

## Besondere Probleme beim Nachweis der Mischwasserkanalisation gem. ATV-Arbeitsblatt A-128 (1992)

Michael Erzmann, Trier

### 1. Einleitung

Mit der Einführung des ATV-Arbeitsblattes A-128 ,1992, wurde ein wesentlicher Fortschritt in der gleichwertigen Bemessung von Regenentlastungsanlagen in Mischwasserkanälen unter Berücksichtigung ortsspezifischer Gegebenheiten erreicht. Das Ziel einer einheitlichen Begrenzung der Jahresschmutzfracht aus Regenwassereinleitungen (Normalanforderungen) wird jedoch nicht immer konsequent eingehalten. In Einzelfällen lohnt sich deshalb eine detaillierte Betrachtung und Hinterfragung der Bemessungsergebnisse. Im Folgenden soll dies für die Punkte:

- ? Einfluss des Fremdwassers
- ? Abkoppelungsmaßnahmen und Trenngebiete sowie
- ? Einhaltung des Mindestmischverhältnisses

anhand von Beispielen erläutert und diskutiert werden. Dazu werden Standardbedingungen für ein Einzugsgebiet vorgegeben und verschiedene Varianten betrachtet.

### 2. Vorgabe von Einzugsgebietsdaten und Berechnungsgrundlagen

Ein besonderes Problem für die Bemessung entsprechend dem ATV-Arbeitsblatt A 128 bestand in der Bestimmung der undurchlässigen Fläche  $A_u$ . Durch das neue ATV-DVWK-Merkblatt M 177 [3] wird das Vorgehen zur Ermittlung der undurchlässigen Fläche verdeutlicht. Ein Beispiel hierzu ist in dem ATV-DVWK-Arbeitsblatt A-198 [4] gegeben. Die Werte aus diesem Beispiel werden im Folgenden übernommen.

Gesamteinzugsgebiet:	$A_E$	=	120 ha
nicht kanalisierte Fläche:	$A_{E,nk}$	=	20 ha
kanalisierte Fläche:	$A_{E,k}$	=	100 ha
kanalisierte, nicht befestigte Fläche:	$A_{E,k,nb}$	=	60 ha
kanalisierte, befestigte Fläche:	$A_{E,k,b}$	=	40 ha
Befestigungsgrad:	$?_{E,k}$	=	0,40
undurchlässige Fläche:	$A_{uA128}$	=	33,2 ha

Abflussbeiwert:  $?_{A128} = A_{uA128}/A_{E,k,b} = 0,83$

Ergänzend werden die folgenden Daten angenommen:

$$\text{Einwohnerzahl:} \quad \text{EZ} \quad = \quad 4000 \text{ [E]}$$

Bezogen auf die undurchlässige Fläche ergibt sich daraus eine Einwohnerdichte von:

$$\text{ED} = 4000/33,2 = 120,5 \text{ E/ha}_u$$

Dies entspricht der Einwohnerdichte in einem großen Wohngebiet mit unterschiedlicher Bebauung und liegt in der gleichen Größenordnung wie die in Anhang 1 des ATV-DVWK-Merkblattes M 177 angegebenen Werte.

Mit einem spezifischen Abwasseranfall von  $W_{S,d} = 151,2 \text{ l/(E} \cdot \text{d)}$  ergibt sich ein Jahresschmutzwasserabfluss von:

$$Q_{s,aM} = \frac{\text{EZ} \cdot W_{S,d}}{86400} = \frac{4000 \cdot 151,2}{86400} = 7,0 \text{ [l/s]}$$

Die Tagesspitze des Schmutzwasserabflusses ergibt sich nach [4] zu:

$$Q_{s,max} = \frac{24 \cdot Q_{s,aM}}{X_{Qmax}}$$

Aus der in [4] gegebenen Abbildung 2 ergibt sich für eine Einwohnerzahl von 4000 E ein  $X_{Qmax}$  von ca 11. Damit wird

$$Q_{s,max} = \frac{24 \cdot 7,0}{11} = 15,3 \text{ [l/s]}$$

Die Bestimmung des Mischwasserabflusses zur Kläranlage erfolgt auf Grundlage des Auslastungswertes  $n$ . Entsprechend [3] liegt dieser üblicherweise zwischen 2,3 und 2,9. Für  $n$  gilt:

$$n = \frac{2 \cdot Q_{s,A131}}{Q_{s,max}}$$

Mit einem mittleren Wert für  $n$  von 2,6 ergibt sich:

$$2 \cdot Q_{s,A131} = n \cdot Q_{s,max} = 2,6 \cdot 15,3 = 39,78 \text{ [l/s]}$$

Der Mischwasserabfluss zur Kläranlage QM ergibt sich zu:

$$Q_M = 2 \cdot Q_{s,A131} + Q_{F,aM}$$

Aufgerundet gilt:

$$Q_M = 40,0 + Q_{F,aM}$$

mit  $Q_{F,aM}$  als Jahresmittel des Fremdwasserabflusses.

### 3. Einfluss des Fremdwassers auf das erforderliche Gesamtspeichervolumen

Der Einfluss des Fremdwassers auf das erforderliche Gesamtspeichervolumen ist weithin bekannt. Eine entsprechende Wertung findet jedoch kaum statt. Im Folgenden wird deshalb der Einfluss des Fremdwassers anhand eines Beispiels verdeutlicht.

Für die Berechnung des erforderlichen Gesamtspeichervolumens entsprechend dem ATV-Arbeitsblatt A 128 sind die erforderlichen Eingabedaten in Tabelle 1 zusammengestellt. Es wird von einem einfachen Einzugsgebiet entsprechend der in Abbildung 1 dargestellten Skizze ausgegangen.

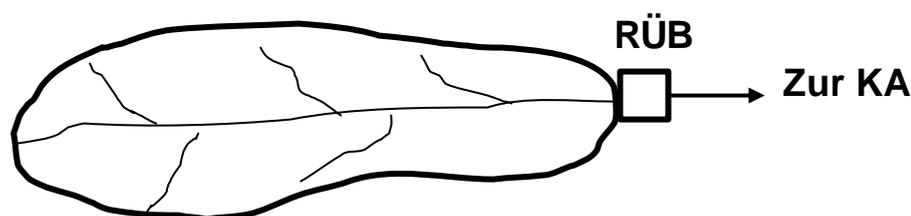


Abbildung 1: Skizze des Einzugsgebietes

Die längste Fließzeit im Gesamteinzugsgebiet wird zu  $t_f = 15$  min und die mittlere Geländeneigungsgruppe zu  $NG_m = 2,0$  angenommen. Die mittlere Jahresniederschlagshöhe beträgt  $h_{Na} = 800$  mm.

Tabelle 1: Eingabedaten für die Berechnung des erforderlichen Gesamtspeichervolumens gem. ATV –Arbeitsblatt A 128

Mittlere Jahresniederschlagshöhe	$h_{Na}$	800	mm
Undurchlässige Fläche	$A_u$	33,2	ha
Längste Fließzeit im Gesamtgebiet	$t_f$	15	min
mittlere Geländeneigungsgruppe	$NG_m$	2	-
MW-Abfluss zur Kläranlage	$Q_m$	$40 + Q_{F,aM}$	l/s
TW-Abfluss im Tagesmittel	$Q_{t24}$	$7 + Q_{F,aM}$	l/s
TW-Abfluss, Tagesspitze	$Q_{tx}$	$15,3 + Q_{F,aM}$	l/s
Regenabfluss aus Trenngebiete	$Q_{r,T24}$	0	L/s
CSB-Konzentration im TW-Abfluss	$c_t$	600	mg/l
Mittlerer Fremdwasserabfluss	$Q_f$	$Q_{F,aM}$	l/s

Für die Ermittlung des mittleren Fremdwasserabflusses gibt es verschiedene Ansätze. Das ATV-DVWK-Merkblatt M177 empfiehlt für Neubaugebiete Fremdwasserabflussspenden von:

$$q_f = 0,05 \text{ bis } 0,15 \text{ [l/(s?ha)] bezogen auf die undurchlässige Fläche } A_{u,A128}$$

Damit ergeben sich mittlere Fremdwasserabflüsse von

$$Q_{F,aM} = 0,05 \cdot 33,2 = 1,7 \text{ l/s und}$$

$$Q_{F,aM} = 0,15 \cdot 33,2 = 5,0 \text{ l/s}$$

Bezogen auf die resultierenden mittleren Trockenwetterabflüsse  $Q_{24}$  ergeben sich daraus Fremdwasseranteile von 19,5 und 41,7 %.

Entsprechend einer Veröffentlichung zur Fremdwassersituation in Deutschland [5] liegen die Fremdwasseranteile zwischen 0 und 90 %. Ein Fremdwasseranteil von über 20 % war bei etwa 60 Prozent der Kläranlagen vorhandenen. Ein Fremdwasseranteil von über 40 % wurde bei 20 % der Kläranlagen festgestellt. Für 5 % der Kläranlagen lag der Fremdwasseranteil über 60 %.

Bezogen auf das oben dargestellte Einzugsgebiet ergibt ein Fremdwasserabfluss von  $Q_{F,aM} = 11 \text{ l/s}$  einen Fremdwasseranteil von ca. 61 % und beschreibt damit die Situation für etwas weniger als 5 % der Kläranlagen.

Parallel zu der Ermittlung des erforderlichen Gesamtspeichervolumens wird die Auswirkung des Fremdwassers auf die CSB-Konzentration  $q$  im Trockenwetterabfluss betrachtet. Ausgegangen wird dabei von einer täglichen einwohnerspezifischen CSB-Fracht von  $120 \text{ g/(E?d)}$ . Die mittlere CSB-Konzentration errechnet sich zu:

$$c_t \cdot \frac{120 \cdot E}{Q_{t24} \cdot 3,6 \cdot 24} = \frac{120 \cdot 4000}{(7 \cdot Q_{F,aM}) \cdot 3,6 \cdot 24} \text{ [l/s]}$$

Für eine CSB-Konzentration von 600 mg/l ergibt sich ein Fremdwasserabfluss von

$$Q_{F,aM} = 2,26 \text{ [l/s]}$$

Die Ergebnisse der Berechnung des erforderlichen Gesamtspeichervolumens entsprechend dem ATV-Arbeitsblatt A 128 für unterschiedliche Fremdwasserabflüsse und die Auswirkungen auf die Eingangsdaten sind in Tabelle 2 zusammengestellt.

Entsprechend den Vorgaben des ATV-Arbeitsblattes A 128, welche durch das ATV-Merkblatt M177 bestätigt werden, muss die CSB-Konzentration mit mindestens 600 mg/l angesetzt werden. Dadurch wird eine Verdünnung durch Fremdwasser nicht berücksichtigt. Mit einer Erhöhung des Fremdwasserzuflusses ist deshalb rechnerisch eine Erhöhung der Schmutzfracht verbunden.

Tabelle 2: Erforderliches Gesamtspeichervolumen entsprechend dem ATV-Arbeitsblatt A 128 für verschiedene Fremdwasserabflüsse  $Q_{F,aM}$

	$Q_{F,aM}$	$Q_{t24}$	$Q_{tx}$	$Q_m$	$V_s$	$V$	$V$	$c_t$
	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[m <sup>3</sup> /ha]	[m <sup>3</sup> ]	[%]	[mg/l]
a)	1,7	8,7	17,0	41,7	12,31	409	103	639
b)	2,26	9,26	17,56	42,26	11,98	398	100	600
c)	5,0	12,0	20,3	45,0	15,14	503	126	463*
d)	11,0	18,0	26,3	51,0	21,96	729	183	309*

\*Entsprechend ATV-A 128 wurde  $c_t$  in der Berechnung mit 600 mg/l eingesetzt.

Die Ergebnisse entsprechen den bekannten Einflüssen. Im Fall a) überschreitet die CSB-Konzentration den Wert von 600 mg/l. Deshalb ist ein erhöhtes Beckenvolumen erforderlich. Für den Fall b) entspricht die CSB-Konzentration dem Eingabewert von 600 mg/l. Das erforderliche Volumen wurde zu 100 % gesetzt. Die Fälle c) und d) berücksichtigen die gegenüber b) erhöhten Fremdwasserabflüsse und bewirken ein erhöhtes Beckenvolumen.

In dem vorliegenden Beispiel wurden die Fremdwasserabflüsse bei der Auslegung der Kläranlage und dem Mischwasserzufluss  $Q_m$  berücksichtigt. Trotzdem ergeben sich größere Beckenvolumina von 126 bzw. 183 %. Wie aber wirkt sich in den betrachteten Fällen ein erhöhter Fremdwasserabfluss auf die Mischwasserentlastung aus? Dieses ist beispielhaft für ein Regenereignis in Abbildung 2 verdeutlicht.

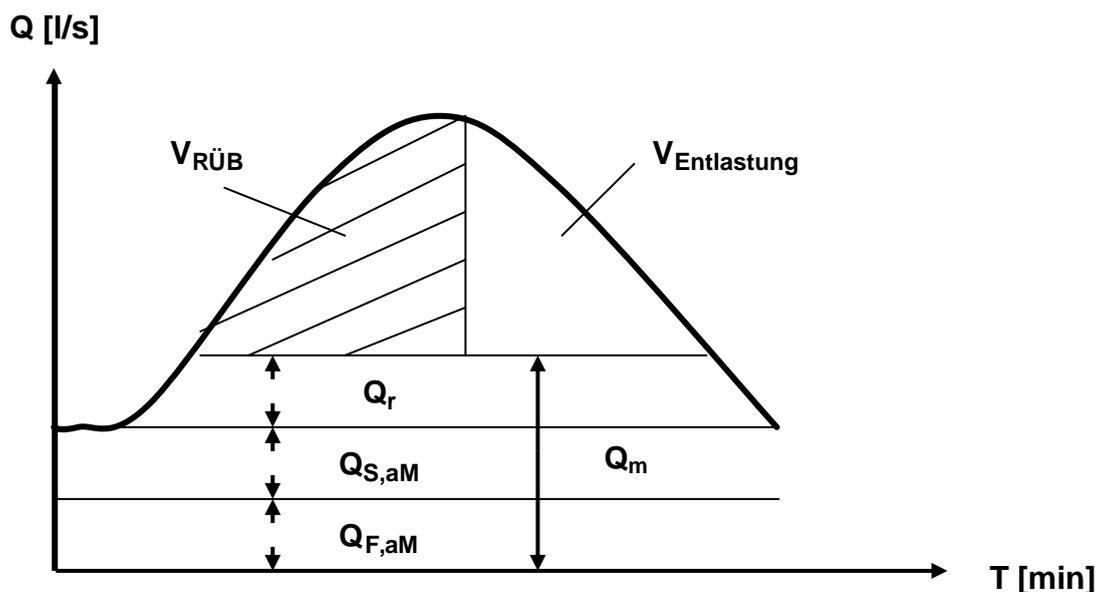


Abbildung 2: Entlastung an einem Regenüberlaufbecken für ein Regenereignis.

Bei Beginn des Regens erhöht sich der Abfluss in Richtung Kläranlage bis der Mischwasserabfluss  $Q_m$  erreicht ist. Wenn der Mischwasserzufluss diesen Wert überschreitet füllt sich das Becken. Erst wenn das Becken vollständig gefüllt ist, findet eine Entlastung statt. In Abbildung 2 sind das Beckenvolumen  $V_{RÜB}$  und das Entlastungsvolumen  $V_{Entlastung}$  für ein Einzelregenereignis dargestellt. Dies entspricht beispielsweise dem Fall b) in der obigen Berechnung. Wie wirkt sich nun eine Erhöhung des Fremdwasserabflusses auf das Entlastungsvolumen und die Entlastungskonzentration aus?

Sofern die Erhöhung des Fremdwasserabflusses  $Q_{F,aM}$  in gleicher Weise eine Erhöhung des Mischwasserabflusses zur Kläranlage  $Q_m$  bedingt, bleibt das Entlastungsvolumen unverändert. Geht man davon aus, dass der Fremdwasserabfluss unverschmutzt ist, wie allgemein anerkannt wird, so führt eine Erhöhung des Fremdwasserabflusses zu einer Verringerung der Entlastungskonzentration. Deshalb gilt:

**Ein erhöhter Fremdwasserabfluss führt, sofern er bei dem Mischwasserzufluss zur Kläranlage berücksichtigt wird, zu einer Verringerung der Entlastungsfracht.**

Ein erhöhter Fremdwasserzufluss führt i. d. R. zu einer Beeinträchtigung der Reinigungsleistung einer Kläranlage. Dies ist aber im Einzelfall genau zu prüfen. Eine Vergrößerung des Rückhaltevolumens im Mischwassernetz ändert dies nicht.

Eine Erhöhung des erforderlichen Beckenvolumens, wie in den Fällen c) und d) dargestellt, ist deshalb als Fehlinvestitionen zu bezeichnen, sofern es keine immissionsbezogene Begründung gibt.

Eine Möglichkeit den Fremdwassereinfluss zu neutralisieren besteht, wie bereits dargelegt [7], darin, bei der Bemessung entsprechend dem ATV-Arbeitsblatt eine Abminderung des Faktors  $a_c$  unter den Wert von 1 in Abhängigkeit der CSB-Konzentration zuzulassen oder das Fremdwasser nur so weit anzurechnen, wie es für die Verdünnung der CSB-Konzentration im Trockenwetterabfluss auf  $c_t = 600 \text{ mg/l}$  erforderlich ist.

Eine pauschale Abminderung des Wertes  $a_c$  ohne Nachweis der CSB-Konzentration, wie es in Rheinland-Pfalz für den ländlichen Raum vorgeschlagen wird [8], ist jedoch abzulehnen.

#### **4. Einfluss von Abkoppelungsmaßnahmen und Trenngebieten**

Naturnahe Regenwasserbewirtschaftung, modifizierte Mischsysteme und Abkoppelungsmaßnahmen sind Entwässerungskonzepte, die in der Vergangenheit zunehmend an Bedeutung gewonnen haben. 1999 haben Caesperlein und Geiger [6] gezeigt, dass es im Sinne des ATV-Arbeitsblattes unterschiedliche Möglichkeiten gibt Abkoppelungsmaßnahmen rechnerisch zu berücksichtigen. Sie wiesen auch darauf hin, dass mit einer zunehmenden Abkoppelung die Schmutzkonzentration im Regenwasser ansteigt, da vorrangig gering verschmutzte Oberflächen entkoppelt werden.

Mit dem neuen ATV-DVWK-Merkblatt M 177 (2001) ist das Vorgehen zur Berücksichtigung von Abkoppelungsmaßnahmen und Trenngebieten eindeutig geregelt.

Grundlage der folgenden Betrachtungen ist das Beispiel b) aus Tabelle 2 aus Kapitel 3. Daran werden die folgenden Varianten betrachtet:

- I Es gelingt für 25 % der angeschlossenen Flächen Abkoppelungsmaßnahmen durchzuführen. Entsprechend dem ATV-DVWK-M 177 ändert sich gegenüber der Ausgangssituation nur der Wert für die undurchlässige Fläche  $A_u$ . Dieser reduziert sich auf:  $A_u = 0,75 \cdot 33,2 = 24,9$  ha. Die Abkoppelungsmaßnahme betrifft  $A_{u,Tr} = 8,3$  ha.
- II Die Abkoppelungsmaßnahmen wurden bereits vor etwa 15 Jahren durchgeführt. Gemäß dem damals vorliegenden Verständnis wurde das Teilgebiet als Trenngebiet bezeichnet. Entsprechend ATV-DVWK-M 177 und ATV-A 128 ist für den Regenabfluss aus dem Trenngebiet zusätzlich  $Q_{r,T24} = Q_{s,T24} = 0,25 \cdot 7,0 = 1,75$  [l/s] zu berücksichtigen.
- III Messungen haben ergeben, dass der Regenwasserabfluss aus dem Trenngebiet nicht 1,75 [l/s] sondern  $Q_{r,T24} = 12,0$  [l/s] beträgt. Dies entspricht etwa dem 5fachen Trockenwetterabfluss aus dem Trenngebiet.

IIIa Betrachtet man das Trenngebiet als Abkoppelung, so ist ein Interpretationsspielraum gegeben. Die Messungen zeigen, dass die Abkoppelung nicht zu 100 % erfolgreich war. Aus einer zuzuordnenden Regenspende, etwa  $r_{15,1} = 120,0$  [l/s], lässt sich für den gemessenen Regenabfluss ein zusätzlich zu berücksichtigender undurchlässiger Flächenanteil abschätzen. Aus

$$Q_{r,T24} = r_{15,1} \cdot A_{u,z} \text{ folgt}$$

$$A_{u,z} = Q_{r,T24} / r_{15,1} = 12 / 120 = 0,1 \text{ ha}$$

Die Größe der zu berücksichtigenden undurchlässigen Fläche ergibt sich zu:

$$A_u = 24,9 + 0,1 = 25,0 \text{ ha.}$$

IIIb Wird die Teilfläche als Trenngebiet betrachtet, so muss der gemessene Wert von  $Q_{r,T24} = 12,0$  l/s entsprechend ATV-DVWK-M 177 bei der Bestimmung des erforderlichen Gesamtspeichervolumens in Ansatz gebracht werden. Die undurchlässige Fläche bleibt unverändert.

In Tabelle 3 sind die entsprechend der unterschiedlichen Betrachtungen erforderlichen Gesamtspeichervolumina zusammengestellt. Die längste Fließzeit im Gesamteinzugsgebiet wurde für alle Varianten unverändert mit  $t = 15$  Minuten angenommen.

Tabelle 3: Erforderliche Gesamtspeichervolumina entsprechend ATV-A 128 für die unterschiedlichen Varianten in m<sup>3</sup>(%)

Ausgangsvolumen	Variante I	Variante II	Variante IIIa	Variante IIIb
398	231(100)	261 (113)	233 (100)	510 (219)

Die Ergebnisse in Tabelle 3 zeigen, dass durch eine Abkopplung eine wirksame Verminderung des erforderlichen Gesamtspeichervolumens erzielt werden kann. In dem vorliegenden Beispiel wurde das erforderliche Gesamtspeichervolumen entsprechend Variante I von 398 m<sup>3</sup> um rund 42 % auf 231 m<sup>3</sup> reduziert.

Betrachtet man das abgekoppelte Gebiet als Trenngebiet und berücksichtigt für den Regenabfluss  $Q_{r,T24}$  den vorgegebenen Wert von  $Q_{r,T24} = Q_{s,T24}$ , so ist ein größeres Beckenvolumen erforderlich. Der Unterschied ist mit 13 % noch relativ gering (Variante II).

Ganz anders stellt sich die Situation dar, wenn Messungen einen höheren Regenwasserabfluss, hier  $Q_{r,T24} = 12$  l/s, ergeben haben. Die Berücksichtigung des Zuflusses durch eine Erhöhung der undurchlässigen Fläche und Verringerung der Abkopplung verändert das erforderliche Gesamtvolumen kaum (Variante IIIa). Betrachtet man das Teilgebiet als Trenngebiet (Variante IIIb), so erhält man ein erforderliches Gesamtspeichervolumen, welches deutlich über dem Ausgangsvolumen liegt.

Dieses Ergebnis wird rechnerisch dadurch begründet, dass in der Ermittlung entsprechend dem ATV-A 128 der Regenabfluss aus dem Trenngebiet  $Q_{r,T24}$  für die Ermittlung des Regenwasseranteils im Mischwasserabfluss zur Kläranlage wie Schmutzwasser bewertet wird. Unter dem Gesichtspunkt der Schmutzfracht ist dieses Ergebnis allerdings nicht nachvollziehbar.

**Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass eine Abkopplung in seinen Auswirkungen einem konventionellen Trennsystem gegenüber vergleichbar ist.**

Pecher [9] berichtet über Fremdwassermessungen in Trenngebieten ohne jeglichen Fehlanschluss. Trotzdem wurde im Regenwetterfall zusätzlich abfließendes Niederschlagswasser gemessen. Der Anteil der damit entwässerten Fläche eines solchen Trenngebietes wurde mit rund 3 bis 9% der undurchlässigen Fläche quantifiziert. Für das Trenngebiet in unserem Beispiel ergibt dies eine zusätzliche undurchlässige Fläche  $A_{u,z}$  von  $0,03 \cdot 8,3 = 0,25$  ha bis  $0,09 \cdot 8,3 = 0,75$  ha. Bezogen auf eine Regenpende von 120 l/(s·ha) bedeutet dies einen Regenwasserzufluss aus dem Trenngebiet in Höhe von 30 bis 90 [l/s], dem 13- bis 39-fachen des Trockenwetterabflusses.

Pecher weist weiter darauf hin [9], dass in anderen trennkanalisierten Einzugsgebieten Regenwasserzuflüsse in die Schmutzwasserkanäle gemessen wurden, die auf einen Regenfluss von 5 bis 25 Prozent der undurchlässigen Flächen schließen lassen. In einer jüngeren Veröffentlichung zur Fremdwassersituation in Deutschland [7] wird von Messungen in Schmutzwasserkanälen berichtet, die an Regenwettertagen das 1,5- bis 10fache Tagesabflussvolumen bezogen auf das durchschnittliche Ta-

gesvolumen bei Trockenwetter ergaben. Die maximale Förderströme lagen zwischen dem 2- bis 20-fachen des mittleren Trockenwetterabflusses.

Man muss deshalb befürchten, dass mit dem vorgeschlagenen Ansatz zur Bestimmung des Regenabflusses aus Trenngebieten von  $Q_{r,T24} = Q_{s,T24}$  die Wirklichkeit nur in den seltensten Fällen richtig beschrieben wird.

Ist deshalb eine große Investitionserfordernis zur Vergrößerung der Rückhaltevolumina in Mischwassernetzen unterhalb von Trenngebieten gegeben oder sollte jeder Netzbetreiber die Durchführung von Messungen tunlichst vermeiden?

In jedem Falle sollte man die Abflüsse aus einem Trenngebiet genau prüfen bevor man dieses separat an eine Kläranlage anschließt. Nach Pecher [9] gibt es mehrere Städte, die für Trennkanalisationen nachträglich Regenspeicherbecken auf dem Kläranlagengelände errichtet haben, damit die Kläranlagen bei Regenwetter ordentlich funktionieren.

## 5. Das Mindestmischverhältnis als “conditio sine qua non“ zur Beurteilung eines Mischwassernetzes

Neben dem Gesamtspeichervolumen beim vereinfachten Aufteilungsverfahren bzw. der zulässigen Entlastungsfracht bei Nachweisverfahren ist für ein Regenüberlaufbecken im Mischsystem zusätzlich das Unterschreiten des Mindestmischverhältnisses erforderlich.

Das mittlere Mischverhältnis zwischen Regen- und Trockenwetterabfluss berechnet sich, gemäß ATV-Arbeitsblatt A-128, Gleichung 6.17, zu:

$$m = \frac{Q_{re} + Q_{rT24}}{Q_{t24}}$$

mit

$Q_{re}$  = mittlerer Regenabfluss während der Entlastungen

$Q_{rT24}$  = Regenabfluss aus Trenngebieten

$Q_{t24}$  = Trockenwetterabfluss im Tagesmittel

Diese Gleichung ist Grundlage für die Bestimmung des Mindestmischverhältnisses beim vereinfachten Aufteilungsverfahren.

Für die Bewertung von Regenüberlaufbecken im Nachweisverfahren wird Gleichung 9.5 des ATV-A 128 empfohlen.

$$m = \frac{c_t + c_e}{c_e + c_r}$$

mit:

$c_t$  = mittlere CSB-Konzentration im Trockenwetterzufluss

$c_e$  = mittlere CSB-Konzentration im Entlastungsabfluss

$c_r$  = mittlere CSB-Konzentration im Regenwasserabfluss

Der Zusammenhang beider Formeln lässt sich anhand der mittleren Entlastungskonzentration  $c_e$  darstellen.

$$c_e = \frac{(Q_{re} + Q_{rT24}) \cdot c_r + Q_{t24} \cdot c_t}{Q_{re} + Q_{rT24} + Q_{t24}}$$

erweitert mit  $\frac{1}{Q_{t24}}$

ergibt sich:

$$c_e = \frac{\frac{(Q_{re} + Q_{rT24}) \cdot c_r + Q_{t24} \cdot c_t}{Q_{t24}}}{\frac{Q_{re} + Q_{rT24}}{Q_{t24}} + 1}$$

$$= \frac{m \cdot c_r + c_t}{m + 1}$$

Nach  $m$  aufgelöst ergibt sich hieraus die bekannte Formel 9.5

$$m = \frac{c_t - c_e}{c_e - c_r}$$

Es wird deutlich, dass für mittlere Verhältnisse die Formeln 6.17 und 9.5 des ATV-Arbeitsblattes A-128 identische Werte liefern sollten.

Für das vereinfachte Aufteilungsverfahren wird die Trockenwetterkonzentration  $c_t$  durch die Bemessungskonzentration  $c_b$  ersetzt, welche verschiedene Randbedingungen des Einzugsgebietes, auch die Gefahr von Ablagerungen, berücksichtigt. Die Bemessungskonzentration  $c_b$  bestimmt die rechnerische Entlastungskonzentration  $c_e$  und damit auch die zulässige Entlastungsrate  $e_0$ . Auch in der Formel 9.5 zur Bestimmung des Mischverhältnisses ist die Trockenwetterkonzentration  $c_t$  durch  $c_b$  zu ersetzen.

Dies wird beispielhaft anhand der Berechnungsdaten für das erforderliche Gesamtspeichervolumen für Beispiel b in Tabelle 2, Kapitel 1, dargestellt, welche in Anlage 1 zusammengestellt sind.

Berechnungsdaten (Anlage 1):

$$Q_{re} = 191,82 \text{ l/s}$$

$$Q_{t24} = 9,26 \text{ l/s}$$

$$Q_{rT24} = 0 \text{ l/s}$$

$$c_b = 874,84 \text{ mg/l}$$

$$c_e = 142,36 \text{ mg/l}$$

$$c_r = 107,00 \text{ mg/l}$$

entsprechend Gl. 6.17 folgt:

$$m = \frac{191,82 \cdot 0}{9,26}$$

$$m = 20,71$$

entsprechend GL. 9.5 folgt:

$$m = \frac{874,84 \cdot 142,36}{142,36 \cdot 107} \quad (\text{Gl. 9.5})$$

$$m = 20,71$$

Dieser Zusammenhang ist bei Anwendung des Nachweisverfahrens nicht mehr gegeben. Die Gleichungen 6.17 und 9.15 ergeben unterschiedliche Werte.

Bei Anwendung des einfachen Verfahrens ist der Nachweis des Mindestmischverhältnisses meist unproblematisch. Für das untere von hintereinander geschalteten Becken wird das spezifische Mischverhältnis gar nicht bestimmt, da immer nur das Gesamtvolumen für alle oberhalb liegenden Gebiete ohne Berücksichtigung der Vorentlastungen berechnet wird.

Bei Anwendung des Nachweisverfahrens treten in historisch gewachsenen Entwässerungsnetzen vorrangig dann Probleme auf, wenn ein vorentlastetes Becken nur ein kleines eigenes Einzugsgebiet besitzt und geringe Regenwassermengen mit großen Trockenwetterabflüssen zusammentreffen. Besonders ärgerlich ist dies insbesondere dann, wenn die zulässige Schmutzfracht mit großem Abstand eingehalten wird und das betroffene Becken nur selten entlastet. Dabei führt, wie im Folgenden gezeigt wird, gerade eine Überbemessung des Beckenvolumens zu einer Verminderung des Mischverhältnisses.

Das Mischverhältnis  $m$  ist definiert als das Verhältnis zwischen dem im Entlastungsfall vorhandenen mittleren Regenwasserzufluss  $Q_{r_m}$  und dem Trockenwetterzufluss  $Q_{t24}$ :

$$m = \frac{Q_{r_m}}{Q_{t24}}$$

In Abbildung 3 ist das Mischverhältnis für ein Regenereignis und zwei unterschiedliche Beckenvolumina  $V_{RÜB I}$  und  $V_{RÜB II}$  dargestellt.

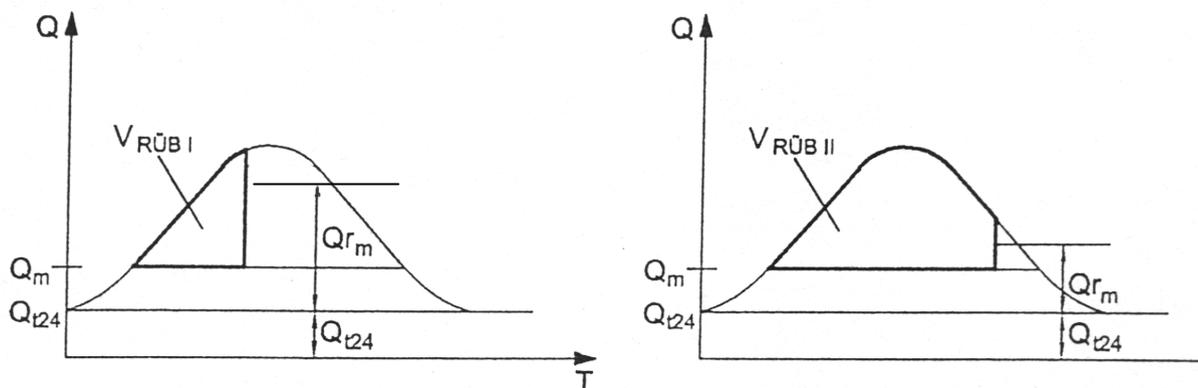


Abbildung 3: Veränderung des Mischungsverhältnisses  $m = Q_{r_m} / Q_{t24}$  bei wachsendem Rückhaltevolumen am Beispiel einer Zuflussganglinie.

Es ist deutlich zu erkennen, dass bedingt durch das größere Beckenvolumen und die damit verbundene geringere Entlastung das Mischungsverhältnis kleiner wird.

**Das Einhalten des Mindestmischverhältnisses kann deshalb keine zwingende Bedingung für den Nachweis einer Mischwasserkanalisationen sein. Wenn das Mindestmischverhältnis unterschritten wird, so ist eine Detailbetrachtung unter Berücksichtigung von Immissionsgesichtspunkten erforderlich.**

## 5. Zusammenfassung

Im Rahmen der Ausführungen zu den Themen:

- ? Einfluss des Fremdwassers
- ? Abkoppelungsmaßnahmen und Trenngebiete sowie
- ? Einhaltung des Mindestmischverhältnisses

wurde gezeigt, dass die Anwendung der ATV-Richtlinien für eine Bemessung von Regenüberlaufbecken im Mischsystem Beckenvolumina und Bewertungen ergeben kann, die unter Emissionsgesichtspunkten nicht zu begründen sind. Für den sinnvollen Einsatz von immer knapper werdenden Mitteln ist deshalb in besonderen Fällen eine Detailbetrachtung und eine kritische Bewertung der Bemessungsergebnisse geboten.

## 7. Literatur

- [1] ATV (1992): ATV-A 128, Richtlinien für die Bemessung und Gestaltung von Regentlastungsanlagen in Mischwasserkanälen.
- [2] ATV (1999): ATV-A 118, Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen.
- [3] ATV-DVWK (2001): ATV-DVWK-M 177, Bemessung und Gestaltung von Regentlastungsanlagen in Mischwasserkanälen -Erläuterungen und Beispiele-.
- [4] ATV-DVWK (2003): ATV-DVWK-A 198, Vereinheitlichung und Herleitung von Bemessungswerten für Abwasseranlagen.
- [5] ATV-DVWK (2003): Arbeitsbericht der ATV-DVWK –Arbeitsgruppe ES-1.3 „Fremdwasser“, Fremdwassersituation in Deutschland, Korrespondenz Abwasser, Nr. 1, 2003.
- [6] G. Casperlein und F. Geiger (1999): Regenwasserbehandlung nach ATV-A 128 bei modifizierten Mischsystemen, Korrespondenz Abwasser, Nr. 12, 1999.
- [7] M. Erzmann und I. Weinsberg (1994): Bemessung von Regenüberlaufbecken gem. ATV –Arbeitsblatt A 128 (1992), Korrespondenz Abwasser, Dezember 1994
- [8] Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten Rheinland-Pfalz (1992:) Ausführungen zur Anwendung des ATV –Arbeitsblattes A 128.
- [9] Pecher (1998): Fremdwasseranfall im Kanalnetz -ein wasserwirtschaftliches Problem?, Korrespondenzabwasser, Nr. 12,1998.

Prof. Dr.-Ing. Michael Erzmann  
FH Trier, FB Bauingenieurwesen  
Schneidershof  
54293 Trier  
Tel.: 0651/8103-231  
Fax: 0651/8103-507  
E-Mail: M. Erzmann@fh-trier.de

**Anlage 1:**

Berechnung des erforderlichen Gesamtspeichervolumens  
für Beispiel b) aus Tabelle 2

mittlere Jahresniederschlagshöhe		$h_{Na}$	<b>800,00</b>	mm
undurchlässige Gesamtfläche		$A_u$	<b>33,20</b>	ha
längste Fließzeit im Gesamtgebiet	nur bedeutsamere Fläche	$t_f$	<b>15,00</b>	min
mittlere Geländeneigungsgruppe	$Ng_m = ? (Ng_i \times A_{EKi}) / ? (A_{EKi})$	$NG_m$	<b>2,00</b>	-
MW-Abfluß der Kläranlage	Biologie bei Regenwetter	$Q_m$	<b>42,26</b>	l/s
TW-Abfluß, 24h-Tagesmittel	aus Misch- und Trenngeb.	$Q_{t24}$	<b>9,26</b>	l/s
TW-Abfluß, Tagesspitze	aus Misch- und Trenngeb.	$Q_{tx}$	<b>17,56</b>	l/s
Regenabfluß aus Trenngebieten	100% $Q_{s24}$ aus Trenngeb.	$Q_{rT24}$	<b>0,00</b>	l/s
CSB-Konzentration im TW-Abfluß	Jahresmittel einschl $Q_{f24}$	$c_t$	<b>600,00</b>	mg/l
mittlerer Fremdwasserabfluß	in $Q_{t24}$ enthalten	$Q_{f24}$	<b>2,26</b>	l/s
Auslastungswert der Kläranlage	$n = (Q_m - Q_{f24}) / (Q_{tx} - Q_{f24})$	$n$	2,61	-
Regenabfluß, 24h-Tagesmittel	$Q_{r24} = Q_m - Q_{t24} - Q_{rT24}$	$Q_{r24}$	33,00	l/s
Regenabflussspende	$q_r = Q_{r24} / A_u$	$q_r$	0,99	l/(sxha)
TW-Abflussspende aus Gesamtgebiet	$q_t = Q_{t24} / A_u$	$q_{t24}$	0,28	l/(sxha)
Fließzeitabminderung	$a_f = 0,5 + 50 / (t_f + 100); ? 0,885$	$a_f$	0,935	<b>&gt;0,885</b>
mittl. Regenabfluß bei Entlastung	$Q_{re} = a_f \times (3,0 + 3,2 q_r) \times A_u$	$Q_{re}$	191,82	l/s
mittleres Mischverhältnis	$m = (Q_{re} + Q_{rT24}) / Q_{t24}$	$m$	20,71	<b>&gt;7</b>
$x_a$ -Wert für Kanalablagerungen	$x_a = 24 \times Q_{t24} / Q_{tx}$	$x_a$	12,66	-
Einflußwert TW-Konzentration	$a_c = c_t / 600; ? 1,0$	$a_c$	1,0000	-
Einflußwert Jahresniederschlag	$a_h = h_{Na} / 800 - 1; ? -0,25; ? 0,25$	$a_h$	0,0000	-
Einflußwert Kanalablagerungen	aus A 128, Bild 12; Anhang 4	$a_a$	0,4581	-
Bemessungskonzentration	$c_b = 600 (a_c + a_h + a_a)$	$c_b$	874,84	mg/l
rechn. Entlastungskonzentration	$c_e = (107 m + c_b) / (m+1)$	$c_e$	142,36	mg/l
zulässige Entlastungsrate	$e_o = 3700 / (c_e - 70)$	$e_o$	51,13	%
spezifisches Speichervolumen	aus A 128, Bild 13; Anhang 4	$V_s$	11,98	m <sup>3</sup> /ha
spezifisches Mindestvolumen	$V_{s,min} = 3,6 + 3,84 \times q_r$	$V_{s,min}$	7,42	-
erforderliches Gesamtvolumen	$V = V_s \times A_u$	$V$	<b>398</b>	m <sup>3</sup>