichen. Nur wenn dies auf Grund der örtlichen Verhältnisse (z. B. Wasserschutzgebiet oder Anfall von stark belastetem Niederschlagswasser) nicht in Betracht kommt, sollte das Niederschlagswasser mit Kanalisationen fortgeleitet werden.

Wie die Auswertung einer im Jahr 2008 in Sachsen-Anhalt durchgeführten Zustandsanalyse von fast 800 Regenbecken gezeigt hat, erscheint es in einigen Bereichen erforderlich, die in technischen Regelwerken enthaltenen Planungs- und Bemessungsvorgaben zu präzisieren und Hinweise für eine korrekte Anwendung der betreffenden Regelwerke zu geben. In dieser Fachinformation wird daher schwerpunktmäßig auf folgende Themen eingegangen:

- Bessere Grundlagenermittlung, besonders bezüglich des anstehenden natürlichen Bodenkörpers (Durchlässigkeitsbeiwert, Grundwasserflurabstand)
- Optimierung von Ableitungssystemen
- Optimierte Gestaltung von Regenbecken bzw. von Regenrückhalteanlagen mit Versickerungsfunktion
- Optimierung der Behandlung des Niederschlagswassers (Schlammfang, Leichtflüssigkeitsabscheidung) unter Berücksichtigung des vor gelagerten Ableitungssystems
- Ausreichende Berücksichtigung der späteren Wartung und Pflege der Regenwasseranlagen bei der Planung
- Präzisierte Anwendung des technischen Regelwerkes, insbesondere hinsichtlich der Verfahren zur Bemessung bzw. zum Nachweis von Regenrückhalteanlagen

2. Definitionen

Da es zwischen den zur Verfügung stehenden technischen Regelwerken (z. B. DIN, DWA, RAS-Ew) Differenzen bezüglich der angewendeten Formelzeichen und Symbole geben kann, sind die wichtigsten nachfolgend erläutert.

Kurzzeichen	Einheit	Begriff	Erläuterung
A_E	ha, m ²	Fläche Einzugsgebiet	Das Einzugsgebiet ist entsprechend der jeweiligen Fragestellung eindeutig abzugrenzen. Zur näheren Charakterisierung dieser Fläche sind weitere Indices notwendig.
$A_{E,k}$	ha, m ²	Fläche kanalisiertes Einzugsgebiet	$A_{E,k}$ ist die Fläche des kanalisierten bzw. durch ein Entwässerungssystem erfassten Einzugsgebietes.
$A_{E,b}$	ha, m ²	befestigte Fläche	$A_{E,b}$ ist die Summe aller befestigten Flächen eines Einzugsgebietes. Sie beinhaltet alle befestigten Teilflächen im betrachteten Einzugsgebiet, unabhängig davon, ob diese Flächen an das Entwässerungssystem angeschlossen sind und ein Abfluss zur Kanalisation erfolgt.
$A_{E,b,k}$	ha, m ²	kanalisierte befestigte Fläche	$A_{E,b,k}$ ist die Summe aller befestigten Flächen des kanalisierten bzw. durch ein Entwässerungssystem erfassten Einzugsgebietes.
A_u	ha, m ²	undurchlässige Fläche	A_u ist eine Rechengröße und keine in der Örtlichkeit messbare Fläche. Sie ergibt sich aus der anwendungsbezogenen Niederschlags-Abfluss-Bilanz eines Einzugsgebietes (siehe z. B. Pkt. 1.3.3 RAS-Ew). A_u ist ein anwendungsbezogener Rechenwert zur Quantifizierung des Anteils einer Einzugsgebietsfläche im einfachen Verfahren, von dem der Niederschlag nach Abzug aller Verluste (z. B. Benetzungs- und Muldenverluste) vollständig zum Abfluss in ein Entwässerungssystem gelangt. Niederschlag-Abfluss-Modelle beinhalten i. d. R. eigenständige Modellansätze zur Berechnung der Verluste (Abflussbildung) und sollten deshalb auf der tatsächlich angeschlossenen Fläche $A_{E,k}$ bzw. bei Vernachlässigung des Abflussbeitrages nicht befestigter Flächen auf der befestigten Fläche $A_{E,b}$ aufbauen.
A_s	m ²	Versickerungsfläche	A_s ist die Fläche, die für die Versickerung des Niederschlagswassers erforderlich ist.
Q_v	l/s	Abflussvermögen	Q_v ist das rechnerische Abflussvermögen im vollgefüllten Querschnitt.

Kurzzeichen	Einheit	Begriff	Erläuterung	
Ψ_m	-	mittlerer Abflussbeiwert (früher Gesamtabflussbeiwert)	Ψ_m ist der Quotient aus Abflussvolumen und Niederschlagsvolumen für einen definierten Zeitraum. Die mittleren Abflussbeiwerte sind niedriger als die Spitzenabflussbeiwerte. Sie sind nicht für die Dimensionierung von Kanälen oder größeren Rückhalteräumen geeignet, die für seltene Überlastungshäufigkeiten ausgelegt werden.	Neben dem Anwendungsbezug ist bei den Abflussbeiwerten zu unterscheiden, ob sie als Bemessungswert oder Ergebniswert einer Abflussberechnung angegeben werden.
Ψ_s	-	Spitzenabflussbeiwert (früher Scheitelabflussbeiwert)	Ψ_s ist der Quotient aus maximaler Niederschlagsabflussspende und zugehöriger maximaler Regenspende (maßgebend für Kanalnetzberechnungen). Er bezieht sich auf ein einzelnes Regenereignis (z. B. Bemessungsregen) und findet Eingang in der Kanalnetzberechnung in Verbindung mit Fließzeitverfahren und Blockregen.	
I_G	%	mittlere Geländeneigung	I_G charakterisiert das flächengewichtete mittlere Gefälle eines Einzugsgebietes, unabhängig von der vorherrschenden Entwässerungsrichtung der Kanäle. Die Angabe erfolgt in % und wird häufig Neigungsgruppen zugeordnet.	
γ	%	Befestigungsgrad	γ ist der Anteil der befestigten Fläche an der Gesamtfläche (wird oft auf $A_{E,k}$ bezogen).	
t_F	min	Fließzeit	Zeit, die der maßgebende Regenabfluss aus dem Einzugsgebiet bis zu einem festgelegten Punkt des Entwässerungssystems benötigt. Die Fließzeit wird für bestehende Kanalisationen über die maximale Fließgeschwindigkeit beim Bemessungsregen und die Länge der einzelnen Kanäle und Gerinne ermittelt. Bei Neuplanungen wird näherungsweise von der Geschwindigkeit bei Vollenfüllung der gewählten Profile ausgegangen.	
$r_{D(n)}$	l/(s*ha)	Regenspende	$r_{D(n)}$ ist die Regenspende einer bestimmten Dauer mit der Häufigkeit n.	
q_R	l/(s*ha)	Regenabflussspende	q_R ist der Regenabfluss eines Gebietes bezogen auf eine zugehörige Fläche.	

Kurz- zeichen	Einheit	Begriff	Erläuterung
q_{Dr}	$l/(s \cdot ha)$	Drosselabfluss- spende	q_{Dr} ist der Drosselabfluss Q_{Dr} von Regenüberläufen und Regenbecken bezogen auf die Fläche des zugehörigen Einzugsgebietes. Die Bezugsfläche kann je nach Anwendungsbereich und Fragestellung unterschiedlich sein.
$q_{Dr,R,u}$	$l/(s \cdot ha)$	Drosselabfluss- spende	$q_{Dr,R,u}$ ist der Regenanteil der Drosselabflussspende bezogen auf die Fläche A_u .
q_s	$l/(s \cdot ha)$	spezifische Ver- sickerungsrate	q_s ist die Versickerungsrate Q_s einer Versickerungsanlage bezogen auf die an dieser Versickerungsanlage angeschlossenen undurchlässigen Flächen A_u .
q_A	m/h	Oberflächen- beschickung	q_A ist das Flüssigkeitsvolumen, dass pro Zeiteinheit und bezogen auf die Oberfläche eine Anlage passiert.
k_f	m/s	Durchlässigkeits- beiwert	k_f ist die Fließgeschwindigkeit einer Flüssigkeit (hier Wasser) durch einen definierten Querschnitt eines porösen Stoffes (hier Bodenzone) im gesättigten Zustand.
$k_{f,u}$	m/s	Durchlässigkeits- beiwert	$k_{f,u}$ ist der Durchlässigkeitsbeiwert der ungesättigten Zone ($k_{f,u} = k_f/2$). Er ist maßgebend für die Bemessung von Versickerungsanlagen und entscheidend für die Schutzwirkung der Grundwasserüberdeckung.
k_{St}	$m^{1/3}/s$	Rauheitsbeiwert (auch Strickler- Beiwert)	k_{St} ist der Rauheitsbeiwert für offene Gerinne. Er hängt von der Beschaffenheit der Gerinnewandung ab.
I_E	m/m	Energiegefälle	I_E ist das Energiegefälle von Entwässerungseinrichtungen. Bei gleichförmigem Abfluss entspricht I_E dem Sohlgefälle.
r_{hyd}	m	Hydraulischer Radius	r_{hyd} ist eine theoretische Größe um hydraulische Berechnungen für Ableitungskanäle durchführen zu können, die keinen Kreisquerschnitt haben (durchflossene Querschnittsfläche Ableitungsgerinne/benetzter Umfang Ableitungsgerinne).
f_A	-	Abminderungs- faktor	Der Abminderungsfaktor f_A berücksichtigt die durch Abflusskonzentrations- und Transportprozesse bedingte Dämpfung der Zuflussganglinie zu einer Regenrückhalteanlage.
f_Z	-	Zuschlagfaktor	f_Z ist ein Risikomaß im Hinblick auf eine mögliche Unterbemessung nach DWA-A 117.

3. Planungs- und Bemessungsgrundlagen

Die korrekte Ermittlung, Darstellung und Berücksichtigung der relevanten örtlichen Bedingungen ist wesentliche Voraussetzung für eine bedarfsgerechte Planung und Bemessung von Anlagen zur Niederschlagswasserbeseitigung und damit für die Errichtung umweltschonender und wirtschaftlicher Entwässerungslösungen. Daher sollten folgende Hinweise und Empfehlungen zu den Planungs- und Bemessungsgrundlagen berücksichtigt werden. Sie stehen im Einklang mit dem Erlass des MLU vom 23.05.2001 „Hinweise zum Vollzug des § 11 i. V. m § 13 WG LSA, Gewässerbenutzungen durch das Einleiten von Niederschlagswasser aus einem Trennsystem in ein Gewässer“ (Anlage 1).

- Die Planung einer Einleitung von Niederschlagswasser in ein oberirdisches Gewässer soll nur in Betracht kommen, wenn eine ortsnahe Versickerung des Niederschlagswassers aufgrund der örtlichen Gegebenheiten nicht sinnvoll möglich ist.
- Die Ermittlung der abzuleitenden Niederschlagswassermenge, ist u. a. unter Berücksichtigung der maßgebenden Regenspende (KOSTRA-Atlas), der Abflussbeiwerte, der zu entwässernden Fläche ($A_{E,k}$, $A_{E,b}$, $A_{E,b,k}$, A_u) und ggf. vorhandener Anlagen zur Niederschlagswasserableitung mit Versickerungswirkung darzustellen. Welche die maßgebende Regenspende im Einzelfall ist, hängt vom Planungsgegenstand (Ableitung, Rückhaltung, Behandlung) und von der vorgegebenen Bemessungshäufigkeit ab.
Für die hydraulische Berechnung von Anlagen zur Ableitung von Niederschlagswasser ist die maßgebende Dauerstufe iterativ zu berechnen. Der Maximalabfluss tritt ein, wenn die Fließzeit des Niederschlagswassers der Dauerstufe der Regenspende entspricht.
Für die Bemessung bzw. den Nachweis von Regenrückhalteanlagen ist die Regenspende mit der Dauerstufe maßgebend, die zum größten erforderlichen Speichervolumen führt.
- Ergebnisse von Langzeitsimulationen sind einer kritischen Beurteilung zu unterziehen. Dies betrifft besonders die Grundlagenermittlung und die ausreichende Übereinstimmung des verwendeten Modellsystems (z. B. hydrologisches Ersatzsystem) mit den realen Verhältnissen.
- Die für den Ist- und Prognose-Zustand zugrunde gelegten Flächen sollten mit großer Sorgfalt ermittelt werden. Eine korrekte Erfassung der tatsächlich abflusswirksamen (befestigten) Teilflächen kann zu einem erheblichen Einsparpotenzial bei der Ermittlung von Speichervolumen für Regenbecken führen.
- Die Ermittlung der Notwendigkeit und der Art der Behandlung des Niederschlagswassers vor Einleitung in ein Gewässer ist darzustellen. Grundlage dieser Ermittlung sind das DWA-M 153 und ggf. Vorgaben der Wasserbehörde bzw. des Gewässerkundlichen Landesdienstes im Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft (LHW). Darzustellen sind u. a.:
 - der Verschmutzungsgrad des Niederschlagswasserabflusses mit Beschreibung der zu entwässernden Flächen (z. B. Art der Dacheindeckung, Zustand der Hofflächen,

Nutzungsart der Entwässerungsflächen, Verkehrsbelastungszahlen, ortsansässige Industrie) und der orts-typischen Luftbelastung,

- das Reinigungsvermögens von in Frage kommenden Behandlungsverfahren und
- die Schutzbedürftigkeit des Gewässers, in welches eingeleitet werden soll.

Besonderheiten im Entwässerungsgebiet, wie z. B. Trinkwasserschutzzonen, Altlastenflächen, Hochwasserüberflutungsgebiete, Schutzgebiete oder Vorbehaltsgebiete sind zu beachten.

- Die wesentlichen Planungs- und Bemessungsgrößen sollten auf Plausibilität überprüft werden. Hierzu können aus den Grundlagendaten spezifische Werte für typische (Teil-) Einzugsgebiete ermittelt und mit üblicherweise anzutreffenden Werten (z. B. Siedlungsdichte, Befestigungsgrad, Anteil der undurchlässigen Fläche A_u an der kanalisierten befestigten Fläche $A_{E,b,k}$, Regenabflussspende, Aussagen in Baugrundgutachten) verglichen werden.
- Es wird empfohlen, dass sich Planer und Wasserbehörde vor der Beantragung der wasserrechtlichen Erlaubnis über die wesentlichen inhaltlichen Bestandteile der Antragsunterlagen abstimmen. Im Ergebnis dieser Abstimmung sollten insbesondere nachfolgende Planungs- und Bemessungsgrundlagen bekannt sein:
 - 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 (ökologische Großprojekte), Naturschutzgebiete
- Die Einbeziehung des Gewässerkundlichen Landesdienstes im Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft (LHW) wird empfohlen, wenn folgende Aussagen benötigt werden:
 - hydraulische Daten zum Einleitungsgewässer (z. B. MHQ, MNQ)
 - berechnete Abflussspende der gesamten der Einleitungsstelle zugehörigen Entwässerungsfläche (q_{HQ100})
 - Stellungnahme hinsichtlich ggf. erforderlicher weitergehender hydraulischer und stofflicher Anforderungen an die Gewässerbenutzung

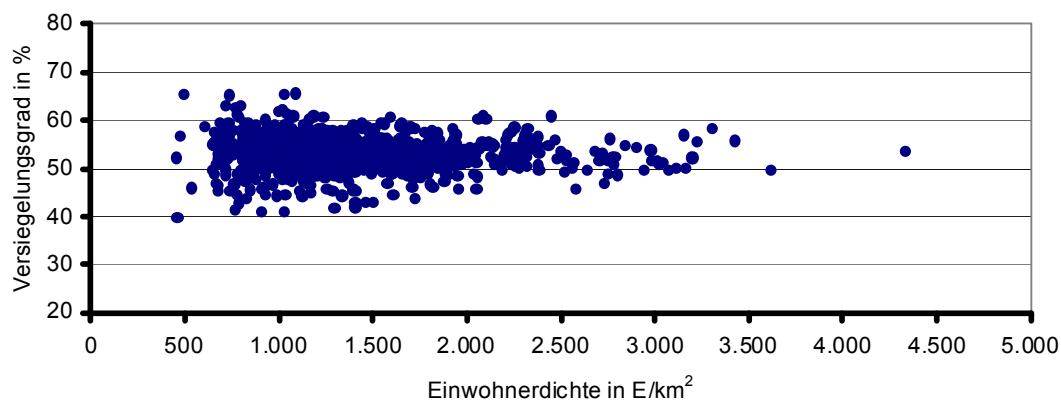
- Angaben zum natürlichen flächenhaften Einzugsgebietsabfluss, z. B. zur Berücksichtigung bei der Abflussberechnung in offenen Gerinnen oder für die Bemessung und den Nachweis von Regenrückhalteinlagen
- Mittlerer Höchster Grundwasserstand (MHGW) am Standort von Versickerungsanlagen

In nachfolgender Übersicht sind übliche Werte ausgewählter Parameter zusammengestellt. Sofern in Planungen abweichende Werte auftreten, sollten diese begründet sein.

Plausibilitätsprüfung ausgewählter Parameter					
Parameter	Kurzz./ Symbol	Ermittlung	Einheit	Wertebereich	Bemerkung
Einwohnerdichte	ED	$ED = EZ / FI-OI$	E/km ²	500 bis 5.000	EZ - Einwohnerzahl, FI-OI - Fläche der Ortslage (ATKIS)
Versiegelungs- bzw. Befestigungsgrad	Y _{Ortl.}	$Y_{Ortl.} = (VSVF-OI / FI-OI) * 100$	%	50 bis 60	VSVF-OI - versiegelte Siedlung- und Verkehrsfläche d. Ortslage (ATKIS) (siehe nachfolgendes Diagramm)
	Y _{Str.}	$Y_{Str.} = (A_{b(Str./Nebenr.)} / A_{(Str./Nebenr.)}) * 100$	%	25 bis 50	für Straßen einschließl. Nebenraum
Spitzenabflussbeiwert ^{*)}	ψ _S	$ψ_S = q_{max} / r_{max}$	-	je nach Art der Befestigung (z. B. RAS-Ew, Pkt. 1.3; DWA-A 118, Tab. 6)	q _{max} - max. Niederschlagsabflusssspende, r _{max} - zugehörige max. Regenspende
mittlerer Abflussbeiwert ^{*)}	ψ _m	$ψ_m = Q_{Abfluss} / Q_{Niederschlag}$	-	je nach Art der Befestigung (z. B. DWA-A138; DWA-A 117; DWA-A 153)	Q _{Abfluss} - Abflussvolumen, Q _{Niederschlag} - Niederschlagsvolumen
spezifische Versickerungsrate im Sinne der RAS-Ew (Bemessungsfall "Vegetationsphase")	q _{s(Bankett)}	Bei Ansatz von höheren Werten ist ein Nachweis erforderlich (z. B. nach DWA - A 138, Anhang B). (Hinweis: k _f = 10 ⁻⁵ m/s = 100 l/(s*ha))	l/(s*ha)	200 bis 300	Minimalwert nach RAS-Ew = 100 l/(s*ha)
	q _{s(Böschung)}			200 bis 300	Minimalwert nach RAS-Ew = 100 l/(s*ha), empfohlener Wert für Böschungen mit Rasenbewuchs = 200 l/(s*ha)
	q _{s(Mulde)}			150 bis 300	Minimalwert für Rasenmulden = 150 l/(s*ha)
	q _{s(M-D-S)}			250	Mulden-Drainage-System mit 5 cm Rollrasen auf 70 cm Mittelsandlage

Parameter	Kurzz./ Symbol	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 <u>a priori nicht zur Ableitung des natürlichen Abflusses</u> erforderlich sind
Abflussbeiwert des natürlichen Einzugsgebietes zur Entwässerungsmulde	ψ_N		-	0 bis 0,05	wird zur Bemessung von Entwässerungsanlagen (z. B. Mulde) benötigt, wenn diese <u>a priori auch zur Ableitung des natürlichen Abflusses</u> erforderlich sind
Abflussspende des natürlichen Einzugsgebietes zur Entwässerungsmulde	$Q_{nat.EG}$		$l/(s*ha)$	2 bis 10	(Häufigkeit $n = 0,05$ bis $0,01$)
Abflussspende	Q_{HQ100}		$l/(s*ha)$	1 bis 10	Ansatz nach Schmidt/Glos (wird zur Ermittlung des maximal zulässigen Einleitungsabflusses benötigt)
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 = 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.

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



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

4. Hinweise zur Planung und Bemessung von Anlagen zur Ableitung, Rückhaltung und Behandlung von Niederschlagswasser

4.1 Planungshinweise

4.1.1 Ableitung und Rückhaltung von Niederschlagswasser

Im Bereich der Stadtentwässerung stellt die Ableitung des Niederschlagswassers mit Kanalisation das klassische Entwässerungsverfahren dar. Seit etwa 20 Jahren werden zunehmend Regenbecken errichtet, um die Abflüsse aus Kanalisationen gereinigt und gedrosselt in die Gewässer einzuleiten. Auch offene und die Versickerung begünstigende Systeme (offene Entwässerung) kommen zum Einsatz. Vielerorts werden jedoch diese Systeme der Regenwasserbewirtschaftung noch nicht berücksichtigt.

Im Bereich der Straßenentwässerung, zumindest außerhalb von Siedlungen, bewährt sich die offene Entwässerung seit Jahrzehnten. Je nach Zielstellung und örtlichen Gegebenheiten kommen einzeln oder in Kombination Entwässerungsanlagen (z. B. Seitengraben, Mulde) zum Einsatz, die mehrere Funktionen gleichzeitig erfüllen. Zum Beispiel kann eine Rasenmulde gleichzeitig der Ableitung, Rückhaltung, Behandlung und Versickerung des Niederschlagswasserabflusses dienen.

Für die Rückhaltung und Behandlung des aus Kanalisationen in Oberflächengewässer eingeleiteten Niederschlagswassers wurden häufig Becken mit Dauerwasserstand, denen lediglich ein mechanischer Wirkungsgrad zuzuschreiben ist, errichtet. Obgleich die Planung solcher Anlagen in Übereinstimmung mit dem Technischen Regelwerk erfolgte, haben sie sich nach langjährigem Betrieb als problematisch herausgestellt. Sowohl Regenrückhaltebecken mit Dauerstau (RRB m. D.) als auch offene Absetzbecken neigen zur Biotopbildung und erschweren sowohl deshalb als auch aus Sicht des Arbeitsschutzes die Wartung.



verschilftes RRB m. D.



verschilftes Absetzbecken

Bei der Entwässerung großer Versiegelungsgebiete mit Versickerungsmulden und -becken im wenig geneigten Gelände treten fast ausnahmslos Wasserstandsprobleme auf, wenn die Bedingungen für die Versickerung bei der Planung zu optimistisch eingeschätzt wurden. Neben den o. g. Betriebsproblemen können zusätzlich Beckenfehlfunktionen, wie z. B. ein nicht ausreichend zur Verfügung stehendes Rückhaltedvolumen bei einem erneuten Starkregenereignis, eintreten.



Überstautes Versickerungsbecken an der A9 nach längerer Trockenperiode



Überstautes Versickerungsbecken an der B189, 48 Stunden nach einem Starkregen

Im Ergebnis einer Beckenzustandsanalyse des Landesbetriebes Bau im Jahr 2008 wird empfohlen, alle offenen Entwässerungsanlagen im Bereich der Stadt- und Straßenentwässerung so zu planen, dass sie spätestens 24 Stunden nach einem Regenereignis wieder trocken fallen. Die Vermeidung offener Wasserflächen zugunsten trocken fallender Versickerungsflächen kommt dem Gewässerschutz zu Gute. Darüber hinaus werden die Wartung und Reinigung ermöglicht bzw. erleichtert.

Sind Wasserflächen aus anderen Gründen erwünscht (z. B. Landschaftsgestaltung), so ist eine konsequente räumliche und rechtliche Trennung von den Entwässerungsanlagen erforderlich. Dabei ist durchaus denkbar, dass gereinigtes (vorzugsweise gefiltertes) Niederschlagswasser für derartige Zwecke abgegeben wird.

Als Schwachpunkt von Entwässerungsanlagen hat sich eine oftmals fehlende Entleerungsmöglichkeit herausgestellt. Während dies bei kleinen Entwässerungsflächen durch ausreichend große Speicher kompensiert werden kann, ist bei größeren Entwässerungsflächen am Tiefpunkt der Entwässerungsanlage für eine Entleerungsmöglichkeit zu sorgen. Im Regelfall kann die Entleerung über die natürliche Topografie in Gewässer, trockene Gräben oder Geländemulden und -rinnen erfolgen. Besteht am Entwässerungstiefpunkt keine Möglichkeit für eine oberflächige Ableitung des Niederschlagswassers, sind die technischen Voraussetzungen für die Ableitung in oder durch den Untergrund zu prüfen. In Frage kommen

- die Grundwasserbenutzung nach Reinigungspassage einer bewachsenen Bodenzone, auch mit Vertikalrigolen durch mächtige undurchlässige Schichten in tiefer liegende aufnahmefähige Grundwasserleiter,
- die horizontale Durchörterung (Rohrleitung) zum nächsten Entwässerungsgebiet oder Einleitungspunkt und
- die Entleerung mit Pumpentechnik (Dies sollte nach genauerer wirtschaftlicher Analyse, die letzte Alternative bleiben.).

Überlegungen zur Errichtung von Regenrückhaltebecken sollten erst nach Ausschöpfung aller Möglichkeiten der Abflussverzögerung und Abflussminimierung offener, aber ggf. auch geschlossener Ableitungssysteme angestellt werden.

Unter den in Sachsen-Anhalt überwiegend vorhandenen günstigen topografischen Bedingungen lassen sich durch die Verringerung der Gefälle der Ableitungssysteme Fließzeitverlängerungen erreichen, die zu einer erheblichen Reduzierung des Spitzenabflusses führen können. Die Abflussreduzierung kann so erheblich sein, dass der im Erlass des MLU vom 23.05.2001 genannte Mindestvolumenstrom in Höhe von 10 l/s unterschritten wird.

Unter Umständen bietet sich auch die Möglichkeit, das erforderliche Beckenvolumen im Ableitungssystem selbst bereitzustellen. Dies kann z. B. ein Stauraumkanal oder eine größer dimensionierte Entwässerungsmulde sein. Während beim Stauraumkanal die Teilfüllungsgeschwindigkeit eine ausreichende Schleppspannung/Fließgeschwindigkeit für den regelmäßigen Sedimenttransport gewährleisten muss, ist bei der Versickerungs-, Stau- und Ableitungsmulde die gleichmäßige Sedimentablagerung in ihr selbst (auch aus Gewässerschutzgründen) erwünscht.

Für Kanäle sollte das Gefälle für die rückstaufreie Teilfüllungsgeschwindigkeit von $\geq 0,5$ m/s bestimmt werden. Das Muldengefälle sollte grundsätzlich mindestens 0,1 % betragen.

Im Zusammenhang mit der Planung von Versickerungsanlagen reicht es nicht aus, die Versickerungsfähigkeit des unmittelbaren Baugrundes und den ausreichenden Abstand zum Mittleren Höchsten Grundwasserstand (MHGW) nachzuweisen. Auch muss Gewissheit darüber herrschen, dass das zu versickernde Wasser auch tatsächlich in eine Grundwasser ableitende Schicht gelangen kann. Wird dies nicht beachtet, kann es, insbesondere bei größeren Versiegelungen, zu Vernässungen durch so genanntes Schichtenwasser kommen. Als gravierende Form kann sogar eine langfristige Anhebung des Grundwasserspiegels durch einen zu hohen Anteil an Versickerungen in Neuversiegelungsgebieten verursacht werden, so dass Grundstückseigentümer nachträglich eine Bauwerksdrainierung errichten müssen.

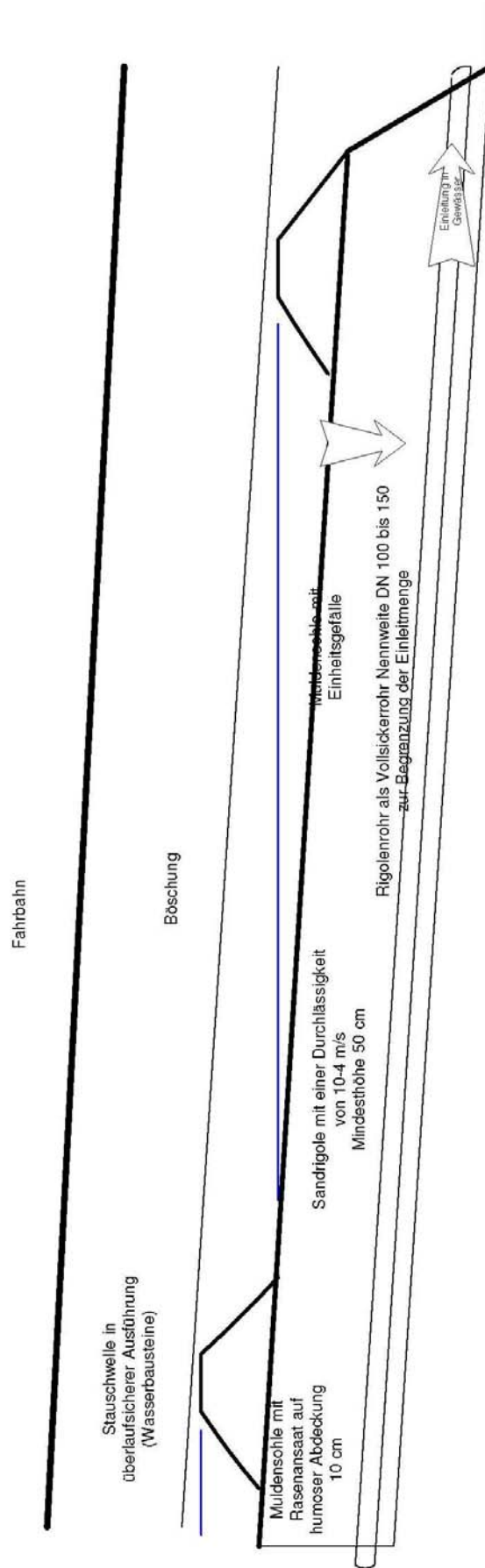
Um zu gewährleisten, dass das auf Straßenflächen anfallende Niederschlagswasser in eine Grundwasser ableitende Schicht gelangen kann, ist die Planumsentwässerung des frostsicheren Straßenoberbaus, ebenso wie die Oberflächenentwässerung, an einen abflussfähigen Entwässerungstiefpunkt anzuschließen. Dies wird in der Regel der versickerungs- und ableitungsfähige Untergrund sein.

Bei ungünstigen hydrologischen und hydrogeologischen Verhältnissen erfordert diese Festlegung ggf. eine parallele Wasserführung in unterirdischen Sickergräben mit Drainagen und möglichst offener Ausleitung in das oberirdische Entwässerungssystem, meist aber direkt in ein Gewässer oder in andere natürliche Geländeentwässerungen.

Aus Gründen des Gewässerschutzes und zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit wird in diesen Fällen auf eine kombinierte Entwässerung der beiden Teilströme Oberflächenwasser und Sickerwasser orientiert, zumal beide eine gemeinsame Herkunft haben (Oberfläche).

Im günstigsten Fall erfolgt somit die Entwässerung in einem modifizierten Mulden-Rigolen-System, wobei hier die Rigole nicht der Wasserspeicherung, sondern ausschließlich der Verpackung und Infiltration in das Drainagerohr dient. Sie wird deshalb nicht mit Kies, sondern mit filterstabilem Mittelsand ausgeführt. Das System wird folglich **Mulden-Drainagesystem** genannt. Die gezielte Infiltration aus der Mulde erfolgt nur in deren Rückhalte- und Rückstaubereich. Hier soll dann auch eine gemäß RAS-Ew höhere Durchlässigkeit der aufliegenden Mutterbodenschicht von bis zu 300 l/(s * ha) (entspricht $k_f = 3 \cdot 10^{-5}$ m/s bzw. 0,03 l/(s * m²)) geplant werden, um die angestrebte Entleerung der Mulde über die Drainage innerhalb von 24 Stunden zu erreichen. Dafür sind dem Mutterboden entsprechende Sandanteile beizumischen.

Außerhalb dieser Staumulden erfolgt die normale Mutterbodenandeckung mit der Mindestdurchlässigkeit nach RAS-Ew von 150 l/(s * ha) (entspricht $k_f = 1,5 \cdot 10^{-5}$ m/s bzw. 0,015 l/(s * m²)).



**Abflussminderung durch Mulden-Drainagesystem
mit Stauschwellen zur Reinigung und Rückhaltung
als Alternative zu eigenständigen RRB und RBF**

Durch Variation der Durchlässigkeit von Mutterbodenauffüllungen kann die Sickerfähigkeit der Straßenelemente Bankett und Böschung gezielt beeinflusst werden. Entsprechende Planungsvorgaben vorausgesetzt, kann schon hier entscheidend auf die Reduzierung des Niederschlagswasserabflusses hingewirkt werden.

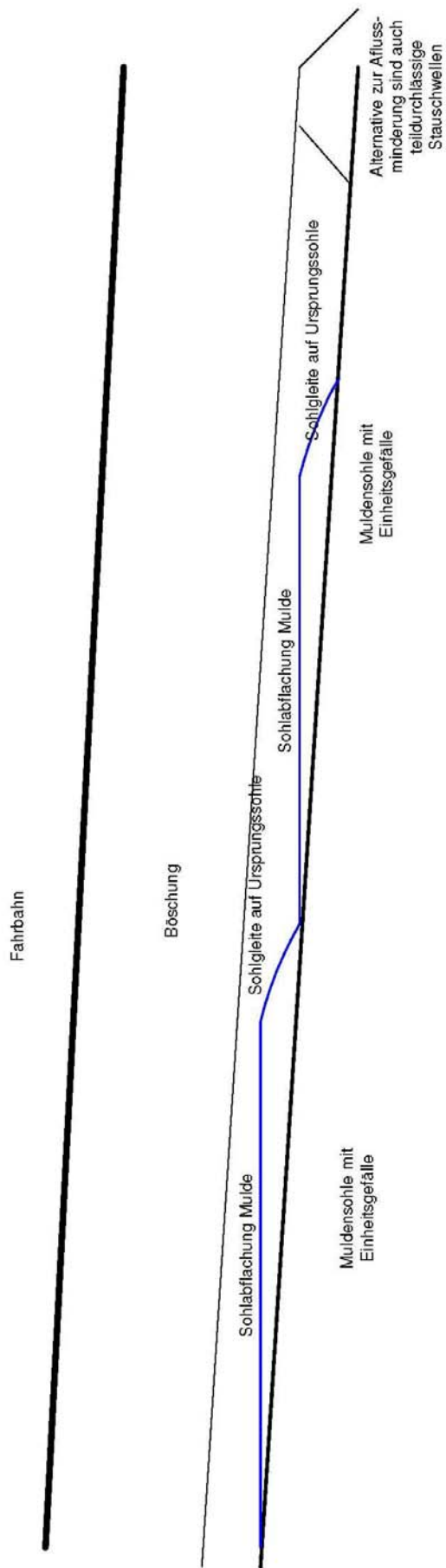
Als weitere wichtige Einflussgröße kann das Muldengefälle unabhängig vom Gelände- und Straßengefälle Abfluss hemmend gestaltet werden. Bisher wurden dazu Stauschwellen in die Mulden eingebaut, durch welche ein direkter Wasser- und Sedimentrückhalt erreicht wird. Weil oftmals die Eignung des Untergrundes für derartige Systeme nicht ausreichend beachtet wurde, verursachen Mulden mit Stauschwellen häufig Untergrundvernässungen. Bei der Planung neuer Anlagen dieser Art ist daher besonders auf eine ausreichende Sickerfähigkeit des anstehenden Untergrundes zu achten.

Eine unsachgemäße Böschungs- und Muldenwartung hat häufig zu einem Rückbau der Stauschwellen geführt.

Durch eine **kaskadenartige Muldenkonstruktion** kann eine Abflusshemmung auch ohne o. g. Nachteile erreicht werden, so dass nur im weiteren Bereich des Muldentiefpunktes Maßnahmen zur Volumenaktivierung mit Stauschwellen und Muldendrainagen erforderlich werden.

Um sicherzustellen, dass die Überströmungsgeschwindigkeiten den Wert von maximal 2 m/s für den Bemessungsregen ($n = 1$) nicht übersteigen, sollen Neigungen von Schwellen und Sohlprüngen in Muldenkaskaden maximal 1 : 3 betragen. Durch diese flachere Abböschung können außerdem Schwellenschäden durch das längs fahrende Mähgerät abgemindert werden.

Im Bereich von gepflasterten oder anderweitig befestigten Schwellen mit Neigungen bis 1 : 3 sollte zu hoher Bewuchs kontinuierlich vermieden werden, so dass die Befestigungen erkennbar sind und somit Schäden am Mähgerät vermieden werden.



**Abflussminderung durch Muldenkaskaden
als Alternative zu Stauschwellen
(Vermeidung von Vernässungen)**

4.1.2 Behandlung von Niederschlagswasser

4.1.2.1. Allgemeine Hinweise zur Anwendung des DWA-M 153

Inwieweit das von bebauten und befestigten Flächen abfließende Niederschlagswasser vor Einleitung in ein Gewässer einer Behandlung bedarf, kann i. d. R. mit Hilfe des DWA-M 153 entschieden werden. Der jeweils mindestens erforderliche Behandlungsumfang richtet sich dabei nach der Art und der Nutzung der betreffenden bebauten und befestigten Flächen, nach der Luftverschmutzung und nach der Art des zu benutzenden Gewässers. Für die Einleitung von Niederschlagswasser in Gewässer mit besonderen Schutzbedürfnissen gelten strengere Anforderungen bezüglich der Behandlung.

Mit den unter 4.1.1 beschriebenen Maßnahmen zur Abflussreduzierung in offenen Entwässerungssystemen können bereits erhebliche Effekte zur Behandlung des Niederschlagswassers erreicht werden, die sich in einem geringen Durchgangswert nach DWA-M 153 darstellen lassen. Grundsätzlich besteht deshalb ein enger Zusammenhang zwischen den Maßnahmen zur Abflussreduzierung und den Maßnahmen zur Abflussreinigung. Je stärker der Abfluss mit den dargestellten Maßnahmen reduziert werden kann, desto geringer können die Maßnahmen zur Reinigung des Niederschlagswassers ausfallen. Umgekehrt führt das Unterlassen von Maßnahmen zur Abflussverzögerung zwangsläufig zu erhöhten Aufwendungen bei der Reinigung.

Als außerordentlich effektiv hat sich die Integration der Reinigungsstufe in ein naturnahes Ableitungssystem bewährt, wie dies bei der mit Rasen bewachsenen Mulde der Fall ist. Einsetzbar ist die mit Rasen bewachsene Mulde im Straßenseitenraum, in Grünstreifen von Wohngebieten und im Bereich der Grundstücksentwässerung. Auch in Gewerbegebieten ist eine offene Entwässerung mit Rasenmulden möglich, sofern keine weitergehende Behandlung oder Ableitung von stark verschmutztem Niederschlagswasser in ein Schmutz- oder Mischwasserkanal notwendig ist. Abgesehen von den Funktionen Reinigung und Ableitung bietet die Rasenmulde auch die Möglichkeit Speichervolumen bereitzustellen, was sie zu einem universellen Mittel der ökologischen Niederschlagswasserbeseitigung macht.

Bei der Flächenversickerung des über Bankett, Böschung und ggf. Mulde von Straßen mit einer Verkehrsbelastung < 5.000 Kfz/24 h abfließenden Niederschlagswassers kann gemäß DWA-M 153 bereits die Passage einer bewachsenen Oberbodenschicht ausreichen, um das Grundwasser ausreichend zu schützen.

Der Vergleich nach DWA-M 153 zwischen Gewässerpunktzahl (G) von 10 Punkten für Grundwasser außerhalb von Wasserschutzzonen und der Abflussbelastung (B) von 20 Punkten (Flächenbelastung 19 Punkte und Luftbelastung 1 Punkt) ergibt eine erforderliche Niederschlagswasserbehandlung mit einem maximalen Durchgangswert (D) von 0,5

($D = G/B$). Eine Versickerung über eine bewachsene Oberbodenschicht von 10 cm wird bei einer Flächenbelastung von $\leq 5 : 1$ ($A_u : A_s$) mit einem Durchgangswert von $D = 0,45$ bewertet. Bei größeren Verschmutzungspotentialen kann schon allein durch die Vergrößerung der Stärke der bewachsenen Oberbodenschicht eine ausreichende Behandlung des Niederschlagswasserabflusses erreicht werden, so dass separate zusätzliche Behandlungsmaßnahmen vermeidbar sind. Somit kann z. B. auch für Straßen mit höherer Verkehrsbelastung die offene Entwässerung möglich sein. Für alle

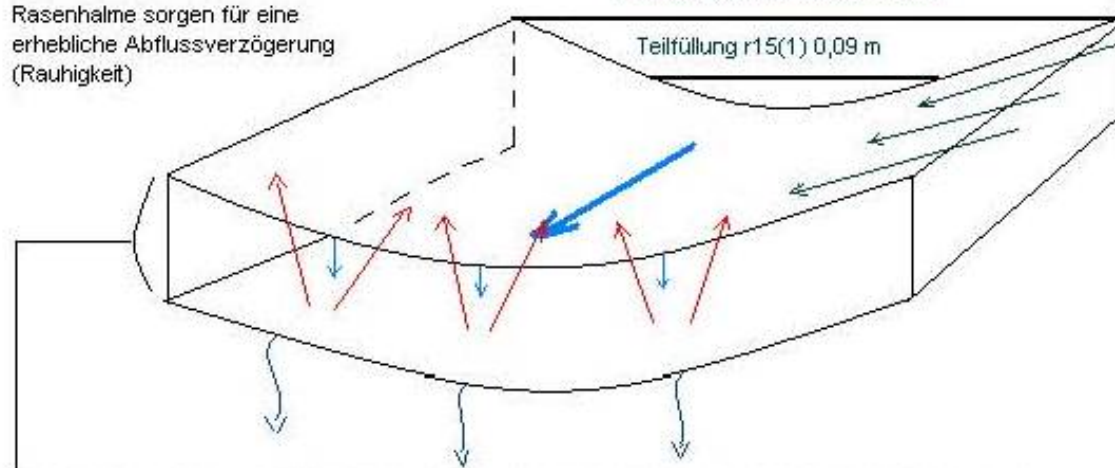
Entwässerungsgebiete ist diese Art der Niederschlagswasserbeseitigung allerdings nicht geeignet. Aufgrund der Flächennutzung und der daraus folgenden Flächenverschmutzung kann das Niederschlagswasser so stark belastet sein, dass eine Versickerung über die bewachsene Bodenzone nicht in Betracht kommt. In diesen Fällen ist eine gesonderte Ableitung und geeignete Behandlung des Niederschlagswasserabflusses vor Einleitung in ein Gewässer oder die Ableitung in eine Kläranlage angezeigt. Darüber hinaus ist generell darauf zu achten, dass es unerwünscht ist, stark verschmutztes Niederschlagswasser mit gering oder mittelmäßig belastetem zu vermischen.

Die universellen Eigenschaften der Standard-Rasenmulde für die Stadt- und Straßenentwässerung

mit Standardmaßen von 2,0 m Breite und 0,3 m Tiefe fällt sie kaum auf und hat trotzdem je lfm m ein Füllvolumen von 0,38 m³, bei einer Standardstraßenbreite von 8,0 m führt der Bemessungsregen r₁₅₍₁₎ zu einem Füllstand von 0,09 m mit einem Füllvolumen von 0,065 m³ (65 l). Dies führt bei Sohlgefällen bis 1,5 ‰ zu $v < 0,5$ m/s

Vollfüllung bei 0,3 m Wassertiefe

Rasenhalm sorgen für eine erhebliche Abflussverzögerung (Rauhigkeit)



die bewachsene und durchwurzelte Bodenzone von bis zu 0,3 m Mächtigkeit infiltriert und reinigt das Niederschlagswasser, speichert bis zu 240 l je lfm m und gibt einen Großteil des Wassers über Pflanzenwachstum wieder nach oben ab, nur ein kleinerer Teil versickert gereinigt ins Grundwasser

Ergibt die Versickerungsberechnung von Mulden einen Teilabfluss in ein Oberflächen-gewässer, der nicht mit einem Mulden-Drainage-System oder mit Mulden-Stauschwellen zurückgehalten und gereinigt werden soll, sind entsprechende Teilabflussbewertungen nach DWA-M 153 erforderlich.

Überprüfungen mit Langzeitsimulationen ergaben, dass in solchen Fällen maximal 10 % des Jahresniederschlages zum Abfluss gelangen, so dass nur ein unerheblicher Mengenanteil in einem zusätzlichen Bewertungsverfahren nach DWA-M 153 berücksichtigt werden muss. Die Notwendigkeit einer solchen Teilstrombewertung sollte als Einzelfallentscheidung mit der zuständigen Wasserbehörde abgestimmt werden. Bei Anteilen von bis zu 5 % ist davon auszugehen, dass die Abflussgeschwindigkeit beim Bemessungsregen [$r_{15(1)}$] im Mulden-system auf unter 0,1 m/s gesenkt ist, so dass auch hier ein Durchgangswert von etwa 0,5 erreicht wird (DWA-M 153, Tabelle A.4c auf Seite 31, Typ D23 Spalte d – jedoch verdoppelt wegen doppelter Fließgeschwindigkeit oder alternativ mit Nachweis über D25 Spalte d).

Sind Versiegelungsgebiete in begründeten Fällen nur mittels Kanalisationen zu entwässern (Siedlungsverdichtung, Mittelstreifenentwässerung), verursachen sie meist auch ein Behandlungserfordernis mittels Beckentechnologie. Es sind dann vorzugsweise semizentrale Möglichkeiten anzustreben, um die Auswirkungen auf den Wasserhaushalt gering zu halten. Auch dabei kann es sinnvoll sein, die Möglichkeit eines Wechsels von der Kanalisation in ein offenes Muldensystem zu untersuchen.

4.1.2.2. Sedimentationsanlagen für den Muldenabfluss

Untersuchungen an offenen Absetzbecken mit ausschließlichem Muldenzufluss ergaben, dass nur geringe oder keine Sedimente zum Becken gelangen. Häufig werden völlig trockene und sedimentfreie Becken auch nach mehrjährigem Betrieb vorgefunden. Diese belegen, dass planerisch von zu niedrigen Versickerungsraten für die offene Entwässerung ausgegangen wurde.



Zuflussfreies Absetzbecken an der B6n

Bei der Streckenentwässerung von Straßen ergeben sich meist Möglichkeiten, das in Kanalisationen gefasste Niederschlagswasser auf das begleitende Muldensystem abschnittsweise auszuleiten. Somit lassen sich die Kanaldurchmesser klein halten (in der Regel Mindestdurchmesser DN 300). Gleichzeitig kann durch die Benutzung der ansonsten nicht durch Versiegelungen belasteten Muldebereiche (Außenradien) eine gleichmäßige hydraulische Verteilung gesichert werden, welche wiederum die gewünschte Fließzeitverlängerung mit den entsprechenden Reinigungseffekten der Sedimentation und Infiltration (Versickerung) bewirkt. Derartige Kombinationen verursachen meistens (Rest-) Muldenabflüsse die keiner weiteren Behandlung bedürfen. Für solche Abflüsse aus Mulden ist nur beim Bemessungsregen mit geringen Anteilen an transportierten Sedimenten zu rechnen. Da diese Verhältnisse auf Grund der statistischen Niederschlagsintensitäten im langjährigen Mittel nur etwa bis zu dreimal jährlich auftreten, sind keine gesonderten Absetzbecken erforderlich. Es ist eine direkte Aufleitung des Niederschlagswasserabflusses auf ein Regenrückhaltebecken oder Retentionsbodenfilter möglich. Wie viele Praxisbeispiele zeigen, ist eine Kolmation oder gar Verschlämmung nicht zu erwarten.

4.1.2.3. Sedimentationsanlagen für den Kanalabfluss

Sedimentationsanlagen werden errichtet, um den Eintrag von Feststoffen in die Gewässer zu verringern und Versickerungsmulden oder -becken vor Kolmation zu schützen. In der Praxis der Stadtentwässerung haben sich Anlagen mit einem vorgegebenen Abscheidegrad durchgesetzt. Dabei werden die Varianten gemäß Tabelle A.4c auf Seite 31 des DWA-M 153 in Abhängigkeit des Zuflussregimes ausgeschöpft. Mehrjährige Erfahrungen mit Anlagen, die mit einer kritischen Regenspende von 15 - 60 l/(s * ha) bemessen wurden, zeigen, dass ausreichende Abscheidegrade erreicht werden, um nach geschaltete Versickerungsanlagen kolmationsfrei zu halten.

Von den Varianten gemäß Tabelle A.4c auf Seite 31 des DWA-M 153 (Anlagentypen D21 - D25) werden in der RAS-Ew nur zwei genannt (D21-d und D25-d). Da in Versickerungsanlagen, denen ein nach RAS-Ew dimensioniertes Absetzbecken vorgeschaltet ist, ein sehr geringer Sedimentanfall zu verzeichnen ist, wird empfohlen, für die Bemessung von Absetzbecken im Bereich der Straßenentwässerung ebenfalls die Variationsmöglichkeiten gemäß DWA-M 153 zu nutzen.



Versickerungsbecken kanalgespeist mit vorgeschaltetem Schachtsandfang



Befüllung des Versickerungsbeckens nach einem Starkregen (14 mm)

Der Anlagentyp D21 (RistWag-Abscheider) sollte demnach nur bei besonderen Schutzanforderungen (z. B. Wasserschutzgebiete) angewendet werden. Bedenklich ist allerdings dessen Durchgangswert von 0,2 in der Gesamtemissionsbetrachtung. Zwar kann für sedimentierbare Stoffe ein Wirkungsgrad von 80 % erreicht werden, für die Abreinigung gelöster oder schwer absetzbarer Stoffe ist er jedoch ungeeignet. Hier sind sogar schädliche Wirkungen auf Gewässer zu erwarten und in der Praxis auch nachgewiesen.

Im Ergebnis der Beckenzustandsanalyse sollten bei der Planung von Absetzbecken folgende Aspekte berücksichtigt werden.

- Steile Böschungen von 1 : 1,5 lassen eine Wartung im und am Wasser nur erschwert und unter hohem Arbeitsschutzaufwand zu. Zudem ist die Verschilfrate beträchtlich und führt im Extremfall zur Biotopbildung.
- Dauergestaute Absetzbecken sollten auf ein kleinst mögliches Maß bemessen werden. Die Hauptreinigung kann viel effektiver und gründlicher durch die Passage einer bewachsenen Bodenzone erfolgen.
- Mindestabmessungen für einen ausreichenden Schwimmstoffrückhalt durch Tauchwände bei Unfällen sollten vorgegeben werden. Ein Leichtstoffauffangvolumen von 1.000l sollte mindestens vorgehalten werden, um eine Reaktionszeit für das Verschließen der Kanalisation im Havariefall zu ermöglichen. Eine Volumenbereitstellung für gesamte Fahrzeugladungen (30 - 50 m³) erscheint im Regelfall nicht verhältnismäßig.
(Bei einem Leichtstoffauffangvolumen in Höhe von 1.000 l berechnet sich für eine vorgegebene Schichtdicke von 10 cm eine Mindestfläche von 10 m² Netto. Einschließlich eines Aufströmbereiches von zusätzlich 20 % ist eine Bruttomindestfläche von 12 m² mit den Maßen L * B * H von 6 * 2 * 2 m vorzusehen. Den kritischen Bemessungszufluss übersteigende Zuflüsse sind durch möglichst einfache Trennvorrichtungen um das Becken herum zu leiten. Am einfachsten lassen sich dazu entsprechend bemessene Rohrquerschnitte und Abschlagshöhen umsetzen. Für exakt arbeitende Anlagen werden aber auch technische Lösungen angeboten. In jedem Fall sind derartigen Baugrößen durch geschlossene unterirdische Bauweise wesentlich wirtschaftlicher zu errichten und zu betreiben.)

4.1.2.4. Weitergehende Behandlung des Niederschlagswasserabflusses

Bei der Planung von Becken mit Rückhaltefunktion sollten die Beckensohle und die Böschung mit bewachsener Bodenzone wasserdurchlässig gestaltet werden, so dass eine Passage des Niederschlagswassers oder eines Teils des Niederschlagswassers möglich ist. Der Drosselabfluss des Regenrückhaltebeckens kann dabei durch die Versickerung in die Beckensohle und -böschung ersetzt oder teilweise ersetzt werden. Anschließend wird mit einer Drainage für den Horizontalabfluss des gefilterten Wassers zum Oberflächengewässer gesorgt. Dieses Grundprinzip lässt sich in fast allen Entwässerungselementen integrieren, von der Transportmulde bis zum Regenrückhaltebecken. Ohne signifikanten Mehraufwand kann durch derartige Maßnahmen gut gereinigtes Niederschlagswasser in den natürlichen

Wasserkreislauf abgegeben werden. Diese Maßnahmen sollten nicht nur bei der Neuplanung sondern auch bei der Sanierungsplanung von Anlagen berücksichtigt werden.

Auch in Gebieten mit schlecht durchlässigem Untergrund sollten vorhandene Versickerungsbecken generell mit drainageartigen Anlagenteilen unter den Becken(Mulden)sohlen ausgestattet werden. Die Ableitung des Niederschlagswassers aus diesen Anlagenteilen sollte möglichst im freien Gefälle zu einem Oberflächengewässer (natürliche Entwässerungstiefpunkte) erfolgen.

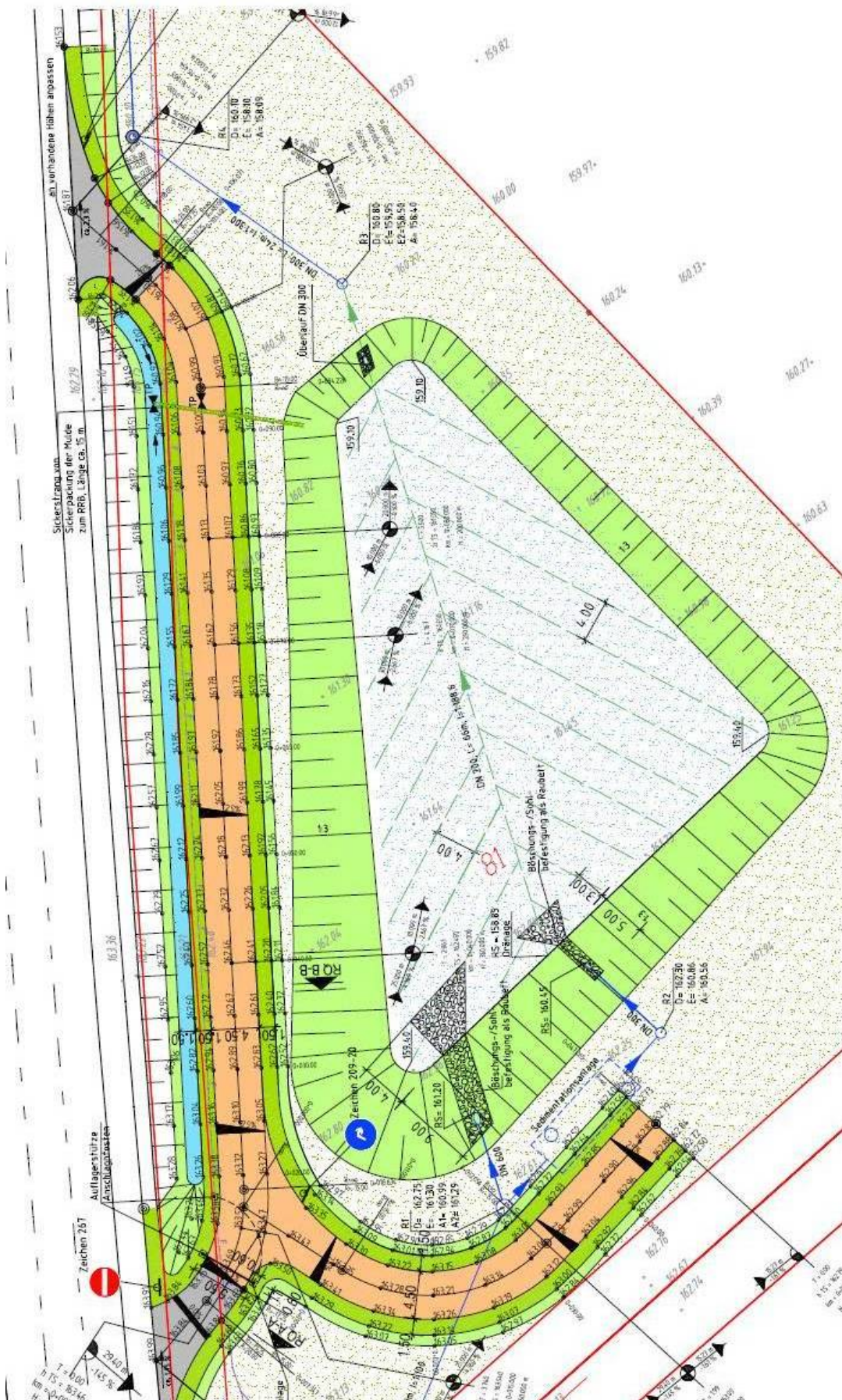
Die Beckengestaltung kann in Anlehnung an den in der RAS-Ew aufgeführten Retentionsbodenfilter erfolgen. Abweichend sind jedoch geringere Filterschichthöhen sowie vereinfachte Drainagesysteme in Abhängigkeit von den Reinigungsanforderungen und vom hydraulischen Erfordernis möglich. Entscheidend ist hier die Mächtigkeit der mit Rasen bewachsenen Mutterboden-Filterschicht entsprechend DWA-M 153.

Drainageabflüsse sollten möglichst direkt über Kies- / Sandrigolen in Oberflächengewässer eingeleitet werden. Nur wenn dies wirtschaftlich nicht sinnvoll ist, z. B. wegen einer zu großen Entfernung, oder behördliche Anforderungen bestehen, sollten Drainagerohre vorgesehen werden.

Die Anschlusshöhe der Drainagesohle am Oberflächengewässer sollte sich im bzw. oberhalb des Mittleren Höchsten Grundwasserstandes (MHGW) befinden. Technische Vorrichtungen zur Rückstausicherung sind dann nicht erforderlich. Kurzzeitig höhere Gewässerwasserstände geringerer Häufigkeit dürfen in das Filter zurück stauen.

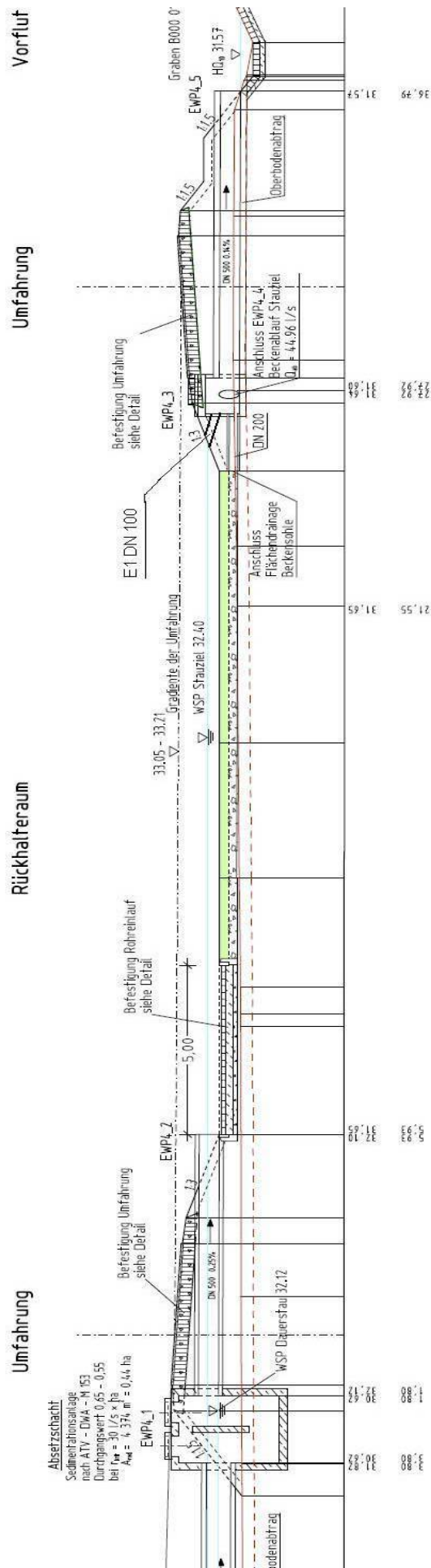
Empfohlen werden auch Kombinationen aus Versickerungsbecken und Bodenfiltern mit Rückhaltebecken durch Anordnung einer zweiten technischen Drosseleinrichtung etwa 30 cm über der versickernden Beckensohle. Die so geschaffene zweite Staulamelle lässt hohe Einstauhöhen zu und kann die schnelle Teilentleerung solcher Becken zum Überlastungsschutz der bewachsenen Bodenzone sicherstellen.

Solche Drosseleinrichtungen können bei geringen Anforderungen an die Genauigkeit als Rohrdrossel bemessen werden. Andernfalls sind auch andere technische Konstruktionen möglich, die aber die Errichtung eines begehbaren Schachtbauwerkes erfordern.



Regenrückhaltebecken mit durchlässiger und drainierter bewachsener Bodenzone (RRB-d.b.Bz.) mit vor geschaltetem unterirdischen Absetzbecken (Neubauplanung an der A9)

m 1:100



Längsschnitt Regenrückhaltebecken mit durchlässiger und drainierter bewachsener Bodenzone (RRB-d.b.Bz.) mit vor geschaltetem unterirdischen Absetzbecken und zweiter Drosselvorrichtung (DN 100)

Ist ein Oberflächengewässer nur in einer unwirtschaftlich großen Entfernung zu erreichen, sind die Möglichkeiten für kostengünstigere Vertikalrigolen zu einer Grundwasser leitenden Schicht zu prüfen. Nur wenn auch dies wirtschaftlich nicht vertretbar oder (hydro)geologisch nicht möglich ist, kommt für die Entwässerung eine flächenintensive Vernässung am natürlichen Geländetiefpunkt, ggf. in Verbindung mit einer Landschaftspflegerischen Begleitmaßnahme (LBP-Maßnahme), oder ein Überpumpen in Betracht. Gebäudegründungen und Gradientenhöhen müssen dann ausreichend hoch geplant werden, um Wasserrückstau in die frostsichere Bauwerksgründung / Straßenaufbau ausschließen zu können.

Rückhaltebecken mit gedichteten Sohlen sollten bei künftigen Planungen grundsätzlich vermieden werden. In der Vergangenheit entstanden solche Becken bei Grundwasserberührung mit hohen Aufwendungen für die Dichtheit und gegen das Aufschwimmen. Dabei wurde häufig nicht bedacht, dass unmittelbar hinter dem Becken ohnehin eine Vermischung des eingeleiteten Niederschlagswassers mit dem in das Oberflächengewässer einströmenden Grundwasser erfolgt.

Bei künftigen Planungen ist vermehrt auf eine ausreichende Höhenlage von Regenbecken zu achten. Durch konsequente Ausnutzung aller Planungsspielräume, hierzu gehört insbesondere auch die Gestaltung des Gefälles der Abflusssysteme (siehe Punkt 4.1.1), sind zu tief angelegte Regenbecken zu vermeiden. In der Praxis ist immer wieder festzustellen, dass es zeitweise zum Rückstau aus dem Einleitungsgewässer und damit zu einer Befüllung von Regenbecken kommt. Teilweise werden dadurch auch Ableitungssysteme der Siedlungs- und Straßenentwässerung eingestaut.

Versickerungsbecken und Bodenfilter sollten nur noch für Einstauhöhen von 30 cm ($n = 1$) bis 50 cm ($n = 0,1$) geplant werden. In Verbindung mit flachen Böschungsneigungen kann dann auf Umfahrungen und bautechnische Einfriedungen verzichtet werden. Ein zunächst zu erwartender höherer Flächenbedarf kann durch Bemessungsoptimierung der Abflusssysteme und Beckentechnologie reduziert werden.

Um die Wartung zu vereinfachen sollte auf das Einbringen von Steinschüttungen in Becken verzichtet werden. Beckeneinläufe und -ausläufe sind dann mittels Pflasterungen kleinräumig an die Beckensohlen und -böschungen anzugleichen. Zuläufe sind möglichst in Höhe des Bemessungswasserstandes anzuordnen. Größere Höhenunterschiede, die nicht mit Rasen bewachsenen Mulden von bis zu 6 % Gefälle überwunden werden können, sollten nicht mit offenen Kaskaden, sondern mit geschlossenen Absturzschächten und kurzen Auslaufrohrleitungen überwunden werden. Kaskaden und Steinschüttungen unterliegen im Allgemeinen einem hohen Frost- und Erosionsverschleiß.

Drosseleinrichtungen zur Begrenzung des Einleitungsvolumenstromes in Gewässer sollen möglichst wartungsarm sein und natürlich wirken. Dem kommt die Bodenfilterhydraulik einschließlich Drainage entgegen. Deshalb sollte sie als Standardlösung für Regenrückhaltebecken entwickelt werden. Bodenfilter einschließlich der darunter liegenden Sandpackung können zunächst größere Wassermengen aufnehmen ohne sofort eine Einleitung zu verursachen.

Bei einem k_f - Wert in Höhe von $1,5 \cdot 10^{-5}$ m/s beträgt die Filtergeschwindigkeit 5,4 cm/h. Die Passage durch eine 30 cm Mutterbodenzone dauert damit etwa 5,5 Stunden. Bei einer folgenden 30 cm Sandschicht mit einem k_f - Wert in Höhe von $1 \cdot 10^{-4}$ m/s beträgt die Filtergeschwindigkeit 36 cm/h. Daraus ergibt sich eine Passage-Zeit von nochmals knapp 1 Stunde. Gleichzeitig wirkt ein Speicherkoeffizient von 0,4. Bei 60 cm Schichtdicke sind dies 240 l/m². Erst dann füllt sich langsam das Drainagerohr, das vom Durchmesser her an den gewünschten Ablaufvolumenstrom der Mutterbodenfläche angepasst sein muss. Dabei gilt es die Dimension eher kleiner zu halten als erforderlich, um mögliche Einflüsse von Kurzschlussströmen durch Wurzelkanäle entgegenzuwirken.

Beispiel:

Für eine 500 m² Filterbodenfläche mit einem k_f - Wert von $1,5 \cdot 10^{-5}$ m/s beträgt der Ablaufvolumenstrom 7,5 l/s. Bei Umsetzung eines geringen Gefälles von 0,1 % für das Drainagerohr sollte eine Ablaufnennweite von DN 150 mit einem Vollfüllungsvolumenstrom von etwa 5 l/s gewählt werden. Durch zusätzlichen Energiegewinn bei Freigefälleablauf auf kurzen Strecken (50 m) würde ein Energiegefälle von etwa 0,2 % entstehen, was dem angestrebten Ablaufvolumenstrom (10 l/s) schon sehr nahe kommt. Insofern könnte das 500 m² - Becken mit einem Filtervolumenstrom von 7,5 l/s eine Standardlösung für die Niederschlagswasserbeseitigung werden, zumal sich eine solche Fläche auch problemlos in die Standard-Rasenmulde (B = 2,0 m, H = 0,3 m) integrieren lässt. Dieses Filter benötigt dann minimal 250 m Muldenlänge. Besser ist eine Muldenaufweitung auf 5 m und eine Länge von 100 m, da so auch Geländeunterschiede besser ausgeglichen werden können.

4.2 Bemessungshinweise

Für die Bemessung von Anlagen zur Ableitung, Rückhaltung, Versickerung und Behandlung des von bebauten und befestigten Flächen abfließenden Niederschlagswassers müssen so genannte Bemessungshäufigkeiten vorgegeben bzw. die Überstau- oder Überflutungshäufigkeit nachgewiesen werden. Übliche Werte hierzu finden sich z. B. im Abschnitt 8.4.3.3 der DIN EN 752 (April 2008), in den Tabellen 2 und 3 des DWA-A 118 (März 2006) und im Abschnitt 1.3.2.1 der RAS-Ew (2005).

Welche Bemessungshäufigkeit im Einzelfall anzusetzen ist, hängt von den jeweiligen örtlichen Verhältnissen (z. B. Bebauung, Anforderungen des Gewässerschutzes) ab. Je höher die Bedeutung der Sachgüter bzw. Schutzbedürftigkeit der Gewässer ist, je seltener sollte eine Überflutung eintreten.

Im Hinblick auf die Verkehrssicherheit muss im Bereich der Straßenentwässerung so geplant und bemessen werden, dass es möglichst selten zu Einstauungen auf der Straßenfläche kommt. Im Normalfall kann für die Ableitung des Niederschlagswassers von Straßenflächen außerhalb von Ortschaften (Mulden, Seitengräben, Rohrleitungen) sowie für Versickerungsmulden die Bemessungshäufigkeit $n = 1$ gewählt werden.

Für Regenrückhalteanlagen wird im Normalfall eine Bemessungshäufigkeit von $n = 0,2$ gewählt.

Die Bemessung von Anlagen zur Niederschlagswasserbeseitigung kann mit so genannten einfachen Verfahren erfolgen.

- | | | |
|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none">• Regenrückhaltebecken - DWA-A 117• Versickerungsanlagen - DWA-A 138• Kanalisationen - DWA-A 118• Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden - DIN EN 752 (2008-04)• Straßenentwässerungseinrichtungen RAS-Ew (2005) |  | (Anwendungsbereich für einfache Verfahren:
$A_E \leq 200 \text{ ha}$ oder
$t_F \leq 15 \text{ min}$
$n \geq 0,1/a$ bzw. $T_n \leq 10 \text{ a}$
$q_{Dr,R,u} \geq 2 \text{ l/(s*ha)}$
q_S bezogen auf $A_u \geq 2 \text{ l/(s*ha)}$) |
| <ul style="list-style-type: none">• Niederschlagswasserbehandlung - DWA-M 153 | | |

Fakultativ bzw. bei Überschreitung des Anwendungsbereiches des einfachen Verfahrens können Simulationsmodelle zur Bemessung bzw. zum Nachweis von Entwässerungseinrichtungen genutzt werden.

Wie sich die hydraulische Überlastung einer Entwässerungseinrichtung auf die Anlage selbst und die Umgebung (Sachgüter, Einleitungsgewässer) auswirkt, muss untersucht werden.

Für Anlagen zur Niederschlagswasserableitung, -rückhaltung und -behandlung ist in der Regel ein Notüberlauf vorzusehen um die Anlagen vor Schäden zu bewahren. Es ist nachzuweisen, dass das Notüberlaufwasser möglichst schadlos abgeleitet werden kann. Der Notüberlauf muss auf den maximal möglichen Zufluss zur Anlage (entsprechend des Rohr- oder Gerinnequerschnitts) dimensioniert werden.

4.2.1 Ableitung und Rückhaltung von Niederschlagswasser

Die Bemessung von Regenrückhalteinlagen kann unter Beachtung des Anwendungsbereiches nach dem Dauerstufenverfahren gemäß DWA-A 117 erfolgen.

Im Bereich der Straßenentwässerung gilt Abschnitt 1.3.3 der RAS-Ew. Hier wird unterschieden zwischen der direkten Anwendung des Dauerstufenverfahrens auf das konkrete Entwässerungssystem und der vereinfachten Methode, bei der aus den Ergebnissen der Abflussberechnung eine Fläche A_u zu ermitteln ist, für welche dann das Dauerstufenverfahren angewendet wird.

Ausgehend von den in der Einleitung angeführten Prioritäten der Niederschlagswasserbeseitigung und unter Beachtung eines ggf. vorliegenden Behandlungserfordernisses des Niederschlagswassers, sollte die Entwässerung versiegelter Flächen vorzugsweise mit oberirdischen Anlagen bzw. offenen Gerinnen (Mulde, Graben) erfolgen. Insbesondere für diese Fälle wird zur Bemessung bzw. zum Nachweis erforderlicher Regenrückhaltevolumina die Anwendung von Simulationsprogrammen empfohlen, da mit diesen die Ablaufcharakteristik des Niederschlagswassers besser berücksichtigt werden kann. Sofern das Dauerstufenverfahren angewendet werden kann, sollte auf Grund der verfügbaren Rechentechnik die direkte Anwendung des Dauerstufenverfahrens auf das konkrete Entwässerungssystem der vereinfachten Methode vorgezogen werden.

Es ist darauf zu achten, dass der für die Speicherbemessung als maßgebend ermittelte Zufluss auch tatsächlich durch die betreffende Entwässerungseinrichtung (z. B. Rohrleitung, Mulde, Graben) vollständig zugeleitet werden kann. Sollte dies nicht der Fall sein, ist der Drosselabfluss der Entwässerungseinrichtung als maßgebender Zufluss für die Speicherberechnung anzusetzen.

Das über Bankett und Böschung einsickernde Niederschlagswasser gelangt erst deutlich nach Ende des für die Bemessung maßgebenden Regenereignisses in die Mulde und versickert dort. Es ist daher nicht erforderlich, dieses später in der Mulde abfließende Niederschlagswasser bei der Bemessung der Ableitungs- und Rückhalteinlagen zu berücksichtigen. Bei der Ermittlung des maßgebenden Niederschlagswasserzuflusses zu den Ableitungs- und Rückhalteinlagen ist jedoch der Anteil des Niederschlagswassers in Abzug zu bringen, der über Bankette und Böschungen versickert.

Bei der Schätzung der Fließzeit zur Bestimmung des Abminderungsfaktors (Bild 3, DWA-A 117) kann auf die Abflussberechnung zurückgegriffen werden, indem man die in der Abflussberechnung ermittelten Fließzeiten in Beziehung zu den absoluten Werten der Regenspende setzt. Alternativ kann man die Fließzeit in einem offenen Gerinne (hier Trapez) wie folgt abschätzen.

$$A = (Q \cdot D) / L = h \cdot (b + m \cdot h) = m \cdot h^2 + b \cdot h$$

Gleichung umstellen und normieren ergibt

$$0 = h^2 + b/m \cdot h - A/m$$

mit $b/m = p$ und $A/m = q$ folgt

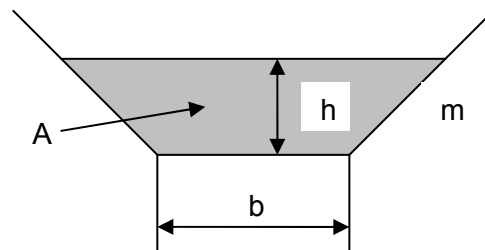
$$h_{1/2} = -p/2 \pm \text{Wurzel}((p/2)^2 - q)$$

Mit dem sinnvollen Ergebnis für die Stauhöhe h kann nun die Fließgeschwindigkeit berechnet werden.

$$v = k_{st} * r_{hy}^{2/3} * I_E^{1/2} \quad [r_{hy} = A / I_u , \quad I_u = b + 2h * \text{Wurzel}(1 + m^2)]$$

geschätzte Fließzeit $t_F = L / v$

- A - Fließquerschnitt (ohne Abfluss, ohne Versickerung) (m²)
- Q - Abfluss in der Mulde (m³/s)
- D - Dauerstufe der Regenspende (s)
- L - Länge der Mulde (m)
- h - Einstauhöhe (m)
- b - Sohlbreite der Mulde (m)
- m - Böschungsneigung
- v - Fließgeschwindigkeit (m/s)
- k_{st} - Rauigkeitsbeiwert (m^{1/3}/s)
- r_{hy} - hydraulischer Durchmesser (m)
- I_E - Sohlgefälle (m/m)
- I_u - benetzter Umfang (m)



Für die Ermittlung der Fließzeit im Rahmen der Abflussberechnung ist bei offenen Gerinnen die Manning-Strickler-Gleichung i. V. m. der Kontinuitätsgleichung anzuwenden (Abschnitt 1.4.1, RAS-Ew). Es bietet sich an, hierfür das Programm zur RAS-Ew zu nutzen. Man kann die Parameter des offenen Gerinnes eingeben (Achtung: Gefälle in Promille) und die Stauhöhe so lange variieren, bis der berechnete Abfluss erreicht ist. Die dazu gehörende Fließgeschwindigkeit kann dann abgelesen werden.

Bei der Abflussberechnung und der Ermittlung von erforderlichen Rückhaltevolumina ist der Niederschlagswasserzufluss zu berücksichtigen, der der Mulde aus dem natürlichen Einzugsgebiet zufließt. Die Größe dieses Niederschlagswasserzufluss aus dem natürlichen Einzugsgebiet muss für die Verhältnisse angegeben werden, die auch für die Bemessung der Entwässerungseinrichtungen maßgebend sind. Zu erfragen sind entsprechende Werte beim Gewässerkundlichen Landesdienst im Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft (LHW). In den in der Anlage enthaltenen Beispielberechnungen ist der Zufluss aus dem natürlichen Einzugsgebiet zur Vereinfachung Null gesetzt.

Auf Grund eines Vergleichs des für Rasenmulden nach RAS-Ew (Seite 17, Tabelle 2) anzusetzenden Bereichs für den Rauheitsbeiwert ($k_{st} = 20$ bis $30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$) mit dem nach den Schneider-Bautabellen (WERNER-VERLAG, 17. Auflage 2006) anzusetzenden Bereich ($k_{st} = 9$ bis $13 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$), wird, unter Einhaltung ausreichender Sicherheitszuschläge in Höhe von 1,5 bis 2, die Anwendung des unteren Wertes der RAS-Ew ($k_{st} = 20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$) empfohlen.

Gemäß Schneider-Bautabellen kann der Rauheitsbeiwert mit der Gleichung

$$k_{st} = 5,87 * (2 * g)^{1/2} * K^{-1/6}$$

berechnet werden (Seite 13.20). Dabei beträgt die absolute Rauheit für Rasen $K = 60$ mm bis 400 mm (Seite 13.12).

In der Praxis findet der Bemessungsabfluss in der Vegetationsphase Mai bis September bei absoluten Rauigkeiten von 150 bis 400 mm statt.



Rasenmulde in der Vegetationsphase

Bei der Anwendung der RAS-Ew zur Bemessung von Mulden ist zu beachten, dass mit „b“ sowohl in Gleichung 7 als auch im Anhang 7 (Tabellen 7.1.1 bis 7.1.9) die Staubreite gemeint ist und nicht die Sohlbreite.

Sofern Niederschlagswasser aus mehreren Gebieten zusammenfließt, sollte bei der Abflussberechnung bei geringen Unterschieden die größte Fließzeit gewählt werden. Bei größeren Unterschieden zwischen den Fließzeiten der Teilgebiete sollte die Gesamtließzeit als gewogenes Mittel wie folgt berechnet werden.

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

Für die Bemessung von Regenrückhalteräumen gemäß Abschnitt 1.3.3 der RAS-Ew in Verbindung mit dem DWA-A 117 können, ebenso wie bei der iterativen Berechnung des Maximalabflusses zur Bemessung der Anlagen zur Abwasserableitung, die Abflussbeiwerte gemäß Abschnitt 1.3.2.1 der RAS-Ew angewendet werden.

4.2.1.1 Direkte Anwendung des Dauerstufenverfahrens

Bei der direkten Anwendung des Dauerstufenverfahrens wird zunächst für jede Dauerstufe des Niederschlages der Zufluss zur Regenrückhalteanlage unter Berücksichtigung der vorgegebenen Bemessungshäufigkeit und der ggf. vorliegenden Versickerungsleistung des Ableitungssystems ermittelt. Anschließend wird für jeden Zufluss die erforderliche Speichergröße unter Beachtung des vorgegebenen Speicherabflusses (z. B. Drosselabfluss in ein Gewässer oder in weiterführende Anlagen oder Versickerungsleistung einer Versickerungsmulde) berechnet. Das größte ermittelte Speichervolumen ist maßgebend. In den Anlagen 3 und 4 finden sich entsprechende Berechnungsbeispiele (Tabellen „Bemessung eines RRB nach Abschnitt 1.3.3 RAS-Ew bzw. DWA-A 117 (Dauerstufenverfahren),...Rasenmulde“).

Die Versickerungsleistungen der Bankette, Böschungen und Mulden werden i. d. R. mit Werten von 100 bis 150 l/(s * ha) angesetzt. Diese Werte stellen die untere Grenze der tatsächlichen Versickerungsleistung dar. Ein Wert von 150 l/(s * ha) entspricht einem k_f -Wert in Höhe von $1,5 \cdot 10^{-5}$ m/s.

Erfolgt die Ableitung des Niederschlagswassers zur Rückhalteanlage über offene Gerinne so kann dies eher als bei der Ableitung über Rohrleitungen dazu führen, dass Fließzeiten außerhalb des Anwendungsbereiches des DWA-A 117 ermittelt bzw. geschätzt werden. In diesen Fällen sollten Simulationsmodelle zum Nachweis ausreichender Beckenvolumina von Regenrückhalteanlagen angewendet werden.

4.2.1.2 Vereinfachte Methode zur Anwendung des Dauerstufenverfahrens

Bei der vereinfachten Methode zur Anwendung des Dauerstufenverfahrens ist eine Fläche A_U unter Verwendung des in der Abflussberechnung ermittelten Maximalabflusses und der diesem Abfluss zu Grunde liegenden Regenspende zu ermitteln. Mit Hilfe dieser theoretischen Fläche und der für die Bemessung der Regenrückhalteanlage maßgebenden Regenspende kann das erforderliche Speichervolumen berechnet werden. Die Dauerstufe der maßgebenden Regenspende entspricht der Dauerstufe, die zum maximalen Speichervolumen führt. Die maßgebende Bemessungshäufigkeit ist vorgegeben. In den Anlagen 3 und 4 finden sich entsprechende Berechnungsbeispiele (Tabellen „Bemessung eines RRB nach Abschnitt 1.3.3 RAS-Ew (Ermittlung des maßgebenden...) i. V. mit DWA-A 117“).

Die Dimensionierung bzw. der Nachweis von Ableitungssystemen für Niederschlagswasser erfolgt auf der Basis des Maximalabflusses. Dieser tritt ein, wenn die berechnete Fließzeit des Niederschlagswassers bis zum Bezugspunkt der Dauerstufe der Regenspende für die vorgegebene Bemessungshäufigkeit entspricht (Iteration). Je nach Art der Ableitungsanlage sind unterschiedliche Ansätze zur Abflussberechnung zu verwenden (siehe z. B. DWA-A 110, DIN EN 752, RAS-Ew). Bei der Ermittlung der theoretischen Fläche A_U aus den Ergebnissen der Abflussberechnung muss darauf geachtet werden, dass die ermittelten Maximalabflüsse unter der Bedingung Dauerstufe = Fließzeit mit den angesetzten Regenspenden korrespondieren. Es muss vermieden werden, dass Fehler in der

Abflussberechnung in den Bemessungsgang zur Ermittlung von Rückhaltevolumina einfließen.

Die vereinfachte Methode zur Anwendung des Dauerstufenverfahrens auf der Grundlage der Fläche A_u führt bei Ableitungssystemen mit offenen Gerinnen schnell dazu, dass der Anwendungsbereich des DWA-A 117 verlassen wird. Während bei der direkten Anwendung des Dauerstufenverfahrens auf das konkrete Entwässerungssystem Regenspenden längerer Dauer, also geringerer Intensität, entsprechend der Versickerungsleistung des Ableitungssystems zu eher geringeren Abflüssen führen, wird dieser Effekt bei der vereinfachten Methode nicht berücksichtigt. Daher sind bei der Anwendung der vereinfachten Methode eher Regenspenden längerer Dauer maßgebend, für die jedoch im Zusammenhang mit der Ermittlung des Abminderungsfaktors Fließzeiten außerhalb des Anwendungsbereiches des DWA-A 117 geschätzt werden (siehe Ergebnis in Anlage 3, Tabelle „RRB (DWA-A 117)“).

Sofern bei der Ableitung von Niederschlagswasser über Mulden das Ziel verfolgt wird, einen Teil des Niederschlagswassers zu versickern, muss dieses bei der Abflussberechnung berücksichtigt werden. Auf Grund der Versickerungsleistung eines offenen Gerinnes kann bei der Iteration zur Ermittlung des maximalen Abflusses auch der Fall eintreten, dass kein Abfluss erfolgt (siehe Anlage 4, Tabelle „Bemessung eines RRB nach Abschnitt 1.3.3 RAS-Ew (Ermittlung des maßgebenden...) i. V. mit DWA-A 117“). Insbesondere Regenspenden mit einer höheren Dauerstufe können zu diesem Ergebnis führen, wenn die Versickerungsleistung höher ist als der Niederschlagswasserzufluss. Sofern das Ergebnis der Abflussberechnung lautet „kein Abfluss“ kann daraus nicht abschließend gefolgert werden, dass eine Regenwasserrückhaltung nicht erforderlich ist. In diesem Fall sollte das Dauerstufenverfahren direkt auf das Entwässerungssystem angewendet oder eine Langzeitsimulation durchgeführt werden.

4.2.1.3 Nachweise für eine ausreichende Speicherwirkung der Entwässerungsmulde

Für den Nachweis, dass die Entwässerungsmulde das gesamte Niederschlagswasser (maßgebende Dauerstufe bei vorgegebener Bemessungshäufigkeit gemäß DWA-A 117 bzw. DWA-A 138) speichern und versickern kann, sollte die Gleichung 8 des DWA-A 138 verwendet werden. Die Versickerungsrate 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. Dass heißt, während des maßgebenden Regenereignisses beträgt die Versickerungsleistung für das zusätzlich zu speichernde Niederschlagswasservolumen Null. In den Anlagen 3 und 4 sind entsprechende Berechnungsbeispiele eingefügt (Tabellen „Nachweis, dass gesamter...versickert werden kann“).

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 (beträgt überschlägig 2)

4.2.1.4 Langzeitsimulation mit KOSIM

Bei der Simulationsrechnung mit KOSIM (Kontinuierliches Langzeit-SIMulationsmodell) wird das gesamte Niederschlagskontinuum aus einer Reihe kontinuierlich gemessener Regendaten mehrerer Jahre (Langzeit-Kontinuums-Simulation) verwendet. Der Vorteil liegt darin begründet, dass Überlagerungen von Regenereignissen abgebildet werden können. So sind z. B. bei Ereignisbeginn Benetzungs- und Muldenverluste eventuell noch nicht abgetrocknet oder nach Ende eines Niederschlag-Abfluss-Ereignisses können Becken noch Teilfüllungen enthalten. Tritt während der Beckenentleerungsphase ein weiteres Niederschlag-Abfluss-Ereignis ein, kann nicht das gesamte, sondern nur das noch verbleibende Beckenvolumen genutzt werden.

Die kontinuierliche Langzeitsimulation mit KOSIM basiert im Wesentlichen auf den gleichen Daten wie eine Dauerstufenberechnung. Hinzu kommt der Niederschlag, der hier als gemessene bzw. konstruierte Zeitreihe in Zeitabständen von 5 Minuten vorliegen muss. Die anschließende Berechnung erfolgt anhand eines hydrologischen Ersatzsystems mit dem Zeitschritt, mit dem die Niederschlagsdaten vorgegeben sind. Der komplexe Prozess des Niederschlag-Abflusses wird mit folgenden Teilprozessen beschrieben:

- Abflussbildung
- Abflusskonzentration,
- Abflusstransport
- Abflussaufteilung

Die **Abflussbildung** wird kontinuierlich jeweils in Trocken- und Nassphasen für den gesamten Berechnungszeitraum durchgeführt. Dabei erfolgt die Ermittlung des abflusswirksamen Niederschlages von befestigten, teilbefestigten, unbefestigten und natürlichen Flächen.

Unter **Abflusskonzentration** versteht man die Berechnung von Abflussganglinien in Bezug auf bestimmte Einzugsgebietsflächen (Konzentrationsgebiete) unter Vorgabe von örtlich gleichmäßig verteilt angenommenen, abflusswirksamen Niederschlägen. Es wird auf eine mathematische Beschreibung der physikalischen Vorgänge des Abflusses verzichtet und stattdessen vom Prinzip der Einheitsganglinie ausgegangen. Man versteht darunter eine für das jeweils betrachtete Einzugsgebiet charakteristische Abflussganglinie, die sich immer wieder in unveränderter Form einstellt, wenn von dem als unverändert bleibend vorausgesetzten Einzugsgebiet ein bestimmter abflusswirksamer Einheitsniederschlag (Dimension mm pro Zeiteinheit, z.B. 1mm/5min) zum Abfluss kommt.

Die in den Teileinzugsgebieten anfallenden Wassermengen des Regenwasserabflusses werden in den Abflusstransportelementen gesammelt und transportiert. Dabei bedeutet gesammelt, dass die einzelnen Abflusskomponenten zeitgerecht überlagert werden. Der **Abflusstransport** führt zu einem zeitlichen Versatz (Translation) und zu einer Dämpfung (Retention) der Abflusswelle. Der Abflusstransport ist in jedem Fall volumentreu. Die Summe von Zu- und Abfluss ist immer gleich. Vernachlässigt man bei der Berechnung der Abflussganglinie die Retention, wird die Zuflusswelle lediglich um die Fließzeit durch die Kanalstrecke versetzt (Fließzeitverschiebung).

Retention entsteht, weil sich in Abhängigkeit von der Höhe des Zuflusses der Wasserspiegel im Ableitungskanal verändert. Bei Vergrößerung des Zuflusses steigt der Wasserspiegel an, so dass es zur Speicherung eines Teils des Zuflusses kommt, bei sinkendem Zufluss kehrt sich dieser Vorgang um. Sinkt der Wasserspiegel, bewirkt dies einen verlangsamten Abflussrückgang aus dem Ableitungskanal. Je größer und je flacher ein Kanalnetz ist, je bedeutender ist die Retention. Im Arbeitsblatt ATV-A118 wurde dem Sachverhalt durch den begrenzten Anwendungsbereich der einfachen Berechnungsverfahren (z. B. Zeitbeiwertverfahren) entsprochen.

Die **Abflussaufteilung** erfolgt in den Speicherbauwerken. Bei Erschöpfung der Speicherkapazität findet eine Notentlastung statt. Der Drosselabfluss kann als konstant angenommen oder in Abhängigkeit vom Wasserstand im Speicherbecken berechnet werden.

Da das Programmsystem KOSIM im Land Sachsen-Anhalt als Prüfprogramm der Wasserbehörden im Bereich der Mischwasserkanalisationen eingesetzt wird und in allen Wasserbehörden verfügbar ist, wird nachfolgend die Anwendung dieser Software für den Nachweis von Regenrückhalteanlagen im Bereich der Straßenentwässerung an einem Beispiel (Anlage 5) beschrieben.

Um mit der Langzeitsimulation ein ausreichendes Regenrückhaltevolumen nachweisen zu können, ist es notwendig, ein hydrologisches Ersatzsystem mit Hilfe der vorgegebenen Programmfunktionen zu erstellen. Weil KOSIM bisher noch nicht über eine Symbolbibliothek verfügt, die auch Bankette, Böschungen und Entwässerungsgerinne beinhaltet, werden diese Anlagen im Beispiel durch die analoge Anwendung anderer Elemente dargestellt bzw. beschrieben. Wie bei der Anwendung der einfachen Verfahren ist es auch bei der Langzeitsimulation notwendig sämtliche relevante Daten zum Entwässerungssystem zu erfassen. Jedoch werden hier diese Daten in die betreffenden Masken des Programms eingegeben. Zu erfassen sind insbesondere Flächendaten, Abflussparameter, Bauwerksdaten, Fließzeiten, Drosselabflüsse, Ganglinien und das nachzuweisende Regenrückhaltevolumen. Nach Eingabe aller erforderlichen Daten wird das hydrologische Ersatzsystem mit Niederschlagsdaten beaufschlagt, so dass die Teilprozesse des Abflussgeschehens entsprechend der in KOSIM verwendeten Berechnungsmodelle simuliert werden. Im Ergebnis der Simulationsrechnung werden die Ein- und Überstauereignisse der betreffenden Regenrückhalteanlage statistisch ausgewertet. Die berechnete vorhandene Bemessungshäufigkeit wird mit der erforderlichen Bemessungshäufigkeit verglichen. Ein erforderliches Speichervolumen wird ausgegeben.

In der Beispielrechnung (Anlage 5) werden Bankett und Böschung durch eine Versickerungsmulde beschrieben, die keinen Speicherraum besitzt. Die Weiterleitung des Niederschlagswasserabflusses erfolgt unter Ansatz eines k_f -Wertes in Höhe von $3 \cdot 10^{-5}$ m/s über den Überlauf der Versickerungsmulde.

Die Entwässerungsmulde längs der Straße ist durch ein Regenrückhaltebecken mit Versickerungswirkung ($k_f = 1,5 \cdot 10^{-5}$) beschrieben. Die Weiterleitung des Niederschlagswasserabflusses aus der Entwässerungsmulde in das eigentliche Regenrückhaltebecken ist durch eine Kennlinie (Abflussvolumenstrom = f (Stauhöhe)) beschrieben. Diese Kennlinie wurde mit der Anwendungshilfe zur RAS-Ew ermittelt. In der Anlage 6 sind entsprechende Kennlinien für die Standard-Rasenmulde dargestellt.

Die Konfiguration der Transportstrecke „Böschung/Bankett – RRB als Entw.-Mulde“ ist so vorgenommen, dass Retention berücksichtigt ist. Die Fließzeit ist aus Gerinnewerten, die in Analogie zur Geometrie der Entwässerungsmulde festgelegt sind, ermittelt.

Als Simulationsergebnis ist ein erforderliches Speichervolumen in Höhe von 42 m^3 ausgewiesen (Seite 8, Anlage 5). Wie auf Seite 17 der Anlage 5 grafisch dargestellt ist, treten bei diesem Speichervolumen Überstauereignisse (Regenereignisse, die zu einer Überlastung der Anlage und damit zu einem Notüberlauf führen) statistisch nicht öfter als alle 5 Jahre auf.

In den dargestellten Bemessungsbeispielen ist der Zufluss von Oberflächenwasser aus dem natürlichen Einzugsgebiet in die Entwässerungsmulde gleich Null gesetzt. Real kann dieser Zufluss maßgeblichen Einfluss auf das Bemessungsergebnis haben.

5. Literaturhinweise

Erlass des MLU vom 23.05.2001 „Hinweise zum Vollzug des § 11 i. V. m. § 13 WG LSA; Gewässerbenutzungen durch das Einleiten von Niederschlagswasser aus einem Trennsystem in ein Gewässer“

Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil Entwässerung (RAS-Ew), Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V., Alfred-Schütte-Allee 10, 50973 Köln, Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau

Richtlinien für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wasserschutzgebieten (RiStWag), Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V., Alfred-Schütte-Allee 10, 50973 Köln, Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau

DVGW W 101 „Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete - Teil 1: Schutzgebiete für Grundwasser“

DIN EN 752 „Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden; Deutsche Fassung EN 752:2008“

DIN 4220 „Bodenkundliche Standortbeurteilung – Kennzeichnung, Klassifizierung und Ableitung von Bodenkennwerten (normative und nominale Skalierungen)“

DIN 18130-1 (1998) „Baugrund, Untersuchung von Bodenproben, Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwerts, Teil 1: Laborversuche“

DIN EN 858-1 „Abscheideranlagen für Leichtflüssigkeiten (z. B. Öl und Benzin) - Teil 1: Bau-, Funktions- und Prüfgrundsätze, Kennzeichnung und Güteüberwachung; Deutsche Fassung EN 858-1:2002 + A1:2004“

DIN EN 858-2 „Abscheideranlagen für Leichtflüssigkeiten (z. B. Öl und Benzin) - Teil 2: Wahl der Nenngröße, Einbau, Betrieb und Wartung; Deutsche Fassung EN 858-2:2003“

DIN 1999-100 „Abscheideranlagen für Leichtflüssigkeiten - Teil 100: Anforderungen für die Anwendung von Abscheideranlagen nach DIN EN 858-1 und DIN EN 858-2“

DIN EN 1433 „Entwässerungsrinnen für Verkehrsflächen - Klassifizierung, Bau- und Prüfgrundsätze, Kennzeichnung und Beurteilung der Konformität; Deutsche Fassung EN 1433:2002 + AC:2004 + A1:2005“

DWA-A 118 „Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen“ (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Theodor-Heuss-Allee 17, 53773 Hennef)

DWA-A 117 „Bemessung von Regenrückhalteräumen“ (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Theodor-Heuss-Allee 17, 53773 Hennef)

ATV-A 166 „Bauwerke der zentralen Regenwasserbehandlung und -rückhaltung“ (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Theodor-Heuss-Allee 17, 53773 Hennef)

ATV-DVWK-M 176 „Hinweise und Beispiele zur konstruktiven Gestaltung und Ausrüstung von Bauwerken der zentralen Regenwasserbehandlung und -rückhaltung“ (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Theodor-Heuss-Allee 17, 53773 Hennef)

DWA-M 178 „Empfehlungen für Planung, Bau und Betrieb von Retentionsbodenfiltern zur weitergehenden Regenwasserbehandlung im Misch- und Trennsystem“ (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Theodor-Heuss-Allee 17, 53773 Hennef)

DWA-A 138 „Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser“ (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Theodor-Heuss-Allee 17, 53773 Hennef)

DWA-M 153 „Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser“ (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Theodor-Heuss-Allee 17, 53773 Hennef)

DWA-AG ES-2.6 „Ermittlung abflusswirksamer Flächen für Niederschlag-Abfluss-Berechnungen in der Siedlungswasserwirtschaft“, KA 2009 (56), Nr. 7

DWA-AG ES-2.5 „Prüfung der Überflutungssicherheit von Entwässerungssystemen“, KA 2008 (55), Nr. 9

DWA-AG ES-2.6 „Oberflächenabfluss von durchlässige befestigten Flächen“, KA 2007 (54), Nr. 8

Anwenderhandbuch zum Programmsystem KOSIM (Kontinuierliches Simulationsmodell) für den Nachweis und die Bemessung von Entwässerungsbauwerken, Institut für technisch-wissenschaftliche Hydrologie GmbH, Hauptgeschäftssitz Hannover, Engelbosteler Damm 22, 30167 Hannover

KOSTRA-DWD-2000 "Starkniederschlagshöhen für Deutschland (1951 - 2000)" Vertriebskooperation zwischen Deutscher Wetterdienst, Zentrale: Frankfurter Straße 135 63067 Offenbach und Institut für technisch-wissenschaftliche Hydrologie GmbH, Hauptgeschäftssitz Hannover, Engelbosteler Damm 22, 30167 Hannover

KOCHER, B. , DAHMEN, G. , KUKOSCHKE, K.-G. „Umgang mit Bankettmaterial“ Vortrag auf der Fortbildungs- und Informationsveranstaltung von LBB LSA und Prüfstellen zur Probenahme von Straßenaufbruch, Bauabfällen und Bankettmaterialien, 11. Juni 2008 in Halberstadt

Ministerium für Raumordnung,
Landwirtschaft und UmweltMinisterium für Raumordnung, Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt
• Postfach 3760 • 39012 Magdeburg

Landesamt für Umweltschutz (LAU)

Sachsen-Anhalt

Eing.

Uhrzeit

2001-05-28

Lfd. Nr. 6403
Weiterltg. an Abtg.

☒	1	2	☒	4	5	6
-------------------------------------	---	---	-------------------------------------	---	---	---

Mein Zeichen
24.2-62606Bearbeitet von
Herrn ChristelsohnTel. (0391) 567 -
1548Magdeburg,
28.05.2001

Oberen und unteren Wasserbehörden

Technischen Fachbehörden
gemäß Verteiler
Sachsen-Anhalt

28. MAI 2001

Lfd. Nr. 6403
Weiterltg. an Abtg.Ihr Zeichen, Ihre Nachricht vom
31 32 33 34 35 36**Hinweise zum Vollzug des § 11 i. V. m. § 13 WG LSA;
Gewässerbenutzungen durch das Einleiten von Niederschlagswasser aus einem Trenn-
system in ein Gewässer**

Bei der Erteilung einer wasserrechtlichen Erlaubnis für das Einleiten von Niederschlagswasser aus einem Trennsystem in ein Gewässer bitte ich Folgendes zu beachten:

1. Gewässer sind so zu bewirtschaften, dass vermeidbare Beeinträchtigungen ihrer ökologischen Funktionen unterbleiben (§ 1 a Abs. 1 WHG). Jedermann ist verpflichtet, bei Maßnahmen, mit denen Einwirkungen auf ein Gewässer verbunden sein können, die nach den Umständen erforderliche Sorgfalt anzuwenden, ... um eine Vergrößerung und Beschleunigung des Wasserabflusses zu vermeiden (§ 1 a Abs. 2 WHG). Das Einleiten von Niederschlagswasser in ein oberirdisches Gewässer darf nicht zu Hochwasserschäden führen (§ 2 Abs. 3 Ziff. 2 WG LSA). Die Einleitung von Niederschlagswasser in ein Gewässer darf nicht zu einer nachhaltigen Verschlechterung der Gewässergüte führen (§ 2 Abs. 2 WG LSA).
2. Die Beseitigung des Niederschlagswassers hat in geeigneten Fällen durch Versickerung zu erfolgen (§ 151 Abs. 3 WG LSA).

„Geeignete Fälle“ liegen vor, wenn

- das Niederschlagswasser ohne Beeinträchtigung des Wohls der Allgemeinheit versickert werden kann und
- die Errichtung der Anlagen zur Versickerung technisch möglich und wirtschaftlich vertretbar ist.

Dies ist regelmäßig dann gegeben, wenn

- das Niederschlagswasser nicht wesentlich verschmutzt oder bereits ausreichend behandelt ist,
- Entfernung und Geländebeschaffenheit die Flächenentwässerung durch Versickerung bei vertretbarem Aufwand ermöglichen,
- der Untergrund eine Versickerung zulässt (Grundwasserflurabstand, Bodenverhältnisse),
- entsprechende Versickerungsflächen zur Verfügung stehen und
- schädliche Auswirkungen auf bauliche Anlagen nicht zu erwarten sind oder sie mit vertretbarem Aufwand vermieden werden können.

So erreichen Sie uns:
Vom Hauptbahnhof Magdeburg ca. 10 Minuten über den Damaskplatz in Richtung
Ovenstedter Straße

Fachabteilung Raumordnung/ Landesentwicklung/ Kerntechnik - Pfälzer
Straße
Vom Hauptbahnhof Magdeburg ab Haltestelle „Hauptbahnhof“ mit der Straßenbahn-
Linie 1 oder 8 bis Haltestelle „Alter Markt“, dann mit Linie 2 ALTE NEUSTADT bis
Haltestelle „Pfälzer Straße“

Seite 1
24.11.23.05.01 10:26\CA\Daten\VO-
WWW\Niederschlagswasser\Gewässerb-
enutzungen durch Einleiten aus
Trennsystem.doc

3. Die Versiegelung von Flächen soll möglichst vermieden oder vermindert werden, damit Niederschlagswasser direkt flächenhaft versickern kann.

Das Niederschlagswasser von befestigten Flächen soll soweit möglich einer weiteren Nutzung zugeführt oder versickert werden.

Wenn es technisch und wirtschaftlich mit vertretbarem Aufwand durchführbar ist, soll zum Schutz des Grundwassers die Versickerung von Niederschlagswasser über die belebte Bodenschicht erfolgen.

Ist eine Nutzung oder Versickerung des anfallenden Niederschlagswassers nicht oder nicht vollständig möglich, soll es vor Einleitung in ein oberirdisches Gewässer zur „Vermeidung einer Vergrößerung und Beschleunigung des Wasserabflusses (§ 1a Abs. 2 WHG)“ im erforderlichen Umfang zurückgehalten werden.

4. Anforderungen an die Behandlung von Niederschlagswasser sind in einer Einzelfallbetrachtung zu ermitteln.

In diese Einzelfallbetrachtung sind

- die vorhandene und zu erwartende Verschmutzung des Niederschlagswassers,
- die Leistungsfähigkeit und das Selbstreinigungsvermögen des Gewässers bzw. die Auswirkungen der Niederschlagswassereinleitung auf das Gewässer und
- der technische und wirtschaftliche Aufwand für eine Behandlung einschließlich Wartung und Betrieb (Kosten-Nutzen-Betrachtung).

mit einzubeziehen.

Für die Ermittlung der erforderlichen Behandlung wird das Bewertungsverfahren gemäß Ziffer 6.2.1 des ATV-DVWK-Merkblattes M 153 empfohlen.

Ergibt die Prüfung des Einzelfalls, dass eine Behandlung des Niederschlagswassers vor der Einleitung in ein Gewässer notwendig ist, werden Art der Behandlung und Anforderungen an Bau und Betrieb der Anlagen im Bescheid vorgegeben. Grundsätzlich werden hierfür in die Erlaubnis keine Überwachungswerte aufgenommen.

5. Bei großen Fließgewässern (z.B. Elbe, Saale, Weiße Elster, Unstrut) können unter Berücksichtigung der Abflussverhältnisse an der Einleitungsstelle und der Anforderung gemäß § 1a Abs. 2 WHG Maßnahmen zur Rückhaltung von Niederschlagswasser entbehrlich sein.
6. Anforderungen an das Einleiten von Niederschlagswasser in ein stehendes Gewässer sind unter Betrachtung der besonderen Bedingungen des Einzelfalls zu stellen.
7. Anforderungen an bestehende Einleitungen

Bestehende Einleitungen im Sinne dieses Erlasses sind Einleitungen von Niederschlagswasser aus dem Bereich von bereits vor 1990 bebauten oder befestigten Flächen.

Bei der Erteilung von Erlaubnissen für bestehende Einleitungen, die erfahrungsgemäß nicht zu Schäden im Gewässer oder zu Schäden durch das Gewässer geführt haben, ist es grundsätzlich nicht erforderlich, nachträgliche Rückhalteinrichtungen zu fordern.

Wurden o. g. Flächen nach 1990 so verändert (z. B. Erweiterung der Fläche, Erhöhung des Versiegelungsgrades, Erweiterung der Entwässerung u. a.), dass diese Veränderung zu einer wesentlichen Erhöhung der bisher nicht genehmigten/erlaubten Niederschlagswassereinleitung geführt hat, sollten für den hierdurch erhöhten Anteil der Niederschlagswassereinleitung entsprechende Anforderungen gestellt werden.

Führen bestehende Einleitungen von Niederschlagswasser in ein Gewässer zu einer nachhaltigen Verschlechterung der Gewässergüte, so haben die Wasserbehörden nachträglich zusätzliche Anforderungen an die Einleitung zu stellen (§ 8 Abs. 1 WG LSA).

8. Wird ein Antrag auf Erlaubnis für das Einleiten von Niederschlagswasser in das Grundwasser gestellt, hat die Wasserbehörde auf der Grundlage der Antragsunterlagen insbesondere zu prüfen:

- Eingangsdaten der Mengenermittlung,
- Vorhandener oder zu erwartender Verschmutzungsgrad des Niederschlagswassers,
- Kapazität der Versickerungsanlagen,
- Auswirkungen der vorgesehenen Gewässerbenutzung auf den Wasserhaushalt und
- Betroffenheit von Wasserschutzgebieten.

9. Wird ein Antrag auf Erlaubnis für das Einleiten von Niederschlagswasser in ein oberirdisches Gewässer gestellt, hat die Wasserbehörde zu prüfen, ob der Antragsteller § 150 Abs. 4 WG LSA (Niederschlagswasser ist in geeigneten Fällen zu versickern) ausreichend beachtet hat.

Die Wasserbehörde kann vom Antragsteller entsprechende Nachweise verlangen.

Die Hochwasservorsorge, die Vermeidung von Erosionen im Gewässerbett, die Vermeidung von Populationsverschiebungen im Gewässer u.a. erfordern in vielen Fällen die Rückhaltung von Niederschlagswasser durch Drosselung der Einleitung in ein oberirdisches Gewässer.

Die Entscheidung über die Rückhaltung, den Umfang der Rückhaltung oder die Höhe der gedrosselten Einleitungsmenge ist im Ergebnis einer Einzelfallprüfung auf der Grundlage entsprechender Antragsunterlagen zu treffen.

10. Die erlaubnisfähige Einleitungsmenge in ein oberirdisches Gewässer kann nach folgender Methodik ermittelt werden:

1. Schritt

Berechnung der zulässigen Einleitungsmenge Q_{zul} nach folgender Formel:

$$Q_{zul} = \frac{A_{ges} \times q_{HQ(100)}}{A_{ges}}$$

A_{ges} = gesamte der Einleitungsstelle zugehörige Entwässerungsfläche unabhängig vom Grad der Versiegelung und dem tatsächlichen Anschluss an Entwässerungsleitungen
 $q_{HQ(100)}$ = berechnete Abflussspende der Fläche A_{ges} .

Es ist zu verlangen, dass die Angaben A_{ges} und $q_{HQ(100)}$ in den Antragsunterlagen enthalten sind.

2. Schritt

Beurteilung des Berechnungsergebnisses unter Berücksichtigung folgender Punkte:

- Die erlaubte Einleitungsmenge soll nicht auf unter 10 l/s gedrosselt werden, da erst ab einer Wassermenge von 10 l/s die erforderlichen Drosseleinrichtungen relativ störungsfrei arbeiten.
- Die maximale Einleitungsmenge soll grundsätzlich 10 % des MHQ des Gewässers an der Einleitungsstelle nicht überschreiten.

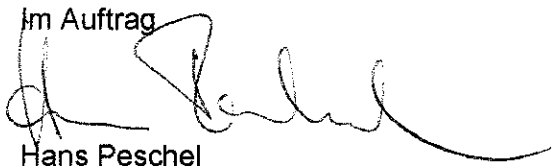
- Die Bagatellgrenzen gem. Ziff. 6.1 – Einleiten in oberirdische Gewässer, Quantitativ – des Merkblattes ATV-DVWK M153, Februar 2000, sollen beachtet werden.

3. Schritt

Die erlaubnisfähige Einleitungsmenge ist unter Beachtung der Verhältnismäßigkeit nach pflichtgemäßem Ermessen festzulegen.

11. Gemäß § 23 WG LSA sind Anträge auf Erteilung einer Erlaubnis mit entsprechenden Unterlagen einzureichen. Es sind vom Antragsteller nur die Unterlagen zu verlangen, die zu einer Beurteilung des Vorhabens unbedingt erforderlich sind.
12. Als Anlage wird noch übergeben:
 - 1.) Definitionen/Erläuterungen
 - 2.) Übersicht von Arbeits- und Entscheidungsgrundlagen
 - 3.) Zusammenstellung von Antragsunterlagen.

Im Auftrag



Hans Peschel

3 Anlagen

Definitionen/Erläuterungen

- **Niederschlagswasser** (Regenwasser, Schmelzwasser, Tau) ist dann Abwasser, wenn es aus dem Bereich von bebauten oder befestigten Flächen abfließt (§ 150 Abs. 1 WG LSA).
Das auf Verkehrsflächen (einschließlich der Eisenbahnen) anfallende Niederschlagswasser ist unabhängig von seinem Verschmutzungsgrad ebenfalls Abwasser.
- **Nicht als Abwasser** gilt das direkt an Ort und Stelle in den Boden einsickernde Niederschlagswasser.
- Unter „**Gemeingebrauch**“ (§ 75 WG LSA) fällt das Einleiten von Niederschlagswasser in ein oberirdisches Gewässer, wenn
 - es nicht durch gemeinsame Anlagen (gemeinschaftliche Einleitung aus mehreren Grundstücken, nicht Haushaltungen) geschieht, und
 - es praktisch unverschmutzt ist.
- **Anlagen zur Niederschlagswasserbeseitigung** sind alle Anlagen zum Sammeln, Fortleiten, Behandeln, Einleiten, Versickern, Verregnen und Verrieseln von Niederschlagswasser. Hierzu gehören auch Seitengräben, die nur das Niederschlagswasser einer Verkehrsanlage abführen.
- Das **Einleiten von Niederschlagswasser** in ein Gewässer ist eine Gewässerbenutzung und bedarf einer wasserrechtlichen Erlaubnis, es sei denn, das Einleiten in ein oberirdisches Gewässer fällt unter den Gemeingebrauch.

Arbeits- und Entscheidungsgrundlagen

Zur fachlichen Beurteilung von Antragsunterlagen, für die Formulierung von Nebenbestimmungen und deren Begründung in der Erlaubnis, für die behördliche Überwachung von Anlagen der Niederschlagswasserbeseitigung können die folgend aufgeführten Unterlagen mit verwendet werden:

- „Regenwasserbewirtschaftung in Siedlungsgebieten zur Angleichung an natürliche Abflussverhältnisse“, Arbeitsbericht der ATV - AG 1.2.6, Korrespondenz Abwasser 1999 (46) Nr. 4, Seite 575 f
- „Bemessung von Regenrückhalteräumen“, Arbeitsbericht der ATV - AG 1.2.9, Korrespondenz Abwasser 1998 (45) Nr. 1, Seite 114 f
- „Bau und Bemessung von Anlagen zur dezentralen Versickerung von nicht schädlich verunreinigtem Niederschlagswasser“, ATV - Arbeitsblatt A 138, GFA, Verlag für Abwasser, Abfall und Gewässerschutz, Theodor-Heuss-Allee 17, 53773 Hennef
- „Hinweise zur Versickerung von Niederschlagsabflüssen“, Arbeitsbericht der ATV - AG 1.4.1, Korrespondenz Abwasser 1995 (42) Nr. 5, Seite 797 f
- „Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil: Entwässerung“ - RAS EW -, Köln 1987, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Geschäftsstelle der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V., Alfred-Schütte-Allee 10, 50973 Köln
- „Richtlinien für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wassergewinnungsgebieten, (RiStWag), Köln 1982, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Geschäftsstelle der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V., Alfred-Schütte-Allee 10, 50973 Köln
- „Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete; 1. Teil: Schutzgebiete für Grundwasser“, Arbeitsblatt W 101 des DVGW, Februar 1995, DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V., Josef-Wirmer-Straße 1 - 3, 53123 Bonn
- „Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser“, ATV-DVWK M 153 (Februar 2000), GFA, Verlag für Abwasser, Abfall und Gewässerschutz, Theodor-Heuss-Allee 17, 53773 Hennef
- „Bemessung von Regenrückhalteräumen“, ATV-Arbeitsblatt A 117 (Entwurf Mai 1999), GFA, Verlag für Abwasser, Abfall und Gewässerschutz, Theodor-Heuss-Allee 17, 53773 Hennef
- „Bauwerke der zentralen Regenwasserbehandlung und -rückhaltung“ ATV-Arbeitsblatt A 166 (Nov. 1999), GFA, Verlag für Abwasser, Abfall und Gewässerschutz, Theodor-Heuss-Allee 17, 53773 Hennef

Zusammenstellung von Antragsunterlagen¹ für Entscheidungen zur Niederschlagswasserbeseitigung

1. Allgemeine Antragsunterlagen

- Erläuterungsbericht mit ausführlicher Beschreibung der geplanten Nutzung
- mit der Entwicklungs- und Flächennutzungsplanung abgestimmte Grundlagenermittlung
- Ermittlung der im entsprechenden Gebiet anfallenden Regenwassermengen auf der Grundlage des ATV-Arbeitsblattes A 118 (einschließlich der Ermittlung der reduzierten Fläche A_{red} und der Gesamtfläche A_{ges})
- detaillierte Beschreibung des Entwässerungsgebietes zur Ermittlung des Verschmutzungsgrades des anfallenden Niederschlagswassers, ggf. Dachbedeckung, Verkehrsbelastungszahlen, ortsansässige Industrie u. a.
- Übersichtslageplan M 1:25.000 mit Kennzeichnung der örtlichen Lage der Anlage, einschl. Eintragung maßgeblicher Tatsachen, Schutzgebiete, Überschwemmungsgebiete u. a.
- Lagepläne M 1:5.000, 1:2.500 oder 1:2.000 mit Kennzeichnung der örtlichen Lage der Anlage
- Lageplan mit maßstäblicher Darstellung der Anlage (Maßstab mind. 1:500 bis 1:1.000) und Einzugsflächen (AE) der Regenentwässerung
- Bauwerkszeichnungen (M 1:100) in Längs- und Querschnitten mit Bezug zu einem Höhensystem und dem vorhandenen Gelände
- Bemessung der geplanten Anlagen nach den Regeln der Technik
- Angaben zu Überstauungshäufigkeiten und ggf. Auswirkungen
- Beschreibung, Nachweise/Bemessung und Darstellung geplanter Behandlungsanlagen und vorgeschalteter Absetzanlagen

2. Zusätzliche Unterlagen bei Versickerung in das Grundwasser/Versickerungsanlagen

- standortbezogenes Baugutachten in repräsentativem Umfang und Beschreibung der hydrogeologischen Gesamtsituation, einschl.:
 - Übersichtsplan mit Lage der entsprechenden Bohrpunkte
 - Bohrschnitte zu den Bohrungen
 - Ermittlung der Wasserdurchlässigkeit (k_f -Wert in m/s) der einzelnen Bodenschichten, die für die Funktionsfähigkeit der Anlage nötig sind
- Angabe des angetroffenen Grundwasserstandes und Aussagen über den höchsten zu erwartenden Grundwasserstand (HGW) im langjährigen Mittel
- ausführliche Beschreibung zusätzlicher Maßnahmen, z. B. Schaffung einer bewachsenen Bodenzone
- Beschreibung der Wartungs- und Kontrollarbeiten bzw. besonderer Maßnahmen während der Bauausführung

¹ Abforderung nach den Erfordernissen des Einzelfalls und nur im unbedingt notwendigen Umfang.

3. Zusätzliche Unterlagen bei Einleitung in ein oberirdisches Gewässer/ Regenrückhalteanlagen

- Nachweis über die Untersuchung der vorhandenen Versickerungsmöglichkeiten
- hydrologische Daten des Gewässers (mind. MNQ, MQ, MHQ, HQ₁, HQ₁₀, HQ₅₀, HQ₁₀₀)
- berechnete Abflussspende der Fläche $A_{\text{ges.}} [q_{\text{HQ}(100)}]$ für die Berechnung von $Q_{\text{zul.}}$
- Einzugsgebietsgröße des Gewässers an der geplanten Einleitungsstelle in km²
- Wasserstände im Gewässer an der Einleitungsstelle (m. ü. HN)
- Lagepläne und Längsschnitte der Einleitungsstelle, einschl. des eingemessenen Gewässerprofils im Bereich des Einleitungsbauwerkes und der Befestigungsstrecken
- ggf. Nachweise von Erosion, Sohlschubspannung und Standfestigkeit der Gewässerböschungen
- evtl. Angaben über weitere Gewässerbenutzungen (Wasserkraft u. Ä.) und Auswirkungen der Gewässerbenutzung
- Lagepläne und Längsschnitte des Einleitungsbauwerkes, ggf. Nachweise/Bemessung der geplanten Befestigung
- Anordnung und Befestigung der Notüberläufe, Angabe der Überstauungshäufigkeiten und Einleitungsmengen

Synopsis zu Zielvorgaben für die Begrenzung der <u>hydraulischen Belastung</u> der aufnehmenden oberirdischen Gewässer	
Niederschlagswassereinleitung aus MS	Niederschlagswassereinleitung aus TS
	<u>Arbeitsbericht ATV-AG 1.2.6, KA 04/99</u> Neubaugebiete $Q_{zul} = q_{zul} * A_K$ (n = 0,2/a) q_{zul} - zul. Regenabflussspende = f(Geländeneigung J_S) A_K - kanal. Einzugsgebiet Altbebauung $A_{uE} = 0,75 * A_{u0}$ A_{u0} - undurchl. Fläche Anfangszustand A_{uE} - undurchl. Fläche Endzustand Hinweise auf ggf. erforderliche weitergehende Maßnahmen
	<u>DWA-M 153</u> Einzeleinleitung $Q_{Dr} = q_r * A_u$ q_r - Regenabflussspende = f(Typ des Vorflutgewässers) A_u - undurchlässige Gesamtfläche eine bzw. alle Einleitungen im Bereich 1.000 * Wasserspiegelsbreite (Bäche) $Q_{Dr,max} = e_w * MQ * 1.000$ in l/s e_w - dimensionsloser Einleitungswert = f(Art Gewässersediment) MQ - Mittelwasserabfluss in m³/s - Bagatellgrenzen - Bei sehr leistungsfähigen Fließgewässern kann $Q_{dr,max} > 7 * MQ$ sein. Der HQ_1 sollte jedoch i. d. R. nicht überschritten werden. - Hinweise auf Einzelfallentscheidungen und ggf. erforderliche weitergehende Maßnahmen

Synopsis zu Zielvorgaben für die Begrenzung der <u>hydraulischen Belastung</u> der aufnehmenden oberirdischen Gewässer	
Niederschlagswassereinleitung aus MS	Niederschlagswassereinleitung aus TS
<u>2. Arbeitsbericht ATV-AG 2.1.1, KA 05/97 / 2. Arbeitsbericht der ATV-AG 1.4.3, KA 08/96</u> Ermittlung der hydraulischen Belastung an Hand des Verhältnisses: $b = (A_u / A_E) * 100 \text{ [%]}$ A_u - undurchlässige Fläche eines Entwässerungsgebietes A_E - oberhalb des zusammenhängend zu betrachtenden Entwässerungsgebiet gelegenes hydrologisches Einzugsgebiet Ist $b > 5 \text{ %}$ sollten weitergehende Untersuchungen bezüglich der Festlegung des maximalen Drosselabflusses durchgeführt werden.	
<u>BWK Merkblatt 3</u> Der zulässige Einleitungsabfluss für die Summe der Niederschlagswassereinleitungen eines geschlossenen Siedlungsgebietes ermittelt sich bei Anwendung des vereinfachten Nachweisverfahrens wie folgt: $Q_{E1,zul.} < 1,0 * Hq_{1,pnat} * A_{red}/100 + \chi * Hq_{1,pnat} * A_{Eo} \quad (l/s)$ $Hq_{1,pnat}$ - potentiell naturnahe jährliche Hochwasserabflussspende in $l/(s*km^2)$ (Anhang 4 des BWK-Merkblattes) A_{red} - befestigte Fläche des geschlossenen Siedlungsgebietes in ha A_{Eo} - oberirdisches Einzugsgebiet des Gewässers in km^2 $Q_{E1,zul}$ - zulässiger kritischer jährlicher Einleitungsabfluss in l/s χ - Multiplikationsfaktor für die zulässige Abflusserhöhung für anthropogene Einflüsse, i.d.R. = 0,1 Empfehlungen für einleitungsfrei zu haltende Gewässer Hinweis auf Durchführung eines detaillierten Nachweises	

Synopsis zu Zielvorgaben für die Begrenzung der <u>hydraulischen Belastung</u> der aufnehmenden oberirdischen Gewässer	
Niederschlagswassereinleitung aus MS	Niederschlagswassereinleitung aus TS
<u>Sachsen-Anhalt</u> Die Festlegung eines zulässigen Drosselabflusses ist grundsätzlich eine Einzelfallentscheidung. Es werden Hinweise auf Bagatellgrenzen (DWA-M 153) gegeben. Die Ermittlung des zulässigen Drosselabflusses kann wie folgt vorgenommen werden: $Q_{zul} = A_{ges} * q_{HQ(100)}$ A_{ges} - kanalisiertes Einzugsgebiet $q_{HQ(100)}$ - berechnete Abflussspende der Fläche A_{ges} zusätzlich gilt: $Q_{zul} \geq 10 \text{ l/s}$ $Q_{zul,max} < 0,1 * MHQ$ Hinweis auf Ermittlung des b -Wertes und ggf. erforderlicher weitergehender Maßnahmen gemäß: <u>2. Arbeitsbericht ATV-AG 2.1.1, KA 05/97 / 2. Arbeitsbericht der ATV-AG 1.4.3, KA 08/96</u>	

Synopsis zu Zielvorgaben für die Begrenzung der <u>stofflichen Belastung</u> der aufnehmenden Gewässer		
Niederschlagswassereinleitung aus MS	Niederschlagswassereinleitung aus TS	
Oberirdische Gewässer	Oberirdische Gewässer	Grundwasser
<u>ATV-A 128</u> Normalanforderung Dimensionierung erforderliches Gesamtspeichervolumen für „Bezugslastfall“, welcher in Grenzen auf örtliche Verhältnisse angepasst werden kann; Aufteilung dieses Gesamtspeichervolumens auf einzelne Entlastungen mittels vereinfachtem Aufteilungsverfahren oder Schmutzfrachtsimulation Zielsetzungsgleichung (CSB) $VQ_r * e_0 * c_e + VQ_r * (1 - e_0) * c_k \leq VQ_r * c_r$ Entlastungs- + Fracht d. Regen- ≤ Fracht d. Regen- fracht wasseranteils aus KA wasserabflusses zulässige Entlastungsrate $e_{0zul} = 3.700/(c_e - 70)$ in % spezif. Speichervolumen $V_{spez.} = f(e_0 \text{ und } q_r)$ erforderliches Speichervolumen $V = V_{spez.} * A_u$ u. a. Hinweise auf: - weitergehende Maßnahmen (kritischer a- und b-Wert) - Erhöhung von e_{0zul} in Abhängigkeit von MNQ und Q_{sx}	<u>DWA-M 153</u> Annahme eines ausreichenden Gewässerschutzes bei Anwendung eines pauschalen Bewertungsverfahrens Der Nachweis für ausreichenden Gewässerschutz erfordert weitergehende Untersuchungen. Bewertungsverfahren Emissionswert E ≤ Gewässerpunktzahl G Emissionswert E = Abflussbelastung B * Durchgangswert D $B = \sum f_i (L_i + F_i)$ L_i - Luftverschmutzung F_i - Flächenverschmutzung $f_i = A_{u,i} / \sum A_{u,i}$ Der Durchgangswert D ist in Abhängigkeit der Behandlungsverfahren zu wählen. B > G i.d.R. Behandlung erforderlich B ≤ G keine Behandlung erforderlich	

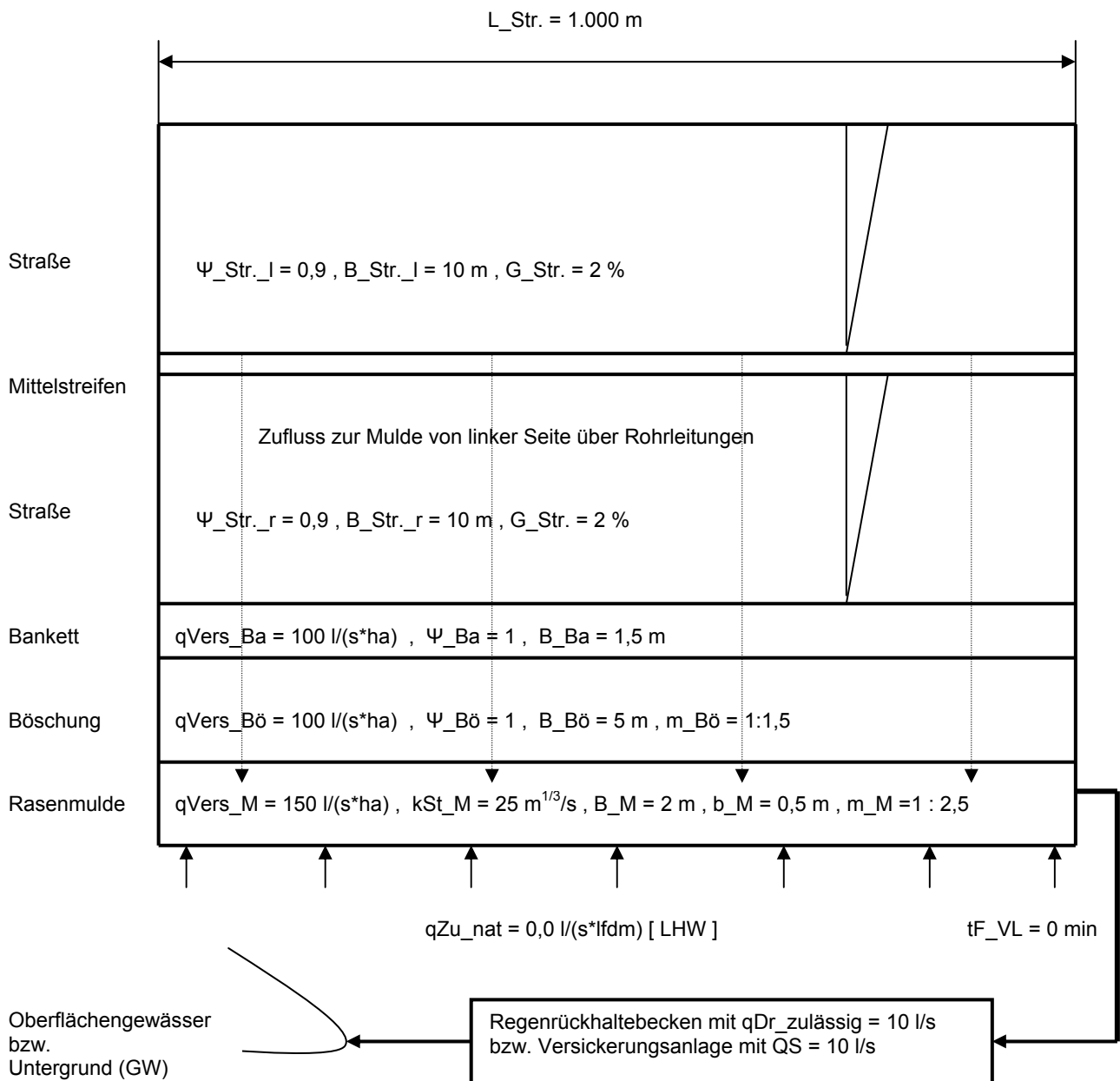
Synopsis zu Zielvorgaben für die Begrenzung der <u>stofflichen Belastung</u> der aufnehmenden Gewässer		
Niederschlagswassereinleitung aus MS	Niederschlagswassereinleitung aus TS	
Oberirdische Gewässer	Oberirdische Gewässer	Grundwasser
<u>BWK Merkblatt 3</u> Zielsetzungen bei Anwendung des vereinfachten Nachweisverfahrens: Infolge Niederschlagswassereinleitungen dürfen in der fließenden Welle nachfolgende Werte nicht unterschritten werden: $O_2 = 5 \text{ mg/l}$, $NH_3\text{-N} = 0,1 \text{ mg/l}$ Der vereinfachte Nachweis erfolgt durch Mischungsrechnung aus MNQ und Entlastungsabflüsse bzw. aus Vorbelastung des Gewässers und Entlastungsfracht. Empfehlungen für einleitungsfrei zu haltende Gewässer Hinweis auf Durchführung eines detaillierten Nachweises		<u>DWA-A 138</u> Entscheidungsmatrix zur Auswahl von Versickerungs- und ggf. Vorbehandlungsanlagen in Abhängigkeit vom Niederschlagswasserabfluss (unbedenklich, tolerierbar, nicht tolerierbar) und vom Verhältnis A_u zu A_s Hinweis auf DWA-M 153
<u>Sachsen-Anhalt</u> zulässige CSB - Entlastungsfracht aus MS: $250 \text{ kg}/(ha_{red} * a)$ Hinweise auf: - Ermittlung a-Wert hinsichtlich ggf. erforderlicher weitergehender Maßnahmen - Einzelfallentscheidung bei Einleitung in stehende Gewässer oder Grundwasser - Prüfmodell der Behörde KOSIM - Regenreihen (NIKOSA LSA)	<u>Sachsen-Anhalt</u> Festlegung von Anforderungen ist grundsätzlich Einzelfallentscheidung Empfehlung, das Bewertungsverfahren gemäß DWA-M 153 anzuwenden	

Synopsis zu Zielvorgaben für die Begrenzung der <u>stofflichen Belastung</u> der aufnehmenden Gewässer		
Niederschlagswassereinleitung aus MS	Niederschlagswassereinleitung aus TS	
Oberirdische Gewässer	Oberirdische Gewässer	Grundwasser
<u>1. Arbeitsbericht ATV-AG 2.1.1, KA 05/93</u> Ermittlung der stofflichen Belastung $a = EW / MNQ$ EW - Einwohnerwerte eines Entwässerungsgebietes Werden die je nach Merkmalen des Gewässers festgelegten kritischen a-Werte (a_G, a_F) überschritten, sollen Untersuchungen bezüglich weitergehender Maßnahmen durchgeführt werden. a_G - kritischer a-Wert in Bezug auf gelöste Stoffe a_F - kritischer a-Wert in Bezug auf Feststoffe Bei $a < a_G$ bzw. a_F kann davon ausgegangen werden, dass folgende Grenzwerte der Gewässerbeschaffenheit eingehalten werden: Feststoffe 50 mg/l, Sauerstoff 4 mg/l, Ammoniak 0,1 mg/l		

Berechnungsbeispiel 1

„Bemessung Regenrückhaltebecken, Autobahn mit Entwässerungsmulde“

Skizze zum Berechnungsbeispiel 1



Berechnungsbeispiel 1 „Bemessung Regenrückhaltebecken, Autobahn mit Entwässerungsmulde“																									
Bemessung eines RRB nach Abschnitt 1.3.3 RAS_Ew (Ermittlung des maßgebenden Zuflusses zum RRB aus dem Ergebnis der Abflussberechnung) i. V. mit DWA-A 117																									
Flächen/Abflussbeiwerte/ Versickerungsraten	Kurz-zeichen	Einheit	Wert	Flächen	Versickerung	Häufigkeit_R egen	Dauer- stufe_Re gen	Nieder- schlag	Anfall_Niederschlagswasser bei rD,n					Abfluss unter Berücksichtigung der Versickerung und dem Zufluss aus angrenzenden natürlichen Bereichen bei rD,n					Fließzeitberechnung (Programm zur RAS_EW - Mannig- Strickler-Annäherung-Kreis) für (B_M , G_Str. , KSt_M)			tF_g (Fließzeit_ gewählt)			
				A_i	Qvers_i	n	D	rD,n	N_Str_r	N_Str_l	N_Ba	N_Bö	N_M	Q_Str_r	Q_Str_l	Q_Ba	Q_Bö	Q_M	Q_nat	Q_Zu	t (Stauhöhe)		v (Fließgeschw.)	tF (Fließzeit)	
				ha	l/s	1/a	min	l/(s*ha)	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	m		m/s	min	
				Ai = L_Str. * Bi	Qvers_i = A_i * qVers_i			KOSTRA	N_i = (A_i * Ψ_i) * rD,n					Q_i = N_i - Q_Vers_i					Q_nat = qZu_nat * L_Str.		Q_Zu = Summe Q_i		Programm	Programm	tF = (L_Str. / v) + tFo
Länge_Straße	L_Str.	m	1.000			1	15	97,2	87,48	87,48	14,58	48,60	19,44	87,48	87,48	-0,42	-1,40	-10,56		0,00	162,58	0,180	0,847	22,68	25
Gefälle	G_Str.	%	2			1	25	70	63,00	63,00	10,50	35,00	14,00	63,00	63,00	-4,50	-15,00	-16,00		0,00	90,50	0,137	0,708	26,54	Iteration Ende
Breite_Straße_rechts	B_Str_r	m	10	A_Str_r	1,00																				
Breite_Straße_links	B_Str_l	m	10	A_Str_l	1,00																				
Breite_Bankett	B_Ba	m	1,5	A_Ba	0,15																				
Breite_Böschung	B_Bö	m	5	A_Bö	0,50																				
Breite_Mulde	B_M	m	2	A_M	0,20																				
Sohlbreite_Mulde	b_M	m	0,5																						
Böschungsneigung_Mulde	m_M		1 : 2,5																						
Muldenhöhe	h_M	m	0,3																						
Abflussbeiwert_Straße_rechts	Ψ_Str_r		0,9																						
Abflussbeiwert_Straße_links	Ψ_Str_l		0,9																						
Abflussbeiwert_Bankett	Ψ_Ba		1																						
Abflussbeiwert_Böschung	Ψ_Bö		1																						
Versickerungsrate_Bankett	qVers_Ba	l/(s*ha)	100		Q_Vers_Ba	15,0																			
Versickerungsrate_Böschung	qVers_Bö	l/(s*ha)	100		Q_Vers_Bö	50,0																			
Versickerungsrate_Mulde	qVers_M	l/(s*ha)	150		Q_Vers_M	30,0																			
Rauhigkeitsbeiwert_Mulde	kSt_M	m ^{1/3} /s	25																						
Fließzeit auf der Oberfläche	tFo	min	3																						
Zufluss zur Mulde über natürliche Flächen	qZu_nat	l/(s*lfdm)	0																						
Zulässiger Drosselabfluss in das Gewässer	qDr_zulässig	l/s	10																						
Der Muldenabfiss wird im Beispiel ohne Fließzeitverlängerung zur Rückhalteanlage abgeleitet.																									

Berechnungsbeispiel 1 „Bemessung Regenrückhaltebecken, Autobahn mit Entwässerungsmulde“
Bemessung eines RRB nach Abschnitt 1.3.3 RAS_Ew bzw. DWA-A 117 (Dauerstufenverfahren), eines Versickerungsbeckens nach DWA-A 138 und Nachweis der vollständigen Versickerung des maßgebenden Beckenzuflusses in der Rasenmulde

Flächen/Abflussbeiwerte/ Versickerungsraten	Kurz- zeichen	Einheit	Wert	Flächen	Versickerung	Häufigkeit_R egen	Dauer- stufe_Reg en	Nieder- schlag	Anfall_Niederschlagswasser bei rD,n					Abfluss unter Berücksichtigung der Versickerung und dem Zufluss aus angrenzenden natürlichen Bereichen bei rD,n						
				A_i	Qvers_i	n	D	rD,n	N_Str_r	N_Str_l	N_Ba	N_Bö	N_M	Q_Str_r	Q_Str_l	Q_Ba	Q_Bö	Q_M	Q_nat	Q_zu
				ha	l/s	1/a	min	l/(s*ha)	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s
				Ai = L_Str. * Bi	Qvers_i = A_i * qVers_i			KOSTRA	N_i = (A_i * Ψ_i) * rD,n					Q_i = N_i - Q_Vers_i					Q_nat = qZu_nat * L_Str.	
Länge_Straße	L_Str.	m	1.000			0,2	5	341,8	307,62	307,62	51,27	170,90	68,36	307,62	307,62	36,27	120,90	38,36	0,00	810,77
Gefälle	G_Str.	%	2			0,2	10	205,4	184,86	184,86	30,81	102,70	41,08	184,86	184,86	15,81	52,70	11,08	0,00	449,31
Breite_Straße_r	B_Str_r	m	10	A_Str_r	1,00	0,2	15	152,6	137,34	137,34	22,89	76,30	30,52	137,34	137,34	7,89	26,30	0,52	0,00	309,39
Breite_Straße_l	B_Str_l	m	10	A_Str_l	1,00	0,2	20	123,6	111,24	111,24	18,54	61,80	24,72	111,24	111,24	3,54	11,80	-5,28	0,00	232,54
Breite_Bankett	B_Ba	m	1,5	A_Ba	0,15	0,2	30	91,9	82,71	82,71	13,79	45,95	18,38	82,71	82,71	-1,22	-4,05	-11,62	0,00	148,54
Breite_Böschung	B_Bö	m	5	A_Bö	0,50															
Breite_Mulde	B_M	m	2	A_M	0,20															
Sohlbreite_Mulde	b_M	m	0,5																	
Böschungsneigung_Mulde	m_M		1 : 2,5																	
Muldenhöhe	h_M	m	0,3																	
Abflussbeiwert_Straße_rechts	Ψ_Str_r		0,9																	
Abflussbeiwert_Straße_links	Ψ_Str_l		0,9																	
Abflussbeiwert_Bankett	Ψ_Ba		1																	
Abflussbeiwert_Böschung	Ψ_Bö		1																	
Versickerungsrate_Bankett	qVers_Ba	l/(s*ha)	100		Q_Vers_Ba	15,0														
Versickerungsrate_Böschung	qVers_Bö	l/(s*ha)	100		Q_Vers_Bö	50,0														
Versickerungsrate_Mulde	qVers_M	l/(s*ha)	150		Q_Vers_M	30,0														
Rauhigkeitsbeiwert_Mulde	kSt_M	m ^{1/3} /s	25																	
Fließzeit auf der Oberfläche	tFo	min	3																	
Zufluss zur Mulde über natürliche Flächen	qZu_nat	l/(s*lfdm)	0																	
Zulässiger Drosselabfluss in das Gewässer	qDr_zulässig	l/s	10																	
Der Muldenabfluss wird im Beispiel ohne Fließzeitverlängerung zur Rückhalteinlage abgeleitet.																				

Standard-Rasenmulde

Zufluss von linker Straßenseite über Mittelstreifen mit Rohrleitung, nicht über Bankett/Böschung

Ψ_Ba / Ψ_Bö = 1, da Abflussverhalten mit qVers_Ba bzw. qVers_Bö beschrieben wird.

Minimalwert nach RAS-Ew; Häufig liegen deutlich höhere Versickerungsraten vor.

Vorgabe durch LHW

Versickerungsabfluss entspricht Drosselabfluss in's Oberflächengewässer*

auf Basis geschätzter Fließzeit bei 2 % Gefälle

Leistungsfähigkeit der Entwässerungsmulde beachten

RRB (DWA-A 117)

Q_r,D,n	qDr_zulässig	n	D	fZ	fA	V_RRB	
l/s	l/s	1/a	min			m³	
	LHW			DWA-A 117		V_RRB = (Q_r,D,n - qDr_zulässig) * D * fZ * fA * 0,06	
810,77		10,00	0,2	5	1,15	0,98	270,74
449,31		10,00	0,2	10	1,15	0,98	297,06
309,39		10,00	0,2	15	1,15	0,96	297,47
232,54		10,00	0,2	20	1,15	0,96	294,82
148,54		10,00	0,2	30	1,15	0,96	275,30

Versickerungsbecken (DWA-A 138)

Q_zu	Qs	n	D	fZ	fA	Verf.
------	----	---	---	----	----	-------

RRB (DWA-A 117)						
Q_r,D,n	qDr_zulässig	n	D	fZ	fA	V_RRB
l/s	l/s	1/a	min			m³
	LHW			DWA-A 117		V_RRB = (Q_r,D,n - qDr_zulässig) * D * fZ * fA * 0,06
810,77	10,00	0,2	5	1,15	0,98	270,74
449,31	10,00	0,2	10	1,15	0,98	297,06
309,39	10,00	0,2	15	1,15	0,96	297,47
232,54	10,00	0,2	20	1,15	0,96	294,82
148,54	10,00	0,2	30	1,15	0,96	275,30

Versickerungsbecken (DWA-A 138)						
Q_zu	Qs	n	D	fZ	fA	Verf.
m³/s	m³/s	1/a	min			m³
				DWA-A 117		Verf. = (Q_zu - Qs) * D * fZ * fA * 60
0,8108	0,01	0,2	5	1,15	0,98	270,74
0,4493	0,01	0,2	10	1,15	0,98	297,06
0,3094	0,01	0,2	15	1,15	0,96	297,47
0,2325	0,01	0,2	20	1,15	0,96	294,82
0,1485	0,01	0,2	30	1,15	0,96	275,30

*) Bei einer Versickerungsfläche von 670 m² und einem kf = 1,5 * 10⁻⁵ ergibt sich ein Versickerungsabfluss in Höhe von 10 l/s.

Da die Versickerungsleistung der Mulde bereits bei der Ermittlung des maßgebenden Zuflusses berücksichtigt ist, wird der Wert für Qs hier auf Null gesetzt.

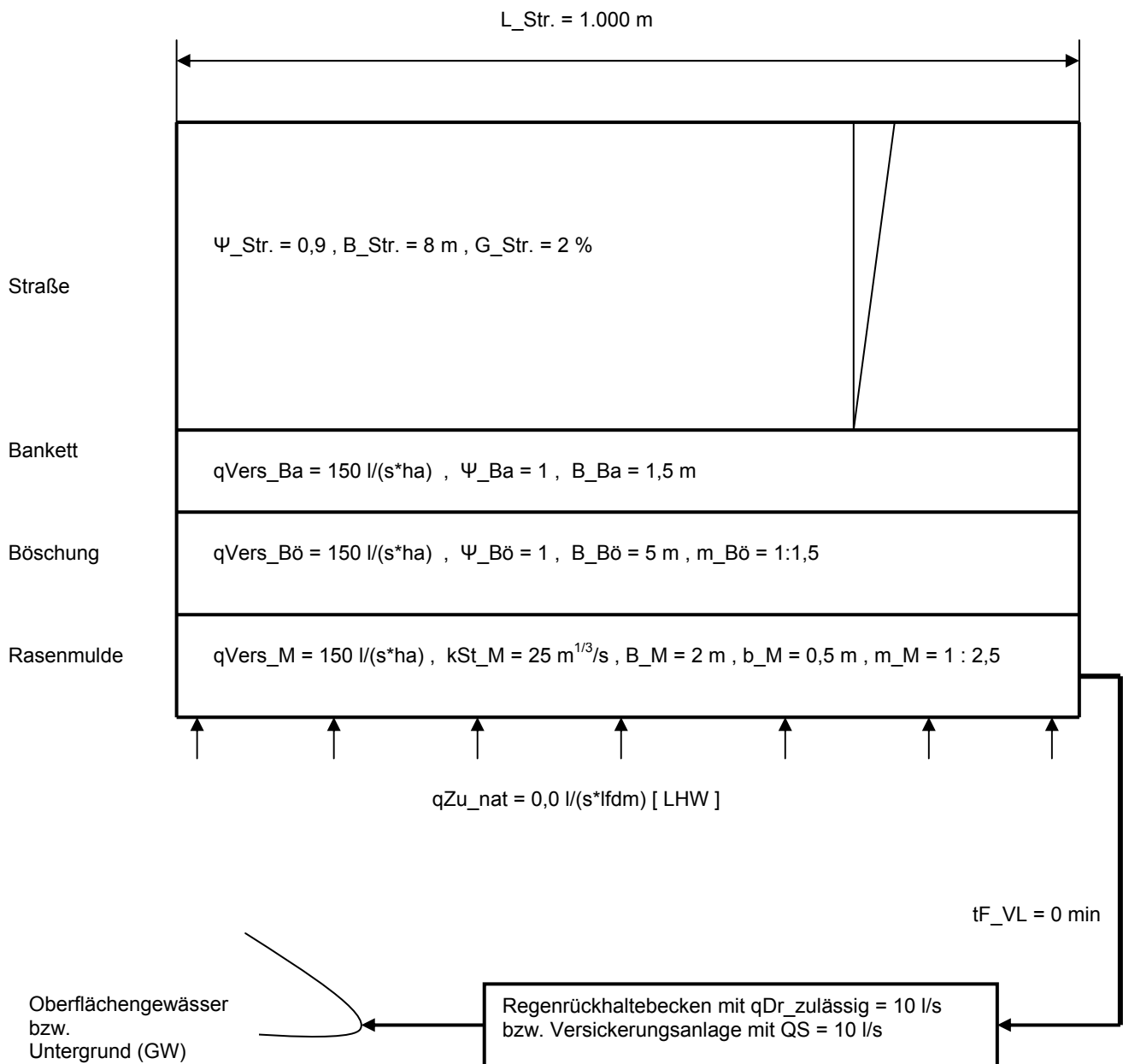
Nachweis, dass gesamter maßgebender Abfluss bei entsprechender Speicherung in der Entwässerungsmulde versickert werden kann						
Q_zu	Qs	n	D	fZ	fA	Verf.
m³/s	m³/s	1/a	min			m³
				DWA-A 117		Verf. = (Q_zu - Qs) * D * fZ * fA * 60
0,8108	0	0,2	5	1,15	0,98	274,12
0,4493	0	0,2	10	1,15	0,98	303,82
0,3094	0	0,2	15	1,15	0,96	307,41
0,2325	0	0,2	15	1,15	0,96	231,05

vorhandener Speicherraum der Mulde: Vvorh = (((b + B)/2) * h) * L/2 187,5 m³ Nachweis nicht erbracht

Berechnungsbeispiel 2

„Bemessung Regenrückhaltebecken, Bundesstraße mit Entwässerungsmulde“

Skizze zum Berechnungsbeispiel 2



Berechnungsbeispiel 2 „Bemessung Regenrückhaltebecken, Bundesstraße mit Entwässerungsmulde“
Bemessung eines RRB nach Abschnitt 1.3.3 RAS_Ew bzw. DWA-A 117 (Dauerstufenverfahren), eines Versickerungsbeckens nach DWA-A 138 und Nachweis der vollständigen Versickerung des maßgebenden Beckenzuflusses in der Rasenmulde

Flächen/Abflussbeiwerte/ Versickerungsraten	Kurz- zeichen	Einheit	Wert	Flächen	Versickerung	Häufigkeit_R egen	Dauer- stufe_Reg en	Nieder- schlag	Anfall_Niederschlagswasser bei rD,n				Abfluss unter Berücksichtigung der Versickerung und dem Zufluss aus angrenzenden natürlichen Bereichen bei rD,n					
				A_i	Qvers_i	n	D	rD,n	N_Str	N_Ba	N_Bö	N_M	Q_Str	Q_Ba	Q_Bö	Q_M	Q_nat	Q_zu
				ha	l/s	1/a	min	l/(s*ha)	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s
				Ai = L_Str. * Bi	Qvers_i = A_i * qVers_i			KOSTRA	N_i = (A_i * Ψ_i) * rD,n				Q_i = N_i - Q_Vers_i				Q_nat = qZu_nat * L_Str.	Q_zu = Summe Q_i
Länge_Straße	L_Str.	m	1.000			0,2	5	341,8	246,10	51,27	68,36	68,36	246,10	28,77	38,36	38,36	0,00	351,59
Gefälle	G_Str.	%	2			0,2	10	205,4	147,89	30,81	41,08	41,08	147,89	8,31	11,08	11,08	0,00	178,36
Breite_Straße	B_Str.	m	8	A_Str	0,80	0,2	15	152,6	109,87	22,89	30,52	30,52	109,87	0,39	0,52	0,52	0,00	111,30
Breite_Bankett	B_Ba	m	1,5	A_Ba	0,15	0,2	20	123,6	88,99	18,54	24,72	24,72	88,99	-3,96	-5,28	-5,28	0,00	74,47
Breite_Böschung	B_Bö	m	2	A_Bö	0,20	0,2	30	91,9	66,17	13,79	18,38	18,38	66,17	-8,72	-11,62	-11,62	0,00	34,21
Breite_Mulde	B_M	m	2	A_M	0,20													
Sohlbreite_Mulde	b_M	m	0,5															
Böschungsneigung_Mulde	m_M	m	1 : 2,5															
Muldenhöhe	h_M	m	0,3															
Abflussbeiwert_Straße	Ψ_Str.		0,9															
Abflussbeiwert_Bankett	Ψ_Ba		1															
Abflussbeiwert_Böschung	Ψ_Bö		1															
Versickerungsrate_Bankett	qVers_Ba	l/(s*ha)	150		Q_Vers_Ba	22,5												
Versickerungsrate_Böschung	qVers_Bö	l/(s*ha)	150		Q_Vers_Bö	30,0												
Versickerungsrate_Mulde	qVers_M	l/(s*ha)	150		Q_Vers_M	30,0												
Rauhigkeitsbeiwert_Mulde	kSt_M	m ^{1/3} /s	25															
Fließzeit auf der Oberfläche	tFo	min	3															
Zufluss zur Mulde über natürliche Flächen	qZu_nat	l/(s*lfdm)	0															
Zulässiger Drosselabfluss in das Gewässer	qDr_zulässig	l/s	10															
Der Muldenabfluss wird im Beispiel ohne Fließzeitverlängerung zur Rückhalteinlage abgeleitet.																		

Standard-Rasenmulde

Ψ_Ba / Ψ_Bö = 1, da Abflussverhalten mit qVers_Ba bzw. qVers_Bö beschrieben wird

Häufig liegen deutlich höhere Versickerungs-raten vor.

Vorgabe durch LHW

auf Basis geschätzter Fließzeit bei 2 % Gefälle

RRB (DWA-A 117)

Q_r,D,n	qDr_zulässig	n	D	fZ	fA	V_RRB
l/s	l/s	1/a	min			m³
	LHW			DWA-A 117		V_RRB = (Q_r,D,n - qDr_zulässig) * D * fZ * fA * 0,06
351,59	10,00	0,2	5	1,15	0,98	115,49
178,36	10,00	0,2	10	1,15	0,98	113,84
111,30	10,00	0,2	15	1,15	0,96	100,65
74,47	10,00	0,2	20	1,15	0,96	85,41
34,21	10,00	0,2	30	1,15	0,96	48,12

Versickerungsabfluss entspricht Drosselabfluss in `s Oberflächengewässer*

Versickerungsbecken (DWA-A 138)

Q_zu	Qs	n	D	fZ	fA	Verf.
m³/s	m³/s	1/a	min			m³
				DWA-A 117		Verf. = (Q_zu - Qs) * D * fZ * fA * 60
0,3516	0,01	0,2	5	1,15	0,98	115,49
0,1784	0,01	0,2	10	1,15	0,98	113,84
0,1113	0,01	0,2	15	1,15	0,96	100,65
0,0745	0,01	0,2	20	1,15	0,96	85,41
0,0342	0,01	0,2	30	1,15	0,96	48,12

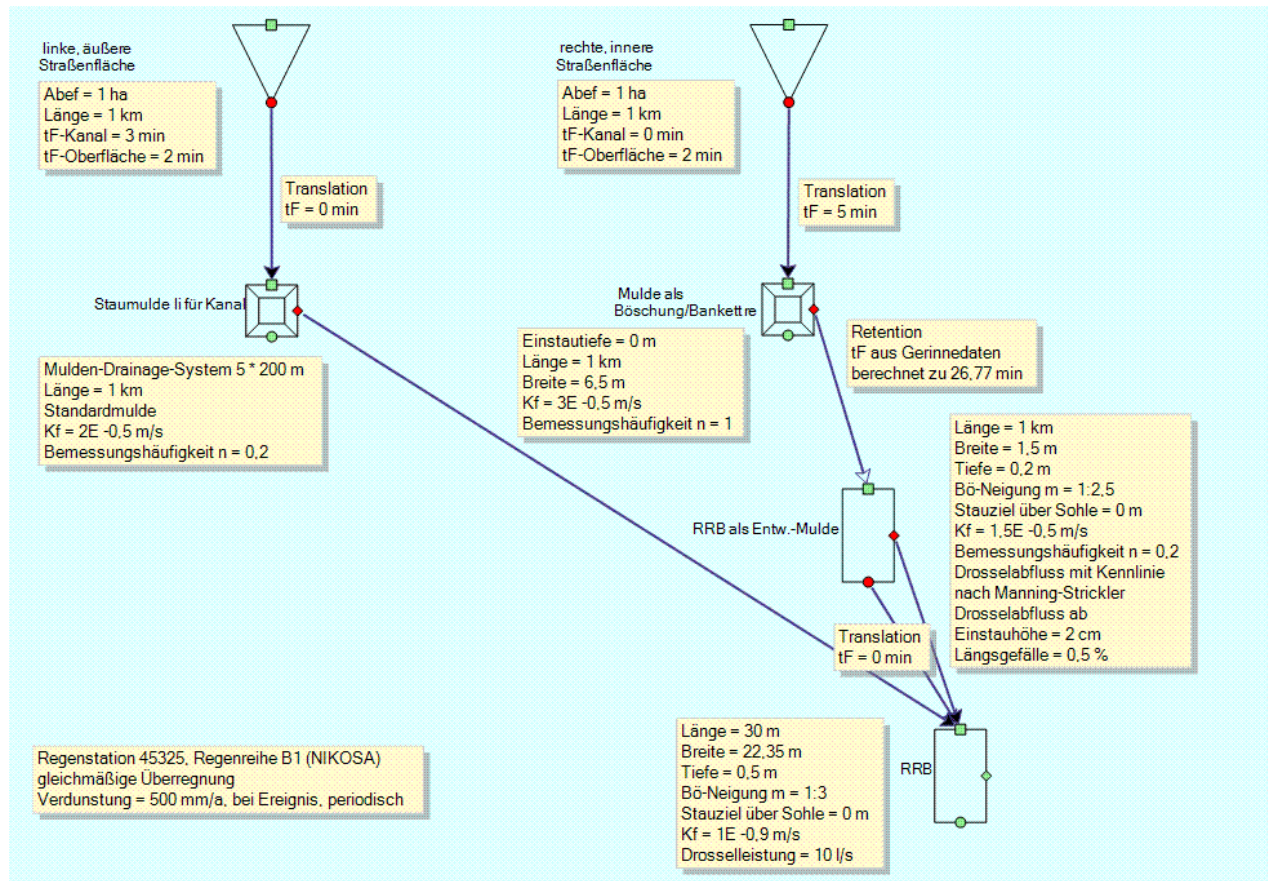
*) Bei einer Versickerungsfläche von 670 m² und einem k_r = 1,5 * 10⁻⁵ ergibt sich ein Versickerungsabfluss in Höhe von 10 l/s.

Da die Versickerungsleistung der Mulde bereits bei der Ermittlung des maßgebenden Zuflusses berücksichtigt ist, wird der Wert für Q_s hier auf Null gesetzt.

Nachweis, dass gesamter maßgebender Abfluss bei entsprechender Speicherung in der Entwässerungsmulde versickert werden kann						
Q_zu	Qs	n	D	fZ	fA	Verf.
m³/s	m³/s	1/a	min			m³
				DWA-A 117		Verf. = (Q_zu - Qs) * D * fZ * fA * 60
0,3516	0	0,2	5	1,15	0,98	118,87
0,1784	0	0,2	10	1,15	0,98	120,61
0,1113	0	0,2	15	1,15	0,96	110,59
0,0745	0	0,2	15	1,15	0,96	74,00

vorhandener Speicherraum der Mulde: $V_{vorh} = (((b + B)/2) * h) * L/2$ **187,5 m³** **Nachweis erbracht**

Systemgrafik zur Anwendung des Langzeitsimulationsprogramms KOSIM für die Linienentwässerung (Beispiel – Autobahn)



Tel.:
Fax:

E-Mail:

Inhaltsverzeichnis

Standardmulde

Modus: Nachweis

Stand: Donnerstag, 15. April 2010

Inhaltsverzeichnis	
Inhaltsverzeichnis	1
Allgemeines	2
Parametersätze	3
Regenwetterabflüsse	4
Transportelemente	5
Regenrückhaltebecken	6
Regenrückhaltebecken Details	7
Mulden	9
Statistische Auswertung von Ein- und Überstauereignissen	10

Tel.:
Fax:

E-Mail:

Allgemeines
Standardmulde
Modus: Nachweis

Stand: Donnerstag, 15. April 2010

Allgemeines	
Projekt	Standardmulde
Auftraggeber	LBB HNL FG 213 Herr Borchert Fromm LAU
Auftragnehmer	
Straße	
Ort	
Telefon	
Fax	
E-Mail	
Bearbeiter	
Allgemeines	k_St = 20, Gefälle = 0,5 %
Rechenlauf	
	zwei_Mu 1,5 m_l=05%-RRB-KL ab 2cm
Simulationsbeginn	01.01.1989 00:00:00
Simulationsende	31.12.1998 23:55:00
DeltaT [min]	5
Verdunstungsmenge	500 mm/a
Verdunstung bei Ereignis	ja
Verdunstungsart	periodisch
Jahresgang	ja
Tagesgang	ja
Rückstau Hltg.	nein

Tel.:
Fax:

Email:

Parametersätze

Standardmulde

Modus: Nachweis

Stand: Donnerstag, 15. April 2010

Befestigte Flächen						
Straßenflächen	k,konst	ja -	k,min	0,5 -	VBen	0,5 mm
	r,char	100,0 l/s/ha	k,max	2,0 -	VMuld	1,8 mm
			Verdunstung	500,0 mm/a	Psi,0	0,0 -
					Psi,e	1,0 -
Muldenflächen	k,konst	ja -	k,min	0,5 -	VBen	1,0 mm
	r,char	100,0 l/s/ha	k,max	2,0 -	VMuld	0,0 mm
			Verdunstung	500,0 mm/a	Psi,0	1,0 -
					Psi,e	1,0 -
RRB-Flächen	k,konst	ja -	k,min	0,5 -	VBen	1,0 mm
	r,char	100,0 l/s/ha	k,max	2,0 -	VMuld	0,0 mm
			Verdunstung	500,0 mm/a	Psi,0	1,0 -
					Psi,e	1,0 -

Tel.:
Fax:

Email:

Regenwetterabflüsse

Standardmulde

Modus: Nachweis

Stand: Donnerstag, 15. April 2010

Regenwetterabflüsse					
rechte, innere Straßenfläche befestigt	Fläche	1,0000 ha	Parametersatz Straßenflächen		
	Nbrutto	536,2 mm/a	Nnetto	312,6 mm/a	VQR 3.126 m³/a
linke, äußere Straßenfläche befestigt	Fläche	1,0000 ha	Parametersatz Straßenflächen		
	Nbrutto	536,2 mm/a	Nnetto	312,6 mm/a	VQR 3.125 m³/a
Mulde als Böschung/Bankett re befestigt	Fläche	0,6500 ha	Parametersatz Muldenflächen		
	Nbrutto	536,2 mm/a	Nnetto	392,2 mm/a	VQR 2.549 m³/a
Staumulde li für Kanal befestigt	Fläche	0,2000 ha	Parametersatz Muldenflächen		
	Nbrutto	536,2 mm/a	Nnetto	392,2 mm/a	VQR 784 m³/a
RRB als Entw.-Mulde befestigt	Fläche	0,1500 ha	Parametersatz RRB-Flächen		
	Nbrutto	536,2 mm/a	Nnetto	392,2 mm/a	VQR 588 m³/a
RRB befestigt	Fläche	0,0671 ha	Parametersatz RRB-Flächen		
	Nbrutto	536,2 mm/a	Nnetto	392,2 mm/a	VQR 263 m³/a
Gesamt	AE,b	3,0671 ha	AE,tb	0,0000 ha	AE,nb 0,0000 ha
	AE,nat	0,0000 ha			AE 3,0671 ha
	VQR,b	10.436 m³/a	VQR,tb	0 m³/a	VQR,nb 0 m³/a
	VQR,nat	0 m³/a			VQR 10.436 m³/a

Tel.:
Fax:

Email:

Transportelemente

Standardmulde

Modus: Nachweis

Stand: Donnerstag, 15. April 2010

Transportelemente						
Transport 2	Transporttyp	Transportstrecke	Sohlgefälle	0,00 %	Modus	Translation
	Profiltyp	Kreis	kb-Wert	1,50 mm	Abfl.-beschr.	Nein
	Profilhöhe	0 mm	Qvoll	0,00 l/s	Qmax	- l/s
	Profilbreite	0 mm	Rückstau	nein -	Fließzeit	5,0 min
	Länge	0,0 m	Rückstauvol.	0 m³	VQab	31.254 m³
Transport 2.1	Transporttyp	Transportstrecke	Sohlgefälle	0,50 %	Modus	Retention
	Profiltyp	Rechteck	kb-Wert	150,00 mm	Abfl.-beschr.	Nein
	Profilhöhe	400 mm	Qvoll	497,99 l/s	Qmax	- l/s
	Profilbreite	2.000 mm	Rückstau	nein -	Fließzeit	26,8 min
	Länge	1.000,0 m	Rückstauvol.	0 m³	VQab	667 m³
Transport 3	Transporttyp	Transportstrecke	Sohlgefälle	2,00 %	Modus	Translation
	Profiltyp	Rechteck	kb-Wert	1,50 mm	Abfl.-beschr.	Nein
	Profilhöhe	300 mm	Qvoll	1,39*10 ²⁰ l/s	Qmax	- l/s
	Profilbreite	1.000 mm	Rückstau	nein -	Fließzeit	0,0 min
	Länge	1.000,0 m	Rückstauvol.	0 m³	VQab	461 m³
Transport 1017	Transporttyp	Transportstrecke	Sohlgefälle	0,00 %	Modus	Translation
	Profiltyp	Kreis	kb-Wert	1,50 mm	Abfl.-beschr.	Nein
	Profilhöhe	0 mm	Qvoll	0,00 l/s	Qmax	- l/s
	Profilbreite	0 mm	Rückstau	nein -	Fließzeit	0,0 min
	Länge	0,0 m	Rückstauvol.	0 m³	VQab	0 m³
Transport 1018	Transporttyp	Transportstrecke	Sohlgefälle	0,00 %	Modus	Translation
	Profiltyp	Kreis	kb-Wert	1,50 mm	Abfl.-beschr.	Nein
	Profilhöhe	0 mm	Qvoll	0,00 l/s	Qmax	- l/s
	Profilbreite	0 mm	Rückstau	nein -	Fließzeit	0,0 min
	Länge	0,0 m	Rückstauvol.	0 m³	VQab	31.255 m³
Transport 1019	Transporttyp	Transportstrecke	Sohlgefälle	0,00 %	Modus	Translation
	Profiltyp	Kreis	kb-Wert	1,50 mm	Abfl.-beschr.	Nein
	Profilhöhe	0 mm	Qvoll	0,00 l/s	Qmax	- l/s
	Profilbreite	0 mm	Rückstau	nein -	Fließzeit	0,0 min
	Länge	0,0 m	Rückstauvol.	0 m³	VQab	0 m³
Gesamt	Länge	2.000,0 m	Rückstauvol.	0 m³		

Tel.:
Fax:

Email:

Regenrückhaltebecken

Standardmulde

Modus: Nachweis

Stand: Donnerstag, 15. April 2010

Regenrückhaltebecken						
RRB als Entw.-Mulde	AE,b,kum	0,00 ha	kf,Sohle	1,5*10 ⁻⁰⁵ m/s	qr,ges	0,0 l/s/ha
	AE,nb,kum	0,00 ha	kf,Böschung	1,5*10 ⁻⁰⁵ m/s	VQDr	461 m³
	AE,kum	0,00 ha	Qsick	40.500,00 l/h	VQue	0 m³
	Länge	1.000,00 m	QDr1	167,00 l/s	n,ue,d	0,0 d
	Breite	1,50 m	QDr2	0,00 l/s	n,ue	0,0 -
	Tiefe	0,20 m	n,erf	0,20 -	n,vorh	0,01 -
	Neigung 1:	2,5 -	Vvorh	200 m³	Verf	90 m³
RRB	AE,b,kum	0,00 ha	kf,Sohle	1*10 ⁻⁰⁹ m/s	qr,ges	0,0 l/s/ha
	AE,nb,kum	0,00 ha	kf,Böschung	1*10 ⁻⁰⁹ m/s	VQDr	3.090 m³
	AE,kum	0,00 ha	Qsick	1,21 l/h	VQue	0 m³
	Länge	30,00 m	QDr1	10,00 l/s	n,ue,d	0,0 d
	Breite	22,35 m	QDr2	0,00 l/s	n,ue	0,0 -
	Tiefe	0,50 m	n,erf	0,20 -	n,vorh	0,00 -
	Neigung 1:	3,0 -	Vvorh	297 m³	Verf	42 m³
Gesamt	AE,b,kum	0 ha				
	AE,nb,kum	0 ha	Qsick	40.501,21 l/h	VQue	0 m³
	AE,kum	0 ha	Vvorh	497 m³	Verf	132 m³

Tel.:
Fax:

E-Mail:

Regenrückhaltebecken Details

Standardmulde

Modus: Nachweis

Stand: Donnerstag, 15. April 2010

RRB als Entw.-Mulde			
Angeschlossene Flächen	Befestigte Fläche	AE,b,kum	0,00 ha
	Unbefestigte Fläche	AE,nb,kum	0,00 ha
	Teilbefestigte Fläche	AE,tb,kum	0,00 ha
	Natürliche Fläche	AE,nat,kum	0,00 ha
	Gesamtfläche	AE,kum	0,00 ha
Kenndaten	Länge	L	1.000,00 m
	Breite	B	1,50 m
	Tiefe	T	0,20 m
	Böschungsneigung	1 :	2,5 -
	Maximaler Drosselabfluss 1	QDr1	167,00 l/s
	Maximaler Drosselabfluss 2	QDr2	0,00 l/s
	Regenabflussspende	qr,ges	0,0 l/s/ha
	Durchlässigkeitsbeiwert - Sohle	kf,Sohle	1,5*10 ⁻⁰⁵ m/s
	Durchlässigkeitsbeiwert - Böschung	kf,Böschung	1,5*10 ⁻⁰⁵ m/s
	Erforderliche Bemessungshäufigkeit	n,erf	0,20 1/a
	Max. Versickerungsleistung RRB	Qsick	40.500,00 l/h
	Volumen im Dauerstau	Vdauer	0 m³
	Nutzbares Volumen	Vnutz	200 m³
	Rückstauvolumen	Vstat	0 m³
	Vorhandenes Volumen	Vvorh	200 m³
Prozessdaten - Menge	Zufluss	VQzu	6.550 m³
	Drosselabflussmenge 1	VQDr1	461 m³
	Drosselabflussmenge 2	VQDr2	0 m³
	Überlaufmenge	VQue	0 m³
	Verdunstungsmenge	V,Verd	4 m³
	Versickerungsmenge	V,Vers	6.085 m³
	Volumen zu Beginn des Zeitraumes	V,Beginn	0 m³
	Volumen am Ende des Zeitraumes	V,Ende	0 m³
	Niederschlag auf RRB	VQRRB	5.883 m³
Einstau- / Überstaustatistik	Anzahl Einstauereignisse	Nein	116,0 -
	Kalendertage mit Einstau	Nein,d	100,0 d
	Einstaudauer	Tein	64,0 h
	Anzahl Überlaufereignisse	n,ue	0,0 -
	Kalendertage mit Überlauf	n,ue,d	0,0 d
	Überlaufdauer	T,ue	0,0 h
	Maximaler Überlauf	Que,max	0,00 l/s
	Vorhandene Überlaufhäufigkeit	n,vorh	0,01 1/a
	Erforderliches Volumen	Verf	90 m³

Tel.:
Fax:

E-Mail:

Regenrückhaltebecken Details

Standardmulde

Modus: Nachweis

Stand: Donnerstag, 15. April 2010

RRB			
Angeschlossene Flächen	Befestigte Fläche	AE,b,kum	0,00 ha
	Unbefestigte Fläche	AE,nb,kum	0,00 ha
	Teilbefestigte Fläche	AE,tb,kum	0,00 ha
	Natürliche Fläche	AE,nat,kum	0,00 ha
	Gesamtfläche	AE,kum	0,00 ha
Kenndaten	Länge	L	30,00 m
	Breite	B	22,35 m
	Tiefe	T	0,50 m
	Böschungsneigung	1 :	3,0 -
	Maximaler Drosselabfluss 1	QDr1	10,00 l/s
	Maximaler Drosselabfluss 2	QDr2	0,00 l/s
	Regenabflussspende	qr,ges	0,0 l/s/ha
	Durchlässigkeitsbeiwert - Sohle	kf,Sohle	1*10 ⁻⁰⁹ m/s
	Durchlässigkeitsbeiwert - Böschung	kf,Böschung	1*10 ⁻⁰⁹ m/s
	Erforderliche Bemessungshäufigkeit	n,erf	0,20 1/a
	Max. Versickerungsleistung RRB	Qsick	1,21 l/h
	Volumen im Dauerstau	Vdauer	0 m³
	Nutzbares Volumen	Vnutz	297 m³
	Rückstauvolumen	Vstat	0 m³
	Vorhandenes Volumen	Vvorh	297 m³
Prozessdaten - Menge	Zufluss	VQzu	3.091 m³
	Drosselabflussmenge 1	VQDr1	3.090 m³
	Drosselabflussmenge 2	VQDr2	0 m³
	Überlaufmenge	VQue	0 m³
	Verdunstungsmenge	V,Verd	1 m³
	Versickerungsmenge	V,Vers	0 m³
	Volumen zu Beginn des Zeitraumes	V,Beginn	0 m³
	Volumen am Ende des Zeitraumes	V,Ende	0 m³
	Niederschlag auf RRB	VQRRB	2.630 m³
Einstau- / Überstaustatistik	Anzahl Einstauereignisse	Nein	8,0 -
	Kalendertage mit Einstau	Nein,d	6,0 d
	Einstaudauer	Tein	11,0 h
	Anzahl Überlaufereignisse	n,ue	0,0 -
	Kalendertage mit Überlauf	n,ue,d	0,0 d
	Überlaufdauer	T,ue	0,0 h
	Maximaler Überlauf	Que,max	0,00 l/s
	Vorhandene Überlaufhäufigkeit	n,vorh	0,00 1/a
	Erforderliches Volumen	Verf	42 m³

Tel.:
Fax:

Email:

Mulden

Standardmulde

Modus: Nachweis

Stand: Donnerstag, 15. April 2010

Mulden						
Mulde als Böschung/Bankett re	Länge	1.000,00 m	A _{E,b}	1,0000 ha	V,Verd	0 m³
	Breite	6,50 m	k _f -Wert	3*10 ⁻⁰⁵ m/s	V,Vers	56.079 m³
	Tiefe	0,00 m	Q _{sick}	351.000,0 l/h	V _{Que}	667 m³
	Neigung 1:	2,50 -	Mächtigkeit	1,50 m	Que,max	1.000,00 l/s
	Oberfläche	6.500,00 m²	V _{vorh}	0,00 m³	Verf	2,57 m³
	Sohlfläche	6.500,00 m²	n _{erf}	1,00 1/a	n _{vorh}	1,04 1/a
Staumulde li für Kanal Mulden-Drainage-System 5*200m	Länge	1.000,00 m	A _{E,b}	1,0000 ha	V,Verd	42 m³
	Breite	2,00 m	k _f -Wert	2*10 ⁻⁰⁵ m/s	V,Vers	39.057 m³
	Tiefe	0,30 m	Q _{sick}	72.000,0 l/h	V _{Que}	0 m³
	Neigung 1:	2,50 -	Mächtigkeit	0,30 m	Que,max	1.873,90 l/s
	Oberfläche	2.000,00 m²	V _{vorh}	374,78 m³	Verf	212,80 m³
	Sohlfläche	499,25 m²	n _{erf}	0,20 1/a	n _{vorh}	0,01 1/a
Gesamt	Länge	0,00 m	A _{E,b}	2,0000 ha	V,Verd	42 m³
	Breite	0,00 m	Q _{sick}	423.000,00 l/h	V,Vers	95.136 m³
	Oberfläche	8.500,00 m²			V _{Que}	667 m³
	Sohlfläche	6.999,25 m²	V _{vorh}	374,78 m³	Verf	215,37 m³

Tel.:
Fax:

E-Mail:

Statistische Auswertung von Ein- und Überstauereignissen

Standardmulde

Modus: Nachweis

Stand: Donnerstag, 15. April 2010

Mulde als Böschung/Bankett re											
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 19:40:00	0,42	0,02	236,3	328,6	0,0	182,3	182,3	0,09	10,84	
2	04.08.1993 14:00:00	0,33	0,02	170,2	244,0	0,0	127,0	127,0	0,18	5,42	
3	08.08.1992 15:15:00	0,33	0,01	129,4	205,5	0,0	88,5	88,5	0,28	3,61	
4	29.07.1997 15:25:00	0,25	0,01	148,2	169,2	0,0	81,5	81,5	0,37	2,71	
5	01.08.1994 16:20:00	0,33	0,01	107,3	190,3	0,0	73,3	73,3	0,46	2,17	
6	28.08.1995 01:50:00	0,17	0,01	74,5	94,4	0,0	35,9	35,9	0,55	1,81	
7	06.07.1995 15:35:00	0,25	0,01	51,3	112,3	0,0	24,5	24,5	0,65	1,55	
8	15.08.1989 17:00:00	0,17	0,00	42,5	80,4	0,0	21,9	21,9	0,74	1,35	
9	20.08.1992 16:15:00	0,17	0,00	32,5	75,4	0,0	16,9	16,9	0,83	1,20	
10	01.08.1994 04:15:00	0,33	0,00	10,7	125,2	0,0	8,2	8,2	0,92	1,08	
11	17.09.1995 20:00:00	0,17	0,00	16,6	64,5	0,0	6,0	6,0	1,02	0,99	
12	27.08.1995 16:25:00	0,08	0,00	2,8	30,1	0,0	0,8	0,8	1,11	0,90	

Tel.:
Fax:

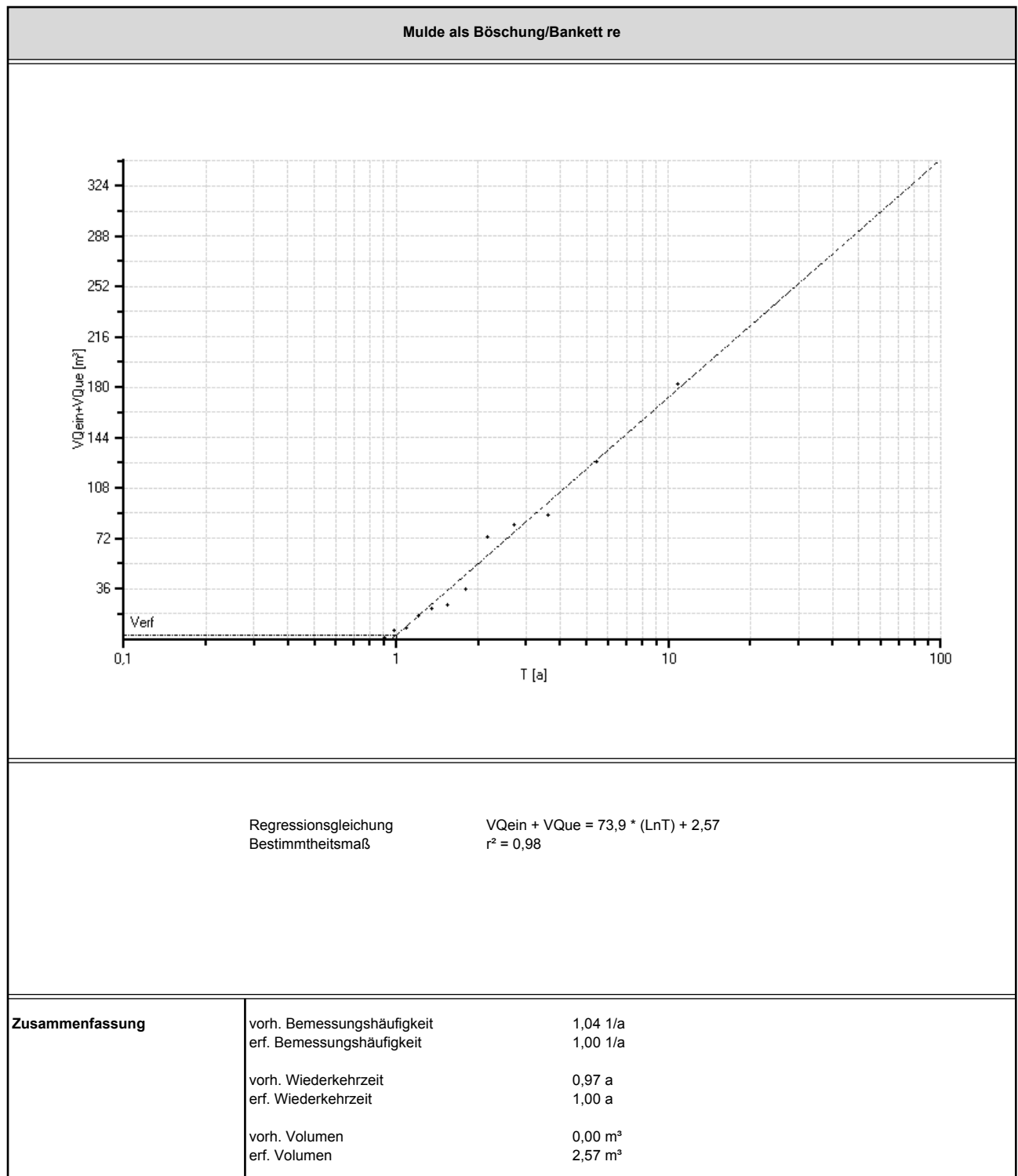
Email:

Statistische Auswertung von Ein- und Überstauereignissen

Standardmulde

Modus: Nachweis

Stand: Donnerstag, 15. April 2010



Tel.:
Fax:

Email:

Statistische Auswertung von Ein- und Überstauereignissen

Standardmulde

Modus: Nachweis

Stand: Donnerstag, 15. April 2010

Staumulde li für Kanal											
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 19:30:00	13,08	0,25	0,0	591,1	278,2	0,0	278,2	0,10	10,37	
2	04.08.1993 13:45:00	6,92	0,21	0,0	261,5	216,0	0,0	216,0	0,19	5,19	
3	08.08.1992 15:00:00	6,25	0,19	0,0	224,8	182,8	0,0	182,8	0,29	3,46	
4	16.09.1995 01:55:00	14,33	0,17	0,0	502,0	152,5	0,0	152,5	0,39	2,59	
5	07.05.1996 00:45:00	6,75	0,16	0,0	220,6	146,8	0,0	146,8	0,48	2,07	
6	01.08.1994 04:00:00	8,17	0,16	0,0	264,1	146,6	0,0	146,6	0,58	1,73	
7	01.08.1994 16:10:00	5,17	0,16	0,0	173,5	145,7	0,0	145,7	0,67	1,48	
8	29.07.1997 15:20:00	4,75	0,15	0,0	156,6	128,5	0,0	128,5	0,77	1,30	
9	06.07.1995 15:30:00	7,42	0,14	0,0	227,8	122,9	0,0	122,9	0,87	1,15	
10	30.07.1994 18:10:00	7,17	0,14	0,0	226,8	114,2	0,0	114,2	0,96	1,04	
11	30.05.1994 01:35:00	8,08	0,13	0,0	255,2	108,3	0,0	108,3	1,06	0,94	
12	10.07.1995 23:45:00	4,67	0,12	0,0	140,5	99,7	0,0	99,7	1,16	0,86	
13	20.11.1995 00:15:00	6,00	0,12	0,0	161,4	93,7	0,0	93,7	1,25	0,80	
14	30.10.1992 05:45:00	5,08	0,12	0,0	146,4	91,9	0,0	91,9	1,35	0,74	
15	28.08.1995 01:35:00	3,83	0,12	0,0	109,3	91,5	0,0	91,5	1,45	0,69	
16	05.05.1993 19:15:00	5,67	0,11	0,0	164,2	86,3	0,0	86,3	1,54	0,65	
17	28.06.1997 21:00:00	5,33	0,11	0,0	146,3	85,2	0,0	85,2	1,64	0,61	
18	21.09.1990 06:15:00	4,92	0,11	0,0	139,1	80,7	0,0	80,7	1,74	0,58	
19	10.06.1998 19:05:00	3,58	0,10	0,0	100,6	78,8	0,0	78,8	1,83	0,55	
20	16.08.1996 16:25:00	4,33	0,10	0,0	124,1	76,5	0,0	76,5	1,93	0,52	
21	23.08.1993 02:30:00	8,92	0,09	0,0	228,2	67,2	0,0	67,2	2,02	0,49	
22	15.08.1989 16:55:00	2,83	0,09	0,0	74,9	65,9	0,0	65,9	2,12	0,47	
23	02.06.1996 02:45:00	3,17	0,09	0,0	84,7	64,9	0,0	64,9	2,22	0,45	
24	18.09.1989 14:25:00	4,25	0,09	0,0	117,0	63,6	0,0	63,6	2,31	0,43	
25	17.09.1995 19:50:00	3,00	0,09	0,0	78,9	63,0	0,0	63,0	2,41	0,41	
26	20.08.1992 16:10:00	2,67	0,08	0,0	69,3	61,0	0,0	61,0	2,51	0,40	
27	24.06.1994 07:30:00	3,33	0,08	0,0	86,1	56,5	0,0	56,5	2,60	0,38	

Tel.:
Fax:

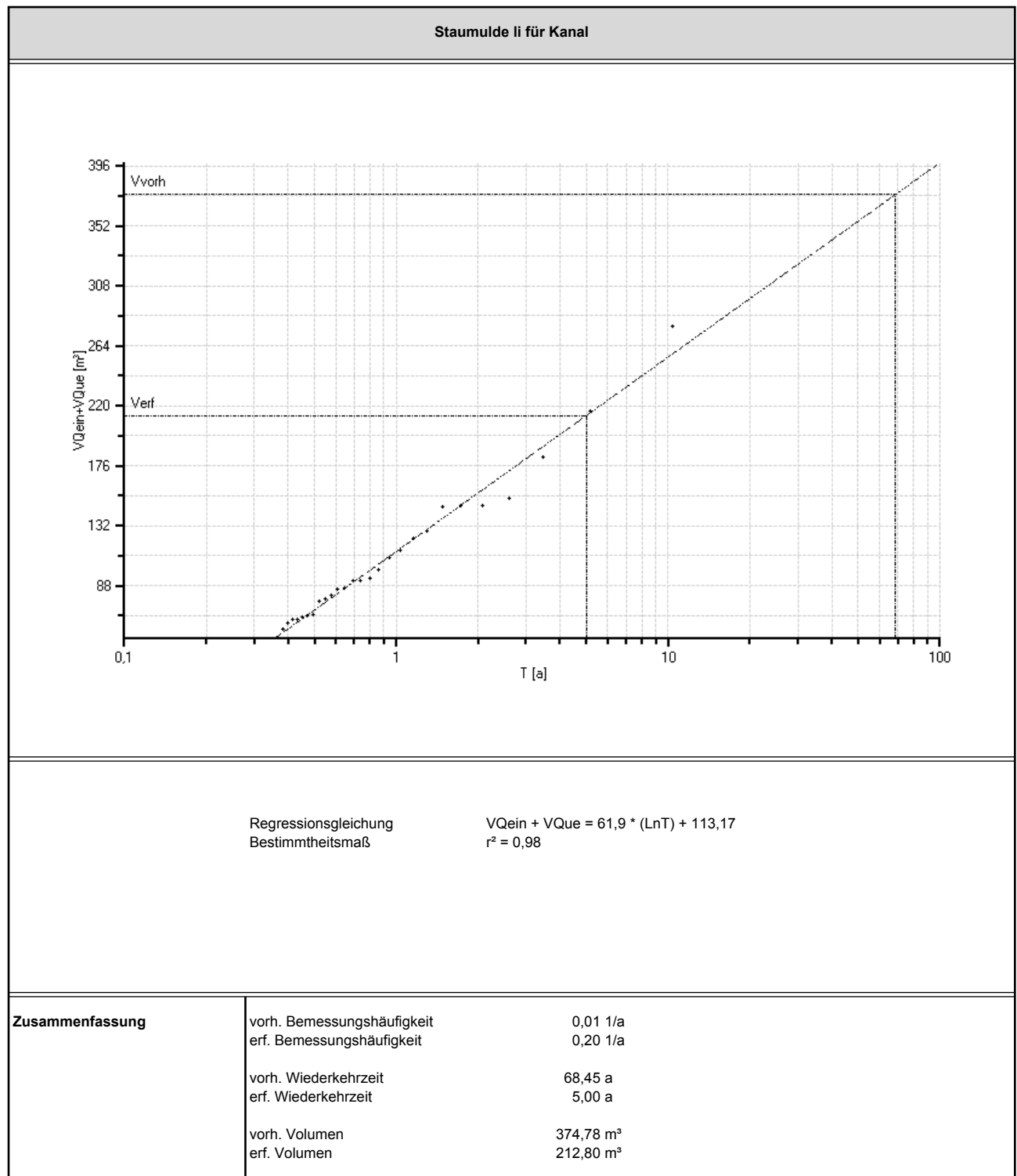
Email:

Statistische Auswertung von Ein- und Überstauereignissen

Standardmulde

Modus: Nachweis

Stand: Donnerstag, 15. April 2010



Tel.:
Fax:

Email:

Statistische Auswertung von Ein- und Überstauereignissen

Standardmulde

Modus: Nachweis

Stand: Donnerstag, 15. April 2010

RRB als Entw.-Mulde											
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 19:35:00	4,00	0,16	0,0	241,7	141,6	0,0	141,6	0,10	10,37	
2	04.08.1993 13:50:00	3,33	0,13	0,0	161,7	103,8	0,0	103,8	0,19	5,19	
3	08.08.1992 15:05:00	3,08	0,10	0,0	119,1	75,9	0,0	75,9	0,29	3,46	
4	29.07.1997 15:20:00	2,75	0,09	0,0	102,6	68,1	0,0	68,1	0,39	2,59	
5	01.08.1994 16:15:00	2,75	0,09	0,0	95,6	61,2	0,0	61,2	0,48	2,07	
6	28.08.1995 01:45:00	2,08	0,05	0,0	49,8	30,5	0,0	30,5	0,58	1,73	
7	06.07.1995 15:30:00	2,08	0,04	0,0	47,9	27,2	0,0	27,2	0,67	1,48	
8	15.08.1989 16:55:00	1,67	0,03	0,0	33,3	18,3	0,0	18,3	0,77	1,30	
9	01.08.1994 04:05:00	1,83	0,03	0,0	34,3	14,9	0,0	14,9	0,87	1,15	
10	20.08.1992 16:10:00	1,50	0,02	0,0	27,5	14,0	0,0	14,0	0,96	1,04	
11	30.07.1994 18:15:00	1,33	0,01	0,0	20,6	6,8	0,0	6,8	1,06	0,94	
12	07.05.1996 01:30:00	1,67	0,01	0,0	25,1	6,3	0,0	6,3	1,16	0,86	
13	10.07.1995 23:50:00	1,08	0,01	0,0	17,4	6,2	0,0	6,2	1,25	0,80	
14	17.09.1995 19:55:00	1,00	0,01	0,0	16,2	6,1	0,0	6,1	1,35	0,74	
15	27.08.1995 16:15:00	0,67	0,01	0,0	10,4	5,0	0,0	5,0	1,45	0,69	
16	10.06.1998 19:10:00	0,83	0,01	0,0	12,9	4,7	0,0	4,7	1,54	0,65	
17	20.11.1995 00:35:00	1,00	0,01	0,0	15,1	4,5	0,0	4,5	1,64	0,61	
18	28.06.1994 19:10:00	0,50	0,01	0,0	8,5	4,1	0,0	4,1	1,74	0,58	
19	05.07.1993 00:30:00	0,67	0,01	0,0	10,5	4,0	0,0	4,0	1,83	0,55	
20	16.08.1996 16:30:00	0,92	0,01	0,0	14,2	3,8	0,0	3,8	1,93	0,52	
21	02.06.1996 02:50:00	0,75	0,01	0,0	11,2	3,4	0,0	3,4	2,02	0,49	
22	25.06.1996 13:05:00	0,50	0,01	0,0	8,2	3,4	0,0	3,4	2,12	0,47	
23	28.06.1997 22:05:00	1,00	0,01	0,0	15,1	3,3	0,0	3,3	2,22	0,45	
24	21.06.1990 17:25:00	0,58	0,01	0,0	8,9	3,1	0,0	3,1	2,31	0,43	
25	29.07.1998 01:25:00	0,58	0,01	0,0	9,4	3,1	0,0	3,1	2,41	0,41	
26	27.06.1995 21:25:00	0,58	0,01	0,0	8,6	3,1	0,0	3,1	2,51	0,40	
27	26.06.1998 18:55:00	0,58	0,00	0,0	8,9	2,8	0,0	2,8	2,60	0,38	

Tel.:
Fax:

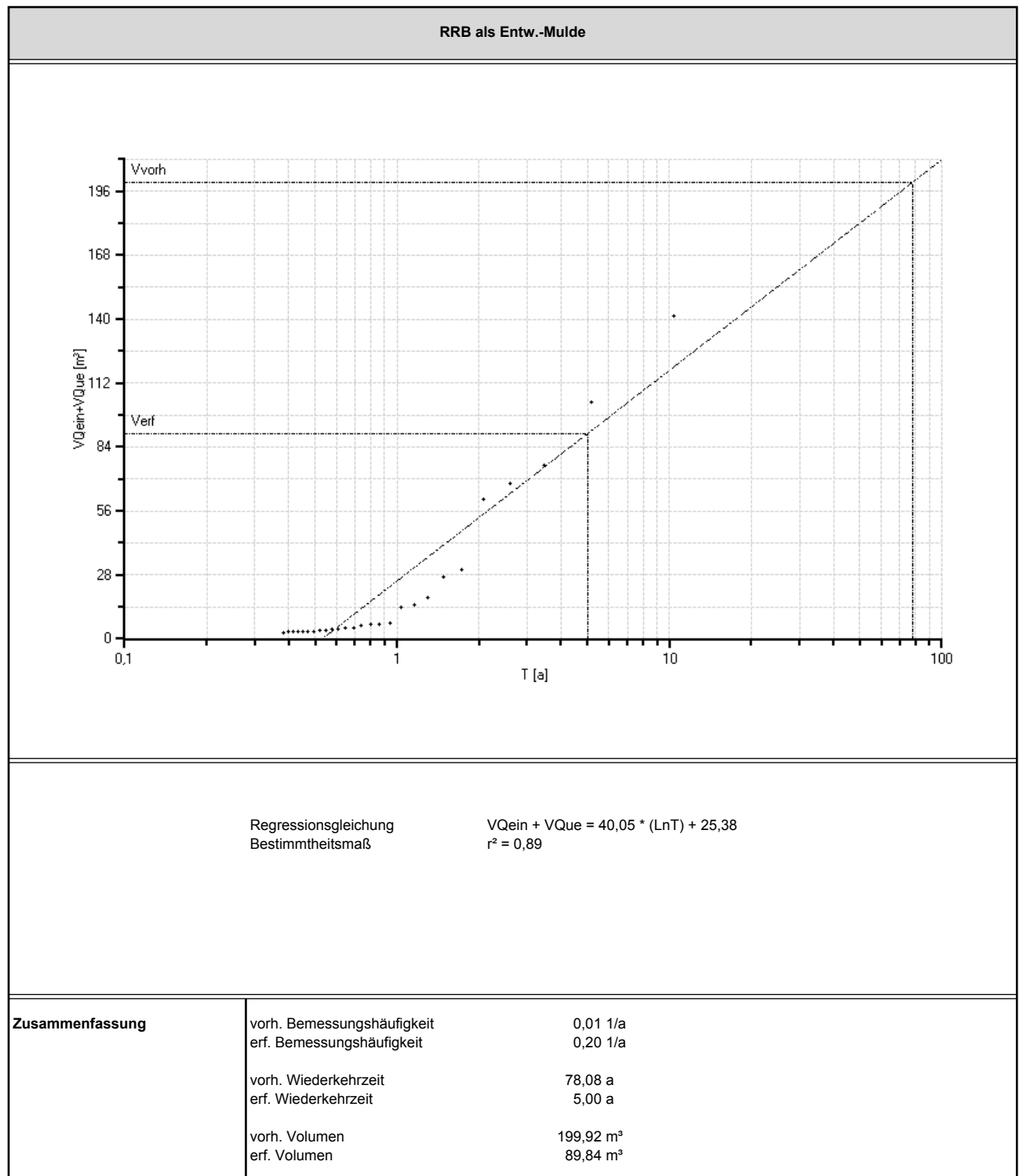
Email:

Statistische Auswertung von Ein- und Überstauereignissen

Standardmulde

Modus: Nachweis

Stand: Donnerstag, 15. April 2010



Tel.:
Fax:

E-Mail:

Statistische Auswertung von Ein- und Überstauereignissen

Standardmulde

Modus: Nachweis

Stand: Donnerstag, 15. April 2010

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 19:45:00	4,92	0,17	0,0	177,3	92,3	0,0	92,3	0,09	11,25	
2	04.08.1993 14:05:00	2,83	0,07	0,0	104,1	39,2	0,0	39,2	0,18	5,63	
3	08.08.1992 15:40:00	1,50	0,03	0,0	54,5	13,6	0,0	13,6	0,27	3,75	
4	29.07.1997 15:45:00	1,08	0,01	0,0	40,1	7,2	0,0	7,2	0,36	2,81	
5	01.08.1994 16:45:00	0,83	0,01	0,0	30,2	3,7	0,0	3,7	0,44	2,25	
6	29.07.1997 15:25:00	0,17	0,00	0,0	6,9	1,1	0,0	1,1	0,53	1,88	
7	08.08.1992 15:20:00	0,17	0,00	0,0	6,6	0,6	0,0	0,6	0,62	1,61	
8	01.08.1994 16:25:00	0,08	8,33*10 ⁻⁰⁶	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,71	1,41	

Tel.:
Fax:

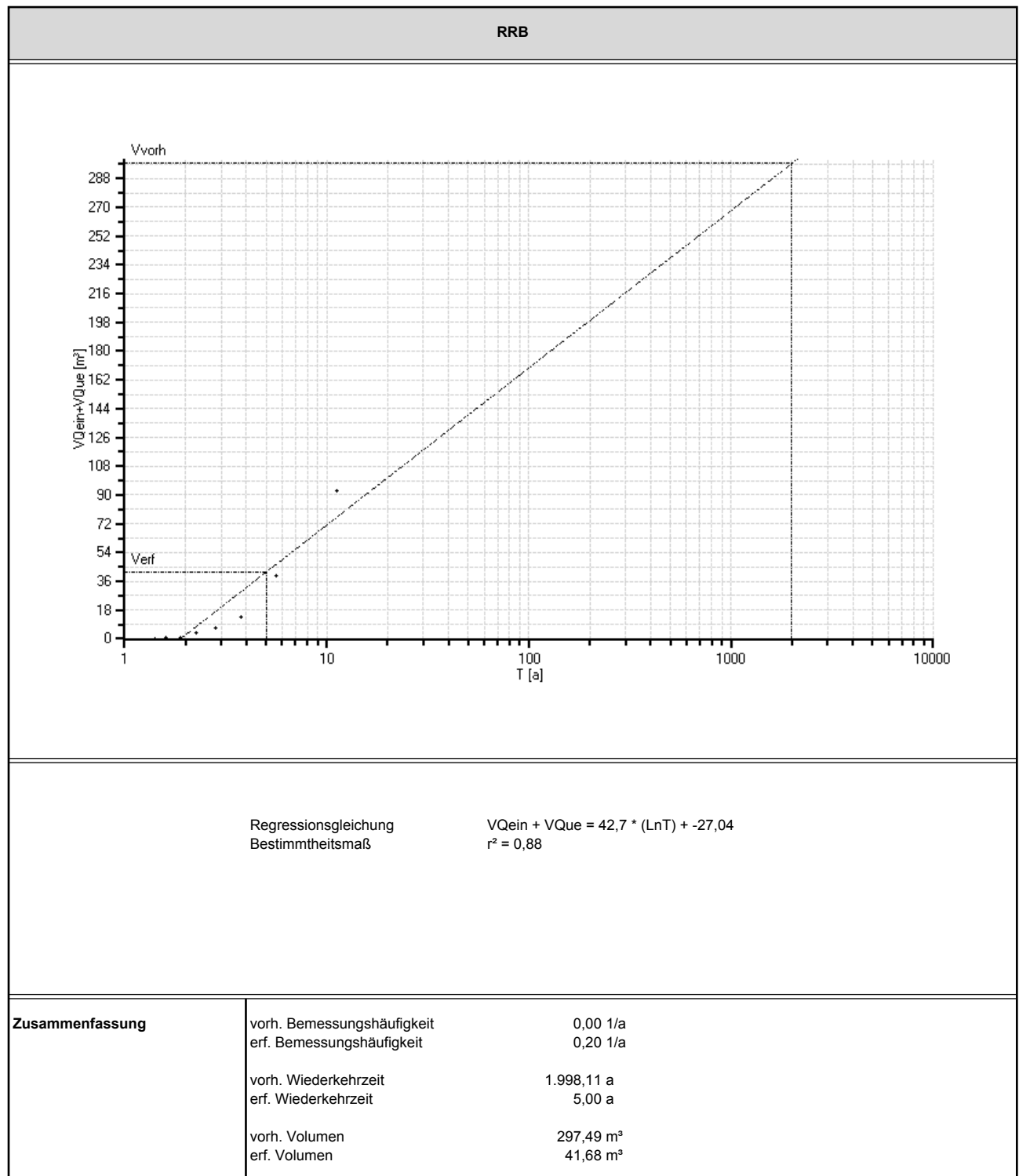
Email:

Statistische Auswertung von Ein- und Überstauereignissen

Standardmulde

Modus: Nachweis

Stand: Donnerstag, 15. April 2010



Anlage 6

Abfluss einer Standarddrasenmulde (RAS_Ew, Tabelle 7.1.5) mit $k_{ST} = 25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ als Funktion der Stauhöhe und des Gefälles			
Stauhöhe in m	Gefälle in %		
	0,5	2	5
0	0	0	0
0,02	0,71	1,42	2,25
0,04	3,19	6,37	10,08
0,06	7,64	15,29	24,18
0,08	14,21	28,42	44,94
0,10	22,96	45,93	72,62
0,12	33,97	67,95	107,44
0,14	47,28	94,57	149,52
0,16	62,93	125,86	198,99
0,18	80,94	161,88	255,96
0,20	101,34	202,69	320,48
0,22	124,15	248,31	392,61
0,24	149,39	298,77	472,40
0,26	177,05	354,10	559,89
0,28	207,15	414,31	655,08
0,30	239,70	479,40	758,00