



**Vergleich der Auswirkungen
von Einleitungen aus
Misch- bzw. Trennsystemen
auf Fließgewässer**

Herausgeber: Hessisches Ministerium für Umwelt,
Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
Mainzer Str. 80
65189 Wiesbaden
Tel.: 0611 / 815 1301
Fax: 0611 / 815 1941

Grundlage für diese Veröffentlichung:

**Kurzfassung des
"Gutachten zum Vergleich der Auswirkungen von Einleitungen
aus Misch- bzw. Trennsystemen auf Fließgewässer"**

Erstellt von Dr.-Ing. Ralf Mehler:



Ingenieurgesellschaft für Systemhydrologie •
Wasserwirtschaft • Informationssysteme mbH
Mathildenplatz 8 • 64283 Darmstadt •
Tel.: 06151 / 367367

Veröffentlichung: www.hmuenv.hessen.de -> Umwelt -> Gewässerschutz -> Kommunales
Abwasser -> Schmutzfrachtberechnung

Inhaltsverzeichnis

1	VERANLASSUNG	1
2	VORÜBERLEGUNGEN UND GRUNDVORAUSSETZUNGEN	2
3	SYSTEMVERGLEICH AN EINEM FIKTIVEN UND EINEM REALEN BEISPIEL .	3
	3.1 Fiktives Beispiel.....	3
	3.2 Reales Beispiel.....	4
4	THEORETISCHER SYSTEMVERGLEICH	4
5	SENSITIVITÄTSANALYSE ANHAND DES FIKTIVEN TESTSYSTEMS	6
	5.1 Identifikation der zu variierenden Kenngrößen	6
	5.2 Sensitivitätsuntersuchung.....	7
6	DISKUSSION WEITERER FALLKONSTELLATIONEN.....	8
7	ERGÄNZENDE SYNOPSE ZU MISCH- UND TRENNSYSTEM.....	10
8	FAZIT UND ZUSAMMENFASSUNG	12
ANHANG 1		
	ABBILDUNGEN.....	15
ANHANG 2		
	TABELLEN	22
ANHANG 3		
	ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE DER VARIATIONSRECHNUNGEN ..	30

1 Veranlassung

Bei der Erweiterung bzw. Sanierung bestehender Entwässerungssysteme oder auch bei der Neuerschließung stellt sich für den späteren Betreiber häufig die Frage, ob das Mischsystem oder das Trennsystem die sinnvollere Lösung darstellt. Hierbei ist eine Reihe von Randbedingungen für die „richtige“ Wahl entscheidend:

1. Konzeption des bestehenden Entwässerungssystems
2. Investitionskosten
3. Betriebskosten
4. Folgekosten (z.B. Abwasserabgabe)
5. Fördermöglichkeiten des Staates
6. Auswirkungen auf die Gewässer, in die eingeleitet werden soll

Die Punkte 1 bis 3 und 6 sind im Wesentlichen durch die örtlichen Gegebenheiten und technischen Voraussetzungen bestimmt. Die Punkte 4 und 5 sind geeignet, die Entscheidung für bestimmte Varianten zu unterstützen.

Ein wesentlicher Punkt, der sich in den umweltpolitischen Überlegungen widerspiegelt, sind die Auswirkungen der Einleitungen auf die Gewässer. Nach den Grundsätzen der Abwasserbeseitigung in § 55 Wasserhaushaltsgesetz (WHG) soll Niederschlagswasser ohne Vermischung mit Schmutzwasser abgeleitet werden. Aus fachlicher Sicht wird immer wieder kontrovers diskutiert, ob das Trennsystem oder das Mischsystem bezüglich der resultierenden Gewässerbelastungen die bessere Wahl ist.

Um zu dieser Thematik belastbare Aussagen abzuleiten, wurde ein Vergleich der Gesamtemission des Summenparameters CSB von Mischsystemen und Trennsystemen bei identischer Belastung durchgeführt. Die Vergleichswerte wurden durch Modellrechnungen mit dem in Hessen für die Prüfung eingeführten Schmutzfrachtberechnungsmodell SMUSI ermittelt. Zur Berücksichtigung verschiedener äußerer Randbedingungen wurde zudem ausgehend von mittleren Verhältnissen eine Sensitivitätsuntersuchung durch Variation der die Emission beeinflussenden Kenngrößen durchgeführt.

Die Ergebnisse der Untersuchung sind nachfolgend zusammengestellt.

2 Vorüberlegungen und Grundvoraussetzungen

Zur Bemessung von Mischwasserentlastungsanlagen werden in Deutschland das ATV-Arbeitsblatt A 128 oder Schmutzfrachtberechnungsmodelle eingesetzt. Hierbei ist zu beachten, dass bezüglich des Gewässerschutzes ein vollständiger Rückhalt des Mischwassers während der Niederschlagsphase in entsprechenden Speicherbecken mit anschließender Ableitung zur Kläranlage die optimale Lösung wäre. Aus wirtschaftlichen Gründen kann dieser Ansatz jedoch nicht umgesetzt werden. Aus diesem Grund wurde bei der Erarbeitung der Bemessungsgrundlagen für Mischwasserbehandlungsanlagen ein Kompromiss zwischen gewässerökologischer Notwendigkeit und wirtschaftlicher Umsetzbarkeit angestrebt. Unter Beachtung dieser Vorgaben wurde der folgende Grundsatz im Arbeitsblatt ATV-A 128 formuliert:

Die durch Mischwasserentlastungsanlagen (RÜ, RÜB und SK) und durch den auf der Kläranlage behandelten Regenabfluss in das Gewässer eingetragene CSB-Fracht (SF_{CSB}) darf nicht größer sein als diejenige, die durch den Regenabfluss eines fiktiven Trennsystems gleicher Einzugsgebietscharakteristik eingeleitet werden würde.

Also: $SF_{e,CSB} + SF_{r,KLA,CSB} \leq SF_{r,fiktR,CSB}$ (Abbildung A-1)

Aus dieser Vorgabe folgt zumindest für den Zielparameter *Gesamtemissionsfracht-CSB während Regenwetterphasen*, dass alle Mischsysteme, die nach dieser Regel bemessen werden, per Definition mindestens gleich gut zu bewerten sind wie Trennsysteme¹.

Je mehr Abfluss über diese Regel hinaus zur Kläranlage geleitet wird, umso besser wird sich das Mischsystem im Vergleich zum Trennsystem stellen, da üblicherweise die Entlastungskonzentration höher ist als die Kläranlagenablaufkonzentration bei Regenwetterzufluss.

Da die Bemessungsansätze im Rahmen eines Schmutzfrachtsimulationsnachweises (in Hessen) durch Modellrechnungen an diese Grundüberlegung angepasst wurden², müsste sich auch in diesem Kontext die gleiche Grundtendenz ergeben.

¹ Einschränkung ist anzumerken, dass die Umsetzung dieser Zielsetzung in ein Rechenkonstrukt Berechnungsannahmen hinsichtlich der Verschmutzungskonzentrationen (CSB) der einzelnen Teilströme erfordert. Diese wurden nach dem damaligen Kenntnisstand auf mittlere Verhältnisse bezogen ($c_S = 600 \text{ mg/l}$, $c_R = 107 \text{ mg/l}$, $c_{KLA} = 70 \text{ mg/l}$).

Weichen die tatsächlichen Verhältnisse deutlich von diesen Werten ab, kann es real zu Verschiebungen kommen.

² Letztlich resultieren die $250 \text{ kg/ha}_{\text{Ared}}$ aus zahlreichen Modellrechnungen mit fiktiven Mischsystemen, bei denen die Einzugsgebietskenngrößen variiert worden waren. Analog zur Schmutzfrachtsimulation wurden diese Systeme nach dem A 128 berechnet.

Die Ergebnisse wurden anschließend verglichen und die maßgebende Kenngröße so festgelegt, dass bei mittleren Verhältnissen beide Verfahren zu weitgehend gleichen Resultaten gelangen.

Durch ein Hinterfragen dieser Grundlagen sowie der darauf aufbauenden Berechnungsannahmen und -methoden soll erarbeitet werden, ob tatsächlich – wie im ATV-A 128 postuliert – das Mischsystem bezüglich der Gesamtemissionsfracht die bessere Lösung darstellt oder ob der derzeit häufig propagierten Aussage – das Trennsystem sei grundsätzlich besser – zuzustimmen ist.

3 Systemvergleich an einem fiktiven und einem realen Beispiel

Als Einstieg in die Problematik und um ein Gefühl für die Größenordnungen zu vermitteln, werden nachfolgend zunächst die Ergebnisse von zwei Vergleichsrechnungen diskutiert. Die Systeme werden mit in Hessen vorzufindenden mittleren Kenngrößen parametrisiert, jeweils gesondert berechnet und die Einleitungskenngrößen getrennt nach Misch- und Trennsystem verglichen.

Für ein zweites Einstiegsbeispiel – ein reales System, das überwiegend, aber nicht ausschließlich im Mischsystem entwässert – erfolgt eine theoretische Umstrukturierung in ein vollständiges Trennsystem. Diese Berechnung dient einer ersten Einschätzung der oben wiedergegebenen Postulate hinsichtlich der Systemvorteile anhand eines realen Beispiels.

3.1 Fiktives Beispiel

In dem Vergleich wurde ein fiktives Einzugsgebiet einmal als Mischsystem und einmal als Trennsystem (Abbildung A-2, Tabelle A-1) über den in Hessen üblichen Zeitraum von 9 Monaten berechnet. Das Ergebnis (Tabelle A-2) dieser ersten Berechnung zeigt, dass das Trennsystem bezüglich der eingeleiteten CSB-Frachtsumme von 31.016 kg bezogen auf die durch das Mischsystem eingeleitete CSB-Fracht von 20.767 kg nahezu 50% mehr einleitet.

Bei den Einleitungskonzentrationen weist das Trennsystem leichte Vorteile auf. Durch den Vermischungsprozess im Mischwasserkanal entstehen in der Spitze und auch im Mittel höhere Werte (Spitze 30%, Mittel 5%). Diese Konzentrationen wurden für das Mischsystem an dem Entlastungsbauwerk durch Auswertung der einzelnen Entlastungsereignisse ermittelt, wobei der Spitzenwert dem Maximalwert im Gesamtkontinuum entspricht und der Mittelwert aus der Gesamtentlastungsfracht und dem Gesamtentlastungsvolumen berechnet wird. Für das Trennsystem, dessen Regenwasserabfluss in der Simulation per Definition keine Schwankungen aufweist, ergibt sich die Einleitungskonzentration als Quotient aus Einleitungsumfracht und Gesamtabflussvolumen. Die Kläranlagenablaufkonzentration ist bei beiden Varianten gleich, unterliegt per Definition keinen Schwankungen (siehe Tabelle A-1) und ist somit in der Tabelle A-2 nicht aufgeführt.

Einschränkend ist zu den Entlastungskenngrößen des Regenüberlaufbeckens anzumerken, dass auf den Ansatz einer klärtechnischen Wirkung verzichtet wurde, um den Vergleich nicht durch diesen Parameter zu überlagern. In der Realität wird bei einem konstruktiv gut durchgebildeten Becken eine Reduktion der Entlastungskonzentrationen und damit auch der Entlastungsfrachten zu erwarten sein.

3.2 Reales Beispiel

Es wurde bewusst ein in der Realität bereits als hybride Variante (Misch- und Trennsystem vorhanden) ausgebildetes System (Abbildung A-4, Tabelle A-3) gewählt, da gerade bei solchen Konstellationen diskutiert wird, Umbaumaßnahmen vom Misch- zum Trennsystem durchzuführen oder weitere Erschließungen ausschließlich im Trennsystem vorzunehmen. In dem Vergleich wurde das System einmal in der realen Ausprägung und einmal durch Umwandlung der Mischwassereinzugsgebiete als reines Trennsystem (Abbildung A-5) über den in Hessen üblichen Zeitraum von 9 Monaten berechnet.

Das Ergebnis dieser ersten Berechnung (Tabelle A-4) zeigt, dass das Trennsystem bezüglich der eingeleiteten Frachtsumme gegenüber dem Mischsystem nahezu 20% mehr einleitet (84.590 kg / 101.660 kg). Der Unterschied ist nicht ganz so ausgeprägt wie bei dem fiktiven Beispiel, was sich durch das dünnere Regenwasser und die schlechtere Kläranlagenablaufkonzentration erklärt.

Analog zum fiktiven Beispiel wurden zusätzlich die Entlastungskonzentrationen an den Sonderbauwerken mit den Regenabflusskonzentrationen und damit den Einleitungskonzentrationen an den Auslasskanälen des Trennsystems verglichen. Bei diesem Vergleich weist das Trennsystem Vorteile auf. Durch den Vermischungsprozess im Mischwasserkanal entstehen insbesondere in der Spitze aber auch im Mittel höhere Werte (Spitze 66%, Mittel 10%).

4 Theoretischer Systemvergleich

Die Ergebnisse der in Kapitel 3 durchgeführten Vergleichsrechnungen deuten darauf hin, dass die Aussage, *ein Trennsystem sei generell besser*, in dieser allgemeinen Form nicht zutreffend ist. Um die maßgebenden Parameter im Vorfeld zu identifizieren, wird nachfolgend ein Systemvergleich auf Basis mathematischer Ableitungen und theoretischer Grundüberlegungen durchgeführt. Als Vergleichsparameter wird die über einen bestimmten Zeitraum aus den beiden Systemen emittierte Gesamtfracht für den Schmutzparameter CSB (Chemischer Sauerstoffbedarf) herangezogen. Auf diese Art können unnötige Variationsrechnungen für nicht relevante Systemkenngrößen vermieden werden.

Sofern ein Trennsystem bezüglich der Gesamtemissionsfracht (Fr_{GE}) besser als ein Mischsystem mit identischen Flächenkenngrößen sein soll, muss die Forderung erfüllt sein:

$$Fr_{GE,CSB,MS} > Fr_{GE,CSB,TS} \quad 1$$

Mit

- Fr: Schmutzfracht
- GE: Gesamtemission
- CSB: Chemischer Sauerstoffbedarf
- MS: Mischsystem
- TS: Trennsystem

Mit einer Reihe von Annahmen ergibt sich aus einem mathematischen Systemvergleich der folgende Zusammenhang für die mittlere Entlastungskonzentration c_E , die mittlere Regenabflusskonzentration c_R , die Kläranlagenablaufkonzentration c_K und die Entlastungsrate e :

$$\frac{\bar{c}_E}{\bar{c}_R} > \frac{1}{e} \left(1 - \frac{\bar{c}_K}{\bar{c}_R} \right) + \frac{\bar{c}_K}{\bar{c}_R} \quad 2$$

Mit

- c: Konzentration
- e: Entlastungsrate (V_E/V_R)
- V: Volumen
- E: Entlastung
- R: Regenwetterverhältnisse
- K: Kläranlage

Ungleichung 2 beschreibt, unter welchen Voraussetzungen ein Mischsystem in der Summe eine höhere CSB-Fracht emittiert, als ein analoges Trennsystem. Bei Vorgabe einer mittleren Kläranlagenablauf- und Oberflächenabflusskonzentration ergibt sich nach Ermittlung der Entlastungsrate (z.B. durch eine Schmutzfrachtsimulation oder Anwendung des ATV-A 128) ein Wert für die Entlastungskonzentration im Verhältnis zur Oberflächenabflusskonzentration. In der unten stehenden Grafik ist die Ungleichung quasi als Gleichung ausgewertet. Die dargestellte räumliche Fläche zeigt, unter welchen Gegebenheiten (V_E/V_R , c_K/c_R , c_E/c_R) beide Systeme rechnerisch identische Emissionsfrachten aufweisen.

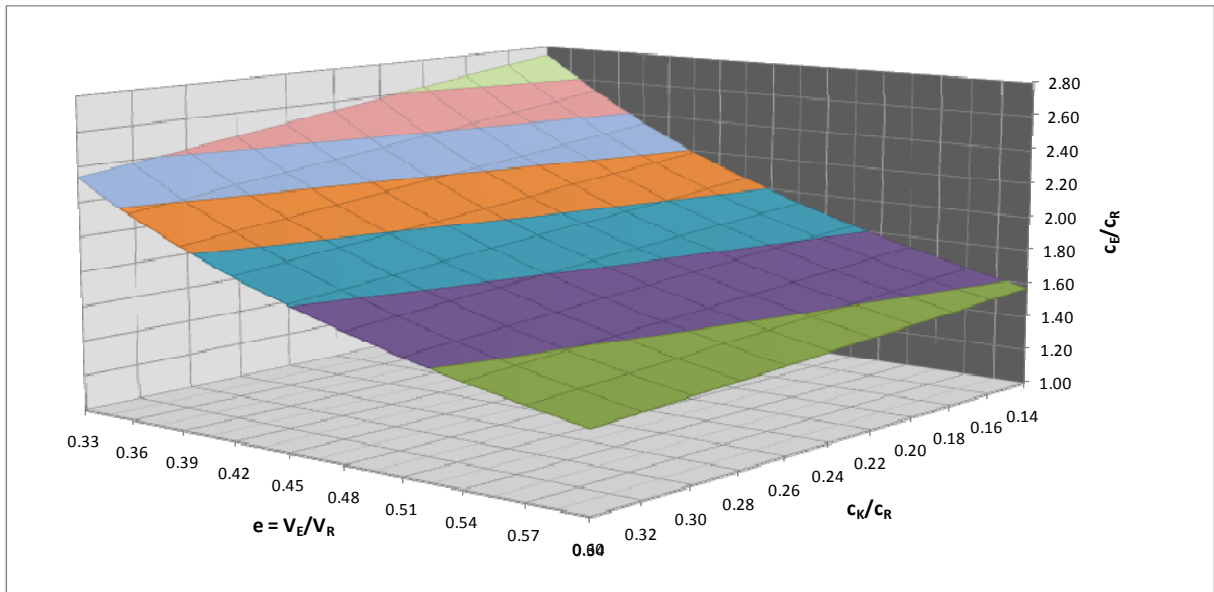


Abbildung 1: Grafische Auswertung von Ungleichung 2

Die Parameterkombinationen, die unterhalb der dargestellten räumlichen Fläche liegen, identifizieren Systemkonstellationen, bei denen das Mischsystem geringere CSB-Frachten emittiert. Damit lässt sich aus Abbildung 6 für den dargestellten Wertebereich (insbesondere der Entlastungsrate e) entnehmen, dass unabhängig von anderen Kenngrößen bei einem Verhältnis $c_E/c_R < 1,5$ das Mischsystem für den Parameter CSB immer günstiger als das Trennsystem ist. Erst wenn die Entlastungskonzentration im Jahresmittel um mehr als das 1,5 fache höher liegt als die Regenwetterabflusskonzentration der Oberflächen, gibt es Systemkonstellationen, bei denen sich das Trennsystem als die bessere Variante erweist.

5 Sensitivitätsanalyse anhand des fiktiven Testsystems

5.1 Identifikation der zu variierenden Kenngrößen

Die Vorüberlegungen in Kapitel 4 führten letztlich zu einer Bestimmungsgleichung für einen theoretischen Systemvergleich. Damit ergeben sich aus Gleichung 3 (umformulierter Ungleichung 2) die folgenden Kenngrößen als relevant für einen Systemvergleich:

$$\frac{\bar{c}_E}{\bar{c}_R} = \frac{1}{e} \left(1 - \frac{\bar{c}_K}{\bar{c}_R} \right) + \frac{\bar{c}_K}{\bar{c}_R} \quad 3$$

- Mit
- \bar{c}_K : Mittlere Kläranlagenablaufkonzentration
 - \bar{c}_R : Mittlere Oberflächenabflusskonzentration
 - \bar{c}_E : Mittlere Entlastungskonzentration
 - e : Entlastungsrate

Aufgrund funktionaler Zusammenhänge und Abhängigkeiten ergeben sich die folgenden Variationsparameter (Simulationsgruppen) für die Sensitivitätsuntersuchung:

1. SP : Schmutzpotenzial auf versiegelten Flächen
2. EWD : Einwohnerdichte (über Einwohnerzahl)
3. c_K : Kläranlagenablaufkonzentration
4. q_R : Regenspende im Drosselabfluss (über Drosselabfluss)
5. h_N : Jahresniederschlagshöhe
6. FWA : Fremdwasseranteil Q_f/Q_t (über Fremdwasserabfluss)
7. NG : Neigungsgruppe
8. VS : Spezifisches Speichervolumen (über das Beckenvolumen)
9. ASW : Absetzwirkung

5.2 Sensitivitätsuntersuchung

Die Sensitivitätsuntersuchung wird auf der Grundlage des fiktiven Testsystems durchgeführt, welches jeweils als Mischsystem und als Trennsystem betrachtet wird. In jeder der unter 5.1 genannten Simulationsgruppen wird die entsprechende Kenngröße variiert (Tabelle A-5), um deren Auswirkung auf die Gesamtemission im Systemvergleich zu quantifizieren. Die Zusammenstellung der Berechnungsergebnisse der Variationsrechnungen ist als Anhang 3 beigefügt. Durch eine Variation der den Systemvergleich Mischsystem \Leftrightarrow Trennsystem bezüglich der Gesamtemissionen beeinflussenden Parameter wurden diejenigen identifiziert, die einen maßgebenden Einfluss haben.

Den größten Effekt hat hierbei die Variation des Schmutzpotenzials. Einwohnerdichte und Kläranlagenablaufkonzentration zeigten bei extremen Ansätzen zwar auch einen deutlichen Einfluss, die Variationen lagen aber zum Teil außerhalb realitätsnaher Grenzen. Der Einfluss der übrigen untersuchten Kenngrößen war im Systemvergleich eher von untergeordneter Bedeutung (Abbildung A-6 bis Abbildung A-14).

Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang, dass bei der Variation von nur einer Kenngröße ausschließlich die Verminderung der Oberflächenabflusskonzentration - auf nahezu den üblichen Wert für Dachflächen - bewirkt, dass die Gesamtemissionen eines Trennsystems geringer sind, als die eines Mischsystems.

Insofern kann festgehalten werden, dass bei üblichen Belastungsansätzen und den daraus resultierenden Größenordnungen von Mischwasserbehandlungs- und Kläranlagen hinsichtlich des Summenparameters CSB ein reines Trennsystem nur in Ausnahmefällen günstigere

Gesamtemissionsfrachten aufweist wie ein Mischsystem mit identischer Oberflächencharakteristik. Die Einschätzung, dass ein Trennsystem *automatisch* die bessere Wahl sei, da das *saubere* Regenwasser im Mischsystem verschmutzt und dann entlastet wird, geht von der Annahme aus, dass im Regenwasserabfluss keine nennenswerten Schmutzfrachten transportiert werden. Dies trifft jedoch nur für Dachflächen und Hofflächen sowie für äußerst gering frequentierte Verkehrsflächen zu.

Die übliche „Mischkalkulation“ zur Ermittlung der Oberflächenabflusskonzentration in einem vollständigen Einzugsgebiet wird immer zu höheren Konzentrationswerten als für reine Dachflächen führen und damit ergeben sich für das Trennsystem **ohne weitere Behandlung des Regenabflusses** im Vergleich zum Mischsystem höhere Gesamtemissionen.

6 Diskussion weiterer Fallkonstellationen

Ergänzend zu den Erkenntnissen aus der Sensitivitätsuntersuchung werden nachfolgend noch vier weitere Fallkonstellationen untersucht.

Fiktives System mit den Bemessungsansätzen des ATV-A 128

(Tabelle A-6 bis Tabelle A-8)

Das fiktive System wurde an die Bemessungskenngrößen des ATV-A-128 angepasst und die Vergleichskenngrößen im Rahmen einer Langzeitsimulation berechnet. Das Ergebnis dieser Berechnung zeigt, dass der Unterschied bei den Frachten zwischen dem Mischsystem und dem Trennsystem nur noch gering ist. Das Trennsystem leitet in der Gesamtsumme bezogen auf die durch das Mischsystem eingeleitete Fracht lediglich 5% mehr (2.465 kg / 54.025 kg) ein. Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass der Bemessungsansatz des ATV-A 128 durch die Langzeitsimulation bestätigt wurde.

Fiktives System mit ausgeprägter Ablagerungsproblematik

(Tabelle A-9 und Tabelle A-10)

Die Systemkenngrößen wurden bei dieser Variante so verändert, dass eine ausgeprägt Ablagerungsproblematik im Mischsystem nachgebildet wurde. An den volumen- und abflussbezogenen Ergebniskenngrößen ändert sich im Vergleich zum abgelagerungsfreien Mischsystem bei einer Änderung der Abwasserbeschaffenheit naturgemäß nichts. Auch die Kläranlagenfrachten bleiben identisch, da davon ausgegangen wurde, dass die bei Mischwasserabfluss remobilisierten Frachten nicht zu einer Verminderung der Kläranlagenleistung führen.

Eine deutliche Erhöhung ergibt sich erwartungsgemäß bei den Entlastungsfrachten. Sie sind annähernd doppelt so hoch, was mit der Verdopplung des Stoffpotenzials korrespondiert. Dass keine exakte Verdopplung der Entlastungsfrachten bilanziert wird, ist in den Vermischungsprozessen und der Speicherwirkung des Regenüberlaufbeckens begründet.

Deutlich wird jedoch der Effekt, dass in ablagerungsgefährdeten Gebieten das Trennsystem deutlich an Vorteilen gewinnt. Mit den aus der Literatur entnommenen Ansätzen ist der Unterschied zwischen Trennsystem und ablagerungsgefährdetem Mischsystem nur noch gering (ca. 5%).

Fiktives System mit Regenwasserbehandlung nach ATV-DVWK-M153

(Tabelle A-11 und Tabelle A-12)

Unter der Annahme, dass das fiktive Trennsystem in einen kleinen Hügel- und Berglandbach einleitet (Kenngrößen siehe Tabelle A-11), wurde unter Verwendung des ATV-DVWK-M 153 der zulässige Einleitungsabfluss ermittelt und unter Verwendung des ATV-DVWK-A 117 ein daraus resultierendes Dämpfungsbecken dimensioniert. Die Einleitungskenngrößen wurden analog zu den anderen Varianten im Rahmen einer Langzeitsimulation berechnet.

Die Ergebnisse der Simulation ergaben (was aufgrund des hohen Drosselabflusses auch nicht anders zu erwarten war), dass nur relativ wenige Einstauereignisse (7 Ereignisse im Bilanzzeitraum von 9 Monaten) mit einer Gesamteinstaudauer von 3,8 Stunden auftreten. Da nur in diesem kurzen Zeitraum ein Absetzvorgang stattfinden kann, wurde für den CSB eine Reduktion der in das Gewässer eingetragenen Fracht um 381 kg von 31.016 kg auf 30.635 kg ermittelt.

Die hydraulische Dämpfung der Einleitungsabflüsse ist für den Stoffrückhalt dementsprechend von untergeordneter Bedeutung, da hier die Vielzahl der kleinen Ereignisse, die ungedämpft eingeleitet werden, für die Gesamtfracht maßgebend ist.

Auf eine Variante mit Anordnung von Regenwasserbehandlungsmaßnahmen zur Reduktion der stofflichen Belastung wurde verzichtet. Ein Vergleich der Einleitungsfrachten und -konzentrationen mit verfahrenstechnischer Stoffreduktion (z.B. Filtration oder Sedimentation) und ohne Maßnahme ist nicht zielführend. Solche Maßnahmen wären bei einem schwachen Gewässer sowohl im Trenn- als auch im Mischsystem erforderlich und die Einleitungskenngrößen würden dann durch das Gewässer reglementiert und nicht durch die Wahl des Entwässerungstyps bestimmt. Dies gilt zwar streng genommen auch für die hydraulische Belastung, wird aber bisher nur Ausnahmefällen konsequent umgesetzt.

Fiktives System als modifiziertes Mischsystem

(Tabelle A-13)

Als weiterer Sonderfall wurde untersucht, wie sich die Einleitungssituation unter der Annahme einer Entwässerung im modifizierten Mischsystem darstellt, wobei die Flächencharakteristik für das Gesamtsystem verändert wurde. Die Gesamtfläche wurde in Haus, Hof- und Zufahrts- sowie Straßenflächen unterteilt. Hausflächen wurden als leicht verschmutzt ($c_{\text{CSB}}=34 \text{ mg/l}$), Hofflächen und Zufahrten als mittel verschmutzt ($c_{\text{CSB}}=68 \text{ mg/l}$) und Straßen als stark verschmutzt ($c_{\text{CSB}}=300 \text{ mg/l}$) angesetzt. In der Summe wurde aus Vergleichsgründen darauf geachtet, dass ein Schmutzpotential von $600 \text{ kg}/(\text{ha}_{\text{Ared}} \cdot \text{a})$ für die Gesamtfläche eingehalten wurde.

Die Dach- und Hofflächen sowie die Zufahrten entwässern in dieser Variante im Trennsystem, die Straßenflächen im Mischsystem. Der Drosselabfluss des Durchlaufbeckens entspricht für die Vergleichsvariante dem des Urzustandes, das Volumen wurde auf den Wert von $\text{VS}=40 \text{ m}^3/\text{ha}_{\text{Ared}}$ erhöht, damit ein die Regeln der Technik für hessische Verhältnisse eingehalten werden und somit ein realitätsnaher Vergleichszustand vorliegt.

Unter diesen Voraussetzungen wird eine Gesamteinleitungsfracht ermittelt, die sogar geringer ist als die des reinen Mischsystems. Auch wenn unter realen Bedingungen eine vollständige Stoffstromtrennung anhand des Verschmutzungsgrades nur schwer umsetzbar ist, zeigt diese Variante jedoch deutlich, welche prinzipiellen Vorteile diese Systematik mit sich bringt.

7 Ergänzende Synopse zu Misch- und Trennsystem

Ergänzend zu den rein rechnerischen Betrachtungen der vorhergehenden Kapitel wurden die beiden Systeme in Form einer Synopse (Tabelle A-15) gegenübergestellt.

Die Zusammenstellung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sondern stellt die aus Sicht des Unterzeichners relevanten Aspekte, die für oder gegen das Misch- bzw. Trennsystem sprechen gegenüber. Bei den Anlagen zur „weitergehenden Mischwasser- bzw. Regenwasserbehandlung“ sind weder im einen noch im anderen System generelle Vor- oder Nachteile zu nennen. Prinzipiell können sowohl an den Auslässen der Regenüberlaufbauwerke als auch an den Regenauslasskanälen im Trennsystem Maßnahmen zur Behandlung angeordnet werden. Unter rein hydraulischen Aspekten bieten sich hierfür Dämpfungsbecken mit oder ohne Sedimentationszone an, unter stofflichen Gesichtspunkten werden Filteranlagen mit oder ohne Bodenpassage sowie Sedimentationsanlagen bevorzugt eingesetzt.

Tabelle A-15 kann im Rahmen einer bewertenden Vorplanung herangezogen werden, um die am besten an das Problem angepasste Entwässerungskonzeption zu wählen. Einschränkend ist jedoch anzumerken, dass sich die Planungen an den örtlichen Gegebenheiten und Zwangspunkten orientieren müssen.

Liegt z.B. bereits ein Trennsystem vor, wäre es selbstverständlich zu empfehlen auch neue Einzugsgebiete im Trennsystem zu erschließen, da ansonsten am Übergabepunkt des „neuen“ Mischsystems in den Schmutzwasserkanal des „alten“ Trennsystems mit Schwierigkeiten aufgrund der Wassermengen zu rechnen sein wird.

Liegt dagegen bereits ein Mischsystem vor, so ist es häufig von der Lage des nächsten Gewässers und/oder der Versickerungsfähigkeit des Einzugsgebietes abhängig, wie sich eine sinnvolle Erweiterung bzw. Neuerschließung zu gestalten ist. Generell ist eine Entflechtung von stark und weniger stark verschmutzten Abwasserströmen immer zu empfehlen, was für ein Trennsystem sprechen würde. Der Vorteil, dass im Mischsystem insbesondere die hohe Zahl der kleinen Ereignisse nahezu komplett in der Kläranlage behandelt wird, steht dem jedoch entgegen. Hier spricht vieles für an die Örtlichkeit angepasste Mischformen, in denen die Vorteile beider Systeme beziehungsweise unterschiedlicher Entwässerungskonzeptionen verein werden können.

Die Möglichkeiten der Abflussvermeidung oder besser der Vermeidung von Einleitung nicht und gering verschmutzter Abwasserteilströme (z.B. Abfluss von Dach- und Hofflächen) sind hierbei an erster Stelle zu nennen. Diese dezentralen und semizentralen Maßnahmen sind ab einer bestimmten Größenordnung kostendämpfend und wirken sich positiv auf die Wasserbilanz aus.

Einer kompletten Umstrukturierung eines bestehenden Mischsystems in ein Trennsystem, ist jedoch sowohl aus wirtschaftlichen als auch aus wasserwirtschaftlichen Gründen abzuraten. Wie die durchgeführten Untersuchungen und selbst die eher qualitative Gegenüberstellung in Tabelle A-15 zeigen, haben beide Systeme Ihre Vor- und Nachteile, wobei sich das Mischsystem bei sachgerechter Umsetzung der gültigen Planungs- und Bemessungsvorgaben bezüglich der Einleitungsfrachten und –abflüsse sogar als günstiger erweist als ein vergleichbares reines Trennsystem ohne zusätzliche Regenwasserbehandlung. Die Möglichkeiten und Grenzen einer Reduzierung der Schadstofffracht einer Regenwasserbehandlung müssen im Einzelfall überprüft werden (vgl. Abschnitt 6).

8 Fazit und Zusammenfassung

In der Öffentlichkeit wird seit einiger Zeit die These in den Raum gestellt, dass eine Entwässerung im Trennsystem grundlegend die bessere Wahl sei, als die Entwässerung im Mischsystem. Auch in § 55 Abs. 2 WHG wird den Trennsystemen ein Vorrang vor den Mischsystemen eingeräumt.

Fundierte Nachweise der Annahme, dass das Trennsystem die bessere Wahl ist, liegen bisher nicht vor. Da auch in einer Reihe von Fachartikeln eine gegenläufige Meinung vertreten wird, wurde im Rahmen der hiermit vorgelegten Ausarbeitung untersucht, ob sich diese Aussage hinsichtlich der in Hessen üblichen Bemessungs- und Nachweispraxis für Entlastungsanlagen bestätigt oder nicht.

Hierzu erfolgten zunächst an einem fiktiven System umfangreiche Variationsrechnungen, um zu quantifizieren, unter welchen Voraussetzungen ein Misch- oder ein Trennsystem hinsichtlich der gesamten CSB-Emissionsfracht Vorteile mit sich bringt. Die Ergebnisse dieser Berechnungen wurden grafisch und tabellarisch in vergleichender Form aufbereitet.

Zusätzlich wurde auf Basis mathematischer Grundüberlegungen ein Vergleichskriterium hergeleitet, anhand dessen mit Ergebnissen aus einer Schmutzfrachtberechnung eines Mischsystems ermittelt werden kann, ob ein Trennsystem bei identischer Belastung und Oberflächencharakteristik bezüglich der Gesamtemissionen günstiger liegen würde. Die Herleitung erfolgte hierbei zwar exemplarisch anhand des CSB, die daraus abgeleitete Formel ist jedoch sinngemäß für beliebige im Abwasservolumenstrom gelöste Stoffe übertragbar.

Die Variationsrechnungen und der darauf aufbauende mathematische Vergleich zeigen, dass nur unter ganz bestimmten Randbedingungen das Trennsystem weniger CSB emittiert, wie ein vergleichbares Mischsystem. Die Oberflächenabflusskonzentrationen dürfen in diesem speziellen Fall nur geringfügig höher liegen als die mittleren Kläranlagenablaufkonzentrationen, sofern ein Speichervolumen im Mischsystem zur Verfügung steht, das den Regeln der Technik entspricht.

Der Vorteil des Mischsystems zeigt sich insbesondere bei der Vielzahl der kleinen Niederschlags- bzw. Abflussereignisse, die gar nicht zu einer Entlastung führen und somit vollständig zur Kläranlage geleitet werden. Diese Ereignisse werden aber in einem reinen Trennsystem vollständig in die Gewässer eingeleitet und verschlechtern folgerichtig die Bilanz des Trennsystems außerordentlich.

Um die Untersuchung abzurunden, wurden ergänzend spezielle Sonderfälle untersucht. Hierbei wurde das Testsystem an die Bemessungsvorgaben des ATV-A 128 angepasst und als Misch- und Trennsystem simuliert. Die Ergebnisse dieser Berechnung bestätigen die

Grundidee des ATV-A 128, nach dem ein nach dessen Vorgaben bemessenes Mischsystem grundsätzlich weniger emittieren soll, als ein vergleichbares Trennsystem.

Als weiterer Fall wurde das Testnetz im Mischsystem als stark ablagerungsbehaftet angesetzt und mit den Ergebnissen der „Urvariante“ verglichen. Hierbei zeigte sich, dass stark ablagerungsbehaftete Mischwassernetze Nachteile gegenüber dem Trennsystem aufweisen können, sofern die Ablagerungen grundsätzlich während des Regenabflusses remobilisiert und anschließend entlastet werden. Dieses in der Simulation feststellbare Verhalten zeigt, dass die Präferenz im überwiegend flacheren Norden von Deutschland für das Trennsystem und für das Mischsystem im Süden den fachlichen Zusammenhängen Rechnung trägt.

Es wurde auch untersucht, ob Dämpfungsbecken nach ATV-DVWK-M 153 einen maßgeblichen Einfluss auf den Stoffrückhalt haben. Aufgrund des im Regelfall großen Drosselabflusses dieser Speicherräume und der daraus resultierenden geringen Einstauzeiten ist nur eine geringe Absetzwirkung zu erwarten, wodurch der Stoffrückhalt entsprechend gering ist.

Abschließend wurde der Sonderfall des modifizierten Mischsystems untersucht. Hier zeigte sich, dass die konsequente Trennung von wenig verschmutzten und stärker verschmutzten Abwasservolumenströmen die wasserwirtschaftlich und im Regelfall auch wirtschaftlich sinnvollste Variante darstellt. Der Vorteil im Vergleich zum reinen Trennsystem liegt vor allem darin begründet, dass die Konzentrationen der wenig verschmutzten Regenabflüsse in der Größenordnung der Kläranlagenablaufkonzentrationen liegen, was sich in der Bilanz positiv auswirkt.

Abschließend erfolgte in Form einer Synopse eine qualitative Gegenüberstellung der beiden Systeme im Sinne einer potenziellen Vorauswahlmöglichkeit bei der realen Umsetzung unter Beachtung der örtlichen Gegebenheiten. Bei der endgültigen Bewertung eines Entwässerungssystems sollte auch die derzeitige Diskussion so genannter Spurenstoffe berücksichtigt werden. Unter diesem Begriff wird eine Vielzahl von Substanzen zusammengefasst mit unterschiedlichen Eigenschaften, Eintragspfaden und Auswirkungen im Gewässer. Werden Spurenstoffe betrachtet, die sich im Entwässerungssystem ähnlich dem CSB verhalten, können die hier getroffenen Aussagen bezüglich der Bewertung eines Entwässerungssystems qualitativ übertragen werden.

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass die Aussage, *ein Trennsystem sei grundsätzlich besser als ein Mischsystem*, für den Leitparameter CSB bzgl. der Gesamtemissionen aus einem Entwässerungssystem nicht bestätigt werden kann. Nur unter ganz bestimmten, in der Realität kaum anzutreffenden Voraussetzungen, konnte diese Aussage in der Simulation bestätigt werden.

Ein nach derzeit in Hessen gültigem Stand der Technik bemessenes Kanalnetz im Mischsystem wird im Regelfall weniger CSB-Fracht emittieren als ein vergleichbares reines Kanalnetz im Trennsystem. Dies bedeutet, dass bei der Entwässerung im Trennsystem im Regelfall weitergehende Maßnahmen der Niederschlagswasserbehandlung erforderlich sind, um zumindest keine höheren CSB-Frachten als bei der Entwässerung über ein Mischsystem zu emittieren.

Anhang 1 Abbildungen

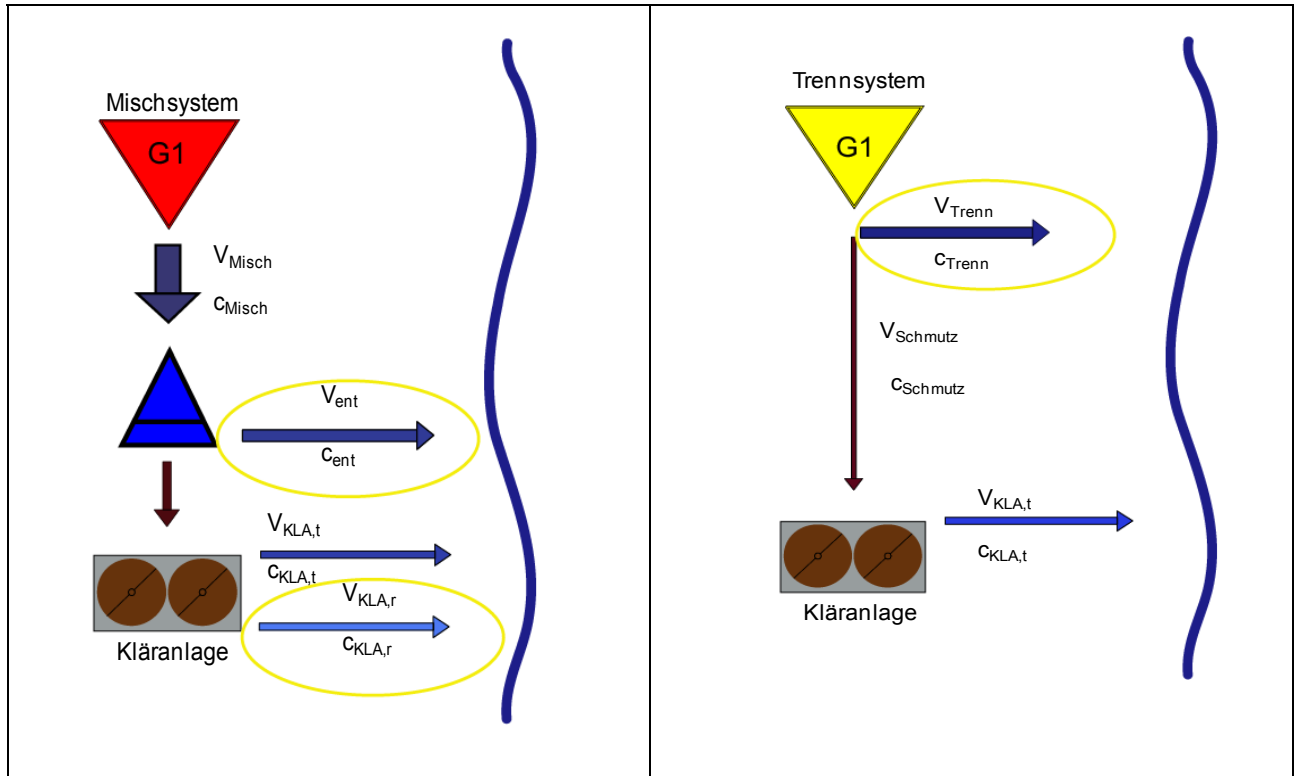


Abbildung A-1: Schema der Stoff- und Volumenströme von Misch- und Trennsystem nach ATV-A 128

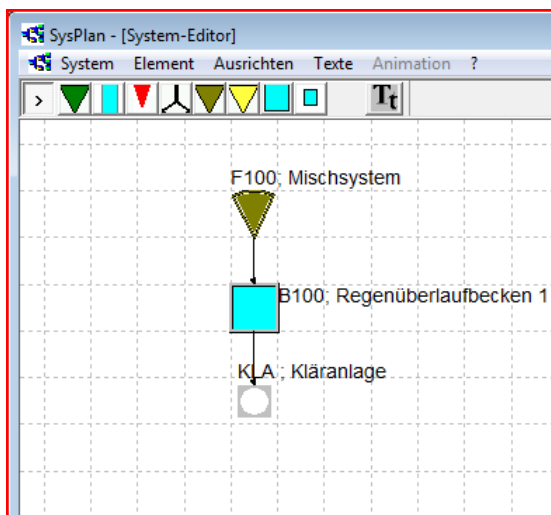


Abbildung A-2: Fiktives Mischsystem

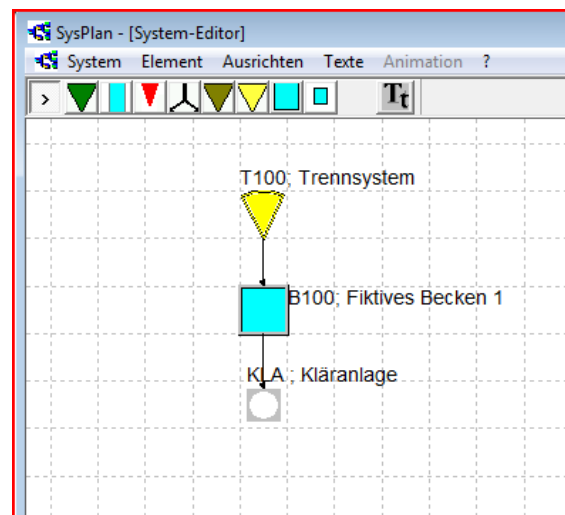


Abbildung A-3: Fiktives Trennsystem³

³ In SMUSI ist die Anordnung zumindest eines Sonderbauwerks wegen der sog. Ereignisdefinition - also der Unterscheidung in Trockenwetter- und Regenwetterphasen - erforderlich.

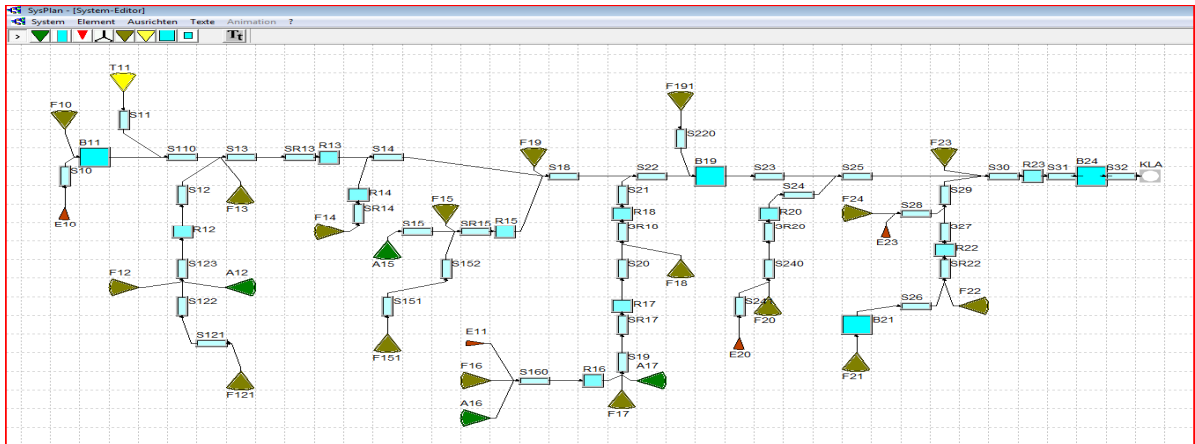


Abbildung A-4: Reales Misch-/Trennsystem

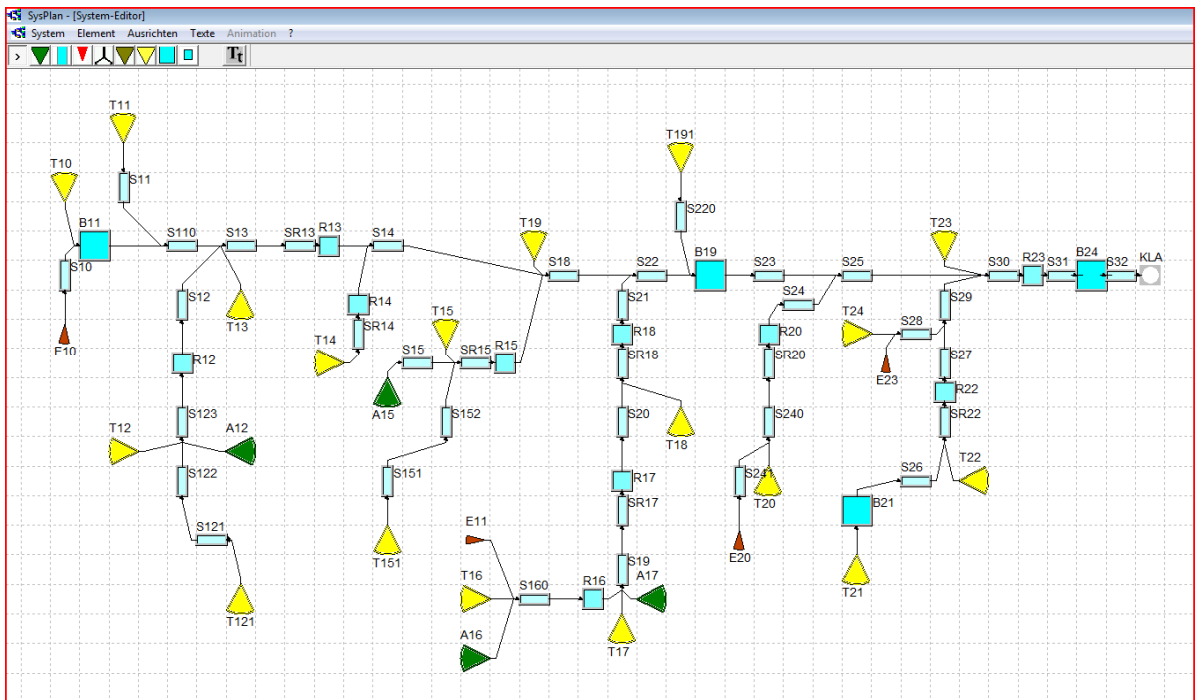


Abbildung A-5: Umgewandeltes vollständiges Trennsystem

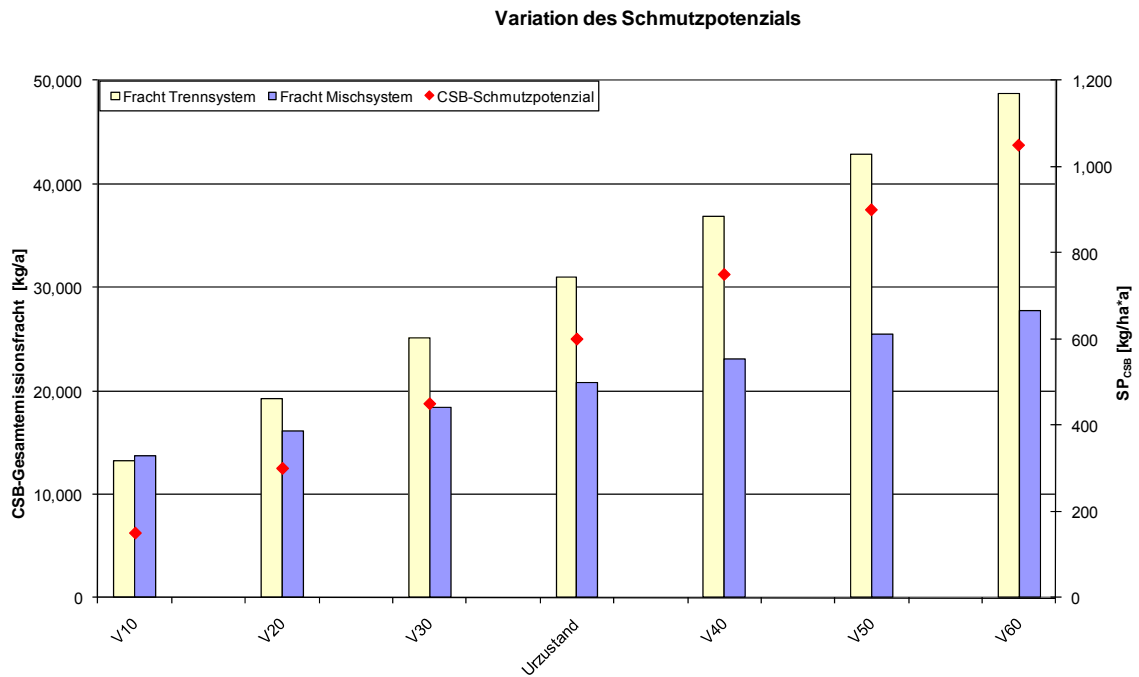


Abbildung A-6: Ergebnisse der Variationsrechnung „Schmutzpotenzial“

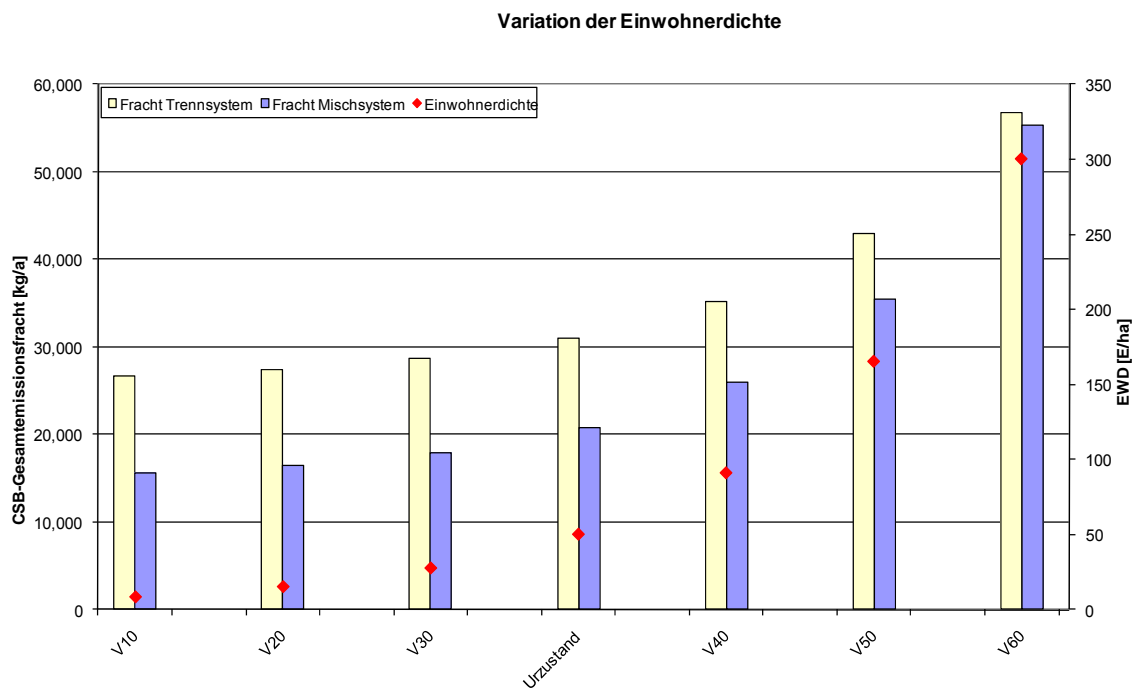


Abbildung A-7: Ergebnisse der Variationsrechnung „Einwohnerdichte“

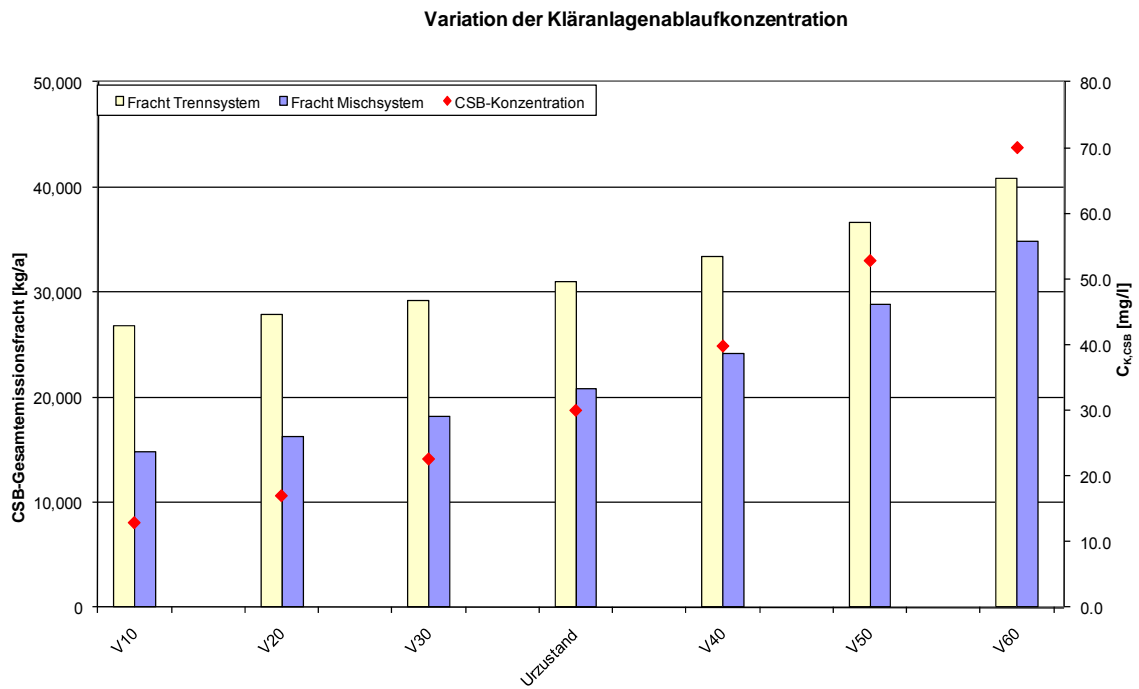


Abbildung A-8: Ergebnisse der Variationsrechnung „Kläranlagenablaufkonzentration“

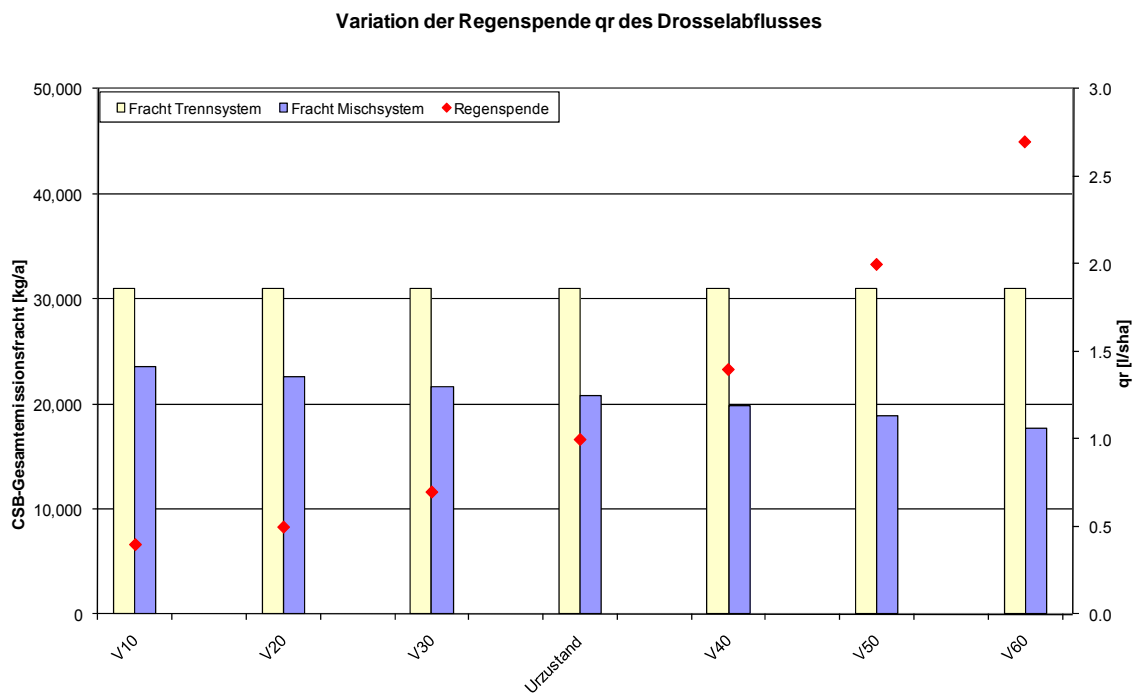


Abbildung A-9: Ergebnisse der Variationsrechnung „Regenspende“

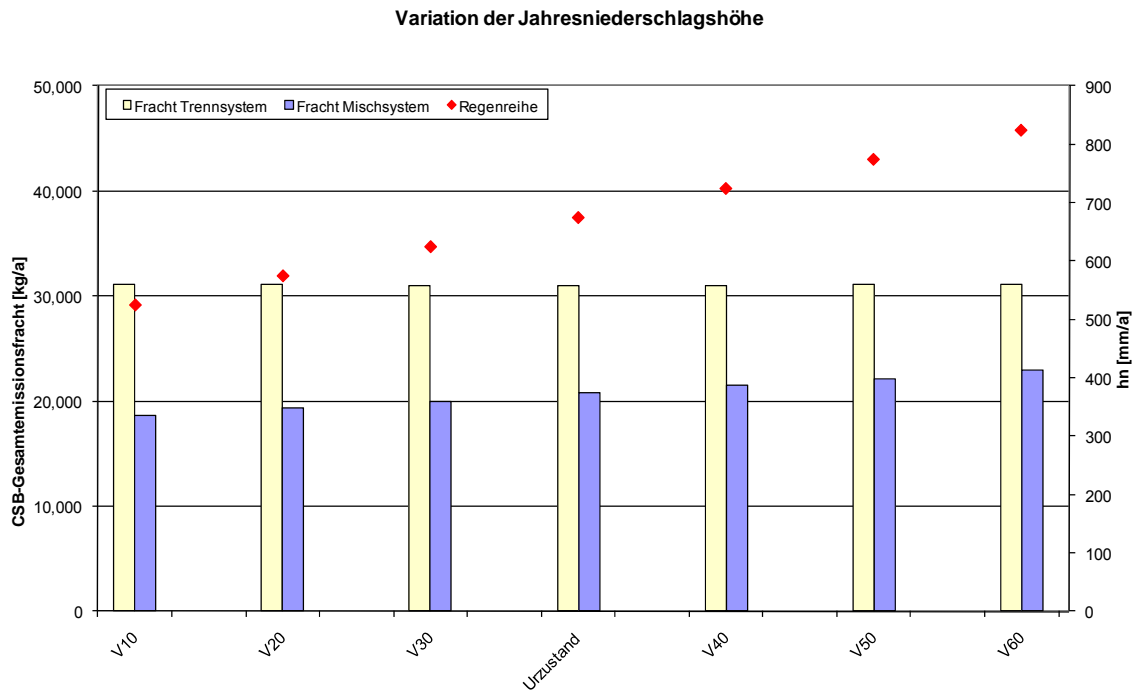


Abbildung A-10: Ergebnisse der Variationsrechnung „Jahresniederschlagshöhe“

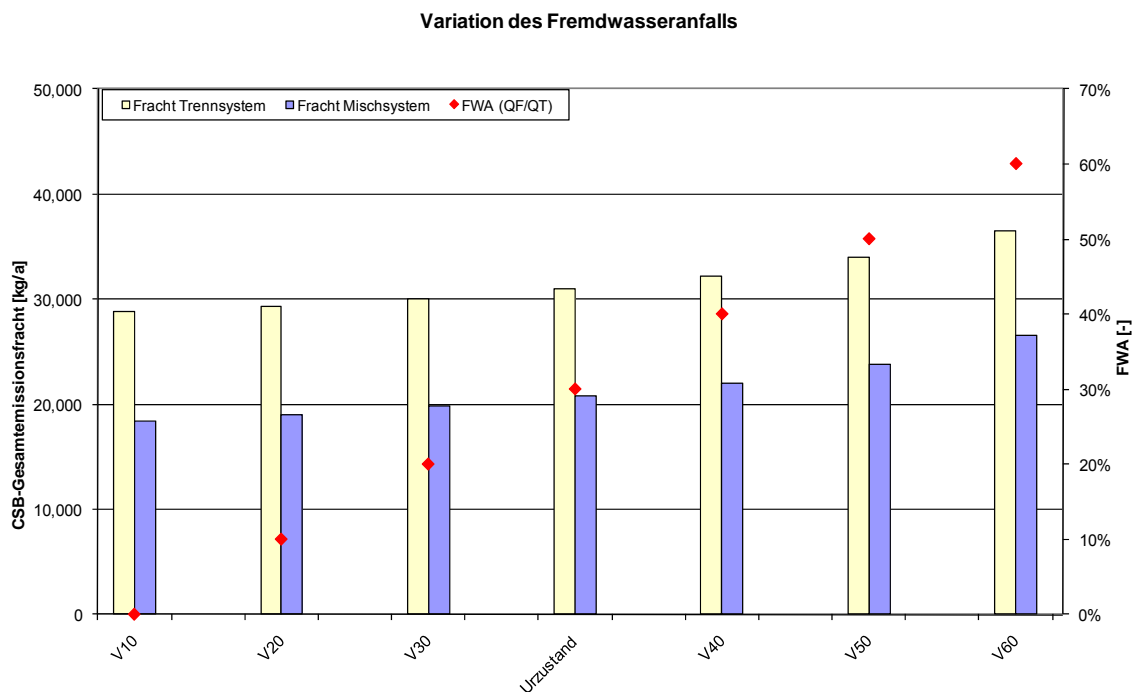


Abbildung A-11: Ergebnisse der Variationsrechnung „Fremdwasseranfall“

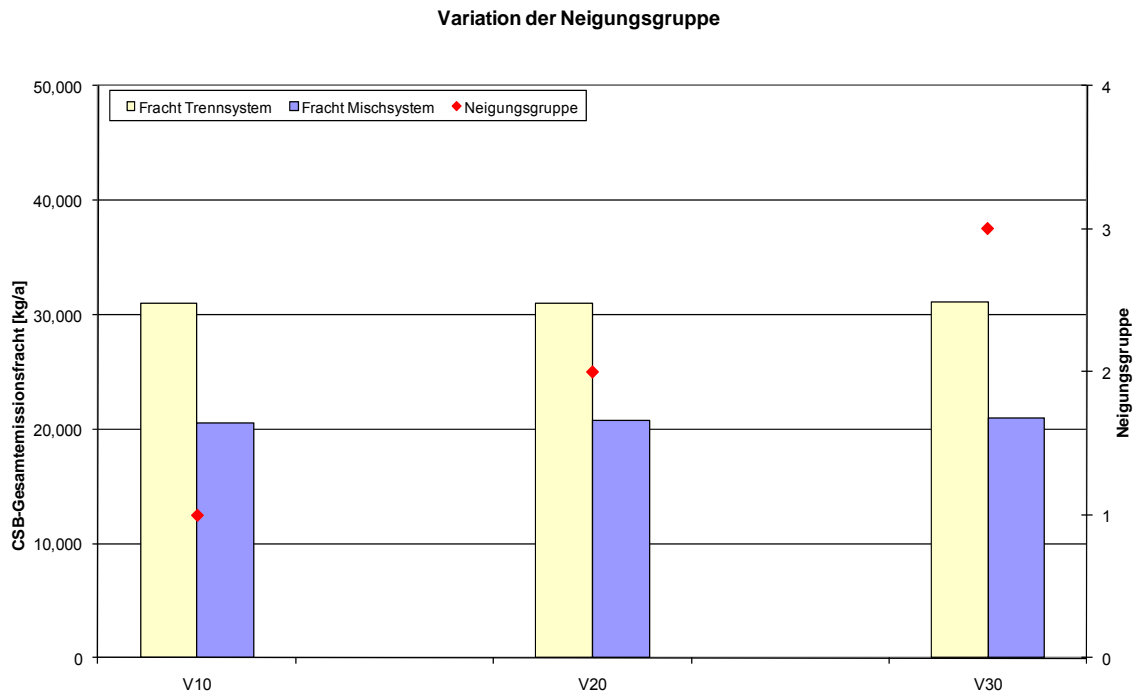


Abbildung A-12: Ergebnisse der Variationsrechnung „Neigungsgruppe“

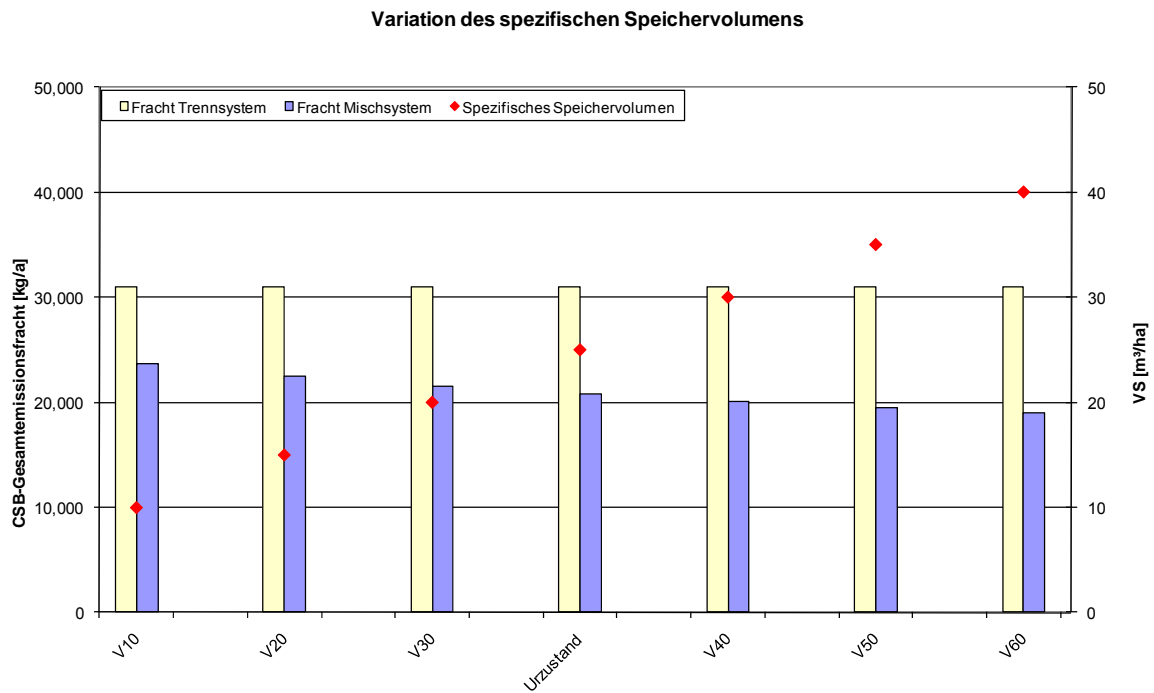


Abbildung A-13: Ergebnisse der Variationsrechnung „Spezifisches Speichervolumen“

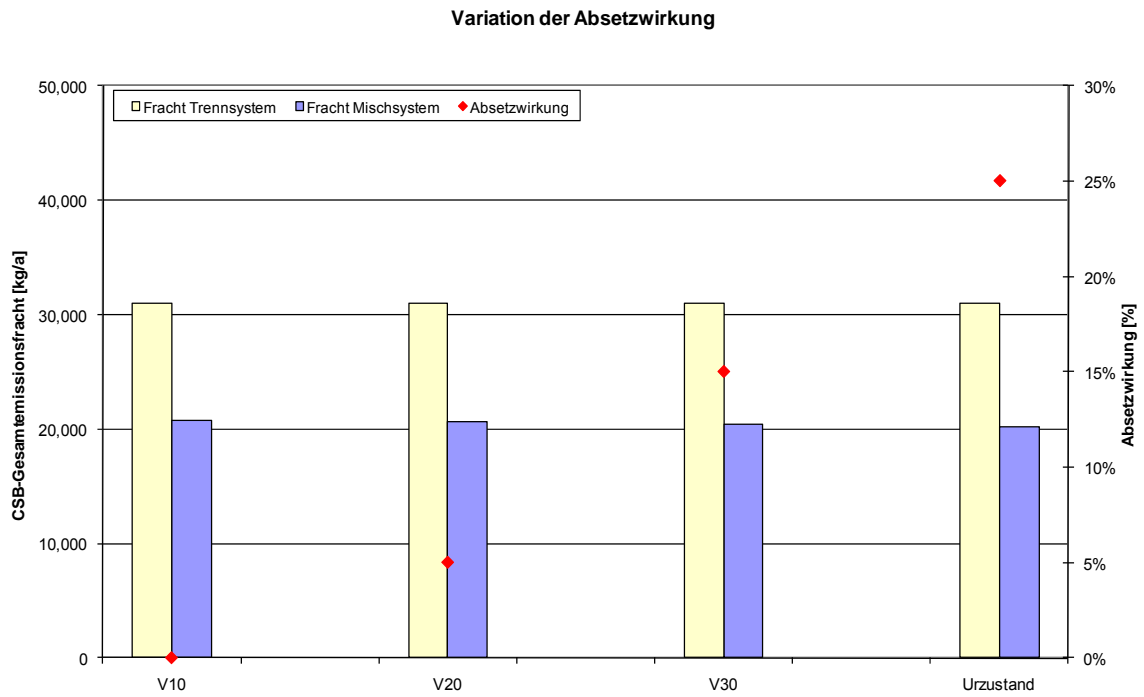


Abbildung A-14: Ergebnisse der Variationsrechnung „Absetzwirkung“

Anhang 2

Tabellen

Gebietskenngrößen	
Gesamtfläche	100 ha
Versiegelungsgrad	50 %
Neigungsgruppe	2
CN-Wert	75%
Fließzeit	20 min
Einwohner	5.000 E (entspricht 50 EW/ha)
Trockenwetterabfluss / Niederschlag / Schmutzpotenzial	
Häuslicher Abfluss	125,0 l/EW·d (ergibt 7,23 l/s)
Fremdwasser-Anteil	0,031 l/sha (entspricht einem FWA = 30%) ⁴
Tagesgang	Kleinstadt
Jahresgang	SMUSI Standard, Gleichverteilung
Schmutzkonzentration CSB	800 mg/l (entspricht 100 g/EW·d als Mittelwert)
Regenreihe	675 mm/a
Schmutzpotenzial CSB	600 kg/ha _{Ared} ·a
Becken	
Beckentyp	Durchlaufbecken im Nebenschluss
Absetzwirkung	keine (wurde bewusst ignoriert)
Beckenvolumen	1.250 m ³ (entspricht 25 m ³ /ha _{Ared})
Drosselabfluss	60 l/s (ergibt q _r = 1,0 l/s·ha _{Ared})
Max. Abfluss KÜ	750 l/s (ergibt q _{Krit} = 15,0 l/s·ha _{Ared})
Kläranlage	
Ablaufkonzentration	30 mg/l CSB (keine Änderung bei Regenwetter) ⁵

Tabelle A-1: Zusammenstellung der Systemkenngrößen des fiktiven Beispiels

Bezeichnung	Frachten und Konzentrationen (CSB)						
	KLA_Trocken	KLA_Regen	Ent_Misch	Ein_Trenn	Summe	C_Ein (Max)	C_Ein (Mit)
	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[mg/l]	[mg/l]
Mischsystem	6.463	4.092	10.212	0	20.767	172	138
Trennsystem	7.366			23.650	31.016	132	132

Bezeichnung	Volumen und Spitzenabfluss					
	KLA_Trocken	KLA_Regen	Ent_Misch	Ein_Trenn	Summe	Q_Ein (Max)
	[m ³]	[m ³]	[m ³]	[m ³]	[m ³]	[m ³ /s]
Mischsystem	215.424	136.387	73.754		425.565	7,077
Trennsystem	245.531			179.400	424.931	7,137

Tabelle A-2: Zusammenstellung der Ergebnisse Misch ⇔ Trenn des fiktiven Beispiels

⁴ Der Fremdwasseranfall ist definiert als $FWA = Q_f/Q_t$

⁵ Es gilt die Annahme, dass die CSB-Ablaufkonzentration weitgehend unabhängig von der Wetterlage ist. In Anhang 1 sind entsprechende Vergleiche von realen Kläranlagen zusammengestellt.

Gebietskenngrößen	
Gesamtfläche	$A_{\text{Misch}} = 264,3 \text{ ha}$, $A_{\text{Trenn}} = 15,5 \text{ ha}$
Versiegelungsgrad	43 %
Neigungsgruppe	1-3
CN-Wert	60%
Fließzeit	1 min – 12 min (abhängig von Flächengröße)
Einwohner	13.177 E (entspricht ca. 47 EW/ha)
Trockenwetterabfluss / Niederschlag / Schmutzpotenzial	
Häuslicher Abfluss	126,0 l/EW·d (ergibt 25 l/s)
Fremdwasser-Anteil	0,073 l/s·ha (ergibt mit Außengebieten 21 l/s)
Tagesgang	abgeleitet aus KLA-Tagebuch (ca. Kleinstadt)
Jahresgang	abgeleitet aus KLA-Tagebuch
Schmutzkonzentration CSB	1.154 mg/l (entspricht 143 g/EW·d aus Messungen)
Regenreihe	775 mm/a
Schmutzpotenzial CSB	600 kg/ha _{Ared} ·a
Becken	
Beckentyp	verschiedene (DLB, FGB, SK)
Absetzwirkung	"keine" bis "gut"
Beckenvolumen	4.732 m ³ + 231 m ³ Kanal (entspricht 41,7 m ³ /ha _{Ared})
MW-Abfluss zur KLA	130 l/s (ergibt $q_r = 0,7 \text{ l/s} \cdot \text{ha}_{\text{Ared}}$)
Kläranlage	
Ablaufkonzentration	40 mg/l CSB (keine Änderung bei Regenwetter) ⁶

Tabelle A-3: Zusammenstellung der Systemkenngrößen des realen Beispiels

Bezeichnung	Frachten und Konzentrationen (CSB)						
	KLA_Trocken	KLA_Regen	Ent_Misch	Ein_Trenn	Summe	C_Ein (Max)	C_Ein (Mit)
	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[mg/l]	[mg/l]
Mischsystem	37.510	17.190	26.430	3.460	84.590	116-191	127
Trennsystem	42.480	1.940		57.240	101.660	115	115

Bezeichnung	Volumen und Spitzenabfluss					
	KLA_Trocken	KLA_Regen	Ent_Misch	Ein_Trenn	Summe	Q_Ein (Max)
	[m ³]	[m ³]	[m ³]	[m ³]	[m ³]	[m ³ /s]
Mischsystem	937.653	429.725	208.785	31.215	1.607.378	k.A.
Trennsystem	1.062.034	48.474		498.380	1.608.888	k.A.

Tabelle A-4: Zusammenstellung der Ergebnisse Misch ⇔ Trenn des realen Beispiels

⁶ Die Kläranlagenablaufkonzentration wurde aus einer Auswertung der letzten 3 Jahre des Kläranlagentagebuchs ermittelt. Bei Regenwetter kommt es bei dieser Anlage sogar durch Verdünnungseffekte zu einer Reduktion der CSB-Ablaufkonzentration auf ca. 94% der Trockenwetterablaufkonzentration. Dieser Effekt wurde bei der Simulation vernachlässigt.

Variationen	SP	EWD	ck	qr	hN	FWA	NG	VS	ASW
	[kg/ha*a]	[EW/ha _{Ages}]	[mg/l]	[l/sha]	[mm/a]	[%]	[-]	[m ³ /ha]	[%]
V10x	150	8,3	12,9	0,4	525	0%		10	
V20x	300	15,1	17,0	0,5	575	10%		15	
V30x	450	27,5	22,6	0,7	625	20%	1	20	
Urzustand (V000)	600	50,0	30,0	1	675	30%	2	25	0
V40x	750	90,9	39,8	1,4	725	40%	3	30	5
V50x	900	165,1	52,8	2,0	775	50%		35	15
V60x	1050	300,0	70,0	2,7	825	60%		40	25

Tabelle A-5: Variationen im Rahmen der Sensitivitätsuntersuchung

Gebietskenngrößen	
Gesamtfläche	100 ha
Versiegelungsgrad	50 %
Neigungsgruppe	2
CN-Wert	75%
Fließzeit	20 min
Einwohner	5.000 E (entspricht 50 EW/ha)
Trockenwetterabfluss / Niederschlag / Schmutzpotenzial	
Häuslicher Abfluss	150,0 l/EWd (ergibt 8,68 l/s)
Fremdwasser-Anteil	0,029 l/s-ha (entspricht einem FWA = 25%) ⁷
Tagesgang	Kleinstadt (entspricht x-Wert = 10)
Jahresgang	SMUSI Standard, Gleichverteilung
Schmutzkonzentration CSB	800 mg/l (entspricht 120 g/EWd)
Regenreihe	825 mm/a
Regenwasserkonzentration CSB	107 mg/l
Becken	
Beckentyp	Durchlaufbecken im Nebenschluss
Absetzwirkung	keine (wurde bewusst ignoriert)
Beckenvolumen	Wird nach ATV-A 128 berechnet (siehe Tabelle 8)
Drosselabfluss	60 l/s (ergibt ca. $qr \approx 0,97 \text{ l/s} \cdot \text{ha}_{Ared}$)
Max. Abfluss KÜ	750 l/s (ergibt $q_{krit} = 15,0 \text{ l/s} \cdot \text{ha}_{Ared}$)
Kläranlage	
Ablaufkonzentration	70 mg/l CSB (keine Änderung bei Regenwetter) ⁸

Tabelle A-6: Zusammenstellung der Systemkenngrößen des fiktiven Beispiels „A128“

⁷ Der Fremdwasseranfall ist definiert als $FWA = Q_f/Q_t$

⁸ Im Bemessungsverfahren nach ATV-A 128 ist als Regenwetterablaufkonzentration für den Parameter CSB ein Wert von $c_{R,KLA,CSB} = 70 \text{ mg/l}$ anzusetzen. Dieser Wert wurde im Rahmen der Vergleichsrechnung auch für die Trockenwetterperioden angesetzt. Der Vergleich mit den Werten aus Anhang 1 zeigt, dass dieser Wert relativ hoch ist und sich im Vergleich für das Mischsystem als ungünstig erweist, da die behandelte Abwassermenge im Mischsystem höher als im Trennsystem ist.

Programm VERA für Windows Version 1.2		SYDRO Software	
Projektname: Vergleich Mischsystem <=> Trennsystem, Beispiel: ATV-		Seite: 1	
Bemessung nach dem vereinfachten Aufteilungsverfahren, ATV-Arbeitsblatt A 128		Datum: 05.10.2010 08:02:14	
Gesamteinzugsgebiet einer Kläranlage			
mittl. Niedrigwasserabfluss im Gewässer		MNQ =	0.10 [m ³ /s]
mittlere Jahresniederschlagshöhe	Deutscher Wetterdienst	hNa =	800 [mm]
undurchlässige Gesamtfläche		Au =	50.0 [ha]
längste Fließzeit im Gesamtgebiet	nur bedeutsamere Flächen	tf =	20.0 [min]
mittlere Geländeneigungsgruppe	NGm = Sum(NGi*AEKi)/Sum(AEKi)	NGm =	2.00 [-]
MW-Abfluss der Kläranlage	Biologie bei Regenwetter	Qm =	60.0 [l/s]
TW-Abfluss 24h-Tagesmittel	aus Misch- und Trenngeb.	Qt24 =	11.6 [l/s]
TW-Abfluss Tagesspitze	aus Misch- und Trenngeb.	Qtx =	23.7 [l/s]
Regenabfluss aus Trenngebieten	100% Qs24 aus Trenngeb.	QrT24 =	0.0 [l/s]
CSB-Konzentrationen im TW-Abfluss	Jahresmittel einschl. Qs24	ct =	600 [mg/l]
mittlerer Fremdwasserabfluss	in Qt24 enthalten	Qf24 =	2.9 [l/s]
Auslastungswert der Kläranlage	n = (Qm-Qf24)/(Qtx-Qf24)	n =	2.74 [-]
Regenabfluss, 24h-Tagesmittel	Qr24 = Qm-Qt24-QrT24	Qr24 =	48.4 [l/s]
Regenabflussspende	qr = Qr24/Au	qr =	0.968 [l/s/ha]
TW-Abflussspende aus Gesamtgebiet	qt = Qt24/Au	qt =	0.232 [l/s/ha]
Fließzeitabminderung	af = 0,5+50/(tf+100); >=0,885	af =	0.917 [-]
mittl. Regenabfluss bei Entlastung	Qre = af*(3,0+3,2qr)*Au	Qre =	280 [l/s]
mittleres Mischverhältnis	m = (Qre+QrT24)/Qt24	m =	24.1 [-]
xa-Wert für Kanalablagerungen	xa = 24Qt24/Qtx	xa =	11.7 [-]
Einflusswert TW-Konzentration	ac = ct/600; >=1,0	ac =	1.000 [-]
Einflusswert Jahresniederschlag	ah = hNa/800-1; -0,25<=ah<=0,25	ah =	0.000 [-]
Einflusswert Kanalablagerungen	aa; aus A 128, Bild 12; Anhang 4	aa =	0.559 [-]
Bemessungskonzentration	cb = 600*(ac+ah+aa)	cb =	936 [mg/l]
rechn. Entlastungskonzentration	ce = (107m+cb)/(m+1)	ce =	140 [mg/l]
Regelanforderung nach A 128 Anhang 3			
zulässige Entlastungsrate	eo = 3700/(ce-70)	eo =	52.9 [%]
spezifisches Speichervolumen	Vs; aus A 128, Bild 13; Anhang 4	Vs =	11.0 [m ³ /ha]
Mindestvolumen		Vmin =	6.4 [m ³ /ha]
massgebendes Gesamtvolumen	V = Vs * Au	V =	551 [m ³]

Tabelle A-7: Ermittlung des erforderlichen Speichervolumens nach ATV-A 128

Bezeichnung	Frachten und Konzentrationen (CSB)						
	KLA_Trocken	KLA_Regen	Ent_Misch	Ein_Trenn	Summe	C_Ein (Max)	C_Ein (Mit)
	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[mg/l]	[mg/l]
Mischsystem	22.401	12.621	19.003	0	54.025	201	116
Trennsystem	25.630			30.860	56.490	104	104

Bezeichnung	Volumen und Spitzenabfluss					
	KLA_Trocken	KLA_Regen	Ent_Misch	Ein_Trenn	Summe	Q_Ein (Max)
	[m ³]	[m ³]	[m ³]	[m ³]	[m ³]	[m ³ /s]
Mischsystem	320.008	180.318	163.637		663.963	8,267
Trennsystem	366.142			297.251	663.393	8,327

Tabelle A-8: Zusammenstellung der Ergebnisse Misch <=> Trenn des Beispiels „A 128“

Gebietskenngrößen	
⇒ Siehe Tabelle A-1	
Trockenwetterabfluss / Niederschlag / Schmutzpotenzial	
⇒ Siehe Tabelle A-1	
Schmutzkonzentration CSB	591 mg/l (Reduktion um 950 kg/ha _{Ared})
Regenreihe	825 mm/a
Schmutzpotenzial CSB	1.200 kg/ha _{Ared} a
Becken / Kläranlage	
⇒ Siehe Tabelle A-1	

Tabelle A-9: Zusammenstellung der Systemkenngrößen des fiktiven Beispiels „Ablagerung“

Bezeichnung	Frachten und Konzentrationen (CSB)						
	KLA_Trocken [kg]	KLA_Regen [kg]	Ent_Misch [kg]	Ein_Trenn [kg]	Summe [kg]	C_Ein (Max) [mg/l]	C_Ein (Mit) [mg/l]
Mischsystem	6.463	4.092	10.212	0	20.767	172	138
Trennsystem	7.366			23.650	31.016	132	132
Mischsystem (Ablagerung)	6.463	4.092	19.381	0	29.936	286	263

Bezeichnung	Volumen und Spitzenabfluss					
	KLA_Trocken [m³]	KLA_Regen [m³]	Ent_Misch [m³]	Ein_Trenn [m³]	Summe [m³]	Q_Ein (Max) [m³/s]
Mischsystem	215.424	136.387	73.754		425.565	7,077
Trennsystem	245.531			179.400	424.931	7,137
Mischsystem (Ablagerung)	215.424	136.387	73.754		425.565	7,077

Tabelle A-10: Zusammenstellung der Ergebnisse Misch ⇔ Trenn des Beispiels „Ablagerung“

Drosselabfluss zur Begrenzung der einleitenden Abflussspitzen

Nat. Einzugsgebiet 65,0 km²
Gewässer: kleiner Hügel- und Berglandbach

Drosselabfluss

Fläche: Beispiel

q _R :	30	l/(s·ha)	(Tabelle 3)
A _u :	50	ha	
Q _{dr} =	1500	l/s	

Maximalabfluss / Summe aller Einleitungen in das Gewässer

Mq:	15	l/(s·km ²)	
MQ:	0,975	m ³ /s	(alternativ auch aus Q = v · h · b _{sp})
e _w :	4	-	(Tabelle 4)
Q _{dr,max} =	3900	l/s	

b _{sp} :	3	m
Fließstrecke	3000	m

Summe der Einleitungen entlang der Fließstrecke		
Beispiel	1500	l/s
ΣQ =	6000	l/s

⇒ in Abhängigkeit des zulässigen Drosselabflusses ist ein entsprechendes Speichervolumen zur Verfügung zu stellen

(Ermittlung kann nach dem Näherungsverfahren DWA-A117 erfolgen)

Tabelle A-11: Ermittlung des Drosselabflusses einer Rückhaltemaßnahme nach ATV-DWK-M 153

Dimensionierung von Regenrückhalteräumen nach A117 - Näherungsverfahren				
Gewählte Jährlichkeit n		0,2		
Niederschlagsdaten nach DWD				
T	5			
D	hn	Rn		
5 min	6,70	223,33		
10 min	9,90	165,00		
15 min	12,00	133,33		
20 min	13,60	113,33		
30 min	15,60	86,67		
45 min	17,40	64,44		
60 min	18,60	51,67		
90 min	20,70	38,33		
2 h	22,30	30,97		
3 h	24,90	23,06		
4 h	26,80	18,61		
6 h	29,90	13,84		
9 h	33,30	10,28		
12 h	35,90	8,31		
18 h	38,50	5,94		
24 h	41,20	4,77		
48 h	53,30	3,08		
72 h	54,80	2,11		
Einzugsgebietsdaten				
A _{ges}	100,00 ha			
V _G	0,50 -			
A _{red}	50,00 ha			
ψ _m	0,7 -			
A _v	33,00 ha			
Rechenwerte				
f _z	1,2			
f _a	1,0			
Q _d	1500,0 l/s			
Q _t	0,0 l/s			
Q _r	1500,0 l/s			
q _{Dr,R,u}	45,45 l/(s·ha)			
Volumenermittlung				
D	r _{D,n}	r _{D,n} ·q _{Dr,R,u}	V _{s,u}	V
min	l/(s·ha)	l/(s·ha)	m ³ /ha	m ³
5	223,33	177,88	64,04	2113,2
10	165,00	119,55	86,07	2840,4
15	133,33	87,88	94,91	3132,0
20	113,33	67,88	97,75	3225,6
30	86,67	41,21	89,02	2937,6
45	64,44	18,99	61,53	2030,4
60	51,67	6,21	26,84	885,6
90	38,33	-7,12	-46,15	0,0
120	30,97	-14,48	-125,13	0,0
180	23,06	-22,40	-290,29	0,0
240	18,61	-26,84	-463,85	0,0
360	13,84	-31,61	-819,38	0,0
540	10,28	-35,18	-1367,67	0,0
720	8,31	-37,14	-1925,56	0,0
1080	5,94	-39,51	-3072,55	0,0
1440	4,77	-40,69	-4218,33	0,0
2880	3,08	-42,37	-8785,85	0,0
4320	2,11	-43,34	-13480,58	0,0
Maximales Speichervolumen				3225,6

Tabelle A-12: Ermittlung des Speichervolumens einer Rückhaltemaßnahme nach ATV-DWK-A 117

- Die Gesamtfläche ist unterteilt in Dach-, Hof- und Straßenflächen
- Die Aufteilung erfolgte prozentual durch Vergleich von durchgeführten Luftbildauswertungen wie folgt:
 - Haus: 40%
 - Hof / Zufahrt: 25%
 - Straße: 35%
- Die CSB-Schmutzpotenziale für Haus- und Hofflächen wurden aus Literaturangaben wie folgt gewählt
 - Haus: $150 \text{ kg}/(\text{ha}_{\text{Ared}} \cdot \text{a}) \Rightarrow \text{bei } hN = 675 \text{ mm/a} \Rightarrow c_{\text{CSB}} \approx 34 \text{ mg/l}$
 - Hof / Zufahrt: $300 \text{ kg}/(\text{ha}_{\text{Ared}} \cdot \text{a}) \Rightarrow \text{bei } hN = 675 \text{ mm/a} \Rightarrow c_{\text{CSB}} \approx 68 \text{ mg/l}$
- Aus Vergleichsgründen muss folgerichtig das CSB-Schmutzpotenzial der Straßen erhöht werden, damit in der Summe der SMUSI-Standardwert von $600 \text{ kg}/(\text{ha}_{\text{Ared}} \cdot \text{a})$ erreicht wird.
 - Straße: $1.330 \text{ kg}/(\text{ha}_{\text{Ared}} \cdot \text{a}) \Rightarrow \text{bei } hN = 675 \text{ mm/a} \Rightarrow c_{\text{CSB}} \approx 300 \text{ mg/l}$
- Haus-, Hof- und Zufahrten werden zu 100% als Trennsystem modelliert, Straßenflächen werden im Mischsystem angeschlossen.
- Das spezifische Speichervolumen wurde auf den Wert von $VS = 40 \text{ m}^3/\text{ha}_{\text{Ared}}$, der als wirtschaftlich sinnvolle Obergrenze angesehen wird:
 - $V_{\text{DLB}}: 100 \text{ ha} \cdot 0,5 \cdot 35 \% \cdot 40 \text{ m}^3/\text{ha}_{\text{Ared}} = 700 \text{ m}^3$
- Der Drosselabfluss analog zur Urvariante mit 60 l/s angesetzt. Mit Bezug ausschließlich auf die angeschlossenen Straßenflächen einem Wert von $qr = 2,8 \text{ l}/\text{sha}_{\text{Ared}}$.
 - $Q_{\text{d,DLB}}: = 60 \text{ l/s}$

Tabelle A-13: Vorgaben des fiktiven Systems in der Variante „Modifiziertes Mischsystem“

Bezeichnung	Frachten und Konzentrationen (CSB)						
	KLA_Trocken	KLA_Regen	Ent_Misch	Ein_Trenn	Summe	C_Ein (Max)	C_Ein (Mit)
	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[mg/l]	[mg/l]
Mischsystem	6.463	4.092	10.212	0	20.767	172	138
Trennsystem	7.366			23.650	31.016	132	132
Modifiziertes Mischsystem	6.802	2.055	3.901	5.320	18.078	314	288

Bezeichnung	Volumen und Spitzenabfluss					
	KLA_Trocken	KLA_Regen	Ent_Misch	Ein_Trenn	Summe	Q_Ein (Max)
	[m³]	[m³]	[m³]	[m³]	[m³]	[m³/s]
Mischsystem	215.424	136.387	73.754		425.565	7,077
Trennsystem	245.531			179.400	424.931	7,137
Modifiziertes Mischsystem	226.725	68.502	13.556	116.600	425.383	

Tabelle A-14: Zusammenstellung der Ergebnisse Misch ↔ Trenn des Beispiels „Mod. Mischsystem“ mit $Q_d = 60 \text{ l/s}$ und $VS = 40 \text{ m}^3/\text{ha}_{\text{Ared}}$ (Bezug: Straßenfläche)

Mischsystem	Trennsystem
Bauliche Aspekte „Kanalisation und Hausanschlussbereich“	
<u>1 Kanalsystem (nur Mischwasser)</u>	<u>2 Kanalsystem (Schmutz- und Regenwasser)</u>
(+) Baukosten (+) Platzbedarf in der Leitungstrasse (-) Erfordernis von Entlastungsbauwerken (-) Platzbedarf durch Entlastungsbauwerke (+) Fehlanlüsse (unbewusst) (-) Anschlussmöglichkeit von Hausdrainagen	(-) Baukosten (-) Platzbedarf in der Leitungstrasse (+) Erfordernis von Entlastungsbauwerken (+) Platzbedarf durch Entlastungsbauwerke (-) Fehlanlüsse (unbewusst) (+) Anschlussmöglichkeit von Hausdrainagen
Betriebliche Aspekte „Kanalisation und Hausanschlussbereich“	
<u>Ablagerungen</u>	<u>Ablagerungen</u>
(-) Schleppspannung bei Trockenwetterabfluss im Mischwasserkanal (+) Spülwirkung bei Regenwetter	(+) Schleppspannung bei Trockenwetterabfluss im Schmutzwasserkanal (-) Spülwirkung bei Regenwetter
<u>Hydraulik</u>	<u>Hydraulik</u>
(-) Rückstau in Hausanschluss	(+) Rückstau in Hausanschluss
<u>Unterhaltung und Inspektion</u>	<u>Unterhaltung und Inspektion</u>
(+) Kosten wegen Gesamtkanallänge (-) Gegebenenfalls Pumpkosten	(-) Kosten wegen Gesamtkanallänge (+) Gegebenenfalls Pumpkosten
Bauliche Aspekte „Kläranlage“	
<u>Auslegung</u>	<u>Auslegung</u>
(-) Bemessungskenngrößen (-) Baukosten	(+) Bemessungskenngrößen (+) Baukosten
Betriebliche Aspekte „Kläranlage“	
<u>Hydraulik und Reinigungswirkung</u>	<u>Hydraulik und Reinigungswirkung</u>
(-) Pumpkosten (-) Belastungsschwankungen	(+) Pumpkosten (+) Belastungsschwankungen
Aspekt „Gewässerschutz“	
<u>Einleitungsmengen und -frachten</u>	<u>Einleitungsmengen und -frachten</u>
(+) Gesamtfrachten (z.B. CSB) (-) Schmutzkonzentrationen an den Einleitungsstellen (ausgenommen: Kläranlage) (+) Spitzenabflüsse an den Einleitungsstellen (ausgenommen: Kläranlage) (+) Ableitung und Behandlung kleiner Abflussereignisse, die nicht entlasten (-) Umwandlungsmöglichkeit in ein modifiziertes Mischsystem () Anordnung von Anlagen zur weitergehenden Mischwasserbehandlung	(-) Gesamtfrachten (z.B. CSB) (+) Schmutzkonzentrationen an den Einleitungsstellen (ausgenommen: Kläranlage) (-) Spitzenabflüsse an den Einleitungsstellen (ausgenommen: Kläranlage) (-) Ableitung und Behandlung kleiner Abflussereignisse, die nicht entlasten (-) Umwandlungsmöglichkeit in ein modifiziertes Mischsystem () Anordnung von Anlagen zur weitergehenden Regenwasserbehandlung

Tabelle A-15: Aspekte Pro und Contra bezüglich Misch- und Trennsystem

Anhang 3

Zusammenfassung der Ergebnisse der Variationsrechnungen

