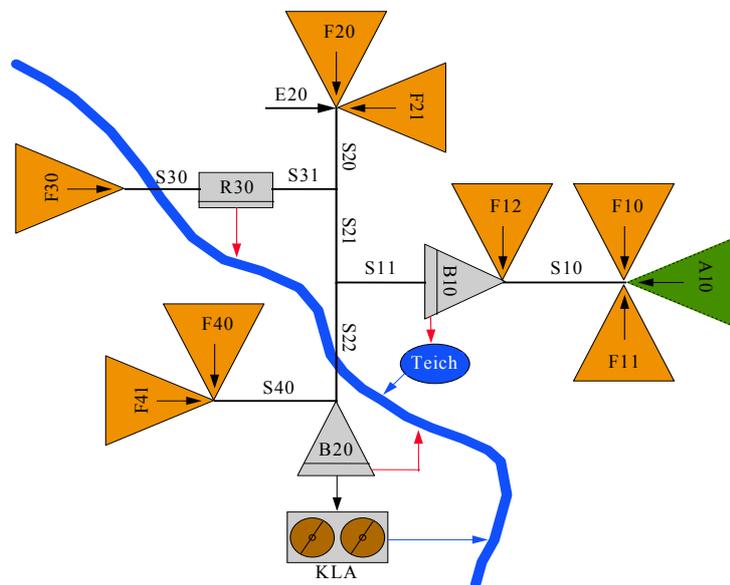


Leitfaden zur effizienten und sicheren Beurteilung von Schmutzfrachtberechnungen mit dem Modell SMUSI

Anlage 2 – Erläuterungen der Modell- und Ausgabekenngrößen



Leitfaden zur effizienten und sicheren Beurteilung von Schmutzfrachtberechnungen mit dem Modell SMUSI

Anlage 2 – Erläuterungen der Modell- und Ausgabekenngrößen

Darmstadt, August 2004

Wissenschaftliche Leitung:

Prof. Dr.-Ing. M. Ostrowski

Bearbeitung:

Dipl.-Ing. Dirk Muschalla

Auftraggeber:

**Hessisches Ministerium
für Umwelt, ländlichen Raum
und Verbraucherschutz**

INHALT

1	BESCHREIBUNG DER MODELLKENNGRÖßEN	5
1.1	ERLÄUTERUNG DER EINGANGSKENNGRÖßEN	5
1.2	ALLGEMEINE ANGABEN (ALL)	6
1.2.1	<i>Kenngrößen</i>	6
1.2.2	<i>Hinweise</i>	7
1.3	SYSTEMLOGIK UND SYSTEMSTRUKTUR (SYS)	7
1.3.1	<i>Kenngrößen</i>	7
1.3.2	<i>Hinweise</i>	9
1.3.3	<i>Beispiele zum Systemaufbau</i>	9
1.3.3.1	Gebietsabstraktion	9
1.3.3.2	Gebietsunterteilung	10
1.3.3.3	Sammler	14
1.3.3.4	Verzweigungen	17
1.3.3.5	Regenüberläufe	18
1.3.3.6	Becken	18
1.3.3.7	Simulation von Pumpwerken	19
1.4	AÜBENGEBIETE (AUS)	23
1.4.1	<i>Kenngrößen</i>	23
1.4.2	<i>Hinweise</i>	24
1.5	KANALISIERTE FLÄCHEN UND TRENNGEBIETE (FKA + TRN)	24
1.5.1	<i>Kenngrößen</i>	24
1.5.2	<i>Hinweise</i>	26
1.6	EINZELEINEITER (EIN)	28
1.6.1	<i>Kenngrößen</i>	28
1.6.2	<i>Hinweise</i>	29
1.7	SAMMLER (SAM)	29
1.7.1	<i>Kenngrößen</i>	29
1.7.2	<i>Hinweise</i>	30
1.8	REGENÜBERLÄUFE (RUE) UND VERZWEIGUNG (VER)	31
1.8.1	<i>Kenngrößen</i>	31
1.8.2	<i>Hinweise</i>	33
1.9	BECKEN (BEK)	34
1.9.1	<i>Kenngrößen</i>	34
1.9.2	<i>Hinweise</i>	36
1.10	DROSSEL (DRO)	38
1.10.1	<i>Kenngrößen</i>	38
1.10.2	<i>Hinweise</i>	39
1.11	BODENFILTER UND VERSICKERUNGSBECKEN (BOF)	40
1.11.1	<i>Kenngrößen</i>	40
1.11.2	<i>Hinweise</i>	42
1.11.2.1	Bodenfilter in Hessen	42
1.11.2.2	Bodenfilter allgemein	43
1.12	KLÄRANLAGE (KLA)	44
1.12.1	<i>Kenngrößen</i>	44
1.12.2	<i>Hinweise</i>	44

1.13	SCHMUTZKONZENTRATIONEN (SMZ).....	45
1.13.1	<i>Kenngrößen</i>	45
1.13.2	<i>Hinweise</i>	45
1.14	BRAUCHWASSERNUTZUNG (BWN).....	46
1.15	TAGESGANG (TGG).....	46
1.15.1	<i>Kenngrößen</i>	46
1.15.2	<i>Hinweise</i>	46
1.16	JAHRESGANG (JGG)	47
1.16.1	<i>Kenngrößen</i>	47
1.16.2	<i>Hinweise</i>	47
1.17	WEITERGEHENDE MISCHWASSERBEHANDLUNG (WMB).....	48
1.17.1	<i>Kenngrößen</i>	48
1.17.2	<i>Hinweise</i>	50
1.18	NIEDERSCHLAGSBELASTUNG (REG + ALL).....	50
1.18.1	<i>Kenngrößen</i>	50
1.18.2	<i>Hinweise</i>	51
1.19	SCHMUTZPOTENTIAL (POT)	52
1.19.1	<i>Kenngrößen</i>	52
1.19.2	<i>Hinweise</i>	52
2	ERLÄUTERUNG DER AUSGABEKENNGRÖßEN	54
2.1	TROCKENWETTERGANG (TWA)	55
2.1.1	<i>Beschreibung</i>	55
2.1.2	<i>Hinweise</i>	55
2.2	MAXIMALWERTE DER ENTLASTUNGSEREIGNISSE (ERG)	56
2.2.1	<i>Beschreibung</i>	56
2.2.2	<i>Hinweise</i>	57
2.3	SUMMENWERTE (SUM).....	57
2.3.1	<i>Summenwerte - Deckblatt 1</i>	57
2.3.1.1	<i>Beschreibung</i>	57
2.3.2	<i>Summenwerte - Deckblatt 2</i>	58
2.3.2.1	<i>Beschreibung</i>	58
2.3.2.2	<i>Hinweise</i>	59
2.3.3	<i>Summenwerte - Gebiets- und Systemkenngrößen</i>	60
2.3.3.1	<i>Beschreibung</i>	60
2.3.3.2	<i>Hinweise</i>	61
2.3.4	<i>Summenwerte - Zulauf- und Entlastungskenngrößen</i>	62
2.3.4.1	<i>Beschreibung</i>	62
2.3.4.2	<i>Hinweise</i>	64
2.3.5	<i>Summenwerte - Maximalabflüsse in den Auslasskanälen</i>	65
2.3.5.1	<i>Beschreibung</i>	65
2.3.5.2	<i>Hinweise</i>	66
2.3.6	<i>Summenwerte - Schmutzfrachten ausgewählter Stoffe</i>	66
2.3.6.1	<i>Beschreibung</i>	66
2.3.6.2	<i>Hinweise</i>	68
2.3.7	<i>Summenwerte - Schmutzkonzentrationen ausgewählter Stoffe</i>	69
2.3.7.1	<i>Beschreibung</i>	69
2.3.7.2	<i>Hinweise</i>	69
2.3.8	<i>Summenwerte - Wirkung der Mischwasserbehandlung</i>	70
2.3.8.1	<i>Beschreibung</i>	70
2.3.8.2	<i>Hinweise</i>	70

2.3.9	<i>Summenwerte - Kenngrößen der Brauchwassernutzung</i>	71
2.3.9.1	<i>Beschreibung</i>	71
2.3.9.2	<i>Hinweise</i>	71
2.3.10	<i>Summenwerte - Kenngrößen der Trenngebiete</i>	72
2.3.10.1	<i>Beschreibung</i>	72
2.3.10.2	<i>Hinweise</i>	72
2.3.11	<i>Summenwerte – A128-Kenngrößen</i>	73
2.3.11.1	<i>Beschreibung</i>	73
2.3.11.2	<i>Hinweise</i>	75
2.4	<i>EINZELEREIGNISSE PRO ENTLASTUNGSBAUWERK (EEE)</i>	76
2.4.1	<i>Beschreibung</i>	76
2.4.2	<i>Hinweise</i>	77
2.5	<i>BAUWERKSBUCH (BWB)</i>	78
2.5.1	<i>Beschreibung</i>	78
2.5.2	<i>Hinweise</i>	78
2.6	<i>BODENFILTERERGEBNISSE (BFS)</i>	79
2.6.1	<i>Beschreibung</i>	79
2.6.2	<i>Hinweise</i>	81
2.6.2.1	<i>Bodenfilter-Nachweis Hessen</i>	81
2.6.2.2	<i>Bodenfilter allgemein</i>	81
2.7	<i>GANGLINIEN (ABFLUSSWELLEN) PRO SYSTEMOBJEKT (WEL, ASC)</i>	83
2.7.1	<i>Beschreibung</i>	83
2.7.2	<i>Hinweise</i>	83
2.8	<i>ANIMATIONEN (ANI)</i>	83
2.8.1	<i>Beschreibung</i>	83
2.8.2	<i>Hinweise</i>	84

1 Beschreibung der Modellkenngrößen

1.1 Erläuterung der Eingangskenngrößen

Im Modell SMUSI werden die Eingangsdaten thematisch unterschieden in die folgenden Kategorien und zugehörigen Unterpunkte:

Allgemeine Daten, Optionen und Systemstruktur

- *Allgemeine Angaben*
- *Systemlogik*

Systemobjekte

- *Außengebiet*
- *Kanalisierte Fläche*
- *Trenngebiet*
- *Einzeleinleiter*
- *Sammler*
- *Verzweigung*
- *Regenüberlauf*
- *Becken*
- *Drossel*
- *Bodenfilter / Versickerungsbecken*
- *Kläranlage*

Ergänzende Daten zu Systemobjekten

- *Schmutzkonzentration*
- *Brauchwassernutzung*

Stammdaten

- *Tagesgang*
- *Jahresgang*
- *Wirkungsweise weitergehender Mischwasserbehandlung*
- *Regenreihe*
- *Schmutzpotenzial*

Nachfolgend wird für die einzelnen Punkte jeweils erläutert, welche Eingangsdaten erforderlich sind und was diese im einzelnen bedeuten. Auf die Eingangsdaten, die als besonders sensitiv und in diesem Sinne mit besonderem Augenmerk zu überprüfen sind, wird gesondert hingewiesen.

1.2 Allgemeine Angaben (ALL)

1.2.1 Kenngrößen

In den Allgemeinen Angaben sind beschreibende Angaben zur Berechnungsvariante, Daten zur Simulationssteuerung und Optionen zusammengefasst.

Kenngröße	Beschreibung
Hauptüberschriften	3 Zeilen Hauptüberschriften zur Variantenbeschreibung
Bilanzzeitraum	Simulationsbeginn (von) Simulationsende (bis) Achtung: Immer mit voller Stunde (z.B. 07:00) beginnen !
Beckenfüllung (Anfangsbedingungen)	Prozentuale Füllung aller Becken beim Simulationsbeginn 0.0 % \Rightarrow alle Becken sind leer 100.0 % \Rightarrow alle Becken sind voll
Anfangsverlust (Anfangsbedingungen)	Prozentuale Berücksichtigung der Anfangsverluste (Mulden- und Benetzungsverluste) 0.0 % \Rightarrow kein Anfangsverlust 100.0 % \Rightarrow maximaler Anfangsverlust
echte Regenreihe	Simulation mit echten (ja) oder hessischen repräsentativen (nein) Regenreihen; es ergeben sich Unterschiede bei der Abschätzung des mittleren Abflussbeiwertes und damit der Regenwasserkonzentrationen
Hessen	Festlegung, ob mit flächenspezifischen Schmutzpotentialen gerechnet wird (in Hessen ist per Erlass mit SMUSI-Standardwerten zu rechnen)
Muldenverluste	Angabe der Muldenverluste für kanalisierte Flächen in Abhängigkeit einer Neigungsklasse in mm
Absetzklassen von AFS in Becken	Festlegung der Absetzwirkungen für abfiltrierbare Stoffe (AFS) in Becken für unterschiedliche Absetzklassen in Prozent
An AFS gebundene Absetzwirkungen	Prozentuale Bindung der anderen Schmutzstoffe an die abfiltrierbaren Stoffe.
Rückstau	<u>Globale Simulationsoption</u> zur Berücksichtigung von aktivierbarem Speichervolumen im Kanalnetz.
Urbane Verdunstung	<u>Simulationsoption</u> zur Berücksichtigung einer Anpassung des Verdunstungsansatzes für unversiegelte Flächen (SMUSI-Standard) an die Verhältnisse auf versiegelten Flächen
Trockenwettergang	<u>Ausgabeoption</u> zum Schreiben der Trockenwetterganglinie an der Kläranlage in die Ausgabedatei *.TWA
Einzelereignisse	<u>Ausgabeoption</u> zum Schreiben von Maximalwerten (Abflüsse, Speichervolumina) aller Systemelemente bei Entlastungsereignissen in die Ausgabedatei *.ERG
Ereignisse/Entlastung	<u>Globale Ausgabeoption</u> , die das Schreiben von Maximalwerten (Abflüsse, Speichervolumina, Schmutzfrachten) ausgewählter Ereignisse ermöglicht

KenngroÙe	Beschreibung
Bauwerksbuch	<u>Globale Ausgabeoption</u> zum Schreiben eines Bauwerksbuchs mit den für die Berechnung relevanten KenngroÙen (Höhenkoten, Kennlinienwerten u.ä.) für alle Bauwerke.
KenngroÙen A128	<u>Ausgabeoption</u> zum Schreiben einer Tabelle in den Summenwerten, in der die KenngroÙen des Entwässerungssystems nach dem ATV-Arbeitsblatt A 128 zusammengefasst werden.
Wellenausgabe	<u>Globale Ausgabeoption</u> , die das Schreiben von Ganglinien (Abflüsse, Speichervolumina) ausgewählter Systemelemente ermöglicht
Schmutzstoff	Auswahl des Schmutzstoffs, dessen Konzentrationswerte in die Wellendatei geschrieben werden.
CSV-Format	<u>Globale Ausgabeoption</u> zur Definition des Formates der <i>Wellenausgabe</i> . Das CSV-Format ist von Tabellenkalkulationsprogrammen EXCEL direkt einlesbar
Animation	<u>Ausgabeoption</u> zum Schreiben einer Ergebnisdatei, mit der das Zusatzprogramm Grafischer Systemeditor einige Simulationsergebnisse in Form eines Films als visuelle Animation darstellen kann.

1.2.2 Hinweise

1. Unter Verwendung der in Hessen vorgeschriebenen Standardregenreihen muss der Simulationszeitraum vom 01.03.1968 00:00 bis zum 30.11.68 23:59 gesetzt sein.
2. Bei Verwendung der hessischen Standardregenreihen darf die Option „echte Regenreihen“ nicht gewählt sein.
3. Sofern die Option *Rückstau* gesetzt ist, müssen unbedingt für die Sammler, Becken und Regenüberläufe, für die eine Ermittlung des aktivierbaren Rückstauvolumens vorgenommen werden soll die korrekten Sohlhöhen angegeben werden, da es ansonsten zu einer Verfälschung der Berechnungsergebnisse kommt.
4. Die Ausgabeoptionen *Wellenausgabe* und *Animation* sollte nicht im Rahmen einer Langzeitsimulation gesetzt werden, da die entstehende Ergebnisdatei mehrere 100 MByte umfassen kann.

1.3 Systemlogik und Systemstruktur (SYS)

1.3.1 KenngroÙen

Mit dem Begriff **Systemlogik** wird die Verknüpfung (Zulauf-/Ablaufbeziehungen) der einzelnen Systemobjekte untereinander bezeichnet. Erst die Angabe dieser Verknüpfungen ermöglicht es dem Simulationsprogramm, die Berechnung des Niederschlag-Abfluss-Prozesses für die einzelnen Elemente durchzuführen.

Die zentrale Funktion zur Aufstellung der Systemlogik ist neben der Gebietsabstraktion die Zuordnung der Abläufe der anderen Systemobjekte. Es werden prinzipiell nur Abläufe zugeordnet, die Zuläufe werden auf Basis der Angaben zu den Abläufen automatisch ermittelt.

Um dem Anwender von SMUSI ein Hilfsmittel zur komfortablen Erstellung und Bearbeitung von Systemlogiken zur Verfügung zu stellen, steht ein **grafischer Systemeditor** zur Verfügung. Mit seiner Hilfe kann die Systemlogik in grafischer Form direkt am Bildschirm erstellt und ausgedruckt werden. Die mit dem Systemeditor erstellte Verknüpfung des Systems wird von SMUSI übernommen.

Für die Durchführung einer Simulation muss die Systemlogik in einer bestimmten Reihenfolge vorliegen (es darf kein Systemobjekt als Zulaufelement angegeben sein, bevor es nicht definiert wurde). Zur Berechnung einer Reihenfolge unter diesem Kriterium dient die Funktion *Prüfen und Sortieren*. In ihr wird die Systemlogik auf "Ringschlüsse", nicht zugeordnete Systemobjekte und andere Inkonsistenzen geprüft, sowie aus dem konsistenten System eine Reihenfolge für die Berechnung im Simulationsprogramm ermittelt.

Ohne erfolgreiche Prüfung kann eine Simulation nicht gestartet werden !

Folgende Kenngrößen sind zur Aufstellung der Systemlogik erforderlich oder wählbar:

Kenngröße	Beschreibung
Bezeichnung	Name des Systemelements
Kennung (Typ + Index)	Kennung des Systemelements
Ablauf 1	Kennung des ersten Ablaufelementes
Ablauf 2	Kennung des zweiten Ablaufelementes
Rückstau	Simulationsoption zum Abschalten der Berücksichtigung von aktivierbaren Speichervolumina im Kanalnetz für das jeweilige Systemelement und dessen Oberlieger bis zum nächsten Bauwerk, falls globale Simulationsoption für Rückstau gesetzt.
Ereig./Entl.	Ausgabeoption zum Schreiben von Maximalwerten (Abflüsse, Speichervolumina, Schmutzfrachten) in die Ausgabedatei *.EEE, wenn im Formular Allgemeine Angaben die globale Ausgabeoption <i>Ereignisse/Entlastung</i> gesetzt ist.
BW-Buch	Ausgabeoption zum Schreiben eines Bauwerksbuchs mit den für die Berechnung relevanten Kenngrößen (Höhenkoten, Kennlinienwerten u.ä.). Sofern im Formular Allgemeine Angaben die Option <i>Bauwerksbuch</i> nicht gesetzt ist, kann dies hier übersteuert werden.
Welle	Ausgabeoption zum Schreiben von Ganglinien bei Regenerereignissen (SMUSI-Definition) in die Ausgabedatei ???_WEL.ASC, wenn im Formular Allgemeine Angaben die globale Ausgabeoption <i>Wellenausgabe</i> gesetzt ist.

1.3.2 Hinweise

1. Der korrekte Aufbau der Systemlogik, insbesondere die Gebietsabstraktion, die Zuordnung der Teileinzugsgebiete zu den jeweiligen Entlastungsanlagen, ist Grundbestandteil einer sachgerechten Simulation. Dies ist anhand des vorgelegten Kartenmaterials in jedem Fall zu prüfen.

1.3.3 Beispiele zum Systemaufbau

1.3.3.1 Gebietsabstraktion

In SMUSI werden drei Flächenarten unterschieden:

- Außengebiete (AUS)
- Kanalisierte Flächen im Mischsystem (FKA)
- Kanalisierte Flächen im Trennsystem (TRN)

Die Abstraktion der realen Flächen in die SMUSI-Systemelemente erfolgt unter hydrologischen Gesichtspunkten, d.h. Flächen mit ähnlichen Übertragungseigenschaften, die zu einem Punkt hin entwässern, werden zu einer Einheit zusammengefasst (siehe Abb. 1)

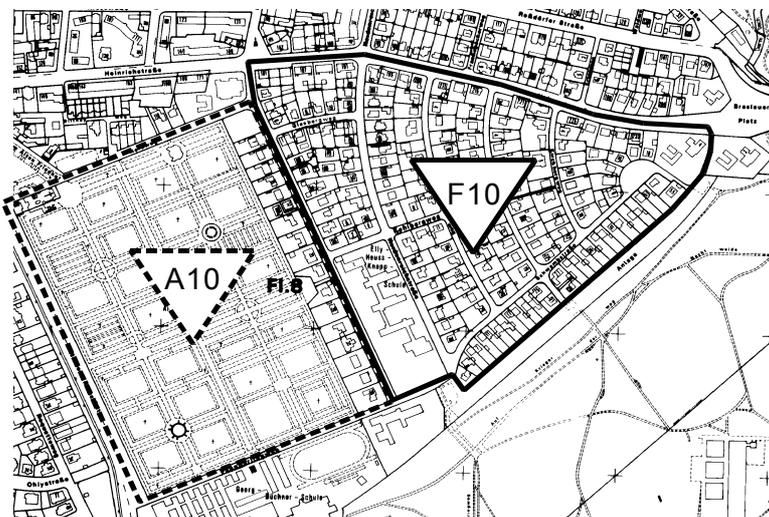


Abb. 1: Beispiel zur Gebietsabstraktion

Der Entwässerungspunkt ist zugleich der Zulauf zum folgenden Systemelement (Sammler, Verzweigung, Regenüberlauf oder Becken). Je nach Flächengröße und zugehörigem Entwässerungssystem können unterschiedliche Ersatzsysteme sinnvoll sein (siehe Abb. 2).

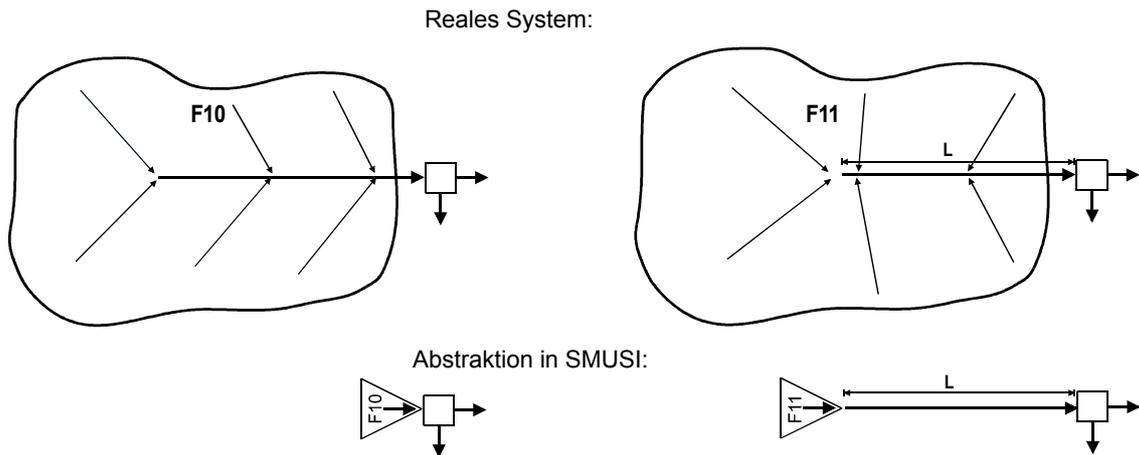


Abb. 2: Beispiel zur Abstraktion unterschiedlicher Ersatzsysteme

Für die kanalisiert Flächen sind die Flächengrößen und der zugehörige Versiegelungsgrad sowie der mittlere Trockenwetterabfluss mit besonderer Sorgfalt zu erheben, da sie als sensitive Kenngrößen einen starken Einfluss auf die Simulationsergebnisse nehmen.

1.3.3.2 Gebietsunterteilung

- **Außengebiete**

Der Einfluss der Außengebiete auf den Gesamtabfluss eines städtischen Einzugsgebiets ist i.d.R. eher von untergeordneter Bedeutung, so dass auf einen übertriebenen Detaillierungsgrad verzichtet werden kann; d.h. die weitere Unterteilung eines Außengebiets ist überflüssig. Außengebiete mit ähnlichem Übertragungsverhalten können zusammengefasst werden.

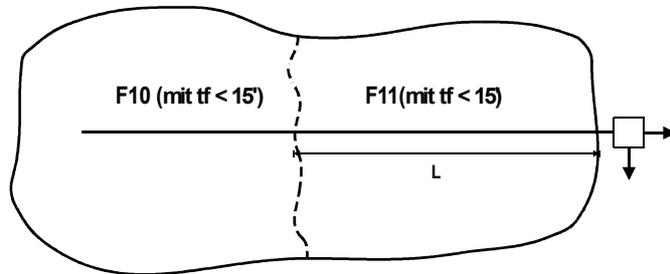
- **Kanalisierte Flächen (Mischsystem)**

Nachfolgend werden die Kriterien beschrieben, unter denen eine Gebietsunterteilung in SMUSI notwendig wird, damit die Berechnungsalgorithmen zuverlässige Ergebnisse liefern.

Gesamtfließzeit

Beträgt die Gesamtfließzeit t_f einer definierten Fläche mehr als 15-20 Minuten (3-4 Berechnungszeitintervalle), sollte diese Fläche unterteilt werden (siehe Abb. 3)

Reales System:



Abstraktion in SMUSI:

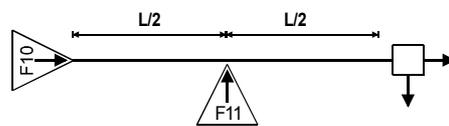
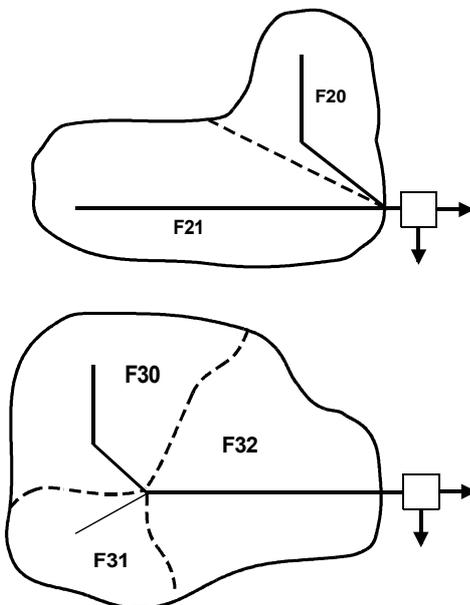


Abb. 3: Gebietsunterteilung wegen zu großer Gesamtfließzeit

Fließzeitunterschiede

Führen zu einem Entlastungsbauwerk Sammlerstränge mit unterschiedlicher Fließzeit, sollten sie entkoppelt werden (siehe Abb. 4). Dies gilt jedoch nur, wenn die zugehörigen Flächenanteile auch von Gewicht sind.

Reale Systeme :



Abstraktion in SMUSI:

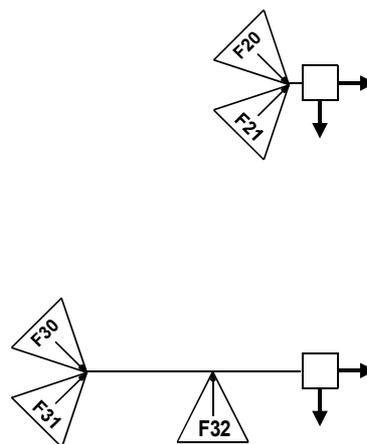


Abb. 4: Gebietsunterteilung bei unterschiedlicher Fließzeit (dargestellte Längen entsprechen der Fließzeit)

Unterschiedliche Neigungsgruppen

Liegt das Einzugsgebiet einer Entlastung in stark unterschiedlichen Neigungsgruppen (z.B. oberer Teil steil, unterer Teil flach), sollte eine Gebietsunterteilung unbedingt vorgenommen werden, da die Verlustbildung auf der Oberfläche unterschiedlich ist (siehe Abb. 5).

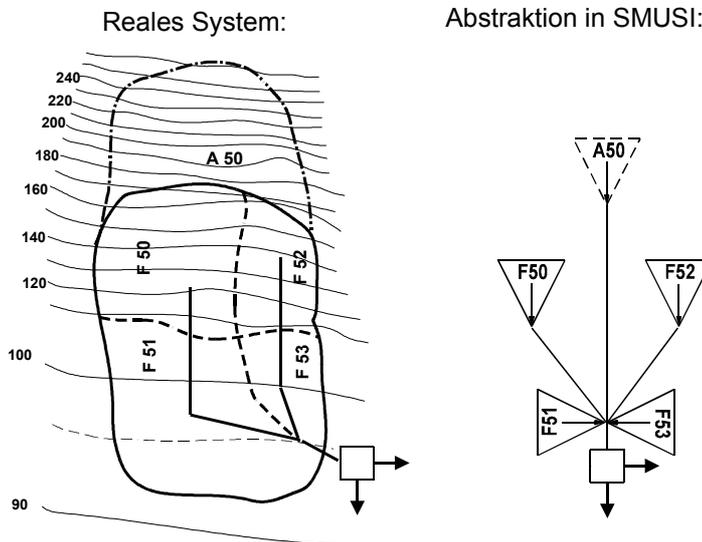


Abb. 5: Gebietsunterteilung wegen unterschiedlichen Neigungen

Der Abfluss des Außengebietes A50 in Abb. 5 kann über eine Fließzeitverschiebung dem Entlastungsbauwerk zugeführt werden.

Unterschiedliche Versiegelungsgrade

Bei unterschiedlichen Versiegelungsgraden ist, sofern die bisher aufgezählten Unterteilungskriterien nicht zum Tragen kommen, keine Unterteilung erforderlich. Eine flächengewichtete Berechnung des mittleren Versiegelungsgrades ist ausreichend.

Sollten jedoch unterschiedliche Flächennutzungen vorliegen, so kann eine Unterteilung im Hinblick auf die bessere Zuordnung des Trockenwetterabflusses ratsam sein (siehe Abb. 6).

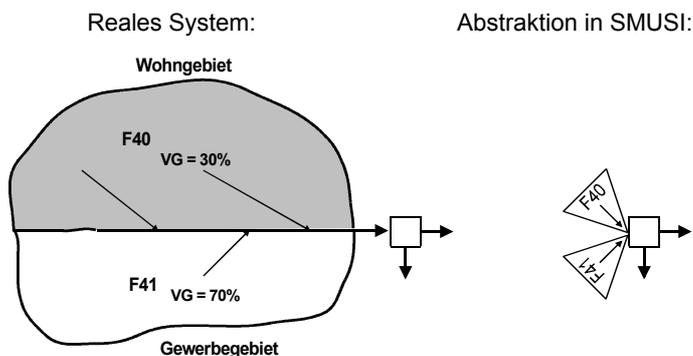


Abb. 6: Gebietsaufteilung aufgrund unterschiedlicher Gebietsstrukturen

Einzugsgebietsgröße

In der Regel wird mit zunehmender Einzugsgebietsgröße eines der o.g. Kriterien greifen und eine Unterteilung erforderlich werden lassen. Sofern die empfohlene Maximalgröße von 30 ha nicht überschritten wird, ist die Einzugsgebietsgröße allein unerheblich für eine Gebietsunterteilung (siehe Abb. 7).

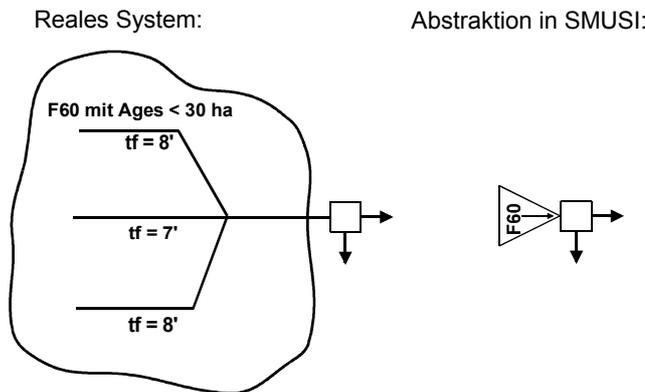


Abb. 7: Keine Gebietsunterteilung notwendig, da die Fließzeiten der Hauptsammler nahezu gleich sind und $A < 30$ ha ist

- **Trenngebiete (Kanalisierte Flächen im Trennsystem)**

In SMUSI werden ab der Version 4.0 Trenngebiete als eigener Flächentyp behandelt. Es werden hierbei zwei Anwendungsfälle unterschieden.

Trenngebiete ohne Fehlanschlüsse

In die Eingabemaske werden vollkommen analog zu den kanalisierten Flächen im Mischsystem alle notwendigen Kenngrößen zur Berechnung des Oberflächenabflusses mit zugehörigen Schmutzfrachten eingegeben. Bei der Simulation werden die Trockenwetterabflussanteile an das unterhalb liegende Systemelement weitergeleitet. Der ermittelte Oberflächenabfluss sowie die Schmutzfrachten werden ebenfalls bilanziert und in einer gesonderten Ergebnistabelle ausgegeben. Für diese Abflussanteile wird die Modellannahme getroffen, dass sie nicht im System verbleiben, sondern direkt in den Vorfluter eingeleitet werden.

Die Flächenkenngrößen werden im Ergebnisausdruck *Systemkenngrößen* getrennt mit ausgegeben.

Anmerkung:

Werden keine Flächenkenngrößen (Fließzeit, Neigungsgruppe, Versiegelungsgrad, CN-Wert und Regenreihe) für das Trenngebiet angegeben, erfolgt die Simulation lediglich für die Trockenwetteranteile. Zur Ermittlung einer vollständigen Volumen- und Frachtbilanz ist diese Berechnungsmethode allerdings nicht zu empfehlen.

Trenngebiete mit Fehlan schlüssen

Trenngebiete mit Fehlan schlüssen werden mit Hilfe eines einfachen Ersatzsystems berücksichtigt. Hierzu ist im Anschluss an das Trenngebiet eine fiktive Verzweigung (Berechnungstyp - Näherung, siehe 1.8) anzuordnen, die nur einen Ablauf hat. Mit Hilfe dieser Verzweigung kann eine Obergrenze des Abflusses des Trennsystems angegeben werden, indem der maximale Abfluss des Gebiets als Drosselabfluss eingetragen wird.

Für Abflüsse, die diesen Wert überschreiten, wird die Modellannahme getroffen, daß sie direkt in den Vorfluter eingeleitet werden (siehe Abb. 8).

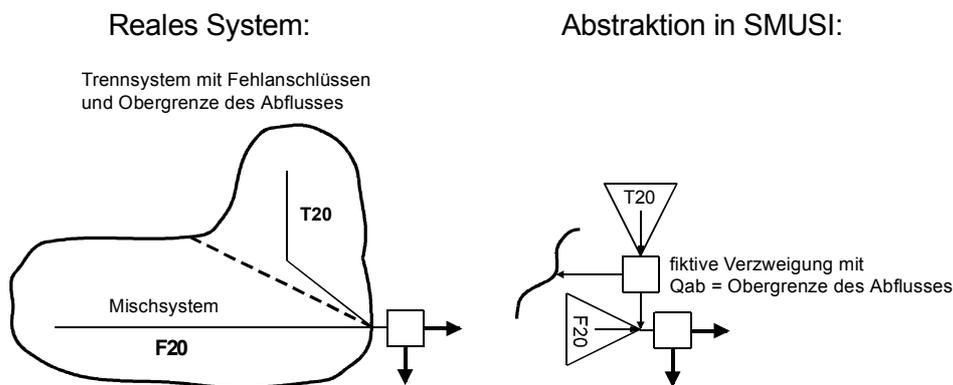


Abb. 8: Simulation von Trenngebieten mit Fehlan schlüssen durch Ansatz einer fiktiven Verzweigung

Für solche Trenngebiete ist die Eingabe aller Flächenkenngrößen erforderlich. Die einzelnen Abfluss- und Verschmutzungsanteile werden während der Simulation getrennt bilanziert und in einer gesonderten Ergebnistabelle ausgegeben.

1.3.3.3 Sammler

In Entwässerungssystemen werden zum Transport des Wassers Sammler angeordnet. Sammler verfügen aufgrund ihrer geometrischen und Materialkenngrößen über Translations- (Transport) und Retentions- (Speicher-) Eigenschaften. In SMUSI kann in Simulationsrechnungen entweder nur die reine Translation durch Eingabe einer Fließzeitverschiebung oder ebenfalls eine Wellenretention durch Angabe der notwendigen Sammlerkenngrößen vorgesehen werden.

Zusätzlich besteht ab der Version 4.0 die Möglichkeit, das durch Bauwerke (Regenbecken, Regenüberläufe mit hochgezogenen Schwellen) in Sammlern aktivierte statische Rückstauvolumen mit zu berücksichtigen. Hierzu ist allerdings die Eingabe der sohlbezogenen Höhen sowohl für die jeweiligen Sammler als auch für die Bauwerke notwendig.

Je nach Zielsetzung der Simulationsrechnung sollte der Anwender abwägen, ob vorhandene Datensätze älterer Versionen durch die realen Höhenkoten ergänzt werden sollten. Im Sinne einer verbesserten Abbildung des tatsächlichen Abflussgeschehens wird diese Vorgehensweise jedoch dringend angeraten.

Wahl repräsentativer Sammler

Neben der korrekten Ermittlung der Kenngrößen der Sammler, ist auch die "richtige" Abstraktion des realen Entwässerungssystems für die Qualität der Simulationsergebnisse von entscheidender Bedeutung. Nachfolgend werden einige Hinweise zur Wahl von repräsentativen Sammlern gegeben.

Ein Einzugsgebiet ist in zwei Teilflächen unterteilt worden (siehe Abb. 9). Die Sammler zwischen der Einleitung aus Teilgebiet F10 und der Entlastung haben ungefähr gleiches Gefälle, so dass die Durchmesserergrößerung von DN 600 auf DN 1000 auf den seitlichen Zuflüssen aus der Teilfläche F11 beruht. Wird die Teilfläche F11 direkt an der Entlastung eingeleitet, so wird das Übertragungsverhalten des Abflusses der Fläche F10 nach der Einleitung mit guter Näherung durch die Wahl eines Transportsammlers des Durchmessers DN 600 abgebildet. Als Fließzeit für die Teilfläche F11 ist die längste Fließzeit bis zur Entlastung zu wählen.

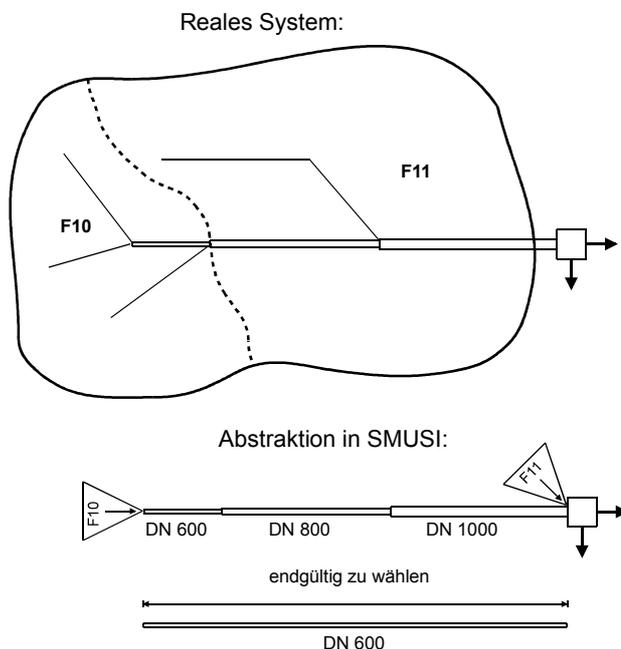


Abb. 9: *Wahl des repräsentativen Sammlers bei zwei Teilflächen*

Wird hingegen das Einzugsgebiet in 3 Teilflächen unterteilt, so empfiehlt sich eine Abstraktion gemäß Abb. 10. Als Fließzeit für das Zwischeneinzugsgebiet F12 ist die Fließzeit bis zur Einleitungsstelle in den Sammler zu wählen, nicht die bis zur Entlastung!

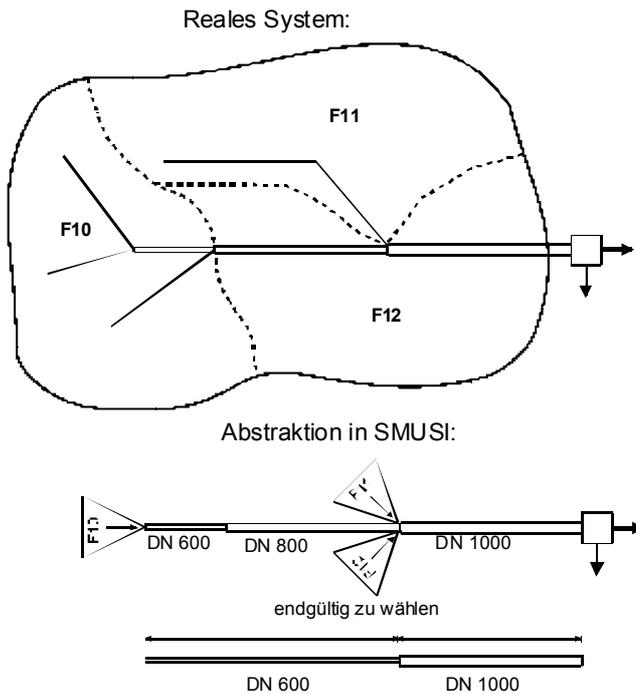


Abb. 10: Wahl der repräsentativen Sammler bei drei Teilflächen

Sollen die Sammlervolumen in der Simulation mit berücksichtigt werden, ist nicht unbedingt eine weitere Unterteilung der Flächen erforderlich. Allerdings müssen die Sammler mit ihren korrekten Abmessungen eingegeben werden.

Nullsammler

Bei SMUSI können nur 3 Zuflüsse ein Systemelement belasten. Wie Abb. 11 zeigt, ist dies jedoch nicht immer ausreichend. In solchen Situationen kann man sich mit der Einführung eines Nullsammlers helfen, bei dem die Zuflusswellen zwar überlagert, aber ansonsten nicht verändert werden (siehe Abb. 11).

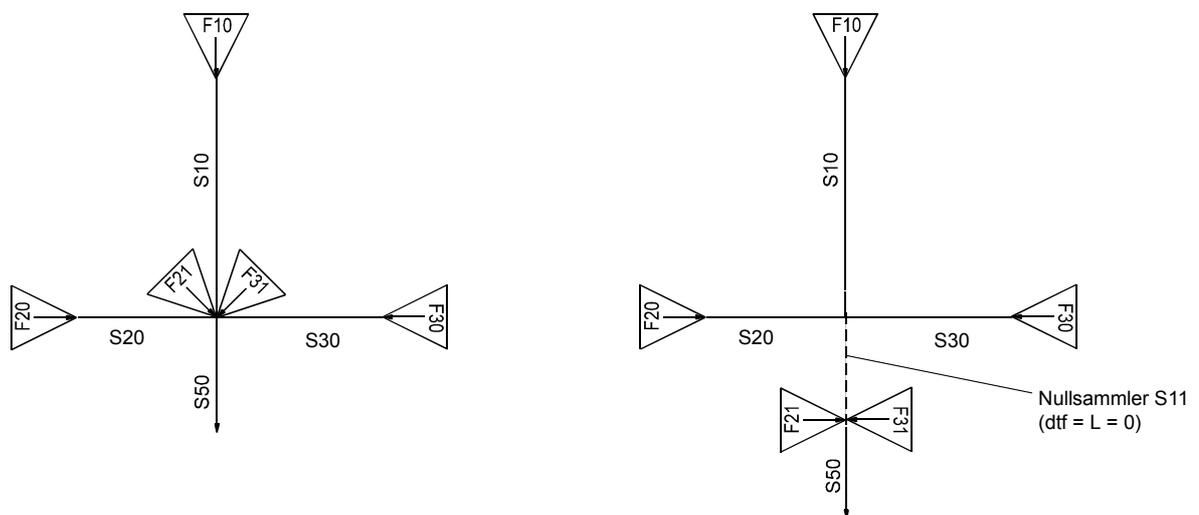


Abb. 11: Systemaufspaltung durch Einfügen eines Nullsammlers

1.3.3.4 Verzweigungen

Die Simulation von Verzweigungen oder Vermaschungen im Netz ist davon abhängig, ob der verzweigte Abfluss ein oder zwei Entlastungsbauwerke beaufschlagt. Laufen die Sammler nach der Verzweigung an einem Entlastungsbauwerk wieder zusammen, braucht die Verzweigung nicht simuliert zu werden (siehe Abb. 12 links). Werden hingegen zwei Entlastungsbauwerke durch die Teilströme der Verzweigung angeströmt, ist die Simulation der Verzweigung erforderlich (siehe Abb. 12 rechts).

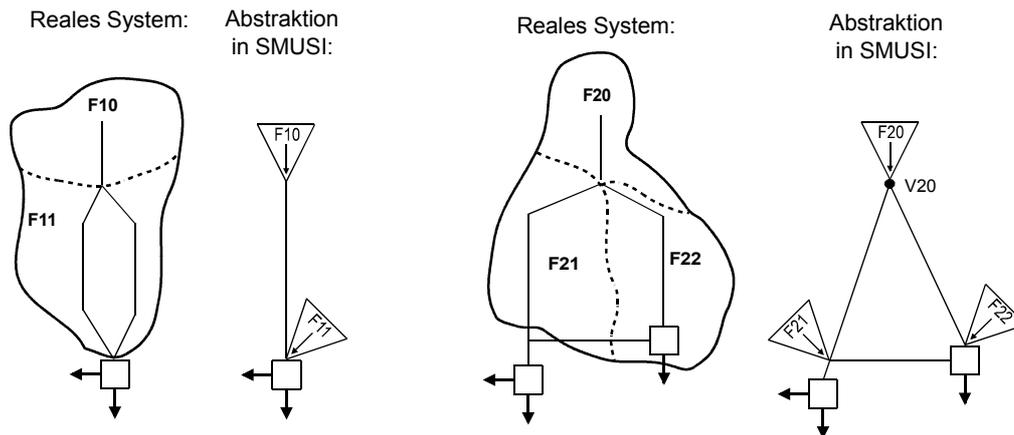


Abb. 12: Simulation von Verzweigungen

Für die Berechnung von Verzweigungen stehen optional die drei Möglichkeiten *Näherungsberechnung*, Angabe *benutzerdefinierter Kennlinien* und eine *interne Kennlinienberechnung* (siehe 1.8) zur Verfügung. Sofern durch das Bauwerk ein relevantes Rückstauvolumen aktiviert wird und/oder die Drosselleistung höhenabhängig ist, wird die Anwendung der internen Kennlinienberechnung empfohlen. Hierzu müssen die korrekten geometrischen Kenngrößen der Verzweigung mit zugehöriger Drossel sowie der oberhalb liegenden Sammler eingegeben und die Option *Rückstauberechnung* gewählt werden. Die Ermittlung des Rückstauvolumens endet sobald ein anderes Bauwerk erreicht wird, ein Sammler mit reiner Fließzeitverschiebung vorliegt oder für den jeweiligen Sammler die Rückstauberücksichtigung manuell ausgeschaltet wurde. Bei der internen Kennlinienberechnung darf nur ein Sammler als direktes Zulaufelement (eine sog. Beruhigungsstrecke) vorliegen (siehe Abb. 13).

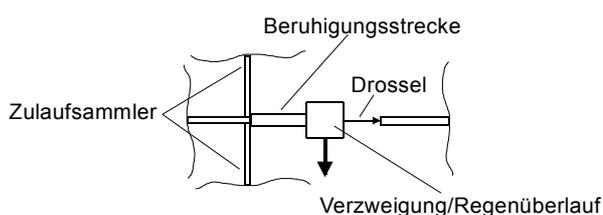


Abb. 13: Anordnung einer Beruhigungsstrecke bei Anwendung der internen Kennlinienberechnung

1.3.3.5 Regenüberläufe

Regenüberläufe werden vollkommen analog zu Verzweigungen behandelt. Einziger Unterschied ist, dass die Abflüsse und Schmutzfrachten, die nicht durch die Drossel weitergeleitet werden, entlasten, d.h. in den Vorfluter eingeleitet werden.

Zur Wahl des Berechnungstyps gilt ebenfalls das oben genannte.

1.3.3.6 Becken

Für Becken stehen in SMUSI ebenfalls die drei Berechnungsmöglichkeiten *Näherung*, *benutzerdefinierte Kennlinien* und *interne Kennlinienberechnung* zur Verfügung. Sofern durch das Bauwerk ein für die Simulation relevantes Rückstauvolumen aktiviert wird und/oder die Drosselleistung höhenabhängig ist, wird die Anwendung der internen Kennlinienberechnung empfohlen. Hierzu müssen die korrekten geometrischen Kenngrößen des Beckens mit zugehöriger Drossel sowie der oberhalb liegenden Sammler eingegeben und die Option *Rückstau-berechnung* gewählt werden. Die Ermittlung des Rückstauvolumens endet sobald ein anderes Bauwerk erreicht wird, ein Sammler mit reiner Fließzeitverschiebung vorliegt oder für den jeweiligen Sammler die Rückstauberücksichtigung manuell ausgeschaltet wurde.

Ab der Version 4.0 ist bei Becken die Wiedereinleitung von entlastetem Wasser in das Kanalnetz möglich. Hierzu ist analog zu einer Verzweigung in der Systemlogik ein zweites Ablaufelement für das Becken anzugeben. Da ein solches Becken nicht in den Vorfluter entlastet, werden in den Ergebnisausdrucken die entsprechenden Kennwerte (z.B. Entlastungsvolumen, Entlastungsdauer u.ä.) nicht aufgeführt.

Im Anschluss oder in Verbindung mit Becken ist die Anordnung von weitergehenden Mischwasserbehandlungsmaßnahmen möglich. Hierzu wurden die Kenngrößen der Becken um eine Kennung für die jeweilige Maßnahme erweitert (siehe Kap. 1.9). Die Wirkungen der jeweiligen Maßnahmen müssen zuvor in der entsprechenden Eingabemaske (WMB) definiert werden. Bei Anordnung einer weitergehenden Mischwasserbehandlungsmaßnahme ist die Wiedereinleitung entlasteten Wassers nicht möglich.

Anmerkung:

Bei Anordnung eines Bodenfilters oder Versickerungsbeckens nach Abb. 14 wird das über den Klärüberlauf entlastende Wasser dem Bodenfilter zugeführt, das über den Beckenüberlauf entlastende Wasser wird direkt, d.h. unbehandelt in den Vorfluter eingeleitet. Dementsprechend ist die Anordnung eines Bodenfilters nur in Verbindung mit einem Durchlaufbecken oder eine Stauraumkanal mit untenliegender Entlastung möglich.

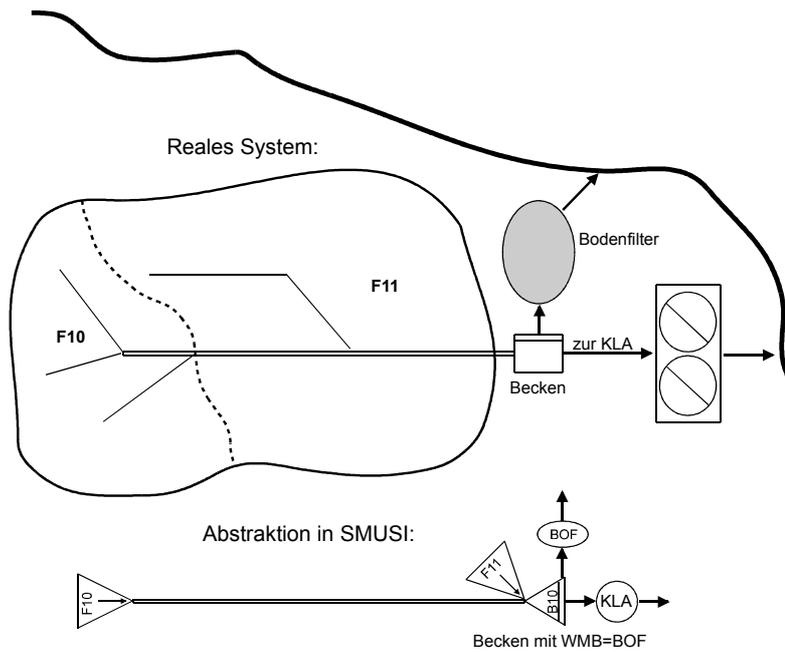


Abb. 14: Anordnung eines Bodenfilters als weitergehende Mischwasserbehandlungsmaßnahme

1.3.3.7 Simulation von Pumpwerken

In Mischwassernetzen sind häufig Pumpwerke im Zusammenhang mit Überlauf- und Rückhaltebecken zur Förderung von Q_{ab} bzw. zur Beckenentleerung anzutreffen. Die Simulation dieser Pumpwerke erfolgt automatisch durch das Element "Becken" durch Angabe einer entsprechenden Kennlinie für den Drosselabfluss. Darüber hinaus gibt es jedoch weitere Pumpwerke, für die eine mögliche Simulation nachfolgend beschrieben wird.

Mischwasserhebwerke

Wird der gesamte Mischwasserabfluss eines Sammlergebietes gehoben, so ist bei SMUSI ein Staukanal mit untenliegender Entlastung (SKU), großem Speicherinhalt und einer der Pumpwerksleistung entsprechenden Abgabemenge Q_{ab} anzusetzen. Durch den Speicherinhalt wird das Rückstauvolumen des Kanalnetzes simuliert, welches bei Zuflüssen größer als die Pumpwerksleistung aktiviert wird.

Die Ermittlung des Speichervolumens kann intern mit Hilfe der Rückstauoption erfolgen, indem die Schwellenhöhe des SKU ausreichend hoch angegeben wird. Die ermittelte Größe des aktivierbaren Rückstauvolumens kann dem Bauwerksbuch entnommen werden. Der Ansatz eines SKU wird empfohlen, da hierbei das gespeicherte Abwasser keiner Absetzwirkung unterliegt. Das Volumen ist auf jeden Fall so zu wählen, dass es zu keiner Entlastung des fiktiven SKU kommt.

Pumpwerke für Teilströme

In Abb. 15 wird das "Pumpwerk hoch" durch eine Verzweigung, das "Pumpwerk tief" gemeinsam mit dem RÜB als Becken simuliert. Zur Verdeutlichung des Fließschemas ist die Systemlogik auszugsweise mit angegeben.

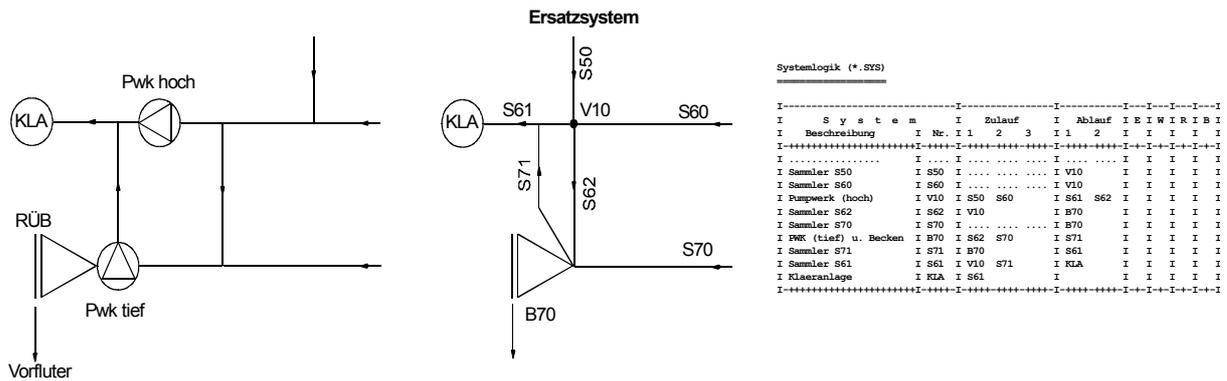


Abb. 15: Simulation von Pumpwerken für Teilströme

Pumpwerke als Trennbauwerke

Ein Sonderfall von Pumpwerken liegt vor, wenn sie quasi als Trennbauwerke angeordnet sind (Abb. 16)

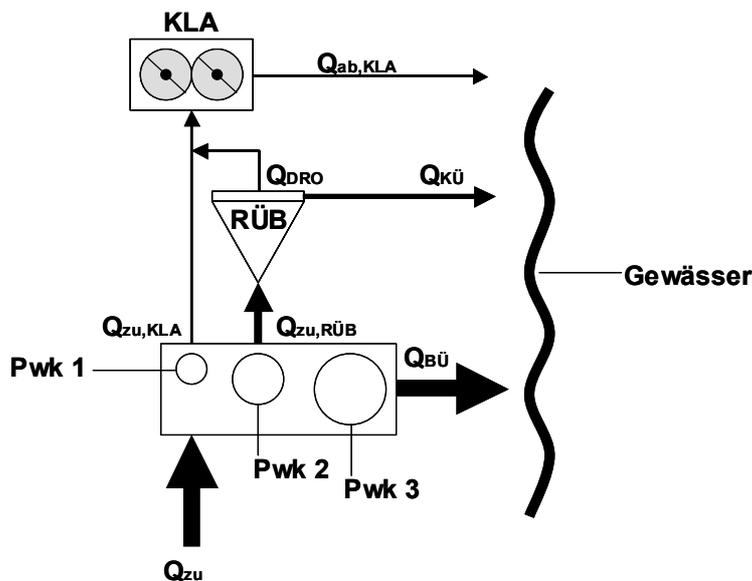


Abb. 16: Simulation von Pumpwerken als Trennbauwerke

In dem dargestellten Fall erfolgt die Aufteilung der Zuflussmenge folgendermaßen:

- Pumpwerk 1 (Pwk 1) fördert in der Regel mehrstufig die maximal durch die Kläranlage zu verarbeitende Wassermenge $Q_{zu,KLA}$ direkt zur Kläranlage.
- Pumpwerk 2 (Pwk 2) fördert höhen- und somit zuflussabhängig $Q_{zu,RÜB}$ zum Regenüberlaufbecken, das als Durchlaufbecken (DLB) im Nebenschluss angeordnet ist. Hierbei ist darauf zu achten, dass die Klärbedingung für das DLB eingehalten wird ($Q_{zu,RÜB} \leq Q_{krit}$). Das Becken wird am Ende des Ereignisses durch eine Pumpe entleert.
- Pumpwerk 3 (Pwk 3) fördert ebenfalls höhenabhängig die Differenz des Gesamtzuflusses minus der Summe aus Kläranlagen- und Beckenzufluss direkt in das empfangende Gewässer und funktioniert somit quasi als Beckenüberlauf ($Q_{BÜ} = Q_{zu} - [Q_{zu,KLA} + Q_{zu,RÜB}]$).

Je nach Anforderung an die Genauigkeit und die vorliegenden Gegebenheiten gibt es prinzipiell drei Möglichkeiten eine solche Systemkonstellation abzubilden.

1. Wenn lediglich Aussagen hinsichtlich der Gesamtentlastungsfracht gefordert sind und im Zulauf nur unwesentliches Kanalvolumen beansprucht wird, reicht die gemeinsame Simulation aller drei Pumpwerke und des RÜB als ein Becken aus, dessen Kennlinie sich folgendermaßen ergibt:
 - Der Drosselabfluss entspricht der maximalen Pumpleistung des Pwk 1 ($Q_{zu,KLA}$).
 - Der Abfluss über den Klärüberlauf entspricht der Pumpleistung des Pwk 2 ($Q_{zu,RÜB}$).
 - Der Rest wird automatisch über den Beckenüberlauf abgeschlagen.
2. Wenn das Pumpwerk entsprechend seiner eigentlichen Funktion als Trennbauwerk also quasi als Regenüberlauf betrachtet werden soll, ist die Anordnung von zwei Systemelementen erforderlich. Sofern wiederum kein nennenswerter Einfluss durch Rückstau vorliegt, kann das System in Form eines Regenüberlaufs mit anschließenden Regenüberlaufbecken abgebildet werden. Die Kennlinien ergeben sich folgendermaßen:
 - Der Drosselabfluss des RÜ entspricht der maximalen Pumpleistung des Pwk 1 ($Q_{zu,KLA}$) plus der Pumpleistung des Pwk 2 ($Q_{zu,RÜB}$).
 - Der Drosselabfluss des RÜB entspricht der maximalen Pumpleistung des Pwk 1 ($Q_{zu,KLA}$), der Abfluss über den Klärüberlauf der Pumpleistung des Pwk 2 ($Q_{zu,RÜB}$).
 - Da das RÜB in diesem Fall nie mehr Zufluss als die Summe des Drosselabflusses und des Abflusses über den Klärüberlauf erhält, springt dessen Beckenüberlauf auch nicht an. Diese Funktion übernimmt nun folgerichtig der vorgeschaltete RÜ.

3. Wenn das Pumpwerk wie in Fall 2 entsprechend seiner Funktion als Trennbauwerk betrachtet werden soll, im Gegensatz zu Fall 2 jedoch ein nennenswerter Einfluss durch Rückstau vorliegt, muss zur sachgerechten Berücksichtigung das Pumpwerk als SKU abgebildet werden. Das folgende Regenbecken wird wie in Fall 2 simuliert. Die Abbildung als SKU ist notwendig, da SMUSI für ein RÜ keine Kennlinienwerte unterhalb der Entlastungsschwelle kennt¹. Die Kennlinien ergeben sich folgendermaßen:
- Der Drosselabfluss des SKU entspricht der höhenabhängigen Pumpleistung des Pwk 1 ($Q_{zu,KLA}$) plus der höhenabhängigen Pumpleistung des Pwk 2 ($Q_{zu,RÜB}$).
 - Der Drosselabfluss des RÜB entspricht der maximalen Pumpleistung des Pwk 1 ($Q_{zu,KLA}$), der Abfluss über den Klärüberlauf der Pumpleistung des Pwk 2 ($Q_{zu,RÜB}$).
 - Wie in Fall 2 erhält auch hier das Becken nur soviel Zufluss, wie durch den gemeinsamen Abfluss aus Drossel und Klärüberlauf abgeführt werden kann. Das Pumpwerk aktiviert allerdings nun Speichervolumen im Zulaufkanal, das entsprechend der gesonderten Anforderungen an einen SKU ($SFE_{CSB} < 225 \text{ kg/ha}_{Ared}$) berücksichtigt werden kann.

¹ Ein RÜ hat ja auch definitionsgemäß kein Speichervolumen, insofern muss unterhalb der Schwelle $Q_{ab} = Q_{zu}$ sein, da ansonsten die Volumenbilanz also die Kontinuitätsgleichung verletzt würde.

1.4 Außengebiete (AUS)

1.4.1 Kenngrößen

Mit *Außengebieten* werden die natürlichen Einzugsgebiete des Entwässerungsnetzes bezeichnet, deren Oberflächenwasser zwar in die Kanalisation eingeleitet, aber als unverschmutzt betrachtet wird. Charakterisiert werden die Außengebiete durch die folgenden Kenngrößen.

Kenngröße	Beschreibung
Elementname	Bezeichnung des Außengebiets
Fläche (A)	Größe des Außengebiets [ha]
Versiegelungsgrad (VG)	Versiegelungsgrad des Außengebiets durch Straßen, Wege o.ä. [-]
Höhe oben (Ho)	Höchster Punkt im Gebiet [m+NN]
Höhe unten (Hu)	Tiefster Punkt im Gebiet [m+NN]
Gebietslänge (L)	Länge des Fließwegs zwischen Ho und Hu [m]
CN-Wert (CN) *	CN-Wert des unbefestigten Flächenanteils [%]
Basisabflussspende (qB)	mittlere jährliche Basisabflussspende [l/skm ²]
Jahresgang (KJ B)	Jahresgang der Basisabflussspende
Regenreihe (R)	Der Fläche zugehörige Regenreihe

* Erläuterungen zum CN-Wert /DVWK, 1991/:

Die Abflussbildung von unversiegelten Flächen wird in SMUSI nach dem SCS-Verfahren berechnet. Zur Erfassung des Einflusses unterschiedlicher Bodenarten auf diesen Prozess werden vier Bodentypen unterschieden.

Bodentyp A: Böden mit großem Versickerungsvermögen auch nach starker Vorbefeuchtung, z. B. tiefe Sand- und Kiesböden

Bodentyp B: Böden mit mittlerem Versickerungsvermögen. Tiefe bis mäßig tiefe Böden mit mäßig feiner bis grober Textur, z. B. mitteltiefe Sandböden, Löß, (schwach) lehmiger Sand

Bodentyp C: Böden mit geringem Versickerungsvermögen. Böden mit feiner bis mäßig feiner Textur oder mit wasserstauer Schicht, z. B. flache Sandböden, sandiger Lehm

Bodentyp D: Böden mit sehr geringem Versickerungsvermögen. Tonböden, sehr flache Böden über nahezu undurchlässigem Material. Böden mit dauernd sehr hohem Grundwasserspiegel

Je nach Bodennutzung wird jedem Bodentyp ein bestimmter CN-Wert zugeordnet:

Bodennutzung	CN-Wert in % für Bodentyp			
	A	B	C	D
Ödland (ohne nennenswerten Bewuchs)	77	86	91	94
Hackfrüchte, Wein	70	80	87	90
Wein (Terrassen)	64	73	79	82
Getreide, Futterpflanzen	64	76	84	88
Weide (normal)	49	69	79	84
(karg)	68	79	86	89
Dauerwiese	30	58	71	78
Wald (stark aufgelockert)	45	66	77	78
(mittel)	36	60	73	79
(dicht)	25	55	70	77

Sofern kein homogenes Außengebiet vorliegt, ist zur Berechnung des mittleren CN-Wertes eine flächengewichtete Mittelung über die Teilflächen oder eine Aufteilung des Außengebietes in Teilgebiete vorzunehmen.

1.4.2 Hinweise

1. Die Gesamtgröße und der Anschlussgrad sollten so weit möglich aus dem vorgelegten Kartenmaterial sowie mit Hilfe des Erläuterungsberichts überprüft werden. Zwar ist in der Regel der Anteil des Oberflächenabflusses von Außengebieten relativ gering, aber die Basisabflussspende kann bei entsprechender Flächengröße zu einem unrealistisch hohen Fremdwasseranfall führen. Generell sollten Außengebiete, wenn es die Umstände zulassen, abgekoppelt werden

1.5 Kanalisierte Flächen und Trenngebiete (FKA + TRN)

1.5.1 Kenngrößen

Unter *Kanalisierten Flächen* werden Gebiete verstanden, von denen neben Oberflächenabfluss auch häusliches und gewerbliches Schmutzwasser in die Kanalisation eingeleitet wird. Systemelemente vom Typ *Kanalisierte Flächen* entwässern laut SMUSI-Konvention im Mischsystem.

An das Kanalnetz angeschlossene Teilflächen, deren Entwässerung im Trennverfahren erfolgt, werden als *Trenngebiete* bezeichnet. Unterschieden wird in „vollkommene“ *Trenngebiete* (d.h. ohne Regenabfluss in die Kanalisation) und in *Trenngebiete* mit Regenabfluss. Der Regenabfluss (in den Kanal) solcher *Trenngebiete* wird in der Simulation mitberücksichtigt,

sofern im Anschluss an dieses *Trenngebiet* eine sog. fiktive Verzweigung angeordnet wird. Der maximal mögliche Abfluss des Trenngebiets ist für diese Verzweigung als Obergrenze Q_{ab} einzugeben (siehe Kap. 1.3.3.2). Sofern diese Verzweigung nicht angeordnet wird, wird kein Regenabfluss in den Kanal simuliert. Die aus Trenngebieten in die Gewässer eingeleiteten Abflüsse und Schmutzfrachten werden bilanziert und in einer separaten Ergebnistabelle aufgeführt.

Die Stoffkonzentrationen des Schmutzwassers (häuslich und gewerblich) können einzeln angegeben werden, die Konzentrationen des Oberflächenabflusses der versiegelten Flächenanteile werden programmintern aus einem jährlichen Schmutzpotenzial ermittelt. Der Abfluss der unversiegelten Flächenanteile wird als unverschmutzt angesehen.

Charakterisiert werden die kanalisierten Flächen bzw. Trenngebiete durch die unten zusammengestellten Kenngrößen.

Kenngröße	Beschreibung
Elementname	Bezeichnung der kanalisierten Fläche
Fläche (A)	Größe der kanalisierten Fläche [ha]
Versiegelungsgrad (VG)	Versiegelungsgrad [-]
Neigungsgruppe (NG)	Mittlere Neigungsgruppe des Teilgebiets nach ATV A-118
CN-Wert (CN) *	CN-Wert des unbefestigten Flächenanteils [%]
Fließzeit (tf)	längste Fließzeit im Kanal bei Vollfüllung [min]
Einwohnerzahl (EW)	Einwohnerzahl der Teilfläche [-]
Regenreihe (R)	Der Fläche zugehörige Regenreihe
Schmutzpotenzial (S)	Der Fläche zugehöriges Schmutzpotential (Flächentyp)
häuslicher Abfluss (Qh)	täglicher häuslicher Schmutzwasserabfluss [l/(E·d)]
Tagesgang h (KT h)	Tagesgang des häuslichen Schmutzwassers
gewerblicher Abfluss (Qg)	gewerblicher Schmutzwasserabfluss [l/(s·ha)]
Tagesgang g (KT g)	Tagesgang des gewerblichen Schmutzwassers
Fremdwasser (Qf)	mittlerer jährlicher Fremdwasserabfluss [l/(s·ha)]
Jahresgang F (KJ F)	Jahresgang des Fremdwassers
AFS	Konzentration der abfiltrierbaren Stoffe [mg/l]
AFS -Tagesgang	Tagesgang der AFS-Konzentration

Kenngröße	Beschreibung
BSB	Konzentration des biologischen Sauerstoffbedarfs [mg/l]
BSB -Tagesgang	Tagesgang der BSB-Konzentration
CSB	Konzentration des chemischen Sauerstoffbedarfs [mg/l]
CSB -Tagesgang	Tagesgang der CSB-Konzentration
TOC	Konzentration des organisch gebundenen Kohlenstoffs [mg/l]
TOC -Tagesgang	Tagesgang der TOC-Konzentration
NH ₄	Konzentration des Ammonium-Stickstoffs [mg/l]
NH ₄ -Tagesgang	Tagesgang der NH ₄ -Konzentration
PO ₄	Konzentration des Phosphat-Phosphors [mg/l]
PO ₄ -Tagesgang	Tagesgang der PO ₄ -Konzentration
BWN	Option für Brauchwassernutzungsanlagen
A-Dach, ges	Anteil der Dach- bzw. Hofflächen der versiegelten Fläche des Gesamteinzugsgebietes [%]
A-Dach, angeschl.	Anteil der an die Brauchwassernutzung angeschlossenen Dach-/Hofflächen [%] (prozentualer Anteil von A-Dach, ges)
Einw, angeschl.	Anteil der an die Brauchwassernutzung angeschlossenen Einwohner
Q-Entnahme	tägliche Entnahme eines Einwohners aus dem Brauchwasserspeicher [l/E·d]
Speichervol, ges	Gesamtvolumen der dezentralen Brauchwasserspeicher in dem Teilgebiet [m ³]
Überlauftyp	Kennung für den Überlauftyp des Speichers: oV = ohne Versickerung mV = mit Versickerung
Dachtyp	Typ der Dachflächen: 0 = Neigung wie Gesamtfläche 1 = Steildach 2 = Flachdach

* Erläuterungen zum CN-Wert siehe Kap. 1.4.1 (Außengebiete)

1.5.2 Hinweise

1. Mit besonderer Sorgfalt ist die Ermittlung der befestigten Fläche durchzuführen, aus der der Versiegelungsgrad als Modellkenngröße abgeleitet wird. Diese Kenngröße hat maßgeblichen Einfluss auf die Entlastungskenngrößen und ist als besonders sensitiv anzusehen (siehe Sensitivitätsanalyse). Zu beachten ist bei einer Simulation mit SMUSI, dass alle versiegelten Teilflächen mit einem Endabflussbeiwert von $\psi_{\text{end}} = 1$ in die Berechnung eingehen. Da andere Simulationsmodelle zum Teil mit abgeminderten Endabflussbeiwert-

ten arbeiten, können bei gleichen Eingangskenngrößen deutlich unterschiedliche Ergebnisse berechnet werden. Dies ist bei einem Ergebnisvergleich unbedingt zu beachten.

Für die korrekte Flächenermittlung sind alle Möglichkeiten der Datenerhebung in Betracht zu ziehen (Ortsbegehung, Luftbilddauswertung, Katasterkarten)

2. Neben der versiegelten Fläche hat auch der Trockenwetterabfluss maßgeblichen Einfluss auf erforderliche Speichergrößen. Dies gilt insbesondere bei Einzugsgebieten, in denen der Kläranlagenausbau abgeschlossen ist und somit der maximale Mischwasserabfluss zur Kläranlage nur noch in engen Grenzen variiert werden kann.² Das erforderliche Speichervolumen hängt neben der angeschlossenen Fläche im wesentlichen von der Regenwasserabflussspende q_r [$l/(s \cdot ha)$] ab. Diese errechnet sich aus der Differenz zwischen Drosselabfluss (im Falle der Kläranlage der maximale Mischwasserzufluss) und mittlerem Trockenwetterabfluss bezogen auf das versiegelte Direkteinzugsgebiet. Dementsprechend kann sie angesehen werden als das Maß für die an einem Bauwerk weitergeleitete Regenwassermenge. Je größer die Regenwasserabflussspende der Kläranlage desto kleiner ist das erforderliche Gesamtspeichervolumen. In ländlichen Einzugsgebieten ist die Regenabflussspende q_r aufgrund der geringen Einwohnerdichte in der Regel deutlich geringer ($q_r = 0,4 - 0,6$) als in dichter besiedelten Räumen ($q_r = 0,7 - 2,0$), wodurch häufig ein Stadt-Land Effekt hinsichtlich notwendiger Beckengrößen unvermeidbar ist.

Aus diesem Grund ist auf eine möglichst genaue Ermittlung des Trockenwetterabflusses zu achten. Dieser setzt sich zusammen aus dem häuslichen Schmutzwasser (Produkt aus Einwohnerzahl und Trinkwasserverbrauch), dem gewerblichen Schmutzwasser und dem Fremdwasseranteil. Die beiden letzten werden als Abflussspende angegeben, die sich auf die Gesamtfläche (versiegelter und unversiegelter Anteil) bezieht. Auch hier sind alle potenziellen Informationsquellen (Angaben zum Trinkwasserverbrauch, Kläranlagentagebuch, weitere Messungen soweit vorhanden) bei der Ermittlung zu berücksichtigen.

3. Bei der Festlegung der Schmutzwasserkonzentration sollten ebenfalls die Eintragungen des Kläranlagentagebuchs berücksichtigt werden. Sofern keine Messwerte verfügbar sind, ist von einem spezifischen Schmutzanfall von $90 - 120$ g CSB/EW·d auszugehen. Der in der SMUSI-Dokumentation angegebene Wert von 600 mg/l ist lediglich als Anhaltswert zu sehen, der durch die Tendenz zum Wassersparen der letzten Jahre kritisch zu hinterfragen ist. Beispielsweise resultiert bei einem Trinkwasserverbrauch von 125 l/E·d und einem Schmutzanfall von 100 g CSB/EW·d eine Schmutzkonzentration von 800 mg/l.

² Dies ist in Hessen zumindest bei den größeren Gemeinden der Regelfall

Für die anderen Schmutzstoffe ist eine möglichst exakte Abschätzung der Konzentration ebenfalls wünschenswert. Da die Beurteilung im Standardfall jedoch ausschließlich durch den Parameter CSB erfolgt, sind sie eher von untergeordneter Bedeutung

4. Regenwassernutzungsanlagen sind nur zu berücksichtigen, sofern sie in dem jeweiligen Einzugsgebiet flächendeckend umgesetzt worden sind. Sinnvolle Größenordnungen dezentraler Speicher liegen bei ca. 1-1,5 m³/EW. Die Entnahmen aus einem dezentralen Speicher sind von der jeweiligen Nutzung abhängig. Wird der Bedarf für die Toilettenspülung und für das Putzwasser aus dem dezentralen Speicher gedeckt, ist von einer Entnahme in der Größenordnung von 30-35 l/E·d auszugehen. In diesem Fall ersetzt 1 m³ dezentrale Speichervolumen ca. 1/4 bis 1/5 m³ zentrales Beckenvolumen.

1.6 Einzeleinleiter (EIN)

1.6.1 Kenngrößen

Unter Einzeleinleitern werden Systemobjekte verstanden, die lediglich Schmutzwasser und evtl. Fremdwasser in die Kanalisation einleiten.

Folgende Kenngrößen sind für Einzeleinleiter anzugeben.

Kenngröße	Beschreibung
Elementname	Bezeichnung des Einzeleinleiters
eingeleiteter Abfluss (Qe)	Tagesmittelwert des Abflusses der Einzeleinleitung [l/s]
Tagesgang Qe (KT Qe)	Tagesgang des häuslichen Schmutzwassers
Fremdwasser (Qf)	mittlerer jährlicher Fremdwasserabfluss [l/s]
Jahresgang Qf (KJ Qf)	Jahresgang des Fremdwassers
AFS	Konzentration der abfiltrierbaren Stoffe [mg/l]
AFS -Tagesgang	Tagesgang der AFS-Konzentration
BSB	Konzentration des biol. Sauerstoffbedarfs [mg/l]
BSB -Tagesgang	Tagesgang der BSB-Konzentration
CSB	Konzentration des chem. Sauerstoffbedarfs [mg/l]
CSB -Tagesgang	Tagesgang der CSB-Konzentration
TOC	Konzentration des org. geb. Kohlenstoffs [mg/l]
TOC -Tagesgang	Tagesgang der TOC-Konzentration
NH4	Konzentration des Ammonium-Stickstoffs [mg/l]

KenngroÙe	Beschreibung
NH4-Tagesgang	Tagesgang der NH4-Konzentration
PO4	Konzentration des Phosphat-Phosphors [mg/l]
PO4-Tagesgang	Tagesgang der PO4-Konzentration

1.6.2 Hinweise

1. In den Versionen 3.x von SMUSI wurden die Einzeleinleiter zum Teil zur Berücksichtigung von Trenngebieten verwendet. Durch das eigenständige Element *Trenngebiet* kann dies ab der Version 4.0 entfallen. Einzeleinleiter sind dementsprechend hauptsächlich zur Berücksichtigung industrieller Einleitungen mit besonderem Tagesgang und/oder vom häuslichen Abfluss stark abweichenden Schmutzkonzentrationen vorzusehen.

1.7 Sammler (SAM)

1.7.1 KenngroÙen

Mit dem Begriff Sammler werden alle in der Modellierung berücksichtigten Transportelemente in der Kanalisation bezeichnet.

Es können 6 Querprofiltypen berücksichtigt werden

1. Kreis
2. Norm-Ei (Höhe/Breite => 3/2)
3. Norm-Maul (Höhe/Breite => 2/3)
4. Rechteck
5. Sonderprofil geschlossen (über Höhe/Breite Beziehung zu charakterisieren)
6. Sonderprofil offen (über Höhe/Breite Beziehung zu charakterisieren)

Zur Berechnung der Transporteigenschaften der Sammler stehen 2 Optionen zur Verfügung:

1. Fließzeit: d.h. reine Translation durch Angabe der Fließzeitverschiebung
2. Geometrie: d.h. Translation und Retention durch Angabe von geometrischen Daten

Zur Simulation von Sammlern werden folgende KenngroÙen benötigt.

KenngroÙe	Beschreibung
Elementname	Bezeichnung des Sammlers
Berechnungstyp	1 = Berechnung über Fließzeit, 2 = Berechnung über Geometrie

Kenngroße	Beschreibung
Profiltyp	1 = Kreis, 2 = Norm-Ei, 3 = Norm-Maul, 4 = Rechteck, 5 = Sonderprofil (geschlossen), 6 = Sonderprofil (offen)
Fließzeit (tf)	Fließzeitverschiebung [min]
Rauheit (kb)	Betriebsrauheit [mm]
Länge (L)	Sammlerlänge [m]
Höhe oben (Ho)	Sohlhöhe des Sammlers oben [m+NN]
Höhe unten (Hu)	Sohlhöhe des Sammlers unten [m+NN]
maximale Breite (max B)	Maximale Breite des Sammlers [m]
Fläche (F)	Querschnittsfläche bei Vollfüllung [m ²]; (nur für Rechteckquerschnitte)
Höhe (Unterformular) *	Wert für die Höhe bei Sonderprofilen [m+Sohle]
Breite (Unterformular) *	Wert für die Breite bei Sonderprofilen [m]

*Nur bei Sonderprofilen notwendig:

1.7.2 Hinweise

1. In den aktuellen Merk- und Arbeitsblättern der ATV (A128, M177) wird auf die Möglichkeit hingewiesen, vorhandenes Kanalvolumen für die Mischwasserbehandlung zu nutzen, sofern für den Nachweis ein geeignetes Berechnungsverfahren eingesetzt wird. Das potenziell zu berücksichtigende Volumen ergibt sich hierbei durch eine geometrische Analyse des Kanalnetzes vor dem Entlastungsbauwerk. Ausgehend von der niedrigsten Höhenkote einer vorhandenen Entlastung kann das Stauvolumen unterhalb des daraus resultierenden Rückstaukeils berücksichtigt werden. Nach ATV-DVWK-M 177 sollten lediglich Haltungen ab DN 800 uneingeschränkt angesetzt werden. Sofern Haltungen mit geringeren Durchmessern berücksichtigt werden, ist das durch den Trockenwetterabfluss in Anspruch genommene Volumen haltungsweise abzuziehen.

Ab der Version 4.0 von SMUSI ist die Berücksichtigung von Kanalvolumen durch die Eingabe der realen Haltungsgeometrien möglich. Unbedingt darauf zu achten ist, dass die tatsächlich vorliegenden Kanalabmessungen im Datensatz angegeben werden, da sonst ein falsches Kanalvolumen ermittelt wird.

2. In der Version 3.x können Sammler zwar auch schon mit Berücksichtigung von Retentionseinflüssen simuliert werden, die Angaben der Höhenkoten ist hierfür jedoch nicht er-

forderlich. Lediglich die Kenngrößen *Länge*, *Sohlgefälle*, *Rauheit* und *Durchmesser* sind zwingend erforderlich. Soll nun ein Datensatz der Version 3.x lediglich mit geringen Änderungen unter Verwendung aktueller Versionen neu berechnet werden, ist eine Konvertierung notwendig.

Um den Anwender in diesem speziellen Fall eine erneute Datenaufnahme zu ersparen wurde in das Konvertierungsmodul eine fiktive Höhenermittlung implementiert. Diese Höhenermittlung geht von der Annahme aus, dass das eingegebene Netz vom letzten Element (Kläranlage) bis zu den angeschlossenen Teilflächen homogen ohne Sohlspünge verlegt ist. Mit dieser Annahme und einer Höhenangabe für die Kläranlage werden fiktive Sohlhöhen für Sammler und Bauwerke ermittelt. Bei Sammlern, die lediglich mittels einer Translationszeit abgebildet werden, wird mit Hilfe einer programminternen Abschätzung der Parameter Fließgeschwindigkeit, Länge und Sohlgefälle ebenfalls eine Ermittlung der Höhen durchgeführt.

Somit muss an dieser Stelle deutlich angemerkt werden, dass die durch das Konvertierungsprogramm ausgewiesenen Höhen nichts mit der Realität gemein haben und nur dazu dienen, SMUSI 3.1 Datensätze sofort mit aktuelleren SMUSI-Versionen bearbeiten und auch rechnen zu können. Dermaßen ermittelte Höhenkoten sind in den jeweiligen Dateien und in der Benutzungsoberfläche durch ein "*" markiert. Es handelt sich hierbei um:

- *Sohlhöhe - Sammler unten*
- *Sohlhöhe - Sammler oben*
- *Sohlhöhe - Becken*
- *Sohlhöhe - Regenüberlauf*
- *Sohlhöhe - Verzweigung*
- *Kennlinienwerte, die im 3.x-Datensatz keine Höhenkoten aufweisen*

Soll in diesem Datensatz Rückstauvolumen berücksichtigt werden, ist eine Nachbearbeitung unumgänglich. **Die Option Rückstau ist für fiktive Höhenkoten unzulässig !**

1.8 Regenüberläufe (RUE) und Verzweigung (VER)

1.8.1 Kenngrößen

Bauwerke, die einen Teil des Zuflusses direkt in den Vorfluter entlasten und kein Speichervolumen aufweisen, werden als Regenüberläufe bezeichnet. Unter Verzweigungen werden Bauwerke im Kanalnetz verstanden, die den Zufluss entsprechend der hydraulischen Gegebenheiten entweder des Bauwerks selbst oder der beiden nachfolgenden Sammler aufteilen.

Die Berechnung der Abfluss- und Frachtaufteilung erfolgt bei Regenüberläufen und bei Verzweigungen mit identischen Algorithmen, wobei bei den Regenüberläufen die über die Schwelle entlasteten Volumen- und Stoffströme bilanziert und in den Ergebnisausdrucken aufgelistet werden. Bei Verzweigungen werden diese Anteile an das zweite Ablaufelement weitergegeben.

Es stehen 3 Berechnungsoptionen zur Verfügung:

1. Näherung (Berechnung mit Schwellenwertmodell)
2. Kennlinien manuell (vom Anwender definierte Q_{zu}/Q_{ab} -Beziehung)
3. Kennlinien automatisch (interne Berechnung der Aufteilung anhand geometrischer und hydraulischer Kenngrößen)

Die Werte für *Schwellenwert* Q_{ab} bei der Näherungsberechnung, bzw. die Werte für Q_{ab} bei manuellen Kennlinien, beziehen sich bei Regenüberläufen auf die Drossel, bei Verzweigungen auf das erstgenannte Ablaufelement.

Unten sind die zur Berücksichtigung von Verzweigungen notwendigen Kenngrößen zusammengefasst.

Kenngröße	Beschreibung
Elementname	Bezeichnung der Verzweigung
Berechnungstyp	1= Näherung, 2= Kennlinien manuell 3= Kennlinien automatisch
Sohlhöhe	Sohlhöhe unten [m+NN]
Schwellenhöhe	mittlere Höhe der Überlaufschwelle [m+Sohle]
Schwellenwert Q_{ab}	Schwellenwert des Abflusses für den definierten Nachfolger bei Näherungsberechnung [l/s]
Trennschärfe	Trennschärfe der Drossel des Bauwerks für Näherungsberechnung
Breite Einlauf	Breite des Bauwerks am Einlauf [m]
Breite Ablauf	Breite des Bauwerks am Ablauf [m] (unmittelbar vor dem Drosselorgan)
Schwellenlänge	Länge der Überlaufschwelle [m]
Überfallbeiwert μ_e	Überfallbeiwert der Überlaufschwelle [-]
Zetabeiwert (örtlich)	Verlustbeiwert für die Summe der örtlichen Verluste der Drosselstrecke [-] (Einlauf- und Auslaufverlust)
Höhe	Stützstellenwert für die Höhe über der Schwelle [m+Schwelle]

Kenngröße	Beschreibung
Qzu	Zur Höhe korrespondierender Zufluss [l/s]
Qab	Zur Höhe korrespondierender Abfluss [l/s]

1.8.2 Hinweise

- Allgemeines

1. Die Anordnung von Verzweigungen ist in einer Schmutzfrachtsimulation nur dann erforderlich, wenn die beiden Teilströme im Anschluss zu unterschiedlichen Entlastungsbauwerken abgeführt werden.
2. Die Aufteilung von A, A_{red} und der Einwohner im Ergebnisausdruck erfolgt entsprechend der Aufteilung von Qt (24-h-Mittel).

- Näherungsberechnung

3. Die Näherungsberechnung berechnet die Abflussaufteilung nach dem Schwellwertprinzip. Prinzipiell sind nur die Angabe des Schwellenwertes (Drosselabfluss zu Beginn der Abflussaufteilung) und gegebenenfalls der Trennschärfe erforderlich. Die Trennschärfe berücksichtigt eine wasserstandsabhängige Erhöhung der Drosselleistung und ist definiert

$$\text{als: } Trenn = \frac{Q_{ab} (Q_{zu} = 5 \cdot Q_{krit})}{Q_{krit}}$$

Die Bauwerksabmessungen können zwar auch bei der Option *Näherungsberechnung* angegeben werden, sind jedoch für die Simulation in diesem Fall ohne Bedeutung. Sie dienen lediglich der Dokumentation und werden im Bauwerksbuch mit aus gegeben.

4. Die Berücksichtigung von Kanalvolumen vor einem Regenüberlauf oder einer Verzweigung ist bei der Näherungsberechnung nicht möglich.

- Benutzerdefinierte Kennlinie

5. Bei der Berechnung mittels einer benutzerdefinierten (manuellen) Kennlinie sind maximal 25 Stützstellenpaare erlaubt. Das erste Stützstellenpaar muss für Q_{zu} und Q_{ab} identische Werte aufweisen, die größer als Null (mind. 0,1 l/s) sein müssen.
6. Bei Zuflüssen, die größer sind als der letzte angegebene Q_{zu} -Wert, wird die letzte Steigung der Kennlinie zur Extrapolation verwendet.

7. Die Kennlinie darf für einen Wert von Q_{zu} keine zwei verschiedene Werte Q_{ab} aufweisen darf. Es ist jedoch möglich, zu verschiedenen Zuflüssen Q_{zu} identische Abflüsse Q_{ab} anzugeben.
 - Automatische Kennlinie
8. Bei Auswahl des Berechnungstyps 3 darf lediglich ein einziges Zulaufelement als sog. Beruhigungsstrecke vorliegen.
9. Zusätzlich zu den geometrischen Angaben des Bauwerks ist eine Drossel mit zugehörigen Kenngrößen zu definieren.
10. Die Berechnung der Kennlinien erfolgt angelehnt an das ATV Arbeitsblatt A-111. Verstöße gegen das Arbeitsblatt werden in Form von Warnungen am Ende einer Simulation angezeigt.
11. Die Ermittlung der Drosselleistung (Rohrdrosseln) als maßgebender Wert der Kennlinie erfolgt durch einen Energiehöhenvergleich zwischen Drosselablauf und Drosseleinlauf. Als untere Randbedingung wird hierbei Normalabfluss angenommen.
12. Die automatische Ermittlung der Kennlinie in SMUSI führt nur dann zu realistischen Ergebnissen, wenn die Randbedingungen und Annahmen, die in der Programmdokumentation ausführlich beschrieben sind, eingehalten werden. Für spezielle Konstellationen ist eine gesonderte Ermittlung der Kennlinien durch Messung oder vertiefte hydraulische Berechnung vorzunehmen.
13. Datensätze, bei denen Kennlinien durch das Zusatzprogramm KLRUE berechnet wurden, werden bei der automatischen Kennlinienermittlung in der Regel andere Werte aufweisen. Die automatische Kennlinienberechnung in SMUSI 4.0 ist nicht mit dem Algorithmus des Programms KLRUE identisch. Auch wenn bei beiden Programmen die Bernoulligleichung ausgewertet wird, können aufgrund unterschiedlicher Annahmen hinsichtlich hydraulischer Randbedingungen andere Werte berechnet werden, deren Differenz jedoch einen gewissen Vertrauensbereich nicht überschreiten sollte.

1.9 Becken (BEK)

1.9.1 Kenngrößen

Sämtliche Speicherbauwerke des Kanalnetzes werden unter dem Elementtyp **Becken** erfasst, wobei je nach Funktionsweise und Anordnung in verschiedene Beckentypen unterschieden wird. Ab der SMUSI Version 4.0 können einem Becken 2 Nachfolgeelemente zugeordnet

werden, wodurch eine realitätsnähere Simulation von Regenrückhaltebecken oder –kanälen mit Wiedereinleitung möglich ist. Das über die Überläufe abgeschlagene Wasser wird dem zweiten Ablaufelement komplett als Zufluss zugeordnet.

Zur Berechnung von Becken stehen wie auch bei Aufteilungsbauwerken 3 Optionen zur Verfügung

1. Näherung (Berechnung nach dem Schnittprinzip)
2. Kennlinien manuell (vom Anwender definierte Beziehungen von Speicherinhalt und Abflüssen)
3. Kennlinien automatisch (interne hydraulische Berechnung des Speicherbauwerks anhand geometrischer und hydraulischer Kenngrößen)

Folgende Kenngrößen werden zur Abbildung von Becken benötigt.

Kenngröße	Beschreibung
Elementname	Bezeichnung des Beckens
Berechnungstyp	1= Näherung 2= Kennlinien manuell 3= Kennlinien automatisch
mittlere Sohlhöhe	mittlere Sohlhöhe [m+NN]
Beckentyp	DLB H => Durchlaufbecken im Hauptschluss DLB N => Durchlaufbecken im Nebenschluss FGB H => Fangbecken im Hauptschluss FGB N => Fangbecken im Nebenschluss SKU H => Stauraumkanal mit unten liegender Entlastung SKO H => Stauraumkanal mit oben liegender Entlastung RRB H => Regenrückhaltebecken im Hauptschluss RRB N => Regenrückhaltebecken im Nebenschluss
Absetzklasse	,keine, schlecht, mittel, gut, hoch Klassen der Absetzwirkung nach Definition in den <i>Allgemeine Angaben</i>
WMB-TYP	Typ der weitergehenden Mischwasserbehandlung nach Definition von alternativen/weitergehenden Mischwasserbehandlungsmaßnahmen
Beckenvolumen	Speichervolumen des Beckens bei Anspringen des Klärüberlaufs (DLB, SKU) bzw. des Beckenüberlaufs (FGB, SKO, RRB) [m ³] (nur bei Berechnungstyp 1 <i>Näherung</i>)
Drosselabfluss	Mittlerer Drosselabfluss des Beckens [l/s] (nur bei Berechnungstyp 1 <i>Näherung</i>)
max. Abfluss KÜ	Schwellwert, ab dem außer dem Klärüberlauf der Beckenüberlauf anspringt (nur DLB, SKU) [l/s] Bei Becken ohne Beckenüberlauf ist der Wert so groß anzugeben, dass keine Überlastung eintritt. (nur bei Berechnungstyp 1 <i>Näherung</i>)
Höhe Klärüberlauf	mittlere Schwellenhöhe des Klärüberlaufs [m]

Kenngröße	Beschreibung
Schwellenlänge KÜ	Schwellenlänge des Klärüberlaufs [m]
Überfallbeiwert KÜ	Überfallbeiwert des Klärüberlaufs [-]
Schlitzhöhe KÜ	Schlitzhöhe des Klärüberlaufs [cm]
Höhe Beckenüberlauf	Schwellenlänge des Beckenüberlaufs [m]
Schwellenlänge BÜ	mittlere Schwellenhöhe des Beckenüberlaufs [m]
Überfallbeiwert BÜ	Überfallbeiwert des Beckenüberlaufs [-]
Zetabeiwert (örtlich)	Verlustbeiwert für die Summe der örtlichen Verluste der Drosselstrecke [-]
Bei Berechnungstyp 2 <i>Kennlinien manuell</i> notwendige Kenngrößen	
Höhe	Stützstellenwert - Höhe über Sohle [m+Sohle]
Qab	Zur Höhe korrespondierender Drosselabfluss [l/s]
QKu	Zur Höhe korrespondierender Abfluss über den Klärüberlauf (nur DLB, SKU) [l/s]
QBu	Zur Höhe korrespondierender Abfluss über den Beckenüberlauf [l/s]
Volumen	Zur Höhe korrespondierendes Speichervolumen im Becken [m ³]
Bei Berechnungstyp 3 <i>Kennlinien automatisch</i> notwendige Kenngrößen	
Höhe	Stützstellenwert - Höhe über Sohle [m+Sohle]
Fläche	Zur Höhe korrespondierende Oberfläche (Draufsicht) des Beckens [m ²]

1.9.2 Hinweise

- Allgemeines

1. Hinweise und Funktionsskizzen zu den Beckentypen sowie ihrer Anordnung im Entwässerungssystem sind den ATV-DVWK-Regelwerken (A 128, M 177, A 166 und M 176) zu entnehmen.
2. Bei Stauraumkanälen mit untenliegender Entlastung (SKU) wird eine eventuell angesetzte Absetzwirkung programmintern aufgehoben. Soll Absetzung berücksichtigt werden, ist ein Durchlaufbecken (DLB) vorzusehen.
3. Fangbecken (FGB), Stauraumkanal mit oben liegender Entlastung (SKO) und Regenrückhaltebecken (RRB) haben durch die veränderte Beschickung bzw. Volumenauslegung eine hohe Absetzwirkung. Eine Angabe der Absetzklasse ist nicht erforderlich; sie ist pro-

grammintern festgelegt. Diese Absetzwirkung wirkt sich allerdings lediglich unterhalb des Beckens aus, da an dem Becken zugehörigen Beckenüberlauf mit der Zulaufkonzentration entlastet wird.

4. In Datensätzen der Version 3.x war die Angabe eines zweiten Ablaufelements bei Regenbecken nicht möglich. Bei solchen Systemkonstellationen wurde aus diesem Grund häufig zu einem Trick gegriffen. Das vorhandene Becken wurde durch ein fiktives Becken mit einem derart vergrößerten Speichervolumen ersetzt, dass es nicht entlastet. Auf diese Art konnte die Retentionswirkung näherungsweise berücksichtigt werden, ohne die Entlastungskenngrößen über die Maßen zu beeinflussen. Solche Datensätze fallen durch ein im Vergleich viel zu großes Gesamtspeichervolumen auf und sollten an die realen Gegebenheiten angepasst werden.

- Näherungsberechnung

5. Die Näherungsberechnung berechnet die Abflussaufteilung nach dem Schnittprinzip. Prinzipiell sind nur die Angabe des Drosselabflusses, je nach Beckentyp des Maximalabflusses über den Klärüberlauf und des Beckenvolumens erforderlich. Die Bauwerksabmessungen können zwar auch bei der Option *Näherungsberechnung* angegeben werden, sind jedoch für die Simulation in diesem Fall ohne Bedeutung. Sie dienen lediglich der Dokumentation und werden im Bauwerksbuch mit ausgegeben.
6. Die Berücksichtigung von Kanalvolumen vor einem Regenüberlauf oder einer Verzweigung ist bei der Näherungsberechnung nicht möglich.

- Benutzerdefinierte Kennlinie

7. Bei der Berechnung mittels benutzerdefinierter (manueller) Kennlinien sind maximal 25 Stützstellenwerte erlaubt. Die erste Zeile muss den Wert 0 für das *Volumen* beinhalten.
8. Die Höhenkoten *Höhe* brauchen keine äquidistanten Abstände aufzuweisen.
9. Als verfügbares Volumen des Beckens wird das größte Volumen ausgegeben, bei dem $Q_{Kue} = 0$ ist.
10. Als Q_{Kue} in den Ergebnissen wird der Abfluss über den Klärüberlauf angegeben, bei dem der Abfluss über den Beckenüberlauf gerade noch den Wert $Q_{Bu} = 0$ aufweist.
11. Bei der Kennlinie des Speicherinhalts $V(h)$ ist darauf zu achten, dass die Werte *Volumen* mit zunehmender *Höhe* grundsätzlich ansteigen müssen, da sonst wegen Division durch Null die Berechnung abgebrochen wird.

- Automatische Kennlinie

12. Bei Auswahl des Berechnungstyps 3 sind für die Charakterisierung der Beckengeometrie mittels der Höhe/Grundfläche-Beziehung maximal 25 Stützstellen erlaubt. Als erster Wert ist für die *Höhe* = 0 anzugeben.
13. Die Werte für die *Höhe* müssen grundsätzlich ansteigen, da sonst die Berechnung abgebrochen wird.
14. Zusätzlich zu den Bauwerksabmessungen ist eine Drossel mit zugehörigen Kenngrößen zu definieren.
15. Die automatische Ermittlung der Kennlinie in SMUSI führt nur dann zu realistischen Ergebnissen, wenn die Randbedingungen und Annahmen, die in der Programmdokumentation ausführlich beschrieben sind, eingehalten werden. Für spezielle Konstellationen ist eine gesonderte Ermittlung der Kennlinien durch Messung oder vertiefte hydraulische Berechnung vorzunehmen.
16. Datensätze, bei denen Kennlinien durch das Zusatzprogramm KLBEK berechnet wurden, werden bei der automatischen Kennlinienermittlung in der Regel andere Werte aufweisen. Die automatische Kennlinienberechnung in SMUSI 4.0 ist nicht mit dem Algorithmus des Programms KLBEK identisch. Aufgrund unterschiedlicher Annahmen hinsichtlich hydraulischer Randbedingungen können andere Werte berechnet werden, deren Differenz jedoch einen gewissen Vertrauensbereich nicht überschreiten sollte.

1.10 Drossel (DRO)

1.10.1 Kenngrößen

Drosseln (Rohrdrosseln oder Drosselorgane) dienen der Limitierung des Abflusses aus Bauwerken (Verzweigungen, Regenüberläufen und Becken). Eine Drossel wird für ein Bauwerk automatisch angelegt, wenn die *automatische Kennlinienberechnung* als *Berechnungstyp* gewählt wird und bleibt auch nach anschließender Änderung des Berechnungstyps erhalten.

Als *Drosseleyp* kann zwischen einer Rohrdrossel (Kreisprofil) und einem Drosselorgan mit benutzerdefinierter Kennlinie ausgewählt werden. Folgende Kenngrößen werden zur Abbildung von Drosseln benötigt.

Attributname	Attributbeschreibung
Elementname	Bezeichnung der Drossel
Drosselform	1 = Rohrdrossel 2 = Drossel mit Kennlinie
Durchmesser (D)	Durchmesser der Drossel [m]
Länge (L)	Drossellänge [m]
Höhe oben (Ho)	Sohlhöhe der Drossel oben [m+NN]
Höhe unten (Hu)	Sohlhöhe der Drossel unten [m+NN]
Rauheit (kb)	Betriebsrauheit [mm]
Bei Berechnungstyp 2 <i>Drossel mit Kennlinie</i> notwendige Kenngrößen.	
Höhe	Stützstellenwert für die Höhe [m+Sohle]
Q _{ab}	Stützstellenwert für den der Höhe zugehörigen Drosselabfluss [l/s]

1.10.2 Hinweise

1. Bei der Eingabe eines Drosselorgans sind für die Kennlinie maximal 25 Stützstellenwerte erlaubt. Die Werte für die *Höhe* müssen aufsteigend sein, die Werte für Q_{ab} nicht. Dies ermöglicht eine Verminderung der Drosselleistung mit steigendem Zufluss.
2. Auch bei Wahl eines anderen Berechnungstyps können optional Kenngrößen für Drosseln eingegeben werden, die dann im **Bauwerksbuch** mit aufgeführt werden.
3. Drosseln sind nicht in die Systemlogik mit aufzunehmen, da sie lediglich in Verbindung mit einem Bauwerk (und somit im Sinne der Systemlogik eindeutig) angeordnet werden können.
4. Die korrekte Ermittlung der Drosselkennlinien stellt bei der Bauwerksmodellierung den sensitivsten und schwierigsten Teil dar (sofern kein Drosselorgan mit vorgegebener Kennlinie vorliegt). Die Prüfung der Drosseln inkl. Kennlinien ist demzufolge unbedingt vorzunehmen. Steht die Drossel potenziell unter Rückstau von unterhalb, kann dies in der derzeitigen Version von SMUSI lediglich durch die Minderung des Drosselabflusses bei steigendem Zufluss bzw. Speichervolumen berücksichtigt werden. Stehen hydraulische oder hydrodynamische Berechnungen zur Verfügung, sollten die Kennlinien aus diesen Berechnungen übernommen werden.

1.11 Bodenfilter und Versickerungsbecken (BOF)

1.11.1 Kenngrößen

Bodenfilteranlagen und Versickerungsbecken gehören zu den alternativen oder weitergehenden Maßnahmen zur Mischwasserbehandlung und können im Anschluss an ein Regenbecken im System angeordnet werden. Zur sachgerechten Berücksichtigung solcher Anlagen wird in SMUSI eine detaillierte Niederschlag-Abfluss-Simulation auf der Basis einer Bodenfeuchte-simulation durchgeführt. Dementsprechend sind vom Anwender neben den Angaben zur Reinigungswirkung solcher Anlagen zusätzliche geometrische Kenngrößen sowie Bodenkennwerte einzugeben.

Bodenfilter (Versickerungsbecken) sind analog zu Drosseln ebenfalls nicht in die Systemlogik mit aufzunehmen, da sie lediglich in Verbindung mit einem Becken (und somit im Sinne der Systemlogik eindeutig) angeordnet werden können.

Bodenfilter/Versickerungsbecken werden in der Simulation als 2-Speichersysteme berücksichtigt. Diese sind zum einen der unterirdische Teil (Boden) und das i.d.R. offene Speicherbecken darüber. Für den eingebauten bzw. anstehenden Boden sind als Kenngrößen der *Durchlässigkeitsbeiwert* k_f sowie der *permanente Welkepunkt*, die *Feldkapazität* und das *gesamte Porenvolumen* anzugeben.

Die Geometrie des offenen Speicherbeckens wird durch eine Höhe/Oberfläche- bzw. eine Höhe/Volumen-Beziehung beschrieben. Für den Überlauf des Speicherbeckens (Klärüberlauf in Form von Rohren oder einer Schwelle) sind Kennlinienwerte zu ermitteln. Diese Kennlinienwerte haben keinen Einfluss auf die Entlastungskenngrößen des vorgeschalteten Regenbeckens.

Da solche Anlagen i.d.R. eine erhebliche Grundfläche haben, wird für die Simulation der Niederschlag mitberücksichtigt, so dass dementsprechend eine Regenreihe anzugeben ist.

Die folgenden Kenngrößen sind für eine Simulation erforderlich.

Kenngröße	Beschreibung
Elementname	Bezeichnung des Bodenfilters/Versickerungsbeckens
Typ der Berechnung (Typ)	Typ 1: Als Absetzbecken (Standard für Hessen) Typ 2: Berechnung mit konstanter Ablaufkonzentration
Überlauf (BUE)	Auswahl, ob evtl. vorhandener Beckenüberlauf ebenfalls in den Bodenfilter geleitet wird.
Durchlässigkeitsbeiwert k_f (kf-Wert)	Durchlässigkeitsbeiwert des gesättigten Bodens nach Darcy [m/s]
perm. Welkepunkt (WP)*	Permanenter Welkepunkt des Bodens [%]
Feldkapazität (FK)*	Feldkapazität des Bodens [%]
ges. Porenvolumen (GPV)*	Gesamtes Porenvolumen des Bodens [%]
Höhe des eingeb. Bodens, Grundwasserabstand (H)	Bodenfilter: Gesamtdicke des Bodens bis zur Drainageschicht [m] Versickerungsbecken: Abstand bis zum Grundwasser, Dicke des Bodens, die zur Volumenspeicherung berücksichtigt wird. [m]
Drainagepumpleistung (Q-Pumpe)	Maximale Leistung der Pumpe, die das Drainagesystem der Bodenfilteranlage entwässert [l/s]
Regenreihe (R)	Zugehörige Regenreihe
H	Stützstellenwert für die Höhe über Boden [m]
Qku	Zur Höhe korrespondierender Abfluss über den Klärüberlauf [l/s]
A-Bek	Zur Höhe korrespondierende Oberfläche des offenen Speicherbeckens [ha]
V	Zur Höhe korrespondierendes Speichervolumen des offenen Speicherbeckens [m ³]

* Anmerkungen zu den Bodenkennwerten:

Nach DVWK Richtlinie werden folgende Bodentypen mit zugehörigen Kennwerten unterschieden

Bodenart		WP [%]			FK [%]			GPV [%]			kf-Wert [cm/d]			
Hauptgruppe	Kurzzeichen	Lagerungsdichte			Lagerungsdichte			Lagerungsdichte			Lagerungsdichte			
		1-2	3	4-5	1-2	3	4-5	1-2	3	4-5	1-2	3	4-5	
Sand	gS	3	3	3	9	9	9	44	38	30	> 300	> 300	300 -	100
S	mS	4	3	3	14	12	12	41	36	31	> 100	> 100	100 -	40
	fS	9	6	4	25	18	16	52	38	29	300 -	100	100 -	40
	Su	10	6	7	31	24	24	50	41	33	100 -	40	40 -	10
	SI2	7	6	7	27	22	21	50	41	32	300 -	100	100 -	40
	Slu	10	11	10	34	30	27	49	42	35	100 -	40	40 -	10
	SI3	9	10	11	32	27	26	51	42	35	300 -	100	100 -	40
	SI4	11	12	13	34	28	27	52	42	35	300 -	100	100 -	40
	St2	11	8	7	29	22	20	48	40	33	300 -	100	100 -	40
	St3	12	12	9	32	27	22	48	40	30	100 -	40	40 -	10
Schluff	U	9	9	8	37	34	31	51	44	37	100 -	40	40 -	10
U	Us	9	11	10	35	33	29	50	44	36	100 -	40	40 -	10
	UI2,Ut2	11	11	11	38	36	32	43	44	37	100 -	40	40 -	10
	Uls	11	11	10	37	33	30	50	42	35	100 -	40	40 -	10
	UI3,Ut3	13	13	14	40	37	34	53	44	39	100 -	40	40 -	10
	UI4,Ut4	14	16	16	40	37	35	53	45	40	300 -	40	40 -	10
Lehm	Ls2	15	16	17	38	33	31	52	43	36	300 -	100	100 -	10
L	Ls3	16	16	17	38	33	31	52	43	37	300 -	100	100 -	10
	Ls4	15	15	16	37	32	30	52	43	37	300 -	100	100 -	10
	Lu	16	17	17	40	36	33	52	45	38	300 -	40	40 -	10
	Lt2	27	26	24	46	41	36	56	48	40	300 -	40	40 -	10
	Lt3	27	26	24	46	41	36	56	48	40	300 -	40	40 -	10
	Ltu	26	25	26	47	42	38	57	49	42	300 -	100	100 -	10
	Lts	25	25	25	47	41	37	58	48	41	300 -	40	40 -	10
Ton	Tu4	26	25	26	47	42	38	57	49	42	300 -	40	40 -	10
T	Tu3	27	26	24	46	41	36	56	48	40	300 -	40	40 -	10
	Tl,Tu2	35	35	34	55	49	45	63	53	47	300 -	40	40 -	10
	T	39	39	38	59	54	49	66	58	50	300 -	40	40 -	10

Die Tabelle wurde der DVWK-Regel 116 „Bodenkundliche Grunduntersuchungen im Felde zur Ermittlung von Kennwerten meliorationsbedürftiger Standorte Teil II: Ermittlung von Standortkennwerten mit Hilfe der Grundansprache der Böden“ entnommen. Weitere Angaben bzgl. der Bodencharakterisierung können auch den DVWK Regeln 115 und 117 entnommen werden.

Zur Umrechnung der in der Tabelle angegebenen kf-Werte in die Dimension, die in SMUSI verwendet wird, kann folgender Umrechnungsfaktor verwendet werden:

$$1 \text{ cm/d} = 1.16 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$$

1.11.2 Hinweise

1.11.2.1 Bodenfilter in Hessen

1. Der Nachweis des Systems hinsichtlich der Mindestanforderungen erfolgt mit dem RBF-Berechnungstyp 1 (keine Abbauprozesse!!) von **SMUSI 4.0s**. Hierbei werden lediglich die Prozesse Absetzwirkung und Filtration für die abfiltrierbaren (bzw. absetzbaren) Stoff-

fe rechnerisch angesetzt. Die Wirkung auf die übrigen in der Schmutzfrachtsimulation berücksichtigten Stoffe beschränkt sich auf deren Bindung an die Feststoffe.

2. Die Bestimmung des Volumens der vorgeschalteten Absetzstufe erfolgt iterativ über die bauwerksbezogene Entlastungsrate ($VKU+BU/VQr$). Zur Volumenbemessung soll eine bauwerksbezogene Entlastungsrate der vorgeschalteten Absetzstufe von **55 %** nicht überschritten werden. Die bauwerksspezifische Entlastungsrate wird ab SMUSI Version 4.0s in der "Summenausgabe-Bodenfilter" angegeben.
3. Die maximale Einstautiefe des Retentionsbodenfilters sollte unter Berücksichtigung der hydraulischen Filterbelastung (**jährliche Stapelhöhe < 30 m³/m²**) 1,0 m nicht überschreiten.

Detaillierte Hinweise zur Bemessung und Nachweisführung sind in den „Vorläufigen Empfehlungen für Bemessung, Bau und Betrieb von Retentionsbodenfiltern in Mischsystemen in Hessen“ des Hessischen Ministeriums für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz zu finden.

1.11.2.2 Bodenfilter allgemein

1. Der mit SMUSI nachweisbare Bodenfilter entspricht weitestgehend den Retentionsbodenfiltern, die im Handbuch Wasser 4 der LfU Baden-Württemberg beschrieben werden. Es sind vertikal durchströmte Anlagen, bei denen immer eine Grobstoffabscheidung in Form eines vorgeschalteten Speicherraums vorzusehen ist.
2. Bei Bodenfiltern sind unbedingt die **BFS**-Ergebnisse (**BodenFilterSummenwerte**) zu beachten. Hier werden die speziellen Kenngrößen zur sachgerechten Beurteilung zusammengestellt. Besondere Bedeutung haben die jährliche Stapelhöhe (durchsickertes Volumen dividiert durch die Grundfläche), die bei Anordnung im Mischsystem einen Wert von 30 m, im Trennsystem 40 m, nicht überschreiten sollte und der hydraulische Wirkungsgrad, der üblicherweise bei mindestens 80 % liegt.
3. Bei einem Nachweis mit SMUSI sind für einen Bodenfilter die Ablaufkonzentrationen nach der Bodenpassage anzugeben. Letztlich gibt demnach der Anwender die Wirkung des Bodenfilters hinsichtlich des Stoffrückhaltes vor, was eigentlich einer Nachweisführung widerspricht. Da derzeit kein biologisch/chemisch/physikalisch fundierter Ansatz zur Simulation der Stoffumwandlungs- und Abbauprozesse in der belebten Bodenzone verfügbar ist, muss diese integrale Vorgehensweise gewählt werden.

Anhaltspunkte für sinnvolle Ablaufkonzentrationen können der Dokumentation und entsprechenden Literaturstellen entnommen werden. Kontrollgröße bei der Simulation ist der stoffliche Wirkungsgrad des Bodenfilters (BFS-Ergebnisse). Da die Ablaufkonzentration konstant ist, hängt der stoffliche Wirkungsgrad im wesentlichen von der Zulaufkonzentration ab; d.h. je höher die Zulaufkonzentration desto besser der Wirkungsgrad. Diese zunächst durchaus anzuzweifelnde Annahme wurde allerdings in einer Reihe von Messprogrammen bestätigt. Dementsprechend kann für den stofflichen Wirkungsgrad nur eine sehr breite Spanne angegeben werden, die sich z.B. für den CSB üblicherweise in einem Bereich von 60% - 90% bewegt.

1.12 Kläranlage (KLA)

1.12.1 Kenngrößen

Definitionsgemäß ist die Kläranlage das letzte Element in der Systemlogik. Ab SMUSI 4.0 ist eine stark vereinfachte Berücksichtigung der Reinigungsleistung einer Kläranlage vorgesehen, um die Gesamtemissionen eines Siedlungsgebietes besser abschätzen zu können. Hierbei sind zunächst die mittleren Ablaufkonzentrationen der Kläranlage für die 6 berücksichtigten Schmutzstoffe bei Trockenwetter anzugeben, die aus einer Auswertung des Kläranlagentagebuchs entnommen werden können. Für jeden Schmutzstoff kann nun eine Funktion für eine Konzentrationserhöhung im Ablauf der Kläranlage bei Mischwasserzufluss vorgegeben werden, um eine potenzielle Verschlechterung der Reinigungsleistung durch Regen zu berücksichtigen.

Die folgenden Kenngrößen sind für eine Kläranlage anzugeben.

Kenngröße	Beschreibung
Bezeichnung	Bezeichnung des Kläranlage
Schmutzstoff (6 fach)	Mittlere Trockenwetterablaufkonzentration des jeweiligen Stoffs [mg/l]
<i>Kennlinien für die Konzentrationserhöhungsfaktoren C_r/C_t:</i>	
Q_r/Q_t	Verhältnis von Mischwasserabfluss zu Trockenwetterabfluss [-]
Schmutzstoff (6 fach)	Erhöhungsfaktor des jeweiligen Stoffs [-]

1.12.2 Hinweise

1. In jedem abgebildeten System kann nur eine Kläranlage angeordnet werden !
2. Die erste Zeile der Konzentrationserhöhungsfaktoren muss $Q_r/Q_t = 1$ sowie $C_r/C_t = 1$ für jeden Schmutzstoff beinhalten.

3. Die Werte Cr/Ct müssen entweder konstant oder aufsteigend angegeben werden.
4. Maximal können die Kennlinien 25 Stützstellen aufweisen.

1.13 Schmutzkonzentrationen (SMZ)

1.13.1 Kenngrößen

Es müssen für alle Systemobjekte des Typs *Einzeleinleiter*, *kanalisierte Flächen* und *Trenngebiete* Angaben zur Konzentration des Schmutzwasserabflusses vorgenommen werden. Für jede Verschmutzungskonzentration kann optional ein zugehöriger Tagesgang eingetragen werden.

Kenngröße	Beschreibung
Objekttyp	Auswahl des angezeigten Objekttyps
Schmutzstoff (6-fach)	Schmutzwasserkonzentration des jeweiligen Stoffs [mg/l]
Tagesgang (6-fach)	Tagesgang der jeweilige Stoffkonzentration

1.13.2 Hinweise

1. Die angesetzten Schmutzkonzentrationen sind unbedingt in Korrelation zum angesetzten Trockenwetterabfluss insbesondere des Trinkwasserverbrauchs zu überprüfen. Zum Beispiel wird durch eine Verringerung des Trinkwasserverbrauchs im Rahmen einer Prognoserechnung bei gleichbleibender Konzentration die anfallende Schmutzfracht vermindert.

Falsch wäre:

$$\begin{aligned} \text{Bestand:} & \quad 10.000 \text{ EW} \cdot 150 \text{ l}/(\text{EW} \cdot \text{d}) \cdot 700 \text{ mg/l} & = 1.050 \text{ kg/d} \\ \text{Prognose:} & \quad 10.000 \text{ EW} \cdot 125 \text{ l}/(\text{EW} \cdot \text{d}) \cdot 700 \text{ mg/l} & = 875 \text{ kg/d} \end{aligned}$$

Korrekt wäre:

$$\begin{aligned} \text{Bestand:} & \quad 10.000 \text{ EW} \cdot 150 \text{ l}/(\text{EW} \cdot \text{d}) \cdot 700 \text{ mg/l} & = 1.050 \text{ kg/d} \Rightarrow \\ & \quad 1.050 \text{ kg/d} : 10.000 \text{ EW} & = 105 \text{ g}/(\text{EW} \cdot \text{d}) \\ \text{Prognose:} & \quad 105 \text{ g}/(\text{EW} \cdot \text{d}) : 125 \text{ l}/(\text{EW} \cdot \text{d}) & = 840 \text{ mg/l} \Rightarrow \\ & \quad 10.000 \text{ EW} \cdot 125 \text{ l}/(\text{EW} \cdot \text{d}) \cdot 840 \text{ mg/l} & = 1.050 \text{ kg/d} \end{aligned}$$

Es findet zwar eine Verminderung der Schmutzwassermenge, aber nicht der Fracht statt.

2. Der Ansatz einer Tagesgangs für Schmutzwasserkonzentrationen ist unbedingt zu überprüfen. Gerade für häusliches Abwasser ist zu hinterfragen, ob sich tatsächlich die Zu-

sammensetzung des Schmutzwassers im Verlauf des Tages signifikant ändert. Zudem wird durch Überlagerung des Trockenwettergangs des Abflusses mit dem Trockenwettergang der Konzentration die Schmutzfracht vervielfacht:

Beispiel:

$Q_{\text{Schmutz}} = 10 \text{ l/s}$ Tagesspitze um 12:00 Uhr mit einem Faktor 2

$c_{\text{Schmutz}} = 700 \text{ mg/l}$ Tagesspitze um 12:00 Uhr mit einem Faktor 2

Mittlerer Frachtstrom: $10 \text{ l/s} \cdot 700 \text{ mg/l} = 7.000 \text{ mg/s}$

Maximaler Frachtstrom: $10 \text{ l/s} \cdot 2 \cdot 700 \text{ mg/l} \cdot 2 = 28.000 \text{ mg/s}$

Es folgt durch den doppelten Tagesgang eine Vervierfachung des Frachtstroms !

1.14 Brauchwassernutzung (BWN)

Die notwendigen Kenngrößen und Hinweise wurden bereits in Kapitel 1.5 *Kanalisierte Flächen und Trenngebiete (FKA + TRN)* beschrieben bzw. angegeben.

1.15 Tagesgang (TGG)

1.15.1 Kenngrößen

Für Teilflächen und Einzeleinleitungen können der Schmutzwasserabfluss und die Schmutzkonzentrationen mittels Tagesganglinien skaliert werden. Ein Tagesgang besteht aus 24 Stundenwerten, die in der Summe 24 ergeben müssen. Die Tagesgänge sind gesondert zu definieren und können den entsprechenden Systemelementen mit Hilfe von Kennziffern (1-99) zugeordnet werden. Der Datensatz mit Nr. 0 ist für die Gleichverteilung reserviert. Eine Änderung der Tagesganglinien im Wochen- oder Jahresrhythmus ist nicht vorgesehen.

Die Definition eines Tagesgangs erfolgt durch die Werte:

Kenngröße	Beschreibung
Nummer	Identifikationsnummer (Kennziffer) des Tagesganges
Bezeichnung	Beschreibung der Tagesgangcharakteristik
0-23	Vielfaches bzw. Anteil des Mittelwertes

1.15.2 Hinweise

1. Das arithmetische Mittel aller 24 Einzelwerte eines Tagesgangs muss 1 ergeben.
2. Die Identifikationsnummer muss eindeutig sein.

3. Tagesgänge sollten sofern möglich aus Messwerten z.B. dem Kläranlagentagebuch abgeleitet werden.
4. Einschränkend lässt sich anmerken, dass der Ansatz von Tagesgängen nur in Ausnahmefällen größeren Einfluss auf die Ergebnisse hat, da in den repräsentativen Regenreihen kein signifikanter Tagesgang vorhanden ist. Insofern entlastet es am Tag so oft wie in der Nacht.

Deutlichen Einfluss kann der Tagesgang bei Einzeleinleitern mit erhöhten Schmutzkonzentrationen haben, wenn z.B. die Konzentrationsspitze zeitgleich zur Tagesspitze des Schmutzwasserabflusses eingeleitet wird. In diesem Fall kann schon ein relativ kleines Regenereignis, das zur Entlastung führt, eine überproportional große Fracht in die Gewässer einleiten.

5. Vorsicht ist geboten bei Ansatz eines Tagesgangs für die Konzentrationen, da bei gleichzeitigem Ansatz eines Tagesgangs für den Abfluss eine Vervielfachung der Fracht folgt (siehe hierzu Beispiel in Kapitel 1.13).

1.16 Jahresgang (JGG)

1.16.1 Kenngrößen

Für Teilflächen und Einzeleinleitungen können der Fremdwasserzufluss und die Basisabfluss-spende mittels Jahresganglinien skaliert werden. Ein Jahresgang besteht aus 12 Monatswerten, die in der Summe 12 ergeben müssen. Die Jahresgänge sind gesondert zu definieren und können den entsprechenden Systemelementen mit Hilfe von Kennziffern (1-9) zugeordnet werden. Der Datensatz mit Nr. 0 ist für die Gleichverteilung reserviert.

Die Definition eines Tagesgangs erfolgt durch die Werte:

Kenngröße	Beschreibung
Nummer	Identifikationsnummer (Kennziffer) des Jahresganges
Bezeichnung	Beschreibung der Jahresgangcharakteristik
Jan-Dez	Vielfaches bzw. Anteil des Mittelwertes

1.16.2 Hinweise

1. Das arithmetische Mittel aller 12 Einzelwerte eines Jahresgangs muss 1 ergeben.
2. Die Identifikationsnummer muss eindeutig sein.

3. Jahresgänge sollten sofern möglich aus Messwerten z.B. dem Kläranlagentagebuch abgeleitet werden.
4. Im Gegensatz zu den Tagesgängen kann der Jahresgang einen deutlichen Einfluss auf die Berechnungsergebnisse haben, da sich die Skalierung des Jahresgangs jeweils auf einen Monat bezieht. Dementsprechend können bei extremen Schwankungen (z.B. in einem Netz mit hohem Fremdwasserzufluss in den Herbst und Wintermonaten) die Drosseln in manchen Monaten bereits durch den Trockenwetterabfluss nahezu oder sogar vollständig ausgelastet sein, so dass es zum Einstau in Trockenwetterphasen kommen kann. Besonders deutlich wird bei solchen Systemkonstellationen dieser Einfluss, wenn eine Simulation über ein oder mehrere vollständige Jahre durchgeführt wird, da in den repräsentativen Regenreihen die Wintermonate nicht enthalten sind.

1.17 Weitergehende Mischwasserbehandlung (WMB)

1.17.1 Kenngrößen

Weitergehende oder auch alternative Mischwasserbehandlungsmaßnahmen können nur im Anschluss bzw. in Verbindung mit einem Regenbecken angeordnet werden. Die folgenden Behandlungsarten können hinsichtlich ihrer Wirkungsweise definiert und dementsprechend in der Simulation berücksichtigt werden.

Behandlungsmaßnahme	Kennung	In der Simulation berücksichtigte Wirkungsweise	Entnahme	AFS-Bindung*	Einheit
Absetzbecken	ABB	Endabsetzwirkung der Schmutzstoffe in einem Speicherbecken im Anschluss an ein Regenbecken	j	n	%
Bodenfilter	BOF	Zwischenspeicherung und biologische Reinigung in einer Bodenfilteranlage im Anschluss an ein Regenbecken	j	n	mg/l
Siebe	SIE	Rückhalt von abfiltrierbaren Stoffen (AFS) vor der Entlastung in einem Regenbecken	n	j	%
Filtration	FIL	Rückhalt von abfiltrierbaren Stoffen (AFS) in einer Filtrationsanlage im Anschluss an ein Regenbecken	j	j	%
Flockung/Fällung	FLO	Verbesserter Rückhalt von Schmutzstoffen in einem Regenbecken (prozentuale Erhöhung der Absetzwirkung)	n	n	%
Flockung/Fällung + Filtration	FFF	Verbesserter Rückhalt von Schmutzstoffen in einem Regenbecken mit Entnahme im Anschluss an das Regenbecken	j	n	%
Abwasserteiche	TEI	Zwischenspeicherung und biologische Reinigung in einem Abwasserteich im Anschluss an ein Regenbecken	j	n	%
Versickerungsbecken	VER	Zwischenspeicherung + Versickerung im Anschluss an ein Regenbecken	j	n	mg/l
hydrodynamische Abscheider	WIR	Abscheidewirkung von absetzbaren Stoffen (repräsentiert durch AFS) in Verbindung oder als Ersatz eines Regenbeckens	n	j	%

* Maßnahmen, die lediglich eine mechanische Komponente aufweisen, sind in der Tabelle durch ein „j“ im Feld *AFS-Bindung* gekennzeichnet (ein Sieb hat z.B. die Entfernung von Grobstoffen zum Ziel; eine Entfernung der anderen Schmutzstoffe ist nur durch deren Bindung an AFS erzielbar). Für solche Maßnahmen sind nur Reinigungsleistungen hinsichtlich des Schmutzstoffs AFS anzugeben.

Folgende Kenngrößen sind zur Definition einer Maßnahme erforderlich:

Kenngröße	Beschreibung
Art	Erster Teil der Kennung für die weitergehende Mischwasserbehandlungsmaßnahme
Nummer	Zweiter Teil der Kennung für die weitergehende Mischwasserbehandlungsmaßnahme
Schmutzstoff (6-fach)	Wirkungsgrad / Ablaufkonzentration bzgl. des jeweiligen Schmutzstoffs

1.17.2 Hinweise

1. Da der Kenntnisstand hierfür zur Zeit noch nicht ausreicht, findet keine biologisch/chemisch/physikalisch detaillierte Simulation der einzelnen Prozesse statt. Eine Berücksichtigung solcher Maßnahmen in SMUSI muss somit zweistufig erfolgen. Zunächst ist die einzelne Maßnahme mit einem dafür geeigneten Dimensionierungsverfahren zu bemessen und die Wirkungsweise gemäß der SMUSI-Konventionen ermittelt werden. Die Beurteilung der Auswirkung auf das Gesamtsystem kann anschließend mit der Langzeitsimulation erfolgen.
2. Einschränkend muss zu den weitergehenden/alternativen Maßnahmen angemerkt werden, dass sie zum größten Teil noch nicht als Stand der Technik in der Mischwasserbehandlung angesehen werden können. Erfahrung im Umgang und mit der Wirkungsweise dieser Methoden wurde größtenteils in der weitergehenden Abwasserreinigung gesammelt. Da sich die Zusammensetzung von vorbehandeltem Abwasser und Mischwasser jedoch deutlich unterscheidet, ist eine einfache Übertragung von Wirkungsgraden oder Reinigungsleistungen nicht möglich. Dementsprechend sind solche Maßnahmen immer mit erhöhter Sorgfalt zu planen und sollten regelmäßig in kürzeren Abständen überwacht werden.

1.18 Niederschlagsbelastung (REG + ALL)

1.18.1 Kenngrößen

Um eine Simulationsrechnung mit SMUSI durchzuführen, müssen als Belastung für die Teilgebiete Niederschlagszeitreihen (Regenreihen in 5-min Intervallen) zur Verfügung gestellt und den jeweiligen Systemelementen (FKA, AUS, TRN, BOF) zugeordnet werden. Eine Regenreihe ist jeweils in einer Datei mit der Dateierweiterung REG abzuspeichern (z.B. DEMO.REG). Ab der Version 4.0 des Simulationsmodells SMUSI können für unterschiedliche Teilgebiete verschiedene Regenbelastungen angesetzt werden, so dass für eine eindeutige Identifizierung eine Zuordnung einer Regenreihendatei zu einer Kennung (analog zu den Tages- und Jahregängen) durchzuführen ist.

Nach 3 Kopfzeilen (Station, Kalenderjahr, Jahresniederschlagshöhe) beinhalten die Regendateien zeilenweise folgende Informationen.

Kennung der Station (4 Zeichen; Spalte: 1-4)

Datum in der Reihenfolge Tag, Monat, Jahr (TT MM JJJJ; Spalte: 6-15)

Uhrzeit (HH; Spalte: 19-20)

12 Niederschlagshöhen (mm/1000) in 5-Minuten Intervallen (12 * 5-stellige Werte)

Tritt während einer oder mehrerer voller Zeitstunden durchgehend kein Niederschlag auf, so ist das nachfolgende Regenereignis durch eine Leerzeile abgesetzt.

Achtung: Im Vergleich zu den ausgelieferten Regenreihen bis zur Version 4.0 gibt es eine Formatänderung. In der zweiten Zeile muß in den Spalten 1-13 die mittlere Jahresniederschlagshöhe in der Form hN =???? mm/a angegeben werden. Fehlt diese Angabe, wird vom Programm eine Fehlermeldung ausgegeben.

```

Repraesentative Regenreihe RR05
hN = 675 mm/a , gueltig fuer 650 mm/a < hN < 700 mm/a
=====
RR05  1  3 1968    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0
RR05  5  3 1968   14    0   19   54   54   54   54   44    2   42   86   24    9
RR05  5  3 1968   15    9    9    9    9    9    9    9    9    9    9    9   32
RR05  5  3 1968   16   55   10    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0
RR05  6  3 1968    0    0   71   84   84   84   84   58  130   23   14  108  167
RR05  6  3 1968    1   68  123   35   12   12   64  152  105   40   40   40   25
RR05  6  3 1968    2   77   24   33  209  132    8    8   24   57   13    0    0
RR05  6  3 1968    4    0    0    0    0    0    0    0    0    0   83  102  102
RR05  6  3 1968    5  102  146   78   56  126  235  285  207  121  121   72   60
RR05  6  3 1968    6   60   60   60   24    0    0    0    0    0    0    0    0
RR05  6  3 1968   10    0    0    0    0    9   24   24   24   24   24   24   19
    
```

Grundsätzlich ist die Langzeitsimulation über einen beliebigen Zeitraum aus den zur Verfügung gestellten Regenreihen möglich; maximal von Anfang bis Ende der Regendateien. Sind mehrjährige Regendateien verfügbar, so sind die auf den Bilanzzeitraum bezogenen Berechnungsergebnisse (Abfluss und Schmutz) auf ganze Jahre bezogene Mittelwerte.

1.18.2 Hinweise

1. Eine Bearbeitung der Regenreihen mit SMUSI ist nicht möglich; hierzu ist ein sog. Texteditor erforderlich.

Nicht alle Editoren können die i.d.R. umfangreichen Regendateien einladen !

2. Mit dem Simulationsprogramm SMUSI werden die folgenden Regenreihen ausgeliefert:

eine 1 Jahr umfassende fiktive Regenreihe DEMO.REG mit einer Jahresniederschlagshöhe von hN=750mm/a

8 repräsentative, jeweils ein 3/4 Jahr (1. März - 30. November) umfassende Regenreihen für Hessen, die Jahresniederschlagshöhen von 475 mm/a bis 825 mm/a in äquidistanten Abständen von 50 mm/a aufweisen.

Die 8 repräsentativen Regenreihen Hessens dürfen nicht verändert werden!

Bei Verwendung dieser Regenreihen ist der Simulationszeitraum anzugeben:

01.03.1968 00:00 - 30.11.1968 23:59

3. Bei einem Nachweis in Hessen gemäß Erlass vom 20. Dezember 1991 (Staatsanzeiger für das Land Hessen - S. 339) sind nur die repräsentativen Regenreihen und der Ansatz des Standardschmutzpentials (siehe 1.19) zulässig. Dies ist durch die Forderung begründet, dass in der Summe über alle Entlastungsanlagen weniger als 250 kg CSB/ha_{Ared} in die Gewässer eingeleitet werden dürfen. Diese aus dem Wunsch einer hessenweit einheitlichen Vorgehensweise entstandene Forderung sollte einen vergleichbaren Entwässerungsstandard aus ökologischer und ökonomischer Sicht gewährleisten. Die Untersuchungen, die dieser Forderung zugrunde liegen, gingen allerdings immer von den oben genannten Voraussetzungen (Standardpotential und rep. Regenreihe) aus. Änderungen eine dieser Voraussetzungen würde die gesamte Vorgehensweise in Frage stellen.

1.19 Schmutzpotential (POT)

1.19.1 Kenngrößen

Zur Berücksichtigung unterschiedlicher Grade der Oberflächenverschmutzungen in Teilgebieten können (prinzipiell) ab der Version 4.0 von SMUSI den kanalisierten Flächen verschiedene Schmutzpotentiale zugeordnet werden. Hierzu ist es zunächst notwendig, Typen von Flächen zu definieren und diesen Werte für das Schmutzpotential der einzelnen Schmutzstoffe zuzuweisen.

Bis zu neun Flächentypen können durch Eingabe einer *Bezeichnung* und der Werte für das von einem Hektar dieses Flächentyps pro Jahr abspülbaren Stoffpotentials für die einzelnen Schmutzstoffe definiert werden. Die definierten Flächentypen (mit zugehörigen Schmutzpotentials) können den Systemelementen *Kanalisierte Fläche* bzw. *Trenngebiet* zugeordnet werden.

Die folgenden Attribute und Optionen können im Formular editiert werden:

Kenngröße	Beschreibung
Nummer	Identifikationsnummer des Flächentyps/Schmutzpentials
Bezeichnung	Kurzbezeichnung des Flächentyps/Schmutzpentials
Schmutzstoff (6-fach)	Schmutzpotential [kg/ha _{Ared}]

1.19.2 Hinweise

1. In Hessen dürfen zu Nachweiszwecken lediglich die SMUSI-Standardwerte angesetzt werden. Um dies sicherzustellen, kann die Option *Hessen* (siehe 1.2) aktiviert werden,

wodurch alle Zuordnungen von anderen Schmutzpotentialen für die Simulation ignoriert werden.

Als häufiger Kritikpunkt der hessischen Regelung wird angeführt, dass auf den angeschlossenen Flächen nicht die Standardverschmutzung vorliegt und somit die Simulationsergebnisse nicht korrekt sind. Das wird im Einzelfall sogar richtig sein; aber aufgrund der immer wieder angeführten Probleme der Übertragbarkeit von diesbezüglichen Messprogrammen (auch von Seiten der Messenden) und dem Wunsch nach einer einheitlichen, nachvollziehbaren Vorgehensweise im Bundesland Hessen sollte zur Beurteilung des Standardfalls an dieser Vorgehensweise festgehalten werden.

2 Erläuterung der Ausgabekenngrößen

Im ATV-DVWK-M 177 werden hinsichtlich der Beurteilungskriterien und Ergebnisdarstellung von Schmutzfrachtsimulationen folgende Empfehlungen an die Ergebnisausgabe gegeben.

Je nach Problemstellung ist die Beurteilung folgender Kenngrößen sinnvoll:

- Prozentuale Entlastungsanteile (Entlastungsrate) von Volumen und Fracht
- Entlastungsvolumina und Entlastungsfrachten als Absolutwerte oder als flächenspezifische Kenngrößen
- Entlastungsdauer (ereignisspezifisch) und Entlastungshäufigkeit (Jahreswert)
- Maximalwerte in Zufluss, Ablauf und Überlauf je Bauwerk

Diese Liste ist als Minimalanforderung an die Ergebnisausgabe eines zeitgemäßen Modells zu verstehen. SMUSI schreibt diese und zusätzliche, im Sinne von ergänzenden Berechnungsergebnissen in die folgenden thematischen Tabellen und Dateien.

("*" steht für Verzeichnis + Simulationsbezeichnung):

- | | | |
|---|--------------|--|
| x | *.TWA | Trockenwettergänge an der Kläranlage |
| x | *.SUM | Summenwerte: <ul style="list-style-type: none">- Deckblatt 1+2- Flächentypen und Resultierende Regenwasserkonzentrationen- Gebiets- und Systemkenngrößen- Zulauf- und Entlastungskenngrößen- Maximalabflüsse in den Auslaßkanälen- Schmutzfrachten ausgewählter Stoffe- Schmutzkonzentrationen ausgewählter Stoffe |
| x | | - Wirkung der Mischwasserbehandlung |
| x | | - Kenngrößen der Brauchwassernutzung |
| x | | - Kenngrößen der Trenngebiete |
| x | *.EEE | Einzelereignisse |
| x | *.ERG | Maximalabflüsse und Volumina der Einzelereignisse |
| x | *.ASC | Ganglinien im ASCII-Format (*.CSV bei CSV-Format) |
| x | *.BWB | Bauwerksbuch |
| | *.BFS | Summarische Ergebnisse für Bodenfilter/Versickerungsbecken |
| | *.WRN | Warnungen |
| x | *.ANI | Animationsdatei zur grafischen Analyse der Berechnungsergebnisse mit Hilfe des Zusatzprogramms Grafischer Systemeditor |

Die mit "x" gekennzeichneten Ergebnisse müssen in den *Allgemeinen Angaben* und z.T. in der Systemlogik explizit angefordert werden (es gibt nach einer Simulation also nicht notwendig alle o.g. Ergebnisse).

Nachfolgend werden die Ergebniskenngrößen analog zu den Eingabekenngrößen tabellarisch zusammengefasst und kurz erläutert. Auf die Kenngrößen, die besonders sensitiv und daher als mit besonderem Augenmerk zu überprüfen sind, wird gesondert hingewiesen.

2.1 Trockenwettergang (TWA)

2.1.1 Beschreibung

Unter der Bezeichnung Trockenwettergang (*.TWA) wird der gerechnete Tagesgang des Trockenwetterabflusses mit den zugehörigen Stoffkonzentrationen der 6 berücksichtigten Schmutzstoffe an der Kläranlage für einen mittleren Jahresgang verstanden.

Zusammenfassung der Ergebniskenngrößen *Trockenwettergang*

Kategorie	Zeile	Name	Beschreibung der Ausgabewerte
	1-24	Zeit	Uhrzeit für die nachfolgenden Angaben [h]
	1-24	Abfluss	Trockenwetterabfluss am Zulauf der Kläranlage [l/s]
	1-24	Konzentrationen	Schmutzstoffkonzentrationen der 6 Parameter am Zulauf der Kläranlage [mg/l]
	25	Mittel	arithmetische Mittelwerte der Zeilen 1-24 [l/s] bzw. [mg/l]
	26	Summen	Tagesabfluss-, bzw. Tagesfrachtsumme [cbm] bzw. [kg]

2.1.2 Hinweise

1. Zur Kalibrierung können diese Werte mit gemessenen Ganglinien am Zulauf der Kläranlage verglichen und gegebenenfalls angepasst werden. Ein Abgleich des Trockenwettergangs (zumindest hinsichtlich der Tagessummen) mit den Angaben im Kläranlagentagebuch ist immer zu empfehlen.
2. Eine direkte Ableitung der Tagesgänge einzelner Einzugsgebiete ist aufgrund des Tagesgangs an der Kläranlage streng genommen nur eingeschränkt zulässig, da Überlagerungs- und Retentionseffekte der einzelnen Ganglinien auf dem Transport zur Kläranlage zu dem dort beobachteten Tagesgang führen. Da allerdings in der Regel keine anderen Messdaten verfügbar sind, ist die Kalibrierung anhand des Kläranlagentagesgangs auf jeden Fall besser als keine Kalibrierung.

2.2 Maximalwerte der Entlastungsereignisse (ERG)

2.2.1 Beschreibung

Für sämtliche Abflussereignisse ($Q_{zuKLA} > Q_{trKLA} + 0,1$ l/s) des Bilanzierungszeitraums, die zum Anspringen mindestens einer Entlastungsanlage führen, werden die Maximalabflüsse der Systembausteine (kanalisierte Fläche, Trenngebiete, Außengebiet, Einzeleinleitung, Sammler, Verzweigung, Regenüberlaufbauwerk und Becken) in einer Tabelle bzw. einer Ergebnisdatei abgelegt.

Zusammenfassung der Ergebniskenngrößen *Maximalwerte der Entlastungsereignisse*

Kategorie	Zeile	Name	Beschreibung der Ausgabewerte
Formularkopf	1	Ereignis	Datum und Uhrzeit des Ereignisses ($Q_{zuKLA} > Q_{trKLA} + 0,1$ l/s)
	1	Nieder-schlagshöhe	Mittlere flächengewichtete Gesamtniederschlagshöhe pro Ereignis (mehrere Regenreihen !) [mm]
Ergebnisse	1	Baustein	Spezifikation des Bausteins nach Elementkennung
	1	Zufluss	Maximalwert des Zuflusses Q_{zu} zum Element [l/s] (entfällt bei kanalisiert Flächen, Trenngebieten, Außengebieten und Einzeleinleitungen)
	1	Flaeche	Maximalwert des Direktabflusses Q_D [l/s] und des mittleren Abflussbeiwertes PSI_m [-]
	1	Einltg.	Maximalwert Q_{cin} der Einzeleinleitung [l/s]
	1	Sammler	Vollfülleistung Q_{voll} des Sammlers wenn der <i>Berechnungstyp 2</i> (Kalinin-Miljukov) gewählt wurde [l/s]. Bei <i>Berechnungstyp 1</i> (Fließzeitverschiebung) erscheint der Wert 0.
	1	Verzwg.	Maximalwert $Q_{ab,2}$ des 2. Abflusses [l/s]
	1	Becken	maximales Volumen im Becken bei Anspringen der 1. Entlastung [Tsd. m ³]
	1	Entlst.	Maximalabfluss Q_{ent} im Auslasskanal [l/s]
	1	Abfluss	Maximalwert des Abflusses $Q_{ab,1}$ aus dem jeweiligen Systembaustein [l/s]
	1	Tmax/Tent	Datum und Uhrzeit von Maximalwerten (T_{max}), bzw. Überschreiten von Schwellwerten (T_{ent}). Es gilt das Datum des 1. Auftretens. Folgende Zeitpunkte gelten für die unterschiedlichen Elemente: Fläche: Maximalabfluss Einzeleinleitung: Maximalabfluss Sammler: Maximalabfluss am Ende des Sammlers Verzweigung: $Q_{ab,2} = 0$ Maximalabfluss $Q_{ab,1}$ $Q_{ab,2} > 0$ erstes Überschreiten Regenüberlauf: $Q_{ent} = 0$ Maximalabfluss $Q_{ab,1}$ $Q_{ent} > 0$ erstes Überschreiten Becken: $Q_{ent} = 0$ Maximalvolumen $Q_{ent} > 0$ erstes Überschreiten
1	Spezifik.	Bezeichnung des Systemelements	

2.2.2 Hinweise

1. Die Überschreitung von Maximalwerten von Kennlinien wird für das jeweilige Bauwerk in einer Fußnote vermerkt. Hier wurde während der Langzeitsimulation die Kennlinie extrapoliert und sollte entweder in den Eingangskenngrößen (1.8.1, 1.9.1) oder im Bauwerksbuch (2.5) überprüft werden.
2. Die hydraulische Auslastung der Sammler ist durch Vergleich der Werte *Abfluss* (Q_{ab}) und *Vollfülleleistung* (Q_{voll}) abschätzbar. Zwar ist in SMUSI ein hydrologischer Transportbaustein implementiert, der nur eine grobe Schätzung der aktuellen Wasserspiegellagen zulässt, aber eine häufige und vor allem deutliche Überschreitung der Vollfülleleistung eines Kanals deutet auf eine hydraulische Überlastung (oder einen Fehler in den Sammlerkenngrößen) hin und sollte entsprechend überprüft werden.

2.3 Summenwerte (SUM)

Die *Summenwerte* umfassen in tabellarischer Form bei einer Simulation alle Werte, die das System und die Abflusssituation innerhalb des Bilanzierungszeitraums charakterisieren. Hierfür werden 2 Deckblätter und bis zu 8 Tabellen unterschiedlicher Thematik geschrieben.

Auf jeder Seite der Datei (Ausnahme Deckblätter) wird im Kopf die Kurzbeschreibung der Variante (Datensatz), der Bilanzierungszeitraum und flächengewichtete (wegen unterschiedlichen Regenreihen) Niederschlagskenngrößen (Niederschlagshöhe und -dauer) wiedergegeben.

2.3.1 Summenwerte - Deckblatt 1

2.3.1.1 Beschreibung

Das Deckblatt 1 stellt im wesentlichen eine Zusammenfassung der Simulationsbedingungen und der Simulationsoptionen dar. Die dort wiedergegebenen Angaben finden sich auf der Eingabeseite bei den *Allgemeinen Angaben (1.2)*.

Kategorie	Beschreibung der Ausgabewerte
<i>Datum der Simulation</i>	Zeitpunkt, an dem die Datei geschrieben wurde (aus Systemzeit ermittelt)
Hauptüberschriften	max. 3 Zeilen Kurzbeschreibung der Variante
Bilanzierungszeitraum	Simulationsbeginn - Simulationsende
Anfangsbedingungen	Beckenanfangsfüllung [%]
	Benetzungsverlust (100% entsprechen einem Wert von 0.5 mm) [%]
Muldenverluste nach NG	Definition von 4 Neigungsklassen mit zugehörigen Muldenverlusten [mm]

Kategorie	Beschreibung der Ausgabewerte
Niederschlagskenngrößen	Berechnung mit echten oder repräsentativen Regenreihen (für die Ermittlung der Regenwetterabflusskonzentration relevant)
	Kennungen (Nummerierung) der verwendeten Regenreihen
	in den einzelnen Regenreihen angegebener Jahresniederschlag und arithmetisches Mittel der Jahresniederschlagshöhen [mm]
	im Bilanzzeitraum pro Regenreihe gefallener Niederschlag und flächengewichtetes Mittel [mm]
	Pro Regenreihe bilanzierte Niederschlagsdauer und flächengewichtetes Mittel [h]
Absetzklassen	Absetzklassen mit Wirkung für AFS [%]
An AFS gebundene Absetzwirkung	Bindung der Schmutzparameter an AFS [%]
TW-Ablaufkonzentration der KLA	Trockenwetterablaufkonzentration der Schmutzparameter [mg/l] (vereinbart im Systemelement <i>Kläranlage</i>)

2.3.2 Summenwerte - Deckblatt 2

2.3.2.1 Beschreibung

In Deckblatt 2 sind die Verschmutzungskenngrößen (Konzentrationen) des Oberflächenabflusses kanalisierter Flächen und Trenngebiete wiedergegeben. Diese werden vorab aus einem vorzugebenden flächenspezifischen Schmutzpotential (1.19) und der mittleren Jahresniederschlagshöhe ermittelt.

Kategorie	Name	Beschreibung der Ausgabewerte
Definierte Schmutzpotentiale	Flächentyp	Definition des Schmutzpotentials
	AFS, BSB5, CSB, TOC, NH4-N, PO4-P	Für den jeweiligen Flächentyp definierte Schmutzpotentiale auf kanalisierten Flächen der 6 Schmutzstoffe [kg/(ha _{Ared} ·a)]
Resultierende Regenwasserkonzentrationen	Fläche	Bezeichnung der kanalisierten Fläche oder des Trenngebiets
	FL-Typ	Verschmutzungstyp (Flächentyp) der Teilfläche
	NG	Neigungsklasse der Teilfläche
	RRNR	Der Teilfläche zugeordnete Regenreihennummer
	AFS, BSB5, CSB, TOC, NH4-N, PO4-P	Resultierende Regenwasserkonzentration der jeweiligen Teilfläche für die 6 Schmutzstoffe [mg/l]

2.3.2.2 Hinweise

1. Es wird unterstellt, dass der Regenabfluss der kanalisiert Flächen eine mittlere Verschmutzungskonzentration konstant über die Zeit unabhängig von der Ereignisvorgeschichte aufweist. Die Konzentrationsmittelwerte für die 6 ausgewählten Stoffe ergeben sich aus dem jeweiligen Stoffpotential in $\text{kg}/(\text{ha}_{\text{Ared}\cdot\text{a}})$, das durch den gebietsspezifischen, abflusswirksamen Niederschlag abgespült wird; d.h. das pro Jahr durch Regen abspülbare Stoffpotential wird durch das örtliche Jahresabflussvolumen pro Hektar versiegelter Fläche (abflusswirksamer Niederschlag $1 \text{ mm/a} = 10 \text{ m}^3/\text{ha}_{\text{Ared}\cdot\text{a}}$) dividiert. Man erhält so eine ortsspezifische, mittlere, jährliche Konzentration des jeweiligen Stoffes im Regenabfluss.

Beispielsweise beträgt bei einem Stoffpotential von $50 \text{ kg}/(\text{ha}_{\text{Ared}\cdot\text{a}})$ und einem abflusswirksamen Niederschlag von $500 \text{ mm/a} = 5000 \text{ m}^3/(\text{ha}_{\text{Ared}\cdot\text{a}})$ die mittlere jährliche Regenabflusskonzentration 10 mg/l . Werden in einem anderen Gebiet 700 mm/a abflusswirksam, ergibt sich für die mittlere Regenabflusskonzentration ein Wert von 7.14 mg/l .

Für Nachweise in Hessen sind die folgenden Standardpotentiale zu verwenden:

Stoff	AFS	BSB ₅	CSB	TOC	NH ₄ -N	PO ₄ -P
Stoffpotential in $\text{kg}/(\text{ha}_{\text{Ared}\cdot\text{a}})$	770	60	600	200	6	6.5

2. Die programminterne Berechnung der mittleren Stoffkonzentrationen aus den Stoffpotentialen setzt die Kenntnis des flächenspezifischen, abflusswirksamen Niederschlages N_w voraus, der eigentlich erst während der Niederschlag-Abfluss-Simulation ermittelt wird. Untersuchungen mit verschiedenen langjährigen Regenreihen ergaben, dass ein sehr guter Zusammenhang zwischen der Jahresniederschlagshöhe und dem von der Neigungsgruppe der Teilfläche abhängigen mittleren Abflussbeiwert der versiegelten Flächen besteht.

Dieser Zusammenhang ist begründet durch die Beziehung:

$$\Psi = \frac{N_w}{N} = \frac{N - \sum VP - \sum BV - \sum MV}{N}$$

Die Jahressumme der Benetzungs- und Muldenverluste $\sum BV + \sum MV$ hängt von der Neigungsgruppe, der Aufeinanderfolge der Niederschläge innerhalb eines Jahres und der potentiellen Verdunstung ab; zusätzlich kommt noch die potentielle Verdunstung $\sum VP$ selbst während des Niederschlages zum Abzug.

Ergebnis der genannten Untersuchungen sind Regressionsbeziehungen, aus denen vorab programmintern der mittlere Abflussbeiwert jeder Fläche und die resultierende Abfluss-

konzentration ermittelt wird. Wichtig ist hierbei die Unterscheidung zwischen repräsentativer und echter Regenreihe (1.2), da unterschiedliche Regressionsbeziehungen verwendet werden.

In Hessen sind generell die repräsentativen Regenreihen zu wählen !

2.3.3 Summenwerte - Gebiets- und Systemkenngrößen

2.3.3.1 Beschreibung

In den *Gebiets- und Systemkenngrößen* sind das Einzugsgebiet charakterisierende Werte bauwerks- und einzugsgebietsbezogen in tabellarischer Form zusammengestellt. Unterschieden wird in die Kategorien:

- Bauwerk:** Daten, die Kennung und Typ des Bauwerks charakterisieren
- Direkteinzugsgebiet:** Angaben zu dem direkt zugeordneten (nicht vorentlasteten) Einzugsgebiet des jeweiligen Bauwerks
- Gesamteinzugsgebiet:** Angaben zu dem insgesamt zugeordneten Einzugsgebiet des jeweiligen Bauwerks
- Trockenwetterabfluss:** Summe aller Trockenwetterabflüsse aus oberhalb liegenden Gebieten und Einzeleinleitungen
- Entlastungsbauwerk:** Abflüsse, Volumen und abgeleitete Kenngrößen der jeweiligen Entlastungsanlage

Kategorie	Zeile	Name	Beschreibung der Ausgabewerte
Bauwerk	1	Bez.	Kennung des Bauwerks
	1	Typ	Bauwerkstyp
	2	(Trn.Geb.)	Kennung, dass Trenngebiete angeschlossen sind
Direkteinzugsgebiet	1	A	Angeschlossene Fläche - Mischsystem [ha]
	2	ATr	Angeschlossene Fläche - Trennsystem [ha]
	1	VG	Mittlerer Versiegelungsgrad der angeschlossenen Flächen [%]
	1	Au	Undurchlässige Fläche (A·VG) [ha]
	1	EZ	Einwohnerzahl des angeschlossenen Mischsystems [-]
	2	EZTr	Einwohnerzahl des angeschlossenen Trennsystems [-]
Gesamteinzugsgebiet	1	A	Angeschlossene Fläche - Mischsystem [ha]
	2	ATr	Angeschlossene Fläche - Trennsystem [ha]
	1	VG	Mittlerer Versiegelungsgrad der angeschlossenen Flächen [%]
	1	Au	Undurchlässige Fläche (A·VG) [ha]
	1	EZ	Einwohnerzahl des angeschlossenen Mischsystems [-]

Kategorie	Zeile	Name	Beschreibung der Ausgabewerte
	2	EZTr	Einwohnerzahl des angeschlossenen Trennsystems [-]
Trockenwetterabfluss	1	mQh	mittlerer häuslicher Abfluss [l/s]
	1	mQg	mittlerer gewerblicher Abfluss [l/s]
	1	mQf	mittlerer Fremdwasserabfluss [l/s]
	1	mQt	mittlerer Gesamttrockenwetterabfluss [l/s]
	1	mxQt	maximaler Gesamttrockenwetterabfluss[l/s]
Entlastungsbauwerke	1	Qd	Drosselabfluss ab dem Einstau beginnt [l/s]
	2	(Qd)	Drosselabfluss bei Anspringen des ersten Überlaufs [l/s]
	1	Qkue	Abfluss über den Klärüberlauf, bei Anspringen des Beckenüberlaufs [l/s]
	1	V	Im Becken gespeichertes Volumen bei Entlastungsbeginn [m ³]
	2	(V-Kan)	aktiviertes Kanalvolumen bei Entlastungsbeginn [m ³] (wenn Rückstauoption gesetzt ist)
	1	VS	auf die undurchlässige Fläche des kanalisiertes Gesamteinzugsgebietes bezogenes spez. Rückhaltevolumen VS [m ³ /ha]
	1	qr	Regenwasserabflusspende ($qr = Q_{r,d}/A_u$) [l/(s·ha)] mit $Q_{r,d} = Q_d - mQt$ [l/s]
	1	te	Abschätzung für die Entleerungszeit des Beckens [h]
	2	(t-Kan)	Abschätzung für die Entleerungszeit des Beckens + Kanal [h]

In den letzten drei Zeilen werden die Ergebnisse von Summenbildungen wiedergegeben, die identisch mit den Werten am Klärwerkszulauf sind.

Zeile 1: Summenbildung für die angeschlossenen Flächen mit Mischentwässerung

Zeile 2: Summenbildung für die angeschlossenen Flächen mit Trennentwässerung

Zeile 3: Summenbildung für die angeschlossenen Außengebiete

Zeile 4: Kenngrößen des fiktiven Zentralbeckens nach ATV-A 128 (sofern diese Berechnungsoption gewählt wurde).

2.3.3.2 Hinweise

- Die Werte mQh, mQg, mQf und mQt stellen Jahresmittelwerte dar. Der Wert mxQt ist dagegen der unter Trockenwetterbedingungen maximal auftretende Trockenwetterabfluss (also auch bei maximalem Fremdwasserabfluss). Dieser Wert unterscheidet sich demnach von dem größten Abflusswert der im Trockenwettergang (2.1) angegeben wird, da dieser unter der Annahme eines mittleren Fremdwasseranfalls berechnet wird.

2. Bei der Angabe des spezifischen Speichervolumens VS wird generell das Volumen von Regenrückhaltebecken (RRB) und das aktivierte Kanalvolumen V_{kan} nicht berücksichtigt.
3. Die Werte Qd für den Drosselabfluss sind mit besonderer Sorgfalt zu ermitteln, da sie das Gesamtergebnis maßgeblich beeinflussen (1.8, 1.9, 1.10). Zu empfehlen ist für die Bauwerke auf jeden Fall die Ausgabe des Bauwerksbuchs (2.5), in dem nähere Informationen zu dem Bauwerk und dessen Abbildung in SMUSI zu finden sind.
4. Bei der Angabe des spezifischen Speichervolumens VS in der ersten Zeile der Summenwerte wird das Volumen eines Bodenfilters, sofern vorhanden, mit berücksichtigt. Aus diesem Grund können die Angaben des spezifischen Volumens des letzten Beckens vor der Kläranlage und des Summenwertes abweichen, da in der Beckenzeile das Volumen des nachfolgenden Bodenfilters nicht hinzugezählt wird.
5. Für die Berechnung der Entleerungszeit von Becken und/oder eingestauten Kanälen wird von der Annahme ausgegangen, dass der mittlere Entleerungsabfluss dem arithmetischen Mittel aus den beiden Drosselabflüssen zu Beginn des Einstaus und zu Beginn des Entlastens entspricht. Dementsprechend ergibt sich die Dauer zu: $t_e = V / (\frac{1}{2} \cdot (Q_{ab,1} + Q_{ab,2}))$

2.3.4 Summenwerte - Zulauf- und Entlastungskenngrößen

2.3.4.1 Beschreibung

In den *Zulauf- und Entlastungskenngrößen* werden für jedes Bauwerk sowie für das Gesamteinzugsgebiet Zuflussdauern, -häufigkeiten und -volumen und die entsprechenden Entlastungskenngrößen ausgegeben. Unterschieden wird in die Kategorien:

Bauwerk:	Daten, die den Typ des Bauwerks charakterisieren
Zulauf:	Daten der Abflusssituation im Zulauf des jeweiligen Bauwerks
Entlastung (Zahl):	Anzahl der Beaufschlagungen des Klärüberlaufs KU (nur DLB und SKU), des Becken- bzw. des Regenüberlaufs BU und des Beckens. Aufgrund der Ereignisdefinition von SMUSI kann es während eines Ereignisses zu mehrfachen Entlastungen kommen (Ereignisdefinition: $hN > 0$ oder $Q_{ab,ges} > Q_{ab,tr} + 0.1$ l/s)
Entlastung (Dauer):	Dauer aller Abflüsse über den Klärüberlauf KU, den Becken- bzw. den Regenüberlauf BU und des Beckeneinstaus
Entlastung (Volumen):	Abflussvolumen, das über den Klärüberlauf KU und den Becken- bzw. den Regenüberlauf BU entlastet wird, sowie die Entlastungsrate e_o (Verhältnis des gesamten Entlastungsvolumens zum Regenwasserabflussvolumen des Gesamteinzugsgebietes).

Kategorie	Zeile	Name	Beschreibung der Ausgabewerte
Bauwerk	1	Bez.	Kennung des Bauwerks
	1	Typ	Bauwerkstyp
Zulauf	1	Zahl - n	Anzahl n aller Ereignisse mit Mischwasserzufluss [-]
	1	Dauer - TQr	Dauer TQr des Regenwasserzuflusses aller Ereignisse [h]
	1	VQt	Trockenwetterabflussvolumen VQt während des Mischwasserabflusses [Tsd. m ³]
	1	VQr	Regenwasserabflussvolumen [Tsd. m ³]
	1	VQm	Mischwasserabflussvolumen (VQt + VQr) [Tsd. m ³]
Entlastung (Zahl)	1	KU	Anzahl der Beaufschlagungen des Klärüberlaufs im Bilanzierungszeitraum [-]
	1	BU	Anzahl der Beaufschlagungen des Beckenüberlaufs im Bilanzierungszeitraum [-]
	1	Bek	Anzahl der Beaufschlagungen des Beckens im Bilanzierungszeitraum [-]
Entlastung (Dauer)	1	KU	Dauer der Beaufschlagungen des Klärüberlaufs im Bilanzierungszeitraum [h]
	1	BU	Dauer der Beaufschlagungen des Beckenüberlaufs im Bilanzierungszeitraum [h]
	1	Bek	Dauer der Beaufschlagungen des Beckens im Bilanzierungszeitraum [h]
Entlastung (Volumen)	1	(Drossel)	an die Unterlieger weitergeleitetes Regenabflussvolumen [Tsd. m ³]
	1	KU	über den Klärüberlauf entlastetes Regenabflussvolumen [Tsd. m ³]
	1	BU	über den Beckenüberlauf entlastetes Regenabflussvolumen [Tsd. m ³]
	1	Summe	Summe des entlasteten Regenabflussvolumens [Tsd. m ³]
	1	eo	Entlastungsrate eo [%] (Summe entlasteter Regenabfluss / effektiven Direktabfluss)

In den letzten drei Zeilen werden die Ergebnisse von Summenbildungen bzw. Kläranlagen spezifische Ergebnisse wiedergegeben. Die dargestellten Werte sind vom gleichen Typ wie die oben beschriebenen.

Zeile 1: Summe

- Trockenwetterabflussvolumen während des Mischwasserabflusses
- Regenwetterabflussvolumen
- Mischwasserabflussvolumen
- entlastetes Volumen über alle Klärüberläufe
- entlastetes Volumen über alle Beckenüberläufe
- Summe des entlasteten Volumen
- Gesamtentlastungsrate

Zeile 2: KLA

- Anzahl n aller Ereignisse mit Mischwasserzufluss
- Dauer T_{Qr} des Regenwasserzuflusses aller Ereignisse
- Trockenwetterabflussvolumen während des Regenwasserabflusses
- Regenwasserabflussvolumen
- Mischwasserabflussvolumen ($V_{Qt} + V_{Qr}$)

Zeile 3: Summe TW

- Dauer des Trockenwetterzuflusses zur Kläranlage während der Trockenzeiten
- Trockenwetterzuflussvolumen zur Kläranlage während der Trockenzeiten

2.3.4.2 Hinweise

1. Die Zuflusskenngrößen beziehen sich nur auf die Zeiten innerhalb des Simulationszeitraums, bei denen die Bedingung $Q_{zu} > Q_t + 0,1$ l/s erfüllt ist. Insofern ist das ausgewiesene Mischwasserabflussvolumen Q_m nicht vergleichbar mit dem an einer Kläranlage gemessenen Zuflussvolumen in einem der Simulationsdauer vergleichbaren Zeitraum. Um solch eine Plausibilitätskontrolle durchzuführen, ist der Trockenwetterzufluss zur Kläranlage während der Trockenzeiten (letzte Zeile) hinzu zurechnen.
2. Die Entlastungsanzahl der Bauwerksüberläufe ist unabhängig von der Ereignisdefinition des Gesamtsystems. Es können demnach innerhalb eines Abflussereignisses mehrerer Überlaufereignisse gezählt werden.
3. Die Entlastungsrate e_o ist der Quotient aus der Summe des entlasteten Regenabflusses und dem effektiven Direktabfluss. Sie bezieht sich definitionsgemäß immer auf das Gesamteinzugsgebiet des jeweiligen Bauwerks und ist demzufolge bei vorentlasteten Bauwerken nicht ohne weiteres aus den übrigen Angaben der *Zulauf- und Entlastungskenngrößen* zu berechnen.
4. Bei der Überprüfung der Zu- und Ablaufbilanzen können geringe Diskrepanzen auftreten, die auf die Definition der Regenabflussdauer und damit auf numerische Ungenauigkeit zurückzuführen sind. Beginn und Ende des Regenabflusses sind aus rechentechnischen Gründen durch Über- bzw. Unterschreiten eines Grenzwertes ($Q_t + 0,1$ l/s) über dem Trockenwetterabfluss festgelegt. Der unterhalb dieses Grenzwertes liegende Regenwetterabfluss wird nicht mitbilanziert. Daraus folgt, dass sehr kleine, aber häufig auftretende Regenereignisse bei ihrer Einleitung ins Kanalnetz noch bilanziert, aber nach Abflachung auf ihrem Weg zur Kläranlage vernachlässigt werden.

2.3.5 Summenwerte - Maximalabflüsse in den Auslasskanälen

2.3.5.1 Beschreibung

Die *Maximalabflüsse in den Auslasskanälen* sind die Summe der einzelnen Entlastungsabflüsse eines Bauwerks unter der Annahme, dass alle Teilabflüsse in einem Sammelkanal in das Gewässer eingeleitet werden. Neben der Angabe der Maximalabflüsse sind auch Maximaldauern und -volumina aufgelistet. Eine einfache statistische Auswertung hilft außerdem die Spitzenwerte in das Gesamtkontinuum einzuordnen. Unterteilt ist die Tabelle in die Kategorien:

Bauwerk:	Daten, die den Typ des Bauwerks charakterisieren
Anzahl:	Anzahl der Beaufschlagungen des jeweiligen Auslasskanals zum Vorfluter (bei DLB ist die Kanalhaltung gemeint, die unterhalb der Vereinigung von Klär- und Beckenüberlauf liegt)
Scheitel	Maximalwerte bezogen auf den Abflussscheitel
Dauer:	Maximalwerte bezogen auf die Abflussdauer
Volumen:	Maximalwerte bezogen auf das Abflussvolumen

Kategorie	Zeile	Name	Beschreibung der Ausgabewerte
Bauwerk	1	Bez.	Kennung des Bauwerks
	1	Typ	Bauwerkstyp
Anzahl	1	Anzahl	Anzahl der Beaufschlagungen des Auslasskanals [-]
Scheitel	1	Qmax	maximaler Scheitelabfluss [m ³ /s]
	1	Datum	zugehöriges Datum
	1	Qm	mittlerer Scheitelabfluss [m ³ /s]
	1	Q>Qm	Anzahl der Ereignisse mit $Q_{\text{Scheitel}} > Q_m$ [-]
Dauer	1	Dmax	maximale Entlastungsdauer [h]
	1	Datum	zugehöriges Datum
	1	Dm	mittlere Entlastungsdauer [h]
	1	D>Dm	Anzahl der Ereignisse mit $D_{\text{Entlast}} > D_m$ [-]
Volumen	1	Vmax	maximales Entlastungsvolumen [m ³]
	1	Datum	zugehöriges Datum
	1	Vm	mittleres Entlastungsvolumen [m ³]
	1	V>Vm	Anzahl der Ereignisse mit $V_{\text{Entlast}} > V_m$ [-]

2.3.5.2 Hinweise

1. Bei Verwendung der repräsentativen Regenreihen wird als Maximalereignis immer ein Regenereignis zwischen dem 14. und dem 16. Juni ausgewiesen. Dass die repräsentativen Regenreihen lediglich einen Zeitraum von 9 Monaten abdecken bedeutet nicht, dass dieses Ereignis ein Wiederkehrintervall von kleiner einem Jahr hat. Vielmehr sind die Regenreihen unter der Zielsetzung entstanden, das Verhalten eines Entwässerungssystems hinsichtlich der Entlastungskenngrößen für ein deutlich längeres Niederschlagskontinuum in ausreichender Schärfe abzubilden. Demzufolge sind in den repräsentativen Regenreihen einzelne Regenereignisse enthalten, die ein deutlich größeres Wiederkehrintervall als ein Jahr aufweisen.

Dies gilt es unbedingt zu beachten, wenn die Berechnungsergebnisse von SMUSI für eine Vorabschätzung der Dimensionen des erforderlichen Auslasskanals verwendet werden sollen. Prinzipiell sollte für diese Aufgabe eher ein stärker hydraulisch orientiertes Berechnungsverfahren eingesetzt werden.

2.3.6 Summenwerte - Schmutzfrachten ausgewählter Stoffe

2.3.6.1 Beschreibung

In der Tabelle *Schmutzfrachten ausgewählter Stoffe* werden die bauwerks- bzw. einzugsgebietsbezogenen Bilanzen der 6 in SMUSI berücksichtigten Schmutzstoffe zusammengefasst. Unterschieden wird in die Kategorien:

Bauwerk:	Name des Entlastungsbauwerks mit Kurzbezeichnung sowie Klassifizierung der Absetzwirkung und weitergehenden Mischwasserbehandlung
Zulauf:	Es werden für die ausgewählten 6 Stoffe und für jedes Entlastungsbauwerk die Stofffrachten, die während der Regenwasserabflussdauer T_{Qr} im Mischwasserabflussvolumen V_{Qm} , im Zulauf zum jeweiligen Bauwerk enthalten waren, dargestellt.
Entlastung:	Für jedes Entlastungsbauwerk werden die Stofffrachten der ausgewählten 6 Stoffe ausgegeben, die im entlasteten Mischwasservolumen an diesem Bauwerk während des Bilanzierungszeitraums enthalten waren.
spez. Entlastung:	Gesamtentlastungsfracht bis zum jeweiligen Entlastungsbauwerk (einschließlich der dort entlasteten Fracht) dividiert durch die gesamte reduzierte Fläche (A_{red}) der angeschlossenen kanalisierten Flächen. Die versiegelten Flächen von Außengebieten bleiben unberücksichtigt.

Kategorie	Zeile	Name	Beschreibung der Ausgabewerte
Bauwerk	1	Name	Bezeichnung des Bauwerks
	1	Bez.	Kennung des Bauwerks mit Angabe der Absetzwirkung
	2		Kennung der weitergehenden Mischwasserbehandlung
Zulauf	1	SFz	Zum Bauwerk zugeflossene Stofffrachten der 6 Schmutzstoffe während der Regenabflussdauer TQr (variable 10er-Potenzen mit Dimension kg)
	2		bei WMB-Typ = BOF, werden hier die Zulauffrachten zum Bodenfilter aufgeführt. Diese stellen gleichzeitig die Abauffrachten am Klärüberlauf des angeschlossenen Beckens dar.
Entlastung	1	SFe	Am Bauwerk entlastete Stofffrachten der 6 Schmutzstoffe; Summe von Klärüberlauf und Beckenüberlauf (variable 10er-Potenzen mit Dimension kg)
	2		bei WMB-Typ = BOF, werden hier die vom Bodenfilter in den Vorfluter eingeleiteten Stofffrachten aufgeführt. Diese beinhalten sowohl die über den Klärüberlauf des Bodenfilters entlasteten als auch die aus dem Boden ausgetragenen Massen
	3		bei WMB-Typ = BOF, werden hier die Summen aus Zeile 1 und Zeile 2 aufgeführt
spez. Entlastung	1	SFe(ges) / Au(ges)	spezifische Gesamtentlastungsfracht der 6 Schmutzstoffe, wobei bei der Division lediglich die reduzierten Flächen von kanalisiertem Flächen berücksichtigt werden [kg/ha]

In den letzten vier Zeilen werden die Ergebnisse von Summenbildungen bzw. Kläranlagen spezifische Ergebnisse wiedergegeben. Die dargestellten Werte sind vom gleichen Typ wie die oben beschriebenen.

- Zeile 1: Summe**
- Frachtsummen der 6 Schmutzparameter, die während der Regenabflussdauer bilanziert wurden. Durch die unterschiedlichen Dauern TQr ist eine direkte Berechnung der Summe aus den anderen Angaben der Tabelle nicht möglich.
 - Frachtsummen der 6 Schmutzparameter die während der Regenabflussdauer entlastet wurden
 - Gesamtentlastungsfrachten bezogen auf die reduzierte Gesamtfläche
- Zeile 2: Entnomm. Frachten:**
- Durch die weitergehende Mischwasserbehandlung können Frachten aus dem Bilanzkreislauf entnommen werden (z.B. Filterung + Entnahme). Die Summe dieser Frachtentnahmen wird hier aufgeführt.

- Zeile 3: KLA (Regen)** - Frachtsummen der 6 Schmutzparameter die während der Regenabflussdauer im Zulauf der Kläranlage bilanziert wurden.
- Frachtsummen der 6 Schmutzparameter die während der Regenabflussdauer von der Kläranlage in das Gewässer abgegeben wurden (beachte Angaben im Formular **Kläranlage**).
 - Gesamtabgabefrachten (Regen) bezogen auf die reduzierte Gesamtfläche
- Zeile 4: KLA (Trock)** - Frachtsummen der 6 Schmutzparameter die während der Trockenwetterphasen von der Kläranlage in das Gewässer abgegeben wurden (beachte Angaben im Formular **Kläranlage**).
- Gesamtabgabefrachten (Trocken) bezogen auf die reduzierte Gesamtfläche

2.3.6.2 Hinweise

1. Die Zuflusskenngrößen beziehen sich nur auf die Zeiten innerhalb des Simulationszeitraums, bei denen die Bedingung $Q_{zu} > Q_t + 0,1 \text{ l/s}$ erfüllt ist. Insofern sind die ausgewiesenen Zulauffrachten nicht vergleichbar mit eventuell an einer Kläranlage gemessenen Konzentrationen und daraus hochgerechneten Frachten in einem der Simulationsdauer vergleichbaren Zeitraum. Eine diesbezüglich Plausibilitätskontrolle erfolgt besser durch Vergleich mit dem Trockenwettergang (2.1).
2. Zu beachten ist, dass die Frachten in den einzelnen Kategorien in variablen 10er-Potenzen der Dimension kg ausgegeben werden; somit sind die reinen Zahlenwerte bei unterschiedlichen Bilanzierungszeiträumen nicht immer unmittelbar vergleichbar.
3. Die spezifische Entlastungsfracht S_{Fe} ist der Quotient aus der Summe der jeweiligen Entlastungsfracht und versiegelten Einzugsgebiet. Sie bezieht sich definitionsgemäß immer auf das Gesamteinzugsgebiet des jeweiligen Bauwerks und ist demzufolge bei vorentlasteten Bauwerken nicht ohne weiteres aus den übrigen Angaben der *Frachten ausgewählter Stoffe* zu berechnen.
4. Bei der Überprüfung der Zu- und Ablaufbilanzen können geringe Diskrepanzen auftreten, die auf die Definition der Regenabflussdauer und damit auf numerische Ungenauigkeit zurückzuführen sind. Beginn und Ende des Regenabflusses sind aus rechentechnischen Gründen durch Über- bzw. Unterschreiten eines Grenzwertes ($Q_t + 0.1 \text{ l/s}$) über dem Trockenwetterabfluss festgelegt. Der unterhalb dieses Grenzwertes liegende Regenwetterabfluss wird nicht mitbilanziert. Daraus folgt, dass sehr kleine, aber häufig auftretende Regenereignisse bei ihrer Einleitung ins Kanalnetz noch bilanziert, aber nach Abflachung auf ihrem Weg zur Kläranlage vernachlässigt werden.

2.3.7 Summenwerte - Schmutzkonzentrationen ausgewählter Stoffe

2.3.7.1 Beschreibung

In der Tabelle *Schmutzkonzentrationen ausgewählter Stoffe* werden die bauwerksbezogenen Konzentrationskennwerte der 6 in SMUSI berücksichtigten Schmutzstoffe zusammengefasst. Unterschieden wird in die Kategorien:

Bauwerk: Name des Entlastungsbauwerks mit Kurzbezeichnung sowie Klassifizierung der Absetzwirkung und weitergehenden Mischwasserbehandlung.

Zulauf: Es werden für die ausgewählten 6 Stoffe und für jedes Entlastungsbauwerk die minimalen Stoffkonzentrationen dargestellt, die während der Regenwasserabflussdauer T_{Qr} im Mischwasserabflussvolumen V_{Qm} im Zulauf zum jeweiligen Bauwerk enthalten waren.

Entlastung: Für jedes Entlastungsbauwerk werden die maximalen und mittleren Stoffkonzentrationen der ausgewählten 6 Stoffe ausgegeben, die während des Bilanzierungszeitraums im Auslasskanal des Bauwerks ermittelt wurden.

Kategorie	Zeile	Name	Beschreibung der Ausgabewerte
Bauwerk	1	Name	Bezeichnung des Bauwerks
	1	Bez.	Kennung des Bauwerks mit Angabe der gewählten Absetzwirkung
	2	Bez.	Kennung der weitergehenden Mischwasserbehandlung nach Definition im Formular <i>Mischwasserbehandlung</i>
Zulauf	1	Cz (min)	Minimale Zulaufkonzentration zum Bauwerk für die 6 Schmutzstoffe [mg/l]
	2	Cz (mit)	wenn WMB-Typ = BOF, werden hier die mittleren Zulaufkonzentrationen [mg/l] zum Bodenfilter aufgeführt. Diese stellen gleichzeitig die mittleren Ablaufkonzentrationen am Klärüberlauf des angeschlossenen Beckens dar.
Entlastung 1	1	Ce (max)	Maximale Entlastungskonzentration am Bauwerk für die 6 Schmutzstoffe [mg/l]
	2	Cp (mit)	wenn WMB-Typ = BOF werden hier die mittleren Konzentrationen [mg/l] nach der Bodenpassage des Bodenfilters aufgeführt.
Entlastung 2	1	Ce (mit)	Mittlere Entlastungskonzentration am Bauwerk für die 6 Schmutzstoffe [mg/l]
	2	Ce (mit)	wenn WMB-Typ = BOF, werden hier die mittleren Konzentrationen [mg/l] des Klärüberlaufs des Bodenfilters aufgeführt.

2.3.7.2 Hinweise

1. Sollte die minimale Zulaufkonzentration deutlich geringer sein als die Regenabflusskonzentration (2.3.2), deutet dies auf einen hohen Fremdwasseranfall hin. Hier ist zu prüfen, ob dies tatsächlich korrekt ist oder ein Datenfehler vorliegt.

2.3.8 Summenwerte - Wirkung der Mischwasserbehandlung

2.3.8.1 Beschreibung

Die Ermittlung des Wirkungsgrades der Mischwasserbehandlung erfolgt durch Vergleich der Entlastungsfrachten eines fiktiven Trennbauwerks, das lediglich den Drosselabfluss weiterleitet und das restliche Abflussvolumen entlasten würde (analog zu einem Regenüberlauf), mit dem realen Speicherbauwerk. Der Quotient der ermittelten Schmutzfrachten wird zur Berechnung eines Wirkungsgrades der Mischwasserbehandlung herangezogen. Auf diese Art kann die Wirkung völlig unterschiedlicher Mischwasserbehandlungsmaßnahmen (MB) miteinander verglichen werden und ermöglicht dementsprechend auch die Bewertung von *weitergehenden Maßnahmen* im Vergleich zu *herkömmlichen Speicherbauwerken*.

Die folgenden Werte sind in der Tabelle zusammengestellt:

Kategorie	Zeile	Name	Beschreibung der Ausgabewerte
Bauwerk	1	Bez.	Kennung des Bauwerks (Becken)
	1	Bez.	Kennung der weitergehenden Mischwasserbehandlung
Entlastungsfracht ohne MB	1	SFoMB	Fiktive Entlastungsfracht der 6 Schmutzstoffe unter der Annahme, dass der Drosselabfluss zur KLA weitergeleitet wird und der Restabfluss mit der Zulaufkonzentration entlastet (variable 10er-Potenzen mit Dimension kg)
Entlastungsfracht mit MB	1	SFmMB	Berechnete Entlastungsfracht der 6 Schmutzstoffe unter Berücksichtigung aller Maßnahmen (variable 10er-Potenzen mit Dimension kg)
Wirkungsgrad der MB	1	etaMB	Wirkungsgrad der Mischwasserbehandlung ($\text{etaMB} = 1 - \text{SFmMB}/\text{SFoMB}$).

In der letzten Zeile werden die Ergebnisse von Summenbildungen und Mittelwertberechnungen wiedergegeben.

Zeile 1 Summe - Frachtsummen der 6 Schmutzparameter ohne Mischwasserbehandlung
Summe - Frachtsummen der 6 Schmutzparameter mit Mischwasserbehandlung
Mittel - Mittelwert des Wirkungsgrades

2.3.8.2 Hinweise

1. In der Tabelle Wirkung der Mischwasserbehandlung sind lediglich Speicherbauwerke enthalten, da Regenüberläufe definitionsgemäß den Wirkungsgrad $\eta = 0$ haben.

2.3.9 Summenwerte - Kenngrößen der Brauchwassernutzung

2.3.9.1 Beschreibung

Sofern für kanalisierte Flächen Brauchwassernutzungsanlagen vorgesehen wurden (1.5) wird eine Tabelle mit zugehörigen Kenngrößen und Berechnungsergebnissen geschrieben, in der die folgenden Ergebnisse zusammengefasst sind.

Kategorie	Zeile	Name	Beschreibung der Ausgabewerte
	1	Bez.	Kennung der kanalisierten Fläche mit Charakterisierung des Überlaufs des Speichers (oV => Überlaufwasser wird ins Kanalnetz eingeleitet, mV => Überlaufwasser wird komplett versickert)
Flächen + Einwohner	1	Ages	Gesamtflächengröße [ha]
	1	Ared	reduzierte Flächengröße (nur undurchlässiger Anteil) [ha]
	1	ABWN	An Brauchwassernutzung angeschlossene Flächengröße [ha]
	1	EWBWN	An Brauchwassernutzung angeschlossene Einwohner [-]
	1	Qab	mittlere tägliche Entnahme aus den Brauchwassernutzungsspeichern (Zisternen) pro Einwohner [l/(E·d)]
Volumina	1	Vzu	Gesamtzulaufvolumen im Bilanzierungszeitraum [m ³]
	2	(Vini)	Anfangsspeicherinhalt (= 0,1·Gesamtspeicherinhalt) [m ³]
	1	Vret	Zurückgehaltenes (der Bilanz entnommenes) Volumen [m ³]
	2	(Vend)	Speicherinhalt am Ende der Simulation [m ³]
Frachten	1	Zulauffracht	Gesamtzulauffracht der 6 Schmutzstoffe im Bilanzzeitraum (variable 10er-Potenzen mit Dimension kg)
	2	Abgesetzte Fracht	Im Bilanzzeitraum im Speicher abgesetzte Fracht; i.d.R. Reinigung 1x pro Jahr erforderlich (variable 10er-Potenzen mit Dimension kg)
	1	Entnomm. Fracht	Dem Stoffkreislauf durch Verbrauch und Absetzwirkung entzogene Fracht (variable 10er-Potenzen mit Dimension kg)
	2	Überlauf-fracht	Aus dem Speicher übergelaufene Fracht; es werden Klammern gesetzt, sofern eine Versickerung vorgesehen ist, da dann diese Frachten der Bilanz entnommen werden. (variable 10er-Potenzen mit Dimension kg)

2.3.9.2 Hinweise

- Das Überlaufvolumen wird nicht gesondert ausgewiesen.

Es lässt sich ermitteln aus: **Vüber = Vzu - Vret + Vini - Vend**

2.3.10 Summenwerte - Kenngrößen der Trenngebiete

2.3.10.1 Beschreibung

Sofern Trenngebiete vorgesehen sind, wird eine Tabelle mit den folgenden Kenngrößen und Berechnungsergebnissen geschrieben.

Kategorie	Zeile	Name	Beschreibung der Ausgabewerte
	1	Bez. K	Kurzbezeichnung des Trenngebiets mit Kennung, ob Regenabfluss in das Kanalnetz eingeleitet wird.
Flächen + Einwohner	1	Ages	Gesamtfläche [ha]
	1	VG	Versiegelungsgrad [-]
	1	EW	Einwohner [-]
	1	mxQt	maximaler Trockenwetterabfluss [l/s]
Volumina	1	V-Netz	In das Kanalnetz eingetragenes Volumen im Bilanzzeitraum während Mischwasserzufluss an der Kläranlage [Tsd. m ³]
	1	V-Vorfl	In den Vorfluter eingetragenes Volumen im Bilanzzeitraum während Mischwasserzufluss an der Kläranlage [Tsd. m ³]
Frachten	1	Fracht in Kanalnetz	In das Netz eingetragene Schmutzfrachten im Bilanzzeitraum während Mischwasserzufluss an der Kläranlage (variable 10er-Potenzen mit Dimension kg)
	1	Fracht in Vorfluter	In den Vorfluter eingetragene Schmutzfrachten im Bilanzzeitraum während Mischwasserzufluss an der Kläranlage (variable 10er-Potenzen mit Dimension kg)

In der letzten Zeile werden die Ergebnisse von Summenbildungen wiedergegeben. Die dargestellten Werte sind vom gleichen Typ wie die oben beschriebenen.

2.3.10.2 Hinweise

- Die Berechnungsergebnisse für die Trennsysteme sind für die Beurteilung der Entlastungsbauwerke zunächst irrelevant. Allerdings sind die Volumen- bzw. Frachtanteile, die über den Regenauslasskanal in das Gewässer eingeleitet werden, für die Gesamtbeurteilung der Siedlungsentwässerung von Interesse. Hier ist gegebenenfalls das ATV-DVWK-Merkblatt M 153 anzuwenden.

2.3.11 Summenwerte – A128-Kenngrößen

2.3.11.1 Beschreibung

In einer Reihe von Bundesländern dient das ATV-Arbeitsblatt-A 128 als Grundlage zur Beurteilung der Mischwasserentlastungsanlagen. Anders als in Hessen lässt das A 128 die Anwendung beliebiger (geeigneter) Schmutzfrachtberechnungsmodelle zur Nachweisführung zu. Im Rahmen dieses Nachweises ist keine bindende Kenngröße (z.B. die spezifische Entlastungsfracht) vorgegeben, sondern die Zielgröße (die sog. modellspezifische CSB-Entlastungsfracht am fiktiven Zentralbecken) ist zunächst im Rahmen einer Vorberechnung zu ermitteln.

Hierzu ist nach Anhang 3 des A128 zunächst das erforderliche Gesamtspeichervolumen zu bestimmen. Dieses Speichervolumen wird anschließend als fiktives Zentralbecken als letztes Element vor der Kläranlage angeordnet. Durch eine Langzeitsimulation, bei der gewährleistet sein muss, dass das Abflussvolumen rückstaufrei dem fiktiven Zentralbecken zugeleitet werden kann, wird anschließend die Gesamtentlastungsfracht errechnet. Diese Fracht ist die Zielgröße, die im realen System nicht überschritten werden darf. An einzelne Bauwerke wird die Forderung zur Einhaltung des Mindestmischungsverhältnisses gestellt.

Die in der Tabelle *A128 - Kenngrößen* wiedergegebenen Größen dienen zur leichteren Beurteilung des Entwässerungssystems nach den Vorgaben des ATV-Arbeitsblattes A128.

Kategorie	Zeile	Name	Beschreibung der Ausgabewerte
Bauwerk	1	Name	Bezeichnung des Bauwerks
	1	Bez.	Kennung des Bauwerks mit Angabe der gewählten Absetzwirkung
	2	Bez.	Kennung der weitergehenden Mischwasserbehandlung nach Definition im Formular Mischwasserbehandlung
Volumen + Abflüsse	1	V	Im Beckenvolumen gespeichertes Volumen bei Entlastungsbeginn [m ³] (siehe: <i>Gebiets- und Systemkenngrößen</i>)
	1	V _{min}	Mindestspeichervolumen nach A128 (Gl.: 7.10) $V_{s,min} = 3,6 + 3,84 \cdot q_r$
	1	Q _d	Drosselabfluss bei Anspringen des ersten (untersten) Überlaufs [l/s] (siehe: <i>Gebiets- und Systemkenngrößen</i>)

Kategorie	Zeile	Name	Beschreibung der Ausgabewerte
	1	Qkrit	Kritischer Abfluss nach A128 (Gl. 6.10) für DLB, SKU und RUE $Q_{krit} = Q_{t24} + Q_{r,krit} + \sum Q_{d,i}$ mit: Q_{t24} : Tagesmittel des Trockenwetterabflusses aus dem unmittelbaren Zwischeneinzugsgebiet $Q_{r,krit}$: Kritischer Regenabfluss aus dem unmittelbaren Zwischeneinzugsgebiet (Gl. 6.9) $Q_{r,krit} = r_{krit} \cdot A_u$ mit: $r_{krit} = 15 \frac{l}{s \cdot ha} \rightarrow DLB \text{ und } SKU$ $r_{krit} = \left[7,5; \frac{120}{(t_f + 120) \cdot 5} \right] \frac{l}{s \cdot ha} \rightarrow RUE$ $\sum Q_{d,i}$: Summe aller unmittelbar von oberhalb zufließenden Drosselabflüsse, wobei: $Q_d \leq Q_{krit} \rightarrow Q_d = Q_d$ $Q_d > Q_{krit} \rightarrow Q_d = Q_{krit}$
	1	Qdmin	Rechnerischer Mindestdrosselabfluss Für RUE nach A128 (Gl. 9.3) $Q_{d,min} = (m_{erf} + 1) \cdot Q_{t24}$ Für Becken: $Q_{d,min} = 2 \cdot Q_{sx} + Q_f$
CSB Frachten + Konzentr.	1	SFe	Am Bauwerk entlastete CSB-Fracht [kg/a]
	1	1,15 * SFe	1,15-fache entlastete CSB-Fracht; maßgebend für SKU[-]
	1	Ct	Mittlere CSB-Trockenwetterabflusskonzentration als Quotient aus Trockenwetterfracht/Trockenwettervolumen [mg/l]
	1	Cr	Mittlere CSB-Regenwetterabflusskonzentration als Quotient aus Regenwetterfracht/Regenwettervolumen [mg/l]
	1	Cm	Mittlere CSB-Mischwasserkonzentration als Quotient aus Gesamtfracht/Gesamtvolumen [mg/l]
	1	Ce	Mittlere CSB-Entlastungskonzentration als Quotient aus Entlastungsfracht/Entlastungsvolumen [mg/l]

Kategorie	Zeile	Name	Beschreibung der Ausgabewerte
Mischungsverhältnis	1	vorh.	<p>vorhandenes Mischungsverhältnis für RUE nach A128 (Gl. 9.2)</p> $m_{\text{vorh}} = \frac{Q_d - Q_{t24}}{Q_d}$ <p>für Becken nach A128 (modif. Gl. 9.5 für fiktiven Schmutzstoff)</p> $m_{\text{vorh}} = \frac{c_t}{c_e} - 1$
	1	erf.	<p>Erforderliches Mischungsverhältnis nach A128 (Gl. 9.2; 9.4)</p> $m_{\text{erf}} = 7 \quad \text{für } C_{t,\text{CSB}} \leq 600 \text{ mg/l}$ $m_{\text{erf}} = \frac{c_t - 180}{60} \quad \text{für } C_{t,\text{CSB}} > 600 \text{ mg/l}$

2.3.11.2 Hinweise

1. Im Arbeitsblatt A128 wird als Bestimmungsgleichung für das vorhandene Mischungsverhältnis m_{vorh} von Regenüberlaufbecken die folgende Gleichung angegeben:

$$m_{\text{vorh}} = \frac{c_t - c_e}{c_e - c_t} \quad (\text{A128: Gl. 9.5})$$

Bei Anwendung dieser Gleichung konnte ein negatives Mischungsverhältnis berechnet werden, wenn entweder die Entlastungskonzentration $c_{e,\text{CSB}}$ oder die Trockenwetterkonzentration $c_{t,\text{CSB}}$ (z.B. durch hohen Fremdwasseranteil) kleiner als die Regenwasserkonzentration $c_{t,\text{CSB}}$ ist. Aus diesem Grund wurde von der ATV-AG *Schmutzfrachtberechnung* der Vorschlag erarbeitet, das Mischungsverhältnis mittels eines fiktiven Schmutzstoffs zu berechnen. Dieser Schmutzstoff weist lediglich eine Schmutzkonzentration auf, die Regenwasserkonzentration wird zu Null gesetzt. Dadurch vereinfacht sich Gleichung 9.5 wie in der Tabelle oben angegeben und es ist sichergestellt, dass für das Mischungsverhältnis immer Werte größer oder gleich Null ermittelt werden.

2. Wie bereits erwähnt, sind die Ergebnisse einer Betrachtung nach ATV A128 in Hessen zunächst nicht von Bedeutung. Aber sie liefern quasi, eine andere Sicht auf das gleiche Problem und geben zur Beurteilung eines Entwässerungssystems ergänzende Informationen. Teile der Vorgehensweise nach A128 wurden auch in das Prüfmodul eingearbeitet.

2.4 Einzelereignisse pro Entlastungsbauwerk (EEE)

2.4.1 Beschreibung

In der Ergebnisdatei der Einzelereignisse pro Entlastungsbauwerk (*.EEE) werden für Entlastungsbauwerke die Maximalwerte für jedes Ereignis ($hN > 0$ oder $Q_{ab,ges} > Q_{ab,tr} + 0.1 \text{ l/s}$), das im Gesamtsystem zu einer Entlastung führte, zusammengefasst dargestellt.

Kategorie	Zeile	Name	Beschreibung der Ausgabewerte
Formularkopf	1	Simulationszeitraum	Simulationsanfang und Simulationseende nach Angaben in dem Formular <i>Allgemeine Angaben</i>
	2	E.-Bauwerk	Name (Bezeichnung) des Entlastungsbauwerks
	3	Element-	Drosselabfluss bei Vollfüllung [l/s]
Formularkopf	4	Kenngößen	Beckenvolumen bei Vollfüllung [m ³]
	5	Element, Datum	Elementkennung des Bauwerks und Datum der durchgeführten Berechnung
Ereignis-definiton	1	Erg.-Beginn	Datum und Uhrzeit des Ereignisbeginns bezogen auf das Gesamtsystem
	1	Erg.-Dauer	Ereignisdauer für das Gesamtsystem nach SMUSI-Definition
Niederschlag	1	Höhe	Flächengewichtete Höhe des Niederschlags während des Ereignisses bezogen auf das Gesamtsystem [mm]
	1	Dauer	Flächengewichtete Dauer des Niederschlags während des Ereignisses bezogen auf das Gesamtsystem [h]
	1	Intensität	Flächengewichtete Intensität des Niederschlags während des Ereignisses bezogen auf das Gesamtsystem [mm/h]
Entlastungs-kenngrößen	1	Dauer	Entlastungsdauer für das jeweilige Ereignis [h]
	1	Qmit	Mit. Entlastungsabfluss für das jeweilige Ereignis [l/s]
	1	Qmax	Max. Entlastungsabfluss für das jeweilige Ereignis [l/s]
	1	Volumen	Entlastungsvolumen für das jeweilige Ereignis [m ³]
	1	Cmit	Mit. Entlastungskonzentration für CSB für das jeweilige Ereignis [mg/l]
	1	Cmax	Max. Entlastungskonzentration für CSB für das jeweilige Ereignis [mg/l]
	1	Fracht	Entlastungsfracht für CSB für das jeweilige Ereignis [kg]
Entlastungs-summen	1	Dauer	kumulierte Entlastungsdauer [h]
	1	Volumen	kumuliertes Entlastungsvolumen [m ³]
	1	Fracht	kumulierte Entlastungsfracht [kg]

2.4.2 Hinweise

1. Aus Gründen der Übersicht bei der Gegenüberstellung der Berechnungsergebnisse unterschiedlicher Bauwerke werden alle Ereignisse, die irgendwo im Kanalnetz zu einer Entlastung führten, aufgelistet. Aus diesem Grund können für einzelne Bauwerke in dem Ergebnisausdruck Zeilen mit Angaben zu einem Regenereignis aber Nullwerten für die Entlastung auftauchen.
2. Zur Ereignisdefinition wird für die EEE-Ergebnisse das Gesamtsystem herangezogen. Demzufolge ist es bei bestimmten Systemkonstellationen möglich, dass bei den Summenwerten eine größere Anzahl an Entlastungsereignissen ausgewiesen wird, als die EEE-Tabelle Zeilen hat. Dies kann passieren, wenn innerhalb eines systembezogenen Abflussereignisses ein Bauwerk durch Zuflussschwankungen mehrfach anspringt.
3. Die kumulierten Werte werden bei einer mehrjährigen Simulation zum Jahresbeginn jeweils wieder auf Null gesetzt.

2.5 Bauwerksbuch (BWB)

2.5.1 Beschreibung

Im Bauwerksbuch (*.BWB) werden die Kenngrößen jeweils eines Bauwerks nach Bauwerkstyp und gewählten Simulationsoptionen auf einer Seite zusammengefasst. Das Bauwerksbuch wird geschrieben, sofern die entsprechende Ausgabeoption gesetzt ist.

Zur Erleichterung der Prüfung sollte das Bauwerksbuch immer angefordert werden.

Bei der Darstellung der Daten sind die wichtigsten Unterscheidungskriterien:

- Becken ↔ Verzweigung ↔ Regenüberlauf
- Kennlinienberechnung ↔ Näherungsberechnung
- Rückstauberücksichtigung ↔ Standardberechnung
- Weitergehende Maßnahmen ↔ Standardberechnung

Der Aufbau des Bauwerksbuches gliedert sich wie folgt (wobei je nach gewähltem Berechnungstyp die eine oder andere Kategorie nicht mit Daten belegt ist):

- Beschreibende Kenngrößen (Name, Kennung, Typ usw,)
- Geometrische Kenngrößen zum Bauwerk und der Drossel
- Berechnete bzw. vorgegebene Kennlinie (mit Angabe des Kanalvolumens)

2.5.2 Hinweise

1. In der Tabelle mit den Kennlinien wird die Schwellenhöhe bei Regenüberläufen oder Verzweigungen mit einem **S** in der ersten Spalte gekennzeichnet. Die Ermittlung des Rückstauvolumens endet bei Erreichen der Schwellenhöhe.
2. In der Tabelle mit den Kennlinien wird die Höhe des Klärüberlaufs mit einem **K**, die Höhe des Beckenüberlaufs mit einem **B** in der ersten Spalte gekennzeichnet. Die Ermittlung des Rückstauvolumens endet bei Erreichen der Höhe des Klärüberlaufs.
3. Sofern ein Überlaufschlitz als Klärüberlauf vorgesehen ist, wird in der Spalte *QKue* Druckabfluss mit einem **D** hinter dem Wert für den Abfluss gekennzeichnet.
4. In der Spalte *Oberfläche* wird eine berechnete Becken- (eigentlich Wasser-) Oberfläche zu der jeweiligen Höhe angegeben. Die Ermittlung dieser Größe erfolgt aus den Angaben von Volumen und Höhe.

2.6 Bodenfilterergebnisse (BFS)

2.6.1 Beschreibung

Die Kenngrößen und Berechnungsergebnisse von Bodenfiltern und Versickerungsbecken werden in eine gesonderte Datei geschrieben (*.BFS), sofern eine entsprechende Mischwasserbehandlungsmaßnahme angeordnet wird. Sollten mehrere Bodenfilter (Versickerungsbecken) im Netz angeordnet sein, wird für jede Anlage eine neue Seite angelegt.

Abschnitt 1: Summenausgabe - Vorbehandlung / Bodenfilter		
Kategorie	Zeile	Beschreibung der Ausgabewerte
Summen	1	Speichervolumen der Vorbehandlung [m ³]
	2	Regenwetterzufluss zur Vorbehandlung [m ³]
	3	Entlastungsvolumen der Vorbehandlung [m ³]
	4	Bauwerksbezogene Entlastungsrate [%]
	5	Grundfläche des Bodenfilterbeckens [m ²]
	6	Mittlere Oberfläche des Bodenfilterbeckens [m ²]
	7	Speichervolumen des Filterbeckens bei Vollfüllung [m ³]
	8	Theoretische Durchsickerungsleistung [l/s]
	9	Angesetzte Drainageablaufleistung [l/s]
	10	Spez. Drainageablaufleistung (Bezug: Grundfläche) [l/(s·m ²)]
	11	Beckenueberlauf angeschlossen [j/n]
	12	Typ der Bodenkoerpersimulation [1/2], (Erläuterung s.u.)
	13	Anfangsvolumen im Bodenkoerper [m ³]
	14	Endvolumen im Bodenkoerper [m ³]
	15	Stapelhoehe im Bilanzzeitraum [m], (Durchsatzvolumen/Grundfläche)
	16	Stapelhoehe in einem Jahr [m/a] (hochgerechnet aus Bilanzzeitraum)
	17	Hydraulischer Wirkungsgrad - 1-(VKue/Vzu) [%]
	18	Volumenfehler (VolBilanz/ges.Volzu) [%]

Abschnitt 2: Bilanzierung			
Kategorie	Zeile	Name	Beschreibung der Ausgabewerte
Anzahl	1	Bek	Anzahl der Beaufschlagungen des Filterbeckens [-]
	1	Kue	Anzahl der Beaufschlagungen des Klärüberlaufs [-]
Dauern	1	0-WP	Bodenfeuchte (BF) unterhalb des Welkepunktes [h]
	1	WP-FK	BF zwischen Welkepunkt und Feldkapazität [h]
	1	FK-GP	BF zwischen Feldkapazität und Gesamtporenvolumen [h]
	1	GP-Bek	Übergang zwischen Gesamtporenvolumen und Beckeneinstau (Füll/- und Entleerungsphase) [h]
	1	Bek	Dauer der Beaufschlagungen des Filterbeckens [h]
	1	Kue	Dauer der Beaufschlagungen des Filterbeckens [h]
Volumina	1	DeltaBF	Bodenfeuchteänderung im Simulationszeitraum [m ³] (Anfangsbedingung: BF=Feldkapazität)
	1	VolReg	Auf das Filterbecken gefallenes Regenwasservolumen [m ³]
	1	VolEva	Aus dem Filterbecken verdunstetes Volumen [m ³]
	1	Volzu	Von dem Vorbehandlungsbauwerk zugeleitetes Volumen [m ³]
	1	VolPer	Durch den Filter durchgesickertes (perkoliertes) Volumen [m ³]
	1	VolKue	Vom Klärüberlauf des Filterbeckens entlastetes Volumen [m ³]
Stoffe	1	Manf	Anfangsmasse im Bodenfilter pro Schmutzstoff [kg] (Abschätzung gemäß der Anfangsbedingungen)
	1	MAbs	Nach Sierp-Kurve abgesetzte (und damit rückgehaltene) Masse im Filterbecken pro Schmutzstoff [kg]
	1	MFil	Durch Filtration der AFS zurückgehaltene Masse [kg]
	1	Mzu	Dem Bodenfilter zugeleitete Masse pro Schmutzstoff [kg]
	1	MPer	Aus dem Boden ausgetragene Masse pro Schmutzstoff [kg]
	1	MKue	Über den Klärüberlauf entlastete Masse pro Schmutzstoff [kg]
Abschnitt 3: Konzentrationen			
Kategorie	Zeile	Name	Beschreibung der Ausgabewerte
C-Mit	1-6	Czu	Mittlere Zulaufkonzentration pro Schmutzstoff [mg/l]
	1-6	CPer	Mittlere Konzentration des durchgesickerten Wassers pro Schmutzstoff [mg/l]
	1-6	CKue	Mittlere Entlastungskonzentration des Klärüberlaufs pro Schmutzstoff [mg/l]

Abschnitt 4: Simulationsparameter			
Kategorie	Zeile	Name	Beschreibung der Ausgabewerte
Stoffe	1	Eta/Abs/End	Endabsetzwirkung nach Sierp [%]
	2	Eta/Abs/Mit	Mittlere Absetzwirkung im Bilanzzeitraum [%]
	3	Eta/Fil/End	Mittlere Filtrationswirkung im Bilanzzeitraum
	4	Eta/Ges/Ret	Wirkungsgrad der Stoffrückhaltung im Bilanzzeitraum [%]
	5	Ber-Typ	Typ der Bodenprozessberechnung

2.6.2 Hinweise

2.6.2.1 Bodenfilter-Nachweis Hessen

1. Bauwerksbezogene Entlastungsrate (Abschnitt 1, Kategorie *Summen*, Zeile 4). Dieser Wert beschreibt die Rückhaltewirkung der vorgeschalteten Absetzstufe und sollte einen Wert von 55% nicht überschreiten.
2. Spezifische Drainageablaufleistung (Abschnitt 1, Kategorie *Summen*, Zeile 10). Dieser Wert sollte im Regelfall $0,01 \text{ l}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$ betragen. Eine Verringerung ist nur zulässig, sofern hierdurch keine weitere Entlastung über den Notüberlauf des Retentionsbodenfilters erfolgt.
3. Stapelhoehe in einem Jahr (Abschnitt 1, Kategorie *Summen*, Zeile 16). Dieser Wert errechnet sich aus der Division des pro Jahr durch den Bodenkörper durchsickernden Volumens durch die Grundfläche. Die jährliche Stapelhöhe sollte im Mittel einen Wert von 30 m/a nicht überschreiten.

Die weiteren Werte sind für die Beurteilung hinsichtlich der hessischen Empfehlungen nicht von maßgebender Bedeutung, sollten allerdings für die Gesamtbeurteilung des Retentionsbodenfilters mit herangezogen werden (Bodenfeuchtebereiche zur Beurteilung der Milieubedingungen für den Bewuchs, Hydraulischer Wirkungsgrad usw.).

2.6.2.2 Bodenfilter allgemein

1. Generell sollte bei der Anordnung eines Bodenfilters im Mischsystem ein Speicherbecken (SKU, DLB) zu Grobstoffentfernung vorgeschaltet werden.
2. Die Entlastungsrate dieses Beckens sollte sich im Bereich von ca. 50 % bewegen.
3. Die hydraulische Beschickung eines Bodenfilters bei Anordnung im Mischsystem sollte in einem Jahr einen Wert von weniger als 30m Stapelhöhe (Durchsickervolumen divi-

diert durch Grundfläche) einhalten. Bei Anordnung im Anschluss an ein Trennsystem sollte die jährliche Stapelhöhe 40 m nicht überschreiten. Die Einhaltung der angegebenen Werte für die Stapelhöhe werden als Schutz der Anlage vor Kolmation als zwingend notwendig erachtet.

4. Der spezifische Drosselabfluss (Durchsickerungsleistung pro Quadratmeter Filterfläche) liegt bei Anordnung Mischsystem im Regelfall bei $0,01 \text{ l/s}\cdot\text{m}^2$, bei Anordnung im Trennsystem bei $0,015 \text{ l/s}\cdot\text{m}^2$

2.7 Ganglinien (Abflusswellen) pro Systemobjekt (WEL, ASC)

2.7.1 Beschreibung

Für jedes in der *Systemlogik* aufgeführte Systemobjekt (außer der Kläranlage) können die Abflussganglinie und die Konzentrationsganglinie eines gewählten Schmutzstoffes in 5-min Zeitschritten angefordert werden, sofern die entsprechenden Ausgabeoptionen gesetzt sind.

- *Es werden nur die Abschnitte der Ganglinie geschrieben, bei denen nach SMUSI-Definition ein Regenerereignis vorliegt:*

$$hN > 0 \text{ oder } Q_{ab,ges} > Q_{ab,tr} + 0.1 \text{ l/s}$$

2.7.2 Hinweise

1. Die Sichtung und Analyse der Abflussganglinien kann vor allem bei schwierigen Systemkonstellationen zum besseren Verständnis des Gesamtsystems äußerst hilfreich sein. Bei Anforderung von Gangliniendateien sollte der Simulationszeitraum auf z.B. einen mittleren Regentag eingeschränkt werden. Bei Verwendung der repräsentativen Regenreihen ist z.B. der 28.04.1968 als geeignet zu betrachten.
2. **Vorsicht:**
Werden im Rahmen einer Langzeitsimulation mehrere Gangliniendateien angefordert, können schnell Dateien mit einem Gesamtumfang von 100 MB und mehr entstehen.

2.8 Animationen (ANI)

2.8.1 Beschreibung

Das Zusatzprogramm **Grafischer Systemeditor** kann außer zur Erstellung und Bearbeitung der Systemlogik auch zur grafischen Anzeige und Analyse einer speziellen Ergebnisdatei (Animationsdatei - *.ANI) benutzt werden. Die Animationsdatei wird geschrieben sofern die Option *Animation* gesetzt ist.

In dieser speziellen Ergebnisdatei wird für jedes Systemelement in jedem Zeitschritt ein Systemzustand (z.B. Becken → aktuelles Speichervolumen oder Sammler → aktueller Abfluss) abgespeichert. Darüber hinaus liegen in der Animationsdatei die Systemstruktur und weitere Angaben wie etwa Minimal- und Maximalzustände vor. Mit Hilfe dieser Informationen können die Simulationsergebnisse (zur Zeit lediglich eine Angabe pro Systemelement) in Form einer Animation dargestellt werden, so dass die Dynamik des Systemverhaltens visuell nachvollzogen werden kann.

Nach Auswahl einer Animationsdatei wird die zugehörige Systemlogik auf der Zeichenfläche dargestellt. Die einzige Änderung im Vergleich zum Editiermodus ist die oben erwähnte Darstellung von Füllzuständen für die Systemelemente. Dies geschieht, indem in jedes Element ein Balken gezeichnet wird, dessen Höhe vom jeweiligen Grad der Füllung zum aktuellen Zeitpunkt bestimmt wird. Der Füllungsgrad errechnet sich aus den Angaben des Minimal- bzw. Maximalzustandes.

Zur Kennzeichnung bestimmter Extremzustände werden die dargestellten Balken farblich variiert. Beispielsweise ändert sich generell die Farbe von Hellbraun zu Blau beim Wechsel von Trockenwetter- zu Regenabfluss. Bei Entlastungsereignissen an Becken oder Regenüberläufen sowie bei Überschreitung der Vollfülleistung bei Sammlern wechselt die Farbe von Blau zu Rot. Die Darstellung kann schrittweise (Einzelbild) oder als Film gewählt werden.

2.8.2 Hinweise

1. Die Sichtung und Analyse der Animationsdatei, die letztlich eine Zusammenfassung aller Wellendateien für jeweils eine Abflusskenngröße pro Systemelement, ist zum besseren Verständnis des Gesamtsystems äußerst hilfreich. Außerdem ermöglicht die Visualisierung der jeweiligen Systemzustände (Füllzustände und Abflüsse) einen ersten Schritt in Richtung Systemoptimierung, da z.B. inhomogene Systemverhältnisse sofort sichtbar werden.

Bei Anforderung der Animationsdatei ist unbedingt darauf zu achten, dass der Simulationszeitraum auf z.B. einen mittleren Regentag eingeschränkt wird. Bei Verwendung der repräsentativen Regenreihen ist z.B. der 28.04.1968 als geeignet zu betrachten.

2. **Vorsicht:**

Die Animationsdatei wird in zwei Stufen geschrieben, wobei am Ende der Simulation eine Umsortierung erfolgt. Im Rahmen einer Langzeitsimulation erstellte Animationsdateien sind je nach Systemgröße mehrere 100 Mbyte groß, wodurch der Prozess des Umsortierens eine geraume Zeit in Anspruch nehmen oder sogar die Kapazität der Festplatte übersteigen kann.

Animationen sollten grundsätzlich nur für kurze Zeiträume erstellt werden.