

MANUAL



# KAREN

*Version 1.2*



*W. Rauch H.Kinzel*

Copyright © 2007 **hydro-IT** GmbH, Innsbruck

Alle Rechte vorbehalten

Dieses Werk und Teile davon dürfen in keiner Form, mit keiner Methode und zu keinem Zweck vervielfältigt werden.

**hydro-IT** gibt keine Garantie, außer der in der Überlassungserklärung festgelegten, weder ausdrücklich noch implizit, auf die Verkaufseignung oder Tauglichkeit für eine bestimmte Anwendung dieser Materialien und stellt diese Materialien lediglich in der augenblicklichen Form zur Verfügung.

**hydro-IT** kann keinesfalls und gegenüber Niemanden für besondere kollaterale, zufällige oder indirekte Schäden, die sich aus dem Verkauf oder der Nutzung dieser Materialien ergeben, haftbar gemacht werden. Im Falle einer Haftung seitens der hydro-IT GmbH beträgt die Haftbarkeitssumme höchstens den Kaufpreis der hier beschriebenen Materialien.

## Inhaltsverzeichnis

1	Systemvoraussetzungen .....	4
2	Installationsanleitung .....	4
3	Bedienungsanleitung .....	4
4	Einführung in das Programm KAREN .....	9
5	Regenwasserbehandlung in Mischkanalisationen .....	9
6	ÖWAV Regelblatt 19.....	13
7	KAREN – Konzeptionen und Modelle .....	23
8	Ergebnisse und Immissionsberechnung .....	36
9	Literatur .....	37
10	Anhang .....	38

## Vorwort

Die Ableitung von Regenwasser in Mischkanalisationen führt fallweise zu einer hohen Belastung der Gewässer. Maßnahmen zur Begrenzung dieser Belastung beruhen bislang auf der Vorgabe eines Speichervolumens proportional zur Größe des Einzugsgebietes.

Im Jahre 2007 wurde von Seiten des Österreichischen Wasser- und Abfallverbandes (**ÖWAV**) ein neuer Ansatz hinsichtlich der Behandlung von Niederschlagwasser in Mischwassersystemen in Form eines Regelblattes erarbeitet (**ÖWAV**-Regelblatt 19 „Richtlinien für die Bemessung von Mischwasserentlastungen“, 2007). Dieser Vorschlag stellt eine wegweisende Änderung der bisherigen Vorgangsweise dar, indem erstens das System gesamthaft gesehen wird (d.h. die Wirksamkeit der Maßnahmen muss für die gesamte Anlage nachgewiesen werden) und zweitens alternative Behandlungsmethoden abseits der traditionellen Speicherung des Mischwassers zugelassen werden. Die erforderlichen Maßnahmen der Mischwasserbehandlung sind anhand von Mindestwirkungsgraden festzulegen. Zudem sind auch Anforderungen hinsichtlich Immissionen zu beachten. Eingangsdaten der Berechnung sind hochaufgelöste Regenserien wie sie im Rahmen des **ÖWAV** Leitfadens – „Niederschlagsdaten zur Anwendung der **ÖWAV**-Regelblätter 11 und 19“ bzw. mittels des Softwarewerkzeugs **NIEDA** der **hydro-IT** GmbH zur Verfügung gestellt werden.

Die notwendige Ermittlung der Mindestwirkungsgrade der Mischwasserbehandlung macht aber die Einführung eines neuen Berechnungswerkzeugs, nämlich der Langzeitsimulation, notwendig. Dazu kommen aber derzeit nur einige wenige kommerzielle Programme in Frage. Die Handhabung dieser Programme erfordert durchwegs eine vertiefte Sachkenntnis, die nur in wenigen Planungsbüros vorhanden ist. Der derzeitige Mangel an entsprechender Sachkenntnis in der Praxis kann daher zu einer entsprechend langsamen Umsetzung der neuen Vorgangsweise führen.

Am Arbeitsbereich Umwelttechnik der Universität Innsbruck wurde dieser Problematik Rechnung getragen und das Softwareprogramm **KAREN** (**K**Anal – Regen**EN**tlastung) in Zusammenarbeit mit dem universitären Spinoff Unternehmen **hydro-IT** entwickelt. **KAREN** stellt ein problemspezifisches und leicht handhabbares Werkzeug dar, welches speziell für die Berechnung von Mischwassersystemen nach den Vorgaben des neuen Regelblattes 19 konzipiert wurde. **KAREN** ist aber dennoch ein vollwertiges Softwarewerkzeug, mit welchem auch sehr komplexe und große Entwässerungssysteme berechnet werden können. Zudem weist **KAREN** auch die kritischen Situationen hinsichtlich Immissionsbetrachtung aus.

**hydro-IT** GmbH stellt mit den beiden Programmen **NIEDA** und **KAREN** die notwendigen Werkzeuge für die Bemessung von Mischwasserentlastungen nach den Vorgaben des **ÖWAV**-Regelblattes 19 zur Verfügung.

Univ. Prof. Dr. W. Rauch  
Arbeitsbereich Umwelttechnik  
Universität Innsbruck

Dipl.-Inform. H. Kinzel  
Geschäftsführer  
**hydro-IT**

## 1 Systemvoraussetzungen:

- Windows XP/2000/Vista
- CD-ROM Laufwerk
- Acrobat Reader ab Version 6.0
- Internet Explorer ab Version 5.5 oder Mozilla Firefox ab Version 1.0
- 50 MB freier Festplattenspeicher

## 2 Installationsanleitung

Zur Installation legen Sie bitte Ihre **KAREN**-Installations-CD in das CD/DVD-Laufwerk Ihres Rechners ein. Es wird automatisch ein Auswahlmenü gestartet, in dem Sie die Installation von **KAREN** auswählen können (für den Fall, dass Sie die „Autostart-Funktion“ für Ihr Laufwerk deaktiviert haben, öffnen Sie bitte im Explorer Ihr CD/DVD-Laufwerk und führen Sie die Datei *Setup.exe* aus).

Das Installationsprogramm begleitet Sie durch die Installation und erklärt die einzelnen Schritte.

Wichtig: Nach der Installation wird **KAREN** zum ersten Mal gestartet und Sie müssen zur Aktivierung Ihren Lizenzschlüssel angeben. Den Schlüssel finden Sie auf einem Aufkleber in der CD-Hülle von **KAREN**.

## 3 Bedienungsanleitung

### 3.1 Erste Schritte

#### 3.1.1 Neues Kanalsystem anlegen

Im Menü „Datei“ findet sich der Menüpunkt „Neues System erzeugen“. Hier kann ein neues Kanalsystem angelegt werden. Es öffnet sich ein Fenster, in dem der Projektname und die anfängliche Anzahl der Einzugsgebiete angegeben werden können. Selbstverständlich kann auch zu einem späteren Zeitpunkt die Anzahl der Einzugsgebiete geändert werden. Das erzeugte Kanalsystem ist zunächst linear aufgebaut, es besteht aus der angegebenen Anzahl von Einzugsgebieten, der Kläranlage und dem Vorfluter. Jedes Einzugsgebiet hat ein Mischüberlaufbauwerk (MÜB), welches in den Vorfluter entlastet.



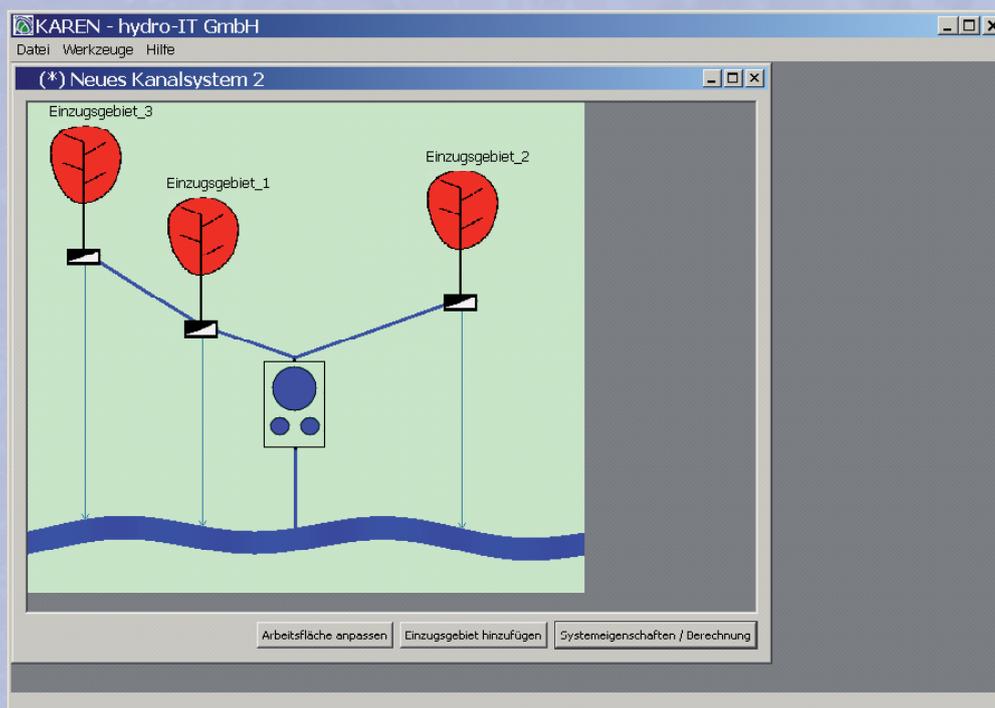
### 3.1.2 Eigenschaften der Einzugsgebiete ändern

Durch Klicken mit der rechten Maustaste auf den Einzugsgebieten öffnet sich das Fenster mit den Eigenschaften des jeweiligen Einzugsgebiets und des Bauwerks (Details siehe Kapitel KAREN – Konzeption und Modelle). Hier kann auch ausgewählt werden, ob der Sammler das Mischwasserüberlaufbauwerk durchströmt (seriell) oder ob es parallel zum Sammler angeordnet ist.

Einzugsgebiet			
Name Einzugsgebiet			Einzugsgebiet_1
Undurchlässige Fläche	$A_u$	[ha]	0,00 ha
Fließzeit im Einzugsgebiet	$t_c$	[min]	0,00 min
Anfangsverlust	$h_A$	[mm]	0,00 mm
Dauerverlust	$h_d$	[mm/d]	0,00 mm/d
Trockenwetterabfluss	$Q_T$	[l/s]	0,00 l/s
Bauwerk			
Bauweise MÜB			
<input type="radio"/> Hauptschluss <input checked="" type="radio"/> Nebenschluss			
Volumen MÜB	$V_{MÜB}$	[m <sup>3</sup> ]	0,00 m <sup>3</sup>
Drosselabfluss MÜB	$Q_{DR}$	[l/s]	0,00 l/s
Sedimentationswirkungsgrad	$\eta_{sed}$	[%]	0,00 %
Fließzeit im Sammler			
Fließzeit bei voller Füllung (Translation)		[min]	0,00 min
Einbindung MÜB in Sammler			
Anordnung			
<input checked="" type="radio"/> Seriell <input type="radio"/> Parallel			

### 3.1.3 Einzugsgebiete hinzufügen oder löschen

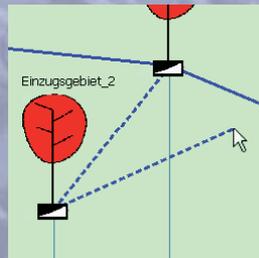
Einzugsgebiete können durch Klicken auf „Einzugsgebiete hinzufügen“ im Kanalsystemfenster addiert werden. Es erscheint ein Einzugsgebiet ohne Anschluss an das restliche System. Um die Verknüpfung zu erstellen, wird verfahren wie unter „Verknüpfungen der Einzugsgebiete erstellen oder ändern“ beschrieben.



Um ein Einzugsgebiet zu löschen, muss mit der rechten Maustaste auf das Einzugsgebiet geklickt werden und im Fenster mit den Eigenschaften auf „Einzugsgebiet löschen“ geklickt werden.

### 3.1.4 Verknüpfungen der Einzugsgebiete erstellen oder ändern

Doppelklick + Festhalten + Ziehen mit der linken Maustaste ändert die Verknüpfung eines Einzugsgebietes. Man führt einen Doppelklick auf dem Einzugsgebiet aus, dessen Einleitungspunkt geändert werden soll, hält die linke Maustaste fest und zieht den Mauszeiger dann auf das Element (Einzugsgebiet oder Kläranlage), mit dem das Einzugsgebiet verknüpft werden soll.



### 3.1.5 Eigenschaften der Abwasserreinigungsanlage ändern

Durch Klicken auf die Schaltfläche „Systemeigenschaften / Berechnung“ öffnet sich ein Fenster, in dem die Auslegung der Kläranlage in EW angegeben werden kann.

### 3.1.6 Anordnung der Elemente im Fenster Kanalsystem ändern

Durch einfacher Klick + Festhalten + Ziehen mit der linken Maustaste kann ein Element (Einzugsgebiet oder die Kläranlage) beliebig im Kanalsystemfenster verschoben werden. Die Größe des Kanalsystemfensters nimmt dabei automatisch zu, wenn man an den Rand des Fensters kommt. Durch Klicken auf die Schaltfläche „Arbeitsfläche anpassen“ wird die Größe des Fensters automatisch an die Größe des Kanalsystems angepasst.

Doppelklick + Festhalten + Ziehen mit der linken Maustaste ändert die Verknüpfung eines Einzugsgebietes. Man führt einen Doppelklick auf dem Einzugsgebiet aus, dessen Einleitungspunkt geändert werden soll, hält die linke Maustaste fest und zieht den Mauszeiger dann auf das Element (Einzugsgebiet oder Kläranlage), mit dem das Einzugsgebiet verknüpft werden soll.

Mit Klicken der rechten Maustaste auf das Einzugsgebiet und anschließend Änderung der „Einbindung MÜB in Sammler“ von seriell auf parallel kann das Einzugsgebiet so angeordnet werden, dass es erst nach dem Mischüberlaufbauwerk in den Hauptsammler einleitet.

### 3.1.7 Systemeigenschaften ändern

Klicken auf die Schaltfläche „Systemeigenschaften / Berechnung“ öffnet ein Fenster, in dem allgemeine Systemeigenschaften und der Regen angegeben werden können.

Die Systemeigenschaften sind der Projektname, gegebenenfalls eine Erhöhung des Wirkungsgrades durch Trennsystem (Details siehe Kapitel ÖWAV Regelblatt 19 – Anforderungen – Berücksichtigung angeschlossener Gebiete mit Trennkanalisation) sowie die Auslegung der Abwasserreinigungsanlage (in EW).

**System-Eigenschaften**

System:

Projektname:

Erhöhung Wirkungsgrad durch Trennsystem:

Auslegung Abwasserreinigungsanlage:  Einwohner

Regen:

R720,1 Wert setzen

R720,1 aus verwendeter Regendatei berechnen

Detaillierte Schmutzfrachtberechnung

Detaillierte Schmutzfrachtberechnung:

C (AFS-R)  Konzentration abfiltrierbare Stoffe im Niederschlagsabfluss

C (AFS-T)  Konzentration abfiltrierbare Stoffe im Trockenwetterabfluss

Berechnung Ammoniaktoxizität

Immissionsberechnung akute Ammoniaktoxizität:

Q(Go)  Gewässerabfluss oberhalb Einleitung

C (Go)  NH4-N-Konzentration im Gewässerabfluss oberhalb Einleitung

C (R)  NH4-N-Konzentration im Niederschlagsabfluss

C (T)  NH4-N-Konzentration im Trockenwetterabfluss

Berechnung- / Anzeigeverfahren:

Report ausgeben

Ganglinien ausgeben

### 3.1.8 Simulationsparameter festlegen

Klicken auf die Schaltfläche „Systemeigenschaften / Berechnung“ öffnet ein Fenster, in dem allgemeine Systemeigenschaften und der Regen angegeben werden können. Des Weiteren kann ausgewählt werden, ob eine detaillierte Schmutzfrachtberechnung oder die Berechnung der Ammoniaktoxizität durchgeführt werden soll (Details siehe Kapitel KAREN – Konzeption und Modelle).

**Ergebnisse**

Zurück Vorwärts Report  Report drucken Report speichern

(\AFS)

**Detaillierte Ergebnisse - Kalibrierungsdaten**

Gesamter Zufluss zur ARA	26804.5	[m³/a]
Trockenwetterzufluss zur ARA (V <sub>QT</sub> )	26790	[m³/a]
Niederschlagsvolumen	80	[m³/a]
Regenabflussenergie (V <sub>QT</sub> )	60	[mm³/a]
Summe entlastetes Mischwasser (V <sub>Qe</sub> )	45.5	[m³/a]

Name Einzugsgebiet	Mischungsverhältnis	Kumul. Überlaufereignisse	Überlaufvolumen	Dauer des Überlaufs	Ein-jährlicher Entlastungsabfluss	Ein-jährlicher Entlastungsvolumen
	[-]	[-/a]	[m³/a]	[h/a]	[l/s]	[m³]
Einzugsgebiet_1	1.5	1	45.5	0.17	0.08	45.5

Bei den Berechnungs- / Anzeigerverfahren stehen zwei verschiedene Verfahren zur Auswahl: Bericht und Ganglinien.

Wenn für eine Simulation „Bericht ausgeben“ gewählt wird, öffnet sich nach der Berechnung ein Ergebnisfenster, welches wie ein HTML-Browser funktioniert.



Wenn „Ganglinien ausgeben“ gewählt wird, erscheinen im darunter liegenden Fenster alle Einzugsgebiete und es kann gewählt werden, für welche die Ganglinien berechnet werden sollen. Nach der Berechnung öffnet sich ein Fenster mit der graphischen Darstellung der Ganglinien. Die graphische Darstellung verfügt über Skalierungsbalken für Ordinate und Abszisse. Bei dieser Darstellung ist zu beachten, dass die Berechnung länger dauert als bei „Bericht ausgeben“.

### 3.1.9 Simulation durchführen

Durch Klicken auf die Schaltfläche „Systemeigenschaften / Berechnung“ im Kanalsystemfenster öffnet sich das Fenster „Systemeigenschaften / Berechnung“ mit der Schaltflächen „Berechnung starten“.

## 3.2 Die Menüleiste

### 3.2.1 Das Menü „Datei“

Im Menü „Datei“ finden sich folgende Befehle:

- Neues System
- Öffnen
- Speichern
- Speichern unter
- Export als Bild
- System schließen
- Drucken
- Beenden

### Neues System

Mit dem Befehl „Neues System“ kann ein neues Modell eines Abwassersystems erstellt werden. Es öffnet sich ein Fenster, in dem der Projektname und die anfängliche Anzahl der Einzugsgebiete angegeben werden können. Selbstverständlich kann auch zu einem späteren Zeitpunkt die Anzahl der Einzugsgebiete geändert werden.

### **Öffnen**

Der Befehl „Öffnen“ erlaubt es, ein bereits gespeichertes Modell eines Abwassersystems zu suchen und zu öffnen.

### **Speichern**

„Speichern“ speichert die aktuelle Version des Abwassersystemmodells unter dem gleichen Dateinamen ab.

### **Speichern unter**

Der Befehl „Speichern unter“ ermöglicht es, die aktuelle Version des Modells des Abwassersystems unter einem neuen Dateinamen abzulegen.

### **Export als Bild**

Mit dem Befehl „Export als Bild“ wird die grafische Darstellung des Abwassersystems als Bild abgespeichert. Zur Auswahl stehen die Formate Portable Network Graphics (.png) und Bitmap (.bmp).

### **System schließen**

Mit „System schließen“ wird das gerade geöffnete Abwassersystem geschlossen. Falls die letzten Änderungen nicht gesichert wurden, wird gefragt, ob noch gespeichert werden soll.

### **Drucken**

Der Befehl „Drucken“ druckt das Kanalsystem so groß wie möglich aus. Bei lang gestreckten Systemen sollte daher in den Druckereinstellungen Querformat ausgewählt werden.

### **Beenden**

Der Befehl „Beenden“ schließt das Programm **KAREN**.

## **3.2.2 Das Menü Werkzeuge**

### **Blockregen erzeugen**

„Blockregen erzeugen“ öffnet ein Fenster, in dem die Regendauer (in Minuten) und die Regenhöhe (in mm) eingegeben werden können. Mit Klicken auf Okay kann der Name und Speicherort des Blockregens ausgewählt werden.

### **NIEDA**

Unter dem Menüpunkt **NIEDA** kann das Softwarewerkzeug **NIEDA** – die Niederschlagsdatenbank für Österreich – gestartet werden, sofern dieses auf dem Computer installiert ist. Die Vorauswahl für das Ausgabeverzeichnis des konvertierten Regens ist das aktuelle Regenverzeichnis von **KAREN**.

## **4 Einführung in das Programm KAREN**

### **4.1 Hintergrund**

Während eines Niederschlags fallen in urbanen Siedlungsräumen große Regenwassermengen an, die teilweise in das Gewässer abgeleitet werden müssen. Bei einem Regenereignis können daher fallweise hohe Schmutzfrachten auftreten und die Gewässer entsprechend belasten. Das Ziel der Regenwasserbehandlung ist

eine Begrenzung dieser Beeinträchtigung des Gewässers unter Berücksichtigung des Kosten-Nutzen Effektes.

In Österreich wurde bislang (**ÖWAV**-RGI. 19, 1987) der Stand der Technik hinsichtlich der erforderlichen Mischwasserbehandlung in Form von konstruktiven Vorgaben festgelegt. Zum einen mussten Mischwasserüberläufe so bemessen sein, dass sie erst bei einem Abfluss von  $15 \text{ l}/(\text{s}\cdot\text{ha}_{\text{Ared}})$  anspringen und zum anderen war in jeder Mischwasserkanalisation ein Speichervolumen von mindestens  $15 \text{ m}^3/\text{ha}_{\text{Ared}}$  vorzusehen. Obwohl diese Vorgangsweise empirisch gute Erfolge zeigte, wurde im Rahmen der Implementierung der Allgemeinen Emissionsverordnung Abwasser der Wunsch nach einer Neuregelung dieser Anforderungen laut. Insbesondere wollte man nicht mehr konstruktive Vorgaben für Mischwasserbehandlungsanlagen weiterführen, sondern anstelle dessen die Anforderungen mittels allgemeiner Wirkungsgrade der Maßnahmen regeln. Grundlage der Vorgangsweise war die Dissertation (Fenz, 2001).

Im neuen **ÖWAV** Regelblatt 19 wird also der Stand der Technik in einer allgemeinen Zielvorgabe für Mischwasserbehandlungsanlagen ausgedrückt. Generell gilt, dass von den Inhaltstoffen des Mischwassers ein bestimmter Anteil im Jahresmittel zur biologischen Stufe der Abwasserreinigungsanlage geleitet werden muss – auch als Mindestwirkungsgrad der Weiterleitung bezeichnet.

Diese Neuformulierung des Standes der Technik im überarbeiteten Regelblatt erfordert aber die rechnerische Ermittlung des Wirkungsgrades der Weiterleitung im Zuge der Planung. Als anerkanntes Berechnungsverfahren ist dafür in erster Linie die Langzeit-Simulation zu betrachten. Die Formulierung des Regelblattes stellt eine grundlegende Änderung der Vorgangsweise nicht nur für den Planer dar, sondern auch für die Behörde: war es nämlich bislang, möglich komplexe Planungsvorhaben mit einfachen Kennwerten zu überprüfen, ist dies nach den neuen Vorgaben nur mehr sehr eingeschränkt möglich. Natürlich kann – und soll - auch weiterhin die Plausibilität von Maßnahmen mittels einfacher mathematischer Zusammenhänge und Systemkennwerte überprüft werden - jedoch benötigt eine exakte Nachrechnung der Planung die Simulation des Systemverhaltens.

#### **4.2 Ziel**

Um die Anwendung des neuen Regelblattes gerade auch bei den vielen kleineren Mischwassernetzen in Österreich zu fördern, wurde vom Arbeitsbereich für Umwelttechnik der Universität Innsbruck in Zusammenarbeit mit dem universitären Spinoff Unternehmen **hydro-IT** GmbH die Software **KAREN** speziell für die Umsetzung des Regelblattes 19 entwickelt. Zielvorgabe für **KAREN** war einerseits eine vollständige Abdeckung aller Erfordernisse des Regelblattes und andererseits die Erarbeitung eines kostengünstigen Werkzeuges, das keine lange Einarbeitungszeit benötigt.

Die Software mit dem Namen **KAREN** (**K**Anal-Regen-**EN**tlastung) ist ein vollwertiges Berechnungswerkzeug für die Berechnung von Regenentlastungen in Mischwasserkanälen nach **ÖWAV** Regelblatt 19. Im Gegensatz zu anderen Softwareprogrammen zu diesem Thema zielt **KAREN** spezifisch auf die Anwendung und die Vorgaben nach diesem Regelblatt ab. Der entscheidende Vorteil einer derartigen zielgerichteten Software ist darin zu sehen, dass sich der Anwender direkt dem Problem zuwenden kann, ohne die vielfältigen und komplexen Funktionen einer allgemein anwendbaren Software beherrschen zu müssen. Dennoch bietet **KAREN** alle notwendigen Funktionalitäten einer modernen Software im Themengebiet Siedlungswasserwirtschaft.

### 4.3 Beschreibung der allgemeinen Konzeption

Gemäß der Vorgabe ein anwenderfreundliches Werkzeug zu schaffen, wurden bei der Entwicklung von **KAREN** möglichst einfache Modelle verwendet, um den erforderlichen Aufwand bei der Beschaffung von Daten im Rahmen zu halten. Es ist also nicht das Ziel, dass gesamte Geschehen im System physikalisch genau zu beschreiben, sondern ein praxisrelevantes Instrument zu schaffen, welches die Zusammenhänge mit genügender Genauigkeit wiedergibt. In **KAREN** sind bekannte und erprobte Modellansätze implementiert, welche einen direkten Vergleich mit den Ergebnissen anderer Softwarewerkzeuge ermöglicht. **KAREN** basiert auf einer Langzeitsimulation des Niederschlag-Abflußverhaltens in Siedlungsgebieten und ermittelt als Endprodukt die in den Verordnungen und Richtlinien festgelegten Emissionskriterien. Die Konzeption des Modells ist mittels grafischer Benutzeroberfläche frei wählbar – wobei es keinerlei Beschränkung hinsichtlich der Komplexität des Mischwassersystems gibt. Zudem werden in **KAREN** auch die im Regelblatt 19 vorgesehenen Daten zur Abschätzung der Immissionen berechnet.

Für die Simulation des Systemverhaltens werden langjährige Niederschlags-Messreihen benötigt. Im Rahmen des Projektes **ÖKOSTRA** (Fördergeber: Lebensministerium BMFLFUW) wurden von den Institutionen Technische Universität Graz – Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau, Universität Wien – Institut für Meteorologie und Geophysik, Universität Innsbruck – Arbeitsbereich Umwelttechnik, Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG), Lebensministerium – Abteilung Wasserhaushalt), **hydro-IT** GmbH und **ÖWAV** repräsentative Regenserien im gesamten Bundesgebiet erarbeitet. Im **ÖWAV** Leitfaden „Niederschlagsdaten zur Anwendung der **ÖWAV**-Regelblätter 11 und 19,“ findet sich das Softwarewerkzeug **NIEDA**, welches 77 Regenserien mit einer mittlerer Länge von 17 Jahren beinhaltet. Die Niederschlagsdaten wurden von der **ZAMG** zur Verfügung gestellt, während die Datenbank und das Softwarewerkzeug **NIEDA** von der **hydro-IT** GmbH entwickelt wurden. Diese Regenserien bilden das Niederschlagsverhalten aller Landesteile ab. Je nach Untersuchungsort ist also die entsprechende Regenserie auszuwählen und mittels definierter Schnittstelle in **KAREN** zu implementieren. Der Berechnungsvorgang von **KAREN** lässt sich grob in vier Teilschritte einteilen: Als Modelleingang dienen gegebene Niederschlagsdaten. Dann wird das System durch die Wahl der Konzeption und durch die Eingabe von wählbaren Parametern definiert. Es folgt die Simulation des Verhaltens im definierten System und schließlich werden die erhaltenen Daten statistisch ausgewertet, um eine Aussage über die Emissionen und festgelegten Berechnungskriterien zu machen.

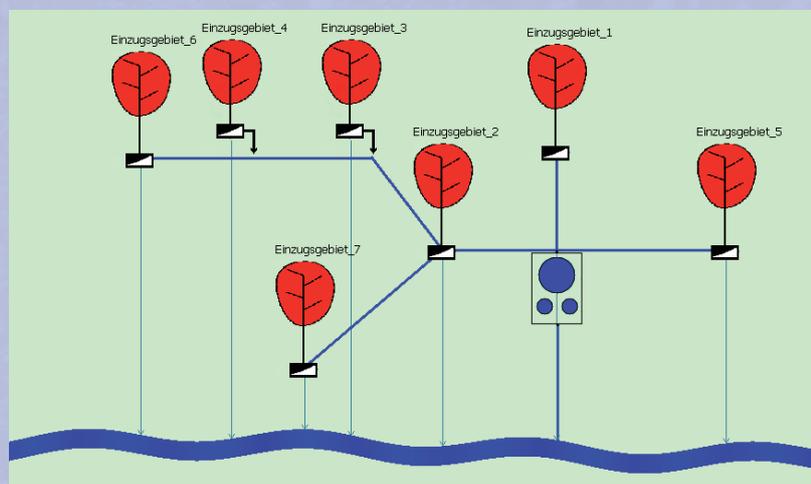


Abbildung 1: Schema der graphischen Festlegung der Entwässerungskonzeptionen

Als Ergebnis der Simulation erscheinen in erster Linie diejenigen Informationen, die zur Umsetzung des **ÖWAV**-Regelblattes benötigt werden. Zentraler Wert ist hierbei der Mindestwirkungsgrad der Weiterleitung für Schmutzfrachten. Mit Hilfe des Simulationswerkzeugs **KAREN** können damit die geeigneten Maßnahmen zur Erfüllung der Mindestwirkungsgrade iterativ berechnet werden.

Darüber hinaus werden aber noch weitere Informationen über das System, die Immissionen, die Belastung (Regenserie) und das Verhalten des Systems ausgegeben. Diese Informationen dienen vor allem zur weitergehenden Interpretation des Results und zur Einschätzung der Leistung der Kanalisationsanlage.

## 5 Regenwasserbehandlung in Mischkanalisationen

### 5.1 Abwasseranfall

Der Abwasseranfall in Mischkanalisationen unterscheidet sich je nach Trocken- oder Regenwetter sowohl qualitativ als auch quantitativ. Sind keine Messungen vorhanden, kann der Trockenwetterabfluss näherungsweise folgendermaßen abgeschätzt werden:

$$\begin{aligned}
 Q_{T, \max} &= 0.008 && \text{L/s/EW (ÖWAV RGBI. 11, 2005)} \\
 Q_{T, \text{aM}} &= 0.003 && \text{L/s/EW (entsprechen ca. 260 L/EW/d)} \\
 Q_{\text{RW}} &= A_u \cdot \psi \cdot r && \text{(näherungsweise)}
 \end{aligned}$$

mit

- $Q_T$  Trockenwetterabfluss [L/s]
- $Q_{T, \text{aM}}$  Trockenwetterabfluss im Jahresmittel [L/s]
- $Q_{\text{RW}}$  Regenabfluss [L/s]
- $A_u$  undurchlässige Fläche des Einzugsgebietes, bzw... abflusswirksame Fläche [ha]
- $\psi$  Abflussbeiwert [0-1], übliche Werte liegen zwischen 0,2 für ländliche Gemeinden und 0.6 für Stadtzentren
- $r$  Regenspende in L/s/ha, z.B. 120 L/s/ha für einen Niederschlag der Dauer 15 Minuten und einer Häufigkeit von 1 mal pro Jahr

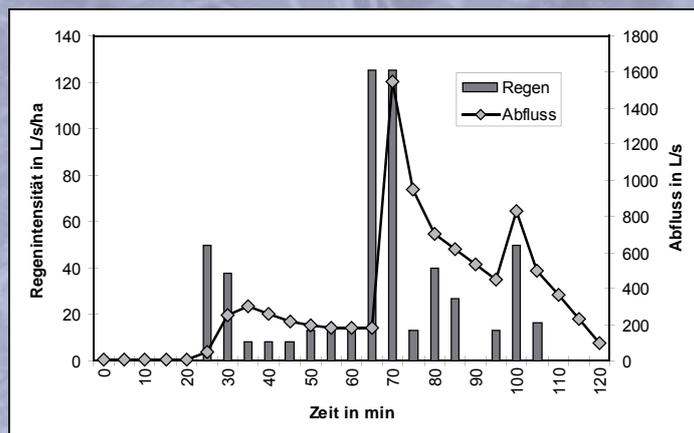


Abbildung 2: Auswirkung eines ca. 1-jährlichen Niederschlagsereignisses auf den Abfluss. Messungen in Götzens (Österreich) 1993. Trockenwetterabfluss 10 bis 20 l/s.

Der Regenwasserabfluss kann kurzfristig um ca. zwei Größenordnungen höher liegen als der Trockenwetterabfluss. Das Abflussvolumen ist dabei unabhängig von der Anzahl der Einwohner, sondern wird durch die Regenintensität, die Größe des Einzugsgebietes und durch die Versiegelung der Oberfläche beeinflusst. Andererseits

ist die Schmutzstofffracht des Trockenwetteranfalls als maßgebender einzustufen als die des Regenwasserabflusses.

## 5.2 Schmutzstoffkonzentration

Während einer Trockenperiode kommt es zu einer Akkumulation von Schmutzstoffen auf der Oberfläche des Einzugsgebietes. Art und Menge der Verunreinigungen hängen hauptsächlich von der Dauer der niederschlagsfreien Periode und der Nutzung der jeweiligen Fläche ab. Fällt nun ein stärkerer Niederschlag, werden diese Stoffe auf dem abflusswirksamen Teil der Oberfläche mobilisiert und mit dem Regenwasser in der Kanalisationsanlage abgeleitet. In Trennsystemen wird das „gering verschmutzte“ Regenwasser in eigenen Kanälen abgeleitet und bis heute vielfach ohne Behandlung direkt in den Vorfluter entlastet. Bei einer Ableitung in Mischkanalisationen überlagert sich das bereits verunreinigte Regenwasser natürlich mit dem Trockenwetterabfluss aus dem Siedlungsgebiet. Eine weitere Verschmutzung des Mischwasserabflusses ergibt sich durch die Mobilisierung und den Austrag von vorhandenen Kanalablagerungen durch die erhöhte Fließgeschwindigkeit.

## 5.3 Behandlung des Regenwassers

Eine gewisse Menge des Mischwassers wird immer zur Kläranlage geführt und dort gereinigt. Die Kläranlage kann aber die Belastungsschwankungen, die durch den Zufluss von Mischwasser entstehen, schlecht verarbeiten. Der Zufluss muss folglich auf einen Kompromisswert beschränkt werden, so dass trotz Mischwasserbehandlung die Reinigungsleistung dennoch gewährleistet bleibt. Dieser Kompromisswert ist übrigens in verschiedenen Ländern durchaus unterschiedlich. In Österreich ist der maximale Zufluss definiert als

$$Q_{ARA} = 2 \cdot Q_{SW, \max} + Q_F = 0.013 \quad \text{l/s/EW} \quad (\text{ÖWAV RGBI. 11, 2007})$$

Der spezifische Regenwasserabfluss, d.h. der Anteil des Regenwassers, welcher an der Kläranlage behandelt wird, ergibt sich damit pro Einwohner näherungsweise als:

$$Q_{RW,ARA} = Q_{ARA} - Q_{T,aM} = 0.013 - 0.003 = 0.01 \text{ L/s/EW}$$

mit  $Q_{RW,ARA}$  - spezifischer Regenwasserabfluss zur Abwasserreinigungsanlage [L/s\*ha]

Erst wenn der Abfluss bei einem größeren Niederschlagsereignis die Kapazität der Anlage übersteigt, muss das darüber hinaus anfallende Abwasser entweder zwischengespeichert oder in den Vorfluter entlastet werden. Teilweise wird das Mischwasser auch vor der Entlastung klärtechnisch behandelt (Wirbelabscheider, Siebung, Filtration, Absetzung usw.). Regenüberlaufbecken stellen je nach Bauweise eine Kombination aus Entlastungsbauwerk, Speicher- und Absetzbecken dar.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, das Regenwasser erst gar nicht ins System einzuleiten, es also – möglichst bereits am Ort der Entstehung - zu versickern. Technisch kann das einerseits durch eine „Entsiegelung“ von Flächen geschehen (z.B. bei Parkplätzen durch die Umwandlung der Asphaltdecke in eine durchlässige Oberfläche), oder durch das Ableiten von z.B. Dachwasser in eine Versickerungsanlage. Die Regenwasserversickerung dient damit sowohl der Abflussverminderung im Kanalnetz als auch der Regeneration des Grundwassers.

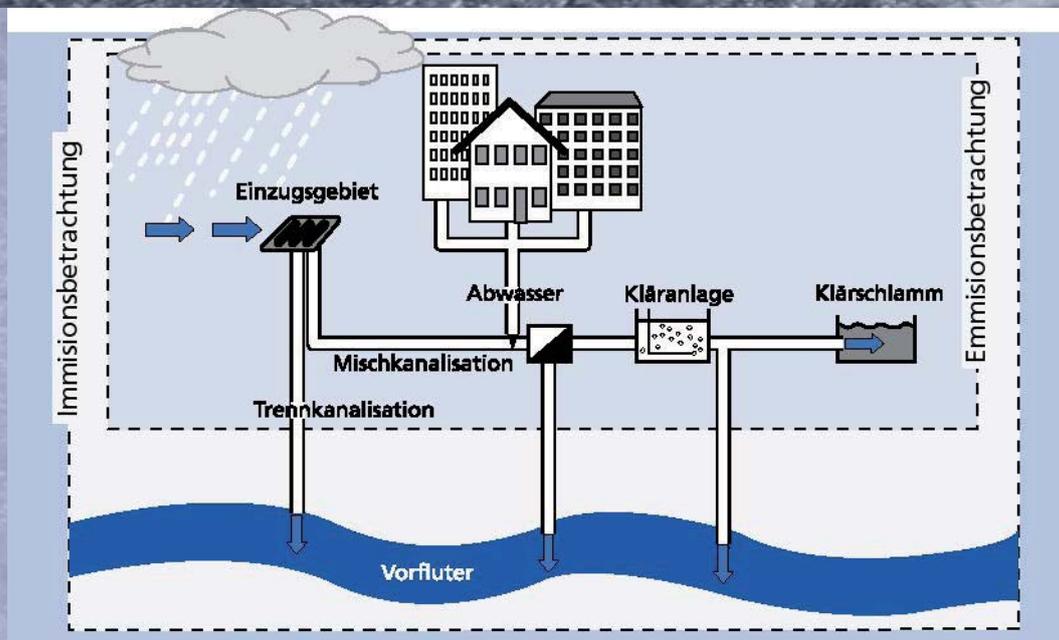


Abbildung 3: Generelle Konzeption der Kanalisation (gemäß Rauch et al., 2001).

Wird der ins Mischsystem eingeleitete Regenabfluss mit Hilfe der Versickerung vermindert, so gelangt weniger Mischwasser über die Entlastung direkt ins Fließgewässer und ein größerer Anteil des Schmutzwassers wird bei Regenwetter der Kläranlage zugeführt. Die Versickerung beeinflusst die Entlastung vor allem bei kleineren Ereignissen: die Konzentration ist höher, aber der Volumenstrom geringer. Zudem kann durch die Versickerung vermieden werden, dass infolge oberwasserseitig gelegener Neubaugebiete die Kanalisation ausgebaut werden muss. Regenwasser wird beim Abfluss über befestigte Oberflächen durch die dort in der Trockenzeit akkumulierten Schadstoffe verschmutzt. Je nach Verschmutzungsgrad gelangen daher Schadstoffe in den Boden und fallweise sogar in das Grundwasser. Die Frage, ob Regenwasser in den Boden infiltriert werden darf, hängt daher ab von

- der Nutzung des Siedlungsgebietes und den zu erwartenden Schadstofffrachten,
- der Beschaffenheit, Infiltrationskapazität und Adsorptionsfähigkeit des Bodens,
- der Distanz zu Grundwasserfassungen, die der Trinkwassergewinnung dienen.

#### 5.4 Vorfluter

Das aquatische Ökosystem eines Gewässers wird maßgeblich von den Faktoren Abflussmenge, Strömungsverhältnisse, Wassertemperatur und Sauerstoffgehalt bestimmt. Aufgrund der völlig unterschiedlichen Eigenschaften ist daher grundsätzlich zwischen stehenden Gewässern und Fließgewässern zu unterscheiden. Aber auch die geographische Lage des Vorfluters (Berg- oder Flachlandgewässer) spielt eine große Rolle für die Zusammensetzung der natürlichen Lebensgemeinschaft. Die Art und das Ausmaß der Beeinträchtigung des Vorfluters durch die Einleitung von verschmutzten Abflüssen sind daher entscheidend vom Typ des Gewässers bestimmt.

- Fließgewässer: Vom hydraulischen Standpunkt sind Fließgewässer durch eine hohe Transportkapazität aber durch ein vergleichsweise geringes Wasservolumen gekennzeichnet. Die zeitlich befristete Belastung eines Fließgewässers mit einem akut wirkenden Schadstoff führt daher zu einer Verlagerung (Drift) oder auch zu einer völligen Vernichtung der biologischen Lebensgemeinschaft. Das ökologische Gefährdungspotential hängt dabei ganz wesentlich von der Intensität und der Dauer der Schadeinwirkung ab. (Diese Beeinträchtigung kann natürlich auch durch eine physikalisch wirkende Belastung, wie z.B. erhöhte Fließgeschwindigkeit, entstehen).

Nach dem Ende des belastenden Ereignisses kann sich die Lebensgemeinschaft infolge von Rückwanderung und Wiederbesiedelung aus intakten Gewässerzonen regenerieren. Die Regenerationsdauer ist sowohl vom Ausmaß der Schädigung als auch von der Erreichbarkeit des betroffenen Gewässerabschnitts (Eindrift) abhängig und liegt in einem Zeitraum von einigen Wochen bis Jahren.

- **Stehende Gewässer:** In langsam fließenden bzw. stehenden Gewässern haben Einzelereignisse meist keine merklichen Auswirkungen, da die eingeleiteten Schadstoffe durch das große Wasservolumen in geringeren Konzentrationen auftreten. Hier sind vor allem die ökologischen Langzeitwirkungen zu beachten. Durch die dauernde Einleitung von Abflüssen aus dem urbanen Entwässerungssystem kommt es zu einer akkumulativen Anreicherung von verschiedenen Stoffen. Eine isolierte Betrachtung der Gewässerbelastung infolge der Entsorgung von Regenwasser ist in diesem Fall nicht sehr sinnvoll. Die langfristigen Auswirkungen können nur durch die Erfassung sämtlicher Schmutzstoffquellen prognostiziert werden. Das Ökosystem eines stehenden Gewässers wird sowohl durch die permanente anthropogen verursachte Belastungen geschädigt als auch durch die Ableitung von Regenwasser aus Siedlungsgebieten.

Für den Fall der Einleitung von Regenwasser aus Mischkanalisationen stellt sich die komplexe Frage der effektiven Beeinträchtigung des Vorfluters durch die Maßnahme. Um nämlich eine immissionsbasierte Planung von Gewässerschutzmaßnahmen durchführen zu können, müssen einerseits aussagekräftige Parameter für die Gewässergüte definiert sein und andererseits konkrete Zahlenwerte als Zielvorstellung für die ökologische Qualität. Dieser Frage hat sich insbesondere die Europäische Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL) genähert. Der Handlungsrahmen, der durch die EU-WRRL (bzw. durch deren Umsetzung in das österreichische Wasserrechtsgesetz) vorgegeben wird, ist allerdings für die konkrete Planung von Maßnahmen zur Regenwasserbehandlung wenig geeignet.

Trotz zahlreicher Vorschläge und Literatur zur immissionsbasierten Planung werden daher Regenwasseranlagen in Mischkanalisationen üblicherweise auf Basis von Emissionsbeschränkungen dimensioniert. Auch die Festlegung von erforderlichen Wirkungsgraden im **ÖWAV** Regelblatt 19 ist eine solche emissionsbasierte Planung.

Obwohl nicht Bestandteil der Bemessung sind im **ÖWAV** Regelblatt 19 dennoch Anforderungen für den Immissionsfall vorgegeben. Hierbei grenzt das **ÖWAV**-Regelblatt 19 sogenannte "kritische Fälle" von denjenigen Fällen ab, in denen keine Beeinträchtigung des Gewässers durch Mischwasserentlastungen zu erwarten ist. Für den Nachweis der immissionsbezogenen Anforderungen sind im Gegensatz zum Emissionsfall nicht das langjährige Mittel, sondern einzelne Entlastungsereignisse maßgebend.

## 6 **ÖWAV** Regelblatt 19

### **6.1 Anwendung und Zielsetzung des Regelblattes**

Die Mindestanforderungen an die Mischwasserbehandlung werden in diesem Regelblatt nicht mehr – wie bisher – in Form von konstruktiven Vorgaben ausgedrückt, sondern durch die Zielvorgabe, dass von den Inhaltstoffen des Mischwassers ein bestimmter Anteil im Jahresmittel zur biologischen Stufe der Abwasserreinigungsanlage geleitet werden muss. Diese Mindestanforderungen sind so festgelegt, dass sie dem bislang angewandten Anforderungsniveau – festgeschrieben im **ÖWWV**-Regelblatt 19 (1987) oder dem ATV-Arbeitsblatt-A 128 (1992) – in etwa entsprechen.

„Für eine Mischkanalisation, die vollständig (d.h. in allen Teilen) nach diesen Regelwerken bemessen wurde bzw. wird, kann auch ohne Berechnung der Wirkungsgrade der Weiterleitung davon ausgegangen werden, dass sie die Anforderungen des neuen ÖWAV Regelblatts 19 in der Regel erfüllt. Für größere Kanalnetze mit mehreren Mischwasserentlastungsbauwerken wird aber eine Berechnung der Wirkungsgrade anhand der Vorgaben des neuen ÖWAV Regelblatts 19 jedenfalls empfohlen.“

D.h. Stand der Technik ist die Bemessung der Mischwasserbehandlung nach den Vorgaben des Regelblattes 19 „neu“ und wird damit für alle Anlagen empfohlen. Eine Bemessung von sowohl bestehenden als auch geplanten Anlagen nach den Vorgaben des „alten Regelblattes 19“ ist aber noch zulässig.

Das Regeblatt 19 stellt den Stand der Technik hinsichtlich der wasserwirtschaftlichen Bemessung (hier: Erfüllung der Wirkungsgrade) fest. Die Wirkungsweise von Mischwasserentlastungsanlagen wird aber durch baulichen Gestaltung, Wartung und Betrieb beeinflusst. Diese Aspekte werden in anderen Regelwerken behandelt, z.B. ATV-Arbeitsblatt-A 166 und ATV-DVWK-Merkblatt-M 176. Anzuwenden ist dieses Regelblatt auf die Bemessung von Entlastungsbauwerken in Mischwasserkanalisationen (Mischwasserüberläufe, Mischwasserüberlaufbecken und Stauraumkanäle), nicht jedoch auf Regenrückhaltebecken (ohne Entlastung) sowie Regenklärbecken, die zur mechanischen Reinigung von Regenwasser beim Trennverfahren dienen.

Zudem gilt, dass für abflussschwache Vorfluter die Immissionssituation im Sinne des Auftretens kritischer Fälle nachzuweisen ist:

„Bei abflussschwachen Vorflutern ist zu prüfen, ob weitergehende Anforderungen notwendig sind, um eine Beeinträchtigung des unmittelbar von der Mischwasserentlastung betroffenen Gewässers bzw. Gewässerabschnittes zu vermeiden.“

## 6.2 Anforderungen

### 6.2.1 Mindestwirkungsgrad

Das Regelblatt 19 legt als Mindestanforderung fest: „von den in Folge von Niederschlagsereignissen in einer Mischkanalisation abfließenden Schmutzfrachten sind die in den Tabellen 1 und 2 genannten Anteile  $\eta$  im langjährigen Mittel der biologischen Stufe der Abwasserreinigungsanlage zuzuleiten. Diese Mindestwirkungsgrade der Weiterleitung gelten nicht für einzelne Entlastungsbauwerke, sondern für das gesamte Einzugsgebiet einer Mischkanalisation, unabhängig davon, ob die Emissionen in einen oder mehrere Vorfluter geleitet werden.“

Mindestwirkungsgrad [%] Abfiltrierbare Stoffe	Bemessungsgröße der Kläranlage (EW), zu der die Mischkanalisation entwässert	
maßgeblicher Regen	$\leq 5.000$	$\geq 50.000$
$r_{720,1} \leq 30 \text{ mm}/12\text{h}$	65	75
$r_{720,1} \geq 50 \text{ mm}/12\text{h}$	55	65

Tabelle 1: Mindestwirkungsgrade  $\eta$  der Weiterleitung gelöster Stoffe in % der im gesamten Einzugsgebiet der Mischkanalisation im Regenwetterfall im Kanal abfließenden Schmutzfrachten

Mindestwirkungsgrad [%] für gelöste Stoffe	Bemessungsgröße der Kläranlage (EW), zu der die Mischkanalisation entwässert	
	maßgeblicher Regen	
	≤ 5.000	≥ 50.000
r720,1 ≤ 30 mm/12h	50	60
r720,1 ≥ 50 mm/12h	40	50
Zwischenwerte sind linear zu interpolieren		

Tabelle 2: Mindestwirkungsgrade  $\eta$  der Weiterleitung abfiltrierbarer Stoffe in % der im gesamten Einzugsgebiet der Mischkanalisation im Regenwetterfall im Kanal abfließenden Schmutzfrachten

#### Anmerkung zu den Mindestwirkungsgraden:

1. Die in den Tabellen 1 und 2 genannten Anforderungen berücksichtigen sowohl die Bemessungsgröße der Kläranlage als auch die Charakteristik des Niederschlagverhaltens mittels der Regenspende  $r_{720,1}$  (Niederschlagshöhe in mm bei einer Regendauer von 12 Stunden mit einer Wiederkehrzeit von 1 Jahr). Diese Regenspende  $r_{720,1}$  kann aus dem **ÖWAV**-Leitfaden „Niederschlagsdaten für die Anwendung der **ÖWAV** Regelblätter 11 und 19“ (2007) bzw. der dort beigefügten Software **NIEDA** für die meisten besiedelten Gebiete Österreichs entnommen werden.
2. Bei Abwasserverbänden mit mehreren (kleinen) Ortschaften und einer zentralen Kläranlage ist es sinnvoll, den geforderten Mindestwirkungsgrad nicht anhand des Bemessungswertes der zentralen Kläranlage, sondern anhand des Bemessungswertes (EW) der größten, zumindest teilweise im Mischsystem entwässerten Gemeinde im Einzugsgebiet der Kläranlage festzulegen.

#### 6.2.2 Wirkungsgrad der Weiterleitung

Das Regelblatt 19 definiert den Wirkungsgrad der Weiterleitung wie folgt: „Bei der Berechnung des Wirkungsgrades der Weiterleitung wird derjenige Frachtanteil im Mischwasserabfluss, der dem Trockenwetterabfluss im Mittel zuzurechnen ist, nicht berücksichtigt. Dabei werden eine vollständige Durchmischung von Trockenwetterabfluss und Regenabfluss sowie eine zeitliche Konstanz der Konzentrationen im Mischwasser angenommen. Die Definition des Wirkungsgrades der Weiterleitung  $\eta$  eines Jahres ergibt sich daher zu:“

$$\eta = \frac{(VQ_M - VQ_T) \cdot c_M - VQ_e \cdot c_e}{(VQ_M - VQ_T) \cdot c_M} \cdot 100 = \frac{VQ_R \cdot c_M - VQ_e \cdot c_e}{VQ_R \cdot c_M} \cdot 100$$

- $\eta$  Wirkungsgrad der Weiterleitung (%)
- $VQ_M$  Summe der Mischwassermengen eines Jahres ( $m^3/a$ )
- $VQ_T$  Summe der Trockenwettermengen eines Jahres ( $m^3/a$ )
- $VQ_R$  Summe der Regenabflussmengen eines Jahres ( $m^3/a$ )
- $VQ_e$  Summe der entlasteten Mischwassermengen eines Jahres ( $m^3/a$ )
- $c_M$  Konzentration im Mischwasserabfluss (mg/l)
- $c_e$  Konzentration im entlasteten Mischwasserabfluss (mg/l)

Zur Berechnung der Wirkungsgrade führt das Regelblatt 19 aus, dass diese mittels Kanalnetzsimulation für eine mehrjährige Niederschlagsreihe durchzuführen ist: „Der für diesen mehrjährigen Berechnungszeitraum im arithmetischen Mittel errechnete Wirkungsgrad muss den in diesem Regelblatt geforderten Wert erreichen oder überschreiten.“

### 6.2.3 Berücksichtigung angeschlossener Gebiete mit Trennkanalisation

Regelblatt 19 berücksichtigt die erhöhte Belastung durch angeschlossene Trenngebiete wie folgt: „Ist an die Mischkanalisation ein Teileinzugsgebiet mit Trennkanalisation angeschlossen, so ist der gemäß der Tabellen 1 und 2 anhand der Kläranlagengröße und der Regenspende  $r_{720,1}$  ermittelte Mindestwirkungsgrad der Weiterleitung in Abhängigkeit vom Verhältnis zwischen den an die Trennkanalisation angeschlossenen EW zu den an die Mischkanalisation angeschlossenen EW um

$$5 \cdot \frac{EW_{\text{Trennkanalisation}}}{EW_{\text{Mischkanalisation}}} \quad (\%)$$

maximal aber auf 65 % für gelöste Stoffe sowie 80 % für AFS zu erhöhen. Als Trennsystem gelten alle Einleitungen aus Schmutzwasserkanälen (z.B. Einleitung einer oben liegenden Gemeinde oder eines Teileinzugsgebietes im Trennsystem) sowie Indirekteinleiter mit einer Bemessungsgröße größer als 5.000 EW. Die Berücksichtigung derartiger Trennkanalisationen kann entfallen, wenn die Erhöhung einen Prozentpunkt nicht überschreitet.

### 6.2.4 Spezifische Anforderungen an Mischwasserüberläufe

Hierzu gilt folgende Festlegung: „Bei Mischwasserüberläufen ist anzustreben, dass bei Anspringen des Überlaufs das Verhältnis zwischen dem Drosselabfluss  $Q_{Dr}$  und dem durchschnittlichen Trockenwetterabfluss  $Q_{T,aM}$  größer als 8 ist.“

Man beachte, dass diese Anforderung nicht als zwingend formuliert ist. Die Anforderung ergibt, unter den Annahmen eines mittleren Trockenwetterabflusses  $Q_{T,aM} = 3 \text{ l/(s} \cdot 1000 \text{ EW)}$  und einer Einwohnerdichte von 100 EW/ha undurchlässige Fläche, sich quantitativ als  $0,3 \cdot 8 = 2,4 \text{ L/s}$  pro ha undurchlässige Fläche.

## 6.3 Ermittlung der erforderlichen Maßnahmen im Emissionsfall

### 6.3.1 Wirkungsgrade für gelöste Stoffe

Regelblatt 19 gibt folgende vereinfachte Formel zur Berechnung des Wirkungsgrades mittels Kanalnetzsimulation (hydrologische Langzeit-Simulation) vor:

$$\eta_R = \frac{VQ_R - VQ_e}{VQ_R} \cdot 100$$

- $\eta_R$  Mindestwirkungsgrad der Weiterleitung für Regenabfluss (%)  
 $VQ_R$  Summe der Regenabflussmengen im Jahresdurchschnitt ( $\text{m}^3/\text{a}$ )  
 $VQ_e$  Summe der entlasteten Mischwassermengen im Jahresdurchschnitt ( $\text{m}^3/\text{a}$ )

Definition: „Entspricht der Wirkungsgrad  $\eta_R$  dem geforderten Mindestwirkungsgrad für gelöste Stoffe, so werden die Mindestanforderungen erfüllt, da bei gelösten Inhaltsstoffen die Schmutzfracht mit der Wassermenge übereinstimmt.“

### 6.3.2 Wirkungsgrade für abfiltrierbare Stoffe (AFS)

Der Wirkungsgrad in Bezug auf die abfiltrierbaren Stoffe kann nach einem

vereinfachten Verfahren errechnet werden, bei dem angenommen wird, dass die Mischwasserkonzentrationen sowohl zeitlich als auch im Verlauf des Kanalnetzes nicht variabel sind. Im vereinfachten Verfahren sind die Sedimentationswirkungsgrade  $\eta_{sed}$  laut Tabelle 3 als mittlere Wirkungsgrade der Mischwasserüberlaufbecken über die gesamte Berechnungsdauer aufzufassen. Der insgesamt erreichte Wirkungsgrad in Bezug auf die abfiltrierbaren Stoffe kann daher vereinfacht nach folgender Gleichung berechnet werden:

$$\eta_{AFS} = \eta_R + \frac{\sum_j VQ_{e,MÜB,j} \cdot \eta_{sed,j}}{VQ_R}$$

- $\eta_{AFS}$  Mindestwirkungsgrad der Weiterleitung für AFS (%)
- $\eta_R$  Mindestwirkungsgrad der Weiterleitung für Regenabfluss(%)
- $\eta_{sed,j}$  Sedimentationswirkungsgrad bei Mischwasserüberlaufbecken j (%)
- $VQ_{e,MÜB,j}$  Summe der beim Mischwasserüberlaufbecken j entlasteten Mischwassermengen im Jahresdurchschnitt (m<sup>3</sup>/a)
- $VQ_R$  Summe der Regenabflussmengen im Jahresdurchschnitt (m<sup>3</sup>/a)

Beachte: „Bei Mischwasserüberläufen entspricht der „Wassermengenwirkungsgrad“ natürlich auch dem Wirkungsgrad für abfiltrierbare Stoffe ( $\eta_{AFS,MÜ} = \eta_{R,MÜ}$ ), da ja weder eine Speicher- noch eine Sedimentationswirkung gegeben ist. Bei Mischwasserüberlaufbecken geht aber der Wirkungsgrad für abfiltrierbare Stoffe über den reinen Wassermengenwirkungsgrad hinaus ( $\eta_{AFS,MÜB} > \eta_{R,MÜB}$ ). Handelt es sich um Wirbelabscheider, Durchlaufbecken oder Stauraumkanäle mit unten liegender Entlastung, so können die in der Tabelle 3 angeführten Sedimentationswirkungsgrade  $\eta_{sed}$  für abfiltrierbare Stoffe in Abhängigkeit vom Speichervolumen (m<sup>3</sup> Beckenvolumen je ha A<sub>u</sub> im Teileinzugsgebiet des Beckens) angenommen werden.“

Tabelle 3: Sedimentationswirkungsgrad  $\eta_{sed}$  für abfiltrierbare Stoffe (AFS) in Abhängigkeit vom Speichervolumen (Zwischenwerte sind zu interpolieren)

spezifisches Volumen (m <sup>3</sup> /haAuTeileinzugsgebiet)			Wirkungsgrad $\eta_{sed}$ (%) in Bezug auf AFS
Wirbelabscheider	Durchlaufbecken	Stauraumkanal m.u.l. Entlastung	
0	0	0	0
3	5	10	20
7	10	20	35
> 10	> 15	> 30	50

### 6.3.3 Detaillierte Berechnung des Wirkungsgrades für abfiltrierbare Stoffe (AFS)

Nach Regelblatt 19 ist eine detaillierte Berechnung des erreichten Wirkungsgrades  $\eta_{AFS}$  unter Berücksichtigung der Dynamik der Mischwasserkonzentration ebenfalls zulässig: „Die Werte nach Tab. 3 sind in diesem Fall nicht als mittlere Wirkungsgrade der Mischwasserüberlaufbecken über die gesamte Berechnungsdauer, sondern als Wirkungsgrade hinsichtlich der jeweiligen, aktuellen Konzentration im Mischwasserüberlaufbecken aufzufassen.“

Der resultierende mittlere Wirkungsgrad der Mischwasserüberlaufbecken ist von der Dynamik des Geschehens abhängig. Die Berücksichtigung von zeitlich und räumlich

variablen Stoffkonzentrationen ergibt daher im Allgemeinen ein von (der vereinfachten) Gleichung abweichendes Berechnungsergebnis, wobei die Unterschiede zwischen den beiden Berechnungsarten in der Regel nicht sehr groß sind. Mit der detaillierten Berechnung können aber verschiedene Prozesse wie z.B. der Einfluss der Trockenwetterganglinie auf die Konzentrationen im Mischwasserabfluss und die Erhöhung der AFS-Konzentration im Drosselabfluss von Mischwasserüberlaufbecken im Hauptschluss berücksichtigt werden.“

#### 6.4 Kalibrierung der Simulation

Da der Nachweis des Wirkungsgrades mittels Simulationsrechnung gewisse Ungenauigkeiten (Unsicherheiten in den Ansätzen, Modellparameter und Eingangsdaten) beinhaltet, ist die Überprüfung des Rechenergebnisses essenzieller Bestandteil des indirekten (rechnerischen) Nachweises. Unter dieser Kalibrierung wird der Vergleich von berechnetem und realem Systemverhalten bezeichnet. Es müssen daher zeitgleiche Messungen sowohl des Niederschlags als auch des Abflusses im Entwässerungssystem vorliegen. Durch die Veränderung der Modellparameter wird versucht, eine möglichst weitgehende Übereinstimmung zwischen Simulation und Messung zu erzielen. Regelblatt 19 schlägt eine Kalibrierung entweder anhand von Jahresreihen oder mit Einzelereignissen vor, wobei im Minimum folgende Datensätze vorliegen müssen:

Tabelle 4: Mindestanforderungen für die Kalibrierung

Kalibrierung anhand von:	Eingangsdaten für Simulation	Meßwerte*
Jahresreihen	mindestens 1-jährige Niederschlagsreihe, gemessen parallel zu den Abflussmessungen  oder  mindestens 1-jährige Niederschlagsreihe, übernommen von einer Station mit vergleichbarer Jahresniederschlagshöhe	Zuflussmenge auf der Kläranlage  und  Jahressumme der Entladungsdauer und Häufigkeit der Entlastungsvorgänge  oder Jahresentlastungsmenge
Einzelereignissen	mindestens 3 relevante, voneinander unabhängige Niederschlagsereignisse mit signifikantem Regenabfluss und Überschreitung des Drosselabflusses zur Kläranlage	Wasserspiegelhöhe im Stauraum und/oder Wasserspiegelhöhe an der Überlaufschwelle, Drosselabflussmenge

*\*Anmerkungen für die Datenerhebung: Die Messdaten sind in beiden Fällen für alle Mischwasserüberlaufbecken und Stauraumkanäle sowie für alle wesentlichen Mischwasserüberläufe (bei denen die größten Entlastungsmengen zu erwarten sind) zu ermitteln.*

#### Kalibrierung anhand von Jahresreihe:

- Allgemein: Niederschlag ist jeweils über ein Jahr in einer relevanten zeitlichen Auflösung (mindestens 10 Minuten oder geringer) zu messen. Im Prinzip gilt das sinngemäß auch für den Abfluss – jedoch wird es eher selten vorkommen, dass ein System für die Bemessung der Mischwasserbehandlung durchgehend ein Jahr gemessen wird. Es werden hier meist bestehende Messungen ausgewertet.

- Zuflussmenge auf der Kläranlage: Als Minimalforderung ist hier der gesamte Zulauf zur Kläranlage über ein Jahr (Regen- und Trockenwetter) in  $\text{m}^3/\text{Jahr}$  zu vergleichen. Kleidorfer et al. (2006) zeigen aber, dass dieser Wert für die Kalibrierung wenig aussagekräftig ist. Der Grund liegt darin, dass bereits kleine Fehler in der Bestimmung des Trockenwetters im Modell große Auswirkung auf das Berechnungsergebnis haben. Zu empfehlen ist daher immer die Kalibrierung anhand von Ganglinien.
- Jahressumme der Entlastungsdauer und Häufigkeit der Entlastungsvorgänge: Hier ist jeweils ein Wert pro Mischwasserentlastung in  $\text{h}/\text{Jahr}$  oder Anzahl/Jahr gemeint.
- Jahresentlastungsmenge: Ebenfalls ein Wert pro Mischwasserentlastung in  $[\text{m}^3/\text{Jahr}]$ .
- Ein Vergleich der Jahresentlastungsmengen von Messung und Modell ist für die Kalibrierung ausreichend. Sind diese Daten nicht vorhanden, kann mittels Vergleich von "Zuflussmenge auf der Kläranlage" UND "Jahressumme der Entlastungsdauer und Häufigkeit der Entlastungsvorgänge" kalibriert werden.

### **Kalibrierung anhand von Einzelereignissen**

Hier sollen in drei Ereignissen die modellierten Ganglinien mit den gemessenen Ganglinien verglichen werden. Ziel ist eine möglichst überzeugende, visuelle Übereinstimmung von relevanten Werten wie in Tabelle 4 spezifiziert. Ein Vergleich der modellierten mit den gemessenen bzw. aus den Messungen abgeleiteten Entlastungsvolumina (eine Kennzahl pro Mischwasserentlastung pro Ereignis) ist in jedem Fall anzustreben.

Die Vorgaben für die Kalibrierung sind im Regelblatt 19 strikt formuliert und sind als wesentlicher Bestandteil der Vorgangsweise aufzufassen:

1. Bei Mischwasserkanalisationen  $> 5.000$  EW ist eine Kalibrierung in jedem Fall vorzunehmen. Hierbei müssen zumindest die in obiger Tabelle als Mindestaufwand definierten Meßwerte vorliegen.
2. Nur bei Mischkanalisationen  $< 5.000$  EW kann auf eine Modellkalibrierung verzichtet werden. Die Modellparameter werden dann anhand der Vorgaben des Programmherstellers oder anhand von Erfahrungswerten bestimmt. In diesem Fall ist aber zur Kompensation der zu erwartenden Ungenauigkeit der Berechnung die ermittelte abflusswirksame befestigte Fläche  $A_u$  um 20 % zu erhöhen. Es ist in solchen Fällen also der Aufwand für die Messungen und Kalibrierung dem Mehraufwand an erforderlichen Maßnahmen infolge des Sicherheitszuschlags von 20 % für  $A_u$  gegenüberzustellen. Wird auf eine Kalibrierung verzichtet, hat trotzdem eine einfache Plausibilitätsüberprüfung stattzufinden, indem die an der Kläranlage gemessenen Zuflüsse den in der Simulation ermittelten Mengen gegenübergestellt werden.
3. Generell ist bei allen Mischwasserkanalisationen bei den Mischwasserüberlaufbecken die Überlaufdauer und -häufigkeit zu messen. Anhand dieser kontinuierlichen Messungen können die Simulationsergebnisse zu einem späteren Zeitpunkt verifiziert werden.

### **6.5 Mindestanforderungen nach ÖWAV-Regelblatt 19 (1987)**

Da im Regelblatt 19 prinzipiell eine Bemessung der Anlagen nach dem bisherigen Anforderungsniveau laut (alten) ÖWWV-Regelblatt 19 (1987) zulässig ist, sind nachfolgend diese Forderungen aufgeführt:

1. Die Mischwasserüberläufe wurden nach dem Konzept der kritischen Regenspende

mit mindestens  $r_{\text{krit}} = 15 \text{ l/(s}\cdot\text{ha}_{\text{Au}})$  bemessen. Entsprechend der Fließzeit  $t_f$  konnte  $r_{\text{krit}}$  abgemindert werden:

$$r_{\text{krit},t_f} = r_{\text{krit}} \cdot \frac{45}{t_f + 30} \quad \text{für } t_f > 15 \text{ min}$$

- $t_f$  längste Fließzeit bis zum Mischwasserüberlauf aus unmittelbaren Einzugsgebieten ohne Berücksichtigung der Fließzeit in reinen Transportsammlern in min
2. Der bei Mischwasserüberläufen über die Drossel weitergeführte Mischwasserabfluss ist nicht kleiner als der kritische Mischwasserabfluss  $Q_{\text{krit}}$ :

$$Q_{\text{krit}} = r_{\text{krit},t_f} \cdot A_u + Q_{\text{T,aM}} + \sum Q_{\text{Dr},i}$$

$Q_{\text{T,aM}}$  Trockenwetterabfluss im Jahresmittel (l/s)

$\sum Q_{\text{Dr},i}$  Summe aller unmittelbar von oberhalb zufließender Drosselabflüsse (l/s)

3. Bei der Ermittlung des erforderlichen spezifischen Nutzinhalts von Mischwasserüberlaufbecken nach ÖWWV-Regelblatt 19 (1987) wurde von einem Bemessungszufluss zur Kläranlage bei Regenwetter von zumindest  $Q_M = 2 \cdot Q_S + Q_F$  ausgegangen.
4. Der erforderliche spezifische Nutzinhalt von Mischwasserüberlaufbecken wurde nach ATV-A 128 (1992) ermittelt oder er ist gemäß ÖWWV Regelblatt 19 (1987) nicht kleiner als  $15 \text{ m}^3/\text{ha}_{\text{Au}}$  bei Ausbildung des Speichervolumens als Mischwasserüberlaufbeckens bzw. nicht kleiner als  $25 \text{ m}^3/\text{ha}_{\text{Au}}$  im Falle der Ausbildung als Stauraumkanal mit unten liegender Entlastung.
5. Bei Durchlaufbecken ist die hydraulische Oberflächenbeschickung  $q_A$  beim Abfluss von  $Q_{\text{krit}}$  nicht größer als 10 m/h.
6. Bei Stauraumkanälen mit unten liegender Entlastung ist die horizontale Fließgeschwindigkeit am Beginn des Trennbauwerkes beim Abfluss von  $Q_{\text{krit}}$  nicht größer als 0,3 m/s.

## 6.6 Weitergehende Anforderungen im Immissionsfall

Für den Nachweis der immissionsbezogenen Anforderungen ist im Gegensatz zum Emissionsfall nicht das langjährige Mittel, sondern einzelne Entlastungsereignisse maßgebend. Es ist nicht möglich, generelle Anforderungen für den Immissionsfall vorzugeben, da diese von speziellen lokalen Randbedingungen abhängen. Stattdessen grenzt das ÖWAV Regelblatt 19 sogenannte „kritische Fälle“ von Fällen ab, in denen keine Beeinträchtigung des Gewässers durch Mischwasserentlastungen zu erwarten ist.

### 6.6.1 Hydraulische Belastung

Laut ÖWAV Regelblatt 19 sind keine Beeinträchtigungen des Gewässers zu erwarten,

wenn der maximale Abfluss der Jährlichkeit kleiner als 10 – 50 % des einjährigen Hochwasserabflusses ( $HQ_1$ ) des Gewässers ist. Dabei soll der niedrigere Wert bei überwiegend lehmig-sandigem Gewässersediment und der höhere Wert bei steinigem Gewässersediment eingehalten werden.

$Q_{e,1}$  Einjähriger Niederschlagsabfluss aus Mischwasserentlastungen und Regenwasserkanälen (l/s)

$HQ_1$  Einjähriger Hochwasserabfluss des Gewässers (l/s)

$Q_{e,1}$  ist als Maximalwert der hydraulischen Belastung des Vorfluters zu ermitteln. Hierbei sind auf der einen Seite alle MÜB-Entlastungen und Abflüsse des Systems einzurechnen und andererseits ist die zeitliche Dynamik der Abflüsse im System zu beachten: die Maxima der Abflüsse treten im System zeitlich versetzt auf – eine Summation der Maximalabflüsse überschätzt daher den Gesamtabfluss des Systems bei weitem.

### 6.6.2 Akute Ammoniaktoxizität

Die Abgrenzung kritischer Fälle bei der Betrachtung akuter Ammoniaktoxizität soll derart erfolgen, dass die  $NH_4$ -N Konzentration im Vorfluter über eine Dauer von 1 Stunde und einer Jährlichkeit gleich eins den Wert 2.5 mg/l für Salmonidengewässer und 5 mg/l für Cyprinidengewässer nicht überschreitet. Die zu erwartende Ammoniumkonzentration kann mit Hilfe einer Mischungsrechnung ermittelt werden:

$$c_{G,u} = \frac{Q_{G,o} \cdot c_{G,o} + Q_T \cdot c_T \cdot \frac{Q_e}{(Q_{Dr} + Q_e)} + (Q_{Dr} + Q_e - Q_T) \cdot c_R \cdot \frac{Q_e}{(Q_{Dr} + Q_e)}}{Q_{G,o} + Q_e}$$

$Q_{G,o}$  Gewässerabfluss (MNQ bzw.  $Q_{95}$ ) oberhalb der Einleitung (l/s)

$Q_e$  entlasteter Mischwasserabfluss (l/s)

$Q_{Dr}$  Drosselabfluss (l/s)

$Q_T$  Trockenwetterabfluss (l/s)

$c_{G,u}$   $NH_4$ -N-Konzentration im Gewässerabfluss unterhalb der Einleitung (mg/l)

$c_{G,o}$   $NH_4$ -N-Konzentration im Gewässerabfluss oberhalb der Einleitung (mg/l)

$c_T$  ges. N-Konzentration im Trockenwetterabfluss (mg/l)

$c_R$   $NH_4$ -N-Konzentration im Niederschlagsabfluss – empfohlen 1.0 (mg/l)

### 6.6.3 Sauerstoffdefizit

Der Sauerstoffgehalt in der fließenden Welle soll den Wert 5 mg/l nicht unterschreiten. Dies ist simulationsunabhängig dann nicht zu erwarten, wenn folgende Bedingungen eingehalten werden:

- Keine anaeroben Zustände in oberflächennahen Sedimentschichten
- Keine signifikanten Sauerstoffdefizite unter Trockenwetterbedingungen
- Fließgewässergefälle > 3-5 m/km

### 6.6.4 Feststoffe

Hier verweist das ÖWAV Regelblatt 19 auf einen Arbeitsbericht der ATV. Demnach sind keine Beeinträchtigungen zu erwarten, sofern das Verhältnis zwischen Einwohnerwert des zugehörigen Einzugsgebietes und der mittleren Niedrigwasserführung (MNQ) des Vorfluters kleiner als 25 EW/(l.s) ist, also  $EW / MNQ < 25 \text{ EW}/(l.s)$ .

## 7 KAREN – Konzeption und Modelle

### 7.1 Konzeption

Die Konzeption von KAREN ist eng auf die Bedürfnisse des ÖWAV Regelblattes 19 abgestimmt. Grundsatz der Software ist es, bei geringstem Aufwand dennoch eine möglichst allgemeine Systembeschreibungen zu ermöglichen. Daher wurde nur ein einziger Modultyp der Berechnung definiert, nämlich ein Einzugsgebiet samt Mischüberlaufbauwerk (MÜB) und Hauptsammelkanal zum nächsten Modul oder zur Kläranlage. KAREN erlaubt aber durch die beliebige Anzahl der Module und deren beliebige Verbindung eine nahezu unbeschränkte Systemvariation.

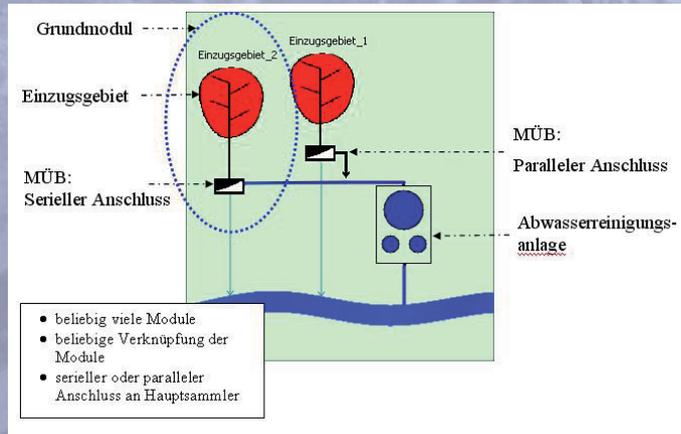


Abbildung.4: KAREN - Grundmodul

Das Grundmodul beinhaltet also neben der Einzugsfläche ein Mischwasserüberlaufbauwerk im Haupt- oder Nebenschluss, welches sich bei einer Überschreitung des fix eingestellten Drosselabflusses zuerst füllt und später Mischwasser in den Vorfluter entlastet. In diesem Modul werden sämtliche Vorgänge hinsichtlich der Siedlungsentwässerung in einem urbanen Einzugsgebiet behandelt, das sind Abflussbildung, Abflusskonzentration und – im notwendigen Ausmaß – Schmutzfrachtenstehung und Transport. Der Trockenwetteranfall ist als zeitlich konstant, d.h. als Jahresmittelwert einzugeben. Sämtliche Eingaben für das Grundmodul sind in einem Eingabefenster einzutragen – siehe Abbildung 5.

Das Screenshot zeigt das Eingabefenster für das Modul 'Einzugsgebiet'. Die Eingaben sind wie folgt:

Parameter	Einheit	Wert
Name Einzugsgebiet		M1
Undurchlässige Fläche $A_{ud}$	[ha]	8,00
Fließzeit im Einzugsgebiet $t_{el}$	[min]	10,00
Anfangsverlust $h_{av}$	[mm]	2,00
Dauerverlust $h_{d}$	[mm/d]	1,50
Trockenwetterabfluss $Q_T$	[l/s]	3,00
For immission calculation		
Bauweise MÜB		
<input type="radio"/> Hauptschluss <input checked="" type="radio"/> Nebenschluss		
Volumen MÜB $V_{MÜB}$	[m³]	0,00
Drosselabfluss MÜB $Q_{DR}$	[l/s]	250,00
Sedimentationswirkungsgrad $\eta_{sed}$	[%]	0,00
Fließzeit im Sammler		
Fließzeit bei voller Füllung (Translation)	[min]	20,00
Einbindung MÜB in Sammler		
Anordnung		
<input checked="" type="radio"/> Seriell <input type="radio"/> Parallel		

Buttons: Einzugsgebiet löschen, Abbrechen, OK

Abbildung.5: Eingabefenster für Modul: Einzugsgebiet – MÜB – weiterführender Kanal

## 7.2 Regendaten

Wie im ÖWAV Regelblatt 19 festgelegt, ist die Berechnung des Wirkungsgrades mit hoch aufgelösten Aufzeichnungen der Niederschlagstätigkeit (Zeitintervall im Minutenbereich) über lange Zeiträume (mindestens 10 Jahre) durchzuführen. KAREN erlaubt eine freie Wahl der verwendeten Niederschlagsserie über das Datenformat km2 des Dänischen Wetterdienstes.

### 7.2.1 Regendatenformat km<sup>2</sup>

Dieses Format ist eine der ältesten Darstellungen von Niederschlagsintensitäten und stammt ursprünglich vom Dänischen Wetterdienst. Zwischenzeitlich wird das Format in verschiedenen Softwareprogrammen der Siedlungsentwässerung eingesetzt, so z.B. in MOUSE der Firma DHI, SAMBA der Firma PH-Consult und eben auch hier im Programm KAREN. Um Speicherplatz zu sparen, werden in diesem Format nur die einzelnen Regenereignisse notiert. Die dazwischen liegenden Regenspauzen brauchen daher nicht spezifiziert zu werden. Um aber die Regenereignisse einzeln und getrennt darzustellen, ist es notwendig, eine minimale Regenspauze zu definieren, ab der zwei Ereignisse als getrennt angesehen werden. Diese Definition hat eine gewisse Auswirkung auf die Regenserie – je länger die Regenspauze desto mehr werden Kurzregenereignisse als ein größeres Ereignis zusammengefasst und desto weniger Regenereignisse werden insgesamt definiert. Diese Definition findet sich nicht in der Regenreihe, sondern muss als zusätzliche Information mitgeliefert werden. Eine übliche Dauer der Regenspauze liegt bei einer Stunde.

Vor jedem Regenereignis werden die wichtigsten Charakteristiken des nachfolgenden Ereignisses jeweils in einer Kopfzeile dargestellt: Dabei ist die erste Spalte der Kopfzeile als Erkennungskode definiert, d.h. als Ziffer 3. Die zweite Spalte beinhaltet das Datum (JJJMMTT), die dritte die Zeit (hhmmss). Die nächste Spalte enthält die Anzahl der Intervalle für das nachfolgende Regenereignis (NINT) und danach die Intervalldauer in Minuten. Am Ende der Kopfzeile folgt die Summe der Regenhöhe für das Regenereignis in mm (SumVol). Im Folgenden ist ein Beispiel einer derartigen Kopfzeile dargestellt.

```
3 JJJMMTT hhmmss NINT 5 SumVOL
```

Nach der Kopfzeile sind die Regendaten in den einzelnen Intervallen dargestellt. Jede Zeile enthält maximal zehn Werte, spezifiziert als mittlere Regenintensität im Intervall in µm/s. Hier ein Beispiel von einem Regenereignis.

```
3 930107 0800 0 24 5 1.3  
0.400 0.567 0.500 0.333 0.100 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000  
0.000 0.000 0.000 0.233 0.333 0.333 0.033 0.000 0.000 0.000  
0.000 1.067 0.433 0.167
```

### 7.2.2 ÖWAV Leitfaden und Datenbank NIEDA

Die Überarbeitung der ÖWAV Regelblätter 11 „Richtlinien für die abwassertechnische Berechnung und Dimensionierung von Abwasserkanälen“ (2007, Entwurf) und 19 „Richtlinien für die Bemessung von Mischwasserentlastungen“ (2007) machte es notwendig, der Praxis entsprechende Informationen zu den Niederschlagsdaten zur Verfügung zu stellen. Dies ist das Ziel des Leitfadens „Niederschlagsdaten zur Anwendung in den ÖWAV Regelblättern 11 und 19“.

Neben dem Leitfaden selbst werden hierbei alle für die Anwendung des Leitfadens notwendigen Informationen und Daten in digitaler Form zur Verfügung gestellt. Dies sind einmal die Bemessungsregen für 247 Rasterflächen in Österreich als PDF Dokument und andererseits das Softwarewerkzeug NIEDA, welches insgesamt 77 hoch aufgelöste



Wie aus obiger Abbildung ersichtlich, decken die in der Niederschlagsdatenbank NIEDA gesammelten Regenserien das gesamte Bundesgebiet gut ab. Eine flächendeckende Anwendung des ÖWAV Regelblattes 19 ist damit möglich. Gegebenenfalls können natürlich zusätzliche Regenserien aus weiteren Messstationen zum Einsatz kommen.

### 7.3 Einzugsgebiet

#### 7.3.1 Hydrologie und Hydraulik

Der Niederschlag, der auf einem hydraulischen Einzugsgebiet niedergeht, gelangt in einer stark unterschiedlichen Dynamik zum Abfluss. Es kommt einerseits zu Verlusten, d.h. nur ein Teil des Niederschlags fließt effektiv ab (Abflussbildung), und andererseits zu einer Verzerrung der Ganglinien, d.h. die Abflussganglinie ist im Vergleich zur Ganglinie der Regenintensitäten sowohl gedämpft als auch verzögert (Abflusskonzentration). Sobald das Wasser im Kanal gelangt, kommt es zum Abflusstransport.

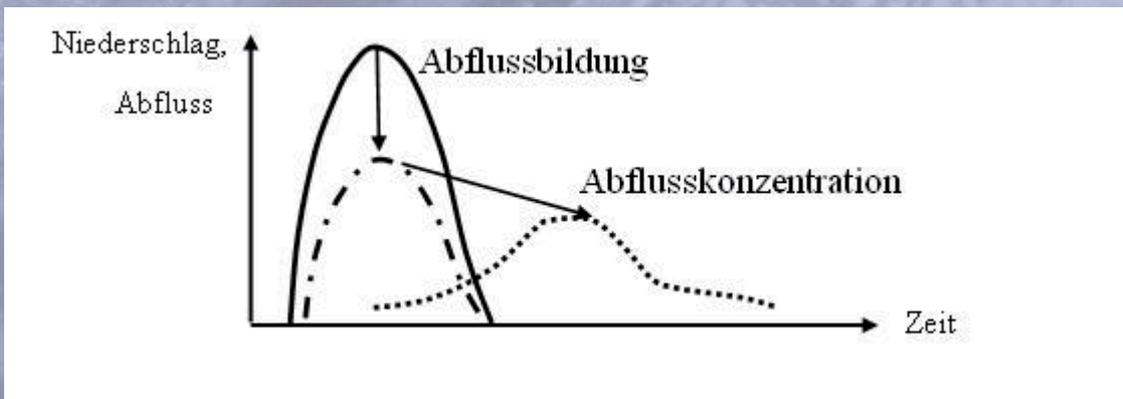


Abbildung 7: Abflussbildung und Abflusskonzentration. Nach: Krebs, 2000.

Das Programm KAREN verwendet einen stark vereinfachenden Modellansatz. Abflussbildung wird mittels einer Schwellwertmethode berechnet und Abflusskonzentration mit der Analogie der Zeit-Flächen-Beziehung. Um unterschiedliche Gegebenheiten z.B. in befestigten und natürlichen Einzugsgebieten zu berücksichtigen, müssen die Parameter dieser Modellansätze unterschiedlich gewählt werden. Weiters ist der hier zeitlich konstant angenommene Trockenwetterabfluss zu berücksichtigen.

#### 7.3.2 Abflussbildung

Die hydrologischen Vorgänge, die zur Abflussbildung auf der Oberfläche des Einzugsgebietes führen, werden hier mit dem einfachen Ansatz der modifizierten Schwellwertmethode berechnet. Diese Berechnungsmethode eignet sich sehr gut zur kontinuierlichen Simulation der Vorgänge auf undurchlässigen Flächen. Die durchlässigen Anteile des Einzugsgebietes werden dabei vernachlässigt. Als Komponenten des Ansatzes stellen sich dar:

- Anfangsverlust (Benetzung etc.) in mm
- effektiv abflusswirksame Fläche in ha
- Dauerverlust (Verwehungen, Infiltration und Verdunstung) in mm/d

Der Anfangsverlust wird in diesem Zusammenhang mittels der Schwellwertmethode beschrieben. Dabei wird der Anfangsverlust als ein Speicher gesehen, der gefüllt werden muss, bevor sämtliches weiteres Regenwasser oberflächlich abfließen kann. Als erste Näherung kann die Größe des Anfangsverlustes mit ca. 1 mm angenommen werden. Für ein Zeitintervall ergibt sich daher:

$$h_{Ne} = h_N - h_A$$

mit  $h_{Ne}$  abflusswirksamer Niederschlag [mm]  
 $h_N$  Niederschlag [mm]  
 $h_A$  Anfangsverlust [mm]

Auch bei sehr starken Niederschlägen wird nicht die gesamte undurchlässige Fläche abflusswirksam. Dies ist hauptsächlich auf Fehlanschlüsse und nicht entwässerbare Mulden zurückzuführen. Darüber hinaus sind aber auch Dauerverluste während des Niederschlags durch Infiltration und Verwehungen vorteilhaft als zusätzliche Reduktion der abflusswirksamen Fläche zu berücksichtigen. Die effektiv abflusswirksame Fläche ist daher mittels eines „Reduktionsfaktors“ aus der befestigten Fläche zu errechnen. Die empfohlene Größe des Reduktionsfaktors liegt bei ca. 0.7 – 0.9 [-].

$$A_u = 0.7 - 0.9 \cdot A_{\text{befestigt}}$$

mit  $A_u$  abflusswirksame befestigte Fläche in ha  
 $A_{\text{befestigt}}$  befestigte Fläche in ha, in etwa  $A_{\text{red}}$

Der Anfangsverlust (Speicher) entleert sich in der niederschlagsfreien Periode hauptsächlich durch Verdunstung. Im gegenständlichen Modell wird die Verdunstung als konstant und nur während der Trockenperiode wirksam angenommen. Als Anhaltswert kann von einer Verlustrate von ca. 2 mm/d ausgegangen werden. Eine Entleerung des Anfangsverlustspeichers dauert demnach im Mittel 12 Stunden.

$$h_{A,i} = h_{A,i-1} - h_d$$

mit  $h_d$  Dauerverlust [LT-1]  
 $i$  Zeitschritt

Obwohl das hier verwendete modifizierte Schwellenwertverfahren als einfaches Modell der Abflussbildung anzusehen ist, weist es in der kontinuierlichen Simulation von Abflüssen einen Vorteil gegenüber komplexeren Methoden auf. Dies vor allem deshalb, da das Verfahren nur 2 Parameter aufweist und daher sowohl verständlich als auch einfach zu kalibrieren ist. Zudem ist der Einfluss der Abflussbildung auf den Wirkungsgrad der Anlage laut ÖWAV Regelblatt 19 gering. Ein komplexeres Verfahren wie z.B. das Schwellenwertverfahren nach Paulsen (1987) ist in diesem Zusammenhang nicht notwendig.

### 7.3.3 Abflusskonzentration

Für die Berechnung der Abflusskonzentration gilt, dass hier der Abfluss am Ausgang des Einzugsgebiets betrachtet wird. Die Vorgänge umfassen daher nicht nur den Transport des Niederschlags vom Ort der Entstehung (Abflussbildung) bis zum Einlauf in die Kanalisation, sondern auch noch weiter den Transport in den Nebensammlern bis zum Ausgang des Einzugsgebietes (bzw. Transport auf Oberflächen, in Gerinnen und im Untergrund im natürlichen Einzugsgebiet). Diese Vorgänge können mittels der Analogie der Zeit-Flächen Beziehung sehr gut dargestellt werden.

Fällt Regen auf ein Einzugsgebiet, so wird nicht sofort der gesamte Niederschlag als Gebietsausfluss sichtbar. Dies ist darin begründet, dass je nach Entfernung das Wasser unterschiedlich lang braucht, um den Auslass zu erreichen. Die Fläche, welche

im Laufe der Zeit zum Abfluss beitragen wird, vergrößert sich während der Zeit des Regens. Darauf abgestützt lässt sich für jedes Einzugsgebiet ein charakteristisches Zeit-Flächen-Histogramm aufstellen. Dieses zeigt auf, welche zusätzliche Fläche nach einem Zeitschritt  $\Delta t$  zum Abfluss beiträgt. Dieses Zeit-Flächen-Histogramm ist vergleichbar mit einer Einheitsganglinie. Es ist spezifisch für ein bestimmtes Einzugsgebiet. In KAREN werden die Zeit-Flächen-Histogramme aber nicht individuell ermittelt, sondern als linear angenommen. D.h. entsprechend der Fließzeit wird der anteilige Flächenanteil des Einzugsgebietes abflusswirksam.

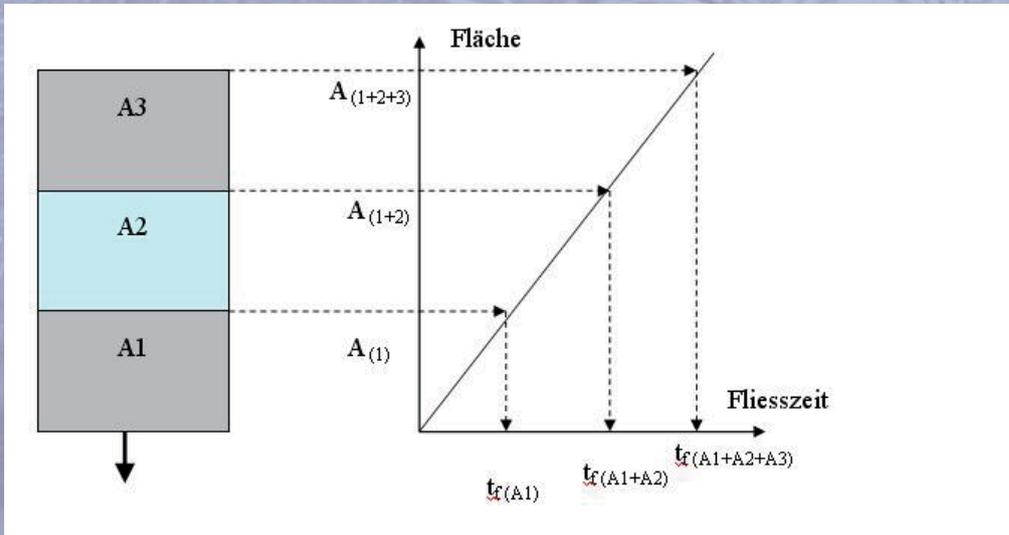


Abbildung 8: Zeit-Flächen Methode

Das Zeit-Flächen-Histogramm entspricht einer Einheitsganglinie. Für die Abflussberechnung dürfen daher Translation und Superposition angewendet werden:

$$Q_n = i_1 \cdot A_n + i_2 \cdot A_{n-1} + \dots + i_m \cdot A_{n-m+1} = \sum_{m=1}^{n \leq M} i_m \cdot A_{n-m+1}$$

mit

$Q_n$  Abfluss in  $\text{m}^3/\text{s}$

$n$  1,2 .. Zeitindex des Abflusses

$i_m$  Niederschlagsintensität pro Zeitschritt  $\text{mm}/\text{s}$

$m$  1,2 .. M Zeitindex des Niederschlags

$A_{n-m+1}$  jeweils abflusswirksame Fläche in  $\text{m}^2$

### 7.3.4 Trockenwetterabfluss

Der Trockenwetterabfluss ist in KAREN als zeitlich konstanter mittlerer Abflusswert einzugeben. Sind keine Messungen vorhanden, kann Abfluss näherungsweise folgendermaßen abgeschätzt werden:

$$Q_{T,aM} = 0.003 \quad \text{L/s/EW} \quad (\text{entsprechen ca. } 260 \text{ L/EW/d})$$

mit  $Q_{T,aM}$  Trockenwetterabfluss im Jahresmittel

### 7.3.5 Schmutzfracht

Für die Berechnung der Leistungsfähigkeit von Mischwasseranlagen ist die Betrachtung der Entstehung, des Transports und der Behandlung von Stoffen eine wesentliche

Frage. Allerdings ist dieser Themenkomplex im Regelblatt 19 auf eine sehr pragmatische Vorgangsweise reduziert. Wendet man die vereinfachte Vorgangsweise an, so ist unter der Kenntnis des hydraulischen Wirkungsgrades, des Mischwasserüberlaufvolumens an den jeweiligen MÜBs und der zugehörigen Sedimentationswirkungsgrade der Wirkungsgrad hinsichtlich abfiltrierbarer Stoffe mit der folgenden Formel zu ermitteln:

$$\eta_{AFS} = \eta_R + \frac{\sum_j VQ_{e,MÜB,j} \cdot \eta_{sed,j}}{VQ_R}$$

$\eta_{AFS}$	Mindestwirkungsgrad der Weiterleitung für AFS (%)
$\eta_R$	Mindestwirkungsgrad der Weiterleitung für Regenabfluss (%)
$\eta_{sed,j}$	Sedimentationswirkungsgrad bei Mischwasserüberlaufbecken j (%)
$VQ_{e,MÜB,j}$	Summe der beim Mischwasserüberlaufbecken j entlasteten Mischwassermengen im Jahresdurchschnitt (m <sup>3</sup> /a)
$VQ_R$	Summe der Regenabflussmengen im Jahresdurchschnitt (m <sup>3</sup> /a)

Dieser vereinfachte Ansatz ist in KAREN implementiert und erfordert keine differenzierte Betrachtung des Schmutzstofftransportes. Damit ist auch keine weitere Angabe der Schmutzstoffkonzentrationen im Trocken- und Regenwetterabfluss notwendig.

### 7.3.6 Detaillierte Schmutzfrachtberechnung

Im Gegensatz zur vereinfachten Vorgangsweise nach ÖWAV Regelblatt 19 erfordert die detaillierte Betrachtung der Schmutzstoff die zwingende Eingabe der Schmutzstoffkonzentrationen im Trocken- und Regenwetterabfluss. Die Berechnung der Konzentration des Mischwassers erfolgt durch eine Mischung am Ausgang des Einzugsgebietes nach der Formel:

$$c_M = \frac{Q_R * c_R + Q_T * c_T}{Q_R + Q_T}$$

Dabei wird die Konzentration von Schmutzstoffen sowohl im Regenwetterabfluss als auch im Trockenwetterabfluß als zeitlich konstant angenommen. Dies entspricht den Vorgaben im ÖWAV Regelblatt 19. Die Berechnung erfolgt in analoger Art und Weise für abfiltrierbare Stoffe AFS und NH<sub>4</sub>.

Typische Werte für NH<sub>4</sub> Konzentration sind  $c_{R,NH4} = 1.0 \text{ mg/L}$   
 $c_{T,NH4} = 50.0 \text{ mg/L}$

### 7.4 Kanal

Die in jedem Einzugsgebiet anfallenden Abwassermengen (Trockenwetter und Regenwasser) gelangen in die Kanalisation und werden im Hauptsammler weitertransportiert. Dieser Abflusstransport wird in KAREN mittels des einfachen Translationsansatzes berechnet. Dabei wird nur der zeitliche Versatz einer Welle betrachtet, nicht aber die Retention. Neben der einfachen Berechnungsmethodik liegt der große Vorteil des Translationsansatzes in der massentreuen Abbildung. Es können hier also keine Ungenauigkeiten hinsichtlich der transportierten Wasservolumen auftreten.

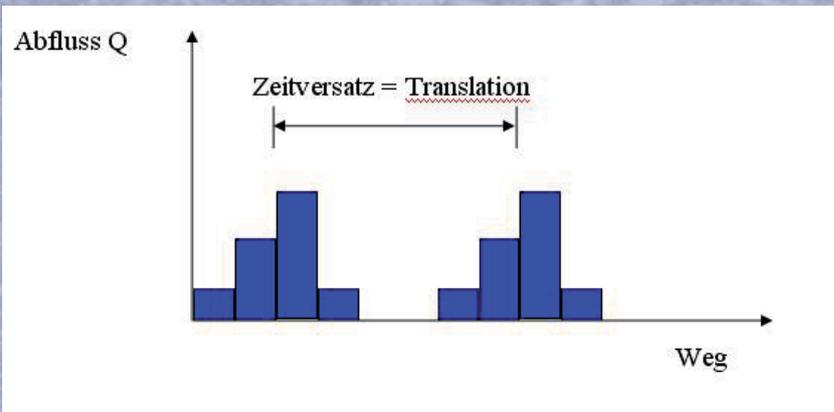


Abbildung 9: Schema des Translationsansatzes in einer Transportstrecke

Die Berechnung erfolgt unter der Annahme einer Vollfüllung im Kanal. Eingabewert ist die Fließzeit bei Vollfüllung, die sich für eine spezifische Situation aus folgendem Zusammenhang errechnet:

$$t_F = L_{\text{Kanal}} / V_{\text{voll}} / 60$$

mit  $t_F$  Fließzeit im Kanal in min  
 $L_{\text{Kanal}}$  Länge des betrachteten Kanalabschnittes in m  
 $V_{\text{voll}}$  Fließgeschwindigkeit bei Vollfüllung in m/s

Der Transport von Schmutzstoffen im Kanal erfolgt analog, d.h. mittels reiner Translation, aber dafür absolut massentreu.

### 7.5 Mischwasserüberlaufbecken

Mischwasserüberlaufbecken können je nach Aufgabenstellung sehr unterschiedlich konstruiert sein. Neben der Konstruktion der Becken in Haupt- und Nebenschluss können diese auch als Fang- oder Durchlaufbecken konstruiert sein. Da aber Regelblatt 19 nur die Sedimentationswirkung von Durchlaufbecken berücksichtigt ist, ist in KAREN auch nur dieser Beckentyp implementiert.

Für die vereinfachte Schmutzfrachtberechnung nach ÖWAV Regelblatt 19 ist auch die Frage der Ausbildung des Beckens in Haupt- oder Nebenschluss ohne Bedeutung – diese Eingabe kann daher für die vereinfachte Berechnung entfallen. Wird jedoch eine detaillierte Schmutzfrachtberechnung durchgeführt, spielt dies jedoch eine Rolle und der Anschluss ist in diesem Fall korrekt zu definieren.

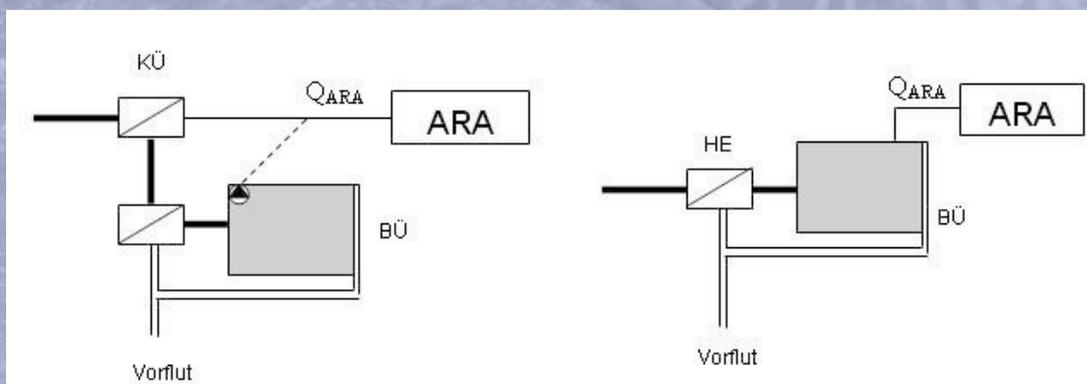


Abbildung 10: Durchlaufbecken im Haupt- und Nebenschluss, mit Hochwasserentlastung (HE), Kanalüberlauf (KÜ) und Beckenüberlauf (BÜ) (nach ATV A128, 1992)

### 7.5.1 Drosselabfluss

Der Abfluss des Kanalüberlaufes (KÜ) bzw. des Beckens im Hauptschluss ist hier durch die Kapazität der Drosselstrecke  $Q_{ARA}$  begrenzt. Ist diese Abflussmenge erreicht, wird zuerst das Volumen des Regenbeckens aufgefüllt und danach (nach Füllung des Beckens) das überschüssige Mischwasser über den Beckenüberlauf in den Vorfluter eingeleitet. Die Entleerung des Beckens erfolgt automatisch, sobald der Zufluss zum Trennbauwerk geringer ist als  $Q_{ARA}$ . In Österreich ist der maximale Zufluss zur Abwasserreinigungsanlage:

$$Q_{ARA} = 2 \cdot Q_{TW, \max} + Q_F = 0.013 \quad \text{l/s/EW} \quad (\text{ÖWAV Regelblatt 11, 2005})$$

Der spezifische Regenwasserabfluss  $Q_{RW,ARA}$ , d.h. der Anteil des Regenwassers, der an der Kläranlage behandelt wird, ergibt sich damit pro Einwohner näherungsweise als:

$$Q_{RW,ARA} = Q_{ARA} - Q_{TW, \text{mittel}} = 0.013 - 0.003 = 0.01 \text{ L/s/EW}$$

$Q_{ARA}$  wird in KAREN als ein konstanter Abflusswert betrachtet, die Drossel daher als perfekt (= vom Wasserstand unabhängig) betrachtet. Eine wasserstandsabhängige Abflussfunktion wurde für die Berechnung nach Regelblatt 19 als nicht notwendig erachtet.

### 7.5.2 Speichervolumen und Mischwasserüberlauf

Die Bemessung der Speichergröße ist Gegenstand der Berechnung. Als Anhaltspunkt kann von einem erforderlichen Volumen zwischen 15 und 25 m<sup>3</sup> pro ha abflusswirksamer Fläche ausgegangen werden.

Mit obiger Konzeption kann auch sehr einfach das Verhalten eines Mischwasserüberlaufes berechnet werden: in diesem Fall ist nur das Volumen des Beckens auf Null zu setzen.

### 7.5.3 Kanalspeichervolumen

Kanalisationssysteme weisen aber nicht nur das real vorhandene Beckenvolumen als Speicherraum auf. Infolge des großen Unterschiedes zwischen Trockenwetteranfall und Regenwetterabfluss ergibt sich auch im Kanalsystem ein Speichervolumen, das durch Aufstau genützt wird. Durch die Drosselung des Abflusses im Mischwasserüberlauf kommt es typischerweise zu einem derartigen Aufstau und das oberwasserseitige Kanalvolumen wirkt teilweise als Speicher (Abbildung 9). Dieses Speichervolumen ist als zusätzliches, fiktives Beckenvolumen zu berücksichtigen.

Sivalda, 1994, (KA, 41, p.1988) gibt hierzu Werte in der Größenordnung von 10 – 40 m<sup>3</sup>/ha an. Dieser zusätzliche „Kanalspeicherraum“ ist aber erst durch Kalibrierung eines Modells seriös nachzuweisen und kann daher in der Planung schlecht (bzw. üblicherweise gar nicht) berücksichtigt werden.

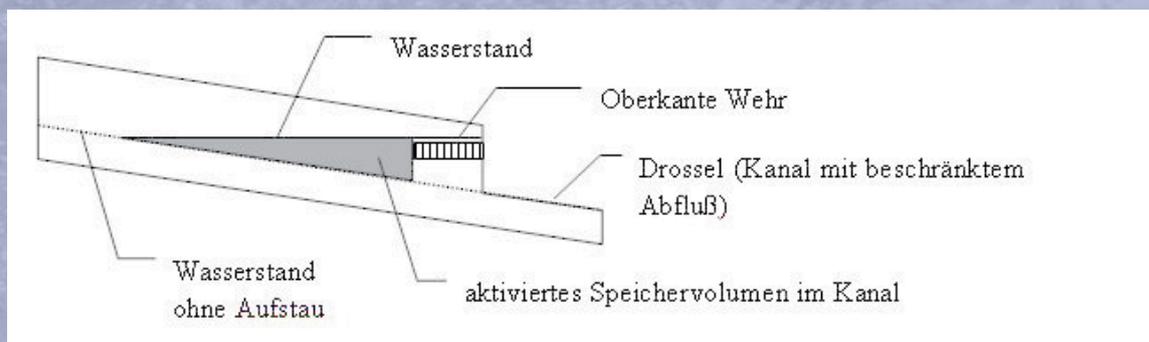


Abbildung. 11: Speichervolumen im Kanalisationssystem. Aus: Rauch et al., 1999.

## 7.5.4 Detaillierte Schmutzfrachtberechnung für AFS

Im Falle der detaillierten Schmutzfrachtberechnung für abfiltrierbare Stoffe ist die jeweilige AFS Konzentration im Becken zu ermitteln. In KAREN wird eine vollständige Durchmischung der AFS im Becken angenommen und damit eine mittlere Konzentration  $c_{AFS,MUB}$ . Der Abfluss aus dem MÜB erfolgt mit genau dieser Konzentration. Im Gegensatz dazu wird die Konzentration des Überlaufs um die Sedimentationswirkung reduziert. Die nicht entlastete Stoffmasse verbleibt massengetreu im Becken und erhöht die Stoffkonzentration im Becken.

$$C_{AFS,e} = c_{AFS,MUB} * \eta_{sed}$$

$C_{AFS,e}$	AFS Konzentration im entlasteten Mischwasserabfluss
$c_{AFS,MUB}$	mittlere AFS Konzentration im MÜB
$\eta_{sed}$	AFS Sedimentationswirkungsgrad

Man beachte, dass hier eine ideale und zeitlich konstante Sedimentationswirkung angenommen wird. Der Sedimentationswirkungsgrad entspricht jedoch nicht dem mittleren Wirkungsgrad (wie in der vereinfachten Schmutzfrachtberechnung) sondern bezieht sich auf die jeweilige aktuelle AFS Konzentration im Becken. Der Sedimentationswirkungsgrad ist in der detaillierten Berechnung etwas höher einzuschätzen. Exakte Werte hierzu sind aber schwierig zu ermitteln.

## 8 Ergebnisse und Immissionsberechnung

KAREN ist als Berechnungswerkzeug für die Anwendung des ÖWAV Regelblattes 19 konzipiert. Gemäß dieser Zielsetzung berechnet KAREN alle hierfür relevanten Werte wie folgt:

### Berechnung der erforderlichen Wirkungsgrade nach Tabelle 1 und 2 ÖWAV Regelblatt 19

- Erforderlicher Mindestwirkungsgrad für gelöste Stoffe in Prozent
- Erforderlicher Mindestwirkungsgrad für abfiltrierbare Stoffe in Prozent

### Wirkungsgrad als Ergebnis der Simulation nach beschriebener Methodik

- Berechneter Wirkungsgrad für gelöste Stoffe in Prozent
- Berechneter Wirkungsgrad für abfiltrierbare Stoffe in Prozent (vereinfacht)
- Optional: Berechneter Wirkungsgrad für abfiltrierbare Stoffe in Prozent nach detailliertem Ansatz

### Mischungsverhältnis für Mischwasserüberläufe

- Ausgabe des Verhältnisses zwischen  $Q_{DR}$  und  $Q_{T,aM}$  für alle Entlastungsbauwerke – relevant ist dieser Wert natürlich nur für Mischwasserüberläufe

## Immissionsberechnung

- Ausgabe des Maximalwerts der hydraulischen Belastung des Vorfluters  $Q_{e,1}$  in  $m^3/s$  als Maximalabfluss aller Entlastungsbauwerke zum jeweiligen Zeitpunkt. Die statistische Ermittlung des einjährigen Wertes erfolgt mittels California-Plotting Position Methodik.
- Ausgabe der maßgeblichen  $NH_4-N$  Konzentration im Vorfluter. Die Berechnung erfolgt als gleitendes Mittel über die Dauer von 1 Stunde unter Berücksichtigung aller Entlastungen in den Vorfluter. Die statistische Ermittlung des einjährigen Wertes erfolgt mittels California-Plotting Position Methodik.

## Kalibrierungsdaten

- Jahressummenwert des Zuflusses zur ARA in  $m^3/a$
- Jahressummenwert des Abflussvolumens in  $m^3/a$  für jedes MÜB
- Jahressummenwert der Dauer in  $h/a$  für jedes MÜB
- Jahressummenwert der Anzahl der Entlastungen in Anzahl/a für jedes MÜB
- Geordnete Liste der 100 größten Entlastungen an jedem MÜB mit den Informationen:

Datum, Entlastungsvolumen und Dauer

## 9 Literatur

**ATV A-128 (1992).** Richtlinien für die Bemessung und Gestaltung von Regenentlastungsanlagen in Mischwasserkanälen. ATV e.V., St. Augustin.

**ATV-AG 2.1.1:** Weitergehende Anforderungen an Mischwasserentlastungen. 1. Arbeitsbericht der ATV-AG 2.1.1, Korrespondenz Abwasser 36 (5), 1993.

**ATV-AG 2.1.1:** Weitergehende Anforderungen an Mischwasserentlastungen. 2. Arbeitsbericht der ATV-AG 2.1.1, Korrespondenz Abwasser 40 (5), 1997.

**ATV-A 121:** Niederschlag - Starkregenauswertung nach Wiederkehrzeit und Dauer Niederschlagsmessungen Auswertung

**Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMFLFUW):** Forschungsprojekt „Bemessungsniederschläge in der Siedlungswasserwirtschaft“, Wien, 2006.

**Fenz, R.:** Gewässerschutz bei Mischwasserentlastungen – Emissions- und Immissionsanforderungen. Wiener Mitteilungen Wasser Abwasser Gewässer Bd. 168, M1-32, 2001.

**Fenz R. (2002).** Gewässerschutz bei Entlastungsbauwerken der Mischkanalisation. Wiener Mitteilungen Wasser Abwasser Gewässer Band 174, Wien.

**Fenz R., Rauch W. (2003).** Mischwasserbehandlung - Anforderungen und Ermittlung der erforderlichen Maßnahmen mit Hilfe der Modellierung. Wiener Mitteilungen Wasser Abwasser Gewässer Band 182; Wien.

**ÖWWV (1987).** Richtlinien für die Bemessung und Gestaltung von Regenentlastungen in Mischwasserkanälen. ÖWWV-Regelblatt 19, Wien.

**ÖWAV-Regelblatt 11,** Richtlinien für die abwassertechnische Berechnung und Dimensionierung von Abwasserkanälen, Wien, 2007 (Entwurf).

**ÖWAV-Regelblatt 19,** Richtlinien für die Bemessung von Mischwasserentlastungen, Wien, 2007.

**Rauch W., Thurner N. and Stegner U. (1999):** Modellierung und Zustandsanalyse eines integrierten Entwässerungssystem am Fallbeispiel Innsbruck, Österreich. Korrespondenz Abwasser. (46) No. 8, pp. 1210 – 1220.

**Rauch W. and De Toffol S.:** Der Einfluß der Regencharakteristik auf den Wirkungsgrad von Mischwasserbehandlungsanlagen. Wiener Mitteilungen 2006 Band 196, G1-G23.

**Rauch, W. und Kinzel, H.:** ÖKOSTRA - Eine Datenbank zur Ausgabe von hoch aufgelösten Niederschlagsreihen aus Österreich, Wiener Mitteilungen, Band 203, S. 11-114, Wien 2007.

**S. De Toffol, M. Kleidorfer und W. Rauch (2006):** Vergleich hydrodynamischer und hydrologischer Simulationsmodelle bei der Berechnung der Emissionen von Mischwasserbehandlungsanlagen. Wiener Mitteilungen 2006 Band 196, H1-H20.

## 10 ANHANG

### 10.1 Eingabedaten KAREN

Bezeichnung	Abk.	Format	Erläuterung
Name Einzugsgebiet			Beliebiger Name des Einzugsgebietes
Undurchlässige Fläche	$A_u$	ha	Abflusswirksame befestigte Fläche. Entspricht hier dem Produkt von befestigter Fläche mal mittlerem Jahresabflussbeiwert $A_{red} \cdot \psi_m$
Fließzeit im Einzugsgebiet	$t_c$	min	Längste Fließzeit im Einzugsgebiet als Summe von Oberflächenfließzeit $t_a$ und längster Fließzeit im Kanal $t_f$ .
Anfangsverlust	$V_A$	mm	Anfangsverlust, der im Sinne eines Schwellenwertes erreicht werden muss, bevor der Abfluss beginnt.
Dauerverlust	$h_d$	mm/d	Konstanter Verlust während der Trockenphase, der Abtrocknung der Oberflächen und dazu zur Bildung des Anfangsverlustes führt
Trockenwetterabfluss	$Q_T$	l/s	Trockenwetterabfluss im Jahresmittel aus dem Einzugsgebiet
Volumen Mischwasserüberlaufbecken	$V_{MÜB}$	m <sup>3</sup>	Volumen Mischwasserüberlaufbecken
Hauptschluss			Bauweise des Mischwasserüberlaufbecken im Hauptschluss
Nebenschluss			Bauweise des Mischwasserüberlaufbecken im Nebenschluss
Drosselabfluss	$Q_{DR}$	l/s	(konstanter) Drosselabfluss
Sedimentationswirkungsgrad	$\eta_{sed}$	%	Mittlerer Sedimentationswirkungsgrad für abfiltrierbare Stoffe bzw. konzentrations-abhängiger Sedimentationswirkungsgrad für einen definierten Stoff
Fließzeit im Kanal	$t_f$	min	Fließzeit im Hauptsammler vom betrachteten MÜB bis zum nächsten MÜB oder zur ARA.
Serielle Anordnung MÜB			Oberwasserseitiger, vorentlasteter Hauptsammler mündet in das Mischwasserüberlaufbecken
Parallele Anordnung MÜB			Drosselabfluss des Mischwasserüberlaufbecken mündet in den Hauptsammler
AFS Konzentration im Trockenwetterabfluss	$C_{T,AFS}$	mg/l	Mittlere AFS Konzentration im Trockenwetterabfluss – für detaillierte Schmutzfrachtberechnung
AFS Konzentration im Regenwetterabfluss	$C_{R,AFS}$	mg/l	Mittlere AFS Konzentration im Regenwetterabfluss – für detaillierte Schmutzfrachtberechnung

NH <sub>4</sub> Konzentration im Trockenwetterabfluss	$c_{T,NH_4}$	mg/l	Mittlere NH <sub>4</sub> Konzentration im Trockenwetterabfluss – für Immissionsbetrachtung
NH <sub>4</sub> Konzentration im Regenwetterabfluss	$c_{R,NH_4}$	mg/l	Mittlere NH <sub>4</sub> Konzentration im Regenwetterabfluss – für Immissionsbetrachtung
Q <sub>95%</sub> im Vorfluter	Q <sub>95</sub>	mg/l	Niedrigwasserabfluss ausgedrückt als Q <sub>95%</sub> im Vorfluter oberhalb der Einleitungen – für Immissionsbetrachtung
NH <sub>4</sub> -N Konzentration im Vorfluter	$c_G$	mg/l	NH <sub>4</sub> -N Konzentration im Vorfluter oberhalb der Einleitungen – für Immissionsbetrachtung

## 10.2 Abkürzungen

AFS	mg/l	Abfiltrierbare Stoffe
A <sub>u</sub>	ha	Abflusswirksame befestigte Fläche, in etwa A <sub>red</sub>
c <sub>e</sub>	mg/l	Konzentration im entlasteten Mischwasserabfluss
c <sub>M</sub>	mg/l	Konzentration im Mischwasserabfluss
c <sub>T</sub>	mg/l	Konzentration im Trockenwetterabfluss
h <sub>N</sub>	mm	Jahresniederschlagshöhe
η <sub>R</sub>	%	Mindestwirkungsgrad der Weiterleitung für Regenabfluss
η <sub>AFS</sub>	%	Mindestwirkungsgrad der Weiterleitung für abfiltrierbare Stoffe im Mischwasserabfluss
η <sub>sed</sub>	%	Sedimentationswirkungsgrad für abfiltrierbare Stoffe
q <sub>A</sub>	m/h	Oberflächenbeschickung
Q <sub>Dr</sub>	l/s	Drosselabfluss, bei Mischwasserüberläufen (MÜ) zumeist Q <sub>krit</sub>
Q <sub>e</sub>	l/s	entlasteter Mischwasserabfluss
Q <sub>e,1</sub>	l/s	Einjähriger Niederschlagsabfluss aus Mischwasserentlastungen und Regenwasserkanälen
Q <sub>krit</sub>	l/s	Kritischer Mischwasserabfluss
Q <sub>T</sub>	l/s	Trockenwetterabfluss
	l/s	Trockenwetterabfluss im Jahresmittel
r <sub>krit</sub>	l/(s·ha <sub>Au</sub> )	Kritische Regenspende
r <sub>720,1</sub>	mm/12h	maximale Niederschlagssumme über 12 Stunden mit Jährlichkeit 1
t <sub>f</sub>	min	Fließzeit im Kanal
VQ <sub>e</sub>	m <sup>3</sup> /a	Summe der entlasteten Mischwassermengen eines Jahres bzw. im Jahresdurchschnitt
VQ <sub>M</sub>	m <sup>3</sup> /a	Summe der Mischwassermengen eines Jahres bzw. im Jahresdurchschnitt
VQ <sub>R</sub>	m <sup>3</sup> /a	Summe der Regenabflussmengen eines Jahres bzw. im Jahresdurchschnitt
VQ <sub>T</sub>	m <sup>3</sup> /a	Summe der Trockenwettermengen eines Jahres bzw. im Jahresdurchschnitt

## 10.3 TUTORIAL: Beispiel laut Regelblatt 19

Das nachfolgende Tutorial zeigt den Verlauf einer Simulation mittels des Beispielsystems aus dem ÖWAV Regelblatt 19. Die notwendigen Files werden mit KAREN installiert:

Systemfile: tutorial.kar

Regenfile: tutorial.km2

### 10.3.1 Aufgabenstellung - Systembeschreibung

Das fiktive Beispielsystem umfasst die bestehenden Entwässerungsanlagen von 3 Gemeinden und eine Verbandskläranlage mit einer Ausbaugröße von 16 000 EW. Gemeinde A (7500 EW) betreibt eine kombinierte Misch- und Trennkanalisation, Gemeinde B (5000 EW) eine reine Trennkanalisation und Gemeinde C (3500 EW) eine reine Mischkanalisation. Es stellt sich die Frage, ob die bestehenden Entwässerungsanlagen den Anforderungen des Regelblattes genügen und falls nicht, welche Anpassungen erforderlich sind?

Zur Beantwortung dieser Frage steht eine allgemeine Systembeschreibung zur Verfügung. Die Frage der Kalibrierung der Berechnungsmodelle wird hier nicht diskutiert, d.h. die Systembeschreibung wird als zutreffend und exakt angesehen.

### Systembeschreibung

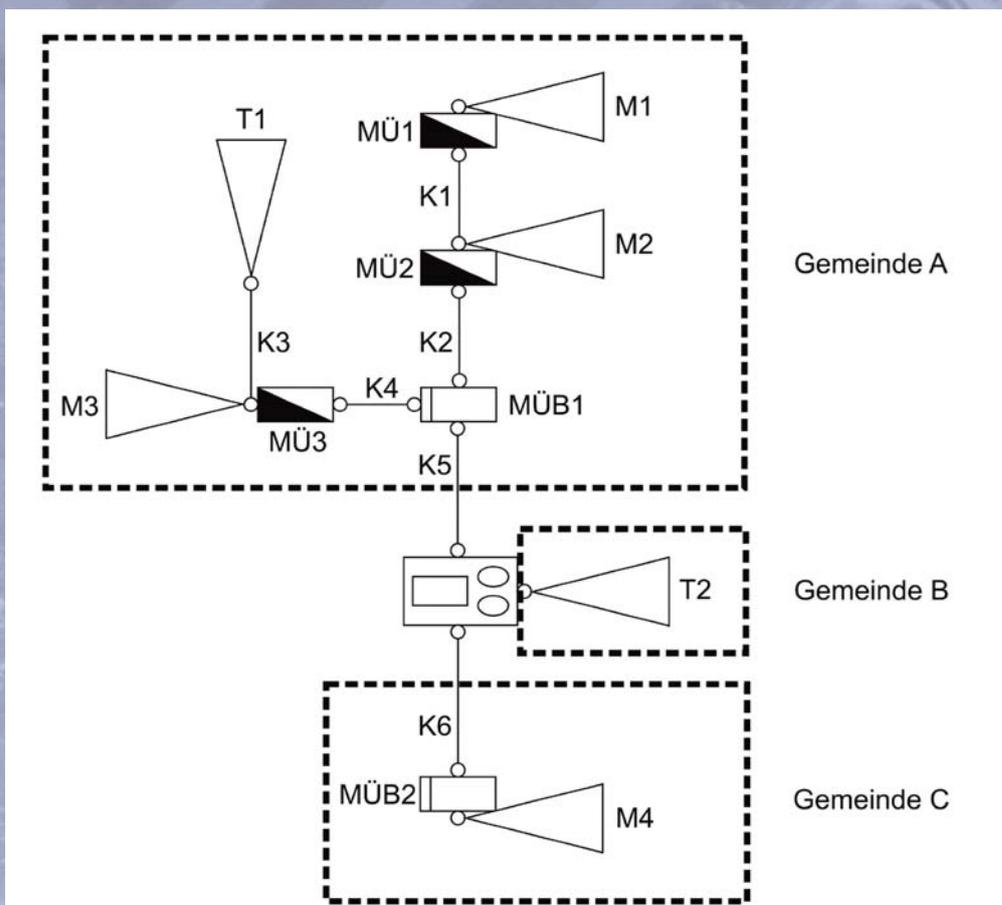


Abbildung 11: Schema des Entwässerungssystems

Tabelle 6: Systembeschreibung des Entwässerungssystems (links: Flächeneigenschaften; rechts: Bauwerke)

Bez.	EW	QT]	Au [ha]	tf [min]	Bez.	Volumen [m <sup>3</sup> ]	Q <sub>Dr</sub> [l/s]	weiterf. Kanal	Länge [m]
T1	2500	7,5	-	-	MÜ1	0	250,0	K1	1200
T2	5000	15,0	-	-	MÜ2	0	350,0	K2	1500
M1	1000	3,0	8,0	10,0	MU3	0	100,0	K4	3000
M2	1500	4,5	12,0	10,0	MÜB1	400	97,5	K5	150
M3	2500	7,5	20,0	20,0	MÜB2	450	45,5	K6	4500
M4	3500	10,5	30,0	25,0					

Neben dieser allgemeinen Beschreibung stehen zur Bearbeitung noch entsprechende Regendaten (tutorial.km2) zur Verfügung sowie Niederschlags-Abflussmessungen an einem Bauwerk.

## 2) Ermittlung der zu erreichenden Wirkungsgrade der Weiterleitung

### Wirkungsgrade

Das ÖWAV Regelblatt 19 macht die erforderlichen Wirkungsgrade der Weiterleitung einerseits von der Ausbaugröße der Kläranlage abhängig (bzw. bei Verbandsanlagen von der größten Gemeinde) und andererseits von der Regencharakteristik  $r_{720,1}$  in mm/12h. Als Regencharakteristik  $r_{720,1}$  wurde ein Wert von 34 mm/12h aus der beiliegenden Regenserie ermittelt.

Da es sich hier um eine Verbandsanlage handelt, ist für die Festlegung des Wirkungsgrades die größte Gemeinde im Verband bestimmend – hier die Gemeinde A mit 7500 EW. Gemäß Regelblatt ist der Einfluss von Trennkanälen als Erhöhung des Wirkungsgrades zu berücksichtigen, wenn die Trennkanalisation oberhalb des Mischwassereinzugsgebietes einmündet und die Erhöhung mindestens ein Prozentpunkt beträgt. Die diesbezügliche Formel lautet:

$$\eta_{\text{zusätzlich}} = 5 \cdot \frac{EW_{\text{TK}}}{EW_{\text{MK}}} \text{ in } \%$$

Die größte Gemeinde A (7500 EW) hat ein Trennsystem mit 2500 EW, der Rest von 5000 EW wird im Mischsystem entwässert. Die Erhöhung der Wirkungsgrade errechnet sich zu

$$\eta_{\text{zusätzlich}} = 5 \cdot \frac{2500}{5000} = 2,5 \%$$

Damit sind alle für die Berechnung der Wirkungsgrade notwendigen Angaben vorhanden:

Maßgebliche Bemessungsgröße der ARA	7500	EW
Regencharakteristik $r_{720,1}$	34	mm/12h
Erhöhung der Wirkungsgrade – Trennkanalisation	2.5	%

### 10.3.3 Modellerstellung

Am Beginn der Modellierung steht die Umsetzung des realen Systems in ein entsprechendes vereinfachtes konzeptionelles Modell. Aufgrund der bereits schemaartigen Systembeschreibung in Abbildung 12 ist diese Modellkonzeption hier vergleichsweise einfach:



Abbildung 13: Anlage des neuen Systems Tutorial mit 5 Einzugsgebieten

Das reale System weist 5 Mischwasserüberläufe bzw. Mischwasserüberlaufbecken auf. Damit sind auch 5 Module zur Modellierung des Systems notwendig – hierzu spielt es keine Rolle, ob ein MÜB als singuläres Bauwerk (hier z.B. MÜB1) oder als MÜ mit einem Einzugsgebiet (hier z.B. MÜ1) ausgeführt ist.

Nach Aufruf des neuen Systems erscheint eine initiale Modellkonzeption, in welcher die Einzugsgebiete mittels serieller Verknüpfung in einem einzelnen Kanalstrang in die Kläranlage entwässern. Dieses System ist durch Verschieben der Einzugsgebiete (nur optisch) und durch Änderung der Verknüpfung („Doppelklick and Drop“) entsprechend zu adaptieren. Dieses Modell kann auch direkt als System „Tutorial“ aufgerufen werden.

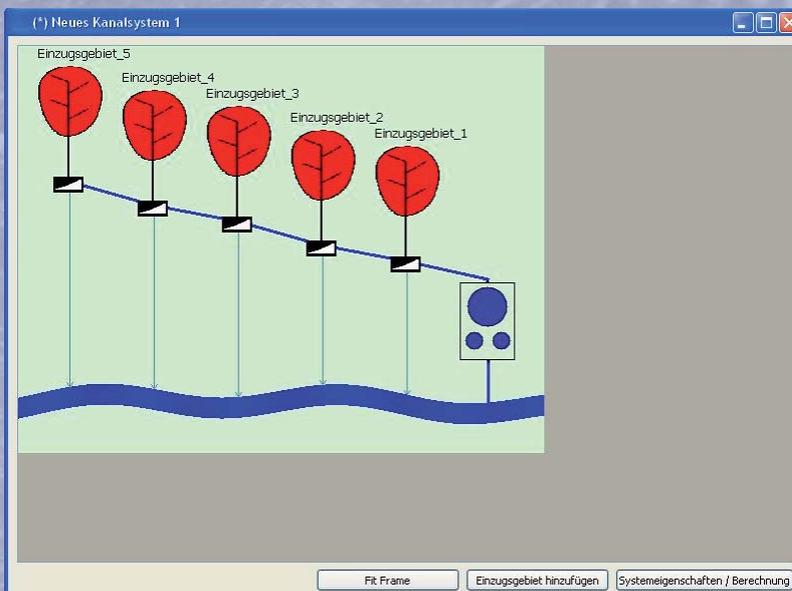


Abbildung 14: Initiale Systemkonfiguration

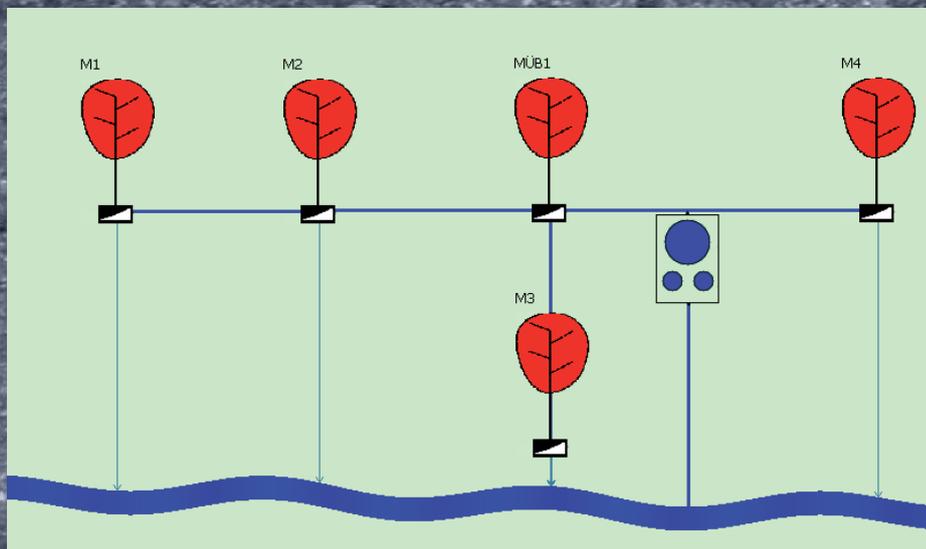


Abbildung 15:  
Systemkon-  
figuration: Tutorial

### 10.3.4 Eingabe der Modellparameter

Für die Eingabe der Modellparameter stehen die Angaben der Systembeschreibung zur Verfügung (Tabelle 6). Dazu sind noch Anfangs- (VA in mm) und Dauerverluste (hd in mm/d) einzugeben – hierzu werden übliche Werte (VA = 2 mm und hd = 1.5 mm/d) gewählt.

Tabelle 7 : Systembeschreibung im Modell

Einzugsgebiet	Au	tf	VA	hd	VMÜB	$\eta_{sed}$	QDr	QT,aM	tKanal
	ha	min	mm	mm/d	m3	%	l/s	l/s	min
M1	8	10	2	1,5	0	0	250,0	3,0	20
M2	12	10	2	1,5	0	0	350,0	4,5	25
MÜ3	20	15	2	1,5	0	0	100,0	15,0	50
MÜB1	0	0	0	0	400	35	97,5	0,0	2,5
M4	30	25	2	1,5	450	50	45,5	10,5	75

Abbildung 16: Eingabe der Modellparameter – hier Einzugsgebiet M1

Das Bild zeigt die Eingabemaske für das Einzugsgebiet M1. Die Maske enthält folgende Felder:

- Name Einzugsgebiet:** M1
- Undurchlässige Fläche:** A<sub>u</sub> [ha] = 8,00 ha
- Fließzeit im Einzugsgebiet:** t<sub>c</sub> [min] = 10,00 min
- Anfangsverlust:** h<sub>A</sub> [mm] = 2,00 mm
- Dauerverlust:** h<sub>d</sub> [mm/d] = 1,50 mm/d
- Trockenwetterabfluss:** Q<sub>T</sub> [l/s] = 3,00 l/s
- For immission calculation:**
  - Bauweise MÜB:**
    - Hauptschluss
    - Nebenschluss
  - Volumen MÜB:** V<sub>MÜB</sub> [m<sup>3</sup>] = 0,00 m<sup>3</sup>
  - Drosselabfluss MÜB:** Q<sub>DR</sub> [l/s] = 250,00 l/s
  - Sedimentationswirkungsgrad:** eta<sub>sed</sub> [%] = 0,00 %
- Fließzeit im Sammler:**
  - Fließzeit bei voller Füllung (Translation) [min] = 20,00 min
- Einbindung MÜB in Sammler:**
  - Anordnung:**
    - Seriell
    - Parallel

Buttons: Einzugsgebiet löschen, Abbrechen, OK

### 10.3.5 Simulation und Ergebnisse

Nach Eingabe aller Modellparameter sind noch unter dem Fenster <System Eigenschaften/ Berechnung > Eingaben erforderlich. Dies sind einerseits die notwendigen Angaben zur Berechnung der erforderlichen Wirkungsgrade – d.h. maßgebliche Auslegung ARA in EW und Erhöhung des Wirkungsgrades durch Trennkana­lisation in %.

Als Regenserie ist hier die Serie <tutorial.km2> anzuwählen. Der  $r_{720,1}$  Wert kann direkt als 34 mm/12h eingegeben werden.

System Eigenschaften / Berechnung

System

Projektname: Regelblatt Beispiel

Erhöhung Wirkungsgrad durch Trennsystem: 2,50%

Auslegung Abwasserreinigungsanlage: 7500EW Einwohner

Regen

D:/Programme/hydro-it/KAREN/Regen/tutorial.km2

Regen wählen

R720,1 Wert setzen: 34,00 mm/12h

R720,1 aus verwendeter Regendatei berechnen

Detaillierte Schmutzfrachtberechnung

Detaillierte Schmutzfrachtberechnung

C (AFS-R): 0,00 mg/l Konzentration abfiltrierbare Stoffe im Niederschlagsabfluss

C (AFS-T): 0,00 mg/l Konzentration abfiltrierbare Stoffe im Trockenwetterabfluss

Berechnung Ammoniaktoxizität

Immissionsberechnung akute Ammoniaktoxizität

Q(Go): 0,00 m3/s Gewässerabfluss oberhalb Einleitung

C (Go): 0,00 mg/l NH4-N-Konzentration im Gewässerabfluss oberhalb Einleitung

C (R): 0,00 mg/l NH4-N-Konzentration im Niederschlagsabfluss

C (T): 0,00 mg/l NH4-N-Konzentration im Trockenwetterabfluss

Berechnung- / Anzeigeverfahren

Report ausgeben

Ganglinien ausgeben

Fenster schliessen Berechnung starten

Abbildung 17: Eingabe von Systemeigenschaften bzw. Angaben zur Regenserie sowie Berechnungsstart

hydro-it.com		<b>Ergebnis Report - Karen 1.2</b>	
	Projekt	Regelblatt Beispiel	
Ergebnisse nach Regelblatt 19	Verfasser	Verfasser	
Ergebnisse nach Regelblatt 19			
Mindestwirkungswert	Berechneter Wirkungsgrad der Weiterleitung für Regenabfluss ( $\eta_R$ )	51.5	[%]
Support	Erforderlicher Wirkungsgrad der Weiterleitung für Regenabfluss ( $\eta_R$ )	51.06	[%]
	Berechneter Wirkungsgrad der Weiterleitung für Abfiltrierbare Stoffe im Mischwasserabfluss ( $\eta_{AFS}$ )	67.27	[%]
	Erforderlicher Wirkungsgrad der Weiterleitung für Abfiltrierbare Stoffe im Mischwasserabfluss ( $\eta_{AFS}$ )	66.06	[%]

Abbildung 18: Berechnungsergebnis – erforderliche und berechnete Wirkungsgrade

Kernstück der Simulation ist natürlich die Bestimmung der erforderlichen und der berechneten Wirkungsgrade gemäß den Vorgaben des Regelblattes 19. KAREN setzt hier alle Vorgaben des Regelblattes exakt und direkt um und ist daher das Softwarewerkzeug für die Berechnung von Mischwasserentlastungen nach den aktuellen Vorgaben.

Dazu gibt KAREN noch detaillierte Angaben zum Systemverhalten – insbesondere zu den einzelnen Mischwasserüberlaufbauwerken - aus. Diese Daten können vorteilhaft für die Kalibrierung des Systems verwendet werden.

Detaillierte Ergebnisse - Kalibrierungsdaten							
Gesamter Zufluss zur ARA				1.14255e+06	[m³/a]		
Trokenwetterzufluss zur ARA ( $V_{QT}$ )				1.0393e+06	[m³/a]		
Niederschlagsvolumen				290690	[m³/a]		
Regenabflussmenge ( $V_{QT}$ )				200492	[m³/a]		
Summe entlastetes Mischwasser ( $V_{Qe}$ )				97241.1	[m³/a]		
Name Einzugsgebiet	Mischungsverhältnis	Anzahl Überlaufereignisse	Überlaufvolumen	Dauer des Überlaufs	Einjähriger Entlastungsabfluss	Einjähriger Entlastungsvolumen	
	[-]	[- /a]	[m³/a]	[h/a]	[l/s]	[m³]	
M1	83.33	7	732.21	1.85	0.89	197.78	
M2	46.67	10	2405.94	4.59	1.36	553.24	
M3	6.67	47	22784.4	63.23	2.07	3068.33	
MÜB1	4.33	25	26947.7	59.93	0.35	4433.85	
M4	4.33	31	44370.8	78.81	1.98	6476.56	

Abbildung 19: Ausgabe von detaillierten Ergebnissen und Kalibrierungsdaten

### 10.3.6 Ganglinien

Als weitere Hilfestellung für Kalibrierung und Systemverständnis erlaubt KAREN die Ausgabe von Ganglinien. Dazu ist im Fenster <Systemeigenschaften/Berechnung> der entsprechende Regen einzugeben und die Option „Ganglinien ausgeben“ anzuwählen. Beachten Sie, dass KAREN hier Berechnungsergebnisse jedes einzelnen Zeitschrittes auf die Festplatte schreibt. Wenn Sie also eine Ganglinie über eine mehrjährige Regenserie ausgeben, ist dies 1) zeitintensiv und 2) speicherplatzintensiv.

Hier wird zur Berechnung der Ganglinien der Regen tutorial\_kalibration.km2 eingegeben und die Ganglinie für das MÜB1 angewählt. Die Ganglinie wird für jedes MÜB in einem separaten Fenster angezeigt. Es können einzelne aber auch mehrere MÜB's gleichzeitig markiert und damit dargestellt werden.

System Eigenschaften / Berechnung

System

Projektname

Erhöhung Wirkungsgrad durch Trennsystem

Auslegung Abwasserreinigungsanlage  Einwohner

Regen

R720,1 Wert setzen

R720,1 aus verwendeter Regendatei berechnen

Detaillierte Schmutzfrachtberechnung

Detaillierte Schmutzfrachtberechnung

C (AF5-R)  Konzentration abfiltrierbare Stoffe im Niederschlagsabfluss

C (AF5-T)  Konzentration abfiltrierbare Stoffe im Trockenwetterabfluss

Berechnung Ammoniaktoxizität

Immissionsberechnung akute Ammoniaktoxizität

Q(Go)  Gewässerabfluss oberhalb Einleitung

C (Go)  NH4-N-Konzentration im Gewässerabfluss oberhalb Einleitung

C (R)  NH4-N-Konzentration im Niederschlagsabfluss

C (T)  NH4-N-Konzentration im Trockenwetterabfluss

Berechnung- / Anzeigeverfahren

Report ausgeben

Ganglinien ausgeben

M4

MÜB1

M3

M2

M1

Abbildung 20: Wahl: Ausgabe der Ganglinien am MÜB1

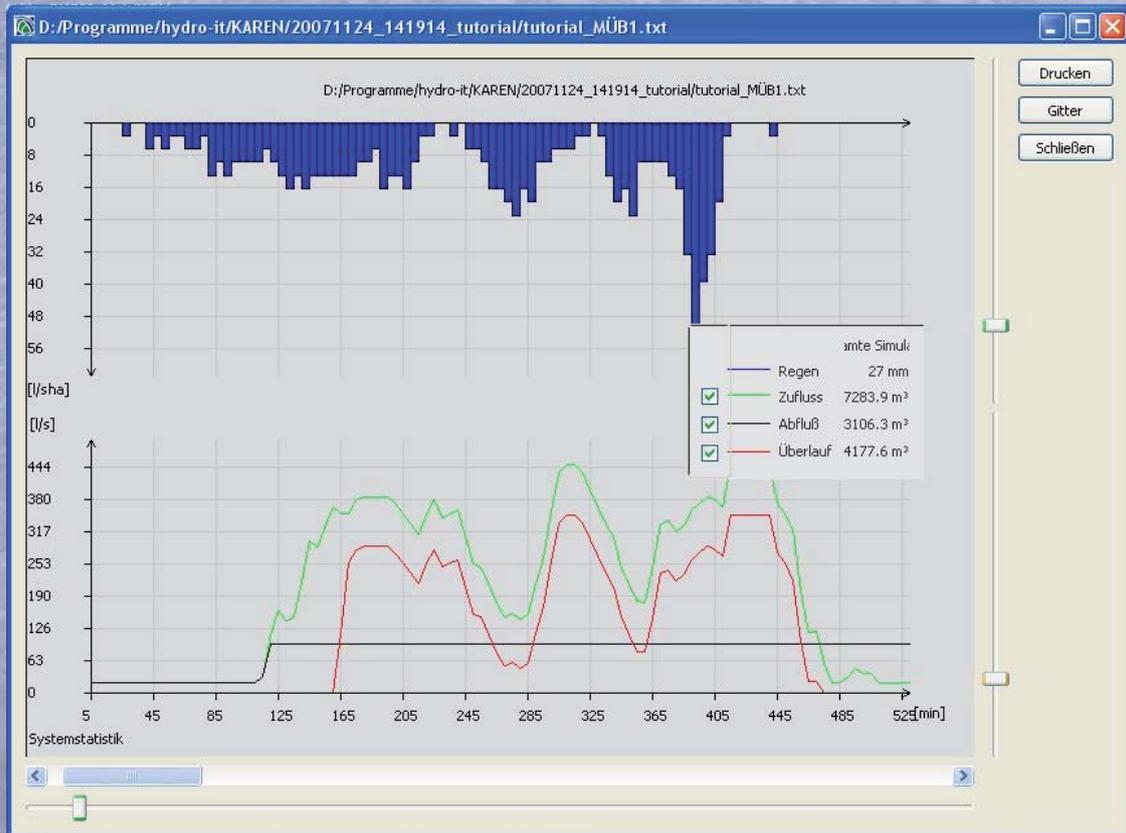


Abbildung 21: Ganglinien am MÜB1

Diese Darstellung der Abflussganglinien dient insbesondere zur Kalibrierung des Systems anhand von Messungen bei Einzelereignissen. Die berechneten Ganglinien können dann mit den Messwerten verglichen werden. Als Regen ist der real gemessene Niederschlag einzugeben.



