

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

(Hinweise zu Planung und Bemessung)



**SACHSEN-ANHALT**

Landesamt für Umweltschutz

Bearbeitung: Ad-hoc-AG Niederschlagswasser

Landesamt für Umweltschutz  
Sachsen-Anhalt  
Abteilung 2

Reideburger Straße 47  
06116 Halle (Saale)

Landesstraßenbaubehörde  
Sachsen-Anhalt  
Fachgruppe Umweltschutz  
und Landschaftspflege  
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)**

aktualisiert: Oktober 2023

| <b>Inhaltsverzeichnis</b>   | <b>Seite</b> |
|---|--------------|
| 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 RdErl. des MLU vom 23.05.2013 „Gewässerbenutzungen durch das Einleiten von Niederschlagswasser aus einem Regenwasser- oder Mischwasserkanal“
- 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  $l_E = 2 \%$ ), berechnet mit der Arbeitshilfe zur zurückgezogenen 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 mit Hilfe von Nachweismodellen ist darzustellen, dass die jeweils zulässige Überstauhäufigkeit bzw. Überflutungshäufigkeit nicht überschritten wird.

In Abhängigkeit von der Leistungsfähigkeit nachgeschalteter 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, sollte in geeigneten Fällen der Fortleitung des gesammelten Niederschlagswassers vorgezogen werden.
- 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 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 dieses 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 vorgelagerten 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, REwS) Differenzen bezüglich der angewendeten Formelzeichen und Symbole geben kann, sind die wichtigsten nachfolgend erläutert.

| Kurzzeichen | Einheit            | Begriff                            | Erläuterung  |
|-------------|--------------------|------------------------------------|--|
| $A_E$       | ha, m <sup>2</sup> | Fläche Einzugsgebiet               | $A_E$ ist die Fläche des Einzugsgebietes. Sie ist entsprechend der jeweiligen Fragestellung eindeutig abzugrenzen. Zur näheren Charakterisierung dieser Fläche sind weitere Indizes notwendig.   |
| $A_{E,k}$   | ha, m <sup>2</sup> | Fläche kanalisiertes Einzugsgebiet | $A_{E,k}$ ist die Fläche des kanalisiertes bzw. durch ein Entwässerungssystem erfassten Einzugsgebietes.   |
| $A_{E,b}$   | ha, m <sup>2</sup> | 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.   |
| $A_{E,k,b}$ | ha, m <sup>2</sup> | kanalisierte befestigte Fläche     | $A_{E,k,b}$ ist die Summe aller befestigten Flächen des kanalisiertes bzw. durch ein Entwässerungssystem erfassten Einzugsgebietes.  |
| $A_u$       | ha, m <sup>2</sup> | 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.3.5.4 REwS).<br>$A_u$ 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.<br>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 <sup>2</sup>     | 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   |  |
|-------------|----------|--|---|--|
| $\Psi_m$    | -        | mittlerer Abflussbeiwert<br><i>(früher Gesamtabflussbeiwert)</i> | $\Psi_m$ 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. |
| $\Psi_s$    | -        | Spitzenabflussbeiwert<br><i>(früher Scheitelabflussbeiwert)</i>  | $\Psi_s$ ist der Quotient aus maximaler Niederschlagsabflussspende und zugehöriger maximaler Regenspende (maßgebend für Kanalnetz-berechnungen)<br>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.  |  |
| $\gamma$    | %        | Befestigungsgrad   | $\gamma$ ist der Anteil der befestigten Fläche an der Gesamtfläche (wird oft auf $A_{E,k}$ bezogen).  |  |
| $t_F$       | min      | Fließzeit  | $t_F$ ist die 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.   |  |

| Kurzzeichen  | 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 Versickerungs-anlage 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 wassergesättigten 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<br>(auch Strickler-Beiwert) | $k_{St}$ ist der Rauheitsbeiwert für offene Gerinne. Er hängt von der Beschaffenheit der Gerinnewandung ab.  |
| $l_E$        | m/m              | Energiegefälle                              | $l_E$ ist das Energiegefälle von Entwässerungseinrichtungen. Bei gleichförmigem Abfluss entspricht $l_E$ 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 (durch-flossene Querschnittsfläche Ableitungsgerinne/benetzter Umfang Ableitungsgerinne). |
| $f_A$        | -                | Abminderungsfaktor                          | Der Abminderungsfaktor $f_A$ berücksichtigt die durch Abflusskonzentrations- und Transportprozesse bedingte Dämpfung der Zuflussganglinie zu einer Regen-rückhalteanlage.  |
| $f_z$        | -                | 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 RdErl. des MLU vom 23.05.2013 „Gewässerbenutzungen durch das Einleiten von Niederschlagswasser aus einem Regenwasser- oder Mischwasserkanal“ (Anlage 1).

- Die Planung einer Einleitung von Niederschlagswasser in ein oberirdisches Gewässer sollte 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 ( $A_{E,k}$ ,  $A_{E,b}$ ,  $A_{E,k,b}$ ,  $A_u$ ) 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 technische Regelwerk (z.B. DWA-M 153, DWA-A/M 102, REwS) 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 ortstypischen Luftbelastung,

- das Reinigungsvermögen 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  $A_{E,k,b}$ , 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 und 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

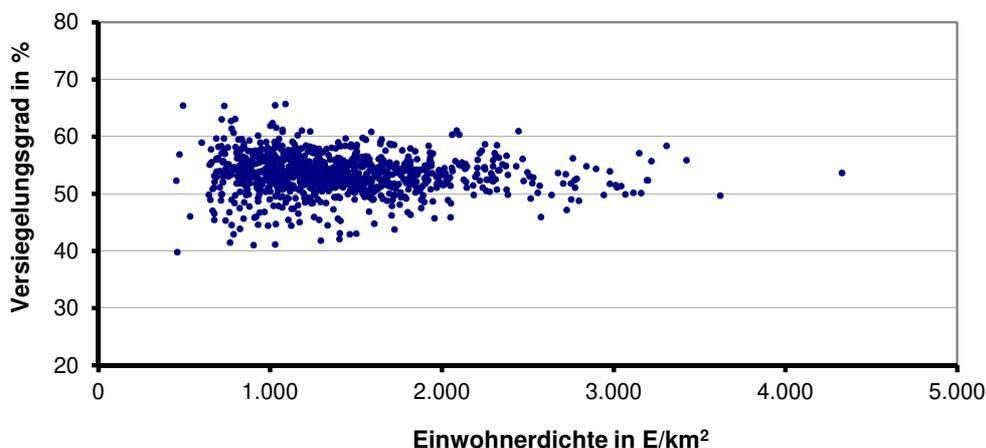
- Angaben zum natürlichen flächenhaften Einzugsgebietsabfluss, z.B. zur Berücksichtigung bei der Abflussberechnung in offenen Gerinnen oder für die Bemessung und den Nachweis von Regenrückhalteanlagen
- Mittlerer Höchster Grundwasserstand (MHGW) am Standort von Versickerungsanlagen

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 <sup>2</sup> | 500 bis 5.000  | EZ - Einwohnerzahl, FI-OI - Fläche der Ortslage (ATKIS)  |
| Versiegelungs- bzw. Befestigungsgrad  | Y <sub>Ortl.</sub>       | $Y_{Ortl.} = (VSVF-OI / FI-OI) * 100$   | %                 | 50 bis 60  | VSVF-OI - versiegelte Siedlung- und Verkehrsfläche d. Ortslage (ATKIS) (siehe nachfolgendes Diagramm)    |
|   | Y <sub>Str.</sub>        | $Y_{Str.} = (A_{b(Str./Nebenr.)} / A_{(Str./Nebenr.)}) * 100$   | %                 | 25 bis 50  | für Straßen einschließl. Nebenraum   |
| Spitzenabflussbeiwert*)   | Ψ <sub>s</sub>           | $Ψ_s = q_{max} / r_{max}$   | -                 | je nach Art der Befestigung (z.B. REwS, Pkt. 3.5.2.2; DWA-A 118, Tab. 6) | q <sub>max</sub> - max. Niederschlagsabflussspende, r <sub>max</sub> - zugehörige max. Regenspende       |
| mittlerer Abflussbeiwert*)  | Ψ <sub>m</sub>           | $Ψ_m = Q_{Abfluss} / Q_{Niederschlag}$  | -                 | je nach Art der Befestigung (z.B. DWA-A 138; DWA-A 117; DWA-M 153)       | Q <sub>Abfluss</sub> - Abflussvolumen, Q <sub>Niederschlag</sub> - Niederschlagsvolumen                  |
| spezifische Versickerungsrate im Sinne der REwS (Bemessungsfall "Vegetationsphase") | q <sub>s(Bankett)</sub>  | Bei Ansatz von höheren Werten ist ein Nachweis erforderlich (z.B. nach DWA-A 138, Anhang B).<br><br><u>Hinweis:</u><br>k <sub>f</sub> = 10 <sup>-5</sup> m/s = 100 l/(s*ha) | l/(s*ha)          | 200 bis 300  | Minimalwert nach REwS = 10 l/(s*ha)  |
|   | q <sub>s(Böschung)</sub> |   |                   | 200 bis 300  | Minimalwert nach REwS = 100 l/(s*ha),<br>empfohlener Wert für Böschungen mit Rasenbewuchs = 200 l/(s*ha) |
|   | q <sub>s(Mulde)</sub>    |   |                   | 150 bis 300  | Minimalwert für Rasenmulden nach REwS = 100 l/(s*ha)   |
|   | q <sub>s(M-D-S)</sub>    |   |                   | 250  | <b>Mulden-Drainage-System</b> mit 5 cm Rollrasen auf 70 cm Mittelsandlage                                |

| Parameter   | Kurzz./<br>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   | $\psi_N$          |                              | -           | 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<br>(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,<br>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 = 1,0 - 2,5m, Höhe = 0,2 - 0,5m)                            | $k_{st}$          | nach Manning-Strickler       | $m^{1/3}/s$ | 20              | Nach REwS beträgt der Wertebereich für $k_{st} = 20 - 30$ . Der obere Wert gilt jedoch nur für große vollgefüllte Gräben.  |

<sup>1)</sup> Der Abflussbeiwert sollte an Hand des Verhältnisses von Abflussspende zu Regenspende auf Plausibilität geprüft werden.



Versiegelungsgrad = versiegelte Siedlungs- u. Verkehrsfläche d. Ortslage / Fläche d. Ortslage  
 Einwohnerdichte = Einwohner d. Ortslage / Fläche d. Ortslage  
 (ATKIS Daten Sachsen-Anhalt)

## 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 vielen Jahren werden 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 Rückhaltevolumen bei einem erneuten Starkregeneignis, eintreten.



Überstautes Versickerungsbecken an der Autobahn 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 dieses 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 RdErl. des MLU vom 23.05.2013 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.

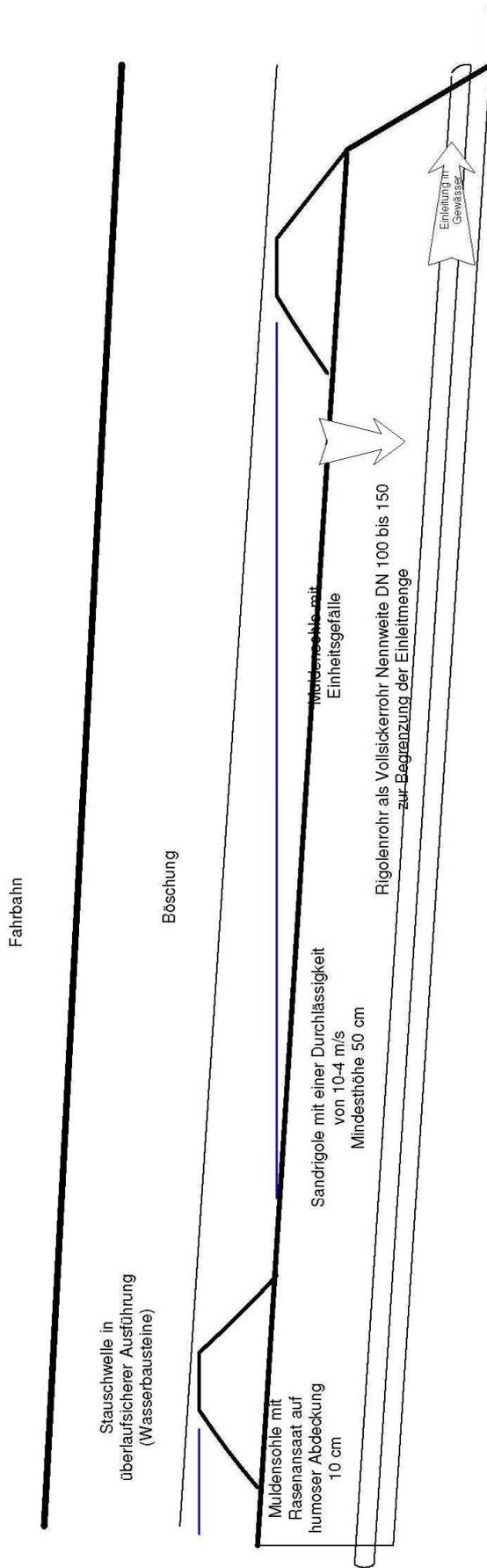
Um zu gewährleisten, dass das auf Straßenflächen anfallende Niederschlagswasser in eine Grundwasser ableitende Schicht gelangen kann, ist die Planumsentwässerung des frostsicheren Straßenoberbaus, ebenso wie die Oberflächenentwässerung, an einen abflussfähigen Entwässerungstiefpunkt anzuschließen. Dies 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 REwS höhere Durchlässigkeit der aufliegenden Mutterbodenschicht von bis zu 300 l/(s\*ha), entspricht  $k_f = 3 \cdot 10^{-5}$  m/s bzw. auch 0,03 l/(s\*m<sup>2</sup>), 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 Mutterbodenabdeckung mit der Mindestdurchlässigkeit nach REwS von 100 l/(s\*ha), entspricht  $k_f = 1 \cdot 10^{-5}$  m/s bzw. auch 0,01 l/(s\*m<sup>2</sup>).



**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.

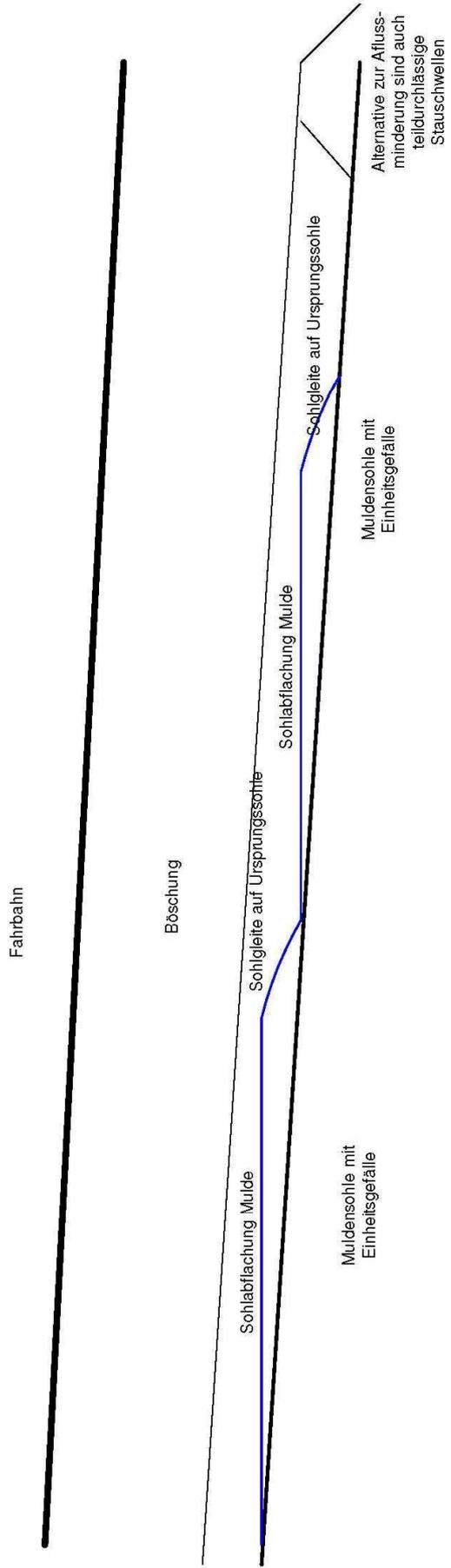
Als weitere wichtige Einflussgröße kann das Muldengefälle unabhängig vom Gelände- und Straßengefälle Abfluss hemmend gestaltet werden. Bisher wurden dazu Stauschwellen in die Mulden eingebaut, durch welche ein direkter Wasser- und Sedimentrückhalt erreicht wird. Weil oftmals die Eignung des Untergrundes 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 / A/M 102

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-A/M 102 oder dem DWA-M 153 (in ST noch zur Anwendung empfohlen) 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 bzw. in einem geringeren erforderlichen Wirkungsgrad nach DWA-A/M 102 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 zur Reinigung des Niederschlagswasserabflusses.

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.

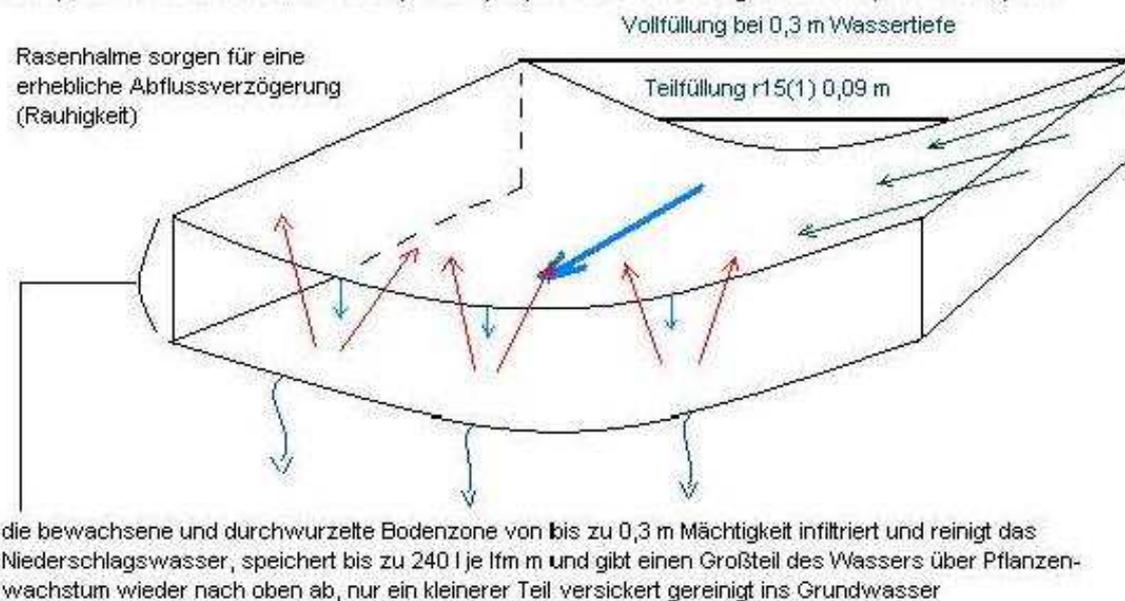
Bei der Flächenversickerung des über Bankett, Böschung und ggf. Mulde von Straßen mit einer Verkehrsbelastung < 5.000 Kfz/24 h abfließenden Niederschlagswassers kann gemäß DWA-M 153 bereits die Passage einer bewachsenen Oberbodenschicht ausreichen, um das Grundwasser ausreichend zu schützen.

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 unzulässig 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 m<sup>3</sup>, bei einer Standardstraßenbreite von 8,0 m führt der Bemessungsregen r<sub>15(1)</sub> zu einem Füllstand von 0,09 m mit einem Füllvolumen von 0,065 m<sup>3</sup> (65 l). Dies führt bei Sohlgefällen bis 1,5 ‰ zu v < 0,5 m/s



Ergibt die Versickerungsberechnung von Mulden einen Teilabfluss in ein Oberflächengewässer, der nicht mit einem Mulden-Drainagesystem oder mit Mulden-Stauschwellen zurückgehalten und gereinigt werden soll, sind entsprechende Teilabflussbewertungen nach DWA-M 153 bzw. DWA-A/M 102 erforderlich.

Überprüfungen mit Langzeitsimulationen haben gezeigt, 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 bzw. DWA-A/M 102 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<sub>15(1)</sub>] im Muldensystem 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 mit Kanalisationen zu entwässern (Siedlungsverdichtung, Mittelstreifenentwässerung), verursachen sie meist auch ein Behandlungserfordernis mit Beckentechnologie. Es sind dann vorzugsweise semizentrale Möglichkeiten anzustreben, um die Auswirkungen auf den Wasserhaushalt gering zu halten. Die Möglichkeit eines Wechsels von der Kanalisation in ein offenes Muldensystem sollte untersucht werden.

#### 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 Muldenbereiche (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 Verschlammung 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 nachgeschaltete Versickerungsanlagen kolmationsfrei zu halten.

Von den Varianten gemäß Tabelle A.4c auf Seite 31 des DWA-M 153 (Anlagentypen D21 - D25) wird in der REwS nur eine genannt (D21-d). Da in Versickerungsanlagen, denen ein nach der REwS 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 1.000 l sollte mindestens vorgehalten werden, um eine Reaktionszeit für das Verschließen der Kanalisation im Havariefall zu ermöglichen. Eine Volumenbereitstellung für gesamte Fahrzeugladungen (30 - 50 m<sup>3</sup>) 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 m<sup>2</sup> Netto. Einschließlich eines Aufströmbereiches von zusätzlich 20 % ist eine Bruttomindestfläche von 12 m<sup>2</sup> 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 herumzuleiten. 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 REwS 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.

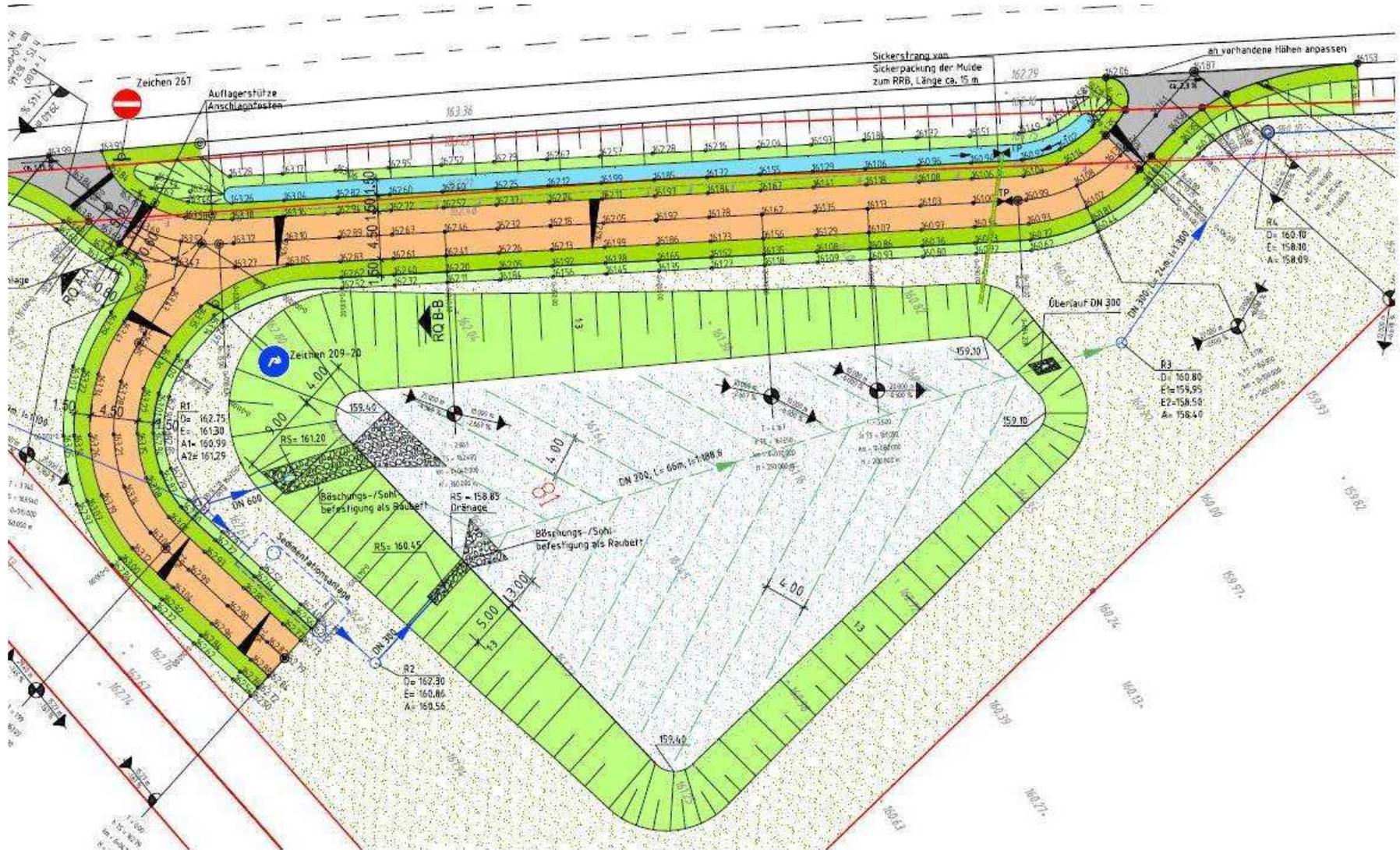
Drainageabflüsse sollten möglichst direkt über Kies- / Sandrigolen in Oberflächengewässer eingeleitet werden. Nur wenn dieses wirtschaftlich nicht sinnvoll ist, z.B. wegen einer zu großen Entfernung, oder behördlicher Anforderungen, sollten Drainagerohre vorgesehen werden.

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 zurückstauen.

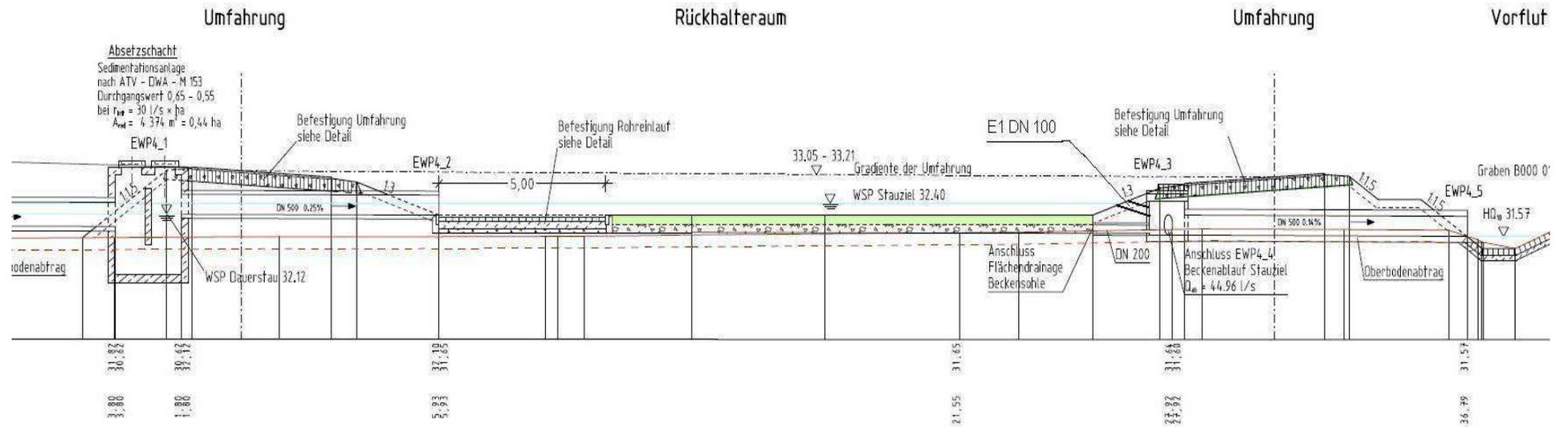
Empfohlen werden auch Kombinationen aus Versickerungsbecken und Bodenfiltern mit Rückhaltebecken durch Anordnung einer zweiten technischen Drosseleinrichtung etwa 30 cm über der versickernden Beckensohle. Die so geschaffene zweite Staulamelle lässt hohe Einstauhöhen zu und kann die schnelle Teilentleerung 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 vorgeschaltetem unterirdischen Absetzbecken (Neubauplanung an der A9)**



m 1:100



**Längsschnitt Regenrückhaltebecken mit durchlässiger und drainierter bewachsener Bodenzone (RRB-d.b.Bz.) mit vorgeschaltetem 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 dieses 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 mit 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/m<sup>2</sup>. 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 m<sup>2</sup> 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 Ablaufnenneweite 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 m<sup>2</sup> - 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 in Tabelle 2 der REwS (2021).

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 darf statistisch 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.

- Regenrückhaltebecken - DWA-A 117
  - Versickerungsanlagen - DWA-A 138
  - Kanalisationen - DWA-A 118
  - Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden - DIN EN 752
  - Straßenentwässerungseinrichtungen REwS
- (Anwendungsbereich für einfache Verfahren:  
 $A_{E,k} \leq 200$  ha oder  
 $t_F \leq 15$  min  
 $n \geq 0,1/a$  bzw.  $T_n \leq 10$  a  
 $q_{Dr,R,u} \geq 2$  l/(s\*ha)  
 $q_s$  bezogen auf  $A_u \geq 2$  l/(s\*ha))
- Niederschlagswasserbehandlung - DWA-M 153, DWA A/M 102

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 Regenrückhalteanlagen kann unter Beachtung des Anwendungsbereiches nach dem Dauerstufenverfahren gemäß DWA-A 117 vorgenommen werden.

Im Bereich der Straßenentwässerung gilt Abschnitt 3.5.4 der REwS. 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 dieses 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 Rückhalteanlagen zu berücksichtigen. Bei der Ermittlung des maßgebenden Niederschlagswasserzuflusses zu den Ableitungs- und Rückhalteanlagen ist 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 Regenspense 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

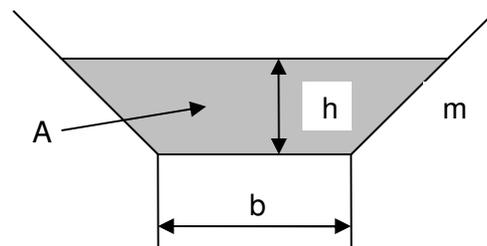
$$h_{1/2} = -p/2 \pm \text{Wurzel}((p/2)^2 + q)$$

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) (m<sup>2</sup>)
- Q - Abfluss in der Mulde (m<sup>3</sup>/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<sub>St</sub> - Rauigkeitsbeiwert (m<sup>1/3</sup>/s)
- r<sub>hy</sub> - hydraulischer Durchmesser (m)
- I<sub>E</sub> - Sohlgefälle (m/m)
- I<sub>u</sub> - 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 (Abschnitte 3.5.3, 5.5.1 REwS). Es bietet sich an, abgesehen von den Anlagen zur REwS, hierfür das Programm zur zurückgezogenen 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 Niederschlagswasserzuflusses 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 der REwS (Seite 33, Tabelle 5) 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 REwS ( $k_{st} = 20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ ) 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  $K = 60 \text{ mm}$  bis  $400 \text{ mm}$  (Seite 13.12).

In der Praxis findet der Bemessungsabfluss in der Vegetationsphase Mai bis September bei absoluten Rauigkeiten von  $150$  bis  $400 \text{ mm}$  statt.



Rasenmulde in der Vegetationsphase

Bei der Anwendung der REwS zur Bemessung von Mulden ist zu beachten, dass mit „b“ sowohl in Gleichung 9 als auch im Anhang 6 (Tabellen 6.1.1 bis 6.1.9) die Staubbreite 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 8.7 der REwS in Verbindung mit dem DWA-A 117 können die Abflussbeiwerte gemäß Abschnitt 3.5.2.2 der REwS angewendet werden.

#### 4.2.1.1 Direkte Anwendung des Dauerstufenverfahrens

Bei der direkten Anwendung des Dauerstufenverfahrens wird zunächst für jede Dauerstufe des Niederschlags 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 3.5.4 REwS 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  $1,5 * 10^{-5}$  m/s.

Erfolgt die Ableitung des Niederschlagswassers zur Rückhalteanlage über offene Gerinne so kann dieses 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 3.5.4 REwS (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, REwS). 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 3.5.4 REwS (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. Das 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 - Staubreite 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 abfluss-wirksamen 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 Entwässerungsrinnen 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 zurückgezogenen 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<sup>3</sup> 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**

RdErl. des MLU vom 23.05.2013 „Gewässerbenutzungen durch das Einleiten von Niederschlagswasser aus einem Regenwasser- oder Mischwasserkanal“

Richtlinien für die Entwässerung von Straßen (REwS), Ausgabe 2021, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V., 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)

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

DWA-M 176 „Hinweise 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-A 178 „Retentionsbodenfilteranlagen“ (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-A/M 102 Arbeits- und Merkblattreihe Teile 1 bis 5 - Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer (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 durchlässig befestigten Flächen“, KA 2007 (54), Nr. 8

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

KOSTRA-DWD-2020 "Starkniederschlagshöhen für Deutschland (1951 - 2020)" 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

**I.****C. Ministerium für Justiz  
und Gleichstellung**

2011

**Vollstreckung öffentlich-rechtlicher und privatrechtlicher Forderungen im Verwaltungszwangsverfahren durch Gerichtsvollzieher****AV des MJ vom 18. 6. 2013 – 3741-202.3216/11**

– Im Einvernehmen mit MI, MF, MW und MLU –

**Bezug:**

- a) AV des MJ vom 26. 6. 2001 (JMBl. LSA S. 233), geändert durch AV vom 13. 7. 2004 (JMBl. LSA S. 191)  
 b) AV des MJ vom 24. 1. 2006 (MBI. LSA S. 57)

**1. Zulassung von Vollstreckungshandlungen**

Gemäß § 8 Abs. 5 des Verwaltungsvollstreckungsgesetzes des Landes Sachsen-Anhalt (VwVG LSA) vom 23. 6. 1994 (GVBl. LSA S. 710), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 26. 3. 2013 (GVBl. LSA S. 134), wird für folgende Vollstreckungsbehörden zugelassen, dass Vollstreckungshandlungen, die dem Vollstreckungsbeamten zugewiesen sind, durch Gerichtsvollzieher ausgeführt werden:

- a) die Gemeinden, mit Ausnahme der Mitgliedsgemeinden von Verbandsgemeinden, und die Verbandsgemeinden,  
 b) die Landkreise,  
 c) die Oberfinanzdirektion Magdeburg – Landeshauptkasse Sachsen-Anhalt –  
 und  
 d) die Abfall-, Wasser- und Abwasserzweckverbände im Rahmen ihres Verbandszwecks.

Die Befugnis der genannten Vollstreckungsbehörden, eigene Vollstreckungsbeamte einzusetzen, bleibt durch diese AV unberührt.

**2. Durchführung der Vollstreckung**

Der Vollstreckungsauftrag und die Durchführung der Vollstreckung richtet sich in diesen Fällen nach § 8 Abs. 5 VwVG LSA.

**3. Sprachliche Gleichstellung**

Personen- und Funktionsbezeichnungen in dieser AV gelten jeweils in männlicher und weiblicher Form.

**4. Inkrafttreten, Außerkrafttreten**

Diese AV tritt am Tag nach ihrer Veröffentlichung in Kraft. Gleichzeitig treten die Bezugs-AVen zu a und b außer Kraft.

An die  
 Präsidenten und Direktoren der Amtsgerichte,  
 Gerichtsvollzieher,  
 Kommunen, Verbandsgemeinden und Landkreise,  
 Industrie- und Handelskammern Halle-Dessau und Magdeburg,  
 Handwerkskammern Halle (Saale) und Magdeburg,  
 Wasser- und Abwasserzweckverbände,  
 Oberfinanzdirektion Magdeburg

**H. Ministerium für Landwirtschaft  
und Umwelt**

7536

**Gewässerbenutzungen durch das Einleiten von Niederschlagswasser aus einem Regenwasser- oder Mischwasserkanal****RdErl. des MLU vom 23. 5. 2013 – 23.4-62551****1. Grundsätze**

Die Benutzung eines Gewässers, wozu auch das Einleiten von Niederschlagswasser gehört, bedarf nach § 8 Abs. 1 des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) einer wasserrechtlichen Erlaubnis. Ausgenommen hiervon sind

- a) der Gemeingebrauch nach § 29 Abs. 1 Satz 2 des Wassergesetzes für das Land Sachsen-Anhalt (WG LSA) in Verbindung mit § 25 Satz 3 Nr. 1 WHG und  
 b) die erlaubnisfreie Benutzung des Grundwassers gemäß § 69 Abs. 1 WG LSA.

**2. Allgemeine Anforderungen an die Erteilung einer wasserrechtlichen Erlaubnis für das Einleiten von Niederschlagswasser in ein Gewässer**

Wird ein Antrag auf Erlaubnis für das Einleiten von Niederschlagswasser in ein Gewässer gestellt, sind auf der Grundlage der Antragsunterlagen insbesondere zu prüfen:

- a) Eingangsdaten der Mengenermittlung,  
 b) vorhandener oder zu erwartender Verschmutzungsgrad des Niederschlagswassers,  
 c) Leistungsfähigkeit der Anlagen zur Rückhaltung, Behandlung und Versickerung des Niederschlagswassers,

- d) standortbezogene Faktoren (Grundwasserflurabstand, Versickerungsvermögen),
- e) Auswirkungen der vorgesehenen oder anderer Gewässerbenutzungen auf den Wasserhaushalt und
- f) Betroffenheit von Wasserschutzgebieten, Altlasten und Altlastenverdachtsflächen bei einer Einleitung in das Grundwasser.

Die Beurteilung der beantragten Gewässerbenutzung erfolgt auf der Grundlage der Antragsunterlagen. Die **Anlage** enthält eine Auflistung von Unterlagen, die für die Beurteilung erforderlich sein können. Es sind vom Antragsteller nur die Unterlagen zu verlangen, die zu einer Beurteilung des Vorhabens erforderlich sind.

Bei fachlichen Fragen zur Belastbarkeit des Gewässers sowie zur Ermittlung und Bewertung hydrologischer Daten kann die Wasserbehörde den gewässerkundlichen Landesdienst beteiligen.

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

### 3. Anforderungen an die Rückhaltung von Niederschlagswasser

3.1 Die Entscheidung über gegebenenfalls notwendige Rückhalteeinrichtungen und über den zulässigen Abfluss ist im Ergebnis einer Einzelfallprüfung auf der Grundlage der Antragsunterlagen zu treffen.

3.2 Der zulässige Abfluss  $Q_{zul}$  in ein oberirdisches Gewässer kann dabei mit folgender Formel ermittelt werden:

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

$A_{ges}$  – gesamte der Einleitungsstelle zugehörige Entwässerungsfläche unabhängig vom Grad der Versiegelung und dem tatsächlichen Anschluss an Entwässerungsleitungen

$q_{HQ(100)}$  – berechnete Abflussspende der Fläche  $A_{ges}$

Das Berechnungsergebnis ist unter Berücksichtigung der folgenden Punkte zu bewerten und daraus ein zulässiger Abfluss festzulegen

- a) der zulässige Abfluss soll nicht unter zehn Liter pro Sekunde (l/s) gedrosselt werden, da erst ab einem Volumenstrom von zehn l/s die erforderlichen Drosselrichtungen annähernd störungsfrei funktionieren können,
- b) der maximale Abfluss soll grundsätzlich zehn v. H. des Mittleren Hochwasserabflusses (MHQ) des Gewässers an der Einleitungsstelle nicht überschreiten,
- c) die Bagatellgrenzen gemäß Nummer 6.1 des Merkblattes DWA-M 153<sup>1)</sup> „Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser“ sind zu beachten; für die Beurteilung von Straßenentwässerungen ist nach Nummer 1.5 der Richtlinien für die Anlage von Straßen (RAS), Teil: Entwässerung (RAS-Ew)<sup>2)</sup> zu verfahren,

- d) bei der Ermittlung von  $Q_{zul}$  für Niederschlagswassereinleitungen aus Mischwasserkanälen sind zu- und abfließende Drosselabflüsse zu beachten.

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

3.3 Der zulässige Abfluss in ein oberirdisches Gewässer ist unter Beachtung der Verhältnismäßigkeit nach pflichtgemäßem Ermessen festzulegen.

3.4 Bei großen Fließgewässern wie Elbe, Saale, Weiße Elster und Unstrut können unter Berücksichtigung der Abflussverhältnisse an der Einleitungsstelle Maßnahmen zur Rückhaltung von Niederschlagswasser entbehrlich sein.

3.5 Bei vorhandenen Einleitungen von Niederschlagswasser aus einem Regenwasserkanal, die nicht zu Schäden im Gewässer oder zu Schäden durch das Gewässer geführt haben, ist es grundsätzlich nicht erforderlich, nachträglich Regenrückhalteanlagen zu fordern. Dies gilt auch für Niederschlagswassereinleitungen, bei denen die wasserrechtliche Erlaubnis neu erteilt werden muss. Haben bauliche Veränderungen der zurückliegenden sieben Jahre im Entwässerungsgebiet der bestehenden Niederschlagswassereinleitungen zu wesentlich höheren Abflüssen geführt, sind Anforderungen an die Rückhaltung mit Bezug auf die baulichen Veränderungen zu stellen.

### 4. Anforderungen an die Niederschlagswasserbehandlung

4.1 Anforderungen an die Behandlung von Niederschlagswasser sind in einer Einzelfallbetrachtung zu ermitteln. In diese Einzelfallbetrachtung sind

- a) die vorhandene oder zu erwartende Verschmutzung des Niederschlagswassers,
- b) die Leistungsfähigkeit des Gewässers und die Auswirkungen der Niederschlagswassereinleitung auf das Gewässer und
- c) der Aufwand für eine Behandlung einschließlich Wartung und Betrieb (Kosten-Nutzen-Betrachtung) mit einzubeziehen.

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

4.2 Bei der Behandlung von Niederschlagswasser aus einem Regenwasserkanal (Trennsystem) hat die Wasser-

<sup>1)</sup> Die Merk- und Arbeitsblätter werden von der DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Theodor-Heuss-Allee, 53773 Hennef, herausgegeben.

<sup>2)</sup> Die RAS-Ew wird vom FGSV Verlag GmbH, Wesseling Straße 17, 50999 Köln, herausgegeben.

behörde im Rahmen des Erlaubnisverfahrens vom Gewässerbenutzer den Nachweis zu verlangen, dass die geplanten oder bereits vorhandenen Anlagen zur Niederschlagswasserbehandlung den Anforderungen entsprechen. Die Ermittlung dieser Anforderungen hat unter Berücksichtigung der Art und der Nutzung der betroffenen bebauten und befestigten Flächen, der Luftverschmutzung und der Leistungsfähigkeit des zu benutzenden Gewässers zu erfolgen.

Für die Ermittlung der erforderlichen Behandlung des Niederschlagswassers wird das Bewertungsverfahren gemäß Nummer 6.2.1 des Merkblattes DWA-M 153<sup>1)</sup> „Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser“ empfohlen. Das gilt sowohl für vorhandene als auch für zukünftige Einleitungen.

4.3 Eine Einleitung von Niederschlagswasser aus einem Mischwasserkanal (Mischsystem) in ein Gewässer ist grundsätzlich erlaubnisfähig, wenn die Summe der jährlich über Entlastungsbauwerke des Mischsystems in das Gewässer eingeleiteten Schmutzfracht den Wert von 250 Kilogramm (kg) chemischer Sauerstoffbedarf (CSB) je Hektar (ha) zu entwässernder befestigter Fläche nicht überschreitet.

Die natürlichen Abflussverhältnisse eines Gewässers sind zu erhalten. Insofern ist ein Rückstau von entlastetem Niederschlagswasser aus einem Mischwasserkanal zu vermeiden. Bei der Einleitung in kleine Fließgewässer oder Standgewässer ist die Notwendigkeit einer Schwimmsstoffrückhaltung (z. B. Siebanlagen, Bodenfilter nach Merkblatt DWA-M 178<sup>1)</sup>) zu prüfen.

Die Wasserbehörde hat vom Antragsteller zu verlangen, dass der in Absatz 1 festgelegte Wert für die eingeleitete Schmutzfracht nicht überschritten wird.

Der Nachweis ist mit einer Langzeitsimulation unter Verwendung einer Niederschlagsreihe von mindestens zehn Jahren für jeden Anwendungsfall und abgestimmt auf die örtlichen Gegebenheiten und hydrologischen Merkmale wie Gebietscharakteristik, Kanalnetz, Abfluss und Niederschlag zu führen.

Für die Nachweisführung mit Simulationsmodellen kann, je nach mittlerer Jahresniederschlagshöhe (mindestens über zehn Jahre gemittelt) der Ortslage oder des Planungsgebietes, eine der fünf im Rahmen des Projektes „NiederschlagsKONTinua Sachsen-Anhalt – NIKOSA“ vom Deutschen Wetterdienst (DWD) erstellten digitalisierten Niederschlagsreihen zur Anwendung ausgewählt werden. Diese Niederschlagsreihen können beim DWD in Berlin unter dem Stichwort „NIKOSA LSA“ angefordert werden. Im Gebiet des Harzes sind im Regelfall ortsspezifische Niederschlagsreihen zu verwenden.

Das erforderliche flächenspezifische Speichervolumen ist auszuweisen. Kanalstauraum ist dabei wie ein Regenüberlaufbecken anzusetzen. Das erforderliche Speichervolumen kann beispielsweise durch zusätzliche Maßnahmen zur Regenwasserversickerung, zur Flächenab-

koppelung, zur Erhöhung des Zuflusses zur Kläranlage oder durch eine Kanalnetzsteuerung verringert werden. Sind solche Maßnahmen vorgesehen, ist dies in dem zu führenden Nachweis auf Einhaltung der Anforderung entsprechend zu berücksichtigen.

Für die kontinuierliche Simulation der Abflussbildungsprozesse von undurchlässigen Flächen gelten grundsätzlich folgende Standardparameter:

- a) Benetzungsverlust  $V_{ben} = 0,25$  Millimeter,
- b) Muldenverlust  $V_{muld} = 1,8$  Millimeter,
- c) Anfangsabflussbeiwert  $\psi_0 = 0,30$  und
- d) Endabflussbeiwert  $\psi_e = 0,85$ .

Dabei ist die Simulation mit folgenden Randbedingungen durchzuführen:

- a) durch Mischwasserentlastungsanlagen wird keine Absetzwirkung erreicht,
- b) die potentielle mittlere jährliche Verdunstung (Annahme: Verdunstung auch während Regenereignissen) ist mit 500 Millimeter anzusetzen,
- c) die Fließzeit auf der Oberfläche beträgt drei Minuten,
- d) bei der Niederschlag-Abfluss-Modellierung werden Abflüsse von durchlässigen und natürlichen Flächen vernachlässigt.

In jedem Anwendungsfall ist zu prüfen, ob die genannten Standardparameter und Randbedingungen sinnvoll sind oder andere als Standardparameter definierte Werte und Randbedingungen unter Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse in Frage kommen.

Bei der Ermittlung der jährlich in das Gewässer abgegebenen CSB-Schmutzfracht ist von

- a) der tatsächlichen mittleren jährlichen CSB-Schmutzwasserkonzentration bei Trockenwetterabfluss und
- b) dem jährlichen Schmutzfrachtpotential befestigter Flächen in Höhe von 500 kg CSB pro ha auszugehen. Sofern keine Messwerte vorliegen, ist die CSB-Schmutzwasserkonzentration bei Trockenwetterabfluss auf der Grundlage einer CSB-Fracht in Höhe von 120 Gramm je Einwohner und Tag sowie dem tatsächlichen einwohnerspezifischen Wasserverbrauch im Entwässerungsgebiet zu berechnen.

Die Wasserbehörde prüft die Antragsunterlagen und verwendet für den Nachweis das Programm KOSIM (KONTinuierliches Langzeit-SIMulationsmodell).

Die Aussagekraft von Berechnungsmodellen und die Zuverlässigkeit der Ergebnisse hängen vorwiegend von den zugrunde liegenden Berechnungsansätzen sowie von der Qualität der Eingangsgrößen ab. Der Nachweis der Vergleichbarkeit des vom Antragsteller verwendeten Berechnungsmodells mit dem von der Wasserbehörde verwendeten Prüfmodell KOSIM ist in Abstimmung zwischen der Wasserbehörde und dem Antragsteller an Hand von rückstaufreien Modellgebieten zu erbringen.

<sup>1)</sup> Die Merk- und Arbeitsblätter werden von der DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Theodor-Heuss-Allee, 53773 Hennef, herausgegeben.

Der Nachweis der Einhaltung der allgemein anerkannten Regeln der Technik ist für das gesamte Kanalnetz zu führen, unabhängig davon, ob an einer oder mehreren Stellen entlastet wird. Bei mehreren Entlastungsstellen ist nachzuweisen, dass die entlastete Schmutzfracht in der Summe aller Entlastungen den Wert von 250 kg CSB/(ha und Jahr) nicht überschreitet.

Hydrostatischer Rückstau in Kanalnetzen kann bei der Simulationsrechnung mit KOSIM ab Version 7.1 berücksichtigt werden. Alternativ sind hydrodynamische Berechnungsmodelle anzuwenden. Bei großen vermaschten Kanalnetzen mit Verzweigungen, die verschiedene Entlastungsbauwerke beschicken, ist die Gleichwertigkeit des Ersatzsystems mit dem tatsächlichen Abflussgeschehen zu überprüfen. Im Einzelfall kann dies mit Hilfe von Messungen oder hydraulischen Berechnungen der Entlastungsmenge erfolgen. Hydrodynamische Berechnungsmodelle sind alternativ anzuwenden. Das Modell zur Simulation des Oberflächenwasserabflusses ist dann mit dem Modell in KOSIM abzustimmen.

Soweit in diesem RdErl. keine abweichenden Regelungen getroffen sind, gilt für Planung, Bau und Betrieb von Mischwasserentlastungsanlagen das ATV-Arbeitsblatt 128<sup>1)</sup>. Da der Nachweis der Antragsunterlagen mit dem Programm KOSIM erfolgt, kann die Überprüfung der Einhaltung der in Nummer 9 des ATV-Arbeitsblattes 128<sup>1)</sup> enthaltenen Bemessungsregeln entfallen. Zu prüfen ist auch die Einhaltung der Anforderungen an die konstruktive Gestaltung und die Ausrüstung von Entlastungsbauwerken. Hierfür wird insbesondere auf das ATV-Arbeitsblatt 166<sup>1)</sup> und das ATV-DVWK-Merkblatt 177<sup>1)</sup> hingewiesen.

## 5. Weitergehende Anforderungen

Es können höhere als die unter den Nummern 3 und 4 festgelegten Anforderungen an die Rückhaltung und Behandlung von Niederschlagswasser gestellt werden, wenn dies zum Schutz des Gewässers erforderlich ist. Die Beurteilung der Notwendigkeit höherer Anforderungen zur Begrenzung der stofflichen und hydraulischen Belastung des Gewässers kann entsprechend der in den Arbeitsberichten „Weitergehende Anforderungen an Mischwasserentlastungen“ der Arbeitsgruppe 2.1.1 der Abwassertechnischen Vereinigung (KA-Korrespondenz Abwasser (KA 5/1993)<sup>3)</sup> und (KA 5/1997)<sup>3)</sup>) empfohlenen Vorgehensweise erfolgen.

## 6. Inkrafttreten

Dieser RdErl. tritt am Tag nach seiner Veröffentlichung in Kraft. Die RdErl. des MLU vom 23. 5. 2001 – 24.2-62606 (n. v.) und vom 2. 10. 2007 – 26.1.3-62557/7 (n. v.), zuletzt

<sup>1)</sup> Die Merk- und Arbeitsblätter werden von der DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Theodor-Heuss-Allee, 53773 Hennef, herausgegeben.

<sup>3)</sup> Die Zeitschrift KA-Korrespondenz Abwasser, Abfall wird von der DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Theodor-Heuss-Allee, 53773 Hennef, herausgegeben.

geändert durch RdErl. des MLU vom 17. 4. 2008 – 26.31/62400 (n. v.), sind am 31. 12. 2011 außer Kraft getreten.

An  
das Landesverwaltungsamt und  
die Landkreise und Kreisfreien Städte  
  
nachrichtlich an  
das Landesamt für Umweltschutz und  
das Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt über das  
Ministerium für Wissenschaft und Wirtschaft

## Anlage

(zu Nummer 2 Abs. 2 Satz 2)

### Antragsunterlagen für die Gewässerbenutzung

#### 1. Allgemeine Antragsunterlagen

- a) Erläuterungsbericht mit quantitativer und qualitativer Beschreibung der geplanten Gewässerbenutzung; dabei ist zwischen Ist- und Prognosezustand sowie beantragten Ausbauabschnitt zu unterscheiden,
- b) Grundlagenermittlung mit Planungsbezug (z. B. Generalentwässerungsplanung, Flächenermittlung gemäß Flächennutzungsplanung, Einwohner- und Gewerbeentwicklungsplanung),
- c) Ermittlung der befestigten und kanalisierten Flächen sowie der relevanten Niederschlagswasserabflüsse,
- d) Detaillierte Beschreibung des Entwässerungsgebietes zur Ermittlung des Verschmutzungsgrades des anfallenden Niederschlagswassers (z. B. Art und Material der befestigten Flächen und der Dachflächen, Flächennutzungsarten, Verkehrsbelastungszahlen, gewerblich und industriell genutzte Flächen),
- e) Übersichtsplan im Maßstab 1:25 000 mit Kennzeichnung der örtlichen Lage der Anlagen, einschließlich Eintragung von z. B. Schutz- oder Überschwemmungsgebieten,
- f) Lagepläne im Maßstab 1:5 000, 1:2 500 oder 1:2 000 mit Anlagenkennzeichnung,
- g) Lageplan mit maßstäblicher Darstellung der Anlagen (Maßstab mindestens 1:500 bis 1:1 000) und Einzugsgebietsflächen der Niederschlagswasserbeseitigung,
- h) Beschreibung, Nachweis, Bemessung und Darstellung geplanter Behandlungsanlagen,
- i) Bauwerkszeichnungen im Maßstab 1:100 in Längs- und Querschnitten mit Bezug zu einem Höhensystem und dem vorhandenen Gelände,
- j) Angabe von Überstauhäufigkeiten,
- k) Anordnung, Nachweis, Bemessung von Notüberläufen,
- l) Beschreibung besonderer Maßnahmen während der Bauausführung und
- m) Beschreibung der Wartungs- und Kontrollarbeiten an den Anlagen.

## 2. Zusätzliche Antragsunterlagen bei Versickerung von Niederschlagswasser (Versickerungsanlagen)

- a) Standortbezogenes Baugrundgutachten in repräsentativem Umfang und Beschreibung der hydrogeologischen Gesamtsituation einschließlich
  - aa) Übersichtsplan im Maßstab 1:25 000 mit Lage der entsprechenden Bohrpunkte,
  - bb) Bohrschnitte zu den Bohrungen und
  - cc) Ermittlung der Wasserdurchlässigkeit ( $k_F$ -Wert in m/s) der einzelnen Bodenschichten, die für die Funktion der Anlage notwendig sind,
- b) Angabe des angetroffenen Grundwasserstandes und Aussagen über den höchsten zu erwartenden Grundwasserstand im langjährigen Mittel (MHGW),
- c) Beschreibung zusätzlicher Maßnahmen (z. B. Schaffung einer bewachsenen Bodenzone),
- d) Beschreibung, Nachweis, Bemessung und Darstellung geplanter Versickerungsanlagen und
- e) Beschreibung der Wartungs- und Kontrollarbeiten während der Bauausführung.

## 3. Zusätzliche Antragsunterlagen bei Einleitung von Niederschlagswasser in ein oberirdisches Gewässer (z. B. über Rückhalte- und Mischwasserentlastungsanlagen)

- a) Hydrologische Daten des Gewässers (mindestens MNQ, MQ, MHQ, HQ<sub>1</sub>, HQ<sub>10</sub>, HQ<sub>50</sub>, HQ<sub>100</sub>)<sup>4)</sup>,
- b) Berechnete Abflussspende der Fläche  $A_{ges}$  [ $q_{HQ100}$ ] für die Berechnung von  $Q_{zul}$ ,
- c) Einzugsgebietsgröße des Gewässers an der geplanten Einleitungsstelle in Quadratkilometern,
- d) Wasserstände im Gewässer an der Einleitungsstelle,
- e) Lagepläne und Längsschnitte der Einleitungsstelle in geeignetem Maßstab einschließlich des eingemessenen Gewässerprofils im Bereich des Einleitungsbauwerkes und der Befestigungsstrecken,
- f) Nachweise von Erosion, Sohlschubspannung und Standfestigkeit der Gewässerböschungen,
- g) Lagepläne und Längsschnitte des Einleitungsbauwerkes in geeignetem Maßstab, gegebenenfalls Nachweise, Bemessung der geplanten Befestigung,
- h) Angaben des Antragstellers über weitere Gewässerbenutzungen, sofern eine zusammenfassende Betrachtung für die Einschätzung der Auswirkungen der Gewässerbenutzung erforderlich ist,
- i) Beschreibung, Nachweis, Bemessung und Darstellung geplanter Rückhalteanlagen,

<sup>4)</sup> MNQ Mittlerer Niedrigwasserabfluss,  
 MQ mittlerer Abfluss,  
 HQ<sub>n</sub> Hochwasserabfluss, der im Mittel alle n Jahre entweder einmal erreicht oder überschritten wird ( $n=1$  – ein Jahr,  $n=10$  – zehn Jahre,  $n=50$  – 50 Jahre,  $n=100$  – 100 Jahre)

- j) Nachweis, dass die aus dem Mischsystem in Gewässer entlastete CSB-Schmutzfracht den Wert von 250 kg/(ha und Jahr) nicht überschreitet (Langzeitsimulation),
- k) Übergabe sämtlicher erforderlicher Daten für die Simulationsrechnung mit KOSIM; alternativ: Übergabe des KOSIM-Projektes oder der KOSIM-Dateien (\*.kdt oder \*.kdtb) für die einzelnen Ausbaustufen,
- l) Nachweis der hydraulischen Gleichwertigkeit von Grob- und Feinnetz (nur bei großen Netzen mit langen Fließzeiten),
- m) Entwurfsplanung des Mischwasserbauwerkes für die beantragte Einleitung, einschließlich Höhenangaben (z. B. Überlaufschwelle) und Hochwasserstände des Bemessungshochwassers des genutzten Gewässers,
- n) Lage- und Höhenpläne in geeignetem Maßstab, Nachweis des vorhandenen Beckenvolumens des Mischwasserbauwerkes, Fotodokumentation und
- o) Bauzeitenpläne für die Ausführung der einzelnen Ausbaustufen.

## I. Ministerium für Landesentwicklung und Verkehr

9112

### **Straßen- und Brückenbautechnik; Straßenbefestigungen; Bauweisen; Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Verkehrsflächenbefestigungen aus Asphalt, Ausgabe 2007; (ZTV Asphalt 07); Änderung**

**RdErl. des MLV vom 25. 6. 2012 – 36/3110/12**

#### **Bezug:**

- a) RdErl. des MLV vom 1. 12. 2008 (MBI. LSA 2009 S. 37)
- b) RdErl. des MLV vom 17. 2. 2011 (MBI. LSA S. 161)
- c) RdErl. des MLV vom 16. 1. 2012 (MBI. LSA S. 165)
- d) Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 2/2012 des BMVBS vom 11. 1. 2012 (VkB. S. 92)

### **1. Änderung der Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Verkehrsflächenbefestigungen aus Asphalt**

Mit Bezugs-RdErl. zu a wurden die Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Verkehrsflächenbefestigungen aus Asphalt, Ausgabe 2007 (ZTV Asphalt 07) für den Bereich der Bundesfern- und Landesstraßen des Landes Sachsen-Anhalt eingeführt und mit den Bezugs-RdErl. zu b und c geändert und ergänzt.

| Synopsis zu Zielvorgaben für die Begrenzung der <u>hydraulischen Belastung</u> der aufnehmenden oberirdischen Gewässer |  |
|--|--|
| Niederschlagswassereinleitung aus MS   | Niederschlagswassereinleitung aus TS   |
|  | <p><b><u>Arbeitsbericht ATV-AG 1.2.6, KA 04/99</u></b></p> <p>Neubaugebiete<br/> <math>Q_{zul} = q_{zul} * A_K</math> (n = 0,2/a)      <math>q_{zul}</math> - zul. Regenabflussspende<br/>                     = f(Geländeneigung <math>J_S</math>)<br/> <math>A_K</math> - kanal. Einzugsgebiet</p> <p>Altbebauung<br/> <math>A_{uE} = 0,75 * A_{u0}</math>      <math>A_{u0}</math> - undurchl. Fläche Anfangszustand<br/> <math>A_{uE}</math> - undurchl. Fläche Endzustand</p> <p>Hinweise auf ggf. erforderliche weitergehende Maßnahmen</p>  |
|  | <p><b><u>DWA-M 153</u></b><br/>                     Einzeleinleitung<br/> <math>Q_{Dr} = q_r * A_u</math>      <math>q_r</math> - Regenabflussspende<br/>                     = f(Typ des Vorflutgewässers)<br/> <math>A_u</math> - undurchlässige Gesamtfläche</p> <p>eine bzw. alle Einleitungen im Bereich 1.000 * Wasserspiegellbreite (Bäche)<br/> <math>Q_{Dr,max} = e_w * MQ * 1.000</math> in l/s<br/> <math>e_w</math> - dimensionsloser Einleitungswert<br/>                     = f(Art Gewässersediment)<br/> <math>MQ</math> - Mittelwasserabfluss in m<sup>3</sup>/s</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bagatellgrenzen</li> <li>- Bei sehr leistungsfähigen Fließgewässern kann <math>Q_{dr,max} &gt; 7 * MQ</math> sein. Der <math>HQ_1</math> sollte jedoch i. d. R. nicht überschritten werden.</li> <li>- Hinweise auf Einzelfallentscheidungen und ggf. erforderliche weitergehende Maßnahmen</li> </ul> |

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

**Synopse zu Zielvorgaben für die Begrenzung der hydraulischen Belastung der aufnehmenden oberirdischen Gewässer**

**Niederschlagswassereinleitung aus MS**

**Niederschlagswassereinleitung aus TS**

**Sachsen-Anhalt**

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:

2. Arbeitsbericht ATV-AG 2.1.1, KA 05/97 / 2. Arbeitsbericht der ATV-AG 1.4.3, KA 08/96

| 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 |
| <p><b><u>ATV-A 128</u></b></p> <p>Normalanforderung</p> <p>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</p> <p>Zielsetzungsgleichung (CSB)</p> $VQ_r * e_0 * c_e + VQ_r * (1 - e_0) * c_k \leq VQ_r * c_r$ <p>Entlastungsfracht + Fracht d. Regenwasseranteils aus KA ≤ Fracht d. Regenwasserabflusses</p> <p>zulässige Entlastungsrate <math>e_{0zul} = 3.700/(c_e - 70)</math> in %</p> <p>spezif. Speichervolumen <math>V_{spez.} = f(e_0 \text{ und } q_r)</math></p> <p>erforderliches Speichervolumen <math>V = V_{spez.} * A_u</math></p> <p>u. a. Hinweise auf:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- weitergehende Maßnahmen (kritischer a- und b-Wert)</li> <li>- Erhöhung von <math>e_{0zul}</math> in Abhängigkeit von MNQ und <math>Q_{sx}</math></li> </ul> | <p><b><u>DWA-M 153</u></b></p> <p>Annahme eines ausreichenden Gewässerschutzes bei Anwendung eines pauschalen Bewertungsverfahrens</p> <p>Der Nachweis für ausreichenden Gewässerschutz erfordert weitergehende Untersuchungen.</p> <p>Bewertungsverfahren</p> <p><b>Emissionswert E ≤ Gewässerpunktzahl G</b></p> <p><b>Emissionswert E = Abflussbelastung B * Durchgangswert D</b></p> $B = \sum f_i (L_i + F_i)$ <p style="text-align: right;">L<sub>i</sub> - Luftverschmutzung<br/>F<sub>i</sub> - Flächenverschmutzung</p> $f_i = A_{u,i} / \sum A_{u,i}$ <p>Der Durchgangswert D ist in Abhängigkeit der Behandlungsverfahren zu wählen.</p> <p><b>B &gt; G i.d.R. Behandlung erforderlich</b></p> <p><b>B ≤ G keine Behandlung erforderlich</b></p> |             |

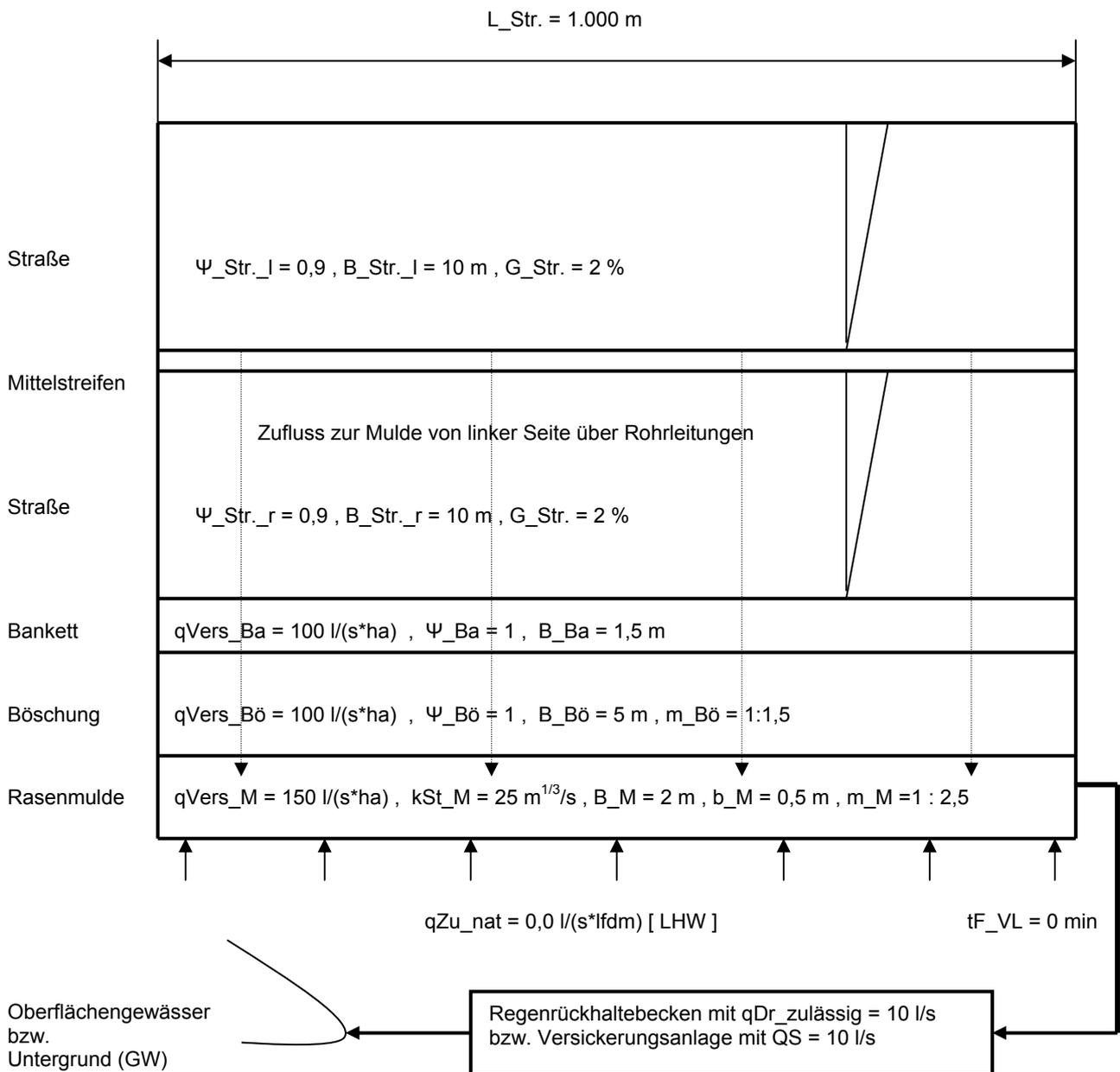
| Synopsis zu Zielvorgaben für die Begrenzung der <u>stofflichen Belastung</u> der aufnehmenden Gewässer   |  |             |
|--|--|-------------|
| Niederschlagswassereinleitung aus MS   | Niederschlagswassereinleitung aus TS   |             |
| Oberirdische Gewässer  | Oberirdische Gewässer  | Grundwasser |
| <p><b><u>BWK Merkblatt 3</u></b></p> <p>Zielsetzungen bei Anwendung des vereinfachten Nachweisverfahrens:<br/>Infolge Niederschlagswassereinleitungen dürfen in der fließenden Welle nachfolgende Werte nicht unterschritten werden:</p> <p><b>O<sub>2</sub> = 5 mg/l , NH<sub>3</sub>-N = 0,1 mg/l</b></p> <p>Der vereinfachte Nachweis erfolgt durch Mischungsrechnung aus MNQ und Entlastungsabflüsse bzw. aus Vorbelastung des Gewässers und Entlastungsfracht.</p> <p>Empfehlungen für einleitungsfrei zu haltende Gewässer<br/>Hinweis auf Durchführung eines detaillierten Nachweises</p> | <p><b><u>DWA-A 138</u></b></p> <p>Entscheidungsmatrix zur Auswahl von Versickerungs- und ggf. Vorbehandlungsanlagen in Abhängigkeit vom Niederschlagswasserabfluss (unbedenklich, tolerierbar, nicht tolerierbar)<br/>und<br/>vom Verhältnis A<sub>u</sub> zu A<sub>s</sub></p> <p>Hinweis auf DWA-M 153</p> |             |
| <p><b><u>Sachsen-Anhalt</u></b></p> <p>zulässige CSB - Entlastungsfracht aus MS: <b>250 kg/(ha<sub>red</sub> * a)</b></p> <p>Hinweise auf:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ermittlung a-Wert hinsichtlich ggf. erforderlicher weitergehender Maßnahmen</li> <li>- Einzelfallentscheidung bei Einleitung in stehende Gewässer oder Grundwasser</li> <li>- Prüfmodell der Behörde KOSIM</li> <li>- Regenreihen (NIKOSA LSA)</li> </ul>  | <p><b><u>Sachsen-Anhalt</u></b></p> <p>Festlegung von Anforderungen ist grundsätzlich Einzelfallentscheidung</p> <p>Empfehlung, das Bewertungsverfahren gemäß <b>DWA-M 153</b> anzuwenden</p>  |             |

| 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 |
| <p><b><u>1. Arbeitsbericht ATV-AG 2.1.1, KA 05/93</u></b></p> <p>Ermittlung der stofflichen Belastung      <math>a = EW / MNQ</math></p> <p>EW - Einwohnerwerte eines Entwässerungsgebietes</p> <p>Werden die je nach Merkmalen des Gewässers festgelegten kritischen a-Werte (<math>a_G</math>, <math>a_F</math>) überschritten, sollen Untersuchungen bezüglich weitergehender Maßnahmen durchgeführt werden.</p> <p><math>a_G</math> - kritischer a-Wert in Bezug auf gelöste Stoffe<br/> <math>a_F</math> - kritischer a-Wert in Bezug auf Feststoffe</p> <p>Bei <math>a &lt; a_G</math> bzw. <math>a_F</math> kann davon ausgegangen werden, dass folgende Grenzwerte der Gewässerbeschaffenheit eingehalten werden:</p> <p>Feststoffe 50 mg/l, Sauerstoff 4 mg/l, Ammoniak 0,1 mg/l</p> |                                      |             |

**Berechnungsbeispiel 1**

**„Bemessung Regenrückhaltebecken, Autobahn mit Entwässerungsmulde“**

**Skizze zum Berechnungsbeispiel 1**



**Berechnungsbeispiel 1 „Bemessung Regenrückhaltebecken, Autobahn mit Entwässerungsmulde“**

**Bemessung eines RRB nach Abschnitt 3.5.4 REwS (Ermittlung des maßgebenden Zuflusses zum RRB aus dem Ergebnis der Abflussberechnung) i. V. mit DWA-A 117**

| Flächen/Abflussbeiwerte/<br>Versickerungsraten | Kurz-zeichen | Einheit             | Wert    | Flächen | Versickerung | Häufigkeit_R<br>egen | Dauer-<br>stufe_Re<br>gen | Nieder-<br>schlag | Anfall_Niederschlagswasser bei rD,n |                                     |       |       |          | Abfluss unter Berücksichtigung der Versickerung und dem Zufluss aus angrenzenden natürlichen<br>Bereichen bei rD,n |         |       |        |        | Fließzeitberechnung (Programm zur RAS_EW - Mannig-<br>Strickler-Annäherung-Kreis) für (B_M , G_Str. , KSt_M) |         |       | tF_g<br>(Fließzeit-<br>gewährt) |       |                                      |                              |          |              |                             |                |
|--|--------------|---------------------|---------|---------|--------------|----------------------|---------------------------|-------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------|-------|----------|--|---------|-------|--------|--------|--|---------|-------|---------------------------------|-------|--------------------------------------|------------------------------|----------|--------------|-----------------------------|----------------|
|  |              |                     |         |         |              |                      |                           |                   | 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            |
|  |              |                     |         |         |              |                      |                           |                   | $A_i = L_{Str.} \cdot B_i$          | $Q_{vers_i} = A_i \cdot q_{vers_i}$ |       |       | KOSTRA   | $N_i = (A_i \cdot \Psi_i) \cdot rD,n$  |         |       |        |        | $Q_i = N_i - Q_{vers_i}$   |         |       |                                 |       | $Q_{nat} = qZu_{nat} \cdot L_{Str.}$ | $Q_{Zu} = \text{Summe } Q_i$ | 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 <sup>1/3</sup> /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 Rückhalteanlage 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

auf Basis geschätzter Fließzeit bei 2 % Gefälle

Alternativ kann das Volumen auch mit den absoluten Mengen (Q\_Zufluss bei RD,n und QDr\_zulässig) berechnet werden.

| A_u_th                       | n   | D   | rD,n,RRB | fZ        | fA   | qDr,R,u                                 | v_RRB   | V_RRB                                |
|------------------------------|-----|-----|----------|-----------|------|---|---|--------------------------------------|
| ha                           | 1/a | min | l/(s*ha) |           |      | l/(s*ha)                                | m <sup>3</sup> /ha_A_u_th   | m <sup>3</sup>                       |
| $A_{u_{th}} = Q_{Zu} / rD,n$ |     |     | KOSTRA   | DWA-A 117 |      | $qDr,R,u = qDr_{zulässig} / A_{u_{th}}$ | $v_{RRB} = (rD,n,RRB - qDr,R,u) \cdot D \cdot fZ \cdot fA \cdot 0,06$ | $V_{RRB} = v_{RRB} \cdot A_{u_{th}}$ |
| 1,293                        | 0,2 | 25  | 110      | 1,15      | 0,96 | 7,735                                   | 169,351   | 218,95                               |
| 1,293                        | 0,2 | 30  | 91,1     | 1,15      | 0,96 | 7,735                                   | 165,663   | 214,18                               |
| 1,293                        | 0,2 | 45  | 68,4     | 1,15      | 0,96 | 7,735                                   | 180,831   | 233,79                               |
| 1,293                        | 0,2 | 60  | 55,5     | 1,15      | 0,96 | 7,735                                   | 189,838   | 245,47                               |

geschätzte Fließzeit > 15 min, DWA-A 117 nicht mehr anwendbar

**Berechnungsbeispiel 1 „Bemessung Regenrückhaltebecken, Autobahn mit Entwässerungsmulde“**  
**Bemessung eines RRB nach Abschnitt 3.5.4 REwS bzw. DWA-A 117 (Dauerstufenverfahren), eines Versickerungsbeckens nach DWA-A 138 und Nachweis der vollständigen Versickerung des maßgebenden Beckenzuflusses in der Rasenmulde**

| Flächen/Abflussbeiwerte/<br>Versickerungsraten | Kurz-<br>zeichen | Einheit             | Wert    | Flächen                   | Versickerung                        | Häufigkeit_R<br>egen | Dauer-<br>stufe_Reg<br>en | Nieder-<br>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                          |
|  |                  |                     |         | $A_i = L_{Str} \cdot B_i$ | $Q_{vers_i} = A_i \cdot q_{vers_i}$ |                      |                           | KOSTRA            | $N_i = (A_i \cdot \Psi_i) \cdot rD,n$ |         |       |        |       | $Q_i = N_i - Q_{vers_i}$  |         |       |        |        | $Q_{nat} = qZu_{nat} \cdot L_{Str}$ | $Q_{zu} = \text{Summe } Q_i$ |
| 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                   | $\Psi_{Str_r}$   |                     | 0,9     |                           |                                     |                      |                           |                   |                                       |         |       |        |       |   |         |       |        |        |                                     |                              |
| Abflussbeiwert_Straße_links                    | $\Psi_{Str_l}$   |                     | 0,9     |                           |                                     |                      |                           |                   |                                       |         |       |        |       |   |         |       |        |        |                                     |                              |
| Abflussbeiwert_Bankett                         | $\Psi_{Ba}$      |                     | 1       |                           |                                     |                      |                           |                   |                                       |         |       |        |       |   |         |       |        |        |                                     |                              |
| Abflussbeiwert_Böschung                        | $\Psi_{Bö}$      |                     | 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 <sup>1/3</sup> /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      |                           |                                     |                      |                           |                   |                                       |         |       |        |       |   |         |       |        |        |                                     |                              |

Standard-Rasenmulde

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

auf Basis geschätzter Fließzeit bei 2 % Gefälle

Leistungsfähigkeit der Entwässerungsmulde beachten

$\Psi_{Ba} / \Psi_{Bö} = 1$ , 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\*

| Q_r,D,n | qDr_zulässig | n   | D   | fZ   | fA   | V_RRB   |
|---------|--------------|-----|-----|------|------|---|
| l/s     | l/s          | 1/a | min |      |      | m <sup>3</sup>  |
|         | LHW          |     |     |      |      | $V_{RRB} = (Q_{r,D,n} - qDr_{zulässig}) \cdot D \cdot fZ \cdot fA \cdot 0,06$ |
| 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  |

| Q_zu              | Qs                | n   | D   | fZ   | fA   | Verf.   |
|-------------------|-------------------|-----|-----|------|------|---|
| m <sup>3</sup> /s | m <sup>3</sup> /s | 1/a | min |      |      | m <sup>3</sup>  |
|                   |                   |     |     |      |      | $Verf. = (Q_{zu} - Q_s) \cdot D \cdot fZ \cdot fA \cdot 60$ |
| 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 m<sup>2</sup> und einem k<sub>f</sub> = 1,5 \* 10<sup>-5</sup> 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<sub>s</sub> hier auf Null gesetzt.

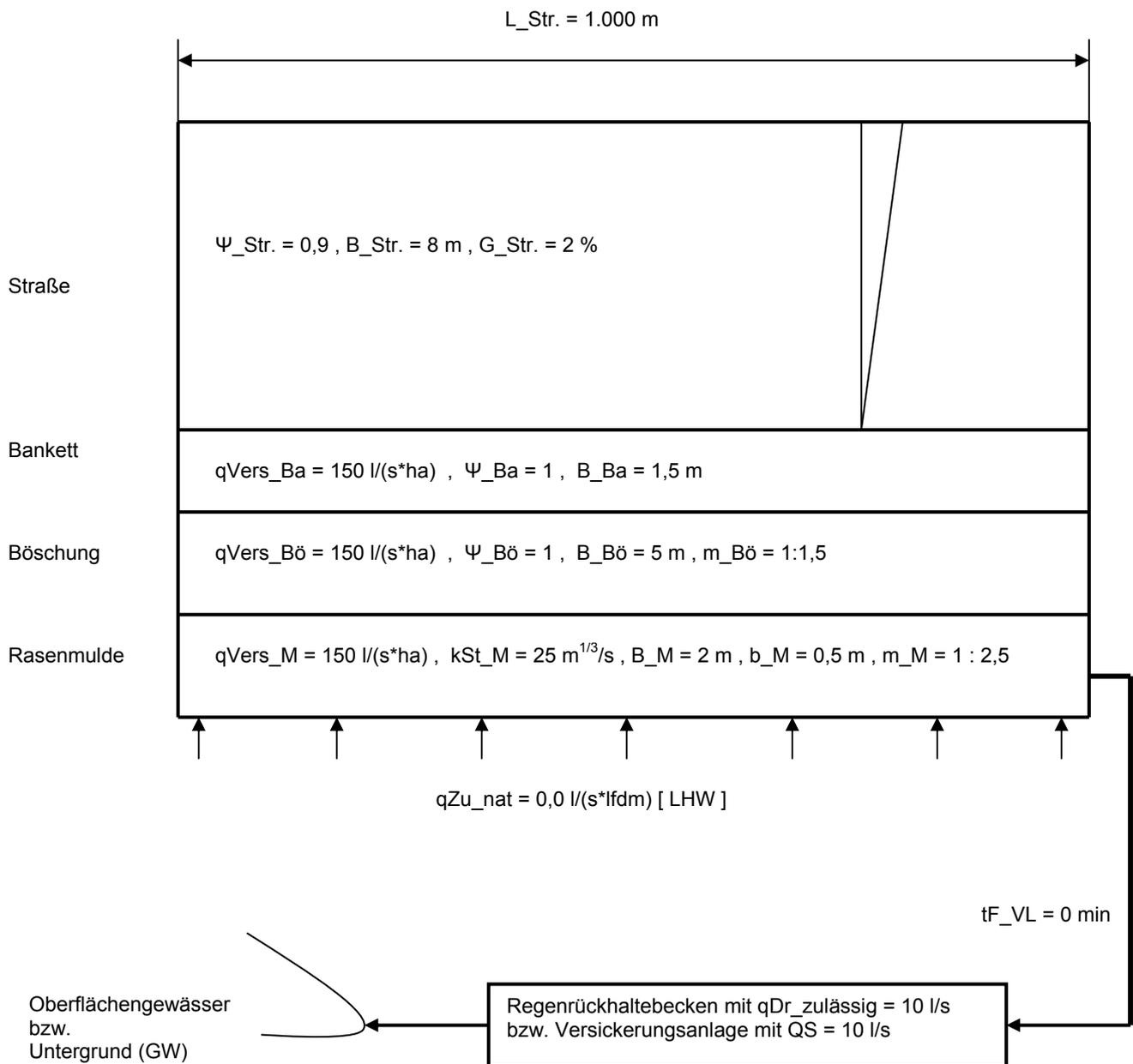
| Q_zu              | Qs                | n   | D   | fZ   | fA   | Verf.   |
|-------------------|-------------------|-----|-----|------|------|---|
| m <sup>3</sup> /s | m <sup>3</sup> /s | 1/a | min |      |      | m <sup>3</sup>  |
|                   |                   |     |     |      |      | $Verf. = (Q_{zu} - Q_s) \cdot D \cdot fZ \cdot fA \cdot 60$ |
| 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:  $V_{vorh} = (((b + B)/2) \cdot h) \cdot L/2$  **187,5 m<sup>3</sup> 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 3.5.4 REwS (Ermittlung des maßgebenden Zuflusses zum RRB aus dem Ergebnis der Abflussberechnung) i. V. mit DWA-A 117 |              |                     |         |         |         |              |      |                      |                           |                   |                                     |       |       |       |   |        |        |        |  |                  |                |                             |       |                                |
| Flächen/Abflussbeiwerte/<br>Versickerungsraten  | Kurz-zeichen | Einheit             | Wert    | Flächen |         | Versickerung |      | Häufigkeit_R<br>egen | Dauer-<br>stufe_Re<br>gen | Nieder-<br>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<br>(Fließzeit_gewählt) |       |                                |
|   |              |                     |         | 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   | 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  | m                | m/s            |                             | min   |                                |
| Länge_Straße  | L_Str.       | m                   | 1.000   |         |         |              |      | 1                    | 15                        | 97,2              | 69,98                               | 14,58 | 19,44 | 19,44 | 69,98   | -7,92  | -10,56 | -10,56 | 0,00   | 40,94            | 0,095          | 0,556                       | 32,95 | 30                             |
| Gefälle   | G_Str.       | %                   | 2       |         |         |              |      | 1                    | 30                        | 60,4              | 43,49                               | 9,06  | 12,08 | 12,08 | 43,49   | -13,44 | -17,92 | -17,92 | 0,00   | -5,79            |                |                             |       | Iteration Ende<br>kein Abfluss |
| Breite_Straße   | B_Str.       | m                   | 8       | A_Str   | 0,80    |              |      |                      |                           |                   |                                     |       |       |       |   |        |        |        |  |                  |                |                             |       |                                |
| Breite_Bankett  | B_Ba         | m                   | 1,5     | A_Ba    | 0,15    |              |      |                      |                           |                   |                                     |       |       |       |   |        |        |        |  |                  |                |                             |       |                                |
| Breite_Böschung   | B_Bö         | m                   | 2       | A_Bö    | 0,20    |              |      |                      |                           |                   |                                     |       |       |       |   |        |        |        |  |                  |                |                             |       |                                |
| 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   | 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 <sup>1/3</sup> /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 Rückhalteanlage abgeleitet.   |              |                     |         |         |         |              |      |                      |                           |                   |                                     |       |       |       |   |        |        |        |  |                  |                |                             |       |                                |

auf Basis geschätzter Fließzeit bei 2% Gefälle

Alternativ kann das Volumen auch mit den absoluten Mengen (Q\_Zufluss bei RD,n und QDr\_zulässig) berechnet werden.

| RRB (DWA-A 117)      |     |          |           |    |     |                                 |   |                        |
|----------------------|-----|----------|-----------|----|-----|---------------------------------|---|------------------------|
| A_u_th               | n   | rD,n,RRB | fZ        | fA | D   | qDr,R,u                         | v_RRB   | V_RRB                  |
| ha                   | 1/a | l/(s*ha) |           |    | min | l/(s*ha)                        | m <sup>3</sup> /ha_A_u_th                         | m <sup>3</sup>         |
| A_u_th = Q_Zu / rD,n |     | KOSTRA   | DWA-A 117 |    |     | qDr,R,u = qDr_zulässig / A_u_th | v_RRB = (rD,n,RRB - qDr,R,u) * D * fZ * fA * 0,06 | V_RRB = v_RRB * A_u_th |
|                      | 0,2 |          |           |    |     |                                 |   | 0,0                    |

ψ\_Ba / ψ\_Bö = 1, da Abflussverhalten mit qVer\_Ba bzw. qVer\_Bö beschrieben wird

Häufig liegen deutlich höhere Versickerungsraten vor.

Vorgabe durch LHW

Berechnung von A\_u\_th aus Abflussberechnung nicht möglich

**Berechnungsbeispiel 2 „Bemessung Regenrückhaltebecken, Bundesstraße mit Entwässerungsmulde“**  
**Bemessung eines RRB nach Abschnitt 3.5.4 REwS bzw. DWA-A 117 (Dauerstufenverfahren), eines Versickerungsbeckens nach DWA-A 138 und Nachweis der vollständigen Versickerung des maßgebenden Beckenzuflusses in der Rasenmulde**

| Flächen/Abflussbeiwerte/<br>Versickerungsraten | Kurz-<br>zeichen | Einheit             | Wert    | Flächen                   |                                     | Versickerung |     | Häufigkeit_R<br>egen | Dauer-<br>stufe_Reg<br>en             | Nieder-<br>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  |
|  |                  |                     |         | 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  |        |
|  |                  |                     |         | $A_i = L_{Str} \cdot B_i$ | $Q_{vers_i} = A_i \cdot q_{vers_i}$ |              |     | KOSTRA               | $N_i = (A_i \cdot \Psi_i) \cdot rD,n$ |                   |                                     |       | $Q_i = N_i - Q_{Vers_i}$ |       |   |       | $Q_{nat} = qZu_{nat} \cdot L_{Str}$ | $Q_{zu} = \text{Summe } Q_i$ |      |        |
| 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                          | $\Psi_{Str}$     |                     | 0,9     |                           |                                     |              |     |                      |                                       |                   |                                     |       |                          |       |   |       |                                     |                              |      |        |
| Abflussbeiwert_Bankett                         | $\Psi_{Ba}$      |                     | 1       |                           |                                     |              |     |                      |                                       |                   |                                     |       |                          |       |   |       |                                     |                              |      |        |
| Abflussbeiwert_Böschung                        | $\Psi_{Bö}$      |                     | 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 <sup>1/3</sup> /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      |                           |                                     |              |     |                      |                                       |                   |                                     |       |                          |       |   |       |                                     |                              |      |        |

Standard-Rasenmulde

$\Psi_{Ba} / \Psi_{Bö} = 1$ , da Abflussverhalten mit qVers\_Ba bzw. qVers\_Bö beschrieben wird  
 Häufig liegen deutlich höhere Versickerungsraten vor.

auf Basis geschätzter Fließzeit bei 2 % Gefälle

Vorgabe durch LHW

Versickerungsabfluss entspricht Drosselabfluss in s Oberflächengewässer\*

| Q_r,D,n | qDr_zulässig | n   | D   | fZ        | fA   | V_RRB   |
|---------|--------------|-----|-----|-----------|------|---|
| l/s     | l/s          | 1/a | min |           |      | m <sup>3</sup>  |
|         | LHW          |     |     | DWA-A 117 |      | $V_{RRB} = (Q_{r,D,n} - qDr_{zulässig}) \cdot D \cdot fZ \cdot fA \cdot 0,06$ |
| 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   |

| Q_zu              | Qs                | n   | D   | fZ        | fA   | Verf.   |
|-------------------|-------------------|-----|-----|-----------|------|---|
| m <sup>3</sup> /s | m <sup>3</sup> /s | 1/a | min |           |      | m <sup>3</sup>  |
|                   |                   |     |     | DWA-A 117 |      | $Verf. = (Q_{zu} - Q_s) \cdot D \cdot fZ \cdot fA \cdot 60$ |
| 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   |

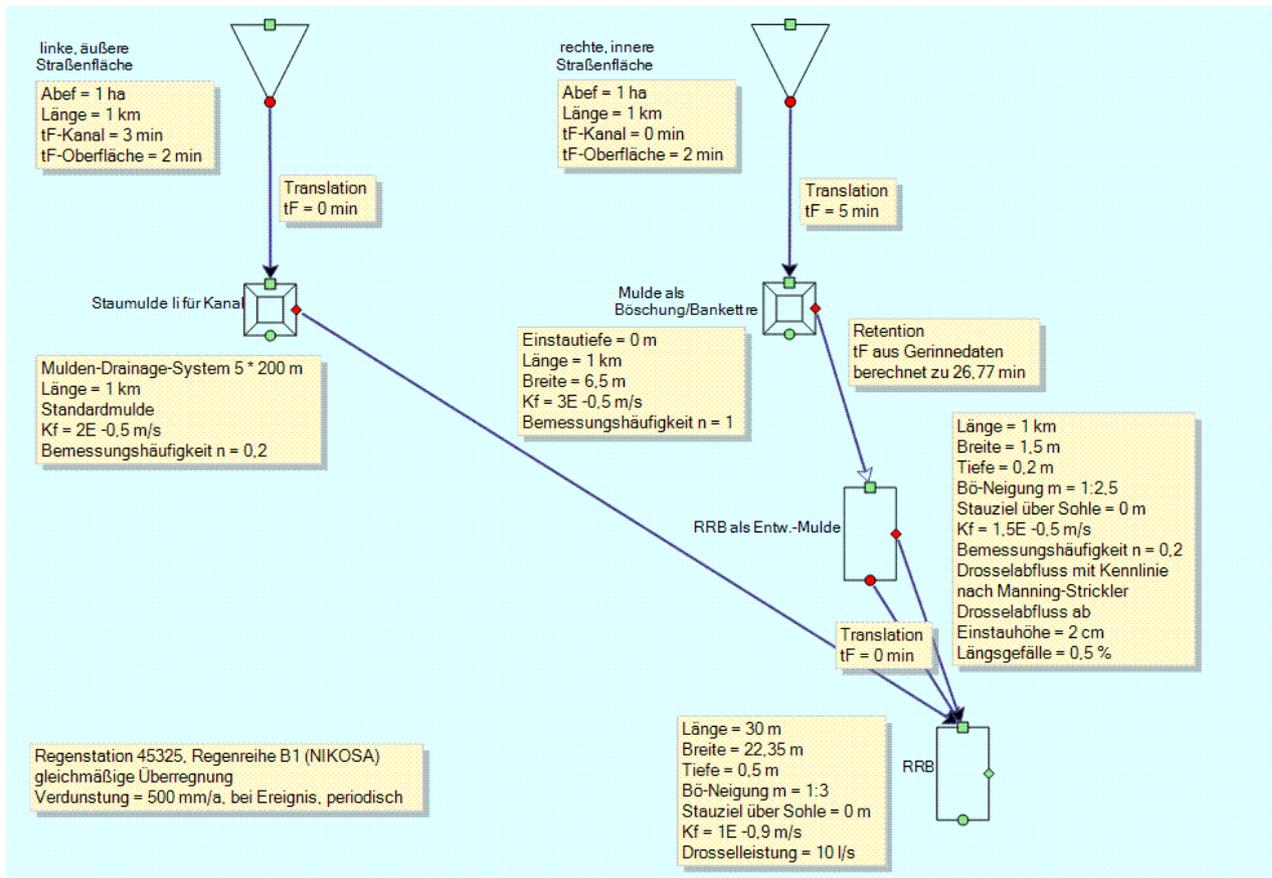
\*) Bei einer Versickerungsfläche von 670 m<sup>2</sup> und einem k<sub>r</sub> = 1,5 · 10<sup>-5</sup> ergibt sich ein Versickerungsabfluss in Höhe von 10 l/s.

Da die Versickerungsleistung der Mulde bereits bei der Ermittlung des maßgebenden Zuflusses berücksichtigt ist, wird der Wert für Q<sub>s</sub> hier auf Null gesetzt.

| Q_zu              | Qs                | n   | D   | fZ        | fA   | Verf.   |
|-------------------|-------------------|-----|-----|-----------|------|---|
| m <sup>3</sup> /s | m <sup>3</sup> /s | 1/a | min |           |      | m <sup>3</sup>  |
|                   |                   |     |     | DWA-A 117 |      | $Verf. = (Q_{zu} - Q_s) \cdot D \cdot fZ \cdot fA \cdot 60$ |
| 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:  $V_{vorh} = (((b + B)/2) \cdot h) \cdot L/2$  **187,5 m<sup>3</sup> 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<br>Fromm LAU |
| Auftragnehmer            |   |
| Straße                   |   |
| Ort                      |   |
| Telefon                  |   |
| Fax                      |   |
| E-Mail                   |   |
| Bearbeiter               |   |
| Allgemeines              | k_St = 20, Gefälle = 0,5 %                |
| Rechenlauf               | zwei_Mu 1,5 m_I=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:

E-Mail:

**Parametersätze**

Standardmulde

Modus: Nachweis

Stand: Donnerstag, 15. April 2010

| Befestigte Flächen    |         |              |             |            |       |        |
|-----------------------|---------|--------------|-------------|------------|-------|--------|
| <b>Straßenflächen</b> | 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 -  |
| <b>Muldenflächen</b>  | 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 -  |
| <b>RRB-Flächen</b>    | 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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>befestigt           | Fläche  | 0,1500 ha   | Parametersatz | RRB-Flächen    |                 |
|  | Nbrutto | 536,2 mm/a  | Nnetto        | 392,2 mm/a     | VQR 588 m³/a    |
| RRB<br>befestigt                           | Fläche  | 0,0671 ha   | Parametersatz | RRB-Flächen    |                 |
|  | Nbrutto | 536,2 mm/a  | Nnetto        | 392,2 mm/a     | VQR 263 m³/a    |
| <b>Gesamt</b>                              | 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     |              |                  |              |                           |               |             |
|-----------------------|--------------|------------------|--------------|---------------------------|---------------|-------------|
| <b>Transport 2</b>    | 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   |
|                       |              |                  |              |                           |               |             |
| <b>Transport 2.1</b>  | 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      |
|                       |              |                  |              |                           |               |             |
| <b>Transport 3</b>    | Transporttyp | Transportstrecke | Sohlgefälle  | 2,00 %                    | Modus         | Translation |
|                       | Profiltyp    | Rechteck         | kb-Wert      | 1,50 mm                   | Abfl.-beschr. | Nein        |
|                       | Profilhöhe   | 300 mm           | Qvoll        | 1,39*10 <sup>20</sup> 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      |
|                       |              |                  |              |                           |               |             |
| <b>Transport 1017</b> | 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        |
|                       |              |                  |              |                           |               |             |
| <b>Transport 1018</b> | 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   |
|                       |              |                  |              |                           |               |             |
| <b>Transport 1019</b> | 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        |
|                       |              |                  |              |                           |               |             |
| <b>Gesamt</b>         | Länge        | 2.000,0 m        | Rückstauvol. | 0 m³                      |               |             |

Tel.:  
Fax:

Email:

## Regenrückhaltebecken

Standardmulde

Modus: Nachweis

Stand: Donnerstag, 15. April 2010

| Regenrückhaltebecken       |            |            |             |                           |                         |            |
|----------------------------|------------|------------|-------------|---------------------------|-------------------------|------------|
| <b>RRB als Entw.-Mulde</b> | AE,b,kum   | 0,00 ha    | kf,Sohle    | 1,5*10 <sup>-05</sup> m/s | qr,ges                  | 0,0 l/s/ha |
|                            | AE,nb,kum  | 0,00 ha    | kf,Böschung | 1,5*10 <sup>-05</sup> 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      |
|                            | <b>RRB</b> | AE,b,kum   | 0,00 ha     | kf,Sohle                  | 1*10 <sup>-09</sup> m/s | qr,ges     |
|                            | AE,nb,kum  | 0,00 ha    | kf,Böschung | 1*10 <sup>-09</sup> 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      |
| <b>Gesamt</b>              | 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 <sup>-05</sup> m/s |         |
|                               | Durchlässigkeitsbeiwert - Böschung | kf,Böschung               | 1,5*10 <sup>-05</sup> 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               | VQRBB                     | 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 <sup>-09</sup> m/s |        |
|                               | Durchlässigkeitsbeiwert - Böschung | kf,Böschung              | 1*10 <sup>-09</sup> 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                               |   |             |                  |                         |           |              |
|--------------------------------------|---|-------------|------------------|-------------------------|-----------|--------------|
| <b>Mulde als Böschung/Bankett re</b> | Länge   | 1.000,00 m  | A <sub>E,b</sub> | 1,0000 ha               | V,Verd    | 0 m³         |
|                                      | Breite  | 6,50 m      | kf-Wert          | 3*10 <sup>-05</sup> m/s | V,Vers    | 56.079 m³    |
|                                      | Tiefe   | 0,00 m      | Qsick            | 351.000,0 l/h           | VQue      | 667 m³       |
|                                      | Neigung 1:  | 2,50 -      | Mächtigkeit      | 1,50 m                  | Que,max   | 1.000,00 l/s |
|                                      | Oberfläche  | 6.500,00 m² | Vvorh            | 0,00 m³                 | Verf      | 2,57 m³      |
|                                      | Sohlfläche  | 6.500,00 m² | n,erf            | 1,00 1/a                | n,vorh    | 1,04 1/a     |
|                                      | <b>Staumulde li für Kanal</b><br>Mulden-Drainage-System<br>5*200m | Länge       | 1.000,00 m       | A <sub>E,b</sub>        | 1,0000 ha | V,Verd       |
| Breite                               |   | 2,00 m      | kf-Wert          | 2*10 <sup>-05</sup> m/s | V,Vers    | 39.057 m³    |
| Tiefe                                |   | 0,30 m      | Qsick            | 72.000,0 l/h            | VQue      | 0 m³         |
| Neigung 1:                           |   | 2,50 -      | Mächtigkeit      | 0,30 m                  | Que,max   | 1.873,90 l/s |
| Oberfläche                           |   | 2.000,00 m² | Vvorh            | 374,78 m³               | Verf      | 212,80 m³    |
| Sohlfläche                           |   | 499,25 m²   | n,erf            | 0,20 1/a                | n,vorh    | 0,01 1/a     |
| <b>Gesamt</b>                        |   | Länge       | 0,00 m           | A <sub>E,b</sub>        | 2,0000 ha | V,Verd       |
|                                      | Breite  | 0,00 m      | Qsick            | 423.000,00 l/h          | V,Vers    | 95.136 m³    |
|                                      | Oberfläche  | 8.500,00 m² |                  |                         | VQue      | 667 m³       |
|                                      | Sohlfläche  | 6.999,25 m² | Vvorh            | 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:

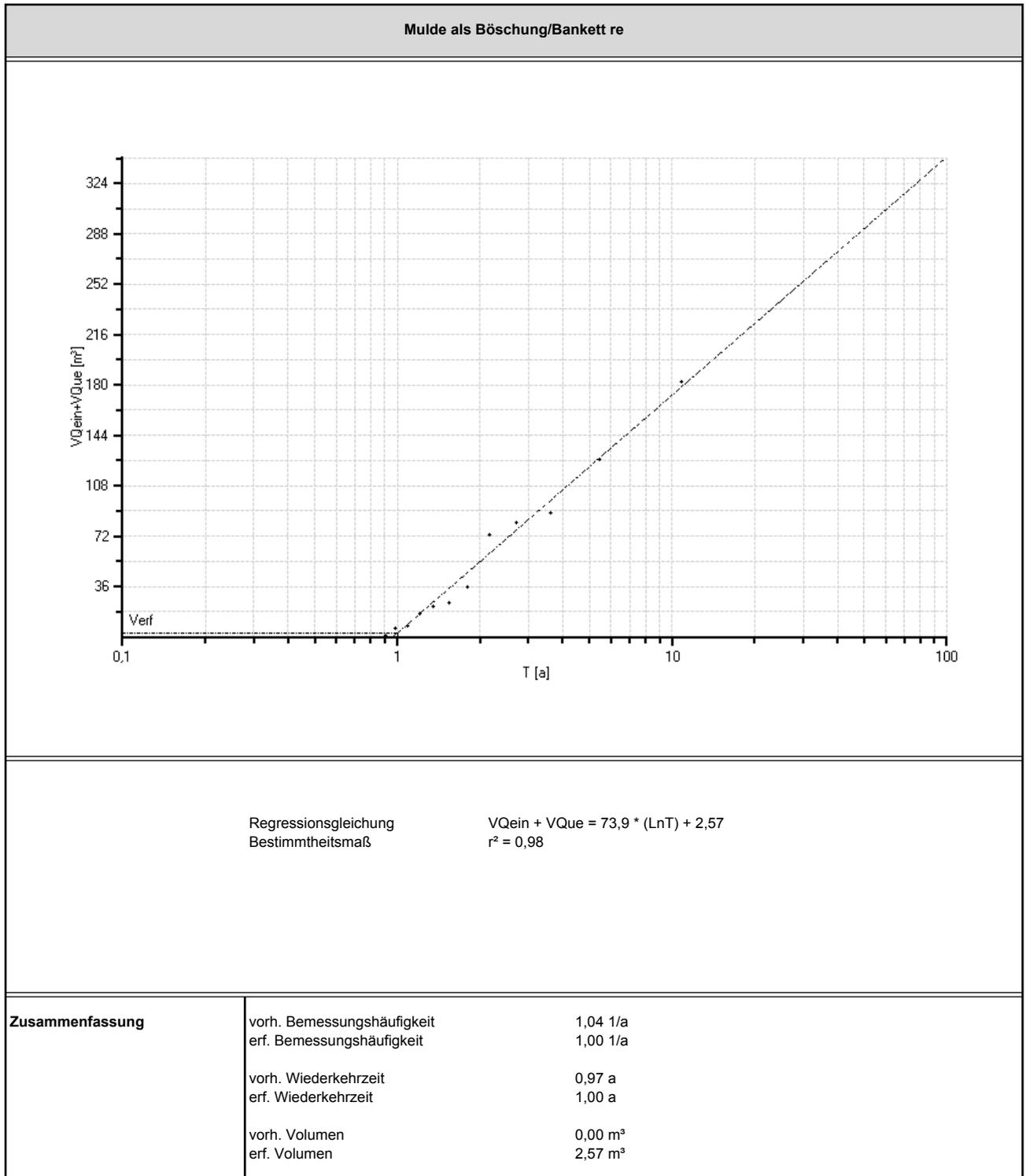
Email:

**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:

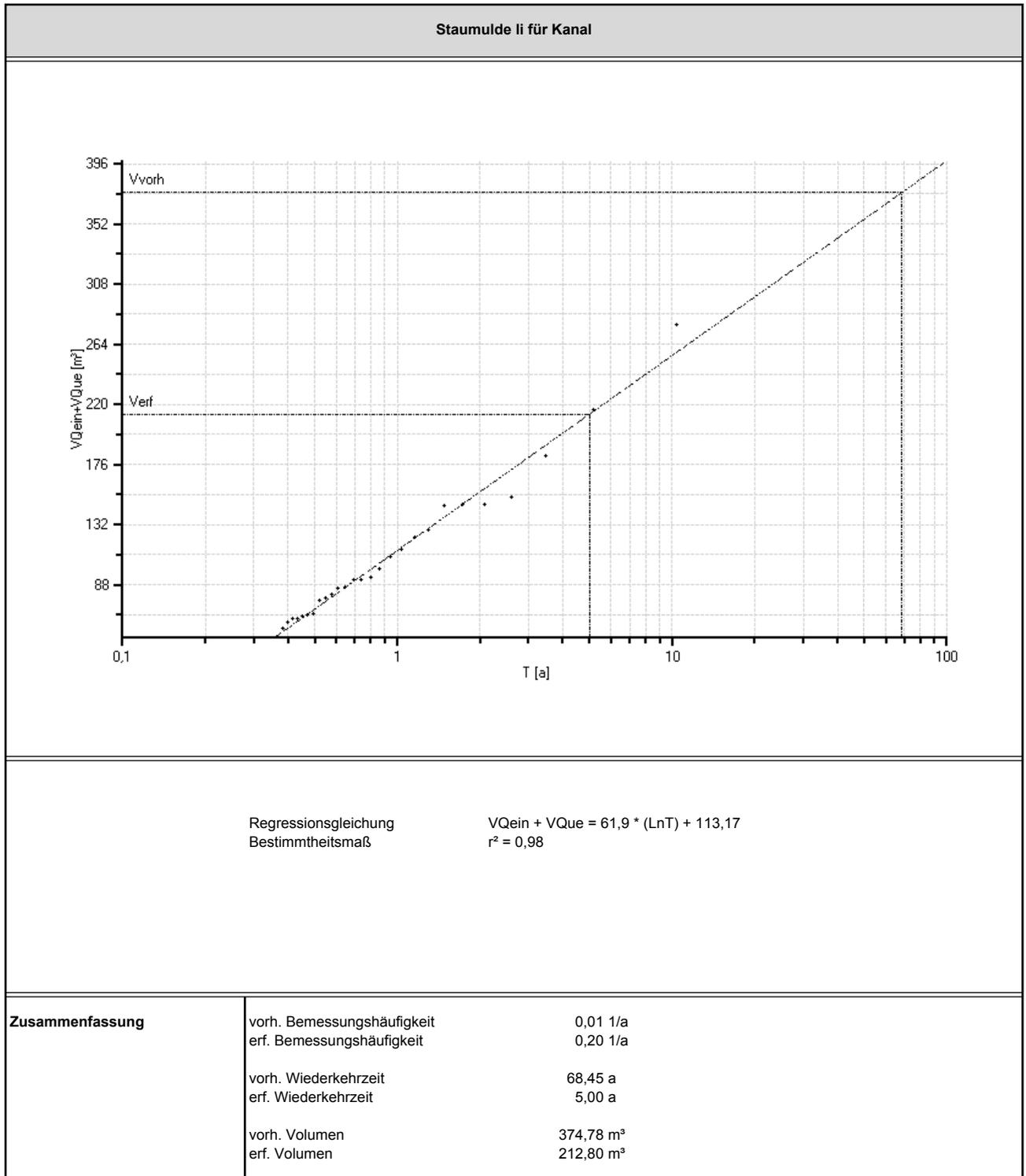
Email:

**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] | VQque[m³] | VQein+VQque[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:

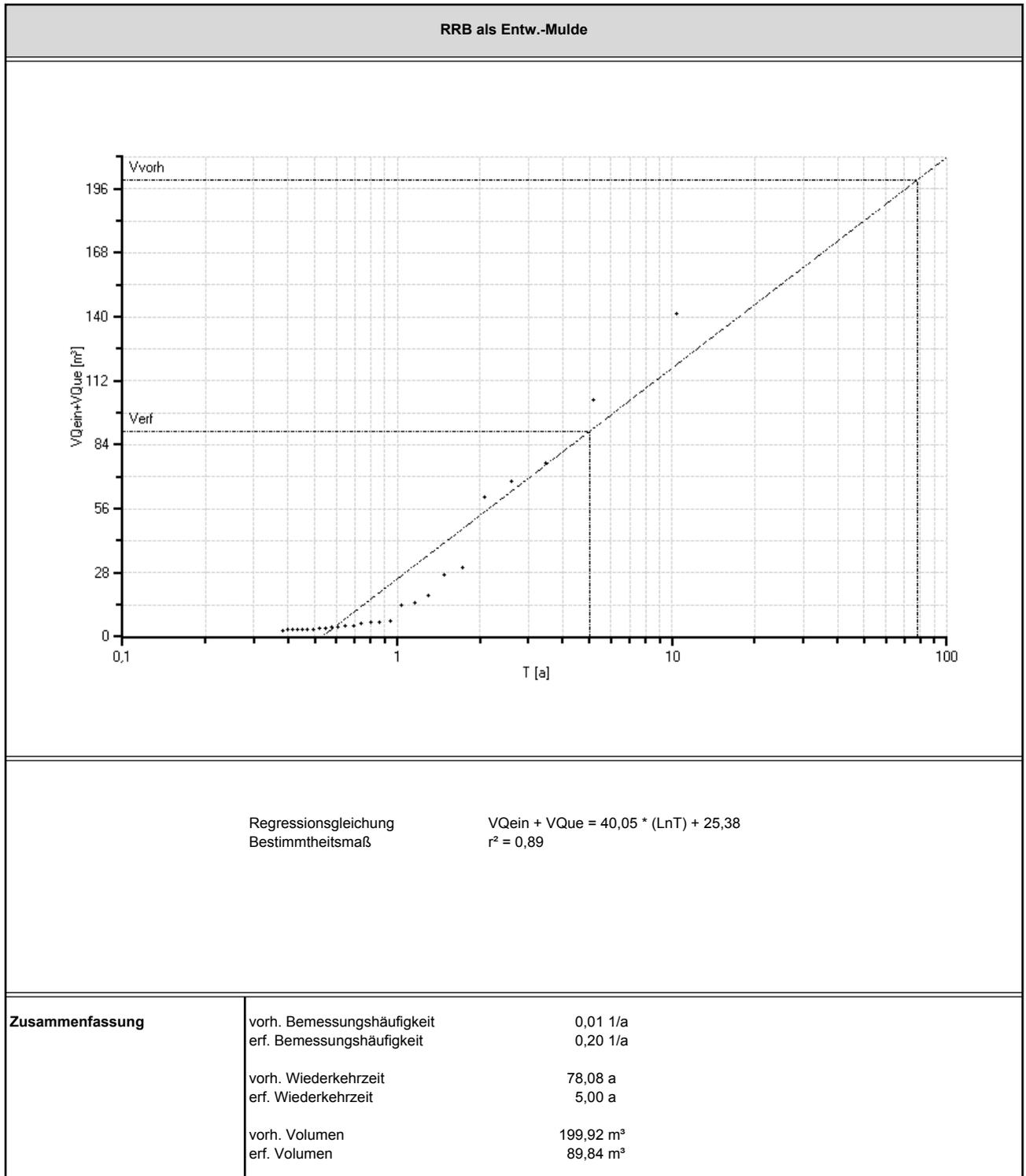
Email:

**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] | VQque[m³] | VQein+VQque[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 <sup>-06</sup> | 0,0          | 3,0      | 0,0       | 0,0       | 0,0             | 0,71   | 1,41  |  |  |

Tel.:  
Fax:

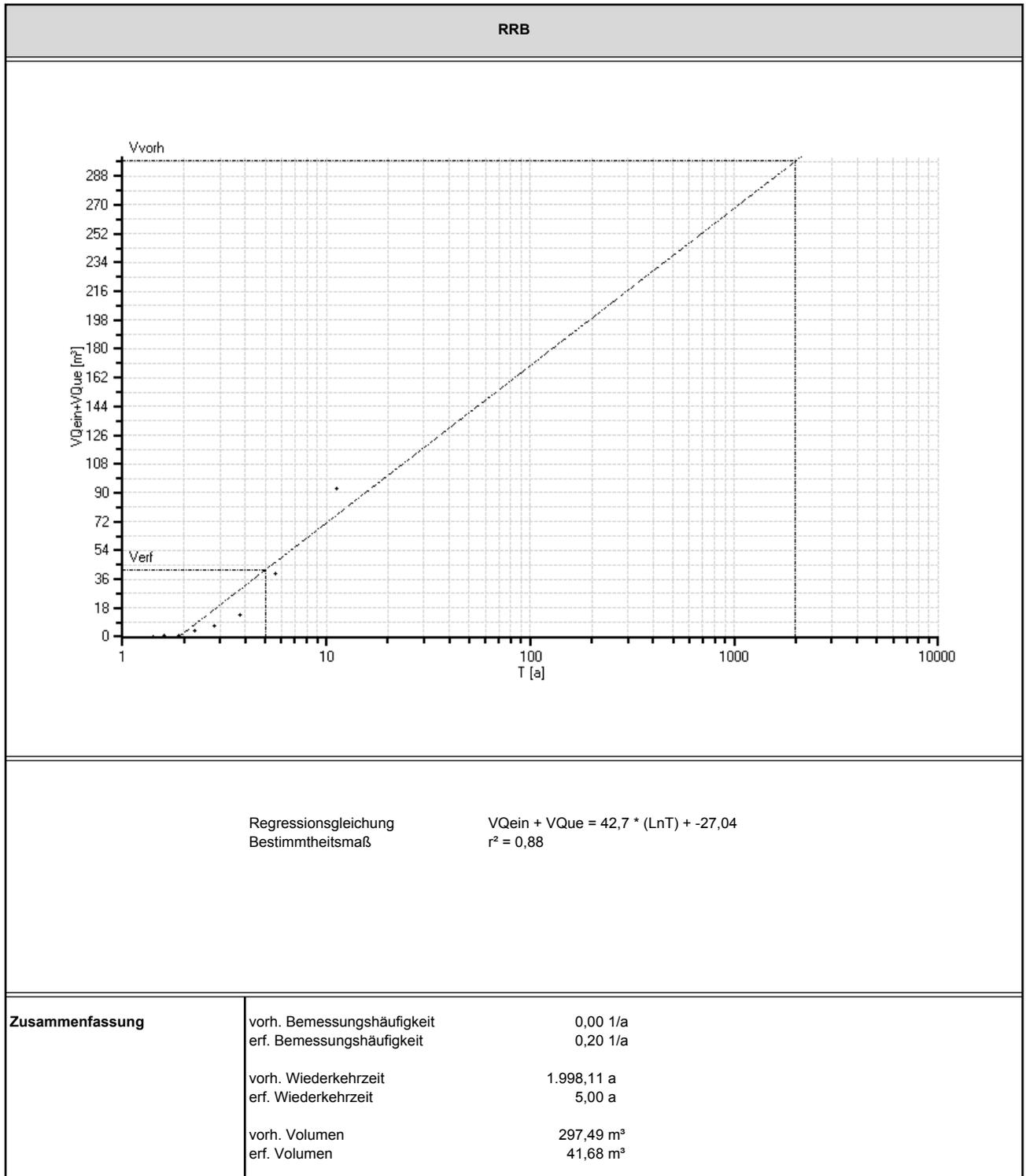
Email:

**Statistische Auswertung von Ein- und Überstauereignissen**

Standardmulde

Modus: Nachweis

Stand: Donnerstag, 15. April 2010



## Anlage 6

| Abfluss einer Standardrasenmulde (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 |