

			
<p>Dipl.-Ing. Norbert Flamisch Technisches Büro für Umwelt- technik, Kulturtechnik & Was- serwirtschaft</p> <p>Lenaustraße 9 A - 2000 Stockerau Tel: 02266 / 98226 Fax: 02266 / 98226-15 office@ibflamisch.at www.ibflamisch.at</p>	<p>Technische Universität Graz Institut für Siedlungswasser- wirtschaft und Landschafts- wasserbau</p> <p>Stremayrgasse 10/I A - 8010 Graz Tel: 0316 / 873-8373 Fax: 0316 / 873-8376 gruber@sww.tugraz.at www.sww.tugraz.at</p>	<p>Bichler & Kolbe ZT-GmbH Ziviltechniker für Bauinge- nieurwesen, Kulturtechnik und Wasserwirtschaft</p> <p>Colmarplatz 1 A - 7000 Eisenstadt Tel: 02682 / 61900 Fax: 02682 / 61900 -12 office@bic-kol.at www.bic-kol.at</p>	<p>DDI Dieter Depisch & DI Silvia Kerschbaumer- Depisch Ziviltechniker GmbH</p> <p>Grazerstraße 10 A - 8230 Hartberg Tel: 03332 / 61444 - 0 Fax: 03332 / 61444 - 20 hartberg@team-depisch.at www.team-depisch.at</p>

Forschungsprojekt

Optimierte Bemessung von Mischwasserentlastungsanlagen

OPTIMISCH

Endbericht

Im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.
Die Abwicklung der Beauftragung erfolgte über die Kommunalkredit Public Consulting GmbH.

Februar 2009



lebensministerium.at

PROJEKTSTEAM

	<p>Dipl.-Ing. Norbert Flamisch</p> <p>Technisches Büro für Umwelttechnik, Kulturtechnik & Wasserwirtschaft</p>	<p>www.ibflamisch.at</p>
	<p>Technische Universität Graz</p> <p>Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau</p>	<p>www.sww.tugraz.at</p>
	<p>Bichler & Kolbe ZT-GmbH</p> <p>Ziviltechniker für Bauingenieurwesen, Kulturtechnik und Wasserwirtschaft</p>	<p>www.bic-kol.at</p>
	<p>DDI Dieter Depisch & DI Silvia Kerschbaumer-Depisch Zivil- techniker GmbH</p>	<p>www.team-depisch.at</p>

PROJEKTSHPOMEPAGE:

WWW.OPTIMISCH.AT

DANKSAGUNG

Die Bearbeitung und Umsetzung des Projekts OPTIMISCH wurden freundlicherweise durch folgende Fördergeber und Projektpartnern ermöglicht, denen wir an dieser Stelle unseren Dank aussprechen wollen.

Projektpartner



Stadtgemeinde
Ebreichsdorf



Gemeinde
Donnerskirchen



Abwasserverband
Bezirk Jennersdorf



Magistrat Graz -
Kanalbauamt

Fördergeber



Bundesministerium für
Land- und Forstwirtschaft,
Umwelt und
Wasserwirtschaft

lebensministerium.at



Abwicklung durch die
Kommunalkredit Public
Consulting GmbH



Land Steiermark



Land Niederösterreich



Land Burgenland

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG.....	7
1.1	Veranlassung	7
1.2	Ziele.....	7
2	GRUNDLAGEN.....	9
2.1	ÖWAV Regelblatt 19 – Stand der Technik (OEWAV, 2007b).....	9
2.2	Modellierung.....	9
3	UNTERSUCHUNGSGEBIET DONNERSKIRCHEN	17
3.1	Allgemeine Beschreibung	17
3.2	Projektumfang und -ziele	18
3.3	Berechneter Mindestwirkungsgrad der Weiterleitung nach ÖWAV Regelblatt 19 (2007)	19
3.4	Grundlagendaten	20
3.5	Messkampagne	21
3.6	Messdaten.....	26
3.7	Modellerstellung	28
3.8	Modellkalibrierung	31
3.9	Unsicherheiten	33
3.10	Berechnungsergebnisse	33
3.11	Vergleichsberechnungen (ATV).....	37
3.12	Konkrete Maßnahmen / Kosten	40
3.13	Erfahrungen aus dem Untersuchungsgebiet	42
4	UNTERSUCHUNGSGEBIET EBREICHSDORF	43
4.1	Allgemeine Beschreibung	43
4.2	Projektumfang und -ziele	44
4.3	Berechneter Mindestwirkungsgrad der Weiterleitung nach ÖWAV Regelblatt 19 (2007)	45
4.4	Grundlagendaten	46
4.5	Messkampagne.....	47
4.6	Messdaten.....	54
4.7	Modellerstellung	56
4.8	Modellkalibrierung	58
4.9	Unsicherheiten	61
4.10	Berechnungsergebnisse	61
4.11	Vergleichsberechnungen (ATV).....	66
4.12	Konkrete Maßnahmen / Kosten	68
4.13	Erfahrungen aus dem Untersuchungsgebiet	70
5	UG - ABWASSERVERBAND BEZIRK JENNERSDORF	71
5.1	Allgemeine Beschreibung	71
5.2	Projektumfang und -ziele	72
5.3	Berechneter Mindestwirkungsgrad der Weiterleitung nach ÖWAV Regelblatt 19 (2007)	73

5.4	Grundlagendaten	74
5.5	Messdaten.....	75
5.6	Modellerstellung	81
5.7	Modellkalibrierung	84
5.8	Unsicherheiten	86
5.9	Berechnungsergebnisse	87
5.10	Vergleichsberechnungen (ATV).....	89
5.11	Konkrete Maßnahmen / Kosten	89
5.12	Erfahrungen aus dem Untersuchungsgebiet	91
6	UNTERSUCHUNGSGBIET GRAZ WEST	93
6.1	Allgemeine Beschreibung	93
6.2	Projektumfang und –ziele.....	94
6.3	Berechneter Mindestwirkungsgrad der Weiterleitung nach ÖWAV Regelblatt 19 (2007)	94
6.4	Grundlagendaten	95
6.5	Messdaten.....	95
6.6	Modellerstellung	97
6.7	Modellkalibrierung	99
6.8	Berechnungsergebnisse	101
6.9	Vergleichsberechnungen (ATV).....	103
6.10	Erfahrungen aus dem Untersuchungsgebiet	104
7	SENSITIVITÄTSANALYSEN.....	106
7.1	Einleitung.....	106
7.2	Verwendete Modelle	106
7.3	Darstellung der Ergebnisse.....	107
7.4	Gegenüberstellung der Ergebnisse	122
8	SCHLUSSFOLGERUNGEN	128
8.1	Allgemeines.....	128
8.2	Wichtigsten Ergebnisse aus den Untersuchungsgebieten	128
8.3	Empfehlungen für Planer, Verbände und Sachverständige.....	129
8.4	Bearbeitungsaufwand	131
9	AUSBLICK.....	134
10	ZUSAMMENFASSUNG.....	136
10.1	Allgemeines.....	136
10.2	Untersuchungsgebiet Donnerskirchen.....	137
10.3	Untersuchungsgebiet Ebreichsdorf.....	138
10.4	Untersuchungsgebiet Abwasserverband Bezirk Jennersdorf.....	139
10.5	Untersuchungsgebiet „Graz West“	141
10.6	Sensitivitätsanalysen.....	142
10.7	Schlussfolgerungen.....	143

11	LITERATURVERZEICHNIS.....	144
12	ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	146
13	TABELLENVERZEICHNIS.....	148
14	INHALT ANHANG	150

1 EINLEITUNG

1.1 Veranlassung

Das **ÖWAV-Regelblatt 19 - "Richtlinien für die Bemessung von Mischwasserentlastungen"** wurde in den letzten Jahren überarbeitet und an den Stand der Technik angepasst. Im **November 2007** ist die **neue Ausgabe** erschienen und gibt nun neue Zielvorgaben zur Bemessung von Mischwasserentlastungsbauwerken. Nach dem neuen Regelwerk ist ein so genannter **Mindestwirkungsgrad der Weiterleitung** einzuhalten, wobei der vorgegebene Grenzwert von der Regencharakteristik und der Ausbaugröße der Kläranlage abhängt. Dieser Wirkungsgrad entspricht dem Anteil der Schmutzfracht im Regenabfluss, der aus dem gesamten Einzugsgebiet eines Entwässerungsgebietes zukünftig zur Kläranlage weiterzuleiten ist.

Durch diese einzugsgebietsweite Betrachtung bietet diese neue Art der Bemessung im Vergleich zu bisherigen Methoden die Möglichkeit, den Rückhalt von Mischwasser flexibler zu erreichen. Lage, Größe und Verteilung der Mischwasserbauwerke können beliebig variiert werden, alternative Methoden wie Kanalnetzbewirtschaftung oder Erhöhung des maximalen Kläranlagenzuflusses sind ebenfalls zulässig. Dadurch ist es möglich, angepasst an die jeweilige Situation **flexible Lösungen zur Minimierung der Mischwasserentlastungen** zu entwickeln.

Die Ermittlung des Weiterleitungswirkungsgrades erfolgt mittels hydrologischer Langzeitsimulation. Dafür sind die Datengrundlagen sorgfältig zu erheben und in ein Abflussmodell einzuarbeiten. Die größere Wahlfreiheit bei den Verfahren erfordert es auch, eine breite Palette von möglichen Lösungen in Betracht zu ziehen. Der neue Dimensionierungsansatz bietet neue Möglichkeiten, erfordert aber ein anderes Vorgehen als bisher.

1.2 Ziele

Um Erfahrungen für die Anwendung des Regelblattes in der Praxis zu gewinnen, wurde das Forschungsprojekt OPTIMISCH initiiert. Ein Ziel des Projekts ist, eine Anregung und Vorlage für Planer und Kanalbetreiber zu schaffen, um einen Einblick in die Möglichkeiten, Vorteile und Grenzen einer Bemessung nach dem neuen Regelblatt zu geben.

Anhand **praktischer Beispiele** soll gezeigt werden, wie der Planungsaufwand in Beziehung zu den aus der Planung abgeleiteten Investitionsvorhaben steht. Ebenso soll ein Hinweis gegeben werden, welche Auswirkung verschiedene Parameter und Grundlagendaten auf das Ergebnis haben (**Sensitivitätsanalyse**), damit die finanziellen Mittel für die Grundlagenerhebung möglichst effizient eingesetzt werden können.

Eine **parallele Bemessung mit alternativen Verfahren** (Rbl. 19 alt, Rbl. 19 neu, ATV A 128) soll Auskunft darüber geben, welche Ergebnisse bei einer Nachrechnung eines nach anderen Regelwerken bemessenen Mischwassersystems erwartet werden können.

Für die einzelnen Projektgebiete werden gesonderte **Projektsberichte** erstellt, die die jeweiligen Ergebnisse und Schlussfolgerungen für das Gebiet zusammenfassen. Diese Dokumente können in der Folge verschiedenen Zwecken dienen:

- Dokumentation des Ist-Zustandes
- Untersuchung verschiedener Ausbauszenarien
- Entscheidungsbasis für zukünftige Vorhaben
- Planungsgrundlage für weitere Planungen
- Darstellung des derzeitigen und zukünftigen Zustandes für die Wasserrechtsbehörden
- Information für Entscheidungsträger
- Darstellung von speziellen Probleme in den Untersuchungsgebieten

2 GRUNDLAGEN

2.1 ÖWAV Regelblatt 19 – Stand der Technik (ÖWAV, 2007b)

2.1.1 GRAD DER ZIELERREICHUNG

Im Projekt OPTIMISCH wurde zur besseren Vergleichbarkeit und Veranschaulichung der Ergebnisse ein so genannter „**Grad der Zielerreichung**“ v definiert:

$$v = \frac{\eta_{\text{vorhanden}}}{\eta_{\text{soll}}}$$

mit:

$\eta_{\text{vorhanden}}$... Berechneter Wirkungsgrad der Weiterleitung

η_{soll} ... Mindestwirkungsgrad der Weiterleitung

Ist der Grad der Zielerreichung größer gleich 1,0 (100 %), so ist der berechnete Wirkungsgrad größer oder gleich dem geforderten Mindestwirkungsgrad der Weiterleitung, womit die Vorgaben des Regelblatts erfüllt sind.

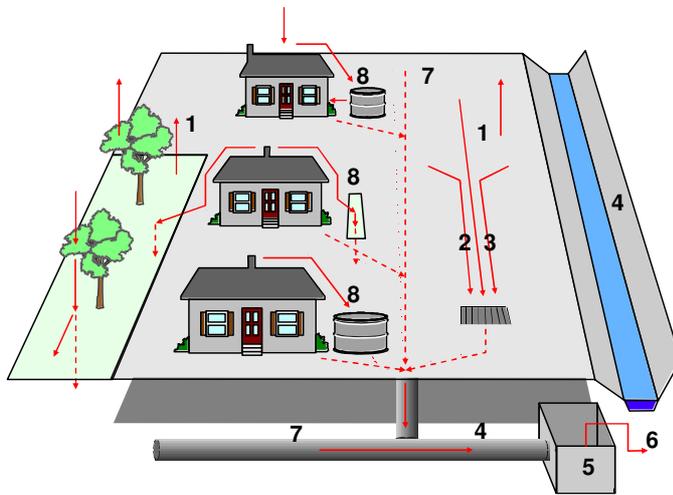
Ein Wert kleiner 1,0 bedeutet, dass der Mindestwirkungsgrad nicht erreicht wird und nach dem Regelblatt Maßnahmen im Einzugsgebiet notwendig sind.

2.2 Modellierung

Die Simulation von Wassermengen mit hydrologischen Modellen ist eine erprobte und anerkannte Technologie, die schon seit längerer Zeit in Verwendung ist. Für das Modellieren von Feststofftransportprozessen im Kanal existieren zwar ebenfalls Modelle, die Komplexität der ablaufenden Prozesse ist aber so groß, dass zuverlässige und gesicherte Ergebnisse nur schwer zu erzielen sind. Deshalb wurde im ÖWAV Regelblatt 19 ein vereinfachter Ansatz zur Anwendung gebracht, indem näherungsweise angenommen wird, dass die Konzentration der gelösten Stoffe während des gesamten Entlastungsereignisses über den ganzen Querschnitt gleichmäßig verteilt ist. Dadurch reduziert sich die Berechnung für die gelösten Stoffe auf eine Simulation der Wassermengen. Die Absetzwirkung von Mischwasserbehandlungsanlagen wird über einfache Näherungsansätze erfasst.

Im Gegensatz zur relativ gesicherten reinen Simulationsrechnung liegen für die Erhebung der Daten und die aus den Simulationsergebnissen resultierenden realen Baumaßnahmen nur wenige Erfahrungen vor. Da diese Art der Bemessungsvorgabe gänzlich neu ist und sich von den bisherigen Ansätzen unterscheidet, gibt es damit noch wenig praktische Erfahrungen.

In Abbildung 1 ist eine Übersicht der Vorgänge während eines Niederschlagsereignisses an der Oberfläche und im Kanal dargestellt. Ziel der Modellierung ist es, diese Vorgänge modelltechnisch möglichst wirklichkeitsgetreu abzubilden.



Verdunstung

1. Abflussbildung
2. Abflusskonzentration
3. Abflusstransformation
4. Abflussaufteilung
Abflussspeicherung
5. Entlastung
6. Abfluss im Kanal
7. Spezielle Prozesse

Abbildung 1: Vorgänge an der Oberfläche und im Kanal (Muschalla, 2006)

2.2.1 HYDROLOGISCH DETERMINISTISCHE MODELLE

Hydrologische Modelle erlauben es, die Abflussbildung an der Oberfläche (Umwandlung von gefallenem Niederschlag in den zum Kanal gelangenden Abfluss) und die Abflussvorgänge an der Oberfläche und im Kanal abzubilden. Dabei werden Übertragungsfunktionen verwendet, die je nach verwendetem Modell unterschiedlich komplex sein können. Der Trockenwetterabfluss kann in den Modellen über einen konstanten Abfluss oder über Tages- und Jahreganglinien mitberücksichtigt werden.

Einige Modelle erlauben auch die Betrachtung von Schmutzfrachttransportvorgängen im System. Diese ist nach ÖWAV RBI. 19 nicht erforderlich, eine Simulation der Wassermengen ist hier ausreichend.

Hydrologische Modelle erlauben die Berechnung des Abflusses im Kanalsystem und der maßgebenden Parameter für Mischwasserbauwerke (z. B. Entlastungsvolumina, Entlastungsdauer, ...). Die Stärken hydrologischer Modelle liegen in der Langzeitbetrachtung und der – gegenüber komplexeren Modellen – vergleichsweise kurzen Rechenzeiten. Dadurch eröffnen sie die Möglichkeit, eine Vielzahl von Varianten mit relativ geringem Aufwand zu simulieren und die Auswirkungen einzelner Maßnahmen auf das Systemverhalten abzuschätzen.

Da auf Grund der Anwendung von Übertragungsfunktionen in den Modellen keine detaillierte Berechnung der hydrodynamischen Abflussvorgänge erfolgt, können einige Aufgaben (z. B. Überstaunachweis) mit diesen Modellen nicht gelöst werden.

Im Rahmen der Forschungsprojekts OPTIMISCH kamen zwei hydrologisch deterministische Modelle – KOSIM (itwh, 2008) und SMUSI (Muschalla *et al.*, 2006) – zur Anwendung, die im Folgenden näher beschrieben werden.

2.2.1.1 KOSIM

Das Modell KOSIM (**K**ontinuierliches Langzeit**S**imulationsmodell) ist ein kommerzielles Programm des Instituts für technisch-wissenschaftliche Hydrologie (itwh, Hannover). Im Forschungsprojekt OPTIMISCH kam das Programm in der aktuellen Version 7.2 für die Modellierung der Untersuchungsgebiete Donnerskirchen, Ebreichsdorf und Jennersdorf zur Anwendung.

KOSIM ist ein hydrologisch deterministisches Modell, welches die maßgebenden Prozesse an der Oberfläche und im Kanalsystem abbildet und eine kontinuierliche Langzeitsimulation erlaubt. Die realen Gegebenheiten im untersuchten Gebiet werden mit Hilfe von Systemelementen nachgebildet. Dabei wird in Gebietelemente, Verbindungselemente und Speicherbauwerke unterschieden.

Der Trockenwetterabfluss wird im Modell wahlweise als Absolutwert je Gebiet oder über einen spezifischen täglichen Verbrauch (bezogen auf Einwohner oder auf die Fläche) sowie mittels Tages-, Wochen- und Jahresganglinien definiert.

Im Regenwetterfall wird der Bruttoniederschlag unter Berücksichtigung von Verdunstung, Benetzungs- und Muldenverlusten in Nettoniederschlag umgewandelt. Befestigte und unbefestigte Flächen können berücksichtigt und unterschiedlich parametrisiert werden.

Für die Abflussbildung auf undurchlässigen Flächen wird die Grenzwertmethode (Paulsen, 1987, Verworn und Kenter, 1993) verwendet. Dabei werden ein Anfangs- und ein Endabflussbeiwert definiert, wobei der Endabflussbeiwert – nach Abzug der Dauerverluste und Auffüllen der Mulden asymptotisch erreicht wird. Unbefestigte Flächen wurden im Rahmen des Projekts OPTIMISCH nicht berücksichtigt.

Die Abflusskonzentration an der Oberfläche wird über eine Linearspeicherkaskade berechnet. Für die Berechnung der Transportvorgänge im Kanal kann – je nach verfügbarer Datenlage – entweder mit reiner Translation der Abflusswelle gerechnet werden, oder bei bekannter Kanalgeometrie die Retention der Abflusswelle (Kalinin-Miljukov-Verfahren) mit berücksichtigt werden.

Für Speicherbauwerke wird das genutzte Volumen über Kennlinien, die entweder manuell eingegeben oder automatisch ermittelt werden, berechnet.

Für die kontinuierliche Simulation werden durchgehende, langjährige Niederschlagsreihen benötigt. Die Überregnung kann gleichmäßig oder – bei Verfügbarkeit von mehreren Niederschlagsmessstationen – auch räumlich verteilt berücksichtigt werden.

Für eine detaillierte Beschreibung der Berechnungsvorgänge im Modell wird auf die Modellbeschreibung (itwh, 2008) verwiesen.

2.2.1.2 SMUSI

Das Modell SMUSI (**S**ch**M**utzfracht **S**imulation) kam für das Untersuchungsgebiet Graz West in einer Forschungsversion der Version 5.0 zur Anwendung. Das Modell wurde an der Technischen Universität Darmstadt entwickelt.

SMUSI ist ein hydrologisch deterministisches Modell, welches die maßgebenden Prozesse an der Oberfläche und im Kanalsystem abbildet und eine kontinuierliche Langzeitsimulation erlaubt. In SMUSI wird das untersuchte Einzugsgebiet durch Einzelelemente (Teileinzugsgebiete, Sammler und Sonderbauwerke - beispielsweise Becken, Mischwasserüberläufen und Verzweigungen) abgebildet. Das Niederschlags-Abfluss-Modell SMUSI simuliert die Abflussbildung und Abflusskonzentration in den einzelnen Teileinzugsgebieten unter Annahme einer diskreten Niederschlagsverteilung. Danach wird die Translation und Retention der Abflusswelle in den Sammlern und Sonderbauwerken berechnet (Kalinin-Miljukov-Verfahren).

Für versiegelte Flächen wird (nach Abzug des Anfangsverlustes) ein Abflussbeiwert von $\Psi = 1$ angesetzt. Die Abflussbildung auf unversiegelten Flächen wird mit Hilfe des SCS-Verfahrens (US-SCS, 1964, 1972), in welchem ein Vorperioden abhängiger Anfangsverlust angesetzt wird, berechnet. Die Abflusskonzentration der kanalisierten Teileinzugsgebiete wird durch zwei parallele Linearspeicherkaskaden abgebildet, welche zum einen die schnell entwässernden und zum anderen die langsam entwässernden Flächenanteile repräsentieren.

Der Trockenwetterabfluss wird im Modell über einen spezifischen täglichen Verbrauch ($I/E.d$) und Tagesganglinien definiert.

Für eine detaillierte Beschreibung der Berechnungsvorgänge im Modell wird auf die Modellbeschreibung (Muschalla *et al.*, 2006) verwiesen.

2.2.2 DATENERFORDERNIS

Um die realen Systeme in den Modellen abbilden zu können, sind einige Eingangsdaten für die Modelle erforderlich. Für die Modellerstellung sind topographische Grundlagendaten erforderlich. Messdaten werden für die Berechnungen und die Modellkalibrierungen benötigt.

Als erforderliche Grundlagendaten können angeführt werden:

- Teileinzugsgebiete:
 - Entwässerungssystem (Misch- oder Trennsystem).
 - Bei Mischsystemen: an den Kanal angeschlossene Flächen (versiegelt und nicht versiegelt).
 - Anzahl der Einwohner.
 - Längster Fließweg / Fließzeit an der Oberfläche und in den Nebensammlern im Teileinzugsgebiet.
- Kanalnetz
 - Lage, Länge und, wenn vorhanden, Geometrieinformationen der Hauptsammler.
 - Verzweigungen, wenn im Netz vorhanden.
- Bauwerke

- Bei Mischwasserüberläufen: Drosselcharakteristik, Schwellenhöhe über Tiefpunkt, Wehrlänge.
- Bei Bauwerken mit Speicherfunktion: Aktivierbares Volumen, wenn vorhanden mit Kennlinie, Typ des Bauwerks (z. B. Fangbecken, Speicherkanal ...)
- Für Pumpwerke: Förderleistung
- Einzeleinleiter
 - eingeleitete Mengen. Sollten nur Konsensmengen vorliegen, ist zu bedenken, dass diese die Obergrenze der erlaubten Einleitung darstellen und zu meist nicht 24 h/d durchgehend eingeleitet werden.

Für die Berechnungen erforderliche Messdaten sind

- Niederschlagsdaten in ausreichender Auflösung. In hydrologischen Modellen werden meist Daten in 5-Minuten Schritten verwendet. Bei einer niedrigeren Auflösung (z. B. Stundenwerte) können die relativ schnellen Abflussprozesse nicht im Detail nachgebildet werden.

In der Kalibrierung können zur Anwendung kommen:

- Höhenstandsmessungen (in Kanälen, an Entlastungsbauwerkern)
- Abflussmessungen
- Daten aus Pumpwerken
- Zulaufmessung auf der Abwasserreinigungsanlage (ARA)

Wichtig für die Kalibrierung ist, dass alle Messdaten zum Abflussgeschehen zeitgleich und in ausreichender Auflösung – für hydrologische Modelle im Idealfall in 5-Minuten Schritten – mit den Niederschlagsdaten im Einzugsgebiet zur Verfügung stehen.

2.2.3 MODELLKALIBRIERUNG UND VALIDIERUNG

Als Kalibrierung wird im ÖWAV RBI. 19 die Anpassung der Modellparameter durch den Vergleich von berechnetem und realem Systemverhalten bezeichnet.

Abweichungen zwischen dem prognostizierten (berechneten) und realem (beobachtetem) Modellverhalten sind aus mehreren Gründen unvermeidbar: Die den Berechnungen zugrunde liegenden Modellvorstellungen sind vereinfachte physikalische Vorgänge. Die Modellparameter sind oft durch Messungen oder Erhebungen nicht exakt bestimmbar (z. B. angeschlossene Flächen), Daten sind oft nicht in ausreichendem Umfang vorhanden oder erhoben.

Die Kalibrierung kann entweder anhand von Jahresreihen oder mit Einzelereignissen erfolgen. Folgende Mindestanforderungen für die Kalibrierung werden im ÖWAV Regelblatt 19 vorgegeben:

Tabelle 1: Anforderungen an die Kalibrierung

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

Für die im Projekt OPTIMISCH kalibrierten Modelle der Untersuchungsgebiete Donnerskirchen, Ebreichsdorf und Jennersdorf waren auf Grund der sehr unterschiedlichen Datenlage abweichende Randbedingungen für die Kalibrierung vorhanden. Die Kalibrierung dieser Modelle erfolgte „von Hand“ (manuelle Anpassung der Parameter) durch optischen Vergleich der gemessenen und berechneten Ganglinien und/oder am rechnerischen Vergleich gemessener und simulierter Jahresfrachten (z. B.: Zulauf zur Kläranlage).

Auf die Kalibrierung der einzelnen Untersuchungsgebiete wird in der Detailbeschreibung der Gebiete eingegangen.

Das Untersuchungsgebiet Graz West nimmt in der Kalibrierung eine Sonderstellung ein. Hier kam ein Optimierungsalgorithmus basierend auf evolutionären Strategien (Muschalla, 2006) für eine automatisierte Kalibrierung zur Anwendung (siehe nächster Abschnitt).

2.2.3.1 Auto-Kalibrierungsalgorithmus

Bei der automatisierten Kalibrierung werden die Modellparameter über Optimierungsalgorithmen automatisch durch Minimierung oder Maximierung einer mathematischen Funktion (Zielfunktion) angepasst. Die resultierenden Parametersätze sind optimiert in Hinblick auf die gewählte Zielfunktion. Dadurch kommt der Wahl der Zielfunktion eine maßgebende Bedeutung für die Güte der Ergebnisse zu.

Eine Vielzahl unterschiedlicher Ansätze von Optimierungsalgorithmen werden für automatisierte Kalibrierungen angewendet (z. B. Monte Carlo Ansätze, Genetische Algorithmen, Evolutionsstrategien, ...). Für die Kalibrierung des SMUSI-Modells des Einzugsgebiet Graz wurde ein Autokalibrierungsansatz basierend auf Evolutionäre Algorithmen gewählt, der direkt mit dem Modell koppelbar ist. Der verwendete Algorithmus wurde an der TU Darmstadt entwickelt (Muschalla, 2006). Evolutionäre Algorithmen setzen keine Stetigkeit der Zielfunktion voraus. Daher sind sie zur modellbasierten Optimierung geeignet. Der eingesetzte Algorithmus erlaubt neben der

Optimierung auf eine Zielfunktion auch die gleichzeitige multikriterielle Optimierung der Modellparameter auf unterschiedliche Zielfunktionen.

Evolutionäre Algorithmen ahmen evolutionäre Prinzipien nach, um optimale Lösungen zu suchen. Dabei kommen Prozesse der Mutation und Rekombination der „Gene“ (Parametervektoren) zur Anwendung. Der vorliegende Algorithmus berücksichtigt stochastische Abweichungen und Selbstadaption der Parameter. Die Klassifizierung der Lösungen basiert auf dem Konzept der Pareto-Optimalität (Deb, 2001). Dabei werden die Lösungen einer Generation in dominierte und nicht-dominierte Lösungen eingeteilt. Lösungen werden als nicht-dominiert oder Pareto optimal bezeichnet, wenn sie unter Berücksichtigung aller Zielfunktionen besser als alle anderen möglichen Lösungen im Lösungsraum sind. In Abbildung 2 ist das Ergebnis einer Optimierung auf zwei Zielfunktionen dargestellt. Die grünen Punkte sind alle in der Optimierung bestimmten Pareto-Optimalen Lösungen (Paretofront). Die zwei Randpunkte stellen jeweils den optimierten Parametersatz für die jeweilige Zielfunktion dar. Eine optimale Kompromisslösung wird über Berechnung des minimalen Abstands zum Idealen Punkt (Schnittpunkt der beiden Randoptima) ermittelt.

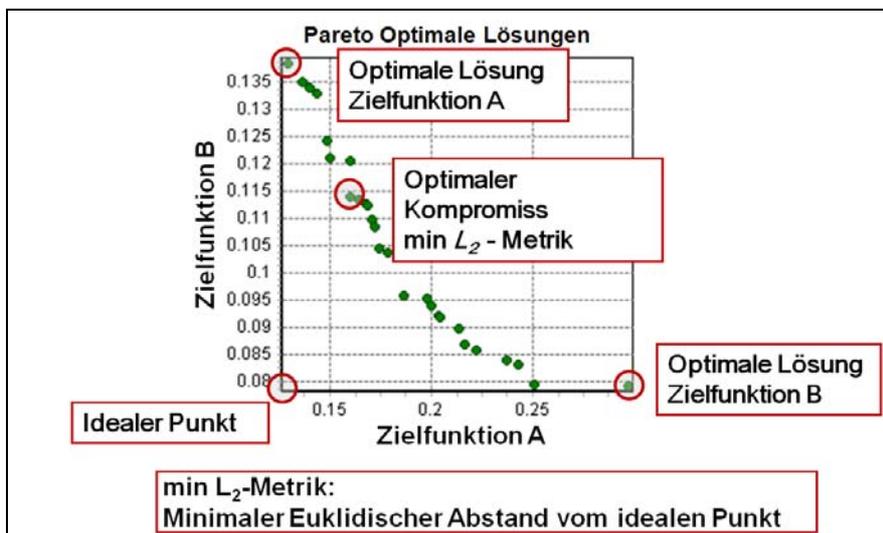


Abbildung 2: Pareto optimale Lösungen bei zwei Zielfunktionen (Paretofront)

Im Rahmen des Projekts OPTIMISCH kamen folgende Zielfunktionen in der Autokalibrierung zum Einsatz:

- Volumsfehler: Differenz zwischen simuliertem und gemessenem kumuliertem Volumen im Kalibrierungszeitraum über alle betrachteten Zeitschritte.
- Gütemaß E nach Nash-Sutcliffe (Nash und Sutcliffe, 1970): Das Gütemaß nach Nash-Sutcliffe ist ein objektives Maß der Qualität der Anpassung der simulierten an gemessene Ganglinien. Es errechnet sich aus der Formel:

$$E = 1 - \frac{\sum_{t=1}^T (Q_0^t - Q_m^t)^2}{\sum_{t=1}^T (Q_0^t - \bar{Q}_0)^2}$$

mit:	Q_0	...	beobachteter (gemessener) Abfluss bzw. Wert
	Q_m	...	modellierter Abfluss bzw. Wert
	\bar{Q}_0	...	Mittelwert der beobachteten Abflüsse bzw. Werte im Beobachtungszeitraum
	E	...	Gütemaß, wobei $-\infty \leq E \leq 1$

Ein Gütemaß von 1 bedeutet, dass alle betrachteten Werte von Messung und Simulation übereinstimmen. Ein Gütemaß von 0 bedeutet, dass die Modellergebnisse nicht mehr Aussage liefern, als wenn anstatt einer Ganglinie der Mittelwert für die Simulation verwendet werden würde.

- Entlastungsdauer und Häufigkeit: Differenz zwischen simulierter und gemessener kumulierter Entlastungsdauer und Entlastungshäufigkeit über alle betrachteten Zeitschritte.

2.2.4 MODELLERGEBNISSE

Als Ergebnisse liefern die hydrologisch deterministischen Modelle in der Regel Abflussganglinien für die einzelnen Systemelemente (Einzugsgebiete, Sammler, Bauwerke) und Summenwerte zu Niederschlag, Abflussbildung, Abflüssen und Entlastungsparameter (bei der Langzeitsimulation meist auf ein Jahr bezogen).

2.2.5 UNSICHERHEITEN IN DER MODELLIERUNG

In der Modellierung wird versucht, real beobachtete Vorgänge (Messungen) mit Hilfe von Modellansätzen abzubilden. Dabei werden sowohl die Eingangsdaten für die Modelle (Grundlagendaten, Messdaten) wie auch die beobachteten Vorgänge (Messdaten) einen gewissen Grad von Unsicherheiten aufweisen, sei es durch die Messsysteme selbst oder durch die Erhebung etc.. Auch die Vereinfachungen in den physikalischen Modellansätzen sind eine Quelle für Unsicherheiten.

Ein Ziel im Projekt OPTIMISCH war es darzustellen, welche Parameter in der Modellierung die größten Auswirkungen auf den berechneten Wirkungsgrad der Weiterleitung haben und deshalb mit besonderer Sorgfalt zu erheben bzw. zu überprüfen sind.

2.2.6 BERECHNUNG DES VORHANDENEN WIRKUNGSGRADS DER WEITERLEITUNG

Bei den im Projekt OPTIMISCH verwendeten Modellen KOSIM und SMUSI wurde der Wirkungsgrad der Weiterleitung aus den Summenwerten von Regenabfluss und Entlastungsmenge im Gesamtsystem errechnet. Für die Berechnung des Sedimentationswirkungsgrads wurde je nach Art des vorhandenen Speichervolumens ein eigener Sedimentationswirkungsgrad entsprechend dem ÖWAV RBI. 19 definiert (vgl. Kapitel 2.1). Eine direkte Berechnung der Wirkungsgrade der Weiterleitung nach ÖWAV RBI. 19 ist z. B. im Modell KAREN (Rauch und Kinzel, 2007) möglich. Dieses Modell kam im Projekt OPTIMISCH nicht zum Einsatz.

3 UNTERSUCHUNGSGEBIET DONNERSKIRCHEN

3.1 Allgemeine Beschreibung

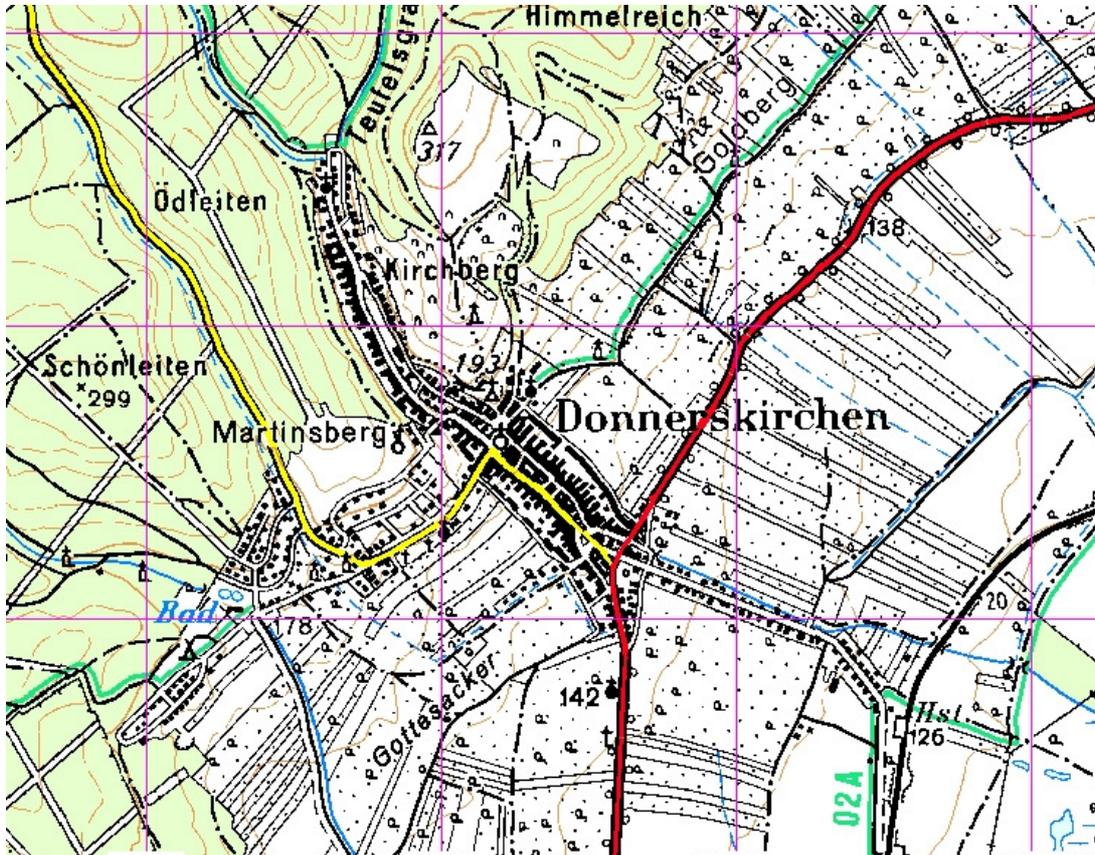


Abbildung 3: Übersichtskarte Donnerskirchen

Die Marktgemeinde Donnerskirchen im Burgenland liegt am Südhang des Leithagebirges und erstreckt sich bis zum Neusiedler See. Die Marktgemeinde betreibt eine Abwasserbeseitigungsanlage, die ursprünglich im Mischsystem errichtet wurde. Kanalnetzerweiterungen wurden, wenn technisch möglich, im Trennsystem ausgeführt.

Das Mischsystem wird über 4 Mischwasserüberläufe entlastet, wobei etwa die Hälfte des gesamten Einzugsgebietes am RÜ4 entlastet. Am RÜ1 (Tiefpunkt der Gesamtanlage beim Übernahmehauwerk des RHV Region Neusiedlersee – Westufer) wird das entlastete Mischwasser im ersten Schritt in ein Fangbecken weitergeleitet. Nach Vollfüllung dieses Beckens springt ein Überlauf an und die Mehrmengen werden in das Regenklärbecken geleitet. Nach Vollfüllung dieses Beckens wird mechanisch vorgeklärtes Abwasser über einen Klärüberlauf in den Vorfluter abgeschlagen. Wird die maximal zulässige Überlaufmenge am Klärüberlauf überschritten, springt zusätzlich auch noch ein Notüberlauf an und entlastet direkt in den Vorflutgraben, der in weiterer Folge in den Neusiedlersee mündet.

Das am RÜ1 weitergeleitete Abwasser wird in einen Pumpensumpf (ÜBW Donnerskirchen) geleitet und von dort gemeinsam mit dem Abwasser aus Purbach zur Verbandskläranlage des RHV Region Neusiedlersee – Westufer nach Schützen gepumpt.

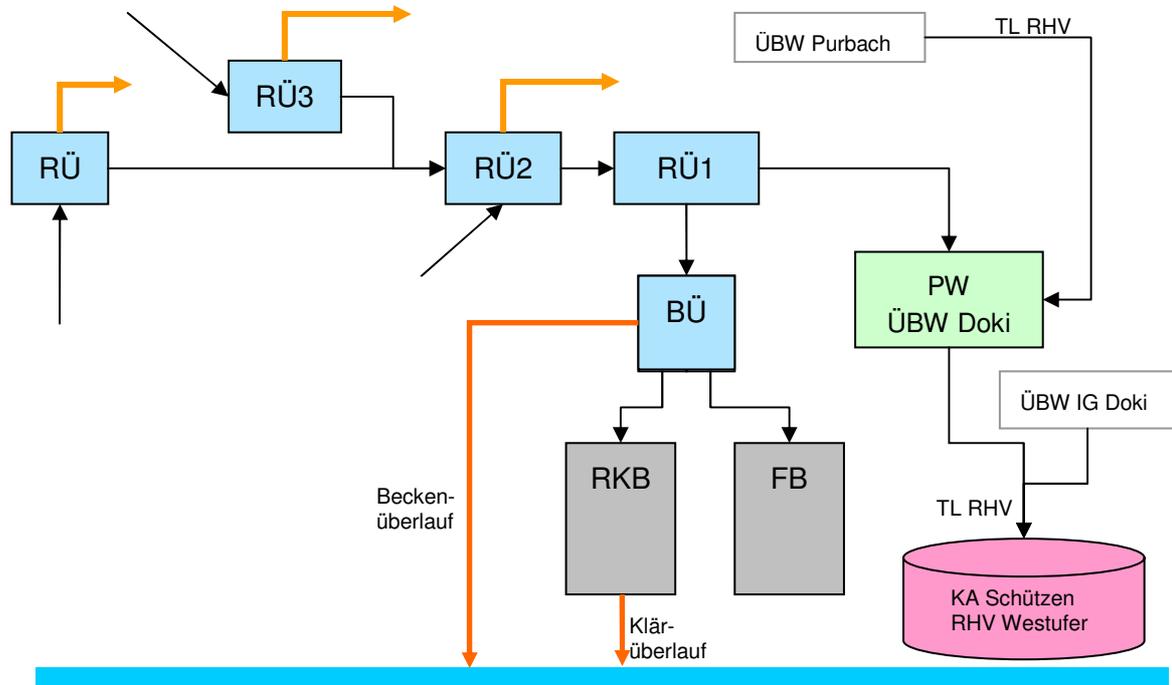


Abbildung 4: Fließschema Donnerskirchen

3.2 Projektumfang und -ziele

Die Marktgemeinde Donnerskirchen hat bis 2000 eine eigene kleine Kläranlage betrieben. Im Jahr 1999 wurde der Beschluss gefasst, dem Reinhaltungsverband Neusiedlersee Westufer beizutreten. Wie in allen RHV Mitgliedsgemeinden wurde die bestehende alte Kläranlage für die Mischwasserbehandlung genutzt. So wurde das im Jahr 1991 erstellte, jedoch bislang nicht umgesetzte, generelle Projekt zur Anpassung der Mischwasserbehandlung im Jahr 1999 überarbeitet und in den Bereichen der alten Ortskläranlage umgesetzt.

Nach den Bemessungskriterien des alten Regelblattes 19 stand durch die Nutzung der alten Kläranlage somit für die Einzugsgebiete der Regenentlastungen 1 und 2 viel zu viel Speichervolumen zur Verfügung. Für die Einzugsgebiete der Regenentlastungen 3 und 4 ergibt sich andererseits das zusätzliche Erfordernis der Errichtung von Mischwasserspeicheranlagen mit einem Volumen von 440 m³. Erschwerend kommt hinzu, dass speziell für das Einzugsgebiet 4 die Errichtung dieser Mischwasserbehandlung in einer stark frequentierten Bundesstraße zu liegen kommt, was sich sowohl für den Bau als auch für den Betrieb und die laufend erforderliche Wartung sehr ungünstig darstellt.

Im Jahr 2005 wurde auf Basis des ersten Entwurfes des neuen Regelblattes 19 eine nochmalige Überrechnung der Mischwasserbehandlung für Donnerskirchen durchgeführt. Mit den 2005 zur Verfügung gestandenen Daten und Berechnungsansätzen gelang der rechnerische Nachweis,

dass unter Betrachtung des Gesamtgebietes mit geringen Anpassungen das Speichervolumen im Bereich der Kläranlage genutzt und eine zusätzliche Mischwasserbehandlung im Bereich RÜ 3 und RÜ 4 vermieden werden kann.

Das gegenständliche Forschungsprojekt soll das Ergebnis der Überrechnung 2005 durch Messungen und Simulationen absichern bzw. die Berechnungen entsprechend dem neuen Stand der Technik gemäß dem ÖWAV Regelblatt 19 (2007) verifizieren.

Die wesentlichen Arbeitsschritte dafür waren:

- Durchführung einer Messkampagne zur Gewinnung von Kalibrierungsdaten
- Erstellung eines hydrologischen Abflussmodells
- Kalibrierung des Modells
- Berechnung des Weiterleitungswirkungsgrades nach Regelblatt 19
- Vergleich verschiedener Ausführungsvarianten
- Festlegung zukünftiger Maßnahmen
- Schaffung von Grundlagen für die wasserrechtliche Beurteilung

3.3 Berechneter Mindestwirkungsgrad der Weiterleitung nach ÖWAV Regelblatt 19 (2007)

3.3.1 BESTIMMUNG DER MASSGEBLICHEN REGENSPENDE $r_{720,1}$

Für die Simulationsrechnungen wurde die Niederschlagsreihe 07704 Eisenstadt-Nordost aus der Niederschlagsdatenbank NIEDA (hydro-IT, 2007) herangezogen. Die Reihe umfasst den Zeitraum von 01.01.1992 bis 31.12.2006, das sind 15 Jahre. Der Niederschlag $r_{720,1}$ beträgt 37,5 mm/12 h. Donnerskirchen liegt ca. 10 km nordöstlich des Stadtzentrums von Eisenstadt in einer topografisch sehr ähnlichen Lage am Fuße des Leithagebirges. Die Werte sind daher für das Einzugsgebiet repräsentativ und die vorliegende Reihe ist mit 24 Jahren ausreichend lang.

3.3.2 AUSBAUGRÖSSE DER KLÄRANLAGE

Für Abwasserverbände gilt nach ÖWAV RBI. 19, Absatz 4.2.3 b:

„Bei Abwasserverbänden mit mehreren (kleinen) Ortschaften und einer zentralen Kläranlage ist es sinnvoll, den geforderten Mindestwirkungsgrad nicht anhand des Bemessungswerts der zentralen Kläranlage sondern anhand des Bemessungswerts (EW) der größten, zumindest teilweise im Mischsystem entwässerten Gemeinde im Einzugsgebiet der Kläranlage festzulegen“.

Die Kläranlage RHV Region Neusiedler See Westufer ist für eine Ausbaugröße von 66.500 EW ausgelegt. Donnerskirchen hat daran einen Anteil von 9,62 %, das sind 6.400 EW. Die größere angeschlossene Gemeinde ist Rust mit 17,18 %, das sind 11.427 EW. Dieser Wert wird für die Berechnung des erforderlichen Wirkungsgrades herangezogen.

3.3.3 BERÜCKSICHTIGUNG ANGESCHLOSSENER GEBIETE MIT TRENNKANALISATION

Wenn Gebiete mit Trennkanalisation an die Mischwasserkanalisation angeschlossen sind gilt nach ÖWAV RBI. 19, Absatz 4.1.3:

„Ist an die Mischkanalisation ein Teileinzugsgebiet mit Trennkanalisation angeschlossen, so ist der [...] ermittelte Mindestwirkungsgrad der Weiterleitung [...] um

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

maximal aber auf 65 % für gelöste Stoffe sowie 80 % für AFS zu erhöhen ...“.

Einige Teilgebiete des Ortsnetzes Donnerskirchen werden im Trennsystem entwässert. Für den Bestand ergibt sich daraus eine Erhöhung des Mindestwirkungsgrades der Weiterleitung von

$$\eta = 5 \cdot \frac{330}{1.970} = 0,8 \%$$

Für das Bestandsnetz wurde folgender Weiterleitungswirkungsgrad ermittelt:

		Soll	Ist	Δ
Wirkungsgrad gelöste Stoffe	η_R :	48,4	74,3	153,3
Wirkungsgrad abfiltrierbare Stoffe	η_{AFS} :	63,4	81,2	128,0

Berechnet mit der 24-jährigen Regenserie der Station Eisenstadt-Nordost ergibt die Simulationsberechnung für den derzeitigen Ausbauzustand folgende mittlere Jahresmengen:

- gesamter Regenabfluss ca. 103.000 m³/a
- Entlastungsmenge: ca. 27.500 m³/a
 - davon direkt ca. 12.500 m³/a
 - davon über Klärüberlauf ca. 15.000 m³/a

3.4 Grundlagendaten

Für das Ortsgebiet liegt ein einfacher digitaler Bestandslageplan (ohne Höhenkoten, erstellt auf Basis von „Bewag- Daten“) des Kanalnetzes vor. Im Zuge des gegenständlichen Forschungsprojektes wurde der Hauptsammler ab RÜ 4 höhenmäßig eingemessen. Die vorhandenen Regenüberlaufbauwerke 2, 3 und 4 wurden nachkontrolliert und der Bestand zeichnerisch digital erfasst und inkl. Fotodokumentation festgehalten. Im Bereich der alten Klaranlage (Übernahmebauwerk Donnerskirchen) liegen digitale Bestandspläne Stand 2001 auf.

Die für das gegenständliche Forschungsprojekt erforderlichen Einzugs- und Abflussflächen wurden an Hand der zuvor beschriebenen Unterlagen und der Luftbildunterlagen digitalen Katastermappe von Donnerskirchen berechnet.

3.5 Messkampagne

3.5.1 ALLGEMEINES

Zur Gewinnung von Messdaten wurde im Zeitraum vom 4. März bis 2. Juli 2008 eine Messkampagne mit mobilen Messgeräten im Ortsgebiet durchgeführt. Da nur eine begrenzte Menge an Messgeräten zur Verfügung stand, wurden einige Geräte nacheinander an mehreren Punkten verwendet.

3.5.2 NIEDERSCHLAG

Zur Messung des Niederschlags wurden akkubetriebene Niederschlagswippen eingesetzt, die an geschützten Standorten aufgestellt wurden. Zu Kontrollzwecken wurden zusätzlich an jedem Standort einfache Messbehälter für die Niederschlagssumme aufgestellt, die im Rahmen der laufenden Wartung abgelesen und entleert wurden.

Aufgrund der topografisch sehr unterschiedlichen Situation innerhalb des Ortsgebietes (Übergang vom Leithagebirge zur Ebene) und der daraus resultierenden unterschiedlichen Niederschlagscharakteristiken wurden 2 unabhängige Niederschlagsmesssysteme vorgesehen.

Die Niederschlagsmessung 01 wurde im Ortszentrum in der Nähe des Gemeindeamtes aufgestellt. Die Station 02 wurde am Gelände des Übernahmehauwerkes im eingezäunten Bereich des Reinhaltverbandes errichtet.

Zu Kontrollzwecken wurden an beiden Standorten einfache Messbehälter für die Niederschlagssumme aufgestellt, die im Rahmen der Wartung abgelesen und entleert wurden.

3.5.3 ABFLUSS- UND HÖHENSTANDSMESSUNGEN

Um das Abflussgeschehen im Kanal beurteilen zu können, wurden an ausgewählten Punkten Messgeräte eingebaut.

Der Abfluss im Kanal wurde nach dem RÜ4 und vor dem Pumpwerk gemessen. Dadurch kann auf die beiden Teileinzugsgebiete oberhalb und unterhalb des RÜ4 geschlossen werden.

Um auch bei Entlastungsereignissen eine Abflussbilanz erstellen zu können, wurde die Entlastungsmenge im RÜ4 ebenfalls gemessen. Die am RÜ1 entlastete Menge wird über die Pegelstände in den Becken mit Hilfe von Volumenkenlinien ermittelt. Für die Entlastung über den Klärüberlauf existiert eine Messung, die über die Überfallhöhe den Abfluss errechnet. Der sehr selten anspringende Notüberlauf wird über eine Pegelmessung im Schacht des Beckenüberlaufs erfasst. Aufgrund des Pegelstandes kann die Überlaufdauer bestimmt werden. Die Überlaufmenge kann über die Überfallhöhe grob ermittelt werden.

Zur weiteren Verdichtung der Daten wurde unterhalb der Mischwasserüberläufe RÜ 2 und RÜ 3 der Drosselabfluss gemessen.

Folgende Messpunkte wurden mit mobilen Messgeräten erfasst:

MP	Bezeichnung	Kanaldimension	Messgröße	Herkunft
13	Pegel BÜ	DN 600	H	Donnerskirchen
14	Zufluss PW	DN 300	Q,V,H	Miete
20	Drossel RÜ4	DN 300	Q,V,H	Miete
21	Überlauf RÜ4	DN 800	Q,V,H	Miete
22	Drossel RÜ2	DN 400	Q,V,H	Miete
24	Drossel RÜ3	DN 300	Q,V,H	Miete

Weiters wurden Daten von einigen stationär eingebauten Messungen für die Kalibrierung herangezogen. Diese Daten werden auf die Kläranlage RHV Neusiedlersee-Westufer übertragen und dort aufgezeichnet.

MP	Bezeichnung	Bauwerk	Messgröße	Herkunft
10	Pegel 1 RKB	Becken	H	Bestand RHV
11	Pegel 2 RKB	Becken	H	Bestand RHV
12	Pegel FB	Becken	H	Bestand RHV
15	PW Donnerskirchen	Pumpensumpf	H	Bestand RHV
16	PL TKL Nord	PEHD di 443	Q	Bestand RHV

In das Pumpwerk Donnerskirchen mündet die Druckleitung aus Purbach. Die gepumpte Menge wird extra gemessen und im Leitsystem der Verbandskläranlage von der Zulaufmessung Donnerskirchen abgezogen.

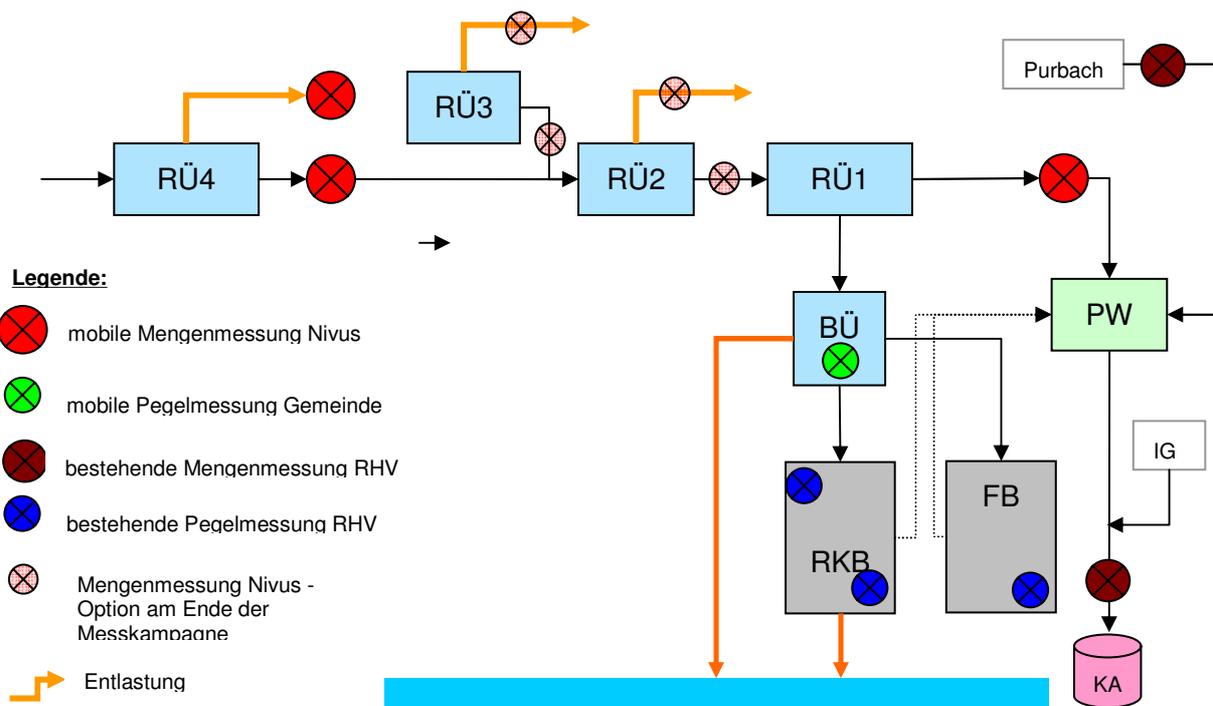


Abbildung 5: Messpunkte Donnerskirchen

3.5.4 MESSDATEN REINHALTUNGSVERBAND RHV NSW

Für den Zulauf der Transportleitung aus Donnerskirchen zur Kläranlage existiert eine Mengenummessung mittels MID. Für die Transportleitung aus Purbach, die in das Pumpwerk Donnerskirchen einleitet, existiert ebenfalls eine Mengenummessung.

In den beiden Mischwasserüberlaufbecken gibt es Ultraschall-Wasserstandsmessungen, beim Regenklärbecken noch eine zusätzliche Wasserstandsmessung beim Klärüberlauf, mit der die Überfallhöhe bestimmt und die Überlaufmenge errechnet wird.

Die Daten werden in das Leitsystem der Kläranlage übertragen und dort gespeichert. Sie wurden für den Messzeitraum (März-Juni) vom Reinhaltverband digital zur Verfügung gestellt. Bei den Daten vom Juni ist jedoch aus unbekanntem Gründen nur das Datum und nicht die Uhrzeit vorhanden. Deshalb sind diese Daten nur bedingt verwendbar.

Von den Mengenummessungen liegen aufsummierte Werte in 15min-Auflösung vor, die etwa um Mitternacht auf 0 zurückgesetzt werden. Aufgrund der zeitlichen Verschiebungen im Abfluss bei den beiden Messungen und der geringen Auflösungen kann aus den vorliegenden Daten keine exakte Mengenganglinie für den Abfluss von Donnerskirchen zur Kläranlage ermittelt werden.

3.5.5 MESSGERÄTE

Zur Kalibrierung der Entwässerungssysteme werden in Donnerskirchen und Ebreichsdorf Niederschlags-, Wasserstands- und Durchflussmessungen durchgeführt. Für die Dauer der Messkampagne wurden die folgenden Messgeräte angemietet:

Für die Messung des Niederschlages wurden Niederschlagswippen angemietet. Die Datenaufzeichnung erfolgte über einen Datenlogger, die Datenauslesung über Speicherkarten. Die Energieversorgung erfolgte mit Akkus.



Abbildung 6: Niederschlagsmessstation

Für die Abflussmessungen wurden bei kleineren Profilen Durchflussmessgeräte PCM Pro der Fa. Nivus angemietet. Diese Messsonden werden mit einer Spannvorrichtung im Kanal montiert und messen die Fließgeschwindigkeit mit Ultraschall und den Wasserstand entweder mit Ultraschall oder einer integrierten Drucksonde.



Abbildung 7: Mengenmessung NIVUS

Die Messpunkte wurden so gewählt, dass das Abflussgeschehen zwar so genau wie möglich erfasst werden kann, der Mess- und Auswerteaufwand aber möglichst gering bleibt.

Der Einbau erfolgt durch das Optimisch-Projektteam gemeinsam mit der Gemeinde Donnerskirchen. Die Wartungsmaßnahmen wurden in einem Protokoll dokumentiert.

Folgende Geräte wurden für die Messkampagne Donnerskirchen verwendet

Bezeichnung	Firma	Anzahl	Herkunft	Daten	Energie
Niederschlag	Nivus	2	Miete	Laptop	Akku
PCM Pro Menge	Nivus	2	Miete	Speicherkarte	Akku
Drucksonde	Seba	1	Gemeinde	Laptop	Batterie

3.5.6 MESSBETRIEB

3.5.6.1 Allgemeines

Die Geräte wurden von den Mitarbeitern der Büros Bichler&Kolbe und Flamisch gemeinsam mit Mitarbeitern der Gemeinde Donnerskirchen eingebaut und in Betrieb genommen. Die Auslesung und Wartung erfolgte durch die gleichen Personen. Das Wartungsintervall betrug grundsätzlich 2 Wochen. Vor allem in den Anfangsphasen waren aber häufigere Besuche erforderlich, da noch Schwierigkeiten mit den Messgeräten und der Messstelle auftraten. Erst nachdem Gerät,

Geräteeinstellung und Messstelle in einem optimalen Zustand waren, war ein zweiwöchiger Wartungsrythmus möglich, was aber selten der Fall war.

Vereinzelt traten Probleme mit den gemieteten Geräten auf. Diese konnten in Zusammenarbeit mit den Gerätelieferanten jeweils kurzfristig behoben werden, indem meist eine Komponente ausgetauscht wurde.

Sämtliche Arbeitsschritte (Einbau, Einstellung, Änderungen, Tausch von Komponenten usw.) wurden in Protokollen festgehalten. Als Zeiteinstellung wurde MEZ ohne Umstellung auf Sommerzeit gewählt.

3.5.6.2 Geräte

Die Mengemessgeräte Nivus PCM Pro verfügen über eine Sonde, die mit Hilfe eines verstellbaren Spannringes am Boden befestigt werden. Der Einbau ist bei kleineren Durchmessern relativ einfach möglich. Aufgrund der Lage in der Sohle kann es aber an der Sonde und mehr noch am zuführenden Kabel sehr leicht zu Verzopfungen kommen. Im Extremfall kann dadurch sogar Rückstau im Kanal auftreten, wodurch die Messergebnisse verfälscht werden. Die Auslesung erfolgt über eine Speicherkarte, was besonders bei ungünstiger Witterung komfortabler als eine Auslesung mit Laptop ist. Bis zu einem Wasserstand von 65 mm ist mit der Kombisonde keine Geschwindigkeitsmessung möglich. Standardmäßig wird in diesem Bereich herstellerseitig mit Hilfe einer Q-h-Beziehung, die aus den vorangegangenen Messdaten errechnet wird, die Durchflussmenge nur rechnerisch ermittelt. Da diese Umrechnung nicht gut nachvollziehbar ist und sich durch neue Messdaten auch ändern kann, wurde diese Funktion im Verlauf der Messungen deaktiviert.

Mit der von der Gemeinde Donnerskirchen zur Verfügung gestellten Druckmessung konnte der Wasserstand im Beckenüberlauf des Fangbeckens relativ zuverlässig gemessen werden.

Die Niederschlagsmessungen wurden per Laptop ausgelesen. Dazu war eine umständliche Konfiguration der Datenschnittstelle erforderlich, die bei manchen Ausleseversuchen zu Problemen führte. Zu Beginn konnte eine der beiden Messungen nicht in Betrieb genommen werden. Der Datenlogger musste ausgetauscht werden. Später kam es für einige Zeit zu einem Messausfall, der vermutlich durch eine Verschmutzung des Auffangtrichters verursacht wurde.

Zusätzlich zu den beiden Niederschlagswippen mit Datensammler wurde bei einer der beiden Messstandorte eine sehr einfache Niederschlagswippe aufgestellt. An diesem Gerät wurde der aufsummierte Niederschlag abgelesen und mit den gemessenen Daten verglichen. Anfangs kam es zu großen Abweichungen, weil diese Messung aus einem leichten Kunststofftrichter besteht, der bei ungünstiger Aufstellung alleine durch den Wind Zählimpulse erzeugt. Nach Änderung der Aufstellung war eine grundsätzliche Überprüfung der Messdaten damit jedoch möglich. Die damit erzielbare Messgenauigkeit war jedoch zu gering. Es konnte damit lediglich festgestellt werden, ob die Hauptmessung bei einem Ereignis funktionsfähig war.

Als weitere Überprüfungsmaßnahme wurde ein Niederschlagstrichter aufgestellt, der bei jeder Auslesung abgelesen und entleert wurde. Damit war ebenfalls eine grundsätzliche Überprüfung der Hauptmessung möglich.

3.5.6.3 Messpunkte

Der Messpunkt MP14 war nach dem RÜ1 im Zulaufkanal zum Pumpwerk situiert. Hier kam es öfters zu Verzopfungen, die die Messungen vorübergehend beeinträchtigten. Bei großem Wasserandrang erfolgte hier offenbar ein Rückstau vom Pumpwerk zur Messstelle.

Der Messpunkt MP20 war eine Haltungslänge nach dem RÜ4 situiert und sollte den Drosselabfluss messen. Da die Messergebnisse nicht zufriedenstellend waren, wurde zuerst versucht, den Wasserstand mit einem Staublech zu erhöhen. Das Staublech bewährte sich jedoch nicht, weil es als zusätzliches Hindernis wirkte und zu Verzopfungen führte. Eine genauere Untersuchung der Messstelle ergab schließlich, dass ca. 5 m vor dem Schacht das Kanalfälle mit einem Knick von ca. 90 ‰ auf wenige ‰ übergeht. Dadurch werden so ungünstige hydraulische Bedingungen erzeugt, dass eine seriöse Messung an dieser Stelle nicht möglich ist. Schließlich wurde an dieser Stelle für drei Wochen ein Messgerät der Firma Zangenberg (Eigentümer TU Graz) eingesetzt. Dieses Gerät besteht aus einem 90°-Rohrbogen, der für die erforderliche Völlfüllung im Messquerschnitt sorgt, einem magnetisch induktiven Durchflussmesser und einem Datenlogger. Damit konnte an dieser Stelle die Abflussmenge gut ermittelt werden. Bedauerlicherweise konnte jedoch damit auch nur der Beginn eines stärkeren Regenereignisses erfasst werden, da bei diesem die Elektronik des Messsystems durch eindringendes Abwasser defekt ging.

Am Messpunkt MP21 im Überlaufkanal des RÜ4 konnten keine zuverlässigen Messungen durchgeführt werden. An dieser Stelle gibt es verschiedene Zuflüsse aus Regenwasserkanälen und Drainagen. Daher korrelierte der gemessene Abfluss nicht mit der Entlastungstätigkeit.

Die Geräte vom MP20 und MP21 wurden daher zum MP22 und MP24 am Drosselabfluss des RÜ2 bzw. RÜ3 transferiert. Dort konnten bei einigen Regenereignissen die Mengen gemessen werden. Die Drosselabflussmenge konnte aus den Messungen nicht eindeutig bestimmt werden, da sich das theoretische Verhalten (Anstieg bis zur Drosselmenge, dann flacher Verlauf) in den Ganglinien nicht eindeutig widerspiegelte.

3.6 Messdaten

3.6.1 ALLGEMEINES

Die Messdaten wurden per Laptop bzw. Speicherkarte gesammelt. Je nach Messgerät waren verschiedene Softwarewerkzeuge erforderlich, um die Daten auszulesen. Die Originaldaten der Messgeräte können meist nur mit einer Spezialsoftware eingelesen werden. Diese Programme haben meist auch Funktionen zur Auswertung und Darstellung der Daten. Diese Programme wurden jedoch zumeist nur dafür benutzt, um die jeweiligen Daten in ein lesbares Textformat zu exportieren. Einzig die Messdaten der Mengenmessungen Nivus PCM Pro können per Speicherkarte ausgelesen und damit direkt als Textformat-Dateien weiterverarbeitet werden.

Die im Textformat vorliegenden Daten mussten teilweise noch händisch nachbearbeitet werden. Das Handling der Daten vom Messgerät bis zur endgültigen Auswertung ist ein aufwendiger Prozess, der auch sehr fehleranfällig ist. Vor allem bei Verwendung verschiedener Messgeräte ist

dieser Vorgang zum Teil recht kompliziert, weil mit sehr unterschiedlichen Formaten gearbeitet werden muss.

Die Messdaten wurden mit einer Datenauswertungssoftware (FlexPro) importiert und ausgewertet. Dort wurden verschiedene Auswertungen und Analysen durchgeführt.

3.6.2 NIEDERSCHLAGSDATEN

Die Niederschlagsdaten wurden in Minutenauflösung gemessen. Für die Auswertung wurden sie jedoch zu 5-Minuten Summen aggregiert, da dieses Intervall zumeist auch dem Zeitintervall der verwendeten Simulationswerkzeuge entsprach. Für die Analyse wurden Niederschlagsereignisse abgegrenzt und für diese Ereignisse Ganglinien und Summenlinien erzeugt. Weiters wurden Summenlinien für die gesamte Messperiode generiert. Daraus resultierte, dass, wie zu erwarten war, die Messstation in der Ortsmitte mehr Niederschlag aufzeichnete als die Station in der Ebene.

Zusammenfassend können die erfassten Niederschlagsereignisse während der Messkampagne (4. März bis 2. Juli 2008) für die Niederschlagsmessstelle Übernahmebauwerk wie folgt zusammengefasst werden:

- 41 Tage mit Niederschlag
- 80 Einzelereignisse
- 225 mm Gesamtniederschlag
- ein Starkregen mit einer Intensität bis zu 1,4 mm / Minute

3.6.3 TROCKENWETTERABFLUSS

Zur Ermittlung des Trockenwetterabflusses wurden die Messdaten zu Tagesganglinien zusammengefasst und als Kurvenschar dargestellt. Für jede Uhrzeit wurde der Trockenwetterabfluss als 45 %-Quantil aller Werte errechnet (Ergibt sich aus der Annahme, dass ca. 10 % der Werte Regenabfluss beinhalten) und mittels gleitender Mittelwertbildung geglättet.

3.6.4 ABFLUSSMENGE

Wasserstand, Menge und Geschwindigkeit wurden in Form von Ganglinien dargestellt und mit den Niederschlagsdaten und der Trockenwetterganglinie kombiniert. Zusätzlich wurden alle Messpunkte einer Messstelle in Q-h-Diagrammen dargestellt. Teilweise wurde die mit der Formel von Prandtl-Colebrook ermittelte Q-h-Beziehung dargestellt. Mit dieser berechneten Kurve wurden auch Ganglinien für die rechnerische Menge erzeugt. Durch Vergleich dieser Kurven kann die Plausibilität der gemessenen Werte überprüft werden.

3.7 Modellerstellung

3.7.1 ALLGEMEINES

Auf Basis der vorliegenden Daten wurden folgende Strukturen identifiziert:

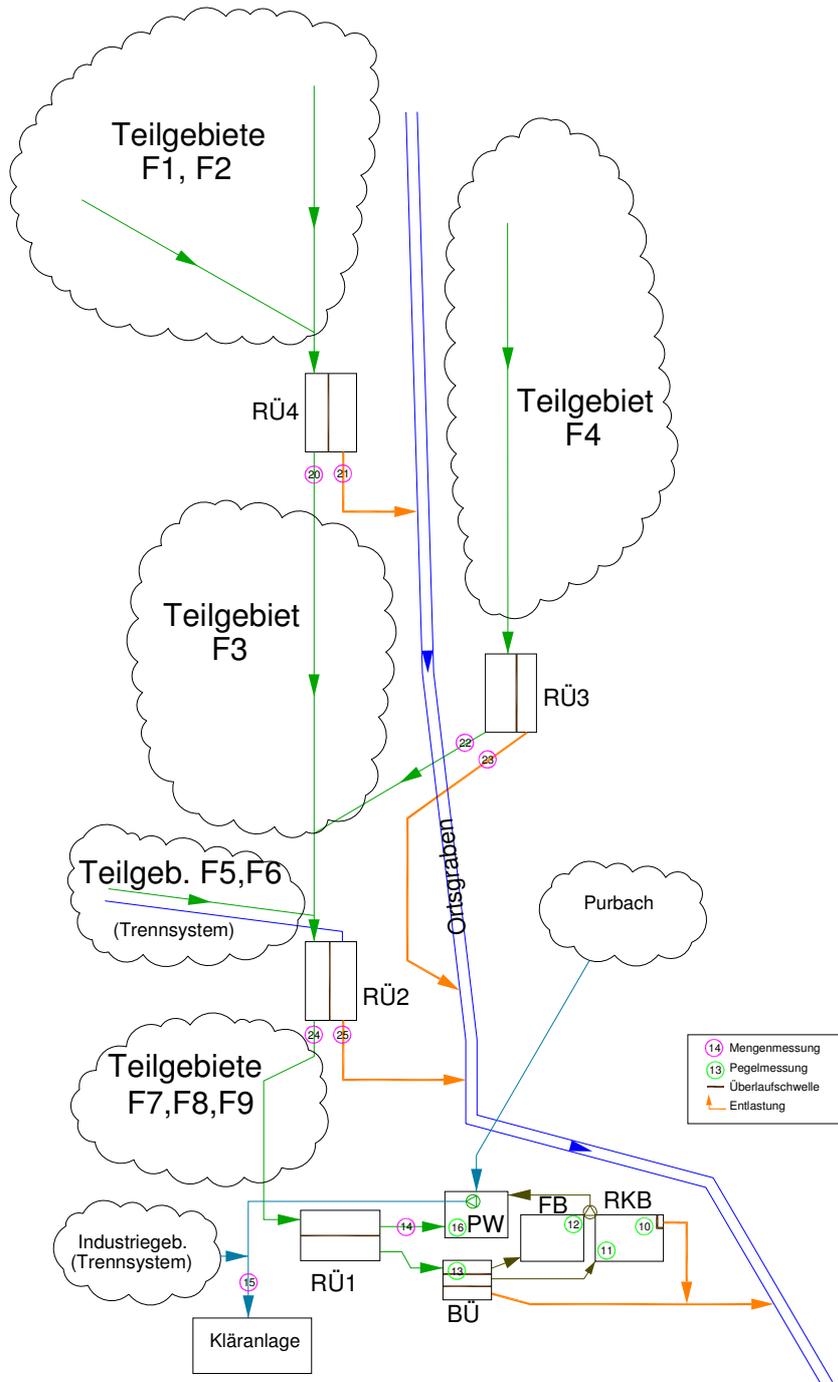


Abbildung 8: System Donnerskirchen - Ortsnetz

Der Bereich des Übernahmebauwerks stellt sich wie folgt dar:

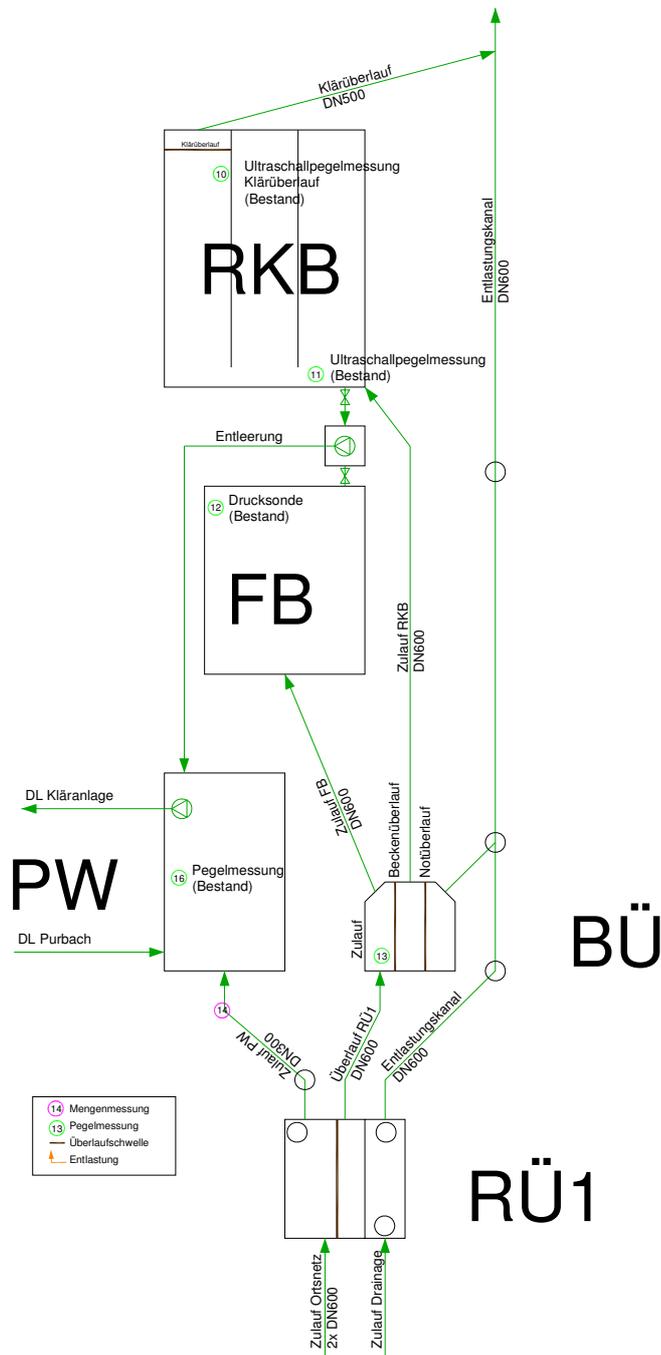


Abbildung 9: System Donnerskirchen - Bereich Übernahmebauwerk

Nach Anspringen des Regenüberlaufes RÜ1 wird das Fangbecken (FB) gefüllt. Ist dieses angefüllt, springt der Überlauf (BÜ) an und das entlastete Wasser beschickt das Regenklärbecken (RKB). Dieses Becken ist als Durchlaufbecken ausgeführt und entlastet nach Vollenfüllung über einen Klärüberlauf in den Vorfluter. Wenn der Wasserspiegel weiter ansteigt, springt die zweite Schwelle im Beckenüberlauf (BÜ) an und entlastet direkt in den Vorfluter. Die Beiden Becken werden über ein gemeinsames Pumpwerk entleert.

Aus den Daten wurde mit dem Simulationsprogramm KOSIM ein hydrologisches Modell erstellt:

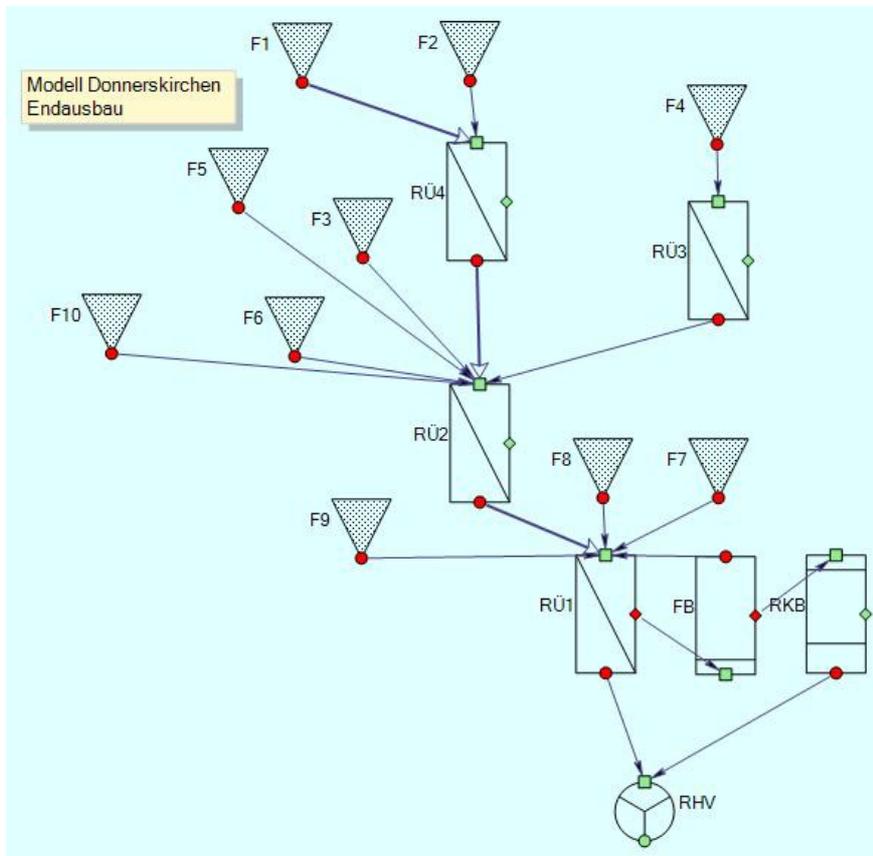


Abbildung 10: Abflussmodell Donnerskirchen

Eine besondere Herausforderung war es, die Funktion der beiden hintereinandergeschalteten Becken im Bereich ÜBW Donnerskirchen im Modell abzubilden. Hier musste auf einige "Kunstgriffe" in der Modellerstellung zurückgegriffen werden, da die Phasen der Befüllung und Entleerung sehr unterschiedlich sind und das Modell solche Vorgänge nicht direkt darstellen kann.

Bei den Mischwasserüberläufen wurde aus den Messungen eine Drosselmenge abgeleitet und als konstanter Wert im Modell eingesetzt. Zusätzlich wurde eine Trennschärfe von 5 % angesetzt, welche eine Steigerung des Drosselabflusses bei steigendem Wasserstand berücksichtigt.

3.7.2 FLÄCHEN

Die Einzugsgebietsflächen wurden mit Hilfe eines Lageplanes abgegrenzt (siehe Beispiel) und die einzelnen Flächen mittels CAD ermittelt. Aufgrund des Lageplanes und der Ortskenntnisse wurde für die einzelnen Bereiche ein Ausbaugrad festgelegt, der aussagt, welcher Anteil der Fläche bereits verbaut ist.

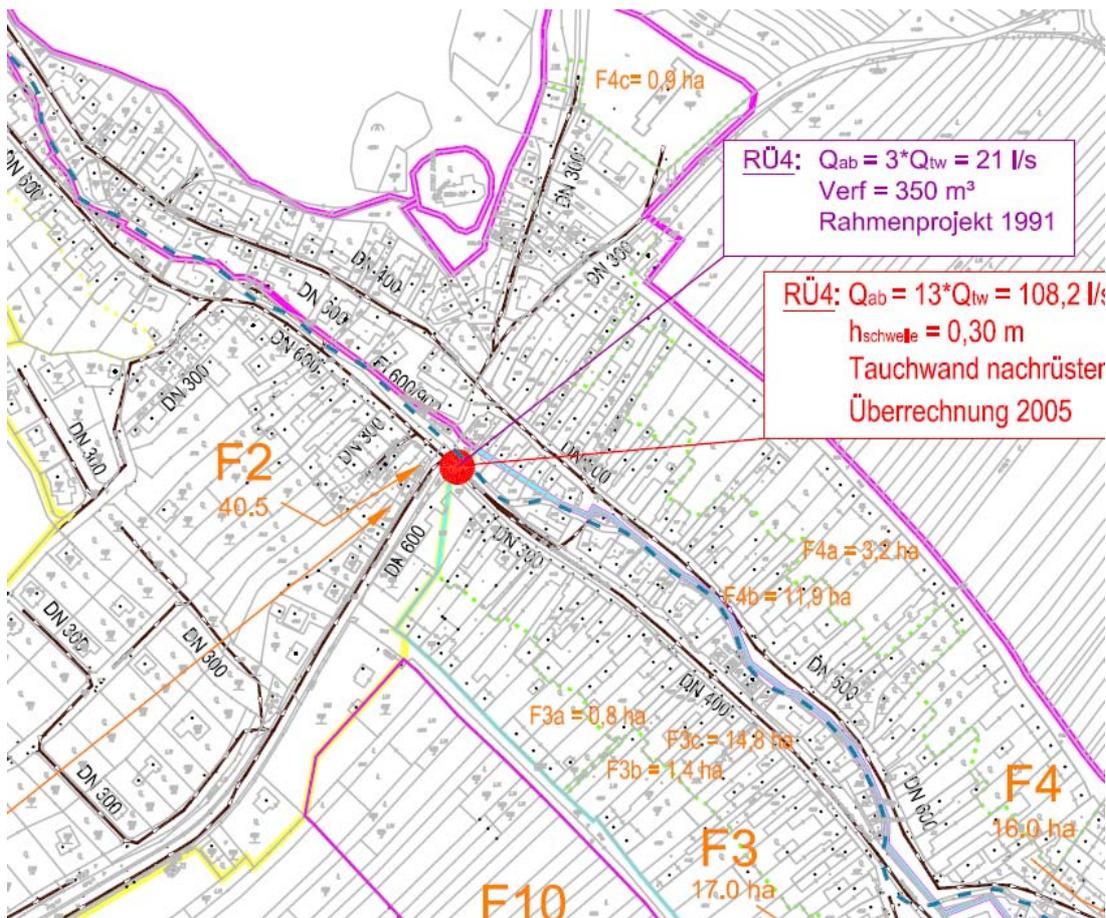


Abbildung 11: Flächenermittlung Donnerskirchen

3.7.3 BAUWERKE

Die Regenüberläufe RÜ1 bis RÜ4 wurden im Modell als Überläufe mit konstanter Drosselmenge abgebildet. Die Kombination der beiden Becken musste in komplexer Weise im Modell nachgebildet werden, damit auch im Modell eine Entleerung der Becken nach dem Regenereignis stattfindet. Deshalb wurde ein wasserstandsabhängiger, gesteuerter Drosselabfluss vom Fangbecken in den RÜ1 zurückgeführt.

3.8 Modellkalibrierung

3.8.1 NIEDERSCHLAGSEREIGNISSE

Aus den Messdaten der Niederschlagsmessungen wurden folgende Niederschlagsereignisse herausgefiltert:

Tabelle 2: Niederschlagsereignisse Donnerskirchen

Ereignis	Dauer	Niederschlag 01	Niederschlag 02	Anmerkung
		NS01	NS02	
20080323	14 h	19,5 mm	15,5 mm	ungleichmäßig
20080401	10 h	4,2 mm	3,2 mm	
20080421	2 h	18,0 mm	16,5 mm	gleichmäßig
20080425	6 h	7,5 mm	7,5 mm	gleichmäßig, 2 Spitzen, 3 h Pause
20080505	12 h	10,5 mm	8,6 mm	3 Spitzen, 2. Spitze fast nur bei NS01
20080520	30 h	24,7 mm	20,0 mm	gleichmäßig, 3 Spitzen
20080603	12 h	-	32 mm	Messfehler bei NS02!
20080604	32 h	-	20,0 mm	Messfehler bei NS02!
20080608	3 h	-	13,5 mm	Messfehler bei NS02!
20080624	3 h	14,6 mm	12,0 mm	recht gleichmäßig, Spitze bei NS01 höher
20080625	2 h	14,3 mm	12,8 mm	Gleichmäßig
20080626	10 h	30,5 mm	21,5 mm	NS01 stärker, Verlauf ähnlich

Die Niederschlagsdaten bzw. Summenlinien der Ereignisse sind im Anhang (Pkt.2) grafisch dargestellt.

Aufbauend auf vergleichende Simulationsrechnungen des Bestandsmodells wurden die Modellparameter so weit variiert, bis eine ausreichende Übereinstimmung von simulierten und gemessenen Werten erzielt wurde. Die Ganglinien der für die Simulation herangezogenen Regenereignisse finden sich im Anhang (Pkt. 4).

Für das erste Basismodell wurden die Befestigungsgrade aus den bereits vorhandenen Planungsunterlagen übernommen. Daraus ergaben sich für die einzelnen Teilgebiete folgende befestigte Flächen:

Tabelle 3: Befestigungsgrade Donnerskirchen

Gebiet	System	Fläche	Ages	ψ	A _{bef}	A _{unbef}
			[ha]		[ha]	[ha]
F1	T	F1	15,49	3 %	0,50	14,99
F2	M	F2a	34,83	30 %	10,45	24,38
F2	M	F2b	0,84	0 %	0,00	0,84
F2	M	F2c	4,93	0 %	0,00	4,93
F3	M	F3a	0,83	0 %	0,00	0,83
F3	M	F3b	1,43	0 %	0,00	1,43
F3	M	F3c	14,69	35 %	5,14	9,55
F4	M	F4a	3,17	0 %	0,00	3,17
F4	M	F4b	12,11	35 %	4,24	7,87
F4	M	F4c	0,93	15 %	0,14	0,79
F5	T	F5	5,56			5,56
F6	T	F6	2,44			2,44
F7	T	F7	9,56			9,56

F8	M	F8	5,67	30 %	1,70	3,97
F9	M	F9	4,98	20 %	1,00	3,98
F10	T	F10	4,57	0 %	0,00	4,57
Summe			122,03		23,17	98,86

Aus den gemessenen Daten wurden Trockenwetterganglinien für alle Messpunkte ermittelt und daraus Trockenwetterabflussspenden für die einzelnen Gebiete rückgerechnet. Die Ganglinien sind im Anhang 3 dargestellt.

Mit den gemessenen Niederschlagswerten wurden Simulationsrechnungen durchgeführt und die berechneten Abflussganglinien mit den simulierten Werten überlagert. Dabei zeigte sich, dass die berechneten Mengen zu hoch waren. Deshalb wurden die Befestigungsanteil entsprechend reduziert.

3.9 Unsicherheiten

Jedes Abflussmodell ist mit Ungenauigkeiten behaftet, die meist auf Unsicherheiten bei den Eingangsdaten zurückzuführen sind. Für das Modell Donnerskirchen sind folgenden Bereiche mit den größten Unsicherheiten behaftet:

- Der Drosselabfluss bei RÜ4 konnte aufgrund der ungünstigen Messbedingungen nur ungenau ermittelt werden. Aufgrund der komplexen hydraulischen Situation (die Überlaufschwelle liegt niedriger als der Rohrscheitel und der Kanal weist unmittelbar nach der Drossel ein Gefälle von über 90 % auf) ergibt sich im Überlauffall eine Teilfüllung mit Gefällewechsel, weshalb eine genaue rechnerische Ermittlung ebenfalls nicht möglich ist. Bei der Modellierung wurde aus der möglichen Bandbreite ein niedriger Wert gewählt.
- Für die Drosselabflüsse RÜ2 und RÜ3 liegen deutlich bessere Messergebnisse vor. Da aber bei jeweils gleichen Wassermengen keine eindeutigen, abgeschnittenen Ganglinien vorliegen, ist auch hierbei eine gewisse Unsicherheit gegeben.
- Der Drosselabfluss RÜ1 konnte mit der Messung gut ermittelt werden. Als Unsicherheitsfaktor bleibt der Umstand, dass der Abfluss in ein Pumpwerk erfolgt, in das auch die Druckleitung aus Purbach mündet. Die tatsächliche Menge ist daher auch vom Zusammenwirken der Pumpen in Donnerskirchen und Purbach abhängig.
- Die Füllung der Becken konnte mit der Simulation gut nachempfunden werden. Da für die Entleerung keine Daten vorlagen, konnte diese nicht exakt nachgebildet werden. Außerdem existiert zeitweise bereits bei Trockenwetter ein geringer Zufluss zum Fangbecken, so dass schon zu Regenbeginn eine geringe Füllung des Beckens bestehen kann.

3.10 Berechnungsergebnisse

3.10.1 NIEDERSCHLAGSBELASTUNG

Für die Simulationsrechnungen wurde die Niederschlagsreihe 07704 Eisenstadt-Nordost aus der Datenbank NIEDA herangezogen. Die Reihe umfasst den Zeitraum von 01.01.1992 bis 31.12.2006, das sind 15 Jahre. Die maßgebliche Regenspende $r_{720,1}$ beträgt 37,5 mm/12h. Die Niederschlagsmessstation Eisenstadt-Nordost liegt ca. 10 km südwestlich des Ortszentrums von

Ebreichsdorf in einer topografisch sehr ähnlichen Lage am Südosthang des Leithagebirges. Die Werte sind daher für das Einzugsgebiet repräsentativ, die vorliegende Reihe ist mit 15 Jahren ausreichend.

3.10.2 SPEICHERVOLUMEN

Im System ist derzeit folgendes Speichervolumen vorhanden:

Fangbecken:	310 m ³
Regenklärbecken:	<u>635 m³</u>
Summe	945 m ³

Das Speichervolumen besteht aus den ehemaligen Becken der Kläranlage, die für die Mischwasserspeicherung umgebaut wurden.

3.10.3 BESTAND

Aufbauend auf den Ergebnissen der Kalibrierung wurde mit dem Modell des Bestandsnetzes eine Simulation mit der in Kapitel 3.3.1 genannten Niederschlagsbelastung durchgeführt. Diese Simulation gibt den Zustand zum Zeitpunkt der Messkampagne (März-Juni 2008) wieder. Für das Bestandsnetz ergaben sich damit folgende Werte:

Tabelle 4: Weiterleitungswirkungsgrad Bestand Donnerskirchen

Einzugsgebiet	EW	A _{ges} [ha]	A _u [ha]	Q _{T,d} l/s	Q _{t,x} l/s	
Mischsystem	1.970	104,47	23,17	5,13	6,69	
Trennsystem	300	17,56	0	0,78	1,02	
Gesamt	2.270	122,03	23,17	5,91	7,71	
größte Gemeinde	11.427	EW		Kläranlage	66.500 EW	
Mindestwirkungsgrade		gelöste Stoffe		abfiltrierbare Stoffe		
lt. Tabelle 1 & 2		[%]		[%]		
Wirkungsgrad ohne Zuschlag		47,7		62,7		
Zuschlag Trennsystem		0,8		0,8		
Wirkungsgrad		48,4		63,4		
Simulationsergebnisse						
Regenabfluss		VQ _R :	103.117 [m ³ /a]	Zulässig:		
Entlastungsmenge		VQ _E :	27.345 [m ³ /a]	53.167	51%	
Wirkungsgrad gelöste Stoffe		η _R :	73,5 [%]			
Absetzwirkung						
lt. Tabelle 3	V _{ges} [m ³]	A _u [ha]	V _{spez} [m ³ /ha]	VQ _E [m ³ /a]	η _{SED} [%]	Reduktion [m ³ /a]
Wirbelabscheider	0	0,0	0,0		0,0	0,0
Durchlaufbecken	635	23,2	27,4	12.450	50,0	6.225,0
Staukanal m.u.l.E			0,0		0,0	0,0
Summe	635		27,4			6.225,0
Wirkungsgrad abfiltrierbare Stoffe		η _{AFS} :	79,5 [%]			

Zusammenfassung		Soll	Ist	ν		
Wirkungsgrad gelöste Stoffe	η_R :	48,4	73,5	151,7		
Wirkungsgrad abfiltrierbare Stoffe	η_{AFS} :	63,4	79,5	125,3		
Entlastungsmengen	Entlastungsmenge	Einstautage		Entlastungstage		
Bezeichnung	Q_e [m ³ /a]	[%]	[d]	[d/a]	[d]	[d/a]
RÜ4	12.040	44%			533	36
RÜ3	1.094	4%			107	7
RÜ2	1.762	6%			129	9
RÜ1	0	0%			842	56
FB	0	0%	948	63	408	27
RKB	12.450	46%	681	45	212	14
	<u>27.346</u>	<u>100%</u>				

Der erforderliche Weiterleitungswirkungsgrad für die gelösten Stoffe wird deutlich überschritten. Etwa die Hälfte der Entlastungsmengen wird über den Klärüberlauf des Regenklärbeckens abgeschlagen, wodurch für diesen Teil auch eine Absetzwirkung vorhanden. Der erforderliche Weiterleitungswirkungsgrad für abfiltrierbare Stoffe wird ebenfalls deutlich überschritten.

3.10.4 ENDAUSBAU

Im Endausbau sind alle zukünftigen Erweiterungen berücksichtigt. Im Mischsystem gibt es nur geringfügige Änderungen durch die Bebauung noch bestehender Lücken im Bereich des Mischsystems. In den Teilgebieten F2a und F9 erhöht sich die befestigte Fläche durch den Ausbau um insgesamt 1,54 ha. Die Flächen für den Endausbau betragen daher:

Tabelle 5: Flächen Endausbau Donnerskirchen

Gebiet	System	Fläche	Ages	ψ	A_{bef}	A_{unbef}
			[ha]		[ha]	[ha]
F1	T	F1	15,49	3%	0,50	14,99
F2	M	F2a	34,83	33%	11,49	23,34
F2	M	F2b	0,84	0%	0,00	0,84
F2	M	F2c	4,93	0%	0,00	4,93
F3	M	F3a	0,83	0%	0,00	0,83
F3	M	F3b	1,43	0%	0,00	1,43
F3	M	F3c	14,69	35%	5,14	9,55
F4	M	F4a	3,17	0%	0,00	3,17
F4	M	F4b	12,11	35%	4,24	7,87
F4	M	F4c	0,93	15%	0,14	0,79
F5	T	F5	5,56			5,56
F6	T	F6	2,44			2,44
F7	T	F7	9,56			9,56
F8	M	F8	5,67	30%	1,70	3,97
F9	M	F9	4,98	30%	1,49	3,49
F10	T	F10	4,57		0,00	4,57
			<u>122,03</u>		<u>24,71</u>	<u>97,32</u>

Der Großteil der Erweiterungen findet im Trennsystem statt. Teilweise handelt es sich um Gebiete, die schon eine Trennkanalisation haben und weiter ausgebaut werden, teilweise sind es Neuaufschließungen. Im Endausbau steigt der Anteil des Trennsystems (bezogen auf Einwohner)

von 13 % auf 31 %. Dadurch erhöht sich auch der entsprechende Zuschlag zum erforderlichen Weiterleitungswirkungsgrad.

Für den Endausbauzustand wurden die Weiterleitungswirkungsgrade für verschiedene Varianten mittels Simulation ermittelt. Variiert wurde dabei:

- Drosselablauf bei RÜ4
- Zusätzlicher Anschluss von Trennsystemen (über die geplanten Erweiterungen hinaus)

Damit ergaben sich die folgenden Ergebnisse:

Tabelle 6: Simulationsergebnisse Donnerskirchen

RL	RKB	FB	RÜ1	RÜ2	RÜ3	RÜ4	η_R	η_R	v_R	η_{abf}	η_{AFS}	v_{AFS}
	Vol.	Vol.	Qab	Qab	Qab	Qab	Ist	Soll		Ist	Soll	
	[m³]	[m³]	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[%]	[%]		[%]	[%]	
B	727	413	60	280	120	70	73,5%	48,4%	151,8	79,5%	63,4%	125,4
Endausbau (alle Erweiterungen realisiert)												
01	727	413	60	280	120	70	71,0%	49,0%	145,0	77,7%	64,0%	121,3
Endausbau, fiktive Rechenläufe Zentralbecken												
02	727	413	60	9999	9999	9999	73,2%	49,0%	149,4	86,6%	64,0%	135,3
03	235	135	60	9999	9999	9999	63,4%	49,0%	129,4	70,1%	64,0%	109,5
04	235	135	30	9999	9999	9999	46,9%	49,0%	95,8	61,5%	64,0%	96,1
05	393	225	60	9999	9999	9999	68,4%	49,0%	139,5	77,0%	64,0%	120,3
06	393	225	30	9999	9999	9999	53,5%	49,0%	109,2	66,3%	64,0%	103,6
Endausbau, Steigerung Qdr RÜ4												
07	727	413	60	280	120	90	71,8%	49,0%	146,6	79,5%	64,0%	124,2
08	727	413	60	280	120	115	72,4%	49,0%	147,7	80,8%	64,0%	126,3
09	727	413	60	280	120	150	72,8%	49,0%	148,5	81,8%	64,0%	127,8
Erweiterung um 400 EW (Trennsystem)												
10	727	413	60	280	120	115	72,0%	50,0%	144,1	80,6%	65,0%	124,1

Eine detaillierte Darstellung der Ergebnisse findet sich im Anhang (Pkt.5).

Es zeigt sich, dass sich die Wirkungsgrade durch eine Erhöhung des Drosselabflusses am RÜ4 noch verbessern lassen. Alle Vorgaben des ÖWAV Regelblattes 19 werden eingehalten. Eine über das geplante Maß hinausgehende Erweiterung im Trennsystem ist ohne weiteres möglich.

3.10.5 IMMISSION

Für die Abschätzung der Auswirkung auf die Immission wurden noch einige Rechenläufe mit anderen Beckenvolumina durchgeführt (RL02-06). Dabei wurden einerseits die Drosselwassermengen bei den RÜ2-4 so weit erhöht, damit die gesamte Entlastung über die Becken erfolgt. Zu Vergleichszwecken wurden Becken mit 15 m³/ha und 25 m³/ha spezifischem Speichervolumen angenommen. Die Berechnung wurde mit einem Drosselabfluss von 60 l/s gemäß der durchgeführten Kalibrierung und einem Drosselabfluss von 30 l/s durchgeführt. Dabei ergeben sich folgende Wirkungsgrade:

Tabelle 7: Simulationsergebnisse Immission Donnerskirchen

RL	Q _{Dr,RÜ1} [l/s]	V _s [m ³ /ha]	VQ _E [m ³ /a]	Änderung [m ³ /a]	η _R [%]	Änderung [%-Pkte] [%]		η _{SOLL} [%]	v _R [-]	Änderung [-] [%]	
RL03	60	15	40.221		63,4			49,0	129,4		
RL05	60	25	34.783	-13,5%	68,4	5,0	7,9	49,0	139,6	10,2	7,9
RL04	30	15	58.322		46,9			49,0	95,7		
RL05	30	25	51.096	-12,4%	53,5	6,6	14,1	49,0	109,2	13,5	14,1

Das Ergebnis ist nicht allgemein gültig, aber für das vorliegende System wird folgender Ansatz gewählt:

Des Regelblatt 19 (1987) schlägt für den Immissionsfall ein höheres spezifisches Speichervolumen von 25 statt 15 m³/ha vor. Im vorliegenden Fall erhöht sich der Wirkungsgrad der Weiterleitung bei einem Becken mit 25 m³/ha um 5,0 bis 6,6 Prozentpunkte. Daraus wird folgender Ansatz abgeleitet:

Um die spezielle Immissionssituation (Einleitung in den Neusiedler See) zu berücksichtigen, werden die erforderlichen Wirkungsgrade der Weiterleitung um 10 Prozentpunkte erhöht.

Die Sollwerte betragen daher für den Endausbau:

$$\eta_R = 50,0 + 10,0 = 60,0\%$$

$$\eta_{abf} = 65,0 + 10,0 = 75,0\%$$

Diese erhöhten Sollwerte werden auch für den Endausbau inklusive zusätzlicher Erweiterung mit deutlicher Reserve eingehalten.

3.11 Vergleichsberechnungen (ATV)

Für den Bestand, den Endausbau und die zusätzliche Einleitung von Schmutzwasser wurde auch eine Vergleichsberechnung nach ATV-A 128 (1992) durchgeführt. Die Grundlagendaten wurden dafür der jeweiligen Modellrechnung entnommen.

Tabelle 8: Vergleichsberechnung ATV Donnerskirchen (Modelldaten)

Wert	Formel	Bez.	Einh.	Bestand	End- ausbau	zus. TW
mittlerer Jahresniederschlag		h Na	mm	635	635	635
Einzugsgebiet (Mischsystem)		A	ha	122,03	122,03	122,03
Abflussbeiwert		μ	-	0,19	0,20	0,20
undurchlässige Gesamtfläche		Au	ha	23,17	24,71	24,71
längste Fließzeit im Gesamtgeb.		t f	min	30	30	30
mittlere Geländeneigungsgruppe		NG m	-	2	2	2
MW-Abfluss der Kläranlage		Qm	l/s	60	60	60
TW--Abfluss, 24-h-Tagesmittel		Qt24	l/s	5,9	7,3	8,3
TW--Abfluss, Stündl.Spitzenabfl.		Qtx	l/s	7,7	9,5	10,9

Regenabfluss aus Trenngeb.		QrT24	l/s	0,0	0,0	0,0
CSB-Konz. im TW-Abfluss		c t	mg/l	600	600	600
Regenabfluss, 24-h-Tagesmittel	$Q_m - Q_{t24} - Q_{rT24}$	Qr24	l/s	54,10	52,70	51,70
Regenabflussspende	Q_{r24} / A_u	q r	l/(s.ha)	2,33	2,13	2,09
TW-Abflussspende	Q_{t24} / A_u	q t24	l/(s.ha)	0,25	0,30	0,34
Fließzeitabminderung	$0,5+50/(t_f + 100); \geq 0,885$	a f	-	0,885	0,885	0,885
mittlerer Entlastungszufluss	$a f * (3,0 * A_u + 3,2 * Q_{r24})$	Qre	l/s	214,73	214,85	212,02
mittleres Mischverhältnis	$(Q_{re} + Q_{rT24}) / Q_{t24}$	m	-	36,39	29,43	25,54
	$24 * Q_{t24} / Q_{tx}$	xa	-	18,39	18,44	18,28
	$0,001 * (1 + 2 * (NG_m - 1))$	dl	-	0,00	0,00	0,00
	$430 * (q_{t24} ^{0,45}) * dl$	T	-	0,70	0,75	0,79
Einflusswert Kanalablagerungen	$(24 / xa)^2 * (2 - T) / 10$	aa	-	0,22	0,21	0,21
Einflusswert Starkverschmutzer	$ct / 600; \text{mind. } 1,0$	ac	-	1,00	1,00	1,00
Einflusswert Jahresniederschlag	$h_{Na}/800-1; > -0,25; < +0,25$	ah	-	-0,21	-0,21	-0,21
Bemessungskonzentration	$600 (ac + ah + aa)$	cb	mg/l	609	604	602
rechn. Entlastungskonzentration	$(107 m + cb) / (m + 1)$	ce	mg/l	120	123	126
zulässige Entlastungsrate	$3700 / (ce - 70)$	eo	%	73,4	69,4	66,5
	$(4000+25*qr) / (0,551+qr)$	H1	-	1406	1510	1533
	$(36,8+13,5*qr) / (0,5+qr)$	H2	-	24,10	24,91	25,09
spezifisches Speichervolumen	$H1 / (eo + 6) - H2$	Vs	m ³ /ha	-6,38	-4,88	-3,95
	$[(48/xa-1)*Q_{t24}-Q_{rT24}]/A_u$	qr	l/(s.ha)	0,41	0,47	0,55
Mindestspeichervolumen	$3,60 + 3,84 * q_{r,\text{min}}$	Vs,min.	m ³ /ha	5,17	5,42	5,70
erford. Gesamtvolumen	Vs * Au	V	m³	120	134	141

Die Berechnung ergibt aufgrund der spezifischen Situation relativ geringe Speichervolumina. Das vorhandene Speichervolumen ist deutlich größer als das erforderliche. Die Berechnung zeigt auch hier, dass das Gesamtspeichervolumen bei weitem ausreicht. Ein genauerer Vergleich der Berechnungen nach ÖWAV Regelblatt 19 und ATV-A 128 kann nicht erfolgen, da einmal der Weiterleitungswirkungsgrad und einmal das Speichervolumen berechnet wird und eine direkte Umrechnung dieser beiden Größen nicht möglich ist.

Zusätzlich wurden auch Vergleichsberechnung mit den vorliegenden Projekten 1991 (Redl), 1999 (Redl) und 2005 (Bichler-Kolbe) durchgeführt. Dabei wurde als Basis die Berechnung "Endausbau" herangezogen, die ein Beckenvolumen von 134 m³ ergibt, und jeweils die Flächen und die Trockenwetterabflüsse aus den Projekten eingesetzt (Fett gedruckt).

Tabelle 9: Vergleichsberechnung ATV Donnerskirchen (Daten Vorläuferprojekte)

Wert	Formel	Bez.	Einh.	Projekt	Projekt	Projekt
				1991	1999	2005
mittlerer Jahresniederschlag		h Na	mm	635	635	635
Einzugsgebiet (Mischsystem)		A	ha	116,50	113,50	113,50
Abflussbeiwert		μ	-	0,23	0,23	0,21
undurchlässige Gesamtfläche		Au	ha	26,70	26,55	23,80

längste Fließzeit im Gesamtgeb.		t f	min	30	30	30
mittlere Geländeneigungsgruppe		NG m	-	2	2	2
MW-Abfluss der Kläranlage		Qm	l/s	60	60	60
TW--Abfluss, 24-h-Tagesmittel		Qt24	l/s	7,3	7,3	7,3
TW--Abfluss, Stündl.Spitzenabfl.		Qtx	l/s	28,2	18,2	18,2
Regenabfluss aus Trenngeb.		QrT24	l/s	0,0	0,0	0,0
CSB-Konz. im TW-Abfluß		c t	mg/l	600	600	600
Regenabfluss, 24-h-Tagesmittel	$Q_m - Q_{t24} - Q_{rT24}$	Qr24	l/s	52,70	52,70	52,70
Regenabflussspende	Q_{r24} / A_u	q r	l/(s.ha)	1,97	1,98	2,21
TW-Abflussspende	Q_{t24} / A_u	q t24	l/(s.ha)	0,27	0,27	0,31
Fließzeitabminderung	$0,5+50/(t_f + 100); \geq 0,885$	a f	-	0,885	0,885	0,885
mittlerer Entlastungszufluss	$a_f * (3,0 * A_u + 3,2 * Q_{r24})$	Qre	l/s	220,13	219,74	212,44
mittleres Mischverhältnis	$(Q_{re} + Q_{rT24}) / Q_{t24}$	m	-	30,16	30,10	29,10
	$24 * Q_{t24} / Q_{tx}$	xa	-	6,21	9,65	9,63
	$0,001 * (1 + 2 * (NG_m - 1))$	dl	-	0,00	0,00	0,00
	$430 * (q_{t24} ^{0,45}) * dl$	T	-	0,72	0,72	0,76
Einflusswert Kanalablagerungen	$(24 / x_a)^2 * (2 - T) / 10$	aa	-	1,91	0,79	0,77
Einflusswert Starkverschmutzer	$ct / 600; \text{mind. } 1,0$	ac	-	1,00	1,00	1,00
Einflusswert Jahresniederschlag	$h_{Na}/800-1; >-0,25; <+0,25$	ah	-	-0,21	-0,21	-0,21
Bemessungskonzentration	$600 (ac + ah + aa)$	cb	mg/l	1623	951	939
rechn. Entlastungskonzentration	$(107 m + cb) / (m + 1)$	ce	mg/l	156	134	135
zulässige Entlastungsrate	$3700 / (ce - 70)$	eo	%	43,2	57,7	57,2
	$(4000+25*qr) / (0,551+qr)$	H1		1604	1597	1467
	$(36,8+13,5*qr) / (0,5+qr)$	H2		25,65	25,59	24,57
spezifisches Speichervolumen	$H1 / (eo + 6) - H2$	Vs	m ³ /ha	6,95	-0,52	-1,38
	$[(48/x_a-1)*Q_{t24}-Q_{rT24}]/A_u$	qr	l/(s.ha)	1,84	1,09	1,22
Mindestspeichervolumen	$3,60 + 3,84 * q_{r,\min}$	Vs,min.	m ³ /ha	10,66	7,80	8,30
erford. Gesamtvolumen	Vs * Au	V	m³	285	207	197

Da dabei die Flächen und auch die Trockenwetterabflüsse höher angesetzt waren, ergeben sich damit automatisch größere Beckenvolumina.

Eine Berechnung nach dem alten ÖWWV Regelblatt 19 (1987) mit den Daten aus dem Modell ergibt höhere Speichervolumina, die aber ebenfalls deutlich unter den vorhandenen Volumina liegen.

Tabelle 10: Vergleichsberechnung nach dem alten ÖWWV Regelblatt 19 (1987) Donnerskirchen

Wert	Formel	Bez.	Einh.	Bestand	Endausbau	zus. TW
undurchlässige Gesamtfläche		Au	ha	23,17	24,71	24,71
spez. Speichervolumen		V _{s,R19}	m ³ /ha	15,00	15,00	15,00
Gesamtvolumen	Vs*Au	V_{R19}	m³	348	371	371

3.12 Konkrete Maßnahmen / Kosten

3.12.1 ANPASSUNGSPROJEKTE 1991, 1999, 2005

In Erfüllung von wasserrechtlichen Sanierungsaufträgen hat die Marktgemeinde Donnerskirchen im Jahr 1991 ein Rahmenprojekt ABA Donnerskirchen, Anpassung der Regenentlastungen ausgearbeitet. Dieses Anpassungsprojekt berücksichtigte eine kritische Regenwasserspende von 30 l/s-ha. Die Bemessung erfolgte entsprechend dem damals gültigen ÖWWV Regelblatt 19 (1987). Mit der Nachnutzung der alten Kläranlage Donnerskirchen hat der RHV Region Neusiedler See Westufer im Jahr 1999 ein optimiertes Anpassungsprojekt in Auftrag gegeben (gleiche Annahmen und Bemessungsgrundlagen wie 1991).

Nach Erscheinen des Entwurfes des neuen ÖWAV Regelblatt 19 im November 2005 wurde auf Basis der damals vorhandenen Daten eine neuerliche Überrechnung vorgenommen.

Schon mit den im Jahr 2005 zur Verfügung gestandenen Daten und Berechnungsansätzen gelang der rechnerische Nachweis, dass unter Betrachtung des Gesamtgebietes mit geringen Anpassungen im Bereich der Abwasserbeseitigungsanlage ein Speicherbau im Bereich RÜ3 und RÜ4 vermieden werden kann.

Ein Vergleich der drei Anpassungsprojekte ist der nachstehenden Tabelle zu entnehmen:

Tabelle 11: Zusammenstellung Ergebnisse Anpassungsprojekte

Einzugsgebiet	Generelles Rahmenprojekt 1991 Büro Lang	Nachnutzung Kläranlage zur MWB 1999 Büro Redl	Überrechnung nach Entwurf RBL 19 NEU Projekt 2005 Bichler & Kolbe ZT-GmbH
Einzugsgebiet Regenüberlauf 4	Fangbecken im Nebenschluss Verf = 350 m3	Fangbecken im Nebenschluss Verf = 330 m3	Wehrschwellerhöhung + 11 cm Weiterleitung Qkrit
Einzugsgebiet Regenüberlauf 3	Fangbecken im Nebenschluss Verf = 145 m3	Fangbecken im Nebenschluss Verf = 130 m3	Wehrschwellerhöhung + 11 cm Weiterleitung Qkrit
Einzugsgebiet Regenüberlauf 2	Wehrschwellerhöhung Weiterleitung Qkrit	Wehrschwellerhöhung Weiterleitung Qkrit	Speichervolumen Verf = 13 m3
Einzugsgebiet Regenüberlauf 1	Umbau Durchlaufbecken zu Fangbecken V = 260 m3	MWB - Anlage Verf = 248 m3 Vvorh = 310 + 635 m3 (FB) + (RKB)	MWB - Anlage Verf = 942 m3 Vvorh = 310 + 635 m3 (FB) + (RKB)

3.12.2

3.12.3 ERGEBNISSE FORSCHUNGSPROJEKT

Das gegenständliche Forschungsprojekt sollte das Ergebnis der Überrechnung 2005 durch Messungen und Simulationsberechnungen absichern bzw. die Berechnungen entsprechend dem nunmehr gültigen ÖWAV Regelblatt 19 verifizieren.

Ein fiktiver Endausbauzustand wurde insofern berücksichtigt, dass die derzeit offenen Bauflächen mitberücksichtigt sind und ein zukünftiges Erschließungsgebiet in der Größenordnung von 5,2 ha in den Simulationsberechnungen enthalten ist.

Die strengeren Anforderungen im Einzugsgebiet des Neusiedler Sees ($r_{\text{krit}} = 30 \text{ l/s}\cdot\text{ha}$ gegenüber den früher allgemein gültigen $15 \text{ l/s}\cdot\text{ha}$) wurden in den Simulationsberechnungen berücksichtigt.

Unter Annahme eines Endausbauzustandes gemäß Flächenwidmungsplan und weiterer nicht aktuellen/bekanntener Erschließungsflächen in der Größenordnung von 5,2 ha und Berücksichtigung der erhöhten Anforderungen im Einzugsbereich Neusiedler See ergibt sich:

- der erforderliche Wirkungsgrad für gelöste und abfiltrierbare Stoffe wird eingehalten bzw. erheblich überschritten.
- eine weitere Steigerung der Wirkungsgrade bzw. Absicherung der Ergebnisse ergibt sich bei Erhöhung von Q_{ab} beim RÜ4 von 90 l/s auf 115 l/s.
- die aus den Regenereignissen und Simulationsberechnungen tatsächlich abgeleiteten Abflussbeiwerte sind teilweise geringer bzw. kleiner als die für die Projekterstellung in den Jahren 1991, 1999 und 2005 herangezogenen theoretischen Werte.

Die Ergebnisse des Forschungsprojektes wurden bereits am 24. November 2008 mit Vertretern der Marktgemeinde und den für Donnerskirchen zuständigen Amtssachverständigen besprochen und diskutiert. Folgende weiteren Schritte und Maßnahmen wurden für die Umsetzung vereinbart:

- Optimierungsmöglichkeiten:
 - o Wehrschwellerhöhung RÜ4
 - o Reinigungseinrichtungen z. B. Tauchwände für alle Regenüberlaufbauwerke
mögliches Erhöhungspotential für Wirkungsgrade: 5 bis 10 %
- wasserrechtliche Absicherung der Ergebnisse des Forschungsprojektes durch:
 - o Ansuchen um Reduzierung der Abflussbeiwerte auf das tatsächliche Ausmaß
 - o Ergänzung des Projekts 2005: Nachreichung der Simulationsergebnisse aus dem Forschungsprojekt

3.12.4 KOSTENEINSPARUNGSPOTENTIAL

Wie im gegenständlichen Bericht ausgeführt ist mit den durchgeführten Untersuchungen, Messungen und Simulationsergebnissen eindrucksvoll belegt, dass die Errichtung von zusätzlichen Mischwasserspeicherbecken im Bereich der Regenüberlaufbauwerke 3 und 4 (erf. Gesamtvolumen ca. 500 m³) aufgrund des geänderten Regelwerkes nicht erforderlich ist.

Die Kosteneinsparung kann mit einem Ansatz von ca. € 800,00 bis € 1.000,00 pro m³ Herstellungskosten wie folgt abgeschätzt werden:

500 m³ à € 900,00/m³ Einsparungspotential ca. € 450.000,00

3.13 Erfahrungen aus dem Untersuchungsgebiet

Der Bemessungsansatz des neuen ÖWAV Regelblattes 19 (2007) bietet besonders bei Verhältnissen mit sehr ungleich verteilten Beckenvolumina wesentlich mehr Lösungsmöglichkeiten und günstigere Alternativen als das bisher der Fall gewesen ist.

4 UNTERSUCHUNGSGEBIET EBREICHSDORF

4.1 Allgemeine Beschreibung

Die Abwasserreinigungsanlage der Stadtgemeinde Ebreichsdorf entsorgt die Abwässer der Ortsteile Ebreichsdorf, Weigelsdorf, Unterwaltersdorf und Schranawand.

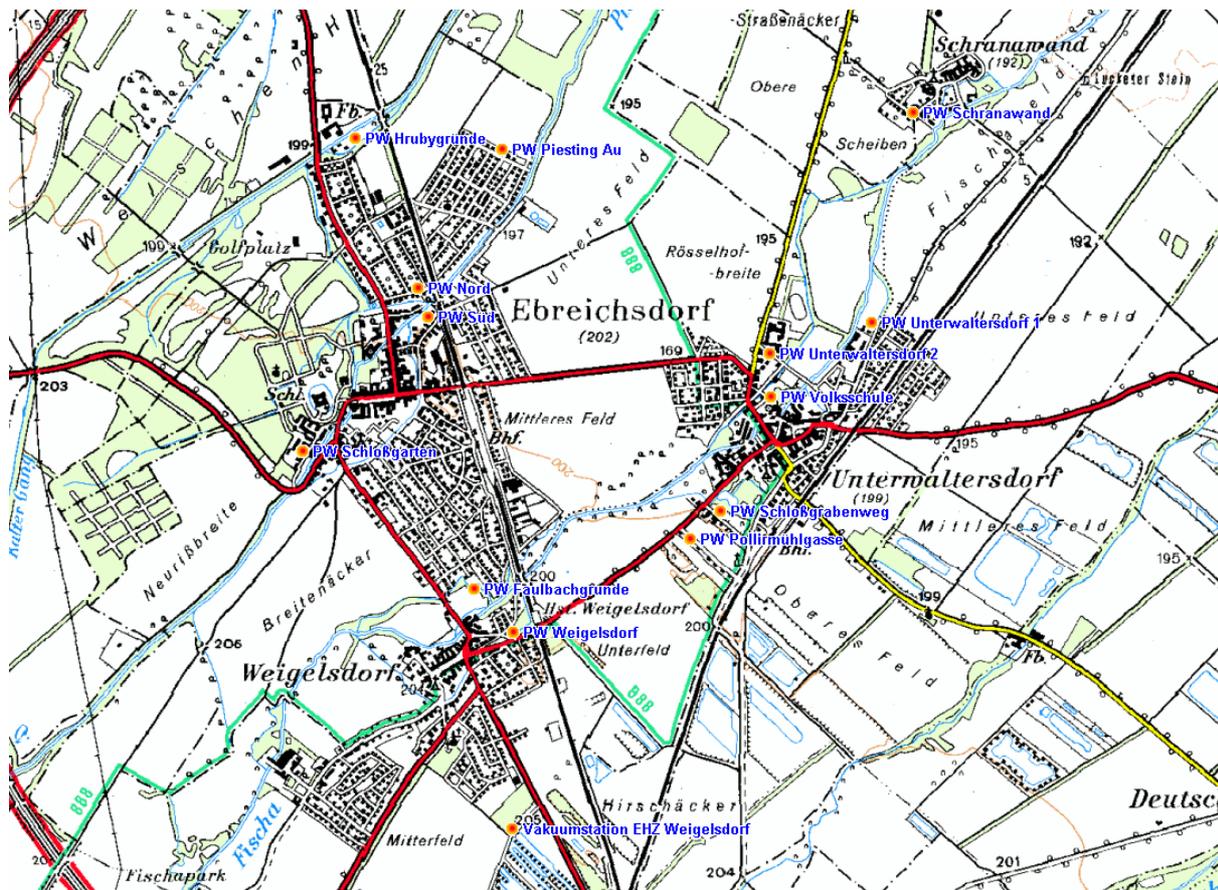


Abbildung 12: Übersichtskarte Ebreichsdorf

Das Einzugsgebiet liegt im Bereich des südlichen Wiener Beckens auf sehr gut durchlässigem Untergrund, was generell die Versickerung von Oberflächenwässern begünstigt.

Die Errichtung der Abwasserableitungsanlagen erfolgte stufenweise und trägt somit die Handschrift des jeweiligen Standes der Technik. So wurden die ersten Teilgebiete traditionell im Mischsystem ausgebaut, die später ausgebauten Anlagenteile wurden ausschließlich als reine Schmutzwassersysteme errichtet.

So kommt es, dass das Ortsgebiet von Schranawand und das Teilgebiet Piestingau (OT Ebreichsdorf) als reine Schmutzwassersysteme errichtet wurden, Unterwaltersdorf bis auf wenige unausweichliche Straßeneinläufe als Schmutzwassersystem ausgeführt wurde. Diese Systeme werden direkt via Pumpleitung zur Kläranlage geführt.

Zur Zeit der Errichtung der Abwasserbeseitigungsanlage von Weigelsdorf kamen die sonst üblichen Mischsysteme gerade „aus der Mode“ und so wurde das Ableitungssystem Weigelsdorf im Bau abgeändert und weitgehend als Schmutzsystem mit nur einem ganz geringen Anteil an Oberflächenwassereinleitungen (Mischsystem mit Abflussbeiwert von 0,05) ausgeführt.

Aufgrund der guten Sickerfähigkeit des Untergrundes wurden alle Erweiterungen seit 1995 als reine Schmutzwassersysteme ausgebaut. Im Zuge von Straßenneugestaltungen wurden viele Teilbereiche rückgebaut und Oberflächenwässer weitgehend zur Versickerung gebracht, was zu deutlichen Reduzierungen der Ableitungen im Regenwetterfall führte und die Laufzeiten der Regenwasserpumpen erheblich reduzierte.

Wasserrechtlich sind die Systeme Schranawand, Unterwaltersdorf und Weigelsdorf als Schmutzwassersysteme bzw. als mischwassertechnisch angepasst einzustufen.

Mischsystem Weigelsdorf:

In Weigelsdorf können nahe dem Pumpschacht ausgeführte Großrohrprofile als Mischwasserspeicher (Stauraumkanäle) genutzt werden, es gibt eine Regenentlastung im Bereich des Pumpwerkes, mit Ausleitung in die Fische. Die Abwässer von Weigelsdorf werden in weiterer Folge in das System von Ebreichsdorf eingepumpt.

Mischsystem Ebreichsdorf

Ebreichsdorf hat vergleichsweise ein geringes Speichervolumen in den Großrohrprofilen nahe den Pumpschächten PS Nord und PS Süd zur Mischwasserbehandlung zur Verfügung. Die Überrechnung aus 1997 ergab, dass noch Speichervolumen zu errichten ist. Die Regenentlastung erfolgt im Bereich des PS Nord / PS Süd, mittels Regenwasserpumpen in die Piesting. Die Abwässer von Ebreichsdorf werden vom PS Nord zur Kläranlage gepumpt.

4.2 Projektumfang und -ziele

Für das Ortsgebiet Ebreichsdorf wurde seitens der Behörde im Jahr 1997 die Anpassung der Mischwasserbehandlung gefordert. Zur gleichen Zeit begann der Magna Konzern seine Vorhaben (Kugel, Racino, ...) zu formulieren, was eine extreme Planungsunsicherheit für die Mischwasserbehandlung Ebreichsdorf bewirkte. Letztlich wurde mit der Behörde vereinbart, die erforderlichen Anpassungen der Mischwasserbehandlung erst nach dem Erscheinen des neuen ÖWAV Regelblattes 19 vorzunehmen. Im Rahmen des gegenständlichen Forschungsprojekts werden daher ausschließlich die Mischwassersysteme von Ebreichsdorf und Weigelsdorf untersucht.

Durch Messungen im Kanal und Simulationsberechnungen erwartete man sich Klarheit über die aktuellen Erfordernisse der Mischbehandlung und erhoffte sich ein wirtschaftliches Einsparungspotential infolge Optimierung der Mischwasserbehandlungsvolumina. Gleichzeitig sollten durch die Simulationsberechnungen aber auch die Erfordernisse für zukünftige Erweiterungsgebiete quantifiziert werden, um eine verbesserte Planungssicherheit zu erlangen und eine nachhaltige Mischwasserbehandlung für die kommenden Jahre sicherzustellen.

Die wesentlichen Arbeitsschritte hierfür waren:

- Durchführung einer Messkampagne zur Gewinnung von Kalibrierungsdaten
- Erstellung eines hydrologischen Abflussmodells
- Kalibrierung des Modells
- Berechnung des Weiterleitungswirkungsgrades nach dem ÖWAV Regelblatt 19 (2007)
- Vergleich verschiedener Ausführungsvarianten
- Festlegung zukünftiger Maßnahmen
- Schaffung von Grundlagen für die wasserrechtliche Beurteilung

4.3 Berechneter Mindestwirkungsgrad der Weiterleitung nach ÖWAV Regelblatt 19 (2007)

4.3.1 BESTIMMUNG DER MASSGEBLICHEN REGENSPENDE $r_{720,1}$

Für die Simulationsrechnungen wurde die Niederschlagsreihe 07110 Seibersdorf aus der Niederschlagsdatenbank NIEDA (hydro-IT, 2007) herangezogen. Die Reihe umfasst einen Zeitraum von 01.01.1983 bis 31.12.2006, das sind 24 Jahre. Die maßgebliche Regenspende $r_{720,1}$ beträgt 35,6mm/12h. Die Station Seibersdorf liegt ca. 10 km östlich des Ortszentrums von Ebreichsdorf in einer topografisch sehr ähnlichen Lage. Die Werte sind daher für das Einzugsgebiet repräsentativ, die vorliegende Reihe ist mit 24 Jahren sehr umfangreich.

4.3.2 AUSBAUGRÖSSE DER KLÄRANLAGE

Für Abwasserverbände gilt nach ÖWAV RBI. 19, Absatz 4.2.3 b;

„Bei Abwasserverbänden mit mehreren (kleinen) Ortschaften und einer zentralen Kläranlage ist es sinnvoll, den geforderten Mindestwirkungsgrad nicht anhand des Bemessungswerts der zentralen Kläranlage sondern anhand des Bemessungswerts (EW) der größten, zumindest teilweise im Mischsystem entwässerten Gemeinde im Einzugsgebiet der Kläranlage festzulegen.“

Die Kläranlage Ebreichsdorf ist für eine Ausbaugröße von 20.000 EW ausgelegt. Das untersuchte Mischsystem macht einen großen Teil des derzeitigen Einzugsgebietes aus. Zusätzlich sind einige Ortsteile im Trennsystem an die Kläranlage angeschlossen. Für die Berechnung des erforderlichen Wirkungsgrades wird die Ausbaugröße der Kläranlage (20.000 EW) herangezogen.

4.3.3 BERÜCKSICHTIGUNG ANGESCHLOSSENER GEBIETE MIT TRENNKANALISATION

Für Einleitungen von Trennkanalisationen in die Mischwasserkanalisation gilt nach ÖWAV RBI. 19, Absatz 4.1.3:

„Ist an die Mischkanalisation ein Teileinzugsgebiet mit Trennkanalisation angeschlossen, so ist der [...] ermittelte Mindestwirkungsgrad der Weiterleitung [...] um

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

maximal aber auf 65 % für gelöste Stoffe sowie 80 % für AFS zu erhöhen ...“.

Für das Mischsystem Ebreichsdorf wurde die Summe der an die Mischkanalisation angeschlossenen EW-Werte der Trennkanalisation bestimmt. Trenngebiete, die direkt zur Kläranlage geführt werden (ohne Entlastungsmöglichkeit), wurden nicht berücksichtigt. Daraus ergibt sich für den Bestand folgende Erhöhung des Mindestwirkungsgrades der Weiterleitung:

$$\text{Erhöhung } \eta = 5 \cdot \frac{1.572}{4.030} = 2,0 \%$$

Für das Bestandsnetz wurde folgender vorhandener Weiterleitungswirkungsgrad ermittelt:

		Soll	Ist	v
Wirkungsgrad gelöste Stoffe	η_R :	52,5	53,4	101,7
Wirkungsgrad abfiltrierbare Stoffe	η_{AFS} :	67,5	53,8	79,8

4.4 Grundlegendaten

Für das Projektgebiet liegt ein digitalisierter Bestandsübersichtslageplan des Kanalnetzes vor. Dieser wurde zur besseren Orientierung mit dem Orthofoto hinterlegt. Darüber hinaus kann auf umfangreiche Ausführungs- und Bestandspläne in Papierform zurückgegriffen werden.

Im Zuge des gegenständlichen Forschungsprojektes wurden die für die Simulationsberechnungen wesentlichen Messstellen und Anlagenteile nachkontrolliert und zeichnerisch digital aufbereitet.

Für die Stauraumkanäle im Bereich des Pumpwerks Nord / Süd wurde zusätzlich ein Nivellement durchgeführt, um die Sohlgefälle und damit das nutzbare Volumen zu ermitteln.

Die für das gegenständliche Forschungsprojekt erforderlichen Einzugs- und Abflussflächen wurden an Hand der zuvor beschriebenen Unterlagen und der luftbildunterlegten digitalen Katastermappe von Ebreichsdorf berechnet.

4.5 Messkampagne

4.5.1 ALLGEMEINES

Zur Gewinnung von Messdaten wurde im Zeitraum von März bis Juni 2008 eine Messkampagne mit mobilen Messgeräten im Ortsgebiet durchgeführt. Da nur eine begrenzte Menge an Messgeräten zur Verfügung stand, wurden einige Geräte nacheinander an mehreren Messstellen eingesetzt. Die Messstellen sind im Anhang (Pkt. 6) mit Übersichtsplänen und Messstellenskizzen detailliert dargestellt.

4.5.2 NIEDERSCHLAGSMESSUNGEN

Zur Messung des Niederschlags wurden akkubetriebene Niederschlagswippen eingesetzt, zu Kontrollzwecken wurden zusätzlich an jedem Standort einfache Messbehälter für die Niederschlagssumme aufgestellt, die im Rahmen der Wartung abgelesen und entleert wurden.

Konkret wurden zur Erfassung der Niederschlagsverteilung für das Projektgebiet zwei Niederschlagsmessungen temporär aufgestellt. Die Station 03 wurde am Flachdach des Rathauses situiert, die Station 04 bei der Vakuumstation des Erholungszentrums Weigelsdorf.

4.5.3 ABFLUSS- UND HÖHENSTANDSMESSUNGEN

Um das Abflussgeschehen im Kanal beurteilen zu können, wurden an ausgewählten Punkten Messgeräte eingebaut.

Am Pumpwerk Süd wurde im Gerinne, das durch das Pumpwerk Süd zum PW Nord führt, der gesamte Bereich südlich der Piesting erfasst (MP36). Zur genaueren Unterteilung wurde in der Feldgasse der Zulauf des Teilgebietes Zentrum erfasst (MP40). Weiters wurde ein Messgerät in der Bahnzeile an der Grenze zwischen den Teilgebieten Ost und Süd, (MP41) eingesetzt. Die Menge, die aus dem PW Weigelsdorf ins Teilgebiet Süd geleitet wird, wurde über Pumpenlaufzeiten und Pegelstände im PW Weigelsdorf ermittelt (MP51 und 52). Zusätzlich wurde kurzfristig eine Mengenummessung am Ende der Druckleitung (MP42) eingesetzt.

Der Zulauf aus dem Teilgebiet Nord wurde unmittelbar vor dem Pumpwerk gemessen (MP 37).

Die Weiterleitungsmengen des Pumpwerks Nord zur Kläranlage wurden aus den protokollierten Pumpenlaufzeiten und Pegelständen zurückgerechnet. Der Pegelstand wurde mit einer mobilen Pegelmessungen (MP33) erfasst. Die Laufzeiten der Pumpwerke (Ein- und Ausschaltzeiten) wurden aus Aufzeichnungen des Leitsystems der Kläranlage entnommen.

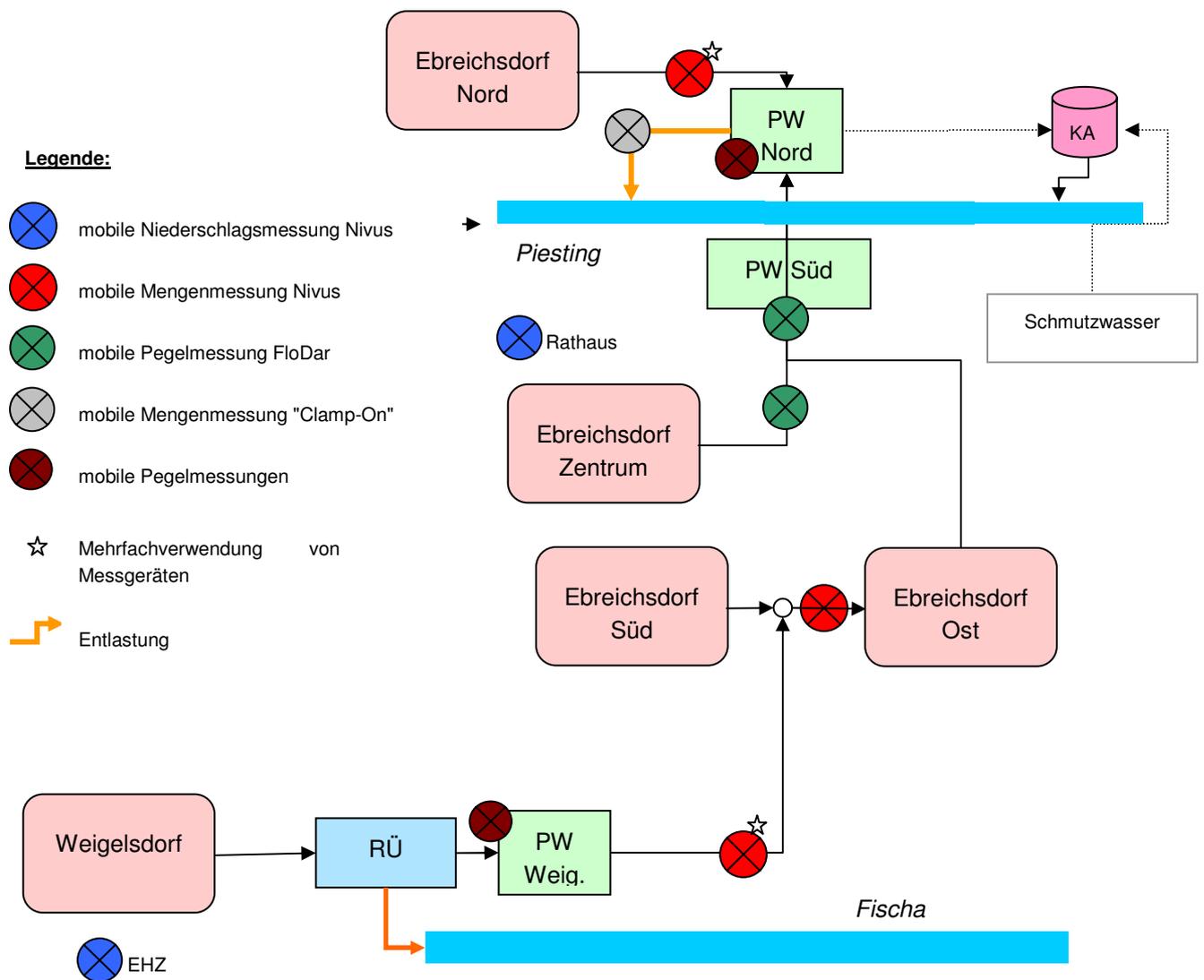


Abbildung 13 Messpunkte Ebreichsdorf

Die Entlastungsmengen der Mischwasserkanalisation Ebreichsdorf konnten am Pumpwerk Nord an den 3 Regenwasserpumpen erfasst werden. Dazu wurde mit einer Clamp-On-Messung die Durchflussmenge an einer Druckleitung gemessen (MP30). Über die Erfassung der Pegelstände der Regenwetterpumpenkammer (MP34) und die Pumpenlaufzeiten wurde die Gesamtmenge ermittelt.

Zumal am Pumpwerk Süd eine Entlastung nur stattfindet, wenn die Förderleistungen der RW-Pumpen im PW Nord nicht ausreichen und es infolgedessen zu einem Überlaufen der Durchlaufrinne im Pumpwerk Süd und zur Befüllung des Pumpwerks Süd kommt, dies jedoch in der Praxis kaum vorkommt, wurden die Pumpen im Pumpwerk Süd für den Zeitraum der Messkampagne abgeschaltet. Somit konnte die gesamte Entlastungsmenge im PW Nord erfasst werden.

4.5.4 PUMPWERKE

Die Laufzeiten der Pumpwerke (Ein- und Ausschaltzeiten) werden ins Leitsystem auf der Kläranlage übertragen und können dort abgerufen werden. Es war aber nicht möglich, die Daten digital zu exportieren. Deshalb wurden die Schaltzeiten der Regenwasserpumpen händisch abgeschrieben, um eine Kalibrierung zu ermöglichen.

4.5.5 ZULAUFDATEN KLÄRANLAGE

Die hydraulische Belastung der Kläranlage Ebreichsdorf wird über eine Ablaufmengenmessung erfasst. Da neben dem Zufluss vom Pumpwerk Nord (Mischgebiet) auch noch andere Teilgebiete direkt an die Kläranlage angeschlossen sind und der Abfluss aus diesem Gebieten nicht gesondert erfasst wird, konnte kein direkter Rückschluss von den gemessenen Kläranlagenzulaufmengen auf die Abflussmengen aus dem untersuchten Gebiet gezogen werden. Die aufgezeichneten hydraulischen Zulaufmengen und Schmutzfrachten wurden aber dafür verwendet, um die Trockenwetterabflussmenge aus der Messkampagne zu interpretieren.

Zumal die Zuläufe zur Kläranlage starken jahreszeitlichen Schwankungen unterliegen, wurde die Kläranlagenbelastung für den Zeitraum der Messkampagne speziell ausgewertet. Dabei hat sich gezeigt, dass im Zeitraum der Messkampagne nicht nur eine jahreszeitlich bedingte, sondern auch gegenüber dem langjährigen Schnitt deutlich geringere Kläranlagenbelastung beobachtet wurde.

Tabelle 12: Kläranlagenbelastung Ebreichsdorf März-Juni 2008

	hydraulische Belastung			Frachten		Rückrechnung EW		
	Monat	Monats-Summe*)	Tagesmittel TW	BSB5	CSB	hydr.	BSB5	CSB
2008			Q/12	Monats-mittel	Monats-mittel	<i>200</i> l/EW.d	<i>60</i> g/EW.d	<i>120</i> g/EW.d
	[m ³]	[m ³ /d]	[l/s]	[kg/d]	[kg/d]	[EW]	[EW]	[EW]
März	54.847	2.886,7	66,8	562	1103	14.433	9.367	9.192
April	61.240	2.662,6	61,6	648	1188	13.313	10.800	9.900
Mai	54.450	2.475,0	57,3	578	1194	12.375	9.633	9.950
Juni	33.635	2.802,9	64,9	640	1346	14.015	10.667	11.217
Mittel		2.706,8	62,7	607	1208	13.534	10.117	10.065

*) nur Trockenwettertage

Im Vergleich dazu lag die mittlere Kläranlagenbelastung in den Sommermonaten 2007 bei ca. 14.500 EW. Für die Festlegung des Schmutzwasserabflusses im Endausbauzustand wurden die Werte aus der Messperiode, die einen Zeitraum geringer Belastung umfasste, auf eine maximale Belastung hochgerechnet.

4.5.6 EINZELEINLEITER

Im Einzugsgebiet der Kläranlage sind keine größeren Einzeleinleiter vorhanden, die eine gesonderte Behandlung im Messprogramm erforderlich gemacht hätten.

4.5.7 MESSGERÄTE

4.5.7.1 Niederschlag

Für die Messung des Niederschlages wurden Messgeräte mit Niederschlagswippe angemietet. Die Datenaufzeichnung erfolgte über einen Datenlogger, die Datenauslesung mittels Kabelverbindung über Laptop. Dazu ist eine umständliche Konfiguration der Datenschnittstelle erforderlich, die bei manchen Ausleseversuchen zu Problemen führte. Die Energieversorgung erfolgte mit Akkus.

Zusätzlich zu den Niederschlagsmessungen mit Datensammler wurde an beiden Standorten eine einfache Messeinrichtung (Niederschlagswippe) aufgestellt. An diesem Gerät wurde der aufsummierte Niederschlag abgelesen und mit den gemessenen Daten verglichen. Die Genauigkeit dieser zusätzlichen Messung ist jedoch gering. Es konnte damit lediglich festgestellt werden, ob die Hauptmessung bei einem Ereignis überhaupt funktionierte.

Als weitere Überprüfungsmaßnahme wurde ein Niederschlagstrichter (Totalisator) aufgestellt, der bei jeder Auslesung abgelesen und entleert wurde. Damit war ebenfalls eine grundsätzliche Überprüfung der Hauptmessung möglich (siehe auch Messkampagne Donnerskirchen).

4.5.7.2 Abflussmessungen

Für die Abflussmessungen wurden bei kleineren Profilen Durchflussmessgeräte PCM Pro der Fa. Nivus angemietet. Die Messsonden wurden mit einer Spannvorrichtung im Kanal montiert. Es wurde einerseits die Fließgeschwindigkeit mit Ultraschall und andererseits der Wasserstand mit Ultraschall oder einer integrierten Drucksonde gemessen. Aufgrund der Lage der Sonde an der Kanalsohle kann es bei dieser Messanordnung an der Sonde selbst und am zuführenden Kabel zu Verzopfungen kommen, die bei einem kleinen Durchmesser durchaus auch einen Einstau des Kanals hervorrufen können. Die Auslesung erfolgte über eine Speicherkarte. Bis zu einem Wasserstand von 65 mm ist mit der Kombisonde keine Geschwindigkeitsmessung möglich. Standardmäßig wird in diesem Bereich mit Hilfe einer Q-h-Beziehung, die aus den vorangegangenen Messdaten errechnet wird, die Durchflussmenge nur errechnet. Da diese Umrechnung nicht gut nachvollziehbar ist und sich durch neue Daten auch ändern kann, wurde im Verlauf der Messungen diese Funktion deaktiviert (siehe auch Messkampagne Donnerskirchen).

Für Abflussmessungen in größeren Profilen wurden Radar-Messgeräte (FloDar, Fa. Marsh-McBirney) bei der Fa. UTEK angemietet. Damit werden berührungslos mittels Radarstrahl die Oberflächengeschwindigkeit und mittels Ultraschall der Wasserstand gemessen. Der Einbau erfolgte im Schacht, wobei die Messung samt Halterung fast den gesamten Schachtquerschnitt benötigt. Bei einem allfälligen Einbau an der Decke hätten Wasserstände im Bereich der Vollfüllung nicht mehr gemessen werden können. Die Auslesung erfolgt per Laptop, wobei es teilweise zu softwaretechnischen Problemen kam.

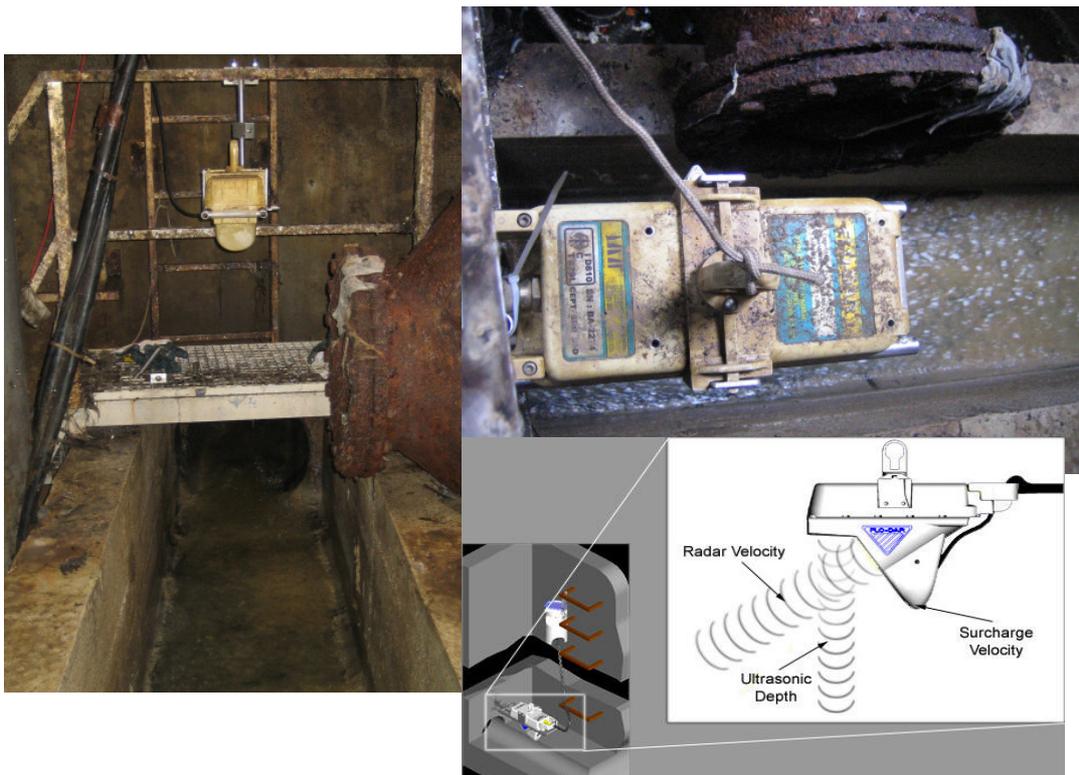


Abbildung 14: Mengenmessung Flo-Dar

Im Bereich des Pumpwerks Nord wurde eine Flexim Aufschnall - Laufzeitdifferenzmessung (Clamp-On) an der Druckleitung einer Regenwasserpumpe angebracht, um die Entlastungsmengen zu erfassen. Dazu waren ein Stromanschluss und ein trockener Aufstellort für den Datensammler erforderlich. Der ursprüngliche Plan, auch an den anderen Regenwasser-Druckleitungen zu messen, konnte nicht realisiert werden, da die Zugänglichkeit der anderen beiden Leitungen nicht gegeben war.

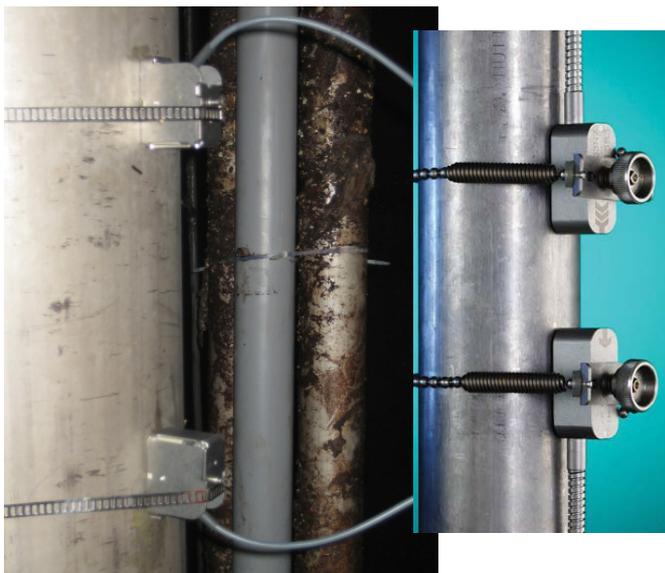


Abbildung 15: Mengenmessung FLEXIM

Zur Erfassung des Wasserstandes wurden Drucksonden des Typs Dipper von der Fa. Seba angemietet. Diese Geräte wurden in Führungsrohren in die Pumpwerke eingebaut. Anhand der Füll- und Entleerungszeiten wurden Rückschlüsse auf die Mengen gezogen. Die Messung ist sehr wartungsarm, da aufgrund der Datenkapazität und des geringen Stromverbrauchs weder Auslesungen noch Akkutauch erforderlich waren. Zu Kontrollzwecken wurden die Daten jedoch im gleichen Intervall (Minutenintervall) wie bei den anderen Geräten aufgezeichnet. Damit konnten die Pumpvorgänge recht gut erfasst werden. Eine Kombination mit den Daten der Pumpschaltzeiten war nicht möglich, weil diese zwar im Leitsystem der Kläranlage vorliegen, aber nicht exportiert werden konnten. Für die Regenwasserpumpen wurden die Zeiten händisch abgeschrieben und zur Auswertung der Entlastungsereignisse herangezogen.

Die Pegelmessungen mittels Drucksonden in den Pumpwerken lieferten zuverlässige Messwerte. Da zwei unterschiedliche Gerätetypen des gleichen Herstellers eingesetzt wurden, konnte zwar dieselbe Auslesesoftware verwendet werden, es war jedoch jeweils eine Änderung in der Schnittstellenkonfiguration erforderlich. Mit den Geräten des Typs Dipper4 konnte ein 1-Minuten-Intervall ohne weiteres gemessen werden. Bei den Geräten des Typs Dipper3 war der Speicherplatz vorerst nicht ausreichend, um eine Aufzeichnung mit diesem Messintervall über 2 Wochen zu ermöglichen. Dieses Problem konnte erst gelöst werden, indem ein Speicher sparender Modus gewählt wurde, der mehrere identische Messwerte zusammenfasst. Dieser Betrieb war beim Regenwasserpumpwerk und in einer Kammer des PW Weigelsdorf möglich, weil dort die Wasserstandsänderungen geringer sind. Die provisorische Befestigung in den Hüllrohren musste einmal nach einem Regenereignis wieder instand gesetzt werden.



Abbildung 16: Drucksonde SEBA Dipper

Folgende Geräte wurden für die Messkampagne Ebreichsdorf verwendet

<i>Bezeichnung</i>	<i>Firma</i>	<i>Anzahl</i>	<i>Herkunft</i>	<i>Daten</i>	<i>Energie</i>
Niederschlag	Nivus	2	Miete	Laptop	Akku
PCM Pro Menge	Nivus	3	Miete	Speicherkarte	Akku
FloDar	UTEK	2	Miete	Laptop	Batterie
Clamp-On Menge	UTEK	1	Miete	Speicherkarte	Netz
Drucksonde	Seba	4	Miete	Laptop	Batterie

4.5.8 MESSBETRIEB

4.5.8.1 Allgemeines

Die Geräte wurden von den Mitarbeitern der Büros Bichler&Kolbe und Flamisch gemeinsam mit Mitarbeitern der Stadtgemeinde Ebreichsdorf eingebaut und in Betrieb genommen. Die Auslesung und Wartung erfolgte durch die gleichen Personen. Das Wartungsintervall betrug grundsätzlich 2 Wochen. Vor allem in den Anfangsphasen waren aber häufigere Besuche erforderlich, da noch Schwierigkeiten mit den Messgeräten und der Messstelle auftraten. Erst als die Geräte, die Geräteeinstellungen und die Messstellen in einem optimalen Zustand waren, war ein zweiwöchiger Rhythmus möglich.

Vereinzelt traten Probleme mit den gemieteten Geräten auf. Diese konnten jedoch in Zusammenarbeit mit den Gerätelieferanten jeweils kurzfristig behoben werden, indem meist eine Komponente ausgetauscht wurde.

Sämtliche Arbeitsschritte (Einbau, Einstellung, Änderungen, Tausch von Komponenten usw.) wurden in Protokollen festgehalten. Als Zeiteinstellung wurde MEZ ohne Umstellung auf die Sommerzeit gewählt.

4.5.8.2 MP36

Der Messpunkt MP36 ist im Zulaufgerinne zum Pumpwerk Nord situiert. Dieses quert in einem offenen Rechteckgerinne das Pumpwerk Süd. Dort wurde zu Beginn eine PCM Pro Messung eingebaut. Aufgrund des großen Gefälles des Gerinnes und der daraus resultierenden Fließgeschwindigkeiten kam es durch die am Boden befestigte Sonde zu Verwirbelungen, ungünstigen Strömungsverhältnissen und lückenhaften Messergebnissen. Auch ein Staublech brachte keine Abhilfe. Deshalb wurde das Messsystem an dieser Stelle schließlich durch eine Radarmessung FloDar ersetzt. Mit dieser Messung konnten deutlich bessere Ergebnisse erzielt werden. Eine weitere Herausforderung bestand darin, die Wasserstandsmessung zu kalibrieren. Aufgrund der hohen Geschwindigkeit an dieser Stelle ist die Wasserstandshöhe sehr gering. Ein Fehler in der Kalibrierung des Höhenstandssensors wirkt sich deshalb sehr stark aus. Zusätzlich war die Sohle des Gerinnes uneben.

4.5.8.3 MP37

Der Messpunkt MP37 diente zur Erfassung des Zuflusses des Gebiets Nord zum Pumpwerk Nord. Das Nivus Messsystem PCM Pro wurde dafür zunächst direkt im Zufluss zum Pumpwerk installiert, der aus einem Rohr DN 600 besteht. Da dieses Rohr über ein großes Gefälle verfügt, waren an diesem Messquerschnitt sehr ungünstige und schwer zu messende Fließverhältnisse vorhanden. Der Einbau einer Staublende bewirkte zwar einen Aufstau und eine Verlangsamung des Abflusses vorwiegend an der Oberfläche, wo ein ruhiger und gleichmäßiger Abfluss im Bereich der Messung und davor beobachtet werden konnte. Der Wasserstand bei Trockenwetterabfluss schwankte von wenigen cm bis auf ca. 15 cm. Im Bereich der Messsonde an der Sohle waren die Strömungsverhältnisse aber weiterhin ungünstig, so dass nur zeitweise brauchbare Messergebnisse zustande kamen. Deshalb wurde die Messung schließlich um eine Haltungslänge

verschoben. An der neuen Einbaustelle ist ein Schacht vorhanden, an dem zwei Kanäle zusammenfließen und beide eine Richtungsänderung von ca. 90° aufweisen. Daher wurde die Messung so weit wie möglich in Fließrichtung vom Schacht weg situiert. Im Eiprofil wurde die Sondenhalterung wieder mittels Dübel befestigt. An dieser Messstelle konnten letztendlich wesentlich bessere Ergebnisse erzielt werden.

4.5.8.4 MP40

Am Messpunkt MP40 in der Feldstraße wurde mit dem Radar-Messsystem FloDar über den gesamten Zeitraum gemessen. Abgesehen von einer Phase, in der aufgrund von Softwareproblemen im Datensammler keine Aufzeichnung erfolgte, war hier ein zuverlässiger Messbetrieb möglich.

4.5.8.5 MP41

Am Messpunkt MP41 in der Bahnzeile wurde ein großer Sammler gemessen. Zunächst war an dieser Messstelle auch ein FloDar im Einsatz. Dieser wurde jedoch dann in weiterer Folge gegen einen PCM Pro getauscht, da sich die Radarmessung hier offenbar im Grenzbereich der Reichweite der Messsonden befand, wodurch hier keine zuverlässigen Messwerte erfasst werden konnten. Die danach montierte PCM Pro Sonde wurde aufgrund der Größe des Profils (Ei 100/150) nicht mit dem mitgelieferten Spannsystem eingebaut, sondern stattdessen mit dem unteren Teil der Befestigungseinheit an der Profilwand angedübelt.

4.5.8.6 MP42

Der Messpunkt MP42 war nach der Ausmündung der Druckleitung des Pumpwerks Weigelsdorf situiert. Aufgrund der hohen Pumpenleistung und der geringen Entleerungszeit war hier keine brauchbare Messung möglich. Die kurzen Intervalle hätten so kurze Messintervalle erforderlich gemacht, dass die Standzeit des Akkus auf wenige Tage reduziert worden wäre, was zu sehr häufigen Wartungseinsätzen geführt hätte. Deshalb wurde die Messung an eine andere Stelle transferiert.

4.6 Messdaten

4.6.1 ALLGEMEINES

Die Messdaten wurden per Laptop bzw. Speicherkarte ausgelesen bzw. gesammelt. Je nach Messgerät waren verschiedene Softwarewerkzeuge erforderlich, um die Daten auszulesen. Die Originaldaten der Messgeräte können meist nur mit einer Spezialsoftware ausgelesen werden. Diese Programme verfügen zu meist auch über Funktionen zur Auswertung und Darstellung der Daten. Hier wurden sie aber nur dafür benutzt, um die jeweiligen Daten in ein lesbares Textformat zu exportieren. Einzig die Messdaten der Mengemessungen Nivus PCM Pro können per Speicherkarte ausgelesen und direkt im Textformat dargestellt und weiterverarbeitet werden.

Die im Textformat vorliegenden Daten mussten teilweise noch händisch nachbearbeitet werden. Das Handling der Daten vom Messgerät bis zur endgültigen Auswertung ist ein aufwendiger

Prozess, der auch sehr fehleranfällig ist. Vor allem bei Verwendung verschiedener Messgeräte ist dieser Vorgang oftmals sehr kompliziert, weil mit sehr unterschiedlichen Formaten gearbeitet werden muss.

Alle Messdaten wurden schließlich in eine spezielle Datenauswertungssoftware (FlexPro) importiert und dort dann ausgewertet und analysiert.

4.6.2 NIEDERSCHLAGSDATEN

Die Niederschlagsdaten wurden in Minutenaufösung gemessen. Für die Auswertung wurden sie jedoch zu 5-Minuten Summen aggregiert. Für die Analyse wurden Niederschlagsereignisse abgegrenzt und für diese Ereignisse Ganglinien und Summenlinien erzeugt. Weiters wurden Summenlinien für die gesamte Messperiode erzeugt.

4.6.3 TROCKENWETTERABFLUSS

Zur Ermittlung des Trockenwetterabflusses wurden die Messdaten zu Tagesganglinien zusammengefasst und als Kurvenschar dargestellt. Für jede Uhrzeit wurde der Trockenwetterabfluss als 45 %-Quantil aller Werte errechnet (ergibt sich aus der Annahme, dass ca. 10 % der Werte Regenabfluss beinhalten) und mittels gleitender Mittelwertbildung geglättet.

4.6.4 ABFLUSSMENGE

Wasserstand, Menge und Geschwindigkeit wurden in Form von Ganglinien dargestellt und mit den Niederschlagsdaten und der Trockenwetterganglinie kombiniert. Zusätzlich wurden alle Messpunkte einer Messstelle in Q-h-Diagrammen dargestellt. Teilweise wurde die mit der Formel von Prandtl-Colebrook ermittelte Q-h-Beziehung dargestellt. Mit dieser berechneten Kurve wurden auch Ganglinien für die rechnerische Menge erzeugt. Durch Vergleich dieser Kurven kann die Plausibilität der gemessenen Werte überprüft werden.

4.7 Modellerstellung

Auf Basis der vorliegenden Daten wurden folgende Strukturen identifiziert:

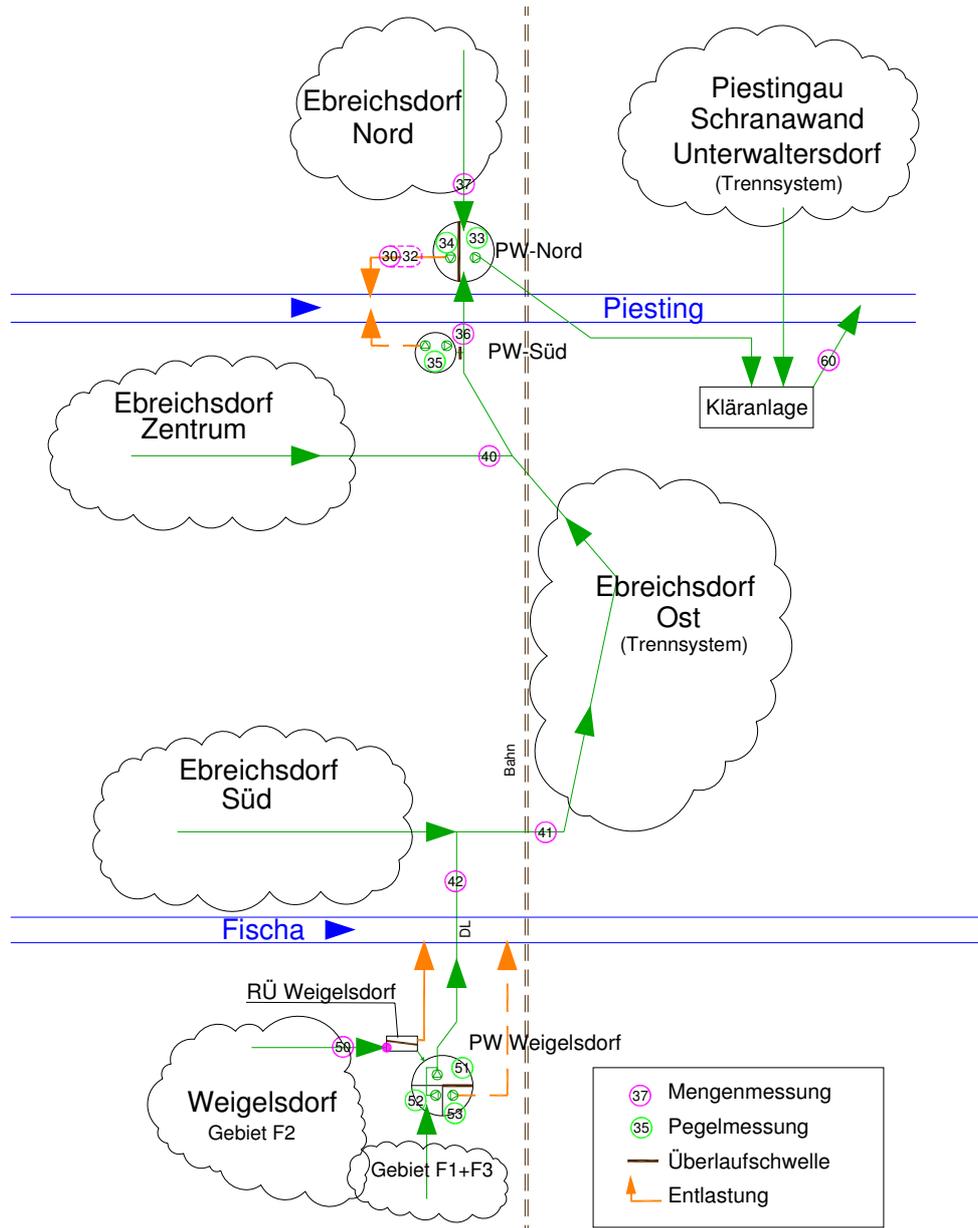


Abbildung 17: System Ebreichsdorf

Aus den Daten wurde mit dem Simulationsprogramm KOSIM (itwh) das im Nachfolgenden dargestellte hydrologische Modell erstellt:

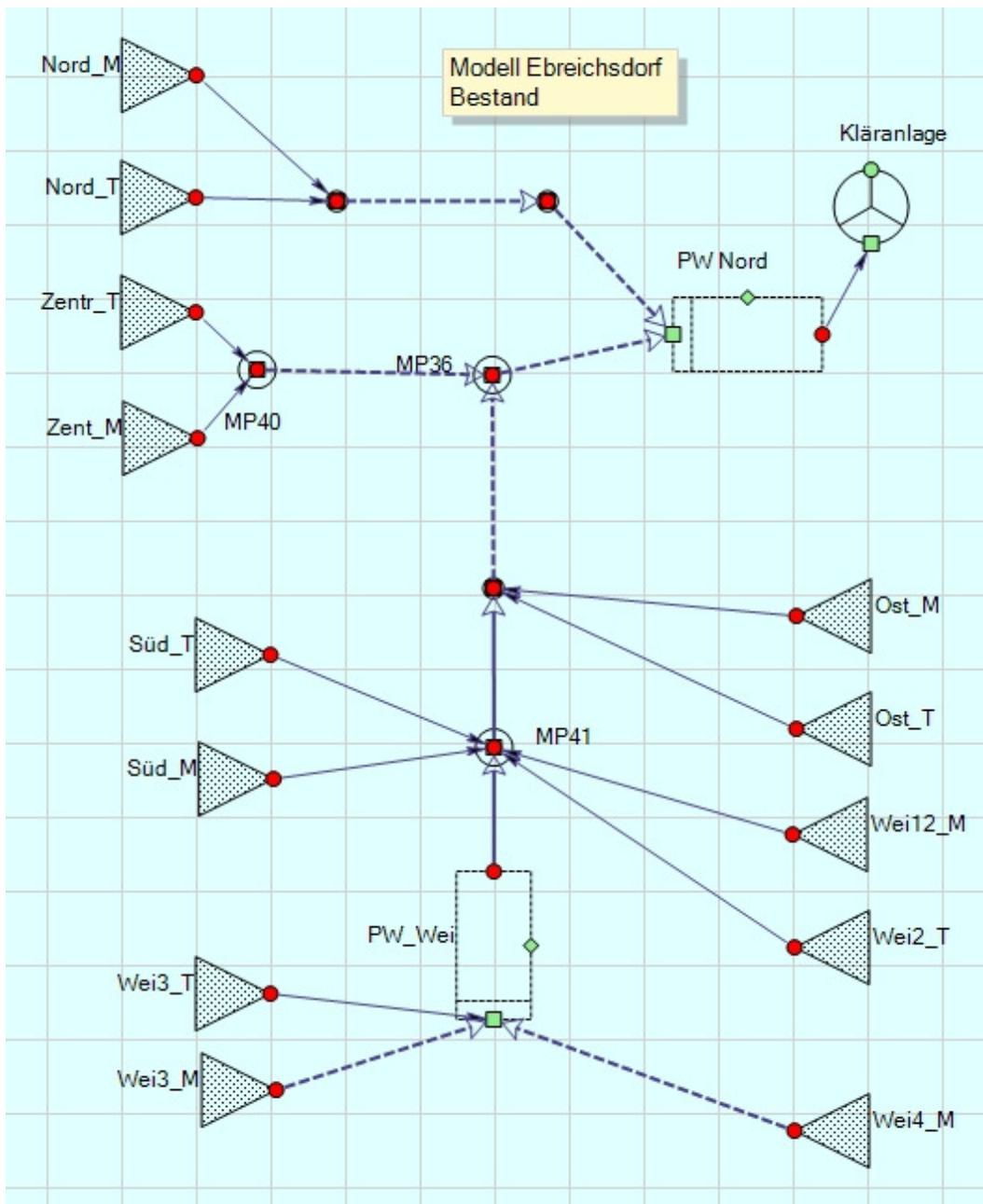


Abbildung 18: Abflussmodell Ebreichsdorf – Bestand

Die Einzugsgebietsflächen wurden mit Hilfe eines Kanalplanes und einer Orthofotokarte abgegrenzt (siehe Beispiel) und die einzelnen Flächen mittels CAD ermittelt. Aufgrund des Orthofotos und der Ortskenntnisse wurde für die einzelnen Bereiche ein Ausbaugrad festgelegt, der aussagt, welcher Anteil der Fläche bereits verbaut und somit abflusswirksam ist.

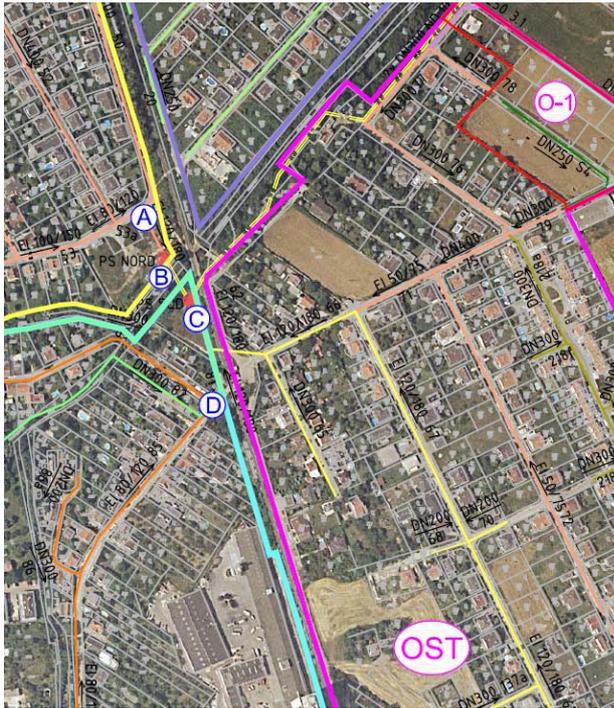


Abbildung 19: Flächenermittlung Ebreichsdorf – Orthofotokarte

Die Pumpwerke wurden nach den vorliegenden Daten (Pumpentype, Kennlinie, Bauwerksabmessungen) im Modell abgebildet.

Die vorhandenen großen Eiprofile wurden als Stauraumkanäle ins Modell aufgenommen (in der Systemskizze strichliert gekennzeichnet). Die Kanalabschnitte wurden mit ihren tatsächlichen Maßen (Länge, Höhenlage, Profil, Gefälle) ins Modell eingegeben. Aus dem Wasserstand im darunter liegenden Pumpwerk ergibt sich ein Rückstau in die jeweiligen Kanäle, die dadurch als Speicher wirken.

An einigen Stellen wurden zusätzliche Knoten eingefügt, um an dieser Stelle in der Simulationsberechnung Ganglinien ausgeben zu können, die den Messdaten gegenübergestellt wurden.

Jene Teilgebiete aus den Trenngebieten, deren Schmutzwasserkanäle direkt in die Kläranlage münden, wurden nicht ins Modell aufgenommen, da sie keinen Einfluss auf den Weiterleitungswirkungsgrad haben.

4.8 Modellkalibrierung

4.8.1 NIEDERSCHLAGSEREIGNISSE

Aus den Messdaten der Niederschlagsmessungen während der durchgeführten Messkampagne wurden folgende Niederschlagsereignisse herausgefiltert:

Tabelle 13: Niederschlagsereignisse Ebreichsdorf

Ereignis	Dauer	Niederschlag 03	Niederschlag 04	Anmerkung
20080314	16 h	8,2 mm	9,5 mm	Gleichmäßig
20080323	14 h	14,2 mm	11,5 mm	Gleichmäßig
20080421	4 h	18,2 mm	17,9 mm	Gleichmäßig
20080422	6 h	17,3 mm	9,5 mm	NS 03 stärker
20080505	24 h	12,2 mm	10,5 mm	1 große u. 4 kleine Spitzen
20080518	16 h	8,8 mm	6,0 mm	Gleichmäßig
20080520	30 h	27,2 mm	21,8 mm	3 Spitzen, gleichmäßig
20080603	12 h	26,3 mm	18,5 mm	stärkere Spitze bei NS 03
20080604	24 h	39,4 mm	38,4 mm	Gleichmäßig
20080606	20 h	4,1 mm	6,5 mm	2 bzw. 3 Spitzen
20080607	24 h	4,0 mm	6,5 mm	Ungleichmäßig
20080623	24 h	9,7 mm	12,2 mm	ungleichmäßig, 2 Ereignisse
20080625	3 h	8,3 mm	4,9 mm	NS 03 stärker, Verlauf ähnlich
20080626	14 h	33,8 mm	24,3 mm	NS 03 stärker, Verlauf ähnlich

Die Niederschlagsdaten bzw. Summenlinien der Ereignisse sind im Anhang (Pkt. 7) grafisch dargestellt.

Für das erste Basismodell wurden die Befestigungsgrade aus den bereits vorhandenen Planungsunterlagen übernommen. Daraus ergaben sich für die einzelnen Teilgebiete folgende befestigte Flächen:

Tabelle 14: Eingangsdaten Modell Ebreichsdorf – Plandaten

Gebiet	System	Fläche	Ages	ψ	A _{bef}	A _{unbef}
			[ha]		[ha]	[ha]
Nord	M	Nord	35,39	30%	10,62	24,77
Zentr	M	Z1	6,51	30%	1,95	4,56
		Z2	3,36	30%	1,01	2,35
		Z3	5,90	30%	1,77	4,13
		Z4	48,07	30%	14,42	33,65
Ost	T	O1	1,77	0%	0,00	1,77
		O2	5,37	0%	0,00	5,37
		O3	38,31	0%	0,00	38,31
Süd	M	S1	4,37	30%	1,31	3,06
		S2	58,53	30%	17,56	40,97
Wei12	QM	Wei1	2,01	5%	0,10	1,91
		Wei2	6,12	5%	0,31	5,81
Wei3	M	Wei3	91,84	30%	27,55	64,29
Summe			307,55		76,60	230,95

Die befestigte Fläche betrug nach diesem Ansatz 76,6 ha.

Aus den gemessenen Daten wurden Trockenwetterganglinien für alle Messpunkte ermittelt und daraus Trockenwetterabflussspenden für die einzelnen Gebiete rückgerechnet.

Mit den gemessenen Niederschlagswerten wurden Simulationsrechnungen durchgeführt und die berechneten Abflussganglinien mit den simulierten Werten überlagert. Es zeigte sich, dass die berechneten Mengen deutlich zu hoch waren. Deshalb wurden die Befestigungsanteil entsprechend reduziert.

Im Modell erfolgt die Entlastung im Pumpwerk Nord relativ kontinuierlich. In Wirklichkeit ergibt sich durch den Pumpensumpf und die Förderleistung ein sehr unstetiger Volumenstrom. Mit Hilfe der Clamp-On-Messung wurde zwar an einer der drei Pumpendruckleitungen der Durchfluss gemessen, aufgrund der sehr kurzen Laufzeiten, die sich zwischen Einschalt- und Ausschaltwasserspiegel ergeben, war jedoch damit eine zuverlässige Bestimmung der Entlastungsmengen nur bedingt möglich. Deshalb wurde die Modellkalibrierung für die Entlastung in erster Linie auf Häufigkeit und Dauer der Entlastungen durchgeführt. Aus den Ganglinien ist zu entnehmen, dass die Zeiträume, in denen entlastet wurde, bei den Messungen und den Simulationen nahezu deckungsgleich sind.

Die Modellparameter wurden so lange variiert, bis eine ausreichende Übereinstimmung von simulierten und gemessenen Werten über alle wesentlichen Niederschlagsereignisse an allen Messpunkten erzielt werden konnte. Weiters wurden die Messdaten der einzelnen Messungen untereinander verglichen und auf Plausibilität überprüft. Die Ganglinien finden sich im Anhang (Pkt. 9).

Im Zuge der Kalibrierung wurden auch noch genauere Erhebungen zu den Flächen durchgeführt, was auch eine geringfügige Veränderung der Flächenaufteilungen und der Gesamtfläche zur Folge hatte.

Als Ergebnis der Kalibrierung ergaben sich für die einzelnen Teilgebiete folgende Werte:

Tabelle 15: Eingangsdaten Modell Ebreichsdorf

Gebiet	Sys	Fläche	Ages'	Ausbau	Ages	EW	Qs	Qf	Qt	ψ	A _{bef}	A _{unbef}
			[ha]		[ha]		[l/s]	[%]	[l/s]		[ha]	[ha]
Nord_T	T	N1	1,52	60%	0,91	16	0,01	75	0,02			0,91
Nord_M	M	N2	33,87	98%	33,19	576	1,99	75	3,49	9%	2,99	30,21
	M	N3	6,82	80%	5,46	95	0,33	75	0,57	9%	0,49	4,96
Zent_T	T	Z1	6,51	4%	0,26	6	0,02	75	0,04			0,26
	T	Z2	3,36	65%	2,18	52	0,17	75	0,31			2,18
Zent_M	M	Z3	5,90	95%	5,61	132	0,45	75	0,78	15%	0,84	4,76
	M	Z4	48,07	98%	47,11	1112	3,77	75	6,60	22%	10,36	36,74
Ost_T1	T	O1	1,77	100%	1,77	21	0,07	75	0,12			1,77
	T	O2	5,37	80%	4,30	51	0,17	75	0,30			4,30
	T	O3	10,50	0%	0,00	0	0,00	75	0,00			0,00
Ost_T2	T	O4	38,31	98%	37,54	443	1,50	75	2,63	0%	0,00	37,54
Süd_T	T	S1	4,37	60%	2,62	46	0,10	75	0,18			2,62
	T	S2	3,04	0%	0,00	0	0,00	75	0,00			0,00
Süd_M	M	S3	58,53	98%	57,36	1002	3,44	75	6,02	7%	4,02	53,34
We1	M	W1	2,01	98%	1,97	39	0,12	75	0,21	3%	0,06	1,91

Wei2_M	M	W2.1	6,15	98%	6,03	117	0,36	75	0,63	3%	0,18	5,85
Wei2_T	T	W2.2	0,54	0%	0,00	0	0,00	75	0,00			0,00
Wei3_M	M	W3.1-2	36,78	98%	36,04	610	2,16	75	3,78	5%	1,80	34,24
Wei3_T	T	W3.3-9	47,95	83%	39,83	684	1,59	75	2,79			39,83
Wei4_M	M	W3.10	35,00	98%	34,30	600	2,06	75	3,60	5%	1,72	32,59
Summe			356,37		316,48	5602	18,33		32,07		22,46	294,03

Auffälligstes Ergebnis ist die Reduktion der befestigten Flächen von 76,6 auf 22,5 ha, was einer Reduktion um ca. 70 % entspricht.

4.9 Unsicherheiten

Aufgrund der vorhandenen Messstellendichte ist bei der Modellierung des Oberflächen- und Kanalabflusses eine hohe Genauigkeit gegeben.

Mit etwas höherer Unsicherheit sind die Drosselabflüsse behaftet, die sich im vorliegenden Modell aus der Förderleistung der Pumpen ergeben. Da keine direkte Messung an der Druckleitung erfolgte, konnte die Menge nur indirekt bestimmt werden. Aus den Daten des Pumpwerks, der Pumpen und der Transportleitung wurde die Förderleistung rückgerechnet, wobei auch die folgenden Parameter Einfluss auf die Genauigkeit haben:

- Wasserstand im Pumpwerk (verändert die Förderhöhe)
- Anzahl der in Betrieb befindlichen Pumpen (1 oder 2)
- Verwendete Druckleitung (im PW Nord existieren 3 Pumpen und 2 Druckleitungen. Je nachdem, welche Pumpen in Betrieb sind, können 2 Pumpen in eine gemeinsame oder in getrennte Leitungen fördern)

Aufgrund der zusätzlichen Überprüfungen (Rückrechnung aus der Entleerungsdauer, Vergleich der gemessenen und simulierten Entlastungszeiträume) ist für die Modellierung eine ausreichende Genauigkeit gegeben. Für einen möglichen gesteuerten Betrieb der Pumpwerke (Bewirtschaftung der Speicherräume) sind aber zusätzliche Messeinrichtungen erforderlich, um die Förderleistung der Pumpen exakt zu erfassen.

Für den Bereich Weigelsdorf ist die Datendichte deutlich geringer, weil hier aufgrund der Gegebenheiten (wenig befestigte Fläche, großer Speicherkanal) keine Maßnahmen erforderlich sind und hier auch nur wenige Messsysteme eingesetzt wurden.

4.10 Berechnungsergebnisse

4.10.1 NIEDERSCHLAGSBELASTUNG

Für die Simulationsrechnungen wurden die Niederschlagsreihe 07110 Seibersdorf aus der Datenbank NIEDA herangezogen. Die Reihe umfasst den Zeitraum von 01.01.1983 bis 31.12.2006, das sind 24 Jahre. Der maßgebliche Regenspende $r_{720,1}$ beträgt 35,6 mm/12h. Die Station Seibersdorf liegt ca. 10 km östlich des Ortszentrums von Ebreichsdorf in einer topografisch sehr ähnlichen Lage im südlichen Wiener Becken. Die Werte sind daher für das Einzugsgebiet repräsentativ, die vorliegende Regenreihe ist mit 24 Jahren sehr lange.

4.10.2 SPEICHERVOLUMEN

Im System ist derzeit folgendes Speichervolumen vorhanden:

Pumpensumpf Pumpwerk Nord:	40 m ³
Pumpensumpf Pumpwerk Weigelsdorf:	60 m ³
Stauraumkanal Weigelsdorf	<u>330 m³</u>
Summe	430 m ³

Da das Speichervolumen aber größtenteils in Weigelsdorf zur Verfügung steht, wo nur ein geringer Anteil an befestigten Flächen angeschlossen ist, wird es nicht besonders gut ausgenutzt.

4.10.3 BESTAND

Aufbauend auf den Ergebnissen der Kalibrierung wurde mit dem Modell des Bestandsnetzes eine Simulation mit der in Kapitel 4.10.1 beschriebenen Niederschlagsbelastung durchgeführt. Diese Simulation gibt den Zustand zum Zeitpunkt der Messkampagne (März-Juni 2008) wieder. Bei anderen Trockenwetterabflussmengen weicht der Weiterleitungswirkungsgrad von den in der Tabelle 16 dargestellten Ergebnissen ab. Für das Bestandsnetz ergaben sich folgende Werte:

Tabelle 16: Simulationsergebnisse Modell Ebreichsdorf - Bestand

Einzugsgebiet	EW	A _{ges} [ha]	A _u [ha]	Q _{T,d} l/s	Q _{t,x} l/s	
Mischsystem	4.030	227,06	22,46	25,68	29,65	
Trennsystem	1.572	89,86	0	6,41	7,39	
Gesamt	5.602	316,92	22,46	32,09	37,04	
größte Gemeinde	20.000	EW		Kläranlage	20.000	
Mindestwirkungsgrade		gelöste Stoffe		abfiltrierbare Stoffe		
lt. Tabelle 1 & 2		[%]		[%]		
Wirkungsgrad ohne Zuschlag		50,5		65,5		
Zuschlag Trennsystem		2,0		2,0		
Wirkungsgrad		52,5		67,5		
Simulationsergebnisse						
Regenabfluss		VQ _R :	85.148 [m ³ /a]	Zulässig:		
Entlastungsmenge		VQ _E :	39.703 [m ³ /a]	40.459 [m ³ /a]		
Wirkungsgrad gelöste Stoffe		η _R :	53,4 [%]			
Absetzwirkung						
lt. Tabelle 3	V _{ges} [m ³]	A _u [ha]	V _{spez} [m ³ /ha]	VQ _E [m ³ /a]	η _{SED} [%]	Reduktion [m ³ /a]
Wirbelabscheider	0	0,0	0,0		0,0	0,0
Durchlaufbecken	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0
Staukanal m.u.l.E	330	1,96	168,4	801	50,0	400,5
Summe	330					400,5
Wirkungsgrad abfiltrierbare Stoffe		η _{AES} :	53,8 [%]			
Zusammenfassung			Soll	Ist	u	
Wirkungsgrad gelöste Stoffe		η _R :	52,5	53,4	101,7	
Wirkungsgrad abfiltrierbare Stoffe		η _{AES} :	67,5	53,8	79,8	

Der geforderte Wirkungsgrad für gelöste Stoffe wird knapp erreicht, der für abfiltrierbare Stoffe deutlich unterschritten. Es sind daher auf jeden Fall Maßnahmen erforderlich.

4.10.4 ENDAUSBAU

Für den Endausbauzustand wurden die ermittelten Werte auf einen Maximalzustand hochgerechnet. Dazu wurden die vorhandenen Teilgebiete aufgrund des ermittelten Verbauungsgrades auf einen Endausbau hochgerechnet. Alle langfristig möglichen Erweiterungsflächen wurden mit einbezogen, wobei die neu aufgeschlossenen Gebiete im Trennsystem entwässern. Deshalb kommt es bei der befestigten Fläche nur zu geringfügigen Steigerungen. Beim Trockenwetterabfluss wurden die vorhanden Schwankungen berücksichtigt. Daraus ist abzuleiten, dass der Zufluss während der Messkampagne unterdurchschnittlich war. Der maximale Trockenwetterabfluss wurde daher auf den Ausbauwert der Kläranlage abgestimmt. Für das gesamte Einzugsgebiet der Kläranlage inklusive der extra angeschlossenen Trennsysteme beträgt der mittlere Trockenwetterabfluss 120 l/s. Für das Einzugsgebiet des vorliegenden Modells ergeben sich daher folgende Daten:

Tabelle 17: Eingangsdaten Modell Ebreichsdorf - Endausbau

Gebiet	Sys	Fl.	Ages'	Ausb.	Ages	EW	Qs	Qs	Qf	Qt	ψ	A _{bef}	A _{unbef}
			[ha]		[ha]		[l/s.ha]	[l/s]	[%]	[l/s]		[ha]	[ha]
Nord_T	T	N1	1,52	100%	1,52	35	0,08	0,12	75	0,21			1,52
Nord_M	M	N2	33,87	100%	33,87	786	0,08	2,71	75	4,74	9%	3,05	30,82
	M	N3	6,82	100%	6,82	158	0,08	0,55	75	0,95	9%	0,61	6,21
Zent_T	T	Z1	6,51	100%	6,51	172	0,10	0,65	75	1,14			6,51
	T	Z2	3,36	100%	3,36	89	0,10	0,34	75	0,59			3,36
Zent_M	M	Z3	5,90	100%	5,90	156	0,10	0,59	75	1,03	15%	0,89	5,02
	M	Z4	48,07	100%	48,07	1273	0,10	4,81	75	8,41	22%	10,58	37,49
Ost_T1	T	O1	1,77	100%	1,77	42	0,06	0,11	75	0,19			1,77
	T	O2	5,37	100%	5,37	128	0,06	0,32	75	0,56			5,37
	T	O3	10,50	100%	10,50	250	0,06	0,63	75	1,10			10,50
Ost_T2	T	O4	38,31	100%	38,31	913	0,06	2,30	75	4,02	0%	0,00	38,31
Süd_T	T	S1	4,37	100%	4,37	105	0,06	0,26	75	0,46			4,37
	T	S2	3,04	100%	3,04	73	0,06	0,18	75	0,32			3,04
Süd_M	M	S3	58,53	100%	58,53	1404	0,08	4,68	75	8,19	7%	4,10	54,43
Wei1	M	W1	2,01	100%	2,01	61	0,08	0,16	75	0,28	3%	0,06	1,95
Wei2_M	M	W2.1	6,15	100%	6,15	168	0,08	0,49	75	0,86	3%	0,18	5,97
Wei2_T	T	W2.2	0,54	100%	0,54	15	0,08	0,04	75	0,08			0,54
Wei3_M	M	W3.1-2	36,78	100%	36,78	985	0,08	2,94	75	5,15	5%	1,84	34,94
Wei3_T	T	W3.3-9	47,95	100%	47,95	1092	0,06	2,88	75	5,03			47,95
Wei4_M	M	W3.10	35,00	100%	35,00	650	0,08	2,80	75	4,90	5%	1,75	33,25
Summe			356,37		356,37	8555		27,56		48,23		23,05	333,32

Zusätzlich wird im Endausbau-Modell auch das Erweiterungsgebiet Nord berücksichtigt. Für zukünftige Einleitungen im Trennsystem sind in der Ausbauplanung der Kläranlage 27,7 l/s Trockenwetterzufluss vorgesehen. Die Einleitung soll über eine eigene Transportleitung in die Kläranlage oder über das Kanalnetz des Einzugsgebietes Nord und das Pumpwerk Nord erfolgen.

Für den Endausbauzustand ohne zusätzliche Mischwasserspeicherung und ohne Einleitung der Erweiterungsgebiete Nord ergeben sich folgende Weiterleitungswirkungsgrade:

Tabelle 18: Simulationsergebnisse Modell Ebreichsdorf - Endausbau

Einzugsgebiet	EW	A_{ges} [ha]	A_u [ha]	$Q_{T,d}$ l/s	$Q_{t,x}$ l/s	
Mischsystem	5.641	233,14	23,06	34,53	39,86	
Trennsystem	2.914	123,24	0	13,7	15,82	
Gesamt	8.555	356,38	23,06	48,23	55,68	
größte Gemeinde	20.000	EW		Kläranlage	20.000 EW	
Mindestwirkungsgrade		gelöste Stoffe		abfiltrierbare Stoffe		
lt. Tabelle 1 & 2		[%]		[%]		
Wirkungsgrad ohne Zuschlag		50,5		65,5		
Zuschlag Trennsystem		2,6		2,6		
Wirkungsgrad		53,1		68,1		
Simulationsergebnisse						
Regenabfluss		VQ_R :	87.608 [m³/a]	Zulässig:		
Entlastungsmenge		VQ_E :	49.186 [m³/a]	41.074 [m³/a]		
Wirkungsgrad gelöste Stoffe		η_R :	43,9 [%]			
Absetzwirkung						
lt. Tabelle 3	V_{ges} [m³]	A_u [ha]	V_{spez} [m³/ha]	VQ_E [m³/a]	η_{SED} [%]	Reduktion [m³/a]
Wirbelabscheider	0	0,0	0,0		0,0	0,0
Durchlaufbecken	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0
Staukanal m.u.l.E	330	1,99	165,8	868	50,0	434,0
Summe	330					434,0
Wirkungsgrad abfiltrierbare Stoffe		η_{AFS} :	44,4 [%]			
Zusammenfassung			Soll	Ist	ν	
Wirkungsgrad gelöste Stoffe		η_R :	53,1	43,9	82,6	
Wirkungsgrad abfiltrierbare Stoffe		η_{AFS} :	68,1	44,4	65,1	

Wie zu erwarten sinkt im Endausbauzustand der Wirkungsgrad weiter ab.

Um die Vorgaben des ÖWAV Regelblattes 19 (2007) einzuhalten, wurden nun folgende verschiedenen Maßnahmen in Betracht gezogen und ihre Auswirkung auf das Mischwassersystem mittels Modellrechnung untersucht:

- Reduktion des Drosselabflusses vom Pumpwerk Weigelsdorf, um das dort vorhandene Speichervolumen besser zu nutzen,
- Erhöhung der Überlaufschwelle beim Pumpwerk Nord, um die Stauraumkanäle im Bereich des Pumpwerks zu aktivieren,
- Zusätzliche Stauhaltung im Pumpwerk Süd, um die höher liegenden Stauraumkanäle in diesem Bereich besser zu nutzen,
- Einleitung von zusätzlichen Schmutzwassermengen, um die Auswirkung von Erweiterungen im Trennsystem zu untersuchen

- Erhöhung der Pumpmenge im Pumpwerk Nord, um die zusätzlichen Schmutzwassereinleitungen zu kompensieren und
- Errichtung von Mischwasserüberlaufbecken anstelle der Nutzung der Stauraumkanäle (nur als Vergleichsberechnung).

Die Ergebnisse der Simulationsrechnungen sind in der folgenden Tabelle 19 zusammengefasst. Das dort angegebene Volumen erhöht das in Kapitel 4.10.2 beschriebene vorhandene Volumen.

Tabelle 19: Übersicht Simulationsergebnisse Ebreichsdorf

RL	Qdr Weig [l/s]	Qdr PWNord [l/s]	Nord SW [l/s]	Nord Schw. [müA]	Nord Vol [m3]	Süd Schw. [müA]	Süd Vol [m3]	η_R Ist [%]	η_R Soll [%]	ν_R	η_{abf} Ist [%]	η_{AFS} Soll [%]	ν_{AFS}
Kalibriertes Netz, Regenstation Seibersdorf ($r_{720,1} = 35,6$ mm)													
B	180	90			0		0	53,4%	52,5%	101,7	53,8%	67,5%	79,8
Endausbauzustand ohne Maßnahmen													
21	180	90		193,21	0		0	43,9%	53,1%	82,6	44,4%	68,1%	65,1
22	50	90		193,21	0		0	45,5%	53,1%	85,7	46,1%	68,1%	67,6
23	30	90		193,21	0		0	48,5%	53,1%	91,4	49,2%	68,1%	72,2
24	20	90		193,21	0		0	51,9%	53,1%	97,8	52,9%	68,1%	77,7
Endausbauzustand mit Staukanal Nord													
25	30	90		194,33	157		0	57,3%	53,1%	107,9	64,7%	68,1%	95,0
26	30	90		194,75	377		0	64,6%	53,1%	121,7	77,0%	68,1%	113,1
27	30	90		195,25	651		0	71,0%	53,1%	133,6	85,5%	68,1%	125,5
Endausbauzustand mit Staukanal Nord und Süd (getr. Niveaus)													
28	30	90		194,33	157	196,00	336	67,2%	53,1%	126,5	78,1%	68,1%	114,7
29	30	90		194,75	377	196,50	871	78,5%	53,1%	147,8	89,2%	68,1%	131,0
30	30	90		194,33	157	196,00	336	68,8%	53,1%	129,6	79,6%	68,1%	116,8
Zusätzlich Einleitung Nord, teilw. Erhöhung Pumpm. Nord													
31	30	90	10	194,33	377		0	59,1%	54,9%	107,7	73,4%	69,9%	105,0
32	30	100	10	194,33	377		0	64,6%	54,9%	117,6	77,0%	69,9%	110,1
33	30	110	10	194,33	377		0	68,9%	54,9%	125,4	79,8%	69,9%	114,2
34	30	118	27,7	194,33	377		0	64,4%	58,0%	111,1	76,9%	73,0%	105,3
Endausbauzustand mit Staukanal Süd													
35	30	90		193,21	0	196,50	871	68,1%	53,1%	128,2	81,3%	68,1%	119,4
Durchlaufbecken statt Staukanal													
36	30	90		193,21	0	196,50	871	71,9%	53,1%	135,4	79,5%	68,1%	116,7
Fangbecken statt Staukanal													
37	30	90		193,21	0	196,50	871	71,9%	53,1%	135,4	72,6%	68,1%	106,6
Endausbauzustand mit Staukanal Nord und Süd, erf. Aufstau													
38	30	90		194,33	157	195,75	159	64,2%	53,1%	120,8	71,9%	68,1%	105,6
Endausbauzustand mit Staukanal Nord und Süd, Einleitung Nord													
39	30	118	27,7	194,33	157	196,00	336	68,1%	58,0%	117,5	79,0%	73,0%	108,3
40	90	118	27,7	194,33	157	196,00	336	64,2%	58,0%	110,8	76,3%	73,0%	104,5

Die detaillierten Simulationsergebnisse sind im Anhang (Pkt. 10) dargestellt.

Die Simulationsergebnisse zeigen, dass durch eine moderate Nutzung der vorhandenen Stauraumkanäle die geforderten Weiterleitungswirkungsgrade bereits erreichbar sind. Auch eine zusätzliche Einleitung von Schmutzwasser aus Trennsystemen kann vom System aufgenommen werden.

4.11 Vergleichsberechnungen (ATV)

Für drei Zustände wurde auch eine vergleichende Berechnung nach ATV-A128 (1992) durchgeführt:

Wert	Formel	Bez.	Einh.	Bestand	End- ausbau	zus. TW
entspricht Rechenlauf				Best.	38	39
mittlerer Jahresniederschlag		h Na	mm	534	534	534
Einzugsgebiet (Mischsystem)		A	ha	227,06	356,37	356,37
Abflussbeiwert		μ	-	9,9%	6,5%	6,5%
undurchlässige Gesamtfläche		Au	ha	22,46	23,06	23,06
Längste Fließzeit im Gesamtgeb.		t f	min	30	30	30
Mittlere Geländeneigungsgruppe		NG m	-	1	1	1
MW-Abfluß der Kläranlage		Qm	l/s	90,00	90,00	117,70
TW--Abfluß, 24-h-Tagesmittel		Qt24	l/s	32,10	48,20	75,90
TW--Abfluß, Stündl. Spitzenabl.		Qtx	l/s	37,10	55,70	83,40
Regenabfluß aus Trenngebieten		QrT24	l/s	0,00	0,00	0,00
CSB-Konz. im TW-Abfluß		c t	mg/l	600	600	600
Regenabfluß, 24-h-Tagesmittel	$Q_m - Q_{t24} - Q_{rT24}$	Qr24	l/s	57,90	41,80	41,80
Regenabflußspende	Q_{r24} / A_u	q r	l/(s.ha)	2,58	1,81	1,81
TW-Abflußspende	Q_{t24} / A_u	q t24	l/(s.ha)	1,43	2,09	3,29
Fließzeitabminderung	$0,5+50/(t_f + 100); \geq 0,885$	a f	-	0,885	0,885	0,885
mittlerer Entlastungszufluß	$a_f * (3,0 * A_u + 3,2 * Q_{r24})$	Qre	l/s	223,60	179,60	179,60
mittleres Mischverhältnis	$(Q_{re} + Q_{rT24}) / Q_{t24}$	m	-	6,97	3,73	2,37
	$24 * Q_{t24} / Q_{tx}$	xa	-	20,77	20,77	21,84
	$0,001 * (1 + 2 * (NG_m - 1))$	dl	-	0,00	0,00	0,00
	$430 * (q_{t24} ^{0,45}) * dl$	T	-	0,50	0,60	0,74
Einflußwert Kanalablagerungen	$(24 / x_a)^2 * (2 - T) / 10$	aa	-	0,20	0,19	0,15
Einflußwert Starkverschmutzer	$ct / 600; \text{mind. } 1,0$	ac	-	1,00	1,00	1,00
Einflußwert Jahresniederschlag	$h_{Na}/800-1; >-0,25; <+0,25$	ah	-	-0,25	-0,25	-0,25
Bemessungskonzentration	$600 (ac + ah + aa)$	cb	mg/l	570	562	542
rechn. Entlastungskonzentration	$(107 m + cb) / (m + 1)$	ce	mg/l	165	203	236
zulässige Entlastungsrate	$3700 / (ce - 70)$	eo	%	38,9	27,8	22,3
	$(4000+25*qr) / (0,551+qr)$	H1		1299,00	1711,46	1711,46
	$(36,8+13,5*qr) / (0,5+qr)$	H2		23,26	26,49	26,49
spezifisches Speichervolumen	$H1 / (eo + 6) - H2$	Vs	m ³ /ha	5,66	24,21	34,04
	$[(48/x_a - 1) * Q_{t24} - Q_{rT24}] / A_u$	qr	l/(s.ha)	1,87	2,74	3,94
Mindestspeichervolumen	$3,60 + 3,84 * q_{r,min}$	Vs,min.	m ³ /ha	10,80	10,56	10,56
erforderl. Gesamtvolumen		V	m³	243	558	785

Die Berechnung für den Bestand ergibt ein erforderliches Volumen von 243 m³. Dieses Volumen ist zum Großteil beim Pumpwerk Nord erforderlich. In der Berechnung nach dem ÖWAV Regelblatt 19 (2007) ist an dieser Stelle ohne Wehrschwellerhöhung derzeit kein Volumen vorhanden und der erforderliche Wirkungsgrad wird nicht erreicht. Ein direkter Vergleich der beiden Berechnungen ist daher nicht möglich.

Für den Endausbauzustand (ohne zusätzliche Einleitung von Trennsystemen aus dem Betriebsgebiet Nord) beträgt das erforderliche Speichervolumen 558 m³. Rechenlauf 25 zeigt, dass bei einem Speichervolumen von 137 m³ beim Pumpwerk Nord der erforderliche Wirkungsgrad nicht erreicht wird, bei Rechenlauf 26 wird er mit 377 m³ Speichervolumen deutlich überschritten. Der Staukanal Weigelsdorf ist dabei noch gar nicht berücksichtigt. Im vorliegenden Fall ist bei der Berechnung nach dem ÖWAV Regelblatt 19 (2007) wesentlich weniger Speichervolumen erforderlich.

Für den Fall einer zusätzlichen Einleitung von Schmutzwasser bei gleichzeitiger Erhöhung des Drosselabflusses ergibt sich aus der ATV-Berechnung ein Speichervolumen von 785 m³. Rechenlauf 39 zeigt, dass mit 157 + 336 = 493 m³ Speichervolumen beim PW Nord der erforderliche Weiterleitungswirkungsgrad deutlich überschritten wird. In Weigelsdorf sind zusätzlich 330 m³ vorhanden. Das ergibt in Summe 823 m³, etwas mehr als aus der ATV-Berechnung. Da der Speicherkanal in Weigelsdorf aber deutlich zu groß ist, kann er bei einer Bemessung nach ATV nicht in vollem Umfang eingerechnet werden. Die Überschreitung des erforderlichen Wirkungsgrades (79,0 statt 73,0 % bei den abfiltrierbaren Stoffen) kann nicht direkt in ein Speichervolumen umgerechnet werden. Die Bemessung nach dem ÖWAV Regelblatt 19 (2007) ergibt im vorliegenden Belastungsfall gleiche bzw. etwas geringere Volumina als die Berechnung nach ATV.

Eine Berechnung nach dem ÖWWV Regelblatt 19 (1987) ergibt folgende Speichervolumina:

Wert	Formel	Bez.	Einh.	Bestand	Endausbau	zus. TW
entspricht Rechenlauf				Bestand	38	39
undurchlässige Gesamtfläche		Au	ha	22,46	23,06	23,06
spez. Speichervolumen		$V_{s,R19}$	m ³ /ha	15,00	15,00	15,00
Gesamtvolumen		V_{R19}	m ³	337	346	346
bei Staukanälen mit untenl. Entl.		V'_{R19}	m ³	1.011	1.038	1.038

Das Beckenvolumen liegt in ähnlichen Größenordnungen wie bei der Berechnung nach dem neuen ÖWAV Regelblatt 19 (2007). Es zeigt sich jedoch, dass viele Parameter gar nicht in die Berechnung eingehen. Wenn (wie im vorliegenden Fall) Kanalstauräume mit unten liegender Entlastung verwendet werden, ist das Speichervolumen mit dem Faktor 3 zu multiplizieren. Dann ergeben sich deutlich höhere Volumina.

4.12 Konkrete Maßnahmen / Kosten

4.12.1 PROJEKT 1997

Im Jahr 1997 wurde in Ergänzung zur wasserrechtlichen Endüberprüfung eine Überrechnung nach dem ATV-A 128 (1992) durchgeführt. Die Berechnungen wurden auf den damaligen Ausbauzustand der Kläranlage von 13.720 EW mit entsprechender EW-Zuordnung zu den Einzugsgebieten durchgeführt. Unter Berücksichtigung der guten Untergrundverhältnisse wurden die Abflussbeiwerte gegenüber dem Grundprojekt aus 1968 für den Zentrumsbereich von 0,4 auf 0,25 reduziert, für die übrigen Wohngebiete von 0,3 auf 0,2 zurückgenommen, ein etwaiger Abfluss aus Grünflächen blieb unberücksichtigt. Unter Zugrundelegung der gebietspezifischen Regenspendenkarte des Amtes der NÖ Landesregierung (Stand 1997) wurde ein einjähriger 15-Minutenregen von 105 l/s·ha der Berechnung zugrunde gelegt. Zur Nutzung der vorhandenen Großraumprofile wurde eine Anhebung der Stauspiegel im Pumpwerk Nord auf 194,75 m H.ü.A., im Pumpwerk Süd auf 196,50 m H.ü.A. angesetzt und die vorhandenen Volumina für das Gebiet Nord mit 180 m³, für das Gebiet Süd mit 163 m³ bewertet. Für Kanalspeicher mit unten liegender Entlastung wurde ein Volumenzuschlag gemäß ATV-A 128, Pkt. 9.3.2 von 50 % angesetzt.

Die damalige Berechnung kam zum Schluss, dass für die Mischwasserbehandlung von Ebreichsdorf 135 m³ Fangbeckenvolumen bzw. 200 m³ Kanalspeichervolumen zusätzlich errichtet werden müssen.

Die reinen Speichererrichtungskosten wurden auf Preisbasis 2008 mit ca. 1.100 €/m³ abgeschätzt, was für die Errichtung eines 135 m³ großen Fangbeckens einem Investitionsvolumen von ca. 150.000 € entspricht.

Diese Kosten beinhalten keine Maßnahmen der Regenentlastungen an den Stand der Technik (Verbesserung der Absetzwirkung durch Grobstoffrückhalt).

4.12.2 ERGEBNISSE FORSCHUNGSPROJEKT

Die Ergebnisse des Forschungsprojekts zeigen, dass infolge kleinräumiger örtlicher Versickerungen die Abflussbeiwerte der Einzugsgebiete noch geringer als die ohnehin schon sehr „sportlich“ in der Überrechnung 1997 berücksichtigten Werte angesetzt werden können.

Anmerkung: Dabei wurden auch Teilausbauzustände (vor allem in neuen Aufschließungsgebieten) mitberücksichtigt, sodass die Werte auf der sicheren Seite liegen.

Für die Berechnungen des „ENDAUSBAU“-Zustandes (Kläranlagenbelastung 20.000 EW) wurde daher von einer bereits da gewesenen höheren Belastung des Bestandes, sowie von einem 100 % Ausbauzustand bestehender Einzugsgebiete und künftiger Erweiterungen gemäß aktuellem Flächenwidmungsplan ausgegangen, und die Werte (Schmutzfracht, abflusswirksame Fläche) entsprechend hochgerechnet, wobei davon ausgegangen wurde, dass neue Einzugsgebiete entsprechend der Praxis der letzten Jahre nur mehr als Schmutzwassersysteme ausgebaut werden.

Bei Simulationsberechnungen nach dem neuen ÖWAV Regelblatt 19 (2007) ergaben:

Zuviel Weiterleitung aus dem Ortsgebiet Weigelsdorf nach Ebreichsdorf

Die Simulationsberechnungen zeigten, dass aus dem Ortsgebiet von Weigelsdorf generell zu viel Mischwasser in die Kanalisationsanlage von Ebreichsdorf weitergeleitet wird, und das bestehende Speichervolumen von Weigelsdorf derzeit nur in sehr geringem Umfang genutzt wird. (Derzeit findet im Schnitt nur ca. 1x jährlich eine Entlastung des Mischsystems Weigelsdorf in die Fische statt). Durch Rückhalt und Zwischenpufferung von Mischwässern in Weigelsdorf (bei Regenwetter), bzw. Entlastung entsprechend dem Stand der Technik können Reserven für Ebreichsdorf geschaffen werden. Eine Reduktion der Weiterleitungsmenge auf 30 l/s erscheint sinnvoll.

Wehrschwellerhöhung schafft ausreichend Speichervolumen zur Mischwasserbehandlung

Durch detaillierte Simulationen der Speicherlinien konnte nachgewiesen werden, dass bei einer Erhöhung der Entlastungswehrschwellen im Bereich des Pumpwerk Nord auf 194,33 m H.ü.A. und im Bereich des Pumpwerk Süd auf 196,00 m H.ü.A. das bestehende Speichervolumen der großen Kanalprofile besser genutzt und damit ausreichend Speichervolumen zur Mischwasserbehandlung aktiviert werden kann. (Die Wehrschwellerhöhung wird dabei geringer als im Projekt 1997 angesetzt.)

Bei einer weiteren Erhöhung der Entlastungsschwelle wäre eine Ableitung von BG Nord möglich

Bei einer weiter gehenden Erhöhung der Entlastungswehrschwelle im Bereich des Pumpwerks Nord auf 194,75 m H.ü.A. könnten prinzipiell auch das Betriebsgebiet Ebreichsdorf Nord bzw. die Mischwässer von Magna über das Pumpwerk PS Nord / Süd ohne zusätzlichen Speicherbau geleitet werden. Für eine definitive Aussage sind jedoch noch die Kellerrückstauerebenen der bestehenden Objekte im Aufstaubereich zu erheben und die Rückstaufreiheit (insbesondere jener Objekte, welche nach 1997 errichtet wurden) zu verifizieren.

Vor allfälligen weiteren Einleitungen sollte auch die technische Funktionsfähigkeit und Dichtigkeit der bestehenden Anlagen überprüft werden.

Resümee:

Unter Berücksichtigung der zuvor angeführten Maßnahmen kann aufgrund der Simulationsberechnungen der nach den alten Regelwerken erforderliche Mischwasserspeicher (erf. Volumen ca. 135 m³) im Bereich der Pumpwerke Nord/Süd entfallen.

Zusätzlich zu einer reinen Wehrschwellerhöhung sollte jedoch auch eine Anpassung der Regentlastung an den Stand der Technik (Rückhalt von Grobstoffen z. B. durch Rechen- bzw. Siebanlagen) vorgenommen werden.

4.13 Erfahrungen aus dem Untersuchungsgebiet

- Abflussbeiwerte können infolge kleinräumiger örtlicher Versickerungen noch geringer als die ohnehin schon „sportlich“ in der Überrechnung 1997 berücksichtigten Werte angesetzt werden. Durch Messungen im Kanal können Annahmen abgesichert und verifiziert werden.
- Es ist jedoch zu beachten, dass jede Messkampagne nur eine momentane Abbildung eines aktuellen Ist-Zustandes darstellt, und immer zusammen mit der guten Ortskenntnis und Erfahrung im Einzugsgebiet und möglicher zukünftiger Entwicklungen bewertet werden muss. Die Einführung des Parameters „Ausbaugrad“ erscheint hierbei sehr hilfreich und unumgänglich, will man auch längerfristige auf einen allfälligen „Endausbau“ zutreffende Aussagen machen.
- Man muss sich dessen bewusst sein, dass alle Messungen, Erhebungen und Annahmen im Rahmen der Simulation mit „Unsicherheiten“ behaftet sind. Richtig angewandt, umsichtig überlegt und behutsam interpretiert stellen die eingesetzten Mittel, Verfahren und Vorgangsweise jedoch trotzdem die derzeit nach dem Stand der Technik und der Regelwerke bestmögliche Beschreibung der sehr komplexen Vorgänge dar.

5 UG - ABWASSERVERBAND BEZIRK JENNERSDORF

5.1 Allgemeine Beschreibung

Der Abwasserverband Bezirk Jennersdorf wurde 1976 gegründet. Der Verband ist sehr weitläufig und umfasst insgesamt 20 Gemeinden aus dem Burgenland und der Steiermark im Lafnitztal und Raabtal. Abbildung 20 gibt eine Übersicht über das Verbandsgebiet.



Abbildung 20: Übersichtskarte Abwasserverband Bezirk Jennersdorf

Zwei Hauptsammler, einer im Lafnitz- und einer im Raabtal, mit einer Gesamtlänge von 48 km schließen die entwässerten Gebiete an die Verbandskläranlage Heiligenkreuz an.

An den Lafnitztalsammler sind insgesamt 18 000 EW angeschlossen. Er hat eine Länge von ca. 30 km. Im Einzugsgebiet Lafnitztal befinden sich 28 Mischwasserentlastungsbauwerke mit einem gesamten Speichervolumen von derzeit etwa 950 m³. Der Raabtalsammler hat eine Länge von etwa 18 km mit angeschlossenen 17 500 EW. 26 Mischwasserentlastungsbauwerke mit einem

gesamten Speichervolumen von rund 1 400 m³ befinden sich im Einzugsgebiet Raabtal. Weiters sind am Raabtalsammler mit der Therme Loipersdorf und der Firma Vossen auch zwei größere Indirekteinleiter angeschlossen.

Die Verbandskläranlage Heiligenkreuz hat eine Gesamtausbaugröße von 180 000 EW. Davon beträgt der kommunale Anteil 90 000 EW. Die restlichen 90 000 EW stammen von der Fa. Lenzing Lyocell, die direkt an die Kläranlage angeschlossen ist. Der Maximalzulauf zur Kläranlage beträgt bei Trockenwetter 1 276 m³/h und im Mischwasserfall 2 570 m³/h.

Der Lafnitzalsammler schließt im freien Gefälle an die Verbandskläranlage an. Der Raabtalsammler ist über ein Pumpwerk in Mogersdorf an die Kläranlage angebunden.

5.2 Projektumfang und -ziele

Der Abwasserverband Bezirk Jennersdorf ist auf Grund der geographischer Ausdehnung und der Vielzahl von Mischwasserbauwerken, Pumpwerken und mehreren größeren Indirekteinleitern im Einzugsgebiet ein sehr komplexes Untersuchungsgebiet. Hauptinteresse im Untersuchungsgebiet Jennersdorf war es, die Anwendungsmöglichkeit des ÖWAV Regelblatts 19 (2007) in einem großräumigen Verbandsgebiet darzustellen.

Eine umfassende Datenerhebung für das Untersuchungsgebiet war im Rahmen des Projekts OPTIMISCH nur bedingt möglich (siehe Punkt 5.4). Nach einer Anpassung des vorhandenen Fließschemas durch das Büro Depisch wurde ein Grobmodell auf Basis der vorhandenen Daten erstellt. Eine Kalibrierung des Modells war nur in begrenztem Ausmaß für Teilbereiche des Verbandsgebiets auf Basis von vorhandenen Messdaten möglich. Spezielle Messkampagnen wie in Donnerskirchen und in Ebreichsdorf wurden im Rahmen des Forschungsprojektes in diesem Untersuchungsgebiet nicht durchgeführt. Ausgehend von diesen Vorgaben wurden für das Untersuchungsgebiet AWW Jennersdorf folgende Projektziele definiert:

- Überprüfung, Anpassung und Neuerhebung der Grundlegendaten und Aktualisierung des vorhandenen Fließschemas für die beiden Hauptsammler Raab- und Lafnitztal.
- Erhebung und Auswertung vorhandener Messdaten.
- Erstellung eines Grobmodells des gesamten Verbandsgebiets.
- Teilkalibrierung des Grobmodells, wo dies auf Basis der vorhandenen Messdaten möglich ist.
- Erarbeiten von Empfehlungen, wo zusätzliche Erhebungen von Grundlegendaten notwendig sind, und zur Prioritätenreihung und optimalen Anordnung von weiteren Messstationen oder temporären Messkampagnen.
- Abschätzung einer Bandbreite des Wirkungsgrades der Weiterleitung nach dem ÖWAV Regelblatt 19 (2007).
- Schaffung einer Grundlage für zukünftige Strategien, Entscheidungsprozesse und Planungsvorhaben.

5.3 Berechneter Mindestwirkungsgrad der Weiterleitung nach ÖWAV Regelblatt 19 (2007)

Der geforderte Mindestwirkungsgrad der Weiterleitung wurde nach ÖWAV RBI. 19 (siehe auch Absatz 2.1) bestimmt. Die berechneten Mindestwirkungsgrade für gelöste und abfiltrierbare Stoffe sind in der Tabelle 20 dargestellt.

Tabelle 20: Mindestwirkungsgrad der Weiterleitung nach ÖWAV RBI. 19 (AWV Bezirk Jennersdorf)

Mindestwirkungsgrad der Weiterleitung nach ÖWAV RBI. 19 AWV Jennersdorf	
maßgebliche Regenspende	
$r_{720,1}$ [mm/12h]	34,5
Ausbaugröße Kläranlage (EW der größten Gemeinde)	9200
η - gelöste Stoffe [%]	58,5
η - AFS [%]	73,5

Dabei wurden folgende Vorgaben berücksichtigt:

5.3.1 BESTIMMUNG DER MASSGEBLICHEN REGENSPENDE $r_{720,1}$

Da für den AWV Bezirk Jennersdorf keine Regenserie mit einer Dauer von mindestens 10 Jahren zur Verfügung stand, wurde die maßgebliche Regenspende $r_{720,1}$ für den Abwasserverband Bezirk Jennersdorf aus der Niederschlagsdatenbank NIEDA (hydro-IT, 2007) für die Rasterfläche Jennersdorf (Nr. 223) mit 34,5 mm/12h bestimmt.

5.3.2 AUSBAUGRÖSSE DER KLÄRANLAGE

Für Abwasserverbände gilt nach ÖWAV RBI. 19 (2007), Absatz 4.2.3 b:

„Bei Abwasserverbänden mit mehreren (kleinen) Ortschaften und einer zentralen Kläranlage ist es sinnvoll, den geforderten Mindestwirkungsgrad nicht anhand des Bemessungswerts der zentralen Kläranlage sondern anhand des Bemessungswerts (EW) der größten, zumindest teilweise im Mischsystem entwässerten Gemeinde im Einzugsgebiet der Kläranlage festzulegen.“

Die größte Gemeinde im Abwasserverband Bezirk Jennersdorf ist die Gemeinde Jennersdorf mit einem EW-Wert von 9200 (bestimmt aus dem Fließschema). Dabei sind alle in der Gemeinde liegenden Teileinzugsgebiete und die Firma Vossen berücksichtigt.

5.3.3 BERÜCKSICHTIGUNG ANGESCHLOSSENER GEBIETE MIT TRENNKANALISATION

Wenn Gebiete mit Trennkanalisation an die Mischwasserkanalisation angeschlossen sind, gilt nach ÖWAV RBI. 19 (2007), Absatz 4.1.3:

„Ist an die Mischkanalisation ein Teileinzugsgebiet mit Trennkanalisation angeschlossen, so ist der [...] ermittelte Mindestwirkungsgrad der Weiterleitung [...] um

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

maximal aber auf 65 % für gelöste Stoffe sowie 80 % für AFS zu erhöhen ...“

Für den Abwasserverband Bezirk Jennersdorf wurde die Summe der an die Mischkanalisation angeschlossenen EW-Werte der Trennkanalisation bestimmt. Trenngebiete, die direkt (ohne Entlastungsmöglichkeit) zur Kläranlage geführt werden, wurden dabei nicht berücksichtigt. Daraus ergibt sich die in Tabelle 21 dargestellte Erhöhung des Mindestwirkungsgrades der Weiterleitung von 9,8 %.

Tabelle 21 Erhöhung des Mindestwirkungsgrads der Weiterleitung auf Grund angeschlossener Trenngebiete (AWV Bezirk Jennersdorf)

Summe Mischkanalisation (EW)	Summe Trennkanalisation (EW)	Erhöhung η (%)
11 730	22 922	9,8

5.4 Grundlagendaten

Die Grundlagendaten wurden aufbauend auf die im Jahr 1999 erstellte und 2003 aktualisierte Studie des Büros Depisch ZT GmbH „Überrechnung des Lafnitztal- und Raabtalsammlers“ erhoben.

Kernstück dieser Studie war die Erstellung eines Fließschemas für beide Hauptsammler. In diesem Fließschema wurden alle wichtigen Informationen zu den einzelnen Einzugsgebieten wie Art des Entwässerungssystems, EW-Werte und versiegelte Fläche sowie Daten zu den einzelnen Mischwasserentlastungsbauwerken wie Art des Bauwerks, Speichervolumen, Drosselabfluss usw. angeführt.

Den ersten Schritt im Rahmen dieses Projektes stellte die Aktualisierung des Fließschemas für den Lafnitztal- und Raabtalsammler dar. Dafür wurden alle in den Jahren nach 2003 umgesetzten Bauprojekte erhoben. Es wurden die aktuellen Daten für die geänderten Einzugsgebiete erhoben und die Daten für alle Mischwasserentlastungsbauwerke im Verbandsgebiet überprüft, aktualisiert und ergänzt. Eine Aktualisierung der Daten der bestehenden Einzugsgebiete war im Rahmen dieses Projektes nicht vorgesehen und wird erst in weiterführenden Projekten erfolgen, um das für die Modellierung erstellte Grobmodell des gesamten Verbandsgebietes dementsprechend zu verfeinern.

Für die Datenerhebung der Bauwerke wurde für jedes Bauwerk ein eigenes Datenblatt angelegt, in dem der Typ des Bauwerks, die für die Modellierung benötigten Daten (Schwellenhöhe, -länge, Drosseldurchmesser, Form und Größe des Speichers, usw.) und eine Skizze des Bauwerks eingetragen wurden. Weiters wurde vermerkt, aus welchem Projekt die Daten erhoben wurden, ob

sie von der vorhandenen Studie übernommen wurden, ob die Daten aus Vorort-Erhebungen stammen und wann die Bauwerke in Betrieb gingen.

Der Zeitpunkt der Inbetriebnahme war in weiterer Folge wichtig, da sich bei der Modellkalibrierung das Problem stellte, welcher Zeitraum zur Kalibrierung herangezogen werden sollte. Im Verbandsgebiet des AWV Bezirk Jennersdorf finden laufend Anpassungen des Systems statt und mit Hilfe der erhobenen Daten zur Inbetriebnahme konnte schließlich ein Zeitraum ausgewählt werden, in dem möglichst wenige bzw. nur untergeordnete Umbauten im System stattfanden. Aus diesem Grund wurde für die Modellkalibrierung der Fließschemastand des Jahres 2007 verwendet.

Aus welchen Projekten die Bauwerksdaten stammen, ob sie von der Studie übernommen wurden oder ob sie vor Ort erhoben wurden, diente der Qualitätsbewertung der Daten. Teilweise stammen Bauwerksdaten aus Plänen aus den 80er Jahren. Die Qualitätsbewertung der Daten wurde durchgeführt, um für künftige Projekte festlegen zu können, welche Daten vor Ort überprüft werden müssen, um gesicherte Eingangsdaten für das Modell zu bekommen.

Für wichtige Mischwasserbauwerke im Verbandsgebiet, wie das Hauptpumpwerk des Raabtalsammlers in Mogersdorf und der Stauraumkanal R16 im Bereich Jennersdorf, wurden ergänzende Erhebungen vor Ort durchgeführt.

Ein weiterer wichtiger Bereich der Grundlagendaten in einem so weitläufigen Verbandsgebiet wie das des AWV Bezirk Jennersdorf mit 20 Gemeinden betraf die Transportkanäle. Im Rahmen dieses Projektes wurden für die 2 Hauptsammler (Lafnitztal und Raabtal) der Durchmesser, die Länge und das Gefälle erhoben und im Fließschema ergänzt. Für einige Nebensammler konnten nicht alle erforderlichen Daten erhoben werden. Die Ergänzung dieser Daten ist in Folgeprojekten geplant.

Für Orts- bzw. Gemeindegebiete, die im Mischsystem entwässern, wurden für eine genauere Modellierung der längste Fließweg im Kanal, die vorhandenen Durchmesser und ein mittleres Sohlgefälle erhoben. Dies konnte nicht für alle Mischsysteme durchgeführt werden, da nicht für alle Gebiete Bestandspläne des Kanalsystems vorlagen. Eine Ergänzung dieser Daten ist ebenfalls in Folgeprojekten geplant.

Die aktualisierten Fließschemata für Raab- und Lafnitztalsammler sind im Anhang (Punkt 11 und 12) dargestellt.

5.5 Messdaten

Messdaten aus dem Verbandsgebiet wurden direkt vom Abwasserverband Bezirk Jennersdorf und von der Firma DataView in aufbereiteter Form bereitgestellt. Zusätzliche Regenreihen der Regenmessstationen Bad Waltersdorf und Waltra wurden dankenswerterweise von Herrn Ing. Josef Quinz vom Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Fachabteilung 19A zur Verfügung gestellt.

Für die Modellkalibrierung kamen Messdaten aus dem Jahr 2007 zur Anwendung. Alle verwendeten Messdaten wurden vor ihrer Anwendung auf Plausibilität überprüft.

5.5.1 NIEDERSCHLAGSDATEN

In der Niederschlagsdatenbank NIEDA (hydro-IT, 2007) sind dzt. Niederschlagsreihen für die Anwendung des ÖWAV RBI. 19 (2007) für 70 Stationen in Österreich vorhanden. Wie aus Abbildung 21 ersichtlich, stehen für den Großraum südliches Burgenland keine Niederschlagsreihen für die Langzeitsimulation zur Verfügung. Aus diesem Grund wurde für die Modellkalibrierung und Simulationen zur Berechnung des vorhandenen Wirkungsgrads der Weiterleitung auf verfügbare Regenserien im Nahbereich des Untersuchungsgebietes zurückgegriffen.



Abbildung 21: Geographische Lage der Regenserien in NIEDA (OEWAV, 2007a) – Ausschnitt Burgenland

Mehrere Messreihen wurden für das Projekt vom Land Steiermark und der Firma DataView zur Verfügung gestellt. Eine Übersicht ist in Tabelle 22 dargestellt. Von den zwei Messreihen der Stationen im Verbandsgebiet (Heiligenkreuz und Deutschkaltenbrunn) wurde die Reihe „Deutschkaltenbrunn“ auf Grund der kurzen Dauer für die weitere Verwendung ausgeschieden. Die Reihe „Heiligenkreuz“ wurde zur Modellkalibrierung und zur Abschätzung der Auswirkung der verwendeten Regenserien auf den berechneten Wirkungsgrad der Weiterleitung herangezogen.

Die Messstationen der vom Land Steiermark zur Verfügung gestellten Regenreihen befinden sich beide außerhalb des Verbandsgebiets. Die Regenreihe „Waltra“ wurde nach einer Plausibilitätsüberprüfung der Daten für eine weitere Verwendung ausgeschieden.

Die Regenreihe „Bad Waltersdorf“ wurde sowohl für die Modellkalibrierung als auch für die Langzeitberechnung verwendet. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Regenreihe mit einer Dauer von 7 Jahren unter der im ÖWAV RBI. 19 (2007) empfohlenen Mindestdauer von 10 Jahren für die Langzeitsimulation liegt. Weiters ist auf Grund der geographischen Distanz zum Verbandsgebiet (etwa 8 km nordöstlich von Burgau, der nördlichsten angeschlossenen Gemeinde am Lafnitztalsammler) und der Annahme einer einheitlichen Überregnung die Übertragbarkeit der Regencharakteristika auf das gesamte Verbandsgebiet in Frage zu stellen.

Tabelle 22: Verfügbare Niederschlagsdaten für Kalibrierung und Simulation

Messstation	Zeitraum	Dauer	Geographische Lage	Anwendung
Bad Waltersdorf	01.01.2000 bis 16.03.2008	7 Jahre	Nördlich des Verbandsgebiets	Kalibrierung und Langzeitsimulation
Waltra	01.01.2002 bis 17.03.2008	5 Jahre	Südlich des Verbandsgebiets	-
Heiligenkreuz	01.01.2007 bis 31.12.2007	1 Jahr	Im Verbandsgebiet	Kalibrierung und Bandbreitenabschätzung
Deutschkaltenbrunn	01.09.2007 bis 31.12.2008	4 Monate	Im Verbandsgebiet	-

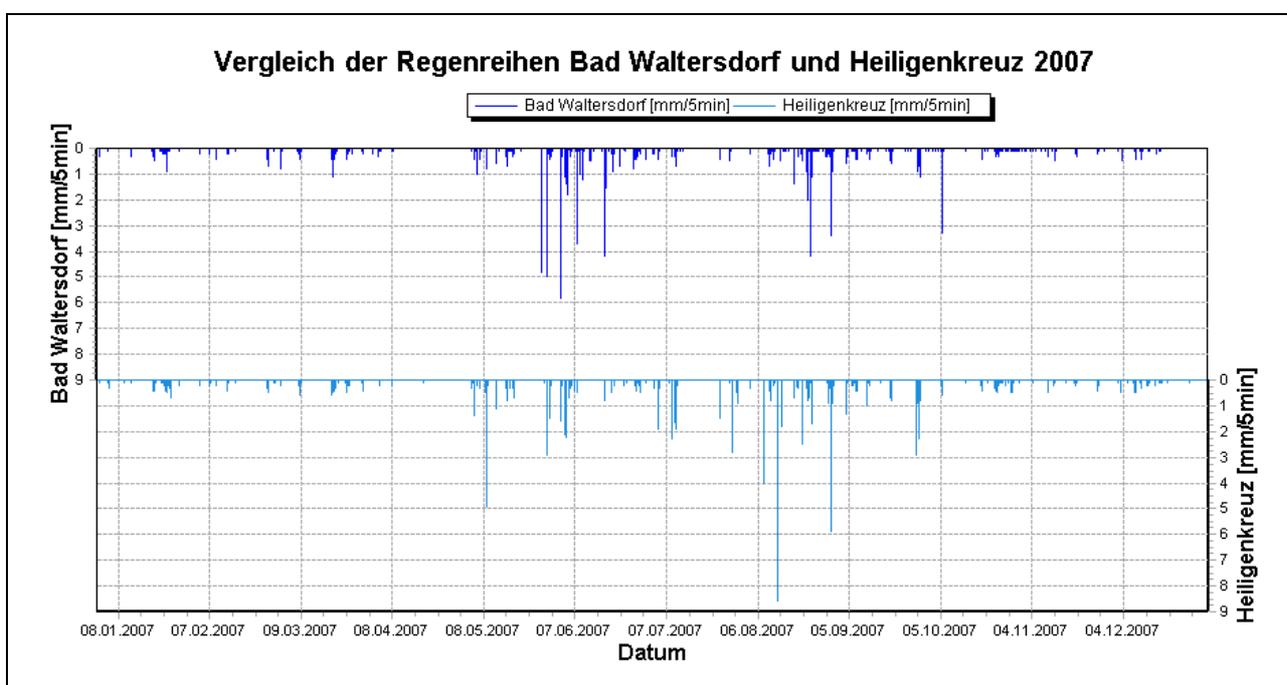


Abbildung 22: Vergleich der Regenserien Bad Waltersdorf und Heiligenkreuz (2007)

In Abbildung 22 ist ein Vergleich der beiden Regenreihen aus Bad Waltersdorf und Heiligenkreuz für das Jahr 2007 dargestellt. Daraus wird ersichtlich, dass sich die beiden Regenreihen teilweise – vor allem in Bezug auf die Starkregenereignisse – deutlich unterscheiden. Der Einfluss der verwendeten Regenserie auf den berechneten Wirkungsgrad der Weiterleitung wurde im Rahmen des Projekts OPTIMISCH untersucht (siehe auch Kapitel 5.9).

5.5.2 ABFLUSSMENGEN- UND HÖHENSTANDSMESSUNGEN

Im Verbandsgebiet sind aktuell bereits einige Messeinrichtungen installiert. Das Messnetz wird von der Firma DataView betreut. Eine Übersicht über die geographische Lage der aktuell eingerichtet und zukünftig geplante Messstellen ist im Anhang (Punkt 13) dargestellt.

Im Rahmen des Projekts OPTIMISCH wurden Messdaten der in der Tabelle 23 dargestellten Messstationen von der Fa. DataView aufbereitet und zur Verfügung gestellt. Des Weiteren wurde

von der Fa. DataView dankenswerterweise eine Offline-Version des Visualisierungs-, Verwaltungs- und Auswertewerkzeugs „OpenEye“ mit vollem Funktionsumfang für die Projektbearbeitung zur Verfügung gestellt.

Für die Modellkalibrierung kamen Daten der Stationen „Pumpwerk Mogersdorf“, „Messstation Vossen“, „Messstation Therme Loipersdorf“ und „Regenüberlauf R16“ zur Anwendung. Die Durchflussmessung beim Regenüberlauf R16 (MID der Fa. Zangenberg) ist direkt in der Drossel installiert, d.h. es wird nur der Drosseldurchfluss erfasst. Eine Höhenstandsmessung an der Überlaufschwelle der Bauwerks R16 wurde nach Projektabschluss in Betrieb genommen. Die Daten standen zum Bearbeitungszeitpunkt noch nicht zur Verfügung.

Tabelle 23: Aufbereitete Messdaten für ausgewählte Messstationen (Fa. DataView)

Nummer	Bezeichnung	Zeitraum (Jahr)	Zeitschritt (min)	Messwerte	
1	Pumpwerk Mogersdorf	2007	15	Durchfluss (L/s)	Betriebszeiten Pumpen
3	Pumpstation Neumarkt - Grenzwirt	2007	15	Höhenstand (m)	Betriebszeiten Pumpen
5	Messstation Vossen	2007	15	Jahresfördermenge akkumuliert (m ³)	Durchfluss (m ³ /Zeitschritt)
9	Pumpstation Welten	2007	15	Höhenstand (m)	Betriebszeiten Pumpen
13	Messstation Therme Loipersdorf	2007	15	Jahresfördermenge, akkumuliert (m ³)	Durchfluss (m ³ /Zeitschritt)
18	Regenüberlauf R16 - Jennersdorf	2007	15	Durchfluss (l/s)	
35	Pumpstation Königsdorf - Löffler	2007	15	Höhenstand (m)	Betriebszeiten Pumpen
38	Pumpstation Wallendorf	2007	15	Höhenstand (m)	Betriebszeiten Pumpen
39	Pumpstation Deutsch - Minihof	2007	15	Höhenstand (m)	Betriebszeiten Pumpen

5.5.3 ZULAUFDATEN KLÄRANLAGEN

Die gemessenen Zulaufdaten zur Verbandskläranlage für das Jahr 2007 wurden vom Abwasserverband zur Verfügung gestellt. Die Zulaufmenge wird für die Teilströme aus dem Lafnitztal- und Raabtalsammler jeweils getrennt in 15-Minuten Schritten erfasst.

Der Zulauf aus dem Lafnitztalsammler erfolgt in freiem Gefälle. Der Zulauf aus dem Raabtalsammler wird bei dem Pumpwerk Mogersdorf mit einer maximalen Förderleistung der Pumpen von 150 l/s Richtung Verbandskläranlage gefördert.

In Abbildung 23 sind exemplarisch Zulaufganglinien für Raab- und Lafnitztalsammler für eine Trockenwetterperiode im Dezember 2007 dargestellt.

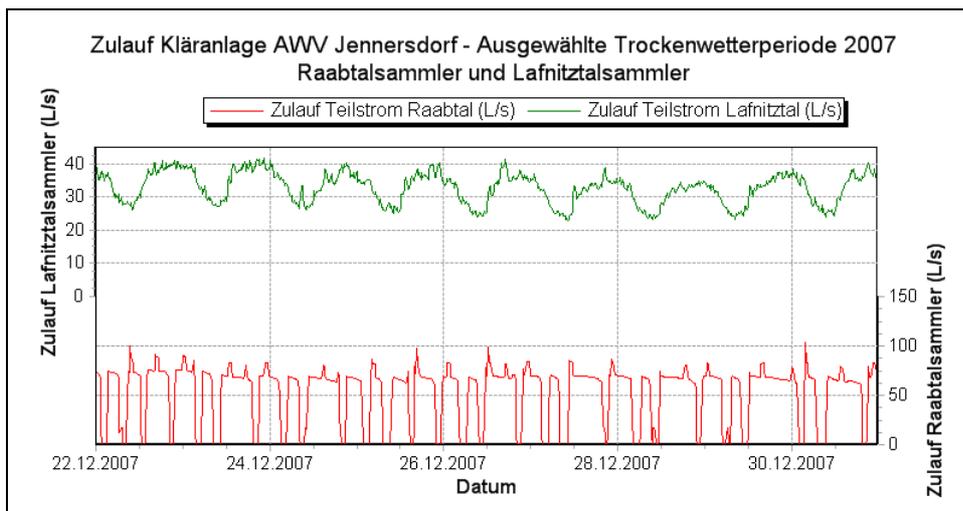


Abbildung 23: Zulaufmessung Verbandskläranlage Jennersdorf – Ausgewählte Trockenwetterperiode Dezember 2007 – Zulauf Raab- und Lafnitztalsammler

5.5.3.1 Validierung Zulaufdaten Kläranlage

In einem ersten Schritt wurden die Zulaufdaten der Kläranlage im Trockenwetterfall auf Plausibilität geprüft. Dazu wurden 5 mehrtägige Trockenwetterperioden nach Sichtung der Tagessummen und Niederschlagsreihen identifiziert und verglichen (siehe Tabelle 24). Dabei wurde für den Lafnitztalsammler ein Anstieg im durchschnittlichen täglichen TW-Zulauf für die Monate Oktober und Dezember festgestellt. Dieser ist teilweise durch den Neuanschluss der Gemeinde Burgau im November 2007 erklärbar (2 000 EW). Kalibriert wurde das Modell auf den errechneten Mittelwert aus den 5 betrachteten Perioden.

Tabelle 24: Trockenwetterzulauf Verbandskläranlage Jennersdorf - ausgewertete Perioden

Von	Bis	Dauer (d)	Mittelwert Tagessumme Raabtalsammler (m ³ /d)	Mittelwert Tagessumme Lafnitztalsammler (m ³ /d)
13.01.2007 00:00	18.01.2007 23:55	6	3.843	1.736
12.04.2007 00:00	30.04.2007 23:55	19	4.461	1.981
14.07.2007 00:00	23.07.2007 23:55	10	3.576	1.784
07.10.2007 00:00	12.10.2007 23:55	6	4.448	2.233
22.12.2007 00:00	30.12.2007 23:55	9	4.551	2.832
	Summe	50	4.224	2.095

In den Abbildungen Abbildung 24 und Abbildung 25 ist eine Gegenüberstellung der gemessenen Tageszulaufsummen zur Verbandskläranlage Heiligenkreuz für Raabtal- und Lafnitztalsammler und der Regenreihen Bad Waltersdorf und Heiligenkreuz dargestellt. Die Zulaufmessung auf der Kläranlage befindet sich hinter der Drosslung auf den maximalen Kläranlagenzulauf, wodurch die

Auswirkung von starken Einzelereignissen leider nicht erfassbar ist. Die Zulaufcharakteristik für die beiden Hauptsammler deckt sich gut.

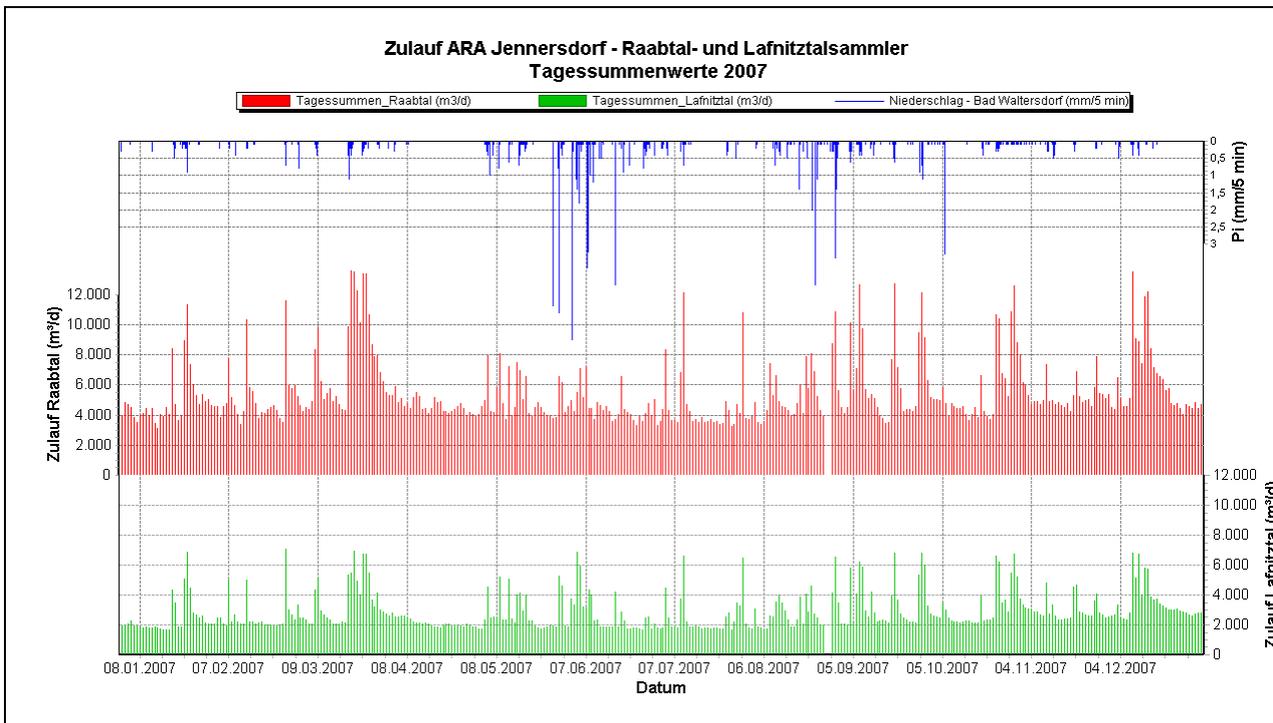


Abbildung 24: Gegenüberstellung der Niederschlagsdaten Bad Waltersdorf und der Tagessummen des Zulaufs der ARA Jennersdorf (2007)

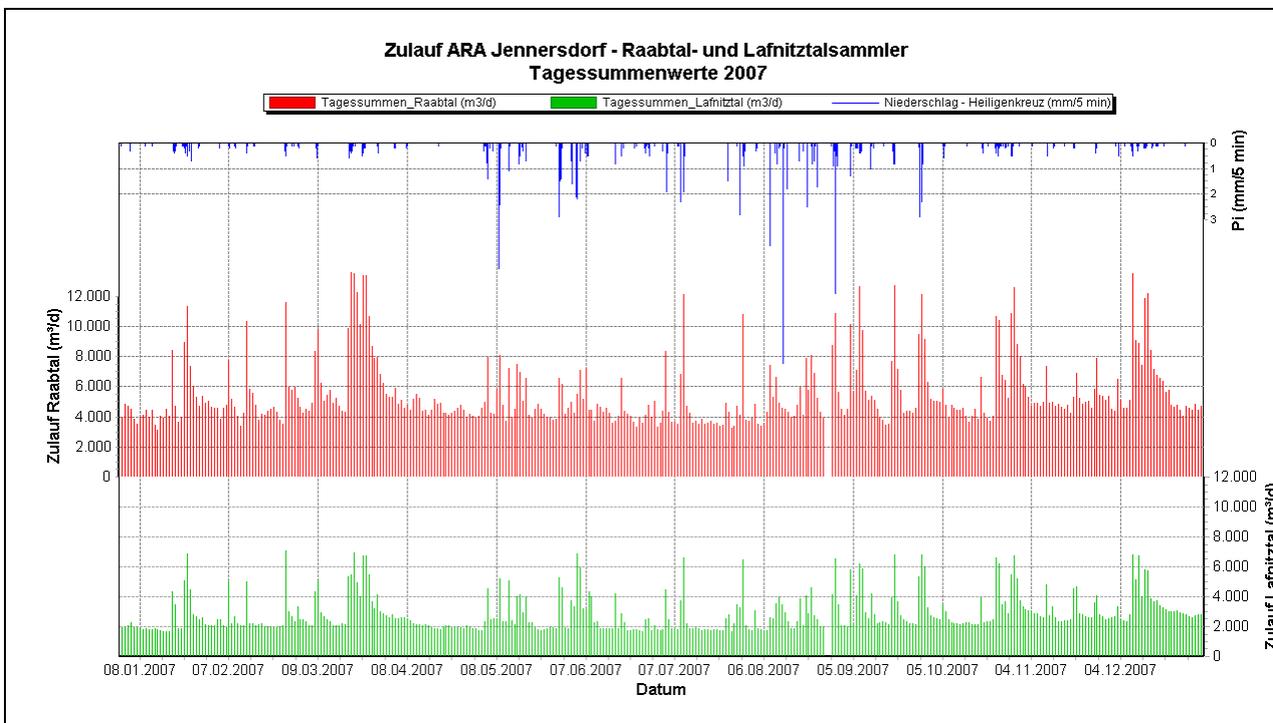


Abbildung 25: Gegenüberstellung der Niederschlagsdaten Heiligenkreuz und der Tagessummen des Zulaufs der ARA Jennersdorf (2007)

5.5.4 EINZELEINLEITER

Im Abwasserverband Bezirk Jennersdorf befinden sich mehrere größere Einzeleinleiter. Am Raabtalsammler sind die Therme Loipersdorf und die Firma Vossen angeschlossen, am Lafnitztalsammler die Firma Sattler. Die Firma Lenzing Lyocell ist direkt an die Kläranlage angeschlossen und damit für die Berechnungen nach ÖWAV RBI. 19 (2007) nicht relevant.

Messdaten für die Einzeleinleiter Therme Loipersdorf und Fa. Vossen wurden von der Fa. DataView zur Verfügung gestellt. In Abbildung 26 ist exemplarisch eine Messreihe für den Einzeleinleiter Therme Loipersdorf dargestellt (übernommen aus dem „OpenEye“ Softwarewerkzeug der Fa. DataView). Für die Fa. Sattler lagen keine Messdaten vor.

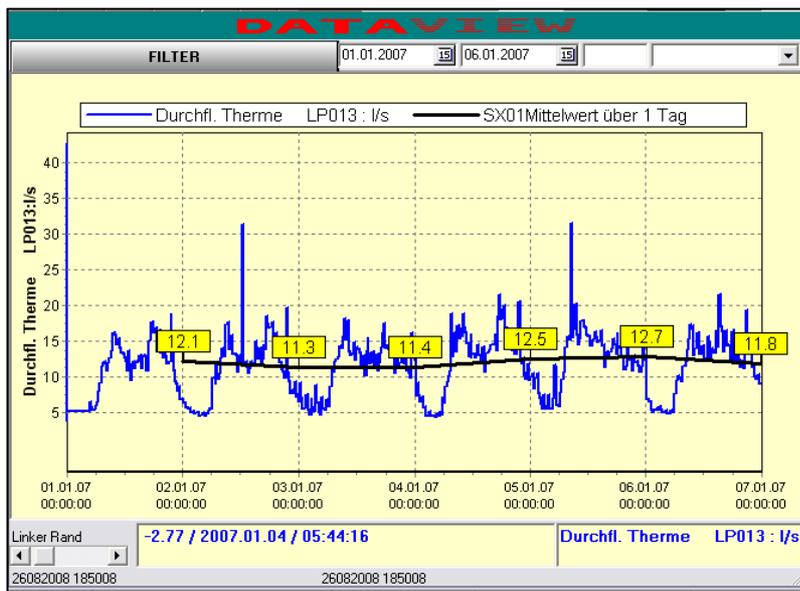


Abbildung 26: Grafische Darstellung der Messdaten für den Einzeleinleiter Therme Loipersdorf

5.5.5 PUMPWERKE

Für die im Abwasserverband Bezirk Jennersdorf installierten Pumpstationen waren Daten nur teilweise vorhanden. Die Messdaten wurden von der Fa. DataView zur Verfügung gestellt. Einige Messstationen sind derzeit gerade in Planung und waren für die Projektbearbeitung noch nicht verfügbar.

5.5.6 MESSKAMPAGENEN

Im Rahmen des Projekts OPTIMISCH wurden für den Abwasserverband Bezirk Jennersdorf keine gesonderten Messkampagnen durchgeführt.

5.6 Modellerstellung

Für die Modellerstellung des Einzugsgebiets Abwasserverband Bezirk Jennersdorf wurde die Simulationssoftware KOSIM (siehe auch Absatz 2.2.1.1) verwendet. Als Basis für die Modellerstellung wurden die aktualisierten Fließschemata des Raabtal- und Lafnitztalsammlers

herangezogen (vgl. Kapitel 5.4). Für die beiden Hauptsammler wurden zwei getrennte Modelle erstellt. Die Berechnung des tatsächlichen Wirkungsgrads der Weiterleitung erfolgte über anschließendes Zusammenführen der Simulationsergebnisse.

Alle Eingaben in das Modell wurden zweifach von unterschiedlichen Personen nachkontrolliert. Eine solche Kontrolle erscheint unumgänglich, da selbst bei sorgfältigster Eingabe der Daten in das Modell Fehler nicht ausgeschlossen werden können.

5.6.1 UMSETZUNG DER FLIEBSCHEMATA IN DAS MODELL

Für die Umsetzung der Fließschemata der beiden Hauptsammler in das Modell wurde folgendermaßen vorgegangen:

Als erstes wurden alle Systemelemente (Teileinzugsgebiete, Knoten und Haltungen der Hauptsammler, Mischwasserbauwerke, Pumpwerke) einheitlich und eindeutig identifizierbar nummeriert und benannt, im Fließschema eingetragen und eine Übersichtsliste erstellt. Direkt hintereinander liegende Trennsysteme wurden zusammengefasst und in der Übersichtsliste vermerkt (siehe auch Anhang Punkt 14).

Auf Basis der Fließschemata und der Übersichtsliste wurden die Daten in eine KOSIM Systemdatei eingegeben. Bei fehlenden Daten wurden Standardparameter eingesetzt. Systemgrafiken für die Modelle des Raabtal- und des Lafnitztalsammlers sind im Anhang (Punkt 15 und 16) dargestellt.

5.6.2 GEBIETE UND FLÄCHEN

Die Darstellung von Teileinzugsgebieten wird in KOSIM über die Systemelemente „Gebiete“ und „Flächen“ geregelt. Jedem Gebiet können mehrere Flächen mit unterschiedlicher Parametrierung zugewiesen werden.

Im Projekt OPTIMISCH wurde für alle im Fließschema ausgewiesenen Mischsysteme ein Gebiet mit einer zugeordneten Fläche erstellt. Die Größe der befestigten Fläche und Anzahl der Einwohner wurde dabei aus dem Fließschema übernommen. Unbefestigte, bei stärkeren Regenereignissen ebenfalls abflusswirksame Flächen, wurden im Modell auf Grund der nicht vorhandenen Information nicht berücksichtigt. Der Anfangsabflussbeiwert wurde mit 0,25 gewählt, der Endabflussbeiwert zunächst in einem ersten Schritt mit 1,0 angenommen. Der Endabflussbeiwert wurde in der Teilkalibrierung als Kalibrierungsparameter verwendet.

Für die Verlustansätze (Umwandlung von Niederschlag in Abfluss) wurden in KOSIM vordefinierte Standardparameter nach ATV-A 128 (ATV, 1992) angesetzt. Die Überregnung wurde einheitlich für alle Flächen definiert.

Für die Trennsysteme wurde ebenfalls Gebiete erstellt, im Falle von aggregierten Trennsystemen wurden den Gebieten mehrere Flächen zugewiesen. Die Anzahl der Einwohner wurde aus dem Fließschema übernommen, die befestigte Fläche dort auf Null gesetzt.

Die Fließzeit in den Teileinzugsgebieten wurde grob aus der Ausdehnung und Sammlerlänge mit einer Annahme einer Fließgeschwindigkeit von 1 m/s abgeschätzt.

Ein einheitlicher Trockenwettergang und Fremdwasseranfall, getrennt für Trenn- und Mischsysteme, wurde definiert, die Bestimmung des spezifischen Abwasseranfalls erfolgte in der Modellkalibrierung (siehe auch Kapitel 5.7.1).

5.6.3 SAMMLER

Für die beiden Hauptsammler im Raab- und Lafnitztal waren im Fließschema Informationen zur Sammlergeometrie vorhanden. Diese wurde im Modell berücksichtigt, was eine Berücksichtigung und Berechnung der Translation und der Retention der Abflussschwelle im Modell erlaubt. Bei größeren Nebensammlern mit fehlenden Geometriedaten wurde, sofern sie im Fließschema dargestellt waren, die Fließzeit über die Sammlerlänge und mittels einer angenommenen Fließgeschwindigkeit von 1 m/s bestimmt. Dadurch wird im Modell für die Nebensammler mit reiner Translation der Abflussschwelle gerechnet, eine Retention konnte hier nicht berücksichtigt werden.

Das Kanalsystem der Teileinzugsgebiete wird im Modell direkt in der Beschreibung der Teileinzugsgebiete berücksichtigt.

Speichervolumina im System wurden, wo notwendig, über Ersatzsysteme definiert.

5.6.4 SONDERBAUWERKE

Alle Sonderbauwerke wurden entsprechend der Erhebungen durch das Ingenieurbüro Depisch in das Modell integriert. Dabei wurde jedes Bauwerk im Detail betrachtet und wo notwendig, Ersatzsysteme im Modell definiert, um das aktivierbare Volumen im Modell abbilden zu können.

Für einige Bauwerke waren nicht alle benötigten Angaben vorhanden. In diesem Fall wurden Standardparameter für die Modellierung verwendet. Bei einigen untergeordneten Bauwerken war keine Angabe zum maximalen Drosselabfluss vorhanden. Hierfür wurden maximale Drosselwassermengen Q_{drossel} nach dem ÖWWV RBI. 19 alt (OEWAV, 1987) mit einer Abflussspende von 15 l/s·ha angesetzt. Bei fehlender Länge der Überlaufschwelle wurde eine Länge von 5 Metern angenommen.

Pumpwerke wurden als Drossel mit konstantem Durchfluss definiert. Pumpen in Trennsystemen wurden im Modell nicht getrennt berücksichtigt, da sich bei den Sensitivitätsanalysen gezeigt hat, dass die Variation des Trockenwettergangs keine signifikante Auswirkung auf den berechneten Wirkungsgrad der Weiterleitung hat (siehe auch Kapitel 7.3.1).

5.6.5 EINZELEINLEITER

Für die Therme Loipersdorf wurde auf Basis der vorhandenen Abflussmessungen eine eigene Ganglinie definiert. Für die Fa. Vossen wurde ein durchschnittlicher, aus den Abflussmessungen bestimmter, konstanter Tageswert angesetzt. Für die Fa. Sattler wurde als Annahme die halbe Konsenswassermenge als konstanter Abfluss definiert.

Im Rahmen der Simulationsrechendurchläufe wurde festgestellt, dass die großen Einzeleinleiter eine signifikante Auswirkung auf die berechneten Zulaufmengen zur Kläranlage haben.

5.7 Modellkalibrierung

Nach der Modellerstellung entsprechend den Fließschemata wurde das Modell auf Basis der verfügbaren Messdaten teilkalibriert. Auf Grund der vorhandenen Datenlage war eine Kalibrierung im Trockenwetterfall auf Basis der Durchflussmessungen beim Mischwasserbauwerk R16 und den Zulaufmessungen auf der Kläranlage möglich.

Im Mischwasserfall war nur eine Teilkalibrierung des Systems für das Teileinzugsgebiet Jennersdorf möglich. Am Auslass dieses Teileinzugsgebiets befindet sich das Mischwasserbauwerk R16, für welches Durchflussmessungen (Drosselabfluss) vorhanden waren.

5.7.1 MODELLKALIBRIERUNG IM TROCKENWETTERFALL

Als erstes wurden die Einleitungen der Einzeleinleiter Therme Loipersdorf und Fa. Vossen an Hand der vorhandenen Abflussmessungen kalibriert. Anschließend wurde aus den Messungen am Mischwasserbauwerk R16 ein einwohnerspezifischer Abwasseranfall von 95 l/E-d bestimmt. Dabei wurden Minimal- und Maximalwerte verglichen und versucht, die Ganglinie in ihrer Form zufriedenstellend abzubilden. Abbildung 27 zeigt einen Vergleich des gemessenen und simulierten Trockenwetterabflusses am Bauwerk R16 nach der Modellkalibrierung. Der Fremdwasseranfall wurde als konstant mit 5 % des mittleren Trockenwetterabflusses angenommen.

Dieser einwohnerspezifische Abwasseranfall wurde in Folge auf das gesamte Einzugsgebiet übertragen.

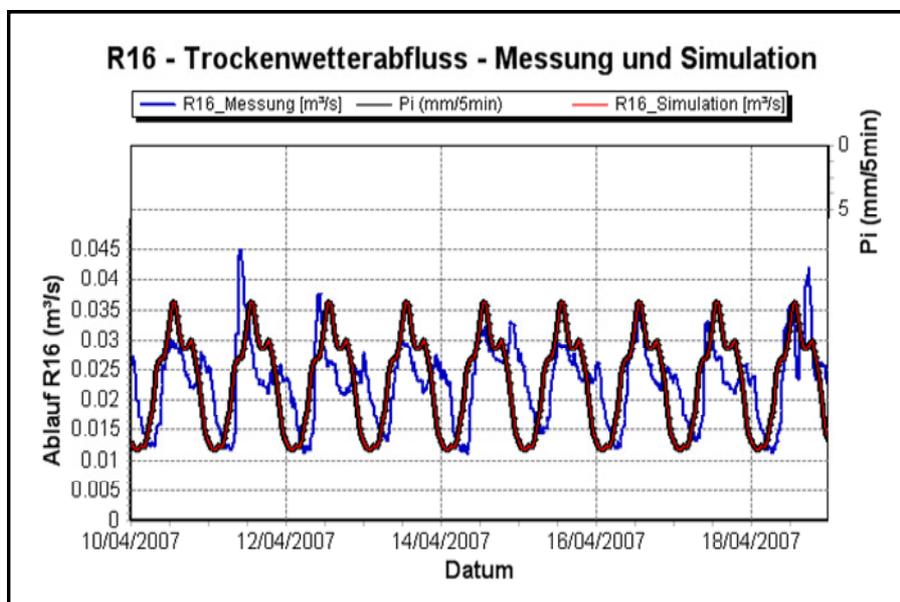


Abbildung 27: Kalibrierter Trockenwetterabfluss am Mischwasserbauwerk R16

5.7.2 MODELLVALIDIERUNG TROCKENWETTERFALL

Nach der Kalibrierung des Modells für den Trockenwetterfall wurden Tagessummen des modellierten Trockenwetterabflusses errechnet und mit den Mittelwerten der Trockenwettertageszulaufsummen der Verbandskläranlage Heiligenkreuz verglichen (siehe auch

Kapitel 5.5.3). Tabelle 25 zeigt einen Vergleich der berechneten und gemessenen Werte. Sowohl für den Raab- wie auch den Lafnitztalsammler ergibt sich eine Abweichung der Tagessummenwerte zwischen Modell und Messung von etwa 2 %.

Tabelle 25: Validierung der Trockenwetterkalibrierung am durchschnittlichen Kläranlagenzulauf (Tagessummenwerte)

Trockenwetterzulauf zur Verbandskläranlage Heiligenkreuz		
	Tagessummen Raabtal	Tagessummen Lafnitztal
	m ³ /d	m ³ /d
Messwerte;		
Mittelwert	4.224	2.095
Modellwerte KOSIM:		
Berechneter Wert	4.129	2.057
Abweichung (%)	- 2 %	- 2 %

5.7.3 TEILKALIBRIERUNG IM MISCHWASSERFALL

Auf Basis der vorhandenen Messdaten konnte das Modell für den Mischwasserfall nur teilweise kalibriert werden. Bei allen vorhandenen Abflussmessungen ist der Abfluss entweder durch Drosselung oder durch ein Pumpwerk nach oben limitiert.

Die Teilkalibrierung des Modells erfolgt an der Abflussmessung bei dem Mischwasserbauwerk R16 am Auslass des Teileinzugsgebiets Jennersdorf. Der Drosselabfluss an diesem Bauwerk ist regelbar und derzeit fix auf 120 l/s eingestellt. Die Abflussmessung (MID der Fa. Zangenberg) befindet sich direkt in der Drossel, der maximal gemessene Abfluss liegt folglich bei 120 l/s. Die Kalibrierung erfolgte auf Basis von Ereignissen mit einem Abfluss kleiner 120 l/s.

Ausgehend vom Basismodell, in dem die angeschlossenen Flächen eins zu eins aus dem Fließschema übernommen wurden und der Endabflussbeiwert Ψ_{end} im Modell zunächst auf 1,0 gesetzt wurde, wurde der Endabflussbeiwert in 0,1 Schritten zwischen $\Psi_{\text{end}} = 0,5$ und $\Psi_{\text{end}} = 1,3$ variiert. Dies würde in etwa einer Halbierung ($\Psi_{\text{end}}=0,5$) bzw. einer Steigerung von 30 % ($\Psi_{\text{end}} = 1,3$) der angeschlossenen Fläche entsprechen. Ein Wert von $\Psi_{\text{end}} = 0,7$ liefert für das angeschlossene Teileinzugsgebiet die plausibelsten Werte.

In Abbildung 28 sind die gemessenen und simulierten Abflussganglinien für Berechnungen mit einem Endabflussbeiwert von 0,7 und 1,0 dargestellt. Der ansteigende Ast in den Abflussmessungen wird dabei durch das Modell gut abgebildet. Die Spitzenabflüsse werden im Modell bei dem Ansatz eines Endabflussbeiwerts von 0,7 (blaue Linie) deutlich besser wiedergegeben als durch das Basismodell mit $\Psi_{\text{end}} = 1,0$ (grüne Linie).

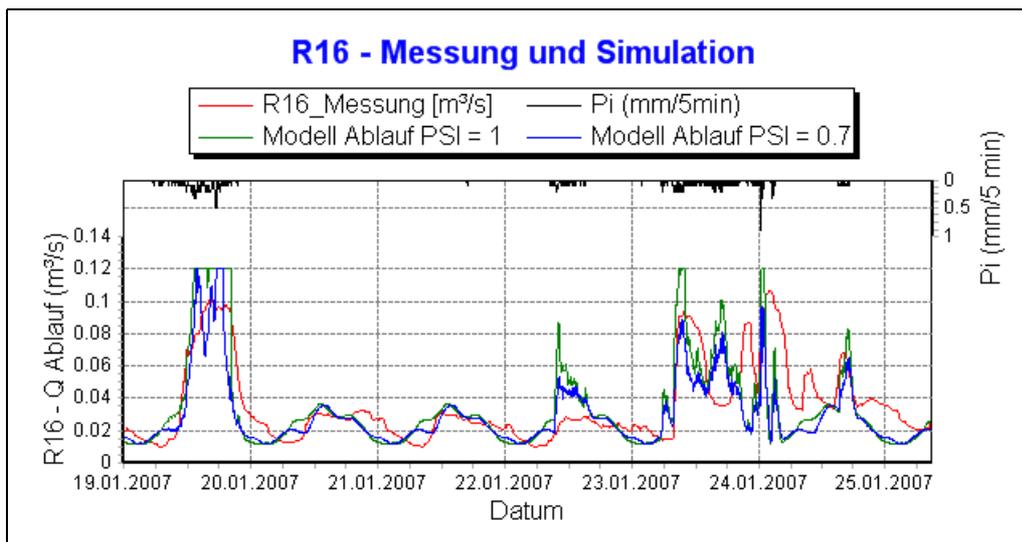


Abbildung 28: Kalibrierung des Mischwasserabflusses am R16 – unterschiedliche Endabflussbeiwerte

Eine Übertragbarkeit des ermittelten Endabflussbeiwerts auf das gesamte Einzugsgebiet ist aus mehreren Gründen unsicher: Einerseits wurde in der Kalibrierung nur ein Teileinzugsgebiet des Verbandsgebiets betrachtet, andererseits war die Kalibrierung nur für kleine Regenereignisse (Limitierung durch Drossel) möglich, bei starken Regenereignissen werden zumeist noch zusätzliche Flächen abflusswirksam. Hinzu kommen Unsicherheiten aus der Annahme einer einheitlichen Überregnung.

5.7.4 MODELLVALIDIERUNG MISCHWASSERFALL

Für eine Validierung der Modellkalibrierung im Mischwasserfall wurde die gemessene Jahreszulaufsumme zur Verbandskläranlage Heiligenkreuz mit der simulierten Zulaufsumme aus dem KOSIM Modell verglichen. Dabei wurden drei unterschiedliche Endabflussbeiwerte verwendet: Der aus der Teilkalibrierung bestimmte Wert von $\Psi_{\text{end}} = 0,7$, das Basismodell mit einem Endabflussbeiwert von 1,0 und ein erhöhter Endabflussbeiwert von 1,2. In allen Fällen wurde für den Raabtalsammler die Zulaufmenge zur Kläranlage unterschätzt (zwischen 11,5 % und 17,4 %) und für den Lafnitzalsammler überschätzt (zwischen 4,2 % und 12,1 %). Im Rahmen des Projekts OPTIMISCH wurde auf Grund der Vielzahl von möglichen Unsicherheitsquellen im Modell auf eine weitere Modellkalibrierung verzichtet.

5.8 Unsicherheiten

Aus den Grundlagendaten, deren Übertragung in das Modell so wie auch aus den Messdaten ergeben sich in der Modellaussage für den Abwasserverband Bezirk Jennersdorf deutliche Unsicherheiten. Im Folgenden ist eine Auflistung dieser Unsicherheitsquellen zusammenfassend dargestellt:

- Es wurde keine Detailüberprüfung der angeschlossenen Flächen durchgeführt. Die Flächen wurden aus einer älteren Studie übernommen und haben sich in der Zwischenzeit eventuell geändert.

- Zu einzelnen Mischwasserbauwerken und Pumpwerken waren keine Detailangaben vorhanden. Hier wurden entweder Standardparameter oder geschätzte Parameter in der Modellierung verwendet.
- Die verwendeten Regendaten für die Langzeitsimulationen stammen von einer Messstation außerhalb des Einzugsgebiets und die Überregnung wurde als gleichförmig verteilt angenommen. Dadurch bleiben Auswirkungen der realen Niederschlagsverteilung im Verbandsgebiet unberücksichtigt.
- Alle vorhandenen Abflussmessungen waren durch Pumpen / Drosseln limitiert.
- Die Übertragbarkeit der teilkalibrierten Parameter im Mischwasserfall auf das gesamte Untersuchungsgebiet ist in der Regel nicht zulässig und birgt große Unsicherheiten in sich.

Auf Grund der Vielzahl an Unsicherheitsquellen konnte für den Abwasserverband Bezirk Jennersdorf daher nur eine erste Abschätzung der Bandbreite des tatsächlichen Wirkungsgrads der Weiterleitung erfolgen.

5.9 Berechnungsergebnisse

5.9.1 ABSCHÄTZUNG EINER BANDBREITE WIRKUNGSGRAD DER WEITERLEITUNG

Für die Abschätzung einer Bandbreite des vorhandenen Wirkungsgrades der Weiterleitung im Verbandsgebiet des Abwasserverbands Bezirk Jennersdorf wurden insgesamt 15 verschiedene Varianten für die Langzeitbetrachtung (Regenreihe Bad Waltersdorf) und 18 verschiedene Varianten nur für das Jahr 2007 (Verwendung der beiden Regenreihen Bad Waltersdorf und Heiligenkreuz) simuliert. Eine Übersicht der Varianten und Berechnungsergebnisse ist im Anhang (Punkt 17 und 18) dargestellt. Dabei wurden folgende Parameter variiert:

- Variation des Endabflussbeiwerts $\Psi_{\text{end}} = 0,7; 1,0 \text{ und } 1,2$
- Variation der Regenreihen für das Jahr 2007: Bad Waltersdorf und Heiligenkreuz
- Variation der Parameter von Bauwerken mit fehlenden Daten: Drosseldurchfluss

Danach wurde eine Auswertung des Einflusses der einzelnen Variationsparameter durchgeführt und eine Bandbreite des vorhandenen Wirkungsgrads der Weiterleitung abgeschätzt. Dabei wurden das Basismodell und die aus den Varianten berechneten Ober- und Untergrenzen des Wirkungsgrads der Weiterleitung verglichen. Für diese Abschätzung wurden nur die Ergebnisse aus der Langzeitsimulation mit der Regenreihe aus Bad Waltersdorf herangezogen.

In Tabelle 26 ist die maximale Differenz der berechneten Wirkungsgrade der Weiterleitung für gelöste Stoffe in Prozentpunkten zwischen dem jeweils niedrigsten und höchsten berechneten Wirkungsgrad bezogen auf den variierten Parameter dargestellt.

Tabelle 26: Auswirkung der Variation unterschiedlicher Parameter auf den Wirkungsgrad der Weiterleitung

Parameter	Variabilität des Wirkungsgrads der Weiterleitung in Prozentpunkten
	[%]
Bauwerksdaten ($Q_{Drossel}$)	2
Regenreihe	4
Endabflussbeiwert	16

Aus der Tabelle 26 wird ersichtlich, dass die Variation des Endabflussbeiwerts die größte Auswirkung auf den berechneten Wirkungsgrad der Weiterleitung mit einer Variabilität von 16 Prozentpunkten zwischen Maximal- und Minimalwert hat.

Für die Beurteilung der Auswirkung bei Anwendung unterschiedlicher Regenreihen wurde der Wirkungsgrad der Weiterleitung auf Basis der vorhandenen Messdaten nur für das Jahr 2007 – also nicht in einer Langzeitbetrachtung – bestimmt. Der Einfluss der Regenreihe im betrachteten Zeitraum auf den berechneten Wirkungsgrad der Weiterleitung liegt bei etwa 4 Prozentpunkten. Dies verdeutlicht, dass die Verwendung unterschiedlicher Regenreihen in der Berechnung einen Einfluss auf das Ergebnis hat, wobei dieser Einfluss zum Teil durch die Kalibrierung der abflusswirksamen Flächen kompensiert werden dürfte.

Die Variation des Drosseldurchflusses bei untergeordneten Bauwerken mit fehlenden Daten hat im Vergleich zu den anderen Variationsparametern den geringsten Einfluss auf das Ergebnis (etwa 2 Prozentpunkte Unterschied im berechneten Wirkungsgrad der Weiterleitung). Dabei ist zu berücksichtigen, dass die betrachteten Bauwerke in Bezug auf die Entlastungsfrachten im Gesamtsystem nur eine untergeordnete Rolle spielen. Tabelle 27 zeigt die abgeschätzte Bandbreite der berechneten Wirkungsgrade der Weiterleitung für gelöste Stoffe und AFS und den zugehörigen Grad der Zielerreichung für das Basismodell und die errechneten Maximal- und Minimalwerte aus den Variantenrechnungen für das gesamte Einzugsgebiet des Abwasserverbands Bezirk Jennersdorf. Diese Berechnungen wurden alle mit der 7-jährigen Regenreihe Bad Waltersdorf durchgeführt. Als „Basismodell“ wurde das aus dem Fließschema übertragene Modell mit einem Endabflussbeiwert von 1,0 definiert.

Tabelle 27: Abgeschätzte Bandbreite des Wirkungsgrads der Weiterleitung

	Mindestwirkungsgrad	Basismodell	
	η	η berechnet	Zielerreichung ν
gelöste Stoffe [%]	58,5	59,3	101,4
AFS [%]	73,5	68,4	93,0

	Mindestwirkungsgrad	Untergrenze	
	η	η berechnet	Zielerreichung ν
gelöste Stoffe [%]	58,5	54,3	92,8
AFS [%]	73,5	64,4	87,6

	Mindestwirkungsgrad	Obergrenze	
	η	η berechnet	Zielerreichung ν
gelöste Stoffe [%]	58,5	69,6	119,0
AFS [%]	73,5	77,5	105,4

Aus der errechneten Bandbreite wird ersichtlich, dass der Abwasserverband Bezirk Jennersdorf schon im derzeitigen Ausbauzustand – je nach betrachteter Variante – nicht weit von den geforderten Mindestwirkungsgraden der Weiterleitung entfernt ist oder sie bereits einhält. Dies verdeutlicht auch die Notwendigkeit einer detaillierteren Datenerhebung und der Verdichtung der Messdaten (z. B. aus temporären Messkampagnen), um die Unsicherheiten im Modell zu minimieren und eine abgesichertere Aussage über den tatsächlichen Wirkungsgrad der Weiterleitung treffen zu können.

5.10 Vergleichsberechnungen (ATV)

Für den Abwasserverband Bezirk Jennersdorf wurden keine Vergleichsrechnungen nach dem ATV Arbeitsblatt A 128 durchgeführt.

5.11 Konkrete Maßnahmen / Kosten

Die Ausarbeitung konkreter Maßnahmen und zugehöriger Kosten war im Projekt OPTIMISCH für den Abwasserverband Bezirk Jennersdorf kein definiertes Projektziel. Im Interesse des Verbandes und zur Darstellung der Möglichkeiten von Simulationsberechnungen wurde jedoch exemplarisch die Auswirkung einer einzelnen Maßnahme am Mischwasserbauwerk R16 (Variation des steuerbaren Drosselabflusses) im Detail betrachtet.

5.11.1 DETAILBERECHNUNGEN R16 – VARIATION DES DROSSELABFLUSSES

Das Mischwasserbauwerk R16 befindet sich am Auslass des Teileinzugsgebiets Jennersdorf. Das Bauwerk ist ein Stauraumkanal mit unten liegender Entlastung mit einem vorhandenen, aktivierbaren Volumen von etwa 470 m³. Der Drosselabfluss ist steuerbar und derzeit fix auf 120 l/s eingestellt. Die Entlastung erfolgt direkt in die Raab, der Drosselabfluss wird in den Raabtalsammler weitergeleitet. Der gesamte Abfluss im Raabtalsammler wird schließlich bei dem Mischwasserbauwerk R27 (Pumpwerk Mogersdorf) mit einer maximalen Pumpleistung von 150 l/s Richtung Verbandskläranlage Heiligenkreuz gepumpt. Zusätzlich am Pumpwerk Mogersdorf ankommende Mischwässer über 150 l/s werden direkt am Pumpwerk Mogersdorf in die Raab entlastet. Der Hauptsammler I wird im Bereich oberhalb des Pumpwerks als Speicherkanal genutzt (aktivierbares Volumen von etwa 800 m³). Die Einleitung aus dem Mischwasserbauwerk R16 liegt etwa 6,5 km oberhalb des Pumpwerks Mogersdorf (R27).

Für die folgenden Vergleichsrechnungen wurde das Basismodell (Umsetzung des Fließschemas und Endabflussbeiwert $\Psi_{\text{end}} = 1,0$) verwendet. Der Drosselabfluss beim Mischwasserbauwerk R16 wurde in einem ersten Schritt zwischen 60 und 140 l/s in 20 l/s Schritten variiert und die Auswirkung auf das Gesamtsystem an Hand der errechneten Wirkungsgrade der Weiteitung für gelöste und abfiltrierbare Stoffe ermittelt.

Tabelle 28: Auswirkungen auf den Wirkungsgrad der Weiteitung bei Änderung des Drosselabflusses beim Mischwasserbauwerk R16

Variation des Drosselabflusses R16 (Basismodell)						
Drosselabfluss R16	l/s	60	80	100	120	140
VQr (Regenabfluss)	m ³ /a	336.048	336.048	336.048	336.048	336.048
VQe ges (Überlaufvolumen im Gesamtsystem)	m ³ /a	135.884	135.944	139.050	141.138	142.343
η gelöste Stoffe		59,6	59,5	58,6	58,0	57,6
η AFS		67,5	67,7	67,2	66,9	66,7

In Tabelle 28 ist der Vergleich der berechneten Wirkungsgrade der Weiteitung für den Raabtalsammler bei unterschiedlichen Drosselinstellungen am R16 dargestellt. Es zeigt sich, dass eine Reduktion des Drosselabflusses eine Erhöhung der Wirkungsgrade der Weiterleitung zu Folge hat, wobei sich für AFS ein maximaler Wert der Weiterleitung bei 80 l/s einstellt. Im Vergleich zu den derzeit eingestellten 120 l/s erhöht sich bei einer Reduktion des Drosselabflusses auf 80 l/s der Wirkungsgrad der Weiteitung für gelöste Stoffe um etwa 1,5 Prozentpunkte und für AFS um ca. 0,8 Prozentpunkte.

Anschließend wurde auch noch ein Vergleich der Entlastungsparameter für die beiden Bauwerke R16 und R27 mit dem derzeit eingestellten Drosseldurchfluss von 120 l/s und dem am Gesamtsystem als optimal ermittelten Wert von 80 l/s durchgeführt.

Tabelle 29: Vergleich der Entlastungsparameter bei den Bauwerken R16 und R27 bei unterschiedlichen Drosseleinstellungen am Bauwerk R16

Vergleich R16, R27 und Summe der Entlastungsvolumina bei 80 l/s				
Bezeichnung	QDr,max	Überlaufdauer	Überlaufvolumen	Entlastungsrate
[-]	[l/s]	[d/a]	[m ³ /a]	[%]
RE R27	150,00	24,9	38.495	36,04
RE R16	80,00	25,8	25.190	35,10
Gesamt	-	-	135.944	-
Vergleich R16, R27 und Summe der Entlastungsvolumina bei 120 l/s				
Bezeichnung	QDr,max	Überlaufdauer	Überlaufvolumen	Entlastungsrate
[-]	[l/s]	[d/a]	[m ³ /a]	[%]
RE R27	150,00	29,3	55.328	37,93
RE R16	120,00	16,8	13.551	24,73
Gesamt	-	-	141.138	-

Der Vergleich der Entlastungsparameter ist in Tabelle 29 dargestellt. Mit dem verwendeten Modell wird durch die Reduktion des Drosselabflusses von 120 auf 80 l/s eine Reduktion des Überlaufvolumens im Gesamtsystem von ca. 5 000 m³/a erreicht. Weiters wird das Überlaufvolumen und die Überlaufdauer gleichmäßiger auf die beiden Entlastungsbauwerk aufgeteilt, das heißt die punktuelle Belastung der Raab am Bauwerk R27 wird deutlich reduziert. Diese Ergebnisse lassen die klare Empfehlung zu, den Drosselabfluss bei dem Mischwasserbauwerk R16 von derzeit 120 l/s auf 80 l/s zu reduzieren.

5.12 Erfahrungen aus dem Untersuchungsgebiet

Bei dem Abwasserverband Bezirk Jennersdorf handelt es sich um ein sehr komplexes, weitläufiges Verbandsgebiet mit einer Vielzahl von Mischwasserbauwerken und Pumpwerken. Auch wenn eine Reihe von Informationen, Grundlagen- und Messdaten schon zu Projektbeginn vorhanden waren, war der Aufwand für die Datenerhebung und Datenaktualisierung beträchtlich. In den letzten Jahren wurde eine Reihe von Umbaumaßnahmen im Gebiet durchgeführt. Dies reicht von der Anpassung von Überlaufbauwerken, der Errichtung von Speichervolumina bis zum Rückbau von Misch- in Trennsysteme. Eine detaillierte Überprüfung bzw. Neuerhebung der angeschlossenen Flächen war im Rahmen des Projekts OPTIMISCH nicht möglich.

Auf Grund der Baumaßnahmen war auch die Festlegung der Kalibrierungsperiode eine Herausforderung, da ein Ausbuzustand gefunden werden musste, für den gleichzeitig Niederschlags- und Abflussmessungen und eine gesicherte Datengrundlage vorhanden waren.

Als unabdingbar erwies sich eine eingehende Überprüfung der vorhandenen Messdaten. So musste zum Beispiel eine der vorhandenen Niederschlagsreihen auf Grund von unplausiblen Daten ausgeschieden werden. Als anderes Beispiel sei die Überprüfung des Kläranlagenzulaufs angeführt, wo für den Lafnitztalsammler ein deutlicher Anstieg des Zulaufs in den Wintermonaten erkannt wurde.

Die Modellerstellung selbst ist für ein großes Verbandsgebiet ebenfalls mit einem nicht zu vernachlässigbarem Aufwand verbunden. Vor allem die Definition von Ersatzsystemen bei komplexen realen Gegebenheiten ist nicht trivial. Weiters wurde deutlich, dass trotz gewissenhafter Eingabe der Modelldaten eine Überprüfung – am Besten durch jemanden, der nicht direkt mit der Modellerstellung befasst war – notwendig ist, um Fehler in der Eingabe zu vermeiden.

In der Modellkalibrierung konnte ein sehr zufriedenstellendes Ergebnis für den Trockenwetterabfluss erzielt werden. Im Vergleich zu den gemessenen Tageszulaufsummen weicht das Modell nur im Bereich von etwa 2 % ab.

Im Mischwasserfall war auf Basis der vorhandenen Messdaten nur einer Teilkalibrierung des Modells für das Teileinzugsgebiet Jennersdorf und kleinere Regenereignisse möglich. Trotz der eingeschränkten Möglichkeit der Kalibrierung ergab sich in der Modellvalidierung an der Jahreszulaufsumme zur Verbandskläranlage Heiligenkreuz eine verhältnismäßig geringe Abweichung im Bereich von 11,5 % bis 17,4 % für den Raabtalsammler und 4,2 % bis 12,1 % für den Lafnitzalsammler.

Eine signifikante Auswirkung von größeren Einzeleinleitern auf den Gesamtabfluss im System und auf die Entlastungsvolumina konnte festgestellt werden. Zu einer detaillierten Erhebung der Einleitungsdaten – wo diese noch nicht vorhanden sind (z. B. Fa. Sattler) – wird geraten.

Insgesamt wurde eine Reihe von Unsicherheiten aufgezeigt, die eine abgesichertere Berechnung des vorhandenen Wirkungsgrades der Weiterleitung nicht zulassen. Daher konnte im Rahmen des Projekts für den Abwasserverband Bezirk Jennersdorf auch nur eine Abschätzung der Bandbreite des Wirkungsgrades der Weiterleitung über Variantenrechnungen durchgeführt werden.

Wie erwartet konnte gezeigt werden, dass der Parameter „Versiegelungsgrad“ (bzw. Endabflussbeiwert) die größten Auswirkungen auf den berechneten Wirkungsgrad hat. Über die abgeschätzte Bandbreite wird ersichtlich, dass der Abwasserverband Bezirk Jennersdorf schon im derzeitigen Ausbauzustand – je nach betrachteter Variante – nicht weit von den geforderten Mindestwirkungsgraden der Weiterleitung entfernt ist oder sie bereits einhält.

An Hand der Detailuntersuchung einer konkreten Maßnahme – der Reduktion des Drosselabflusses beim Mischwasserbauwerk R16 – konnte gezeigt werden, dass durch die Verwendung von Modellwerkzeugen die relativen Auswirkungen von Maßnahmen am System mit verhältnismäßig geringem Aufwand beurteilt werden können. Eine Reduktion des derzeitigen Drosselabflusses von 120 auf 80 l/s führt zu einer Erhöhung der berechneten Wirkungsgrade der Weiterleitung und zu einer Reduktion der im Gesamtsystem emittierten Frachten. Daraus wird auch ersichtlich, dass das neue ÖWAV RBI.19 (2007) sehr flexible Lösungen zur Mischwasserbewirtschaftung für die Einhaltung des Mindestwirkungsgrades der Weiterleitung erlaubt und ermöglicht.

Empfehlungen, wo die Erhebung detaillierter Grundlagendaten zur Reduktion der Unsicherheiten sinnvoll erscheint und wo weitere Messstationen errichtet oder temporäre Messkampagnen zur Verdichtung der Messdaten durchgeführt werden sollen, werden gemeinsam mit dem Verband nach dem Projektabschluss entwickelt werden.

6 UNTERSUCHUNGSGEBIET GRAZ WEST

6.1 Allgemeine Beschreibung

Das untersuchte Einzugsgebiet „Graz West“ befindet sich im westlichen Teil der steirischen Landeshauptstadt Stadt Graz und erstreckt sich über 335 ha, von denen rund 120 ha befestigt sind. Die Stadt Graz liegt auf einer Seehöhe von 353 m H.ü.A. mit einem durchschnittlichen Jahresniederschlag von etwa 830 mm/a. Das Einzugsgebiet wird im Mischsystem im freien Gefälle entwässert. Am Ende des Einzugsgebietes befindet sich ein Mischwasserüberlauf, der direkt in die Mur entlastet. Die Mur ist ein relativ leistungsfähiges Gewässer mit einem durchschnittlichen Abfluss von 120 m³/s. Die Geländeneigung im Einzugsgebiet variiert zum Großteil zwischen 0,5 und 4 %, im Westen des Einzugsgebiets steigt die Geländeneigung auf bis zu 10 % an. Die Bevölkerungsdichte liegt bei rund 37 E/ha (insgesamt etwa 13 000 Einwohner). Der östliche Teil des Einzugsgebiets ist dicht verbaut, während der westliche Teil durch Wohnsiedlungen ohne größere Industriebetriebe charakterisiert ist. Einige kleinere und zwei größere Indirekteinleiter (eine Brauerei und ein pharmazeutischer Konzern) sind im Einzugsgebiet situiert.

Aus Abbildung 29 sind die Lage des Einzugsgebiets „Graz West“ und eine schematische Darstellung des Kanalsystems ersichtlich. Das Kanalsystem wurde zwischen 2004 und 2007 ständig erweitert bzw. Umschlüsse vorgenommen (in der schematischen Darstellung in rot gekennzeichnet). Da keine genauen Daten zu den durchgeführten Baumaßnahmen vorlagen, kam im Projekt OPTIMISCH ein Modell mit Stand 2003 zur Anwendung.

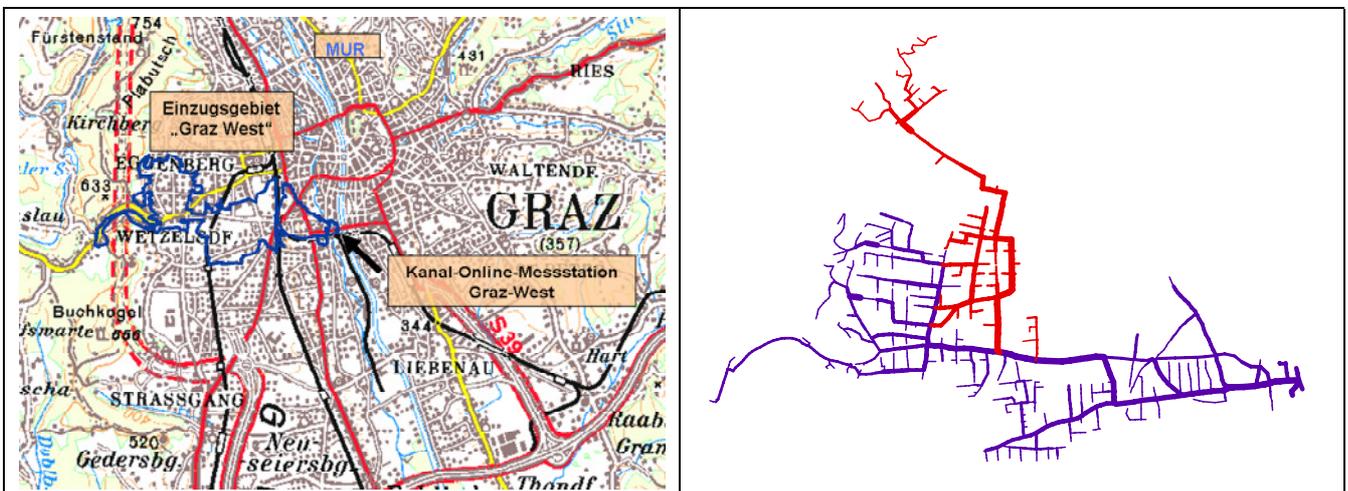


Abbildung 29: Lage des Einzugsgebiets „Graz West“ und schematische Darstellung des Kanalsystems.

Das Einzugsgebiet „Graz West“ war bereits Gegenstand mehrerer Forschungsprojekte. Durch den kontinuierlichen Betrieb einer Kanal-Online-Messstation am Mischwasserüberlauf am Auslass des Einzugsgebiets seit 2002 und der Installation von 2 Regenschreibern ist die Datengrundlage im Einzugsgebiet hervorragend. Detaillierte Grundlagendaten wurden vom Kanalbauamt und dem Vermessungsamt der Stadt Graz zur Verfügung gestellt. Ein hydrologisches Modell des Einzugsgebiets wurde im Rahmen einer gemeinsam mit der TU Graz betreuten Vertiefungsarbeit an der TU Darmstadt (Schneider, 2007) erstellt.

6.2 Projektumfang und –ziele

Für das Einzugsgebiet Graz West waren schon vor Projektstart ein detailliertes hydrologisches Modell und umfassende Mess- und Grundlagendaten vorhanden. Das in der Simulationssoftware SMUSI 5.0 erstellte Modell ist direkt an eine state-of-the-art Methodik der Auto-Kalibrierung basierend auf Evolutionären Strategien (vgl. Kapitel 2.2.3.1) gekoppelt. Diese Voraussetzungen werden in der alltäglichen Ingenieurspraxis – zumindest in näherer Zukunft – nicht so leicht vorhanden sein. Im Projekt OPTIMISCH lag das Interesse für das Untersuchungsgebiet Graz West darin, an Hand eines „bestmöglich“ kalibrierten Modells Auswirkungen auf den Wirkungsgrad der Weiterleitung bei:

- Anwendung unterschiedlicher Regenserien
- Parametervariationen
- Modellkalibrierung
- Auswirkung von Mischwasserbewirtschaftungsmaßnahmen

zu bestimmen und unterschiedliche Sensitivitätsanalysen durchzuführen.

6.3 Berechneter Mindestwirkungsgrad der Weiterleitung nach ÖWAV Regelblatt 19 (2007)

In Tabelle 30 sind die berechneten Mindestwirkungsgrade der Weiterleitung für unterschiedliche Rasterflächen nach dem ÖWAV Leitfaden „Niederschlagsdaten zur Anwendung der ÖWAV Regelblätter 11 und 19“ (ÖWAV, 2007a) in Graz dargestellt. Die errechneten Mindestwirkungsgrade der Weiterleitung liegen alle in einer Bandbreite von wenigen zehntel Prozentpunkten. Als Kläranlagengröße zur Bestimmung des Mindestwirkungsgrads wurde die Ausbaugröße der Hauptkläranlage Graz Gössendorf (500 000 Einwohnerwerte) herangezogen. Dabei wurde von der Annahme ausgegangen, dass bei Einhaltung des Wirkungsgrades in allen Teileinzugsgebieten des Entwässerungssystems auch eine Einhaltung im Gesamtsystem gegeben ist.

Tabelle 30: Maßgebliche Regenspende $r_{720,1}$ und berechneter Mindestwirkungsgrad der Weiterleitung für verschiedene Rasterflächen in Graz.

Mindestwirkungsgrad der Weiterleitung nach ÖWAV RBI. 19 – Rasterflächen Graz							
		Rasterfläche / Niederschlagsreihe					
maßgeblicher Regen		St. Peter (Nr. 217)	Wetzelsdorf (Nr. 216)	Andritz (Nr. 211)	Mariatrost (Nr. 212)	Seiersberg (Nr. 220)	NIEDA Graz Universität
$r_{720,1}$	mm/12h	42,0	42,5	42,8	42,9	42,0	41,9
η - gelöste Stoffe	-	54,0	53,8	53,6	53,6	54,0	54,1
η - AFS	-	69,0	68,8	68,6	68,6	69,0	69,1

In den Langzeitsimulationen für die Sensitivitätsanalysen kam die Regenreihe „Graz Universität“ aus der Niederschlagsdatenbank NIEDA zur Anwendung. Bei der Bestimmung des Grads der Zielerreichung wurde der entsprechende Mindestwirkungsgrad von 54,1 % für gelöste und 69,1 % für abfiltrierbare Stoffe als Vergleichswert herangezogen.

6.4 Grundlagendaten

Wie in Abbildung 30 dargestellt, ist für das Einzugsgebiet „Graz West“ eine hervorragende Datenlage zu den Oberflächen- und Kanaldaten vorhanden. Neben Kataster- und Flächenwidmungsdaten stehen für das gesamte Einzugsgebiet Orthofotos, Einwohnerwerte und ein kompletter digitaler Kanalkataster zur Verfügung. Die hohe Qualität und der Detaillierungsgrad erlauben eine sehr detailgetreue Abbildung des Einzugsgebiets im hydrologischen Modell. Die Daten wurden dankenswerterweise vom Kanalbauamt und vom Vermessungsamt der Stadt Graz zur Verfügung gestellt.



Abbildung 30: Ausschnitt aus dem Einzugsgebiet „Graz West“ – Vorhandene Grundlagendaten (Quelle: Vermessungsamt und Kanalbauamt der Stadt Graz)

6.5 Messdaten

Seit 2002 wird von der TU Graz direkt bei dem Mischwasserüberlauf am Auslass des Einzugsgebietes eine Kanal-Online-Messstation betrieben. Diese wurde im Rahmen des Forschungsprojekts Innovative Messtechnik in der Wasserwirtschaft (BMLUW, 2005) gemeinsam mit dem Kanalbauamt der Stadt Graz errichtet und liefert nun schon seit mehreren Jahren kontinuierlich hochauflösende Daten zu Abfluss (Zulaufkanal und Entlastungskanal) und Schmutzstoffkonzentrationen (CSB_{eq} , AFS_{eq} , TOC_{eq}) in der Mischwasserüberlaufkammer (Gruber *et al.*, 2005). Der Abfluss im Zulauf zum Mischwasserüberlauf (MÜ) wird über ein berührungsloses Radar-Messsystem gemessen, im Entlastungskanal über eine Ultraschallsonde. Die Schmutzstoffkonzentrationen werden über eine UV/VIS-Multispektrometersonde bestimmt, die in einem schwimmenden Ponton direkt in der Entlastungskammer installiert ist. Im Trockenwetterfall

werden die Daten mit einem Zeitintervall von 3 Minuten aufgezeichnet, im Mischwasserfall mit dem kleinstmöglichen Intervall von einer Minute. Abbildung 31 gibt einen Überblick über die Konzeption und Ausstattung der Messstation.

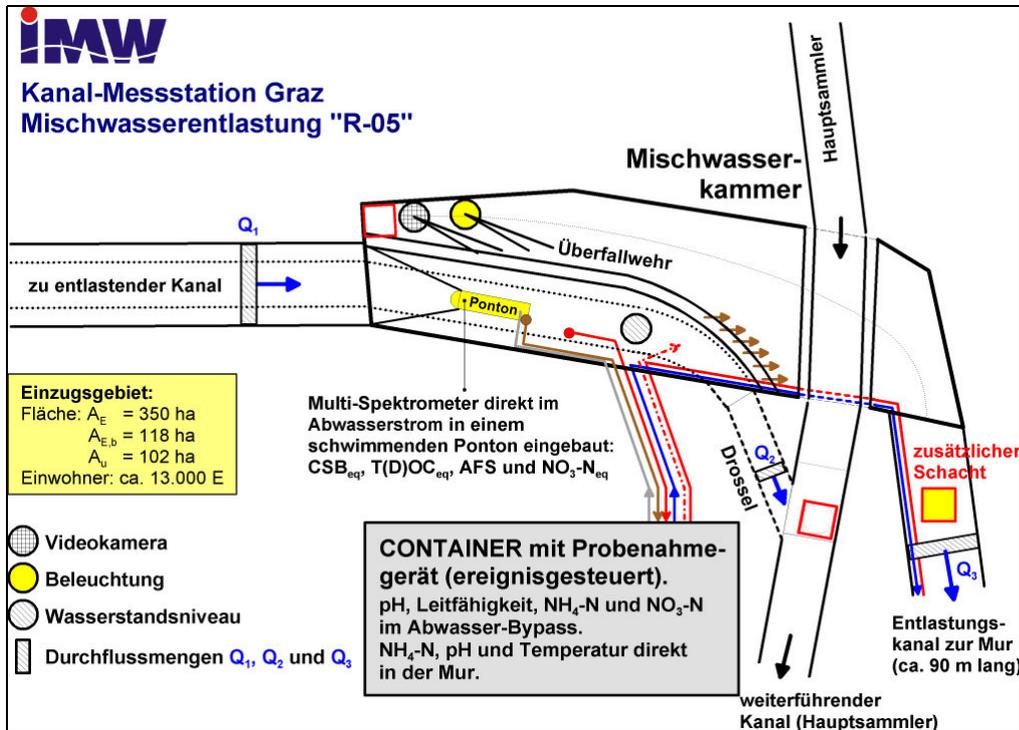


Abbildung 31: Konzeption und Ausstattung der Messstation Graz (BMLUW, 2005)

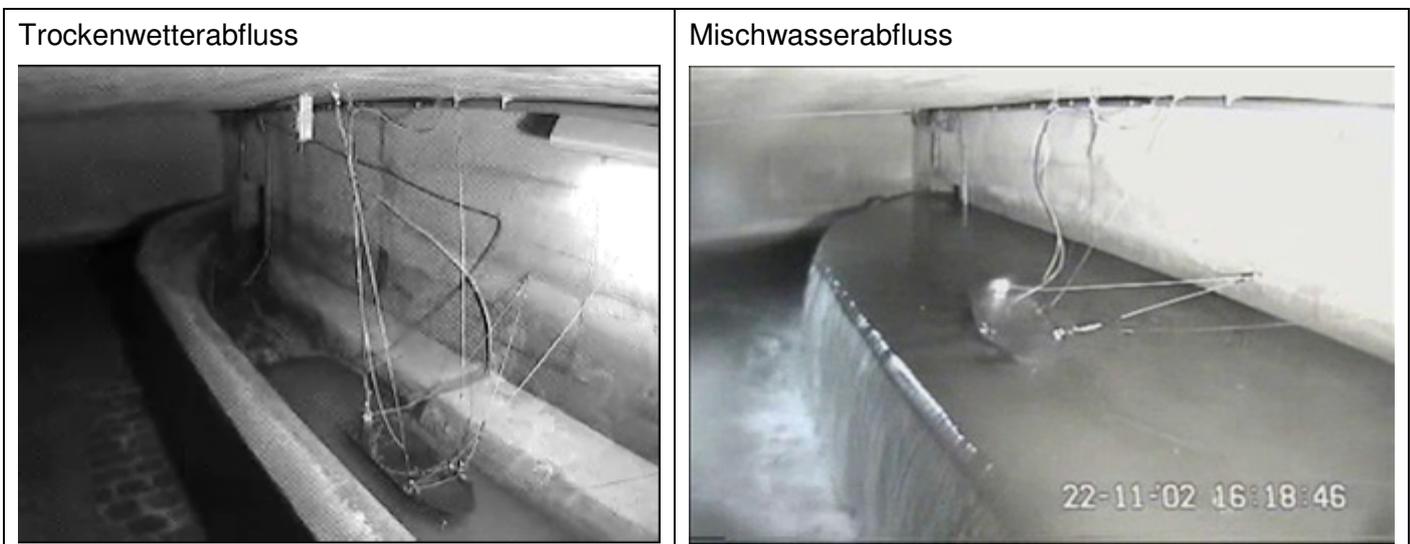


Abbildung 32: Mischwasserüberlaufkammer mit schwimmendem Ponton bei Trockenwetter- und Mischwasserabfluss

In Abbildung 32 ist die Mischwasserüberlaufkammer mit dem schwimmenden Ponton bei Trockenwetter- und Mischwasserabfluss dargestellt.

6.5.1 NIEDERSCHLAGSDATEN

Für die Kalibrierung des Modells wurden Niederschlagsdaten einer Messstation etwas südlich des Einzugsgebiets (Gymnasium Klusemanngasse) verwendet. Bei der Messstation sind eine Niederschlagswippe und eine Niederschlagswaage installiert. In den Langzeitsimulationen für die Sensitivitätsanalysen wurde die Regenreihe „Graz Universität“ mit einer Dauer von insgesamt 18 Jahren aus der Niederschlagsdatenbank NIEDA verwendet (Zeitraum: 01.01.1989 00:00 - 31.12.2006 23:55).

Weiters kamen für den Vergleich der Auswirkung unterschiedlicher Niederschlagsserien auf den berechneten Wirkungsgrad der Weiterleitung mehrere Niederschlagsreihen aus der Niederschlagsdatenbank NIEDA für die Langzeitsimulation zur Anwendung.

6.5.2 ABFLUSSMENGEN- UND HÖHENSTANDSMESSUNGEN

Abflussmessungen sind im Zulaufkanal und im Entlastungskanal des Mischwasserbauwerks in hoher zeitlicher Auflösung verfügbar. Im Trockenwetterfall beträgt die Auflösung 3 Minuten, im Mischwasserfall eine Minute.

6.5.3 ZULAUFDATEN KLÄRANLAGEN

Da nur ein Teileinzugsgebiet der Stadt Graz betrachtet wurde, kamen keine Zulaufdaten der Kläranlage Graz-Gössendorf zur Anwendung. Für Vergleiche des simulierten und gemessenen Abflusses kamen Ganglinien und Summenwerte aus der Abflussmessung im Zulaufkanal zum Mischwasserüberlauf und aus dem Entlastungskanal zur Anwendung.

6.5.4 EINZELEINLEITER

Einzeleinleiter im Einzugsgebiet wurden nicht getrennt betrachtet, sondern über den täglichen spezifischen Schmutzwasseranfall mit berücksichtigt.

6.6 Modellerstellung

Ein detailliertes hydrologisches Modell des Einzugsgebiets „Graz West“ war bereits zu Projektbeginn vorhanden. Es wurde im Rahmen einer Vertieferarbeit an der TU Darmstadt (Schneider, 2007) erstellt und kalibriert. Insgesamt wurden im Modell 44 Teileinzugsgebiete abgebildet, wobei zusammenhängende Oberflächen mit ähnlichen Charakteristika (Neigung, Verbauung, Flächenwidmung) zusammengefasst wurden. Die Struktur der Hauptsammler wurde über 41 Haltungen abgebildet, Nebensammler wurden in den Teileinzugsgebieten mit berücksichtigt. In Abbildung 33 ist eine schematische Skizze des Einzugsgebiets mit den modellierten Teileinzugsgebieten und Hauptsammlern dargestellt. Eine Systemgrafik des Modells ist im Anhang (Punkt 19) dargestellt.

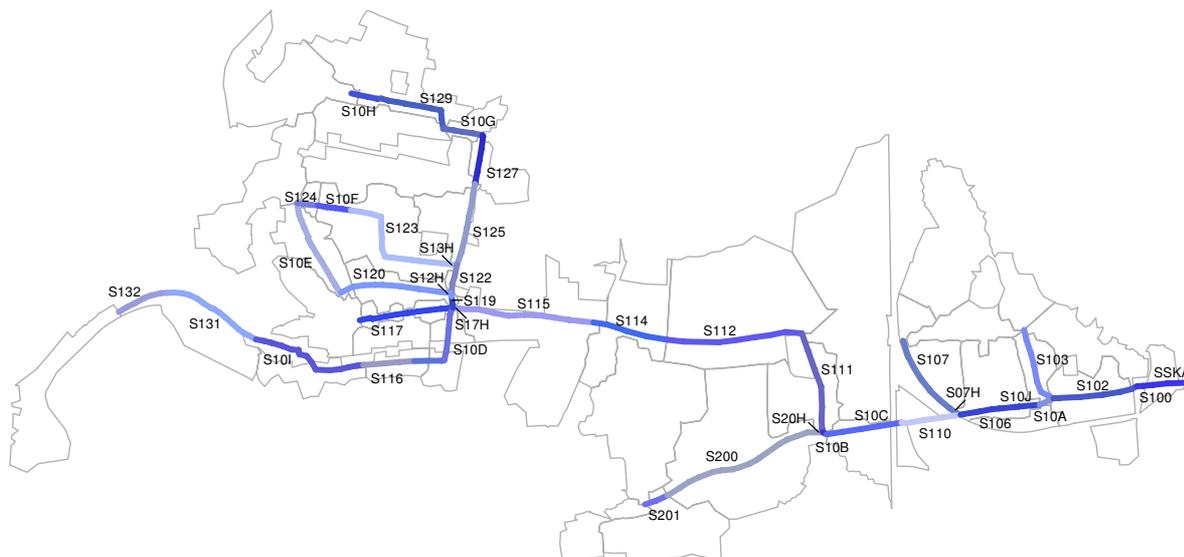


Abbildung 33: Schematische Darstellung des Modells mit Einzugsgebieten und Hauptsammlern (Schneider, 2007)

6.6.1 FIKTIVES MISCHWASSERÜBERLAUFBECKEN AM AUSLASS DES EINZUGSGEBIETS

Für einige Sensitivitätsanalysen wurde ein fiktives Mischwasserüberlaufbecken am Auslass des Einzugsgebiets angeordnet. Dabei wurde die durch die Drossel weitergeleitete Menge am fiktiven Becken auf einen realistischen Kläranlagenzulauf eingestellt (100 l/s). Die Beckengröße mit 2000 m³ wurde so gewählt, dass der Grad der Zielerreichung für das Basismodell etwa 70 % beträgt – dies entspräche einem realistischen Szenario in der Anwendung des ÖWAV RBl. 19, wo Maßnahmen zur Erreichung des Mindestwirkungsgrades der Weiterleitung im System notwendig wären. Abbildung 34 zeigt eine schematische Darstellung der Anordnung des fiktiven Beckens.

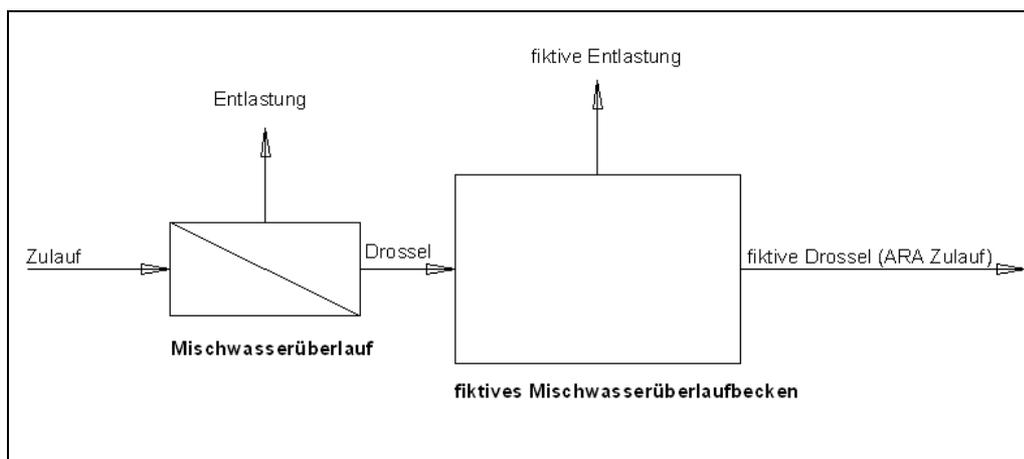


Abbildung 34: Schematische Darstellung des fiktiven Mischwasserüberlaufbeckens

6.7 Modellkalibrierung

Das Modell wurde bereits in vorangegangenen Studien für Trockenwetter und Mischwasserfall kalibriert (Gamerith, 2008, Schneider, 2007). Dabei wurden die Modellparameter in Hinblick auf die bestmögliche Abbildung der Zulaufganglinien von Abfluss und Schmutzstoffkonzentrationen bei Einzelereignissen optimiert. In den Studien wurde gezeigt, dass eine genaue Überprüfung der in der Kalibrierung verwendeten Messdaten notwendig ist, um Fehler im Modell zu vermeiden. Im Rahmen des Projekts OPTIMISCH wurde eine erneute Kalibrierung mit der Zielrichtung einer bestmöglichen Abbildung des Langzeitverhaltens des Systems und des Mischwasserüberlaufs durchgeführt. Dabei wurde versucht, die gemessenen Entlastungsparameter so gut wie möglich für eine Jahresserie abzubilden. In der Kalibrierung des Modells kam ein Auto-Kalibrierungsalgorithmus basierend auf Evolutionären Strategien (Vergleiche auch Kapitel 2.2.3.1) zur Anwendung.

6.7.1 MODELLKALIBRIERUNG TROCKENWETTER

Die Modellkalibrierung für das Einzugsgebiet Graz West im Trockenwetterfall wurde aus einer vorangegangenen Studie übernommen. Dabei wurde in einem ersten Schritt der Fremdwasserabfluss aus den Nachtminima des Trockenwetterabflusses bestimmt. Anschließend wurde der einwohnerspezifische Schmutzwasseranfall und die Form der Tagesganglinien ermittelt. Dabei wurde eine automatische Kalibrierung auf mehrere Trockenwetterperioden mit dem Gütemaß nach Nash-Sutcliffe als Zielfunktion für das Jahr 2003 durchgeführt und die bestimmten Parameter der einzelnen Perioden gemittelt. Abbildung 35 zeigt exemplarisch einen Vergleich des gemessenen und des simulierten Trockenwettertagesgang für eine Trockenwetterperiode im Dezember 2003 (die blaue gepunktete Linie stellt dabei den gemessenen, die schwarz durchgezogene Linie den simulierten Abfluss dar).

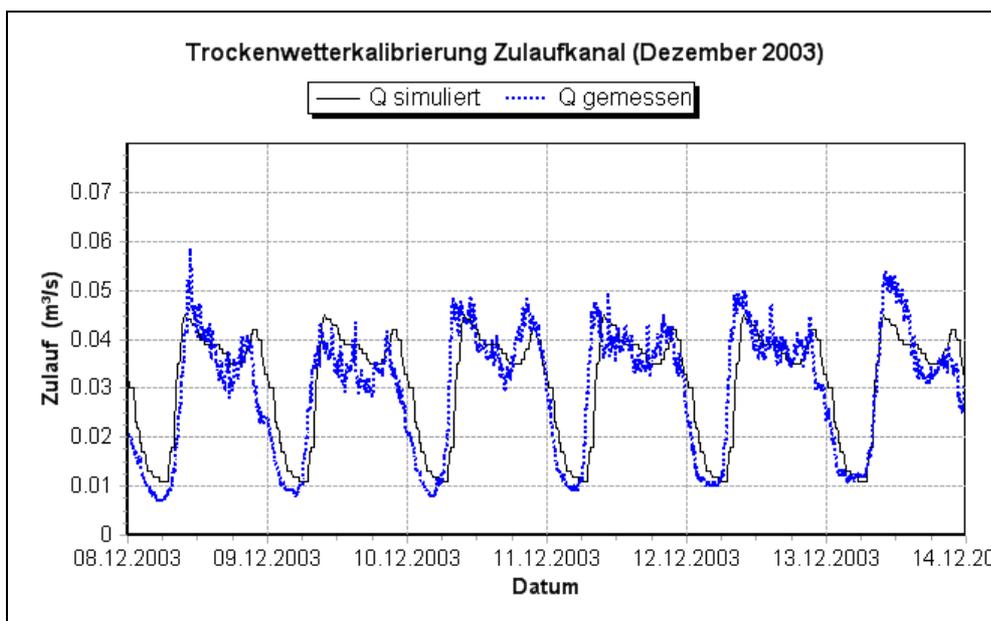


Abbildung 35: Gemessener und simulierter Trockenwetterabfluss nach Kalibrierung exemplarisch dargestellt für eine Periode im Dezember 2003

6.7.2 KALIBRIERUNG MISCHWASSERÜBERLAUF – DROSSELKENNLINIE

Da für die Berechnung des Wirkungsgrades der Weiterleitung die entlasteten Mengen aus dem System maßgeblich sind, wurde mit den vorhandenen, gemessenen Abflussdaten aus dem Zulauf- und Entlastungskanal eine detaillierte Kalibrierung des Mischwasserüberlaufs vorgenommen. Auf Grund der besonderen Geometrie des Überlaufs (gekrümmte Wehrschwelle, sehr kurze Rohrdrossel, Abflusslimitierung Richtung Entlastungskanal) konnte das reale Systemverhalten nicht mit standardisierten Modellansätzen abgebildet werden.

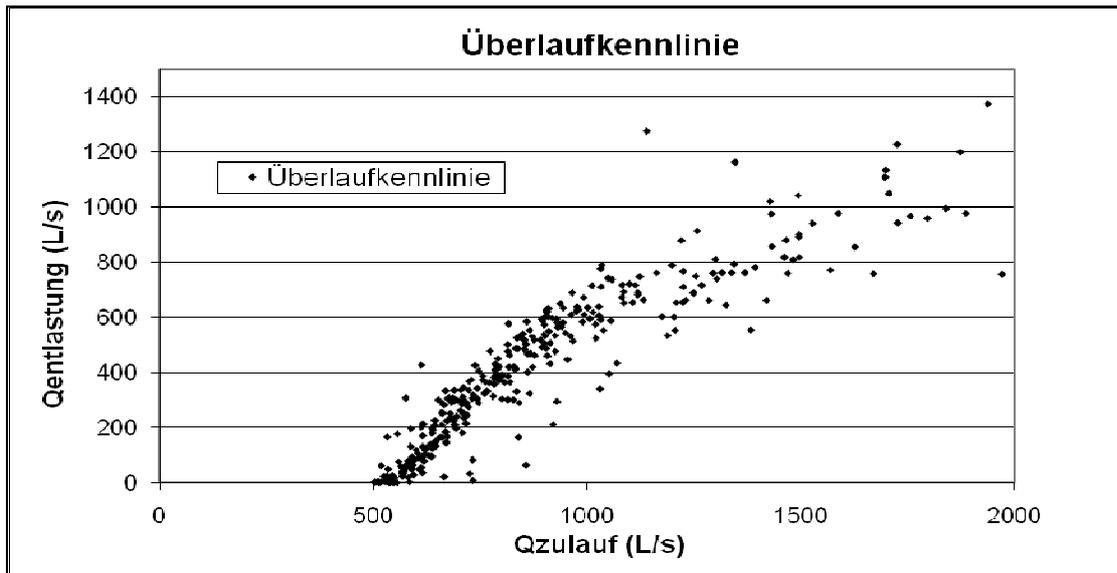


Abbildung 36: Überlaufkennlinie (Juni bis Dezember 2003)

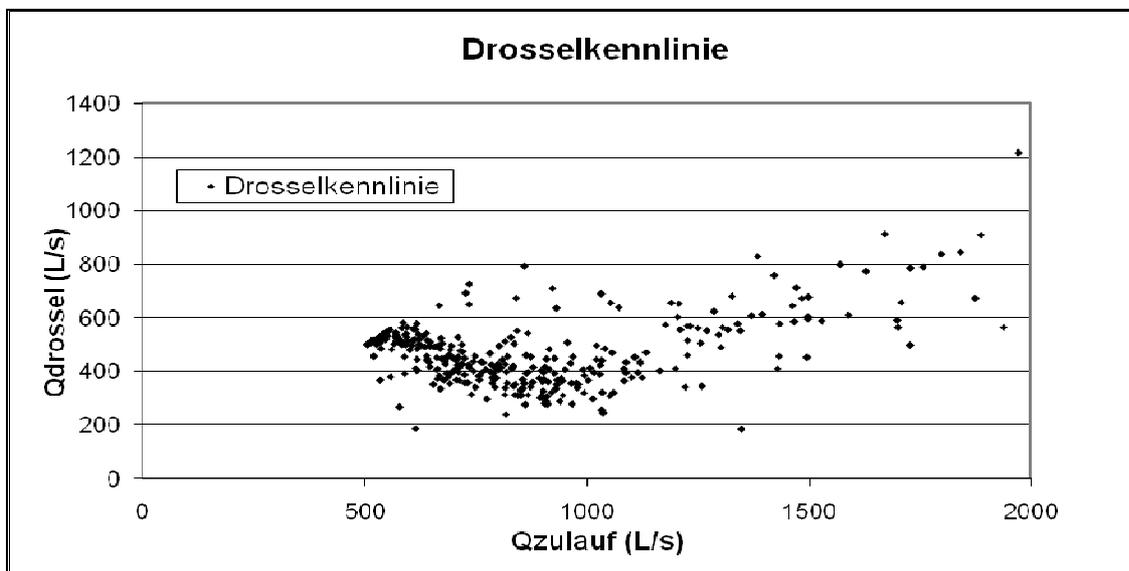


Abbildung 37: Drosselkennlinie (Juni bis Dezember 2003)

In Abbildung 36 und Abbildung 37 sind die aus den gemessenen Zulauf- und Entlastungsabflüssen bestimmten Überlauf- und Drosselkennlinie dargestellt. Interessant dabei ist, dass der errechnete Drosselabfluss mit zunehmendem Zulauf im Bereich zwischen etwa 600 und 1200 l/s abnimmt.

Zur Kalibrierung des Bauwerks wurden 3 voneinander unabhängige Regenereignisse herangezogen und die Drosselkennlinie mit Hilfe des Autokalibrierungsalgorithmus optimiert. Optimiert wurden dabei die Drosselkennlinie (Zusammenhang Höhenstand – Drosselabfluss) und der CN-Wert in einer multikriteriellen Optimierung mit den Zielfunktionen Gütemaß nach Nash-Sutcliffe für Q_{Zulauf} und $Q_{\text{Entlastung}}$ und Volumsfehler für $Q_{\text{Entlastung}}$.

Die optimierten Werte der 3 Ereignisse wurden gemittelt und die daraus gewonnene neue Drosselkennlinie in das Modell integriert und anschließend validiert. Die Ergebnisse der Optimierung sind im Anhang (Punkt 20) dargestellt.

6.7.3 KALIBRIERUNG IM MISCHWASSERFALL

Für die Modellkalibrierung im Mischwasserfall wurde eine Jahresreihe gewählt, für die vollständige Messdatenreihen zu Niederschlag und Abfluss vorlagen (Aug. 2003 – Jul. 2004). Aus den Abflussmessungen wurden die Entlastungsparameter Entladungsdauer und Anzahl der Entlastungen bestimmt, weiters wurde die Gesamtjahressumme des Zulaufs zum Mischwasserbauwerk ermittelt. Die Kalibrierung des Modells erfolgte mit Hilfe des Autokalibrierungsalgorithmus. Dabei wurde eine multikriterielle Optimierung der Modellparameter Versiegelungsgrad und Anfangsverluste auf die Zielfunktionen Differenz der Entladungsdauer und Anzahl der Entlastungen sowie Volumsfehler in der Jahresbilanz des Zulaufs durchgeführt.

Aus den ermittelten Pareto-optimalen Lösungen wurde eine Lösung gewählt, bei der die Differenz zwischen gemessener und simulierter Entladungsdauer und –häufigkeit minimal war. Dadurch soll eine bestmögliche Abbildung der Bauwerkcharakteristik gewährleistet werden. Mit dem gewählten Parametersatz ergibt sich, wie in Tabelle 31 dargestellt, eine Differenz in der Entladungsdauer (Summe über das betrachtete Jahr) von unter 1 %. Die Anzahl der Entlastungen im Modell entspricht der beobachteten Anzahl. In der Jahresabflusssumme ergibt sich eine Differenz zwischen Modellergebnissen und Messdaten von etwa 12 %.

Tabelle 31: Abweichungen zwischen Messdaten und Modellergebnis für den gewählten optimierten Parametersatz

	Entladungsdauer	Anzahl der Entlastungen	Abflusssumme
Abweichung zwischen Messdaten und Modellergebnis	< 1 %	0 %	12 %

6.8 Berechnungsergebnisse

In diesem Kapitel wird im Untersuchungsgebiet „Graz West“ der Einfluss der Anwendung unterschiedlicher Regenreihen auf den errechneten Grad der Zielerreichung untersucht. Weitere Ergebnisse aus dem Untersuchungsgebiet sind in Kapitel 7 (Sensitivitätsanalysen) dargestellt. Eine Übersicht über alle durchgeführten Simulationen ist im Anhang (Punkt 21) zu finden.

6.8.1 AUSWIRKUNGEN DER ANWENDUNG UNTERSCHIEDLICHER REGENSERIEN

Um die Auswirkung der Anwendung unterschiedlicher Regenserien darzustellen, kamen mehrere Regenserien aus der Niederschlagsdatenbank NIEDA in der Simulation zur Anwendung. Dabei wurden die 9 Regenserien der österreichischen Landeshauptstädte sowie zwei Regenserien mit dem höchsten und niedrigsten $r_{720,1}$ aus der Datenbank gewählt. Da für St. Pölten keine eigene Regenreihe vorhanden ist, wurde die nächstliegende Station in Langenlebarn gewählt. Für alle Serien wurde der Mindestwirkungsgrad der Weiterleitung bezogen auf das Einzugsgebiet Graz berechnet und in der Simulation am kalibrierten Modell der tatsächliche Wirkungsgrad der Weiterleitung bestimmt. Dabei kam das Modell ohne fiktives Mischwasserüberlaufbecken zur Anwendung, wodurch der Wirkungsgrad für AFS dem für gelöste Stoffe entspricht. Da in diesem Modell der Drosselabfluss deutlich höher ist als ein realistischer Kläranlagenzulauf, wurde für alle Serien ein hoher Grad der Zielerreichung erreicht. In Tabelle 32 ist eine Übersicht über die Berechnungsergebnisse dargestellt. Generell wird der berechnete Wirkungsgrad der Weiterleitung bei niedrigen $r_{720,1}$ höher. In Rauch und de Toffol (2006) ist dargestellt, dass der Parameter $r_{720,1}$ eine hohe Korrelation zum Wirkungsgrad der Weiterleitung aufweist.

Tabelle 32: Berechnete Wirkungsgrade und Grad der Zielerreichung für unterschiedliche Regenserien

Regenreihe	$r_{720,1}$	Mindestwirkungsgrad der Weiterleitung (gelöste Stoffe)	Berechneter Wirkungsgrad der Weiterleitung (gelöste Stoffe)	Grad der Zielerreichung
	mm/12h	%	%	%
01 Graz	44,1	53,0	74,4	140,5
03 Wien	33,6	58,2	81,5	140,0
04 Langenlebarn	34,3	57,9	81,0	139,9
05 Eisenstadt	37,5	56,3	79,9	142,0
06 Linz	35,1	57,5	82,1	142,9
07 Salzburg	38,4	55,8	74,5	133,5
08 Klagenfurt	49,5	50,3	71,9	143,1
09 Innsbruck	33,0	58,5	83,0	141,9
10 Bregenz	50,1	50,0	72,6	145,3
11 Vorhegg	73,5	50,0	65,6	131,3
12 Neusiedl	31,5	59,3	86,0	145,2

Wie in Tabelle 33 dargestellt, variiert der Grad der Zielerreichung im Bereich einiger Prozentpunkte um 141 %. Die Regenreihe Vorhegg nimmt dabei eine Sonderstellung ein, da der $r_{720,1}$ deutlich über der im Regelblatt angeführten oberen Grenze von 50 mm/12h liegt.

Tabelle 33: Mittelwert, Median und Standardabweichung der berechneten Grade der Zielerreichung

Berechneter Grad der Zielerreichung	
Mittelwert	140,5
Median	141,9
Standardabweichung	4,4

In Abbildung 38 ist die Korrelation zwischen Mindestwirkungsgrad der Weiterleitung und berechnetem Wirkungsgrad dargestellt. Auch hier wird deutlich, dass der berechnete Wirkungsgrad der Weiterleitung bei Zunahme des geforderten Mindestwirkungsgrades ansteigt.

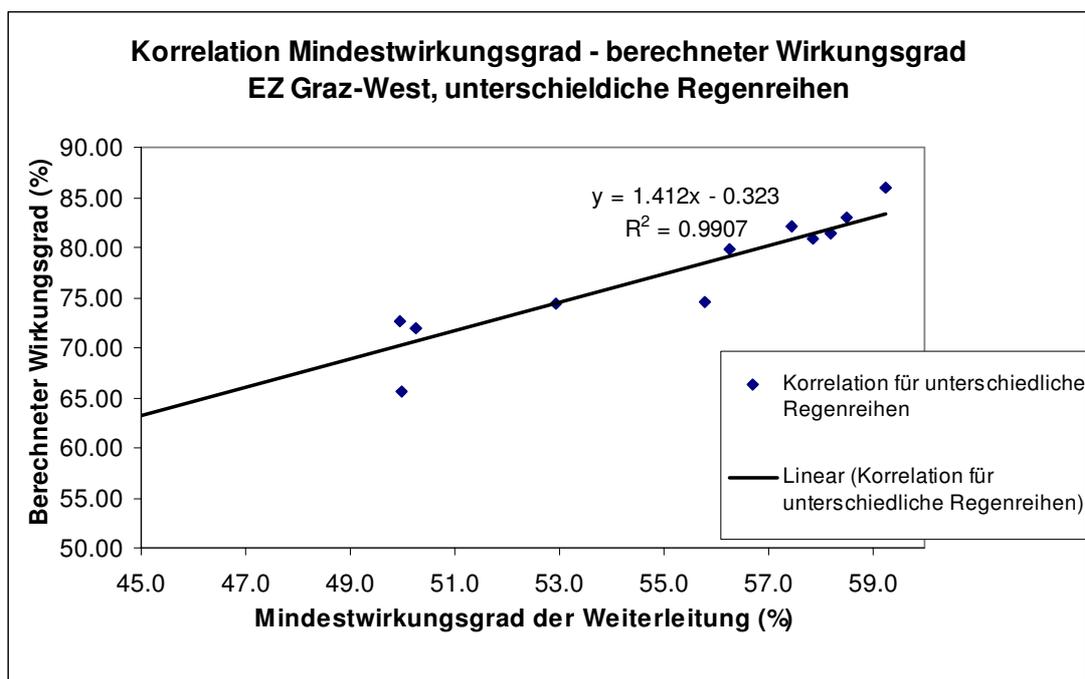


Abbildung 38: Korrelation zwischen Mindestwirkungsgrad und berechnetem Wirkungsgrad für unterschiedliche Regenserien

6.9 Vergleichsberechnungen (ATV)

Nachfolgend sind die Ergebnisse der Vergleichsberechnung nach dem ATV Arbeitsblatt A 128 (ATV, 1992) für das Einzugsgebiet „Graz West“ dargestellt. Für die Berechnungen wurde der maximale Abfluss aus dem Einzugsgebiet so angenommen, dass der er einem realistischen Kläranlagenzufluss entspricht. Dazu wurde der Abfluss mit 100 l/s auf den zweifachen Trockenwetterspitzenabfluss begrenzt. In Tabelle 34 sind die Ergebnisse der Berechnungen nach ATV-A 128 mit der Annahme unterschiedlicher Trockenwetter- und Regenwasserkonzentrationen dargestellt. Die vollständigen Formblätter zur Berechnung finden sich im Anhang (Punkt 22).

Tabelle 34: Vergleich der Berechnungsergebnisse nach ATV-A 128 (1992)

	Variante 1	Variante 2	Variante 3
CSB-Konzentration im TW-Abfluss [mg/l]	600	680	680
CSB-Konzentration im abfließenden Regenwasser [mg/l]	107	107	310
spezifisches Speichervolumen [m ³ /ha]	21,3	24	6
erforderliches Gesamtvolumen [m ³]	2.560,2	2.885,3	720,7
zulässige Entlastungsrate [%]	49,4	47,1	88,1

Bei Variante 1 wurde der Berechnung der Bezugslastfall lt. Arbeitsblatt zugrunde gelegt, das heißt, bei mittleren Verhältnissen verhalten sich die CSB-Konzentrationen wie $c_t:c_r:c_k = 600:107:70$. Der Mindestwirkungsgrad der Weiterleitung (Reziprokwert der zulässigen Entlastungsrate) wurde zu 50,6 % ermittelt.

Der Weiterleitungswirkungsgrad der Variante 2 wurde durch das Einsetzen einer veränderten, im Einzugsgebiet Graz West tatsächlich ermittelten, Trockenwetter-CSB-Konzentration von 680 mg/l (Haring, 2004) ermittelt. Dieser beträgt 52,9 %.

Durch die Änderung der CSB-Konzentration auf tatsächlich gemessene Konzentrationen im abfließenden Regenwasser auf 310 mg/l und im TW-Abfluss auf 680 mg/l (Haring, 2004) wurde ein Weiterleitungswirkungsgrad von 11,9 % berechnet. Dies bedeutet, dass ein Großteil des anfallenden Mischwassers (88 %) direkt in die Mur abgeschlagen werden dürfte.

Die Abweichung vom Bezugslastfall und die Verwendung tatsächlich gemessener Konzentrationen zur Berechnung der zulässigen Entlastungsrate nach ATV-A 128 sind daher nicht empfehlenswert.

6.10 Erfahrungen aus dem Untersuchungsgebiet

Im Untersuchungsgebiet „Graz West“ kam ein detailliertes hydrologisches Modell gekoppelt mit einem Autokalibrierungsalgorithmus gemäß dem Stand der Wissenschaft zur Anwendung. Die Datengrundlage sowohl für Grundlagen- als auch Messdaten für das Untersuchungsgebiet ist hervorragend. Solche Bedingungen werden Planer und Bertreiber im täglichen Umgang mit dem Regelblatt in der Regel nicht vorfinden. Ziel im Projekt OPTIMISCH war es, an Hand des Untersuchungsgebiets die Auswirkungen von Parametervariationen, unterschiedlicher Modellkalibrierung und Anwendung verschiedener Regenserien an Hand eines „bestmöglich“ kalibrierten Modells darzustellen und einen Vergleich zu anderen Regelwerken herzustellen.

Schon im Rahmen vorangegangener Studien wurde gezeigt, dass eine gründliche Überprüfung der Messdaten (sowohl Niederschlags- wie auch Abflussmessungen) notwendig ist, um Fehler in der Modellkalibrierung zu vermeiden (Gamerith, 2008). So können Fehler in den Messdaten zum Beispiel zu fehlerhaften Volumsbilanzen führen. Auch der verwendete Autokalibrierungsalgorithmus reagiert sensitiv auf Messfehler, da er versucht, die simulierte Ganglinie so gut wie möglich der gemessenen anzupassen.

Weiters wurde bei der Modellerstellung offensichtlich, dass die Abbildung der Charakteristik des Mischwasserüberlaufs am Auslass des Einzugsgebiets trotz der Vielzahl von Messdaten nicht trivial ist. Auf Grund der besonderen Geometrie des Überlaufs (gekrümmte Wehrschwelle, sehr kurze Rohrdrossel, Abflusslimitierung Richtung Entlastungskanal) konnte das reale Systemverhalten nicht mit standardisierten Modellansätzen abgebildet werden, weshalb die Überlaufkennlinie auf Basis der Messdaten separat kalibriert werden musste.

Die im Untersuchungsgebiet durchgeführten Sensitivitätsanalysen (siehe auch Kapitel 7) zeigen, dass in der Langzeitsimulation in Hinblick auf den berechneten Wirkungsgrad der Weiterleitung die Verwendung eines konstanten Trockenwetterabflusses der Verwendung einer Trockenwetterganglinie gleichzusetzen ist. Der Trockenwetterabfluss hat im Untersuchungsgebiet einen relativ geringen Einfluss auf den berechneten Wirkungsgrad. Eine Erhöhung des Kläranlagenzulaufs hingegen führt zu einer signifikanten Steigerung des Wirkungsgrades.

Weiters konnte gezeigt werden, dass für die Modellkalibrierung die Mindestanforderungen nach dem ÖWAV RBl. 19 nach Möglichkeit eingehalten werden sollten, um maßgebliche Modellfehler auszuschließen.

7 SENSITIVITÄTSANALYSEN

7.1 Einleitung

In diesem Kapitel werden die Auswirkungen der Variation einzelner Modellparameter und Maßnahmen auf den berechneten Grad der Zielerreichung untersucht und dargestellt. Zum einen soll damit verdeutlicht werden, wo in der Datenerhebung und der Modellerstellung besondere Sorgfalt notwendig ist, um den tatsächlichen Wirkungsgrad der Weiterleitung möglichst genau bestimmen zu können. Andererseits soll damit gezeigt werden, welche Maßnahmen zur Erhöhung des Wirkungsgrades der Weiterleitung besonders effektiv sind. Nachdem das neue ÖWAV RBI. 19 (2007) flexible Lösungsansätze zur Erreichung des geforderten Mindestwirkungsgrad erlaubt, können daraus Rückschlüsse auf möglichst effektive und kostengünstige Maßnahmen zur Erhöhung des Wirkungsgrades gezogen werden.

Zu beachten ist dabei, dass die angegebenen Zahlenwerte nur für das jeweilige Modell gelten. Für andere Modelle kann daraus allerdings eine Tendenz oder Größenordnung des Einflusses abgeschätzt werden. Die Auswirkung auf den Wirkungsgrad der Weiterleitung bei den abfiltrierbaren Stoffen ist zusätzlich zu den genannten Parametern stark vom Ausmaß der Absetzwirkung in den Speicherbauwerken abhängig.

7.2 Verwendete Modelle

Sensitivitätsanalysen wurden für unterschiedliche Parameter mit folgenden Modellen aus dem Projekt durchgeführt:

- Graz West
- Donnerskirchen (Bestand adaptiert)
- Ebreichsdorf (Bestand adaptiert)
- Musterbeispiel Regelblatt 19

Für das Modell "Ebreichsdorf adaptiert" wurde das Bestandsmodell von Ebreichsdorf dahingehend vereinfacht, dass der Mischwasserüberlauf Weigelsdorf entfernt wurde und so nur mehr ein Mischwasserbauwerk am Ende des Systems vorhanden ist.

7.3 Darstellung der Ergebnisse

7.3.1 VARIATION DES TROCKENWETTERABFLUSSES

7.3.1.1 Trockenwetterganglinie

Für das Untersuchungsgebiet „Graz West“ wurden die Auswirkung der Anwendung unterschiedlicher Trockenwetterganglinien und eines konstanten Trockenwetterabflusses auf den Grad der Zielerreichung in der Langzeitsimulation untersucht. Dabei kamen die aus den Messungen kalibrierte Ganglinie, unterschiedliche Ganglinien nach ATV und der Ansatz eines konstanten, durchschnittlichen Trockenwetterabflusses zur Anwendung.

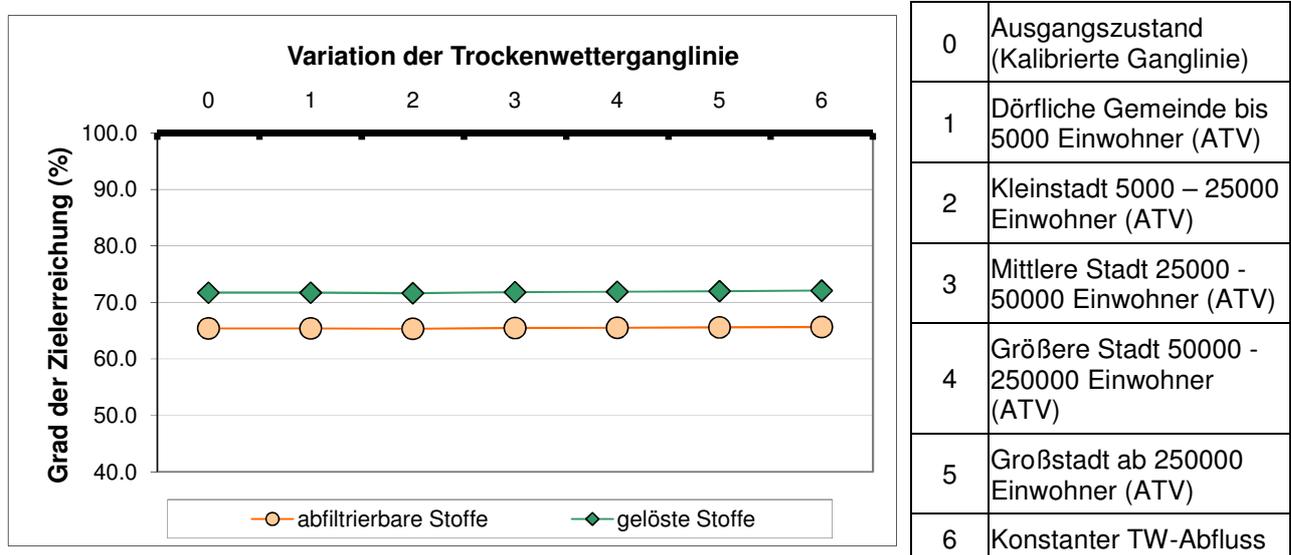


Abbildung 39: Variation der Trockenwetterganglinie (Untersuchungsgebiet Graz West)

Aus Abbildung 39 wird ersichtlich, dass die Wahl unterschiedlicher Trockenwetterganglinien praktisch keine Auswirkung auf den Grad der Zielerreichung hat. Die Unterschiede im errechneten Grad der Zielerreichung liegen im Bereich weniger zehntel Prozentpunkte. Dies bedeutet, dass in der Langzeitsimulation die Anwendung eines konstanten, durchschnittlichen Trockenwetterabflusses gleichwertig mit der Verwendung einer Ganglinie ist.

7.3.1.2 Trockenwetterabflussmenge

Ebenfalls am Untersuchungsgebiet „Graz West“ wurde die Auswirkung der Variation des Trockenwetterabflusses auf den Grad der Zielerreichung ermittelt. Der Abfluss wurde dabei in 10 % Schritten zwischen dem halben tatsächlichen Abfluss (-50 %) und dem eineinhalb – fachen Abfluss (+50 %) variiert.

Wie in Abbildung 40 dargestellt, sind dadurch die Auswirkungen auf den Grad der Zielerreichung verhältnismäßig gering. Bezogen auf den Ausgangszustand variiert der Grad der Zielerreichung um etwa ± 4 Prozentpunkte, der berechnete Wirkungsgrad der Weiterleitung um etwa ± 2 Prozentpunkte. Eine Halbierung des TW-Abflusses würde also eine Steigerung des Wirkungsgrades der Weitleitung von etwa 2 Prozentpunkten zur Folge haben.

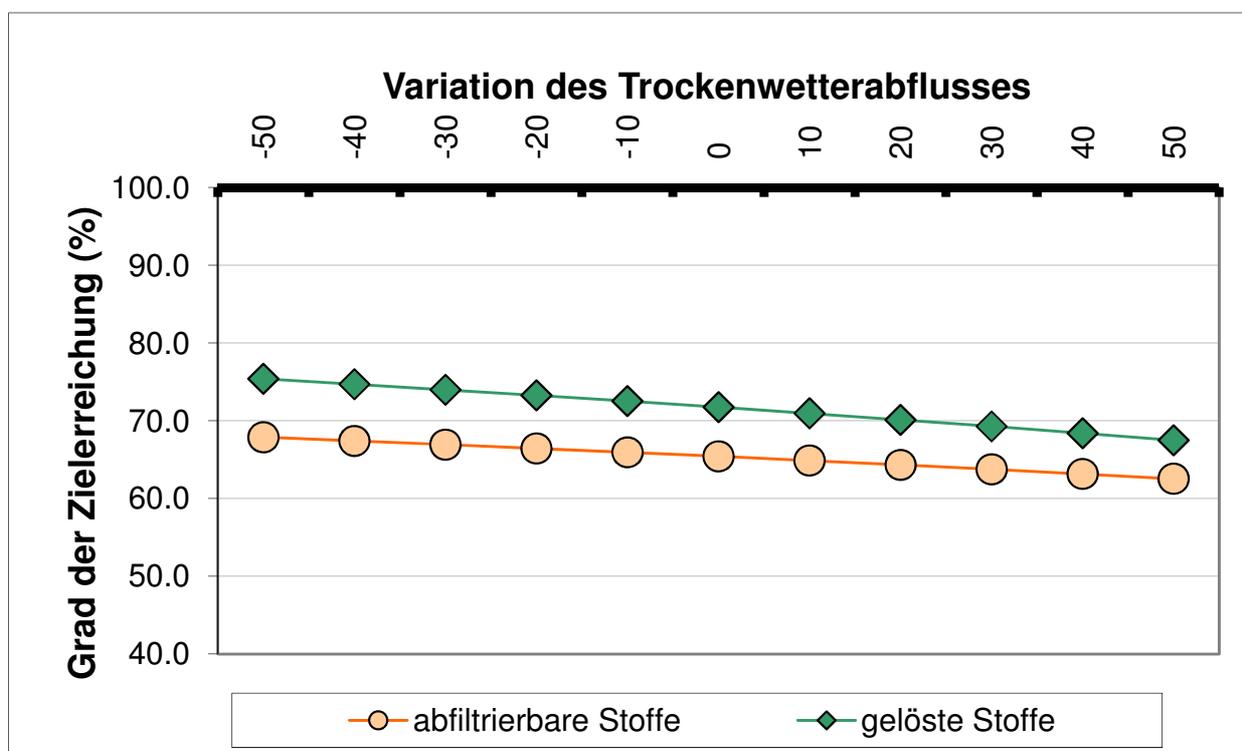


Abbildung 40: Variation des Trockenwetterabflusses (Untersuchungsgebiet Graz West)

7.3.1.3 Kläranlagenzufluss

In Abbildung 41 ist die Auswirkung der Variation des Kläranlagenzulaufs auf den Grad der Zielerreichung dargestellt (Untersuchungsgebiet Graz West). Für die Berechnungen kam das modifizierte Modell mit der Anordnung eines fiktiven Mischwasserüberlaufbeckens zur Anwendung. Als Basis (0 %) wurde der Kläranlagenzufluss mit dem doppelten Trockenwetterspitzenabfluss (insgesamt 100 l/s) angesetzt und in 10 % Schritten zwischen dem halben und eineinhalb - fachen Basiszulauf variiert. Aus der Abbildung 41 wird ersichtlich, dass die Variation des Kläranlagenzulaufes einen signifikanten Einfluss auf den berechneten Grad der Zielerreichung hat. Bezogen auf den Ausgangszustand variiert der Grad der Zielerreichung für gelöste Stoffe von rund -23 Prozentpunkten bei halbiertem bis +11 Prozentpunkten bei eineinhalbfachem Kläranlagenzulauf (dies entspricht einer Änderung des berechneten Wirkungsgrads der Weiterleitung von -12,5 bzw. +6 Prozentpunkten). Der Grad der Zielerreichung für abfiltrierbare Stoffe variiert zwischen rund -14,5 Prozentpunkten bei halbiertem bis +6 Prozentpunkten bei eineinhalbfachem Kläranlagenzulauf (dies entspricht einer Änderung des berechneten Wirkungsgrads der Weiterleitung von -12 bzw. +6 Prozentpunkten) bezogen auf den Ausgangszustand. Die relativen Unterschiede zwischen den Wirkungsgraden der Weiterleitung für gelöste und abfiltrierbare Stoffe sind aus der Anordnung des fiktiven Überlaufbeckens nach dem Mischwasserüberlauf erklärbar.

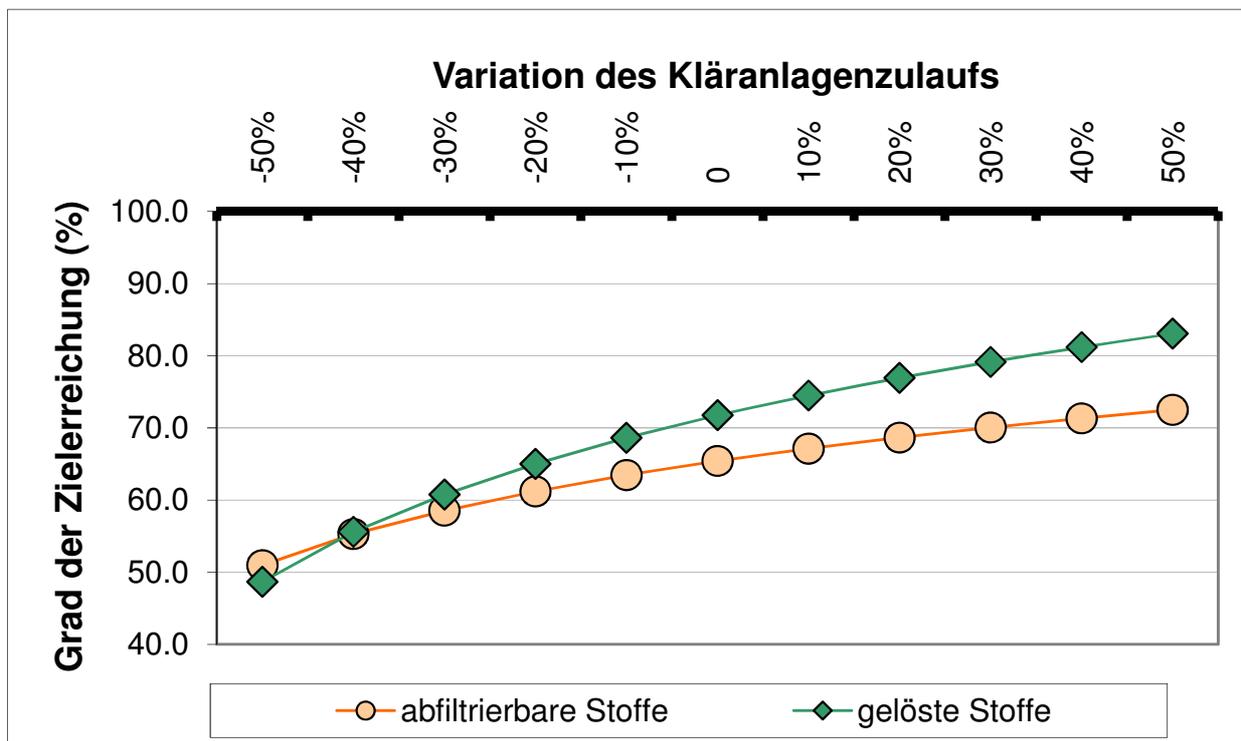


Abbildung 41: Variation des Kläranlagenzulaufs (Untersuchungsgebiet Graz West)

7.3.2 VARIATION DES OBERFLÄCHENABFLUSSES

7.3.2.1 Benetzungsverlust

Bei einer Variation des Benetzungsverlustes in einer Bandbreite von 0,00 bis 1,50 mm beim Modell "Donnerskirchen adaptiert" schwankt der Grad der Zielerreichung bei den gelösten Stoffen um ca. 8, bei den abfiltrierbaren Stoffen um ca. 6 Prozentpunkte. Im üblichen bzw. realistischen Bereich der Benetzungsverluste schwankt das Ergebnis um etwa ± 3 Prozentpunkte um einen mittleren Wert von 0,5 mm (siehe Abbildung 42).

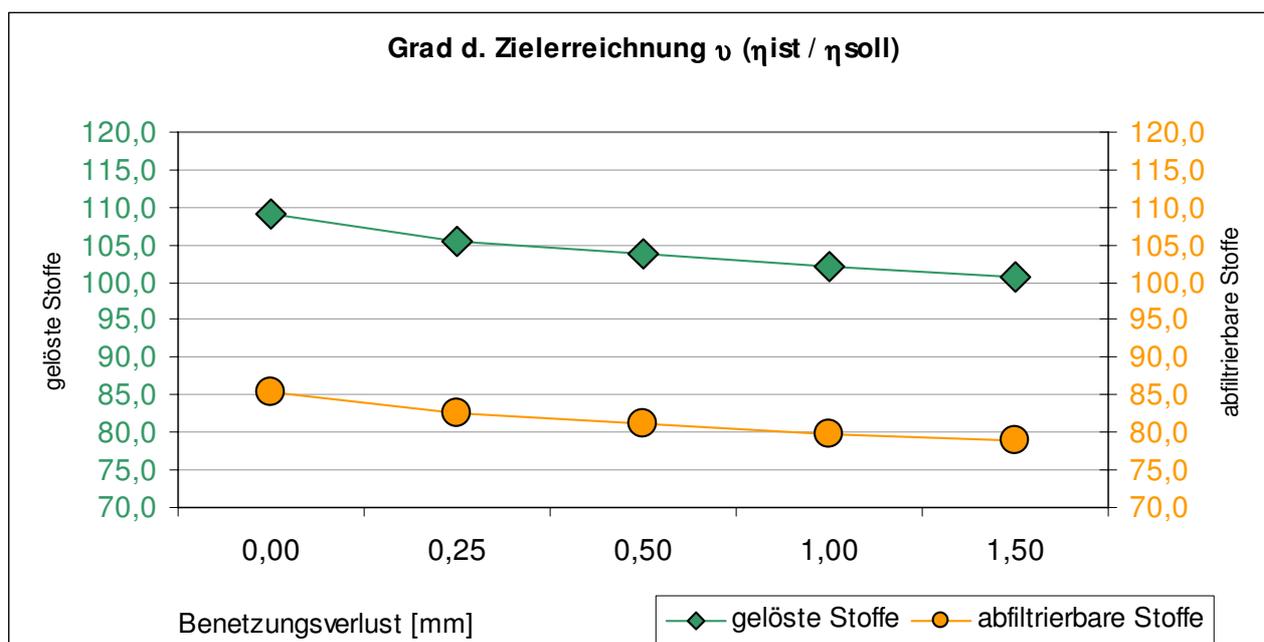


Abbildung 42: Variation des Benetzungsverlustes (Untersuchungsgebiet Donnerskirchen)

7.3.2.2 Muldenverlust

In Abbildung 43 ist zu sehen, dass der Muldenverlust ab ca. 1 mm einen zunehmenden Einfluss auf die Ergebnisse hat. Eine Verdopplung von 1,5 auf 3,0 mm erhöht den Grad der Zielerreichung um 3,5 %-Pkte. bei den gelösten Stoffen bzw. um 2,7 %-Pkte. bei den abfiltrierbaren Stoffen.

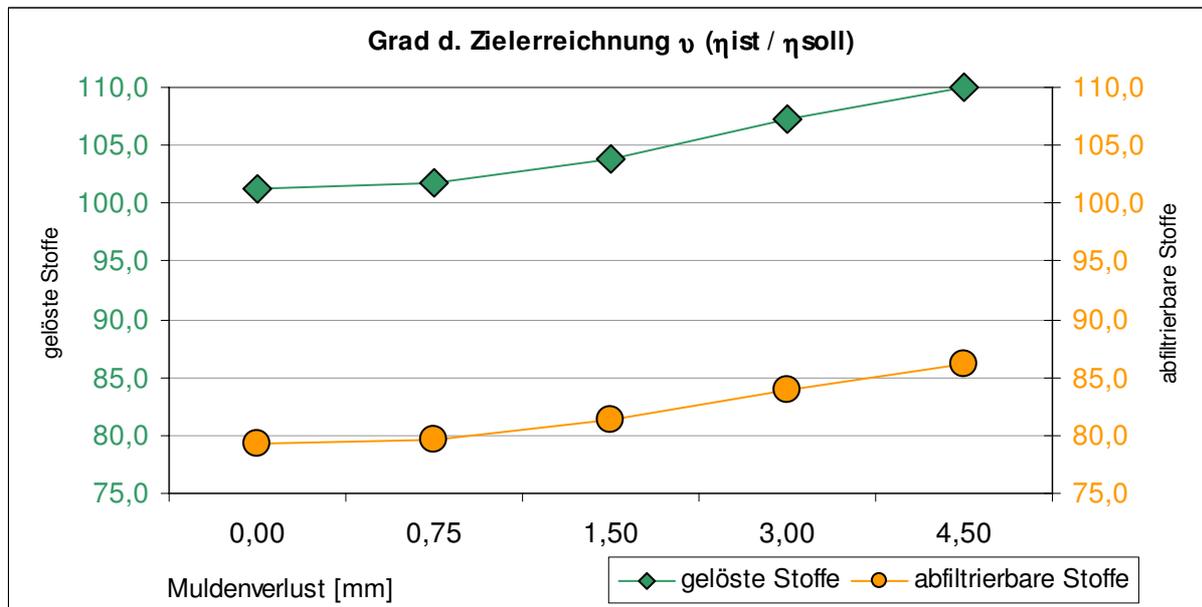


Abbildung 43: Variation des Muldenverlustes (Untersuchungsgebiet Donnerskirchen)

7.3.2.3 Anfangsabflussbeiwert

Die Wirkungsgrade erhöhen sich bei zunehmendem Anfangsabflussbeiwert, weil dieser beim verwendeten Abflussmodell in engem Zusammenhang mit dem Muldenverlust steht (siehe Abbildung 44).

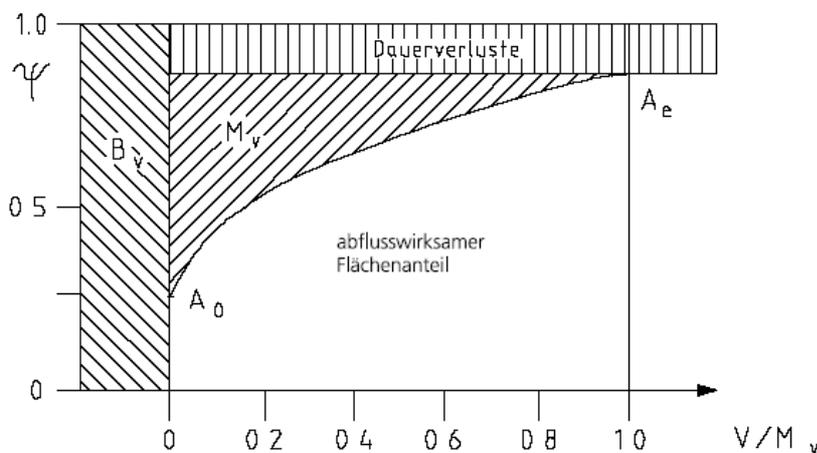


Abbildung 44: Oberflächenabflussmodell - Verluste (itwh, HYSTEM, Modellansatz 1)

Ein höherer Anfangsabflussbeiwert verschiebt den Muldenverlust zeitlich nach hinten. Dadurch erhöht sich der Regenabfluss, die entlastete Menge bleibt jedoch annähernd gleich und der Wirkungsgrad steigt. Wenn der Anfangsabflussbeiwert gegen 1 geht, wird die Muldenauffüllungsphase sehr lang und die Mulden werden oft nicht gefüllt. Dadurch steigt der Regenabfluss stark an, die Entlastungsmenge steigt aber noch stärker an. Dadurch sinkt der Weiterleitungswirkungsgrad rapide (siehe Abbildung 45). Zu ergänzen ist, dass ein Anfangsabflusswert von 1,0 eine sehr unübliche Annahme darstellt. Dieser Wert würde bedeuten, dass gar keine Muldenverluste existieren.

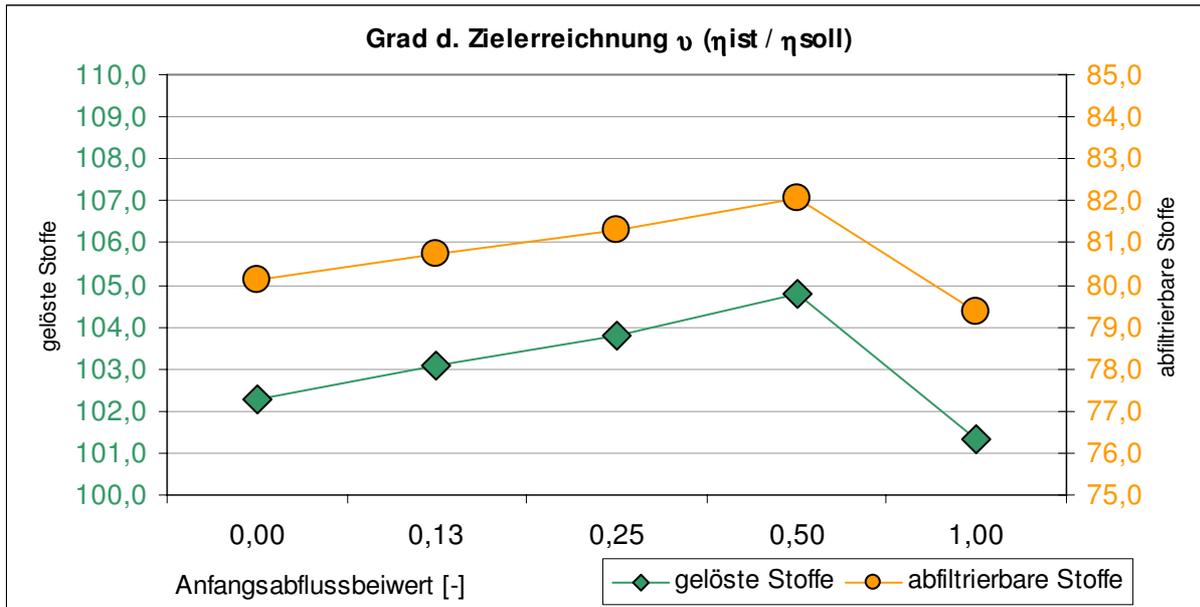


Abbildung 45: Variation des Anfangsabflussbeiwertes (Modell Donnerskirchen adaptiert)

Der Anfangsabflussbeiwert verändert das Ergebnis im vorliegenden Fall um mehrere %-Pkte. Solche Einflüsse sind jedoch stark vom jeweils verwendeten Oberflächenabflussmodell abhängig und den dahinter stehenden Algorithmen. Deshalb ist hier eine Verallgemeinerung keinesfalls möglich.

7.3.2.4 Bodenart

Ebenfalls untersucht wurde die Auswirkung der Bodenart bei durchlässigen Flächen. Sie beeinflusst das Ausmaß der Versickerung und dadurch den Abfluss von nicht befestigten Flächen.

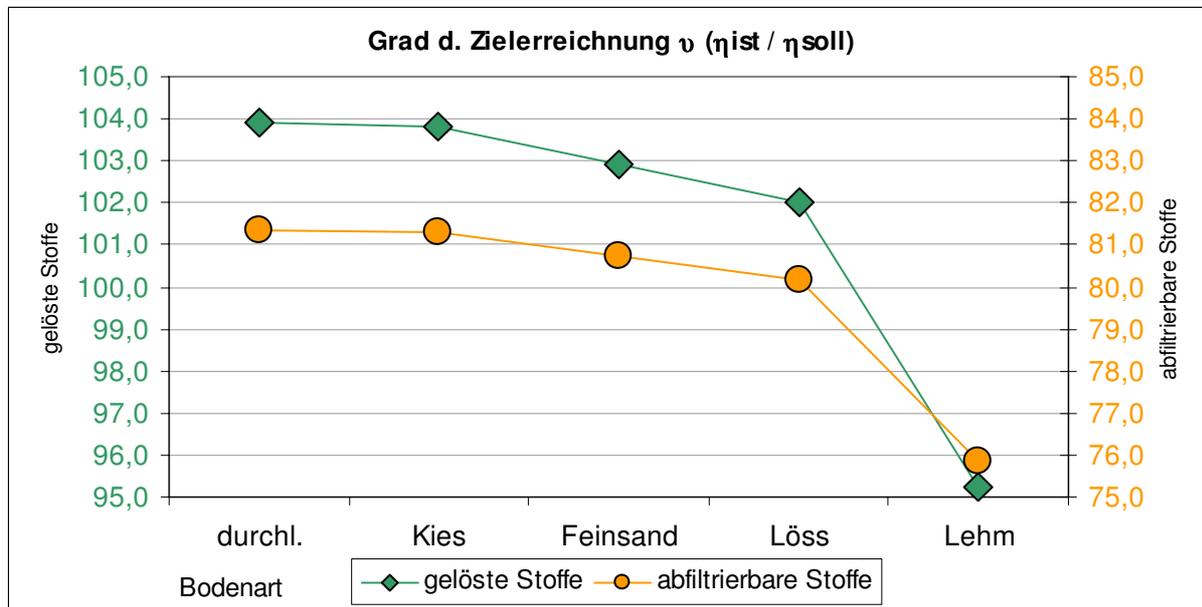


Abbildung 46: Variation der Bodenart bei durchlässigen Flächen (Modell Donnerskirchen adaptiert)

Wie in Abbildung 46 zu sehen ist, verringert sich der Grad der Zielerreichung vom komplett durchlässigen Boden zum Löss um ca. 2,0 bei den gelösten und um ca. 1,2 bei den abfiltrierbaren Stoffen. Beim sehr extremen Ansatz eines lehmigen Bodens beträgt der Unterschied sogar 8,7 bzw. 5,5. Dies ist darauf zurückzuführen, dass der Abfluss von unbefestigten Flächen und damit der gesamte Regenabfluss stark ansteigt.

Neben der Bodenart ist für den Abfluss von unbefestigten Flächen auch die Abgrenzung des Einzugsgebietes von großer Bedeutung (wie viel Garten hinter dem Haus wird in die Einzugsgebietsfläche mit einbezogen).

7.3.2.5 Endabflussbeiwert

Der Endabflussbeiwert beschreibt im verwendeten Modellansatz den abflusswirksamen Anteil der befestigten Fläche (siehe Abbildung 44). Eine Reduktion des Endabflussbeiwertes um 10 % ist daher in der Auswirkung mit einer Reduktion der Flächen um 10 % gleichzusetzen. Ein Testrechenlauf mit dem Modell "Beispiel Regelblatt 19" liefert bei einer Reduktion der Flächen identische Ergebnisse für den Regenabfluss wie bei einer Reduktion des Endabflussbeiwertes.

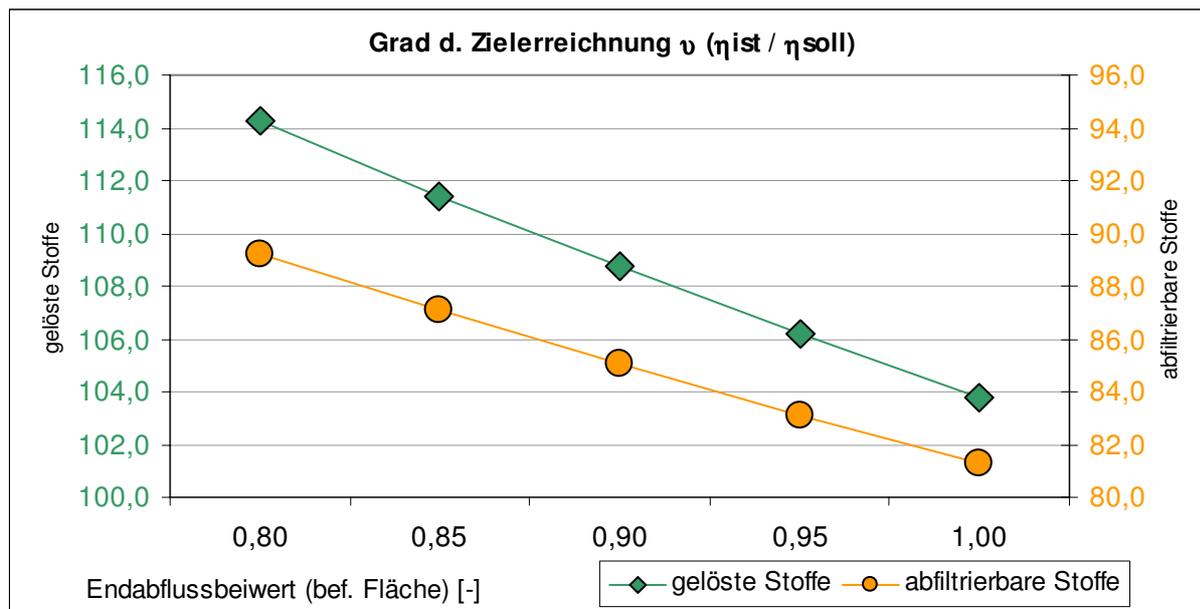


Abbildung 47: Variation des Endabflussbeiwertes bei befestigten Flächen (Modell Donnerskirchen adaptiert)

In Abbildung 47 ist zu sehen, dass sich der Grad der Zielerreichung (und auch der Wirkungsgrad) etwa mit dem Faktor 0,5 verändern. Eine Reduktion der Fläche um 10% erhöht den Grad der Zielerreichung um ca. 5%. Bei den abfiltrierbaren Stoffen ist die Änderung – abhängig vom Ausmaß der Absetzwirkung – etwas geringer.

7.3.2.6 Fließzeit Oberfläche

Bei dieser Untersuchung wurde die Fließzeit an der Oberfläche variiert. Der Standardwert im Modell beträgt 3 min.

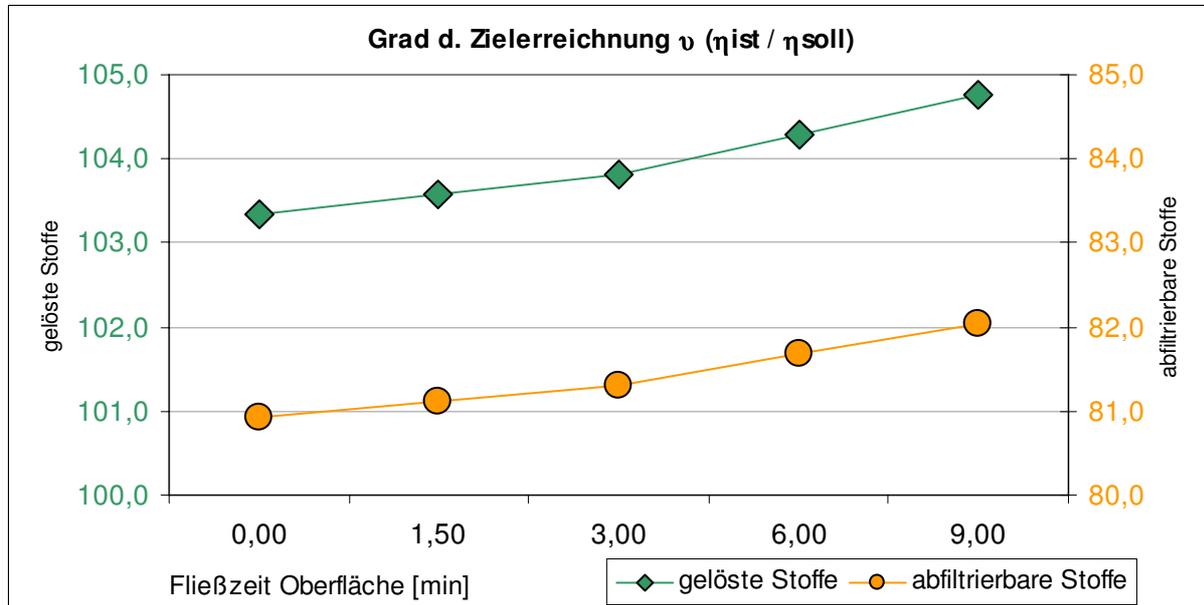


Abbildung 48: Variation der Fließzeit an der Oberfläche (Modell Donnerskirchen adaptiert)

Abbildung 48 zeigt, dass ausgehend von einer angenommen Fließzeit von 3 min der Grad der Zielerreichung bei einer Verdreifung auf 9 min um ca. 1,0 % ansteigt, bei einer Reduktion der Fließzeit auf 0 sinkt er um ca. 0,5 %.

7.3.2.7 Fließzeit Kanal

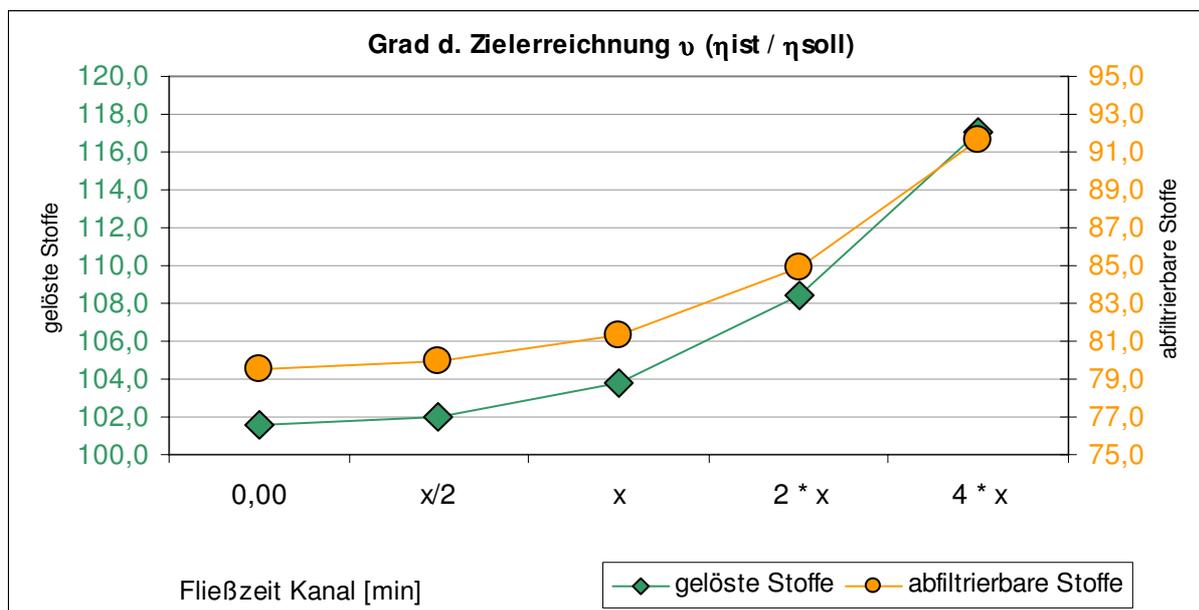


Abbildung 49: Variation der Fließzeit im Kanal (Modell Donnerskirchen adaptiert)

Hier wurde die aus den Kanalnetzdaten ermittelte Fließzeit innerhalb des Gebietes (im Diagramm als x bezeichnet) variiert, indem der jeweilige Wert auf Null gesetzt, halbiert, verdoppelt und vervierfacht wurde. Die Ergebnisse in Abbildung 49 zeigen, dass eine Vernachlässigung der Fließzeit im Kanal eine Reduktion des Grades der Zielerreichung um ca. 2,0 % bewirkt. Bei einer Erhöhung der Fließzeit auf das doppelte steigt der Wert um etwa 4,0 %, bei weiterer Erhöhung steigt er überproportional an.

7.3.3 VARIATION DER NIEDERSCHLAGSBELASTUNG

7.3.3.1 Kalibrierung auf unterschiedliche Perioden

Entsprechend den Mindestanforderungen an die Modellkalibrierung nach ÖWAV RBI. 19 (2007) wurde das Modell des Untersuchungsgebiets „Graz West“ mit Hilfe des Autokalibrierungsalgorithmus für insgesamt 4 Perioden auf jeweils 3 Ereignisse (wenn verfügbar) kalibriert. Dabei kam das Basismodell ohne fiktives Mischwasserüberlaufbecken zur Anwendung. Als Zielfunktionen wurden der Volumsfehler im Zulauf- und Entlastungsabfluss und das Gütemaß nach Nash-Sutcliffe für den Zulauf für alle betrachteten Ereignisse der Periode gewählt. Aus den berechneten optimalen Lösungen wurde eine Kompromisslösung ermittelt (siehe auch Kapitel 2.2.3.1) und mit diesem Parametersatz der Wirkungsgrad der Weiterleitung berechnet.

Bei der Wahl der Ereignisse wurden die Vorgaben des ÖWAV RBI. 19 (2007) berücksichtigt: Die Ereignisse sind von einander unabhängig, weisen einen signifikanten Regenabfluss auf und Überschreitung den Drosselabflusses zur Kläranlage. Für die Kalibrierung wurden keine Extremereignisse (Abfluss größer als $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$) verwendet, da für sehr große Ereignisse die Genauigkeit der Abflussmessung fraglich ist. In Tabelle 35 sind die gewählten Perioden und

Ereignisse sowie der berechnete Wirkungsgrad der Weiterleitung und der Grad der Zielerreichung dargestellt. Für die Periode Februar bis April 2004 erfüllte nur ein Ereignis die Anforderungen nach ÖWAV RBI. 19 (2007).

Tabelle 35: Gewählte Kalibrierungsperioden und Ereignisse.

Nr	Kalibrierungsperiode	Gewählte Ereignisse		Wirkungsgrad der Weiterleitung (gelöste Stoffe)	Grad der Zielerreichung (gelöste Stoffe)
1	Kalibrierung auf die Jahresreihe (Entlastungsdauer, Häufigkeiten und Gesamtabfluss)			70,7	130,8
2	08-10/2003	Ereignisse:		73,2	135,2
	3 Ereignisse	01.08.2003; 15:00	01.08.2003; 22:00		
		09.09.2003; 09:00	10.09.2003; 14:00		
		04.10.2003; 19:00	06.10.2003; 02:00		
3	11/2003-01/2004	Ereignisse:		72,2	133,5
	3 Ereignisse	01.11.2003; 00:00	02.11.2003; 14:00		
		26.11.2003; 08:00	26.11.2003; 23:00		
		28.11.2003; 09:00	29.11.2003; 00:00		
4	02-04/2004	Ereignisse:		62,1	114,8
	1 Ereignis	23.03.2004; 22:00	24.03.2004; 23:55		
6	05-07/2004	Ereignisse:		70,2	129,8
	3 Ereignisse	22.05.2004; 02:00	22.05.2004; 16:00		
		11.06.2004; 12:00	13.06.2004; 04:00		
		10.07.2004; 06:00	11.07.2004; 23:55		

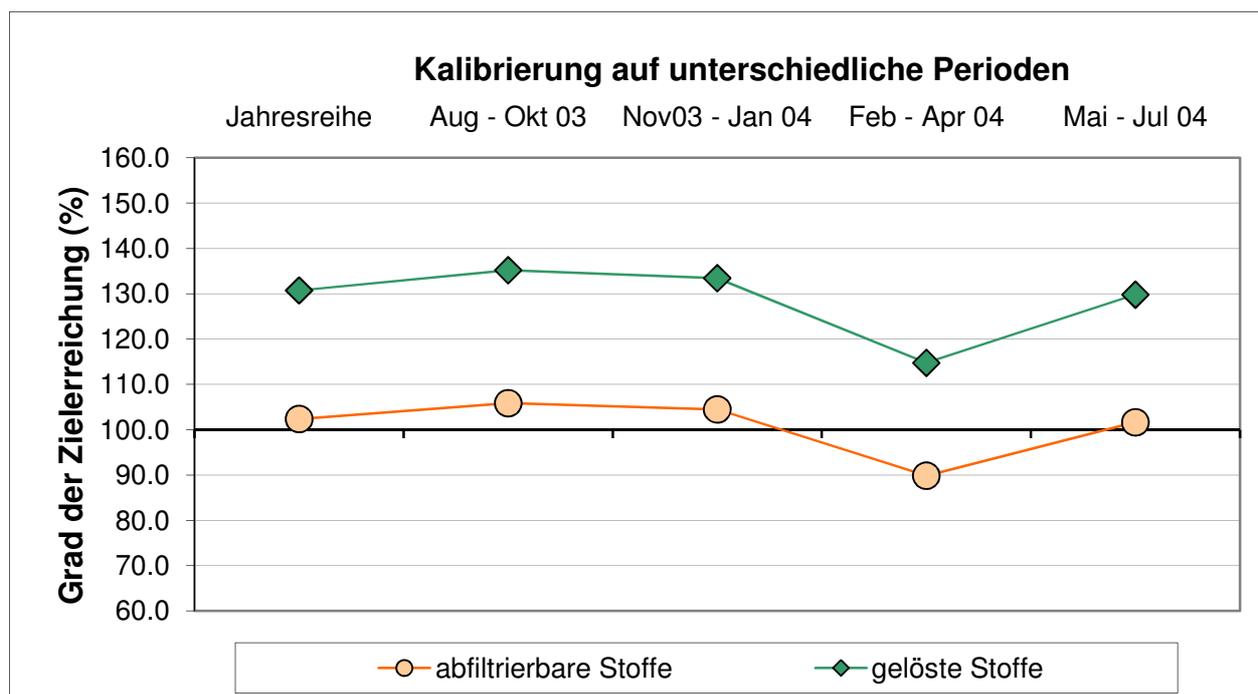


Abbildung 50: Kalibrierung auf unterschiedliche Ereignisse (Untersuchungsgebiet Graz West)

Aus Abbildung 50 ist ersichtlich, dass der Grad der Zielerreichung – mit Ausnahme der Periode Februar bis April 2004, relativ geringe Schwankungen aufweist (zwischen 130 und 135 %). Dies entspricht einer Variation des berechneten Wirkungsgrads der Weiterleitung von etwa 3 Prozentpunkten. Die Periode Februar-April erfüllt die Anforderungen des Regelblattes nicht, da nur ein einziges Niederschlagsereignis zur Anwendung kam. Für diese Periode liegt der berechnete Wirkungsgrad mit 62,1 % deutlich unter den anderen Perioden (Abweichung im Bereich von 9 Prozentpunkten). Daraus kann abgeleitet werden, dass die Vorgaben aus dem Regelblatt in Bezug auf die Mindestanforderungen an die Kalibrierung (siehe Kapitel 2.2.3) sinnvoll sind.

7.3.4 TRANSPORTSTRECKEN

7.3.4.1 Art des Kanaltransports

Hier wurden die Transportstrecken variiert, wobei als Basis die aus der Kanalgeometrie und dem Vollfüllungsabfluss ermittelte Fließzeit dient. Die verschiedenen Ansätze waren:

- Retention: Abflachung der Ganglinie, berechnet mit Kalinin-Miljukov-Verfahren
- Translation: Zeitversatz der Ganglinie um die errechnete Fließzeit, keine Verformung
 - Translation1: aus der Kanalgeometrie berechnete Fließzeit
 - Translation2: Fließzeit Translation1 * 2
 - Translation4: Fließzeit Translation1 * 4
- Verknüpfung: Keine Fließzeit berücksichtigt

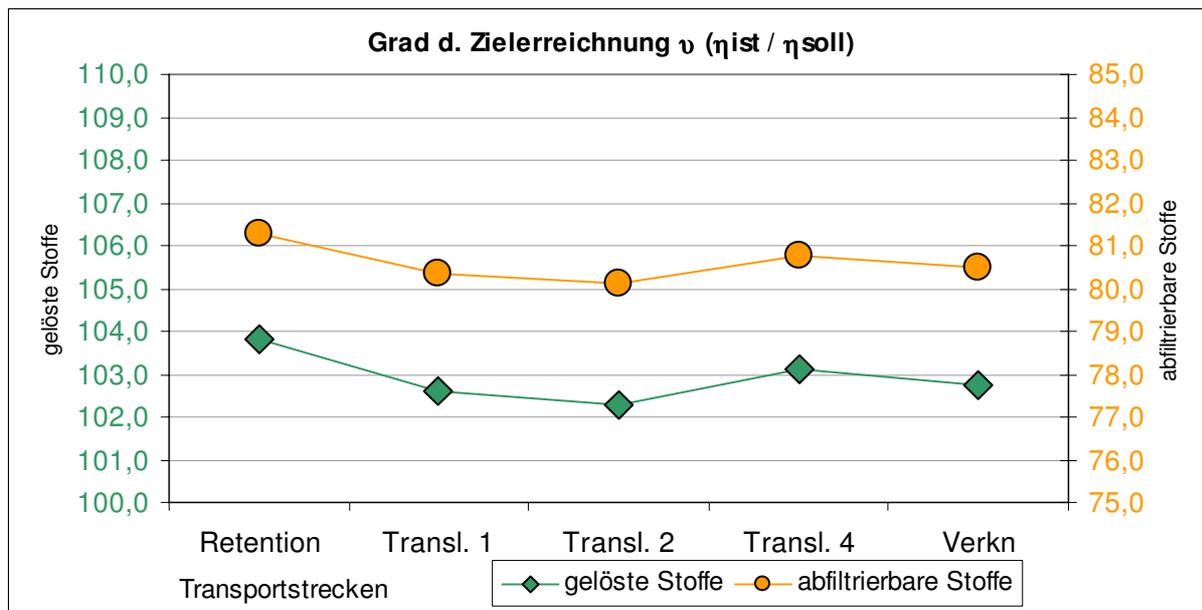


Abbildung 51: Variation Transportstrecken (Modell Donnerskirchen adaptiert)

Die Abbildung 51 zeigt, dass der Grad der Zielerreichung gegenüber der genauesten Annahme der Retention um ca. 1,5 % abnimmt, wenn stattdessen mit Translation oder Verknüpfung gerechnet wird. Die Translationszeit spielt eine geringere Rolle.

7.3.5 MISCHWASSERBAUWERKE

7.3.5.1 Allgemeines

Um die Sensitivitätsanalysen einfacher zu gestalten, wurde für diese Rechenläufe das Modell von Ebreichsdorf herangezogen und dahingehend vereinfacht, dass der Mischwasserüberlauf Weigelsdorf entfernt wurde und so nur mehr ein Mischwasserbauwerk am Ende des Systems vorhanden ist.

7.3.5.2 Drosselabfluss

Im Rahmen dieser Untersuchung wurde der Drosselabfluss ausgehend vom aktuellen Wert vom 90 l/s um 5 % bzw. 10 % reduziert. Die Auswertung des Wirkungsgrades der Weiterleitung für die abfiltrierbaren Stoffe erfolgte für eine Absetzwirkung von 0%, 25% und 50%.

Die Ergebnisse in Abbildung 52 zeigen, dass ein weitestgehend linearer Zusammenhang zwischen Drosselabfluss und Grad der Zielerreichung besteht. Bei den gelösten Stoffen ist die Änderung der Zielerreichung etwas geringer als die Änderung des Drosselabflusses. 5 % Änderung beim Drosselabfluss verändern den Zielwert um etwa 4,5 %.

Bei den abfiltrierbaren Stoffen fällt die Änderung des Grades der Zielerreichung etwas geringer aus. 5 % Änderung beim Drosselabfluss bewirkt eine Erhöhung um ca. 3,2 % bei 0 % Absetzwirkung und um ca. 1,6 % bei 50 % Absetzwirkung.

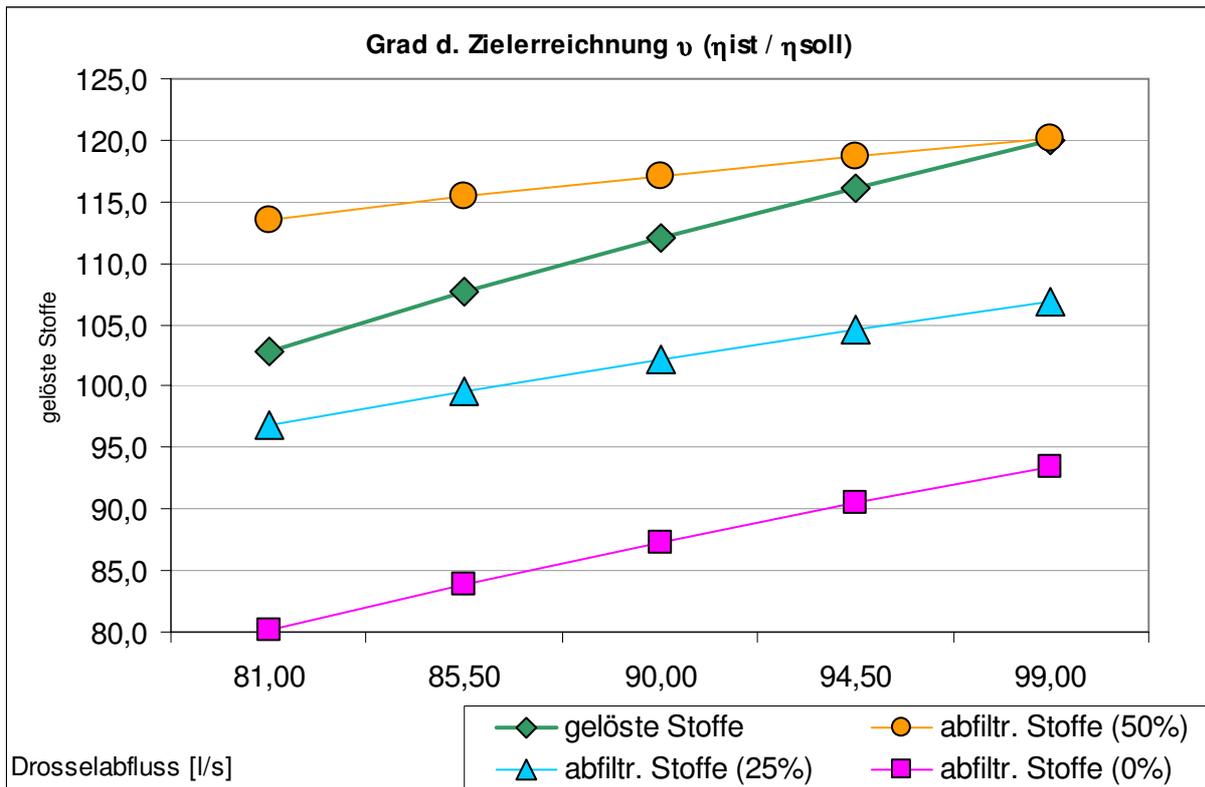


Abbildung 52: Variation Drosselabfluss gering (Modell Ebreichsdorf adaptiert)

Bei einer stärkeren Variation des Drosselabflusses (-40 %, -20 %, +20 %, +40 %) zeigt sich, dass die Kurve bei stärkerer Zunahme abflacht und bei stärkerer Verringerung des Drosselabflusses steiler wird. Bei einer Änderung von -20 % verringert sich der Grad der Zielerreichung bei den gelösten Stoffen um 20,2 %, bei einer Erhöhung um 20 % steigt er um 14,7 %. Bei den abfiltrierbaren Stoffen ist die Kurve wieder entsprechend flacher (hier dargestellt für den Fall ohne Absetzwirkung).

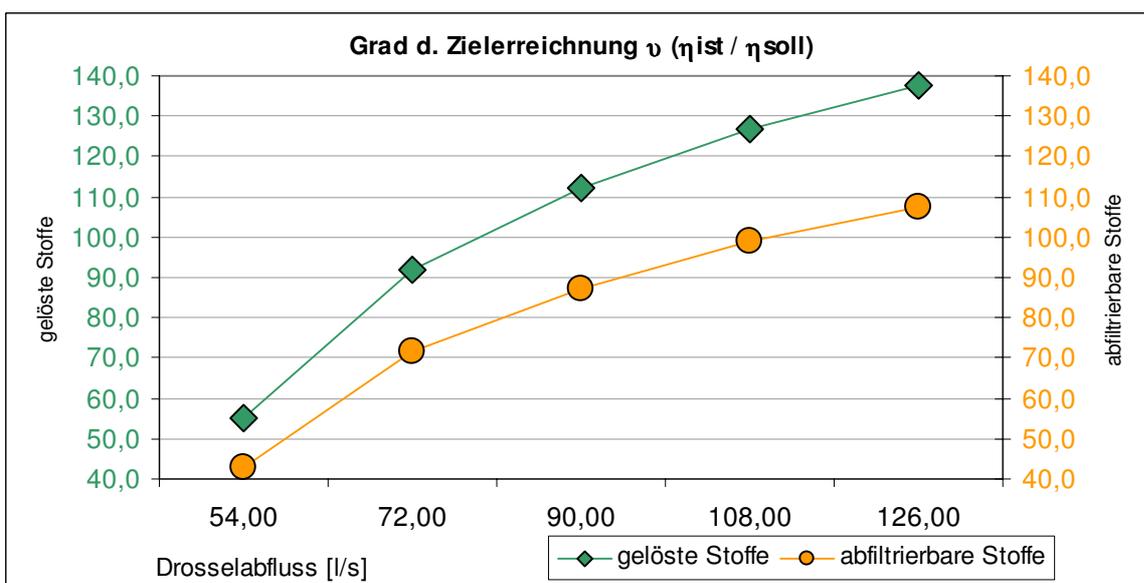


Abbildung 53: Variation Drosselabfluss stark (Modell Ebreichsdorf adaptiert, keine Absetzwirkung)

7.3.5.3 Speichertyp

Ebenfalls variiert wurde die Art des Mischwasserspeichers, wobei das Volumen bei allen gleich angenommen wurde. Folgende Bauwerkstypen kamen zum Einsatz:

- Stauraumkanal mit unten liegender Entlastung (SKUE)
- Stauraumkanal mit oben liegender Entlastung (SKOE)
- Durchlaufbecken im Hauptschluss (DBH)
- Durchlaufbecken im Nebenschluss (DBN)
- Fangbecken im Nebenschluss (FBN)

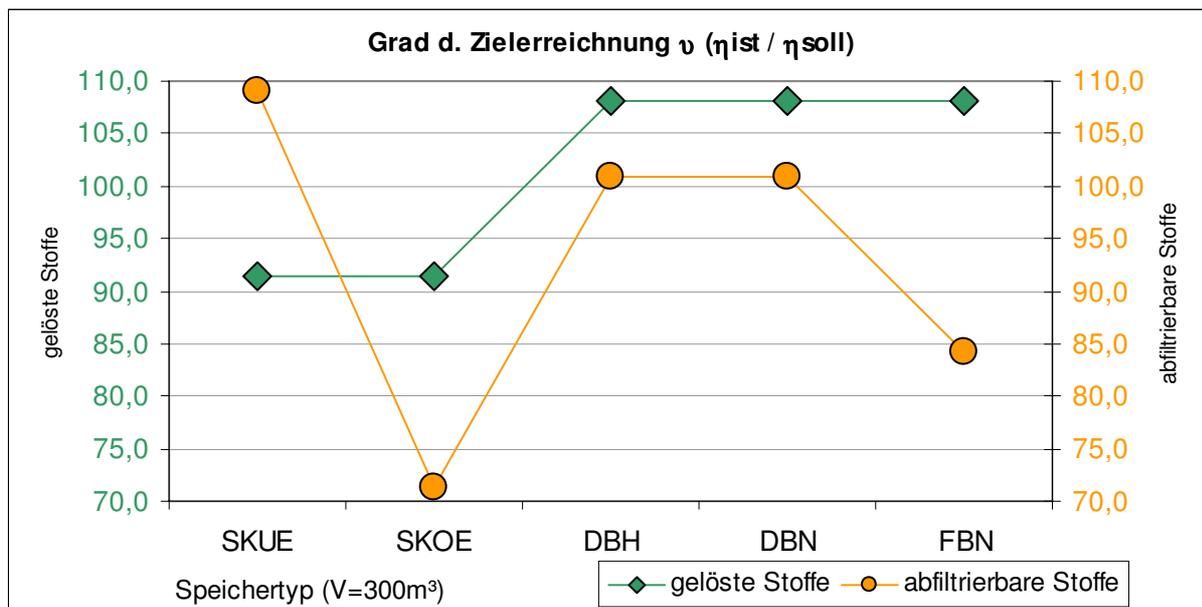


Abbildung 54: Variation Speichertyp (Modell Ebreichsdorf adaptiert)

Die Ergebnisse in Abbildung 54 zeigen bei den gelösten Stoffen bei den Stauraumkanälen niedrigere Werte. Das deutet darauf hin, dass das theoretische Speichervolumen in m³ sich bei Stauraumkanälen anders auswirkt als bei Becken. Für vergleichende Betrachtungen sollte berücksichtigt werden, dass 1 m³ Speichervolumen in einem Becken nicht 1:1 in Speichervolumen im Stauraumkanal umgerechnet werden kann. In der Modellsimulation sind jeweils Bauwerke mit konkreten Abmessungen zu verwenden, die nicht auf eine Maßzahl (das Volumen) reduziert werden können.

Bei den abfiltrierbaren Stoffen spiegeln sich die unterschiedlichen Ansätze für die Absetzwirkung aus dem ÖWAV Regelblatt 19 (2007) wieder. Für Fangbecken und Stauraumkanäle mit oben liegender Entlastung kann keine Absetzwirkung in Rechnung gestellt werden. Dies verschlechtert den Grad der Zielerreichung im vorliegenden Fall um bis zu 40 Prozentpunkte.

7.3.5.4 Speichervolumen

Bei der Variation des Volumens wurde ausgehend von 300 m³ eine Änderung von bis zu ± 50 % vorgenommen.

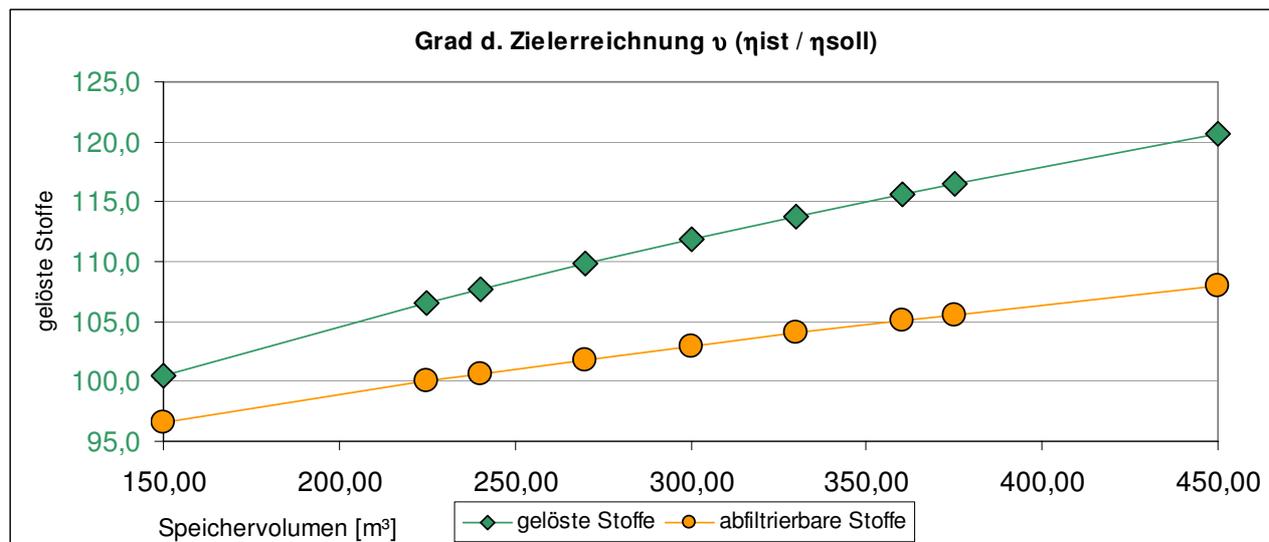


Abbildung 55: Variation Speichervolumen (Modell Ebreichsdorf adaptiert)

Das Diagramm (Abbildung 55) zeigt einen beinahe linearen Zusammenhang. Die ermittelten Werte sind in der nachfolgenden Tabelle aufgelistet.

Tabelle 36: Berechnungsergebnisse Sensitivitätsanalyse Speichervolumen

Volumen [m³]	150,00	225,00	240,00	270,00	300,00	330,00	360,00	375,00	450,00
Abweichung	-50%	-25%	-20%	-10%	0%	10%	20%	25%	50%
gelöste Stoffe									
η_{gel}	53,3%	56,6%	57,2%	58,3%	59,4%	60,4%	61,4%	61,8%	64,1%
v	100,5	106,6	107,7	109,8	111,8	113,8	115,6	116,4	120,7
Δv	-11,4	-5,3	-4,1	-2,0	0,0	1,9	3,7	4,6	8,9
abfilt. Stoffe									
η_{afs}	65,8%	68,1%	68,5%	69,3%	70,1%	70,9%	71,6%	71,9%	73,5%
v	96,6	100,0	100,6	101,8	103,0	104,0	105,1	105,6	108,0
Δv	-6,4	-2,9	-2,3	-1,1	0,0	1,1	2,1	2,6	5,0

Die Veränderung des Grades der Zielerreichung beträgt bei den gelösten Stoffen etwa 2,0 % je 10 % Volumsänderung. Bei der Zunahme flacht diese Kurve leicht ab, im Bereich großer Reduktionen nimmt sie stärker ab.

7.4 Gegenüberstellung der Ergebnisse

7.4.1 ALLGEMEINES

Zu beachten ist, dass die angegebenen Werte nur für das jeweils verwendete Modell gelten. Eine Verallgemeinerung ist mit der vorhandenen Datenlage nicht möglich, da dafür wesentlich mehr Vergleichsrechnungen notwendig sind.

7.4.2 GELÖSTE STOFFE

Im Folgenden sind die Ergebnisse für die gelösten Stoffe zusammengestellt.

Minimale Auswirkung (Änderung des Grades der Zielerreichung um 1,0 % oder kleiner) haben folgende Parameter:

- Trockenwetterganglinie (Tagesgang oder konstant)
- Fließzeit an der Oberfläche
- Art der Transportstrecke

Folgende Änderungen am Abflussmodell erhöhen bei einem bestehenden System den Grad der Zielerreichung um **2 %-Punkte** (entspricht einer Erhöhung des Wirkungsgrades um ca. 1%-Pkte.)

- Erhöhung des Drosselabflusses um ca. 3 %
- Verringerung der befestigten Flächen um ca. 4 %
- Erhöhung des Speichervolumens um ca. 10 %
- Erhöhung des Kläranlagenzuflusses um ca. 10 %
- Reduktion des TW-Abflusses (Schmutzwasser oder Fremdwasser) um ca. 50 %
- Erhöhung der Fließzeit im Kanal in den Teileinzugsgebieten um ca. 50 %
- Erhöhung des Muldenverlust (von 1,5 mm auf ca. 2,4 mm) um ca. 60 %
- Erhöhung des Benetzungsverlustes von 0,5 mm auf ca. 1,7 mm um ca. 240 %
- Änderung der Bodenart von Löss zu voll durchlässig
- Berücksichtigung der Retention in Transportstrecken
- Verwendung von Daten verschiedener Niederschlagsstationen

Folgende Änderungen am Abflussmodell erhöhen bei einem bestehenden System den Grad der Zielerreichung um **5 %-Punkte** (entspricht einer Erhöhung des Wirkungsgrades um ca. 2,5%-Pkte.)

- Erhöhung des Drosselabflusses um ca. 6 %
- Verringerung der befestigten Flächen um ca. 10 %
- Erhöhung des Speichervolumens um ca. 30 %
- automatische Kalibrierung mit unterschiedlichen Ereignissen einer Niederschlagsreihe

Folgende Änderungen am Abflussmodell erhöhen bei einem bestehenden System den Grad der Zielerreichung um **10 %-Punkte** (entspricht einer Erhöhung des Wirkungsgrades um ca. 5%-Pkte.)

- Erhöhung des Drosselabflusses um ca. 15 %
- Verringerung der befestigten Flächen um ca. 20 %
- Erhöhung des Speichervolumens um ca. 60 %

7.4.3 ABFILTRIERBARE STOFFE

7.4.3.1 Absetzwirkung

Der Wirkungsgrad für abfiltrierbare Stoffe errechnet sich durch einen Zuschlag zum Wirkungsgrad für gelöste Stoffe. Dieser Zuschlag ist von 3 Faktoren abhängig:

- Wirkungsgrad der Weiterleitung für gelöste Stoffe
- Anteil der Entlastungsmenge, der über Klärüberläufe geführt wird
- Absetzwirkungsgrad der zugehörigen Mischwasserbauwerke (der Absetzwirkungsgrad ergibt sich laut Tabelle 3 des ÖWAV Regelblattes 19 (2007) aus dem spezifischen Speichervolumen und dem Bauwerkstyp)

Der Zuschlag beträgt im ungünstigsten Fall (kein Bauwerk mit Absetzwirkung) **0 %**, im besten Fall **30 %** ($\eta_R = 40 \%$, 100 % der Entlastungsmenge wird über Bauwerke mit einer Absetzwirkung von 50% entlastet, das sind z. B. Durchlaufbecken mit 15 m³/ha Speichervolumen).

In Abbildung 56 und Abbildung 57 sind die möglichen Zuschläge für die beiden Fälle $\eta_R = 40 \%$ und $\eta_R = 60 \%$ grafisch dargestellt.

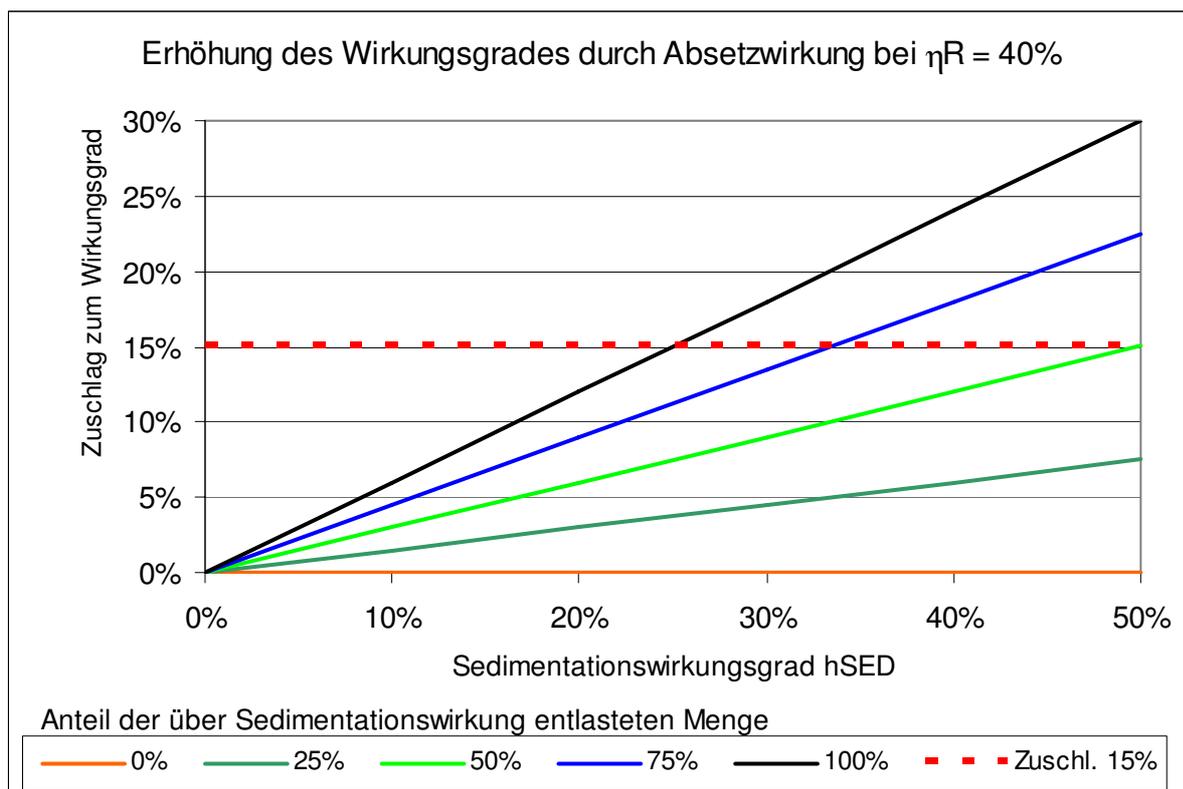


Abbildung 56: Zuschlag zum Wirkungsgrad für $\eta_R=40 \%$

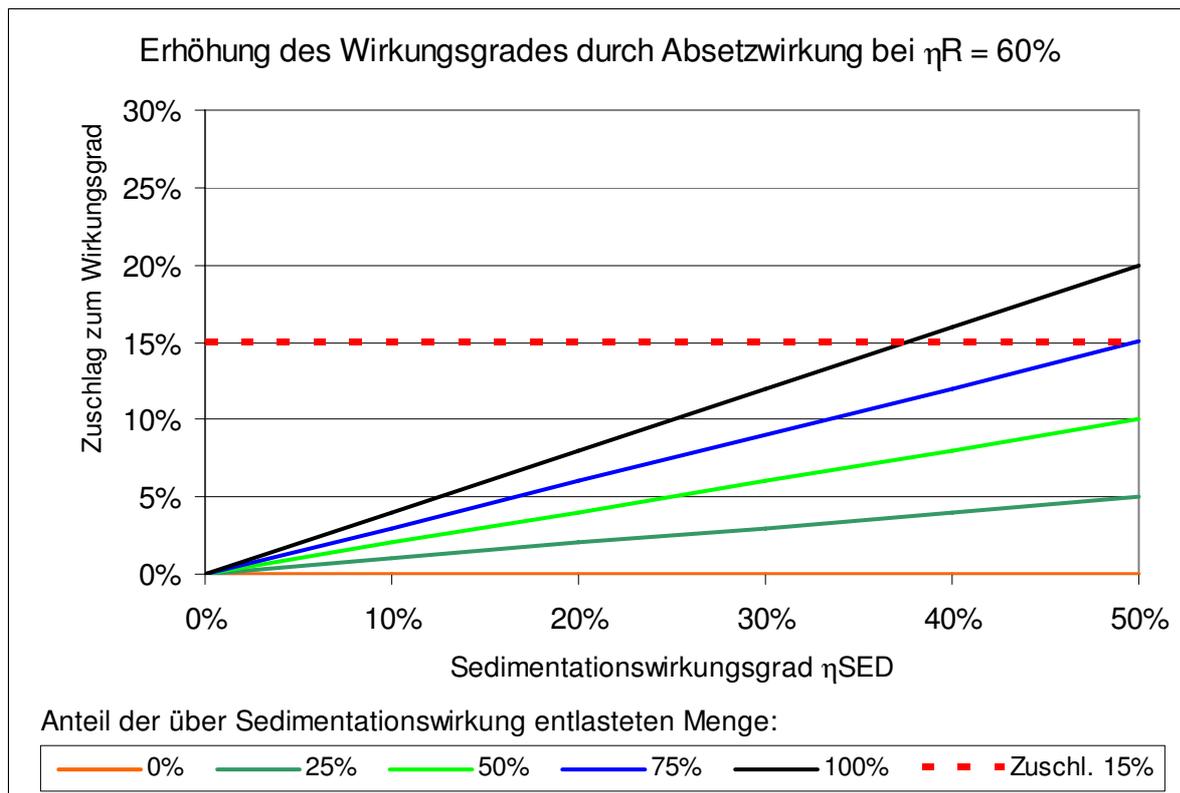


Abbildung 57: Zuschlag zum Wirkungsgrad für $\eta_R=60\%$

Bei höheren Wirkungsgraden für gelöste Stoffe ergibt sich bei gleichen Sedimentationsvolumen ein geringerer Zuschlag. In diesem Fall sind – sollte der Mindestwirkungsgrad der Weiterleitung für AFS nicht erreicht sein – mehr Absetzmaßnahmen erforderlich, um auch den Sollwert für abfiltrierbare Stoffe zu erreichen.

Die Sollwerte für gelöste Stoffe und abfiltrierbare Stoffe laut Tabelle 1 und 2 des ÖWAV Regelblattes 19 (2007) differieren jeweils um **15%**. Ein Mischwassersystem, das den Mindestwirkungsgrad für gelöste Stoffe genau erreicht, benötigt daher einen Zuschlag von 15%, um auch den Mindestwirkungsgrad für abfiltrierbare Stoffe genau zu erreichen. In der Abbildung 58 ist grafisch dargestellt, welche Absetzmaßnahmen dafür jeweils erforderlich sind, um einen Zuschlag von 15% zu erreichen.

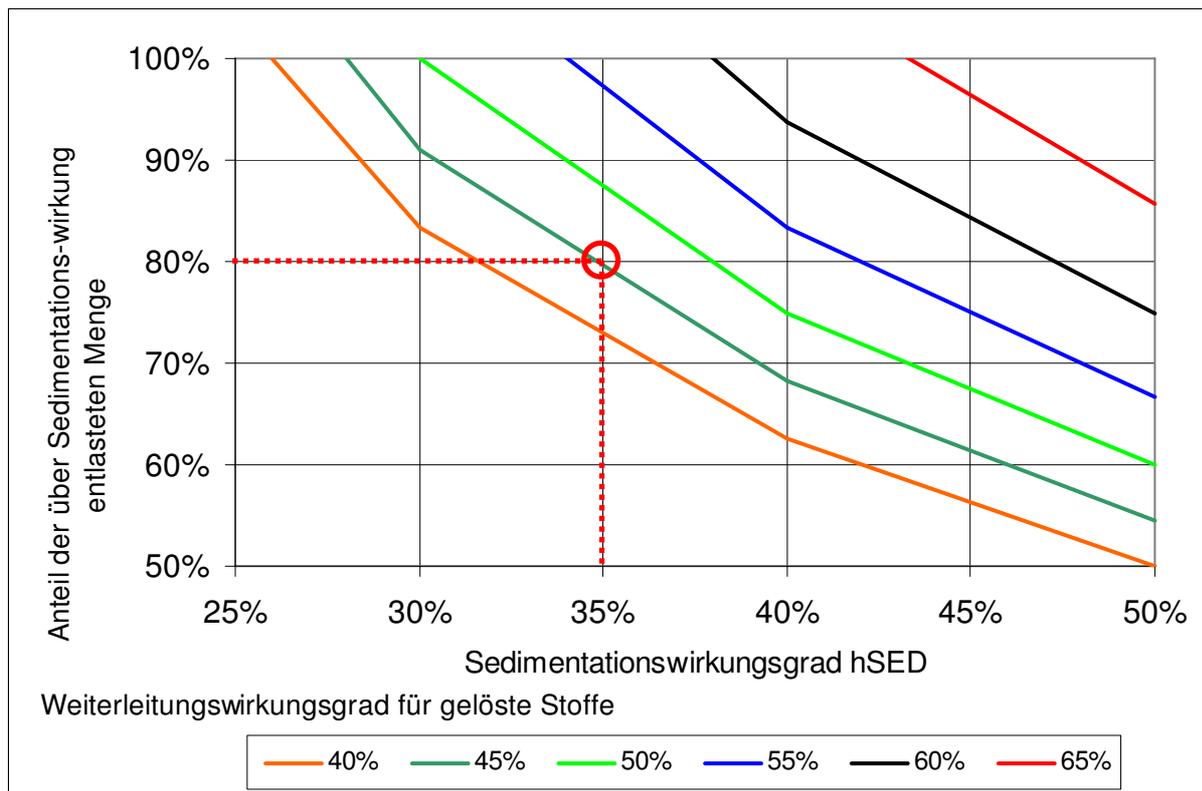


Abbildung 58: Erforderlicher Sedimentationswirkungsgrad zur Erreichung eines Zuschlags von 15%

Beispiel: Wenn bei einem System mit einem Weiterleitungswirkungsgrad $\eta_R = 45\%$ (dunkelgrüne Linie) von der entlasteten Gesamtmenge **80%** über den Klärüberlauf eines Durchlaufbeckens mit $10 \text{ m}^3/\text{ha}$ Volumen gehen (Sedimentationswirkungsgrad lt. Tab. 3 Regelblatt 19 = **35%**), beträgt der Wirkungsgrad für abfiltrierbare Stoffe $45\% + 15\% = 60\%$ und beide Werte erfüllen genau die Anforderungen.

7.4.3.2 Sensitivität der Wirkungsgrade für abfiltrierbare Stoffe

Die Wirkungsgrade für die abfiltrierbaren Stoffe reagieren auf Veränderungen der Eingangsparameter in Abhängigkeit vom **Absetzanteil**, das ist der Anteil an der Entlastungsmenge, der über Klärüberläufe geführt wird multipliziert mit dem Absetzwirkungsgrad. Der Absetzanteil kann maximal 50% betragen (100% über Klärüberlauf, max. 50% Absetzwirkung)

Absetzanteil (Beispiel): Werden 40% der Entlastungsmengen über einen Klärüberlauf mit 50% Absetzwirkung geführt, beträgt der Absetzanteil $40\% * 50\% = 20\%$.

Die Änderung des Wirkungsgrades der Weiterleitung für abfiltrierbare Stoffe ist

- bei einem Absetzanteil von 0% **genauso groß** wie die Änderung bei den gelösten Stoffen
- bei einem Absetzanteil von 50% **halb so groß** wie die Änderung bei den gelösten Stoffen

Dazwischen verläuft die Beziehung linear.

7.4.3.3 Sensitivität des Grades der Zielerreichung für abfiltrierbare Stoffe

Auch der Grad der Zielerreichung bei den abfiltrierbaren Stoffen reagiert weniger stark auf Änderungen als bei den gelösten Stoffen. Zu dem in Kapitel 7.4.3.2 beschriebenen Zusammenhang kommt noch hinzu, dass der Sollwert für die beiden Werte unterschiedlich ist. Die Änderung beim Grad der Zielerreichung bei den abfiltrierbaren Stoffen beträgt das 0,4 - 0,8-fache der Änderung bei den gelösten Stoffen. In Abbildung 59 ist der genaue Zusammenhang in Abhängigkeit von Wirkungsgrad und Absatzanteil grafisch dargestellt.

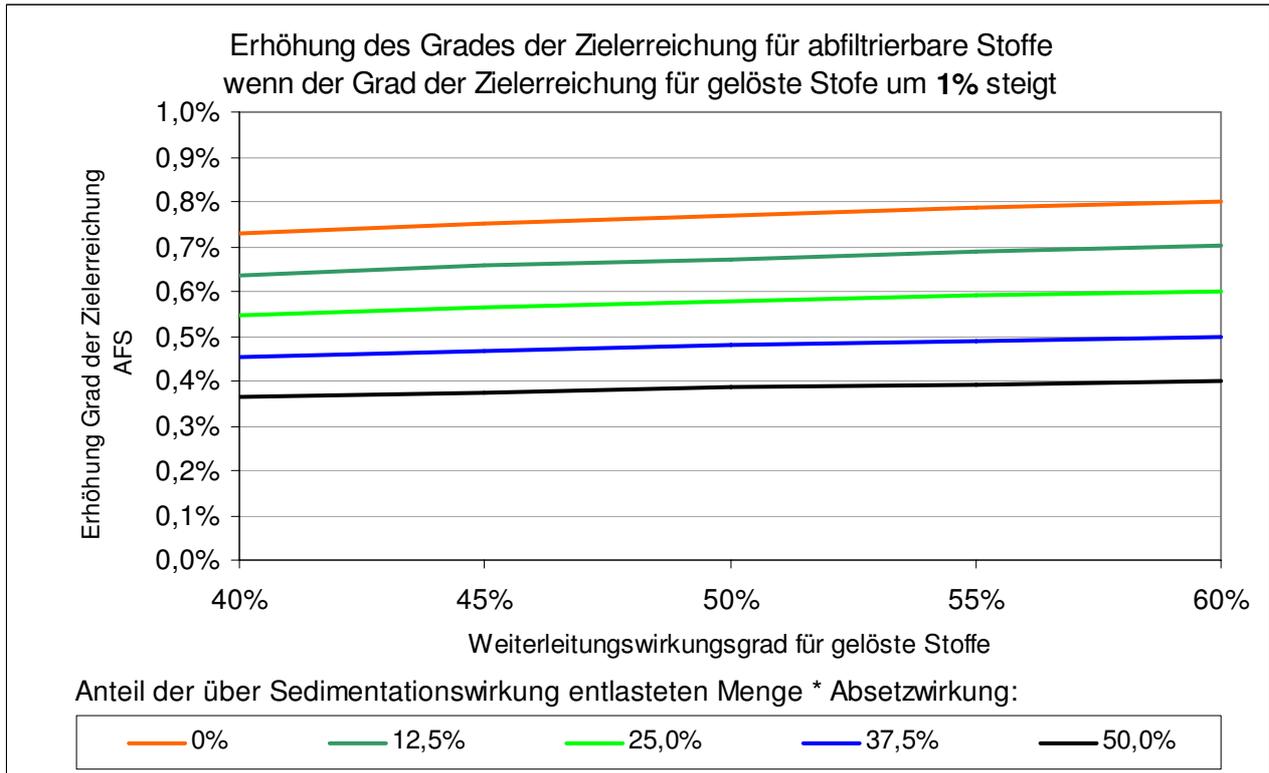


Abbildung 59: Verhältnis der Sensitivität zwischen gelösten und abfiltrierbaren Stoffen.

8 SCHLUSSFOLGERUNGEN

8.1 Allgemeines

Im Rahmen der Forschungsprojekts OPTIMISCH wurde das neue ÖWAV Regelblatt 19 (2007) an vier Einzugsgebieten mit unterschiedlicher Ausgangslage angewendet. Wie im vorliegenden Bericht dargestellt, konnte das Regelblatt in allen Projektsgebieten – mit unterschiedlichem Aufwand und Detailliertheitsgrad – angewendet werden.

8.2 Wichtigsten Ergebnisse aus den Untersuchungsgebieten

8.2.1 DONNERSKIRCHEN

Im Rahmen der Messkampagne konnte das Abflussgeschehen im Netz gut erfasst werden. Die größten Unsicherheiten liegen jedoch bei den Drosselabflüssen. Für die Kalibrierung ist es daher sinnvoll, zusätzlich auch die Überlaufdauer mittels Wasserstandsmessung direkt bei der Wehrschwelle zu erfassen. Es zeigte sich auch, dass die in alten Projekten angesetzten Drosselabflüsse an Mischwasserüberläufen große Abweichungen zu den mit Hilfe der Messung ermittelten Werten aufweisen.

Dank der Modellsimulationen und den Ansätzen des ÖWAV Regelblattes 19 (2007) konnte nachgewiesen werden, dass die vorhandenen Beckenvolumina ausreichend sind.

Für die Beurteilung der Immission liefert das ÖWAV Regelblatt 19 zwar keine detaillierten Bemessungsansätze, die Berechnung des Weiterleitungswirkungsgrades bietet aber gute Ansätze und Möglichkeiten, um daraus generelle Anforderungen abzuleiten.

8.2.2 EBREICHSDORF

Die Messkampagne in Ebreichsdorf zeigte besonders deutlich, wie groß die Änderungen an den Flächendaten durch eine Messkampagne und eine Modellkalibrierung sein können. Durch die Modellerstellung und Berechnung zeigen sich auch einfache Möglichkeiten zur Verbesserung des Systems - in diesem Fall die Reduktion der Pumpmenge in Weigelsdorf. Die vorhandenen großen Eiprofilkanäle enthalten erhebliche Reserven an aktivierbarem Speicherraum, sodass sich die Errichtung von zusätzlichen Becken erübrigt.

Die praktischen Erfahrungen zeigten, dass eine gute Vorbereitung und intensive Planungsphase von Messkampagnen unbedingt erforderlich ist. Aber auch bei optimaler Planung muss stets mit Überraschungen bei der Durchführung gerechnet werden.

Die Auswahl der Geräte und der Messstellen steht in enger Wechselbeziehung, da verschiedene Geräte und Messprinzipien sehr unterschiedliche optimale Einsatzbereiche haben. Besonders ist zu beachten, dass an bestimmten Messorten einzelne Geräte an ihre Grenzen stoßen.

8.2.3 JENNERSDORF

Da es sich um ein weitläufiges Verbandsgebiet mit vielen Entlastungen und Pumpwerken handelt, war die Datenerhebung sehr aufwändig und konnte im Rahmen des Projekts nicht vollständig durchgeführt werden. Auf Basis der vorhandenen Messdaten war nur eine Kalibrierung im Trockenwetterfall möglich, für den Mischwasserfall konnte nur eine Teilkalibrierung durchgeführt werden. Der Vergleich der Messdaten mit der Zulaufsumme der Kläranlage gibt eine Aussage über die Qualität. Es war möglich, eine Bandbreite des Wirkungsgrades durch Variantenrechnung abzuschätzen. Anhand konkreter Maßnahmen ergab sich eine sinnvolle Einsatzmöglichkeit von Modellen. Aufgrund der mangelnden Daten und der fehlenden Kalibrierung sind für die Auswirkung von Änderungen im System nur relative Aussagen möglich. Diese stellen trotzdem eine wichtige Entscheidungshilfe dar.

8.2.4 GRAZ

Ein Vergleich der Regenserien ergab, dass eine Abstimmung der Regenspende $r_{720,1}$ mit dem Mindestwirkungsgrad sinnvoll ist. Bei der Kalibrierung zeigte sich, dass die Mindestanforderungen des ÖWAV Regelblattes 19 (2007) hinsichtlich der Kalibrierungserfordernisse der Modelle unbedingt eingehalten werden sollten. Die Sensitivitätsanalysen zeigten, dass die Trockenwetterganglinie keinen Einfluss hat, die Weiterleitungsmenge zur ARA jedoch maßgeblichen Einfluss auf den Weiterleitungswirkungsgrad hat.

8.3 Empfehlungen für Planer, Verbände und Sachverständige

8.3.1 GRUNDLAGEN

- Sorgfältige Erhebung der Grundlagendaten.
- Überprüfung der verwendeten Messdaten auf Plausibilität (z. B. Niederschlagshöhen; Vergleich Abfluss / Höhenstandsmessung mit gemessenem Niederschlag; Überprüfung Kläranlagendaten ...)
- Genaue Definition des Ausbaustandes beachten - passt der Ausbaustand zum Zeitpunkt der Messung mit dem im Modell abgebildeten Zustand zusammen
- Drosseleinrichtungen besonders genau erheben (Situation, Zustand, Funktionsweise usw.). Unbedingt per Lokalaugenschein überprüfen, ob die getroffenen Annahmen der Realität entsprechen.

8.3.2 MESSKAMPAGNEN

- Die Durchführung von Messkampagnen, d. h. das zeitgleiche Messen von Niederschlag und Abfluss im untersuchten Entwässerungssystem, ist integraler Bestandteil der Methodik zum Nachweis des erforderlichen Mindestwirkungsgrades der Weiterleitung gemäß ÖWAV Regelblatt 19 (2007).
- Für eine erfolgreiche Messkampagne ist viel Know-how sowohl aus dem Bereich Messtechnik als auch aus dem Bereich Kanalabfluss und Modellierung erforderlich.

- Viel Zeit in die Planung investieren – 10 gut durchdachte Messstellen bringen mehr für die Kalibrierung als 20 beliebige.
- Der Bearbeiter für die Modellerstellung und Modellierung sollte unbedingt schon bei der Messkampagne dabei sein.
- Verschiedene Messstellen erfordern oft unterschiedliche Messinstrumente.
- aber: Je mehr unterschiedliche Messinstrumente, desto mehr Software, Stecker und Kabel sind erforderlich und erschweren die Datenauslesung und Datenweiterverarbeitung.
- Auslesung per Speicherkarte ist unkomplizierter als Auslesung per Notebook.
- Pläne, Unterlagen und auch ortskundige Menschen können irren – Angaben überprüfen!
- Pumpwerke zur einfachen Gewinnung von Messdaten nutzen (Füllstand, Schaltzeiten)
- besonderes Augenmerk auf die Messung der Drosselabflüsse legen
- Wasserstandsmessungen möglichst an allen Überläufen vorsehen, um die Entlastungsergebnisse genau zu erfassen. Wasserstand zu messen ist einfacher und billiger als Abflussmengen zu messen
- starkes Gefälle erschwert die Messung von Fließgeschwindigkeiten, vor allem bei am Boden montierten Sonden
- Messdaten möglichst zeitnah (am besten sofort) auswerten, um Probleme mit der Messung möglichst frühzeitig zu erkennen und korrigierend eingreifen zu können
- Plausibilität der Messwerte prüfen (z. B. Q-h-Kurven, aus dem Wasserstand berechnete Abflussganglinien)
- zu Beginn der Messkampagne mit dichteren Wartungsintervallen rechnen
- bei Bedarf Messorte oder Messgeräte verändern
- wenn alle Geräte und Messstellen optimal laufen, reichen 2-wöchige Wartungsintervalle
- auf eine einheitliche Zeitbasis achten - vor allem bei Daten aus anderen Quellen
- selbst messen ist manchmal einfacher als Fremddaten zu übernehmen
- zeitliche Reserven einplanen

8.3.3 MESSDATEN

- Datenspeicherung schon vor Messbeginn planen
- Datenbanken oder vergleichbare leistungsfähige Systeme verwenden
- beim Datenimport ist meist händische Arbeit mit dem Texteditor erforderlich
- Sommer-/Winterzeitumstellung beachten
- übernommenen Messdaten auf Plausibilität prüfen (z. B. Vergleich Abfluss-/ Höhenstandsmessung mit gemessenem Niederschlag; Überprüfung anhand von Kläranlagendaten; parallele Messsysteme)

8.3.4 MODELLERSTELLUNG

- Modelldaten (Werte, Herkunft, Genauigkeit, Unsicherheiten) gut dokumentieren

- Für komplizierte Anlagenteile sind Ersatzsysteme bzw. eine kreative Nutzung der Möglichkeiten des Modells erforderlich. Diese Systeme sind einer Funktionsprüfung zu unterziehen.
- Für die Eingabewerte ist eine Fehlerprüfung erforderlich
- Werden Teile des Entwässerungssystems mit Ersatzsystemen im Modell dargestellt, ist eine Funktionsprüfung des Ersatzsystems durchzuführen

8.3.5 MODELLKALIBRIERUNG

- Mindestanforderungen an die Kalibrierung aus dem ÖWAV Regelblatt 19 einhalten (1 jährige Jahresreihe oder mind. 3 relevante Einzelereignisse).
- Neben der Kalibrierung anhand von mindestens 3 Ereignissen ist eine Validierung mit weiteren Ereignissen empfehlenswert.
- Eine automatische Kalibrierung liefert gute Ergebnisse, ist aber nicht unbedingt erforderlich. Im Normalfall ist eine händische Kalibrierung ausreichend.

8.3.6 BERECHNUNGEN

- Das Modell liefert eine gute Basis, die Auswirkung sehr unterschiedlicher Maßnahmen und Entwicklungen zu untersuchen (Erweiterungen, Änderungen an Drosselbauwerken, zusätzliche Anschlüsse von Trennsystemen, Nutzung von Stauraumkanälen mit unterschiedlichen Stauhöhen, ...).
- Vergleichsberechnungen nach dem Regelblatt ATV-A 128 sind nur bedingt vergleichbar, weil die Eingangsparameter und vor allem die Art der Ergebnisse sehr unterschiedlich sind (Beckenvolumen / Weiterleitungswirkungsgrad).

8.3.7 DATENPRÜFUNG

- Für die Überprüfung einer Berechnung durch Auftraggeber und Behörden geben die durchgeführten Sensitivitätsanalysen Hinweise, welche Parameter große Auswirkungen haben und daher besonders sorgfältig erhoben bzw. dokumentiert werden sollten.

8.4 Bearbeitungsaufwand

Die Erstellung eines Abflussmodells erfordert einen nicht zu unterschätzenden Aufwand an Grundlagenerhebung und Modellerstellung. Zu beachten ist jedoch, dass ein wesentlicher Teil der Daten, die für das Modell erforderlich sind, auch für herkömmliche Berechnungen (z. B. nach ATV-A 128) nötig sind. In der Praxis sind aber Sorgfalt und Detaillierungsgrad bei der Erhebung von Daten für ein Modell höher. Die Verwendung von Modellen erhöht in vielen Punkten nicht zwingend den Aufwand, sie zwingt jedoch zu einer genaueren Vorgangsweise.

In der Folge sind die einzelnen Arbeitsschritte angeführt, die für eine Bemessung nach ATV und für eine Modellierung erforderlich sind.

Tabelle 37: Erforderliche Arbeitsschritte

Tätigkeit	erforderlich für Modellierung	erforderlich für ATV-Berechnung
Datenerhebung:		
abflusswirksame Flächen	☒	☒
Drosselabflüsse (konstanter Wert)	☒	☒
Drosselabflüsse (genaue Kennlinie)	☒	-
Trockenwetterabfluss (Mittel)	☒	☒
Trockenwetterabfluss (Maximum)	☒	☒
Trockenwetterabfluss (Ganglinie)	(☒)	-
Netzstruktur	☒	☒
maximale Fließzeit	☒	☒
Fließzeit in Einzelgebieten	☒	-
Geländegefälle	☒	☒
Bemessungsniederschlag (Regenspende)	☒	☒
langjährige Niederschlagsreihe	☒	-
Berechnung:		
Modellerstellung	☒	-
Kalibrierung	☒	☒ 1)
Berechnung	☒	☒
Dokumentation	☒	☒

1) Eine Kalibrierung ist im Grunde auch für eine konventionelle Berechnung erforderlich- auch wenn sie oft nicht durchgeführt wird. Sie umfasst vor allen die Festlegung der abflusswirksamen Fläche und der Drosselabflüsse. Die Durchführung einer Kalibrierung ist aber ohne Modell nur eingeschränkt möglich. Es besteht nur die Möglichkeit, für einzelne Ereignisse aus dem Regenabfluss die abflusswirksame Fläche zurückzurechen.

Die Unterschiede lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

Die Erhebung der Daten, die einen großen Anteil am Gesamtaufwand hat, ist bis auf wenige Ausnahmen bei beiden Varianten bei korrekter Durchführung ein ähnlich großer Aufwand. Bei der Modellierung zusätzlich erforderlich ist die Modellerstellung. Der Aufwand dafür ist aber bei Vorliegen aller erforderlichen Eingangsdaten nur bei der Verwendung anspruchsvoller Ersatzsysteme zur Modellierung komplizierter Systemteile groß. Die Berechnung selbst ist nicht

wesentlich aufwändiger. Aufgrund der größeren Datenmenge ist aber ein höherer Aufwand an Dokumentation nötig.

Die Bemessung nach dem ÖWAV Regelblatt 19 (2007) mit einer Modellrechnung ist nicht viel mehr Aufwand als eine herkömmliche Bemessung mit gleicher Qualität der Datenerhebung. Der zusätzliche Aufwand ist alleine durch den zusätzlichen Erkenntnisgewinn und die flexibleren Lösungsmöglichkeiten gerechtfertigt. Die Anwendung von Simulationsmodellen fördert ganz wesentlich das Systemverständnis.

Ein Verzicht auf eine exakte Grundlagenerhebung (z. B. Verwendung von Flächendaten ohne Überprüfung mittels Messdaten) verringert bei beiden Bemessungen den Aufwand im gleichen Ausmaß, die Aussagekraft der Ergebnisse nimmt aber ebenfalls bei beiden im gleichen Ausmaß ab.

Für eine Messkampagne mit gemieteten Messsystemen kann man bei Mengenmessungen von Gerätekosten von ca. tausend Euro je Monat und Messpunkt ausgehen. Niederschlagsmessungen mit Waagen sind etwas günstiger. Für Niederschlagsmessungen mit Wippen und Wasserstandsmessungen mit Ultraschall kann mit etwa der Hälfte gerechnet werden. Wasserstandsmessungen mit Drucksonden sind noch günstiger und um wenige hundert Euro je Monat zu realisieren. Die Mietpreise belaufen sich meist auf 5 – 10 % des Anschaffungspreises.

Dazu kommt der Aufwand für die Planung der Messkampagne, die Installation, Inbetriebnahme und eventuell mehrmalige Nachbesserung der Messkonfiguration zu Beginn, die Betreuung der Messungen (ca. 2-wöchentlich) und die Datenauswertung. Dieser Aufwand variiert in Abhängigkeit von der Dauer der Messkampagne und der Anzahl der Messpunkte stark.

9 AUSBLICK

Ein Großteil der zu Projektbeginn formulierten Ziele konnte im Rahmen des Projekts OPTIMISCH bearbeitet werden. Dabei wurden einige neue Erkenntnisse zur praktischen Anwendung des neuen ÖWAV Regelblatts 19 (2007) gewonnen, die Ergebnisse aus den 4 unterschiedlichen Untersuchungsgebieten dargestellt, aber auch die Herausforderungen und Probleme in der Anwendung diskutiert. Eine Reihe von neuen Erkenntnissen und zukünftigen Herausforderungen an die Anwender des Regelblatts sowie an die zuständigen Stellen in der Beurteilung resultieren direkt aus den Erfahrungen im Projekt.

Während eine Vielzahl von konkreten Einzelfragen noch tiefer im Detail bearbeitet werden könnte, sieht das Projektsteam einige übergeordnete Themen als maßgebend für eine zielführende Umsetzung des neuen ÖWAV Regelblatts 19 an.

So erscheint es sinnvoll, einfache Methoden zur **Überprüfbarkeit der Modelle** – zum Beispiel zu den gewählten Parametern, der Abbildung und Funktion der Bauwerke im Modell, der Bestimmung des Sedimentationswirkungsgrades usw. – sowie zur **Plausibilitätsprüfung der Ergebnisse** zu entwickeln, um Planern, Bertreibern und Sachverständigen eine Anleitung zur Beurteilung der Qualität der gewonnenen Ergebnisse zur Hand zu geben.

Dies führt direkt zu der Frage des Umgangs mit den in den Daten und im Modell immer vorhandenen Unsicherheiten. Die im Projekt OPTIMISCH dargestellten Ergebnisse der Sensitivitätsanalysen zeigen bereits, wo besondere Sorgfalt in der Datenerhebung und Modellerstellung notwendig ist, um die Unsicherheiten im berechneten Wirkungsgrad der Weiterleitung möglichst gering zu halten. Es wäre wünschenswert entsprechende Empfehlungen zu erarbeiten, um diese zwangsweise vorhandenen **Unsicherheiten beurteilen** und, wenn möglich, mit geringem Aufwand bestmöglich reduzieren zu können.

Mit den durchgeführten Messkampagnen wurde gezeigt, dass die Datengewinnung oftmals nicht trivial ist. Neben der temporären Durchführung von solchen Messkampagnen für die Modellkalibrierung sollten jedoch verstärkt auch einfache Messsysteme an zentralen Bauwerken permanent eingebaut und kontinuierlich betrieben werden, welche eine kontinuierliche Kontrolle und Überwachung aber letztendlich auch einen Erfolgsnachweis der gesetzten Maßnahmen erlauben.

Aus den oben dargestellten Punkten könnte die Zielsetzung zukünftiger Forschungsvorhaben z. B. die Entwicklung einer generellen Handlungsempfehlung zur Anwendung des Regelblatts und zur Überprüfung und Qualitätsbewertung der Ergebnisse sein.

Ein weiterer Ansatzpunkt für eine weiterführende Bearbeitung könnte die Entwicklung einfacher **Dimensionierungsempfehlungen für den Immissionsfall** sein, die aus den Ergebnissen der Modellsimulation abgeleitet werden können. Solche Empfehlungen können keine gewässerbezogene exakte Untersuchung ersetzen, aber in einfachen Fällen die Beurteilung erleichtern.

In einigen Punkten des Regelblattes wären für spezielle Anwendungen, die weit vom Standard abweichen, auch noch genauere Hinweise und Interpretationen für die Ermittlung des Absetzwirkungsgrades und die Festlegung des erforderlichen Wirkungsgrades hilfreich.

Ein Ziel weiterführender Arbeiten könnte daher eine Art **Merkblatt oder Handlungsempfehlung zur Anwendung des ÖWAV Regelblattes 19** darstellen, worin sicherlich auch noch die Erfahrungen aus anderen Untersuchungsgebieten einfließen sollten.

10 ZUSAMMENFASSUNG

10.1 Allgemeines

Das **ÖWAV-Regelblatt 19 - "Richtlinien für die Bemessung von Mischwasserentlastungen"** wurde in den letzten Jahren überarbeitet und an den Stand der Technik angepasst. Im November 2007 ist die neue Ausgabe erschienen und gibt nun neue Zielvorgaben zur Bemessung von Mischwasserentlastungsbauwerken. Nach dem neuen Regelwerk ist ein so genannter **Mindestwirkungsgrad der Weiterleitung** einzuhalten, wobei die im Regelblatt vorgegebenen Mindestwirkungsgrade von der Regencharakteristik und der Ausbaugröße der Kläranlage abhängen.

Durch eine einzugsgebietsweite Betrachtung bietet diese neue Art der Bemessung im Vergleich zu bisherigen Methoden die Möglichkeit, den Rückhalt von Mischwasser flexibler zu erreichen. Lage, Größe und Verteilung der Mischwasserbauwerke können beliebig variiert werden, alternative Methoden wie Kanalnetzbewirtschaftung oder Erhöhung des maximalen Kläranlagenzuflusses sind ebenfalls zulässig. Dadurch ist es möglich, angepasst an die jeweilige Situation **flexible Lösungen zur Minimierung der Mischwasserentlastungen** zu entwickeln. Die größere Wahlfreiheit bei den Verfahren erfordert es auch, eine breite Palette von möglichen Lösungen in Betracht zu ziehen. Der neue Dimensionierungsansatz bietet **neue Möglichkeiten**, erfordert **aber ein anderes Vorgehen** als bisher.

Die Ermittlung des Weiterleitungswirkungsgrades erfolgt mittels **hydrologischer Langzeitsimulation**. Die Simulation von Wassermengen mit hydrologischen Modellen ist eine erprobte und anerkannte Technologie, die schon seit längerer Zeit in Verwendung ist. Im ÖWAV Regelblatt 19 (2007) wurde ein vereinfachter Ansatz zur Anwendung gebracht, bei dem sich die Berechnung des Wirkungsgrades der Weiterleitung für gelöste Stoffe auf eine Simulation der Wassermengen reduziert. Die Absetzwirkung von Mischwasserbehandlungsanlagen wird über einfache empirische Ansätze erfasst. Für die Modellerstellung sind die Datengrundlagen sorgfältig zu erheben und in ein Abflussmodell einzuarbeiten. Im **Projekt OPTIMISCH** kamen zwei hydrologische Modelle – KOSIM und SMUSI – zur Anwendung.

Um Erfahrungen für die Anwendung des Regelblattes in der Praxis zu gewinnen, wurde das Forschungsprojekt OPTIMISCH initiiert. Ein Ziel des Projekts war es, eine **Anregung und Vorlage für Planer und Kanalbetreiber** zu schaffen, um einen Einblick in die Möglichkeiten, Vorteile und Grenzen einer Bemessung nach dem neuen Regelblatt zu geben.

Anhand praktischer Beispiele sollte gezeigt werden, wie der Planungsaufwand zu den aus der Planung abgeleiteten Investitionsvorhaben in Beziehung steht. Ebenso sollte ein Hinweis gegeben werden, welche Auswirkung verschiedene Parameter und Grundlagendaten auf das Ergebnis haben (Sensitivitätsanalyse), damit die Mittel für die Grundlagenerhebung möglichst effizient eingesetzt werden können. Insgesamt wurden im Projekt OPTIMISCH **vier Untersuchungsgebiete** mit unterschiedlichen Randbedingungen betrachtet, die im Folgenden zusammenfassend kurz beschrieben werden:

10.2 Untersuchungsgebiet Donnerskirchen

10.2.1 ALLGEMEINE BESCHREIBUNG

Die Gemeinde Donnerskirchen betreibt ein Kanalnetz, das großteils als Mischsystem ausgebildet ist. Die jüngsten Erweiterungen des Kanalnetzes wurden als Trennsystem ausgeführt. Das Ortsnetz wird über 4 Mischwasserüberläufe entlastet, wobei etwa die Hälfte des Einzugsgebietes am RÜ4 entlastet. Der RÜ1 entlastet in ein Fangbecken und in ein Regenklärbecken. Das am RÜ1 weitergeleitete Abwasser wird in einen Pumpensumpf geleitet und von dort gemeinsam mit dem Abwasser aus Purbach zur Kläranlage des Abwasserverbandes Neusiedlersee Westufer gepumpt.

Im Rahmen des Projektes sollte für das bestehende Netz und den zukünftigen Ausbau ein Abflussmodell erstellt werden und der Weiterleitungswirkungsgrad nach dem ÖWAV Regelblatt 9 (2007) ermittelt werden. Es sollte nachgewiesen werden, dass unter Betrachtung des Gesamtgebietes mit geringen Anpassungen das Speichervolumen der vorhandenen Becken genutzt und ein zusätzlicher Speicherbau vermieden werden kann.

10.2.2 GRUNDLAGEN- UND MESSDATEN

Die Grunddaten für Kanal, Einzugsgebiete und Bauwerke wurden aus vorhandenen Planunterlagen ermittelt und durch örtliche Erhebungen ergänzt. Um eine Kalibrierung des Modells zu ermöglichen, wurden im Rahmen einer 4 Monate dauernden Messkampagne Abflussmengen- und Wasserstandsmessungen an verschiedenen Punkten des Kanalnetzes durchgeführt. Zusätzlich wurde an 2 Stellen im Ortsnetz der Niederschlag gemessen.

10.2.3 MODELLERSTELLUNG UND KALIBRIERUNG

Mit dem Simulationsprogramm KOSIM wurde ein Modell für den Bestand erstellt. Daraus wurde ein Modell für den Endausbau abgeleitet, mit dem die Auswirkungen verschiedener Maßnahmen untersucht wurden.

10.2.4 ERGEBNISSE

Die Simulationsrechnung ergab, dass der geforderte Wirkungsgrad der Weiterleitung im Bestand und im Endausbau sehr leicht erreicht wird. Zur Verbesserung des Systems kann eine Erhöhung des Drosselabflusses beim RÜ4 empfohlen werden. Diese Erhöhung bringt eine leichte Verbesserung des Wirkungsgrades, darüber hinaus wird ein nennenswerter Teil der Entlastungsmengen vom RÜ4 zum RÜ1 und damit zu den Mischwasserüberlaufbecken verlagert. Dadurch wird jener Anteil vergrößert, der über das Regenklärbecken mechanisch vorgereinigt wird.

Für zusätzliche Erweiterungen im Trennsystem bietet das vorliegende System ebenfalls ausreichende Reserven.

Die sensible Immissionssituation (Vorfluter Neusiedlersee) wurde berücksichtigt, indem der erforderliche Wirkungsgrad erhöht wurde.

10.3 Untersuchungsgebiet Ebreichsdorf

10.3.1 ALLGEMEINE BESCHREIBUNG

Die Abwasserreinigungsanlage der Stadtgemeinde Ebreichsdorf entsorgt die Abwässer der Orte Ebreichsdorf, Weigelsdorf, Unterwaltersdorf und Schranawand. Lediglich in Weigelsdorf und Ebreichsdorf besteht ein Mischsystem mit Entlastungen. Die später aufgeschlossenen Gebiete entwässern im Trennsystem.

Im Rahmen des Projektes sollte ein kalibriertes Abflussmodell des Teilgebietes mit Mischwasserkanälen erstellt werden, um den Wirkungsgrad der Weiterleitung zu bestimmen und eventuell erforderliche Ausbaumaßnahmen festzulegen und zu optimieren.

10.3.2 GRUNDLAGEN- UND MESSDATEN

Die Grundlagendaten für Kanal, Einzugsgebiete und Bauwerke wurden aus vorhandenen Planunterlagen ermittelt und durch örtliche Erhebungen ergänzt. Um eine Kalibrierung des Modells zu ermöglichen, wurden im Rahmen einer 4 Monate dauernden Messkampagne Abflussmengen- und Wasserstandsmessungen an verschiedenen Punkten des Kanalnetzes durchgeführt. Zusätzlich wurde an 2 Stellen im Ortsnetz der Niederschlag gemessen.

10.3.3 MODELLERSTELLUNG UND KALIBRIERUNG

Mit dem Simulationsprogramm KOSIM wurde ein Modell für den Bestand erstellt. Daraus wurde ein Modell für den Endausbau abgeleitet, mit dem die Auswirkungen verschiedener Maßnahmen untersucht wurden. Für den Mischwasserrückhalt sollen die bestehenden großen Eiprofilkanäle herangezogen werden.

10.3.4 ERGEBNISSE

Die Kalibrierung ergab, dass der Abfluss von den befestigten Flächen deutlich geringer ist als ursprünglich angenommen. Deshalb ist es auch einfacher, den vorgegebenen Weiterleitungswirkungsgrad zu erreichen.

Die Simulationsrechnung ergab, dass der geforderte Wirkungsgrad derzeit nicht erreicht wird. Daher wurden verschiedene Maßnahmen untersucht, um den Wirkungsgrad zu verbessern und auch im Endausbauzustand (inklusive aller geplanter Erweiterungen) die Vorgaben des ÖWAV Regelblattes 19 zu erfüllen.

Eine geordnete Mischwasserbehandlung kann erreicht werden, indem die großen Eiprofilkanäle bei den Pumpwerken Nord und Süd durch den Einbau von Drosseleinrichtungen bzw. durch die Erhöhung der Überfallschwellen zu Stauraumkanälen ausgebaut werden. Eine zusätzliche Verbesserung erfolgt durch die Reduktion der Förderleistung des Pumpwerks Weigelsdorf.

Mit dem so ausgebauten System kann der im ÖWAV Regelblatt 19 (2007) festgeschriebene Stand der Technik auch zukünftig leicht eingehalten werden, ohne dass zusätzliche Becken errichtet werden müssen.

10.4 Untersuchungsgebiet Abwasserverband Bezirk Jennersdorf

10.4.1 ALLGEMEINE BESCHREIBUNG

Der Abwasserverband Bezirk Jennersdorf ist sehr weitläufig und umfasst insgesamt 20 Gemeinden aus dem Burgenland und der Steiermark im Lafnitztal und Raabtal. Zwei Hauptsammler im Lafnitz- und Raabtal mit einer Gesamtlänge von 48 km schließen die entwässerten Gebiete an die Verbandskläranlage Heiligenkreuz mit einer Ausbaugröße von 180 000 EW. Davon beträgt der kommunale Anteil 90 000 EW und die restlichen 90 000 EW stammen von der Fa. Lenzing Lyocell. Im Einzugsgebiet befinden sich 54 Mischwasserentlastungsbauwerke, derzeit mit einem gesamten Speichervolumen von ca. 2 350 m³. Weiters sind am Raabtalsammler mit der Therme Loipersdorf und der Firma Vossen 2 größere Indirekteinleiter angeschlossen. In den letzten Jahren wurden einige Umbauten im Verbandsgebiet – wie z. B. die Errichtung von Speichervolumina oder der Rückbau von Misch- in Trennsysteme – vorgenommen.

Auf Grund der geographischen Ausdehnung und der Vielzahl von Mischwasserbauwerken und Pumpwerken im Einzugsgebiet sowie mehreren größeren Indirekteinleitern ist der Abwasserverband Bezirk Jennersdorf ein sehr komplexes Untersuchungsgebiet. Hauptinteresse und Ziel war es, die Möglichkeit einer Anwendung des Regelblatts in einem sehr großräumigen Verbandsgebiet auszuprobieren.

10.4.2 GRUNDLAGEN- UND MESSDATEN

Für die beiden Hauptsammler im Raab- und Lafnitztal stand bereits ein Fließschema zur Verfügung. Im Rahmen der Projekts OPTIMISCH wurden vom Ingenieurbüro Depisch die aktuellen Daten für geänderte Einzugsgebiete erhoben und die Daten für alle Mischwasserentlastungsbauwerke im Verbandsgebiet überprüft, aktualisiert und ergänzt. Eine Aktualisierung der Daten für bestehende Einzugsgebiete war im Rahmen dieses Projektes nicht vorgesehen. Eine Qualitätsbewertung der Daten wurde durchgeführt, um für künftige Projekte festlegen zu können, welche Daten zusätzlich vor Ort überprüft werden sollten, um gesicherte Eingangsdaten für das Modell zu bekommen.

Für wichtige Mischwasserbauwerke im Verbandsgebiet wie das Hauptpumpwerk des Raabtalsammlers in Mogersdorf und den Stauraumkanal R16 im Bereich Jennersdorf wurden ergänzende Erhebungen vor Ort durchgeführt. Für die 2 Hauptsammler (Lafnitztal und Raabtal) wurden Durchmesser, die Länge und Gefälle erhoben und im Fließschema ergänzt.

Als Messdaten wurden Regendaten vom Land Steiermark (Bad Waltersdorf) und direkt aus dem Verbandsgebiet von der Fa. DataView (Heiligenkreuz) zur Verfügung gestellt. Zulaufdaten zur Kläranlage wurden vom Verband zur Verfügung gestellt. Weiters wurden für den Kalibrierungszeitraum 2007 Messdaten mehrerer Indirekteinleiter und Pumpwerke sowie Abflussmessungen am Mischwasserbauwerk „R16“ von der Fa. DataView aufbereitet und zur Verfügung gestellt.

10.4.3 MODELLERSTELLUNG UND KALIBRIERUNG

Für die Modellerstellung des Einzugsgebiets AWV Bezirk Jennersdorf wurde die Simulationssoftware KOSIM verwendet. Als Basis für die Modellerstellung wurden die aktualisierten Fließschemata des Raabtal- und Lafnitztalsammlers herangezogen. Dabei wurde folgendermaßen vorgegangen:

Alle Systemelemente (Teileinzugsgebiete, Knoten und Haltungen der Hauptsammler, Mischwasserbauwerke, Pumpwerke) wurden einheitlich und eindeutig identifizierbar nummeriert und benannt, im Fließschema eingetragen und eine Übersichtsliste erstellt. Auf Basis der Fließschemata und der Übersichtsliste wurden die Daten in eine KOSIM Systemdatei eingegeben. Bei fehlenden Daten wurden Standardparameter eingesetzt. Für die Abflussbildung an der Oberfläche wurden Standardparameter nach ATV-A 128 verwendet. Für einige Bauwerke wurden Ersatzsysteme definiert, um das Systemverhalten im Modell abbilden zu können.

Für die Modellkalibrierung wurde der Fließschemastand des Jahres 2007 verwendet. Für die Kalibrierung im Trockenwetterfall wurde aus den Messdaten am Mischwasserbauwerk R16 ein spezifischer Schmutzwasseranfall ermittelt und auf das gesamte Einzugsgebiet übertragen. Die Einzeleinleiter wurden aus den Messdaten kalibriert. Die Kalibrierung wurde an den Zulaufmessungen zur Kläranlage validiert.

Im Mischwasserfall konnte nur eine Teilkalibrierung des Systems für das Teileinzugsgebiet Jennersdorf für kleinere Ereignisse durchgeführt werden, da die Abflussmessung am R16 durch den maximalen Drosselabfluss limitiert ist. Eine Validierung erfolgte am Jahreszulauf zur Kläranlage.

10.4.4 ERGEBNISSE

Da in den Eingangsdaten und im Modell für den AWV Bezirk Jennersdorf eine Reihe von Unsicherheiten vorhanden war (Erhebung der Einzugsgebiete, Annahme einer einheitlichen Überregnung, teilweise unvollständige Bauwerksdaten, Modell nur teilweise kalibriert ...) konnte für den vorhandenen Wirkungsgrad der Weiterleitung nur eine Bandbreite abgeschätzt werden. Dafür wurden insgesamt 33 Systemvarianten – mit unterschiedlichen Bauwerksdaten, Regenreihen und Abflussbeiwerten – simuliert. Der maximale und minimale berechnete Wirkungsgrad der Weiterleitung aus den Varianten sowie der aus dem Basismodell errechnete Wirkungsgrad wurden verglichen. Dabei konnte gezeigt werden, dass im Abwasserverband Bezirk Jennersdorf im derzeitigen Ausbauzustand der erforderliche Mindestwirkungsgrad je nach Variante knapp nicht eingehalten oder bereits erreicht wird. Durch eine Verdichtung der Datengrundlagen der Grundlagen- sowie Messdaten sollen in Zukunft präzisere Aussagen über den tatsächlichen Wirkungsgrad möglich sein.

Die Detailuntersuchung einer Maßnahme am Mischwasserbauwerk R16 – Variation des maximalen Drosselabflusses – zeigt, dass durch eine Reduktion des Drosselabflusses der Wirkungsgrad im Gesamtsystem gesteigert, die in Summe emittierten Frachten reduziert werden können und eine bessere Aufteilung der Entlastungen an den betrachteten Bauwerken stattfindet.

10.5 Untersuchungsgebiet „Graz West“

10.5.1 ALLGEMEINE BESCHREIBUNG

Das untersuchte Einzugsgebiet „Graz West“ befindet sich im westlichen Teil der steirischen Landeshauptstadt Stadt Graz und erstreckt sich über 335 ha, von denen rund 120 ha befestigt sind. Das Einzugsgebiet wird im Mischsystem im freien Gefälle entwässert. Am Ende des Einzugsgebietes befindet sich ein Mischwasserüberlauf, der direkt in die Mur entlastet. Die Bevölkerungsdichte liegt bei rund 37 E/ha (insgesamt etwa 13 000 Einwohner). Das Einzugsgebiet „Graz West“ war bereits Gegenstand mehrerer Forschungsprojekte.

Im Projekt OPTIMISCH lag das Interesse für das Untersuchungsgebiet Graz West darin, an Hand eines „bestmöglich“ kalibrierten Modells die Auswirkungen auf den Wirkungsgrad der Weiterleitung bei Anwendung unterschiedlicher Regenserien, Parametervariationen, unterschiedlicher Modellkalibrierung und die Auswirkung von Mischwasserbewirtschaftungsmaßnahmen zu bestimmen und Sensitivitätsanalysen durchzuführen.

10.5.2 GRUNDLAGEN- UND MESSDATEN

Die Datenlage für das Einzugsgebiet „Graz West“ kann als hervorragend bezeichnet werden. Am Mischwasserüberlauf am Auslass des Einzugsgebiets werden seit 2002 hochauflösende Daten zu Abfluss (Zulauf- und Entlastungskanal) und Schmutzstoffkonzentrationen von einer Kanal-Online-Messstation kontinuierlichen aufgezeichnet. Weiters sind im Einzugsgebiet zwei Regenschreiber installiert. Detaillierte Grundlagendaten (Kataster, Kanalkataster, Orthofotos, Flächenwidmungsplan ...) wurden dankenswerterweise vom Kanalbauamt und dem Vermessungsamt der Stadt Graz zur Verfügung gestellt.

10.5.3 MODELLERSTELLUNG UND KALIBRIERUNG

Für das Einzugsgebiet Graz West war schon vor Projektstart ein detailliertes hydrologisches Modell vorhanden. Das in der Simulationssoftware SMUSI 5.0 erstellte Modell ist direkt an eine state-of-the-art Methodik der Auto-Kalibrierung basierend auf Evolutionären Strategien gekoppelt. Diese Voraussetzungen werden in der Praxis – zumindest in näherer Zukunft – nicht vorhanden sein. Das Modell wurde bereits in vorangegangenen Studien für den Trockenwetter- und den Mischwasserfall kalibriert. Im Rahmen des Projekts OPTIMISCH wurde eine erneute Kalibrierung mit der Zielrichtung einer bestmöglichen Abbildung des Langzeitverhaltens des Systems und des Mischwasserüberlaufs durchgeführt. Auf Grund der besonderen Geometrie des Überlaufs (gekrümmte Wehrschwelle, sehr kurze Rohrdrossel, Abflusslimitierung Richtung Entlastungskanal) konnte das reale Systemverhalten des Überlaufs nicht mit standardisierten Modellansätzen abgebildet werden, sodass eine getrennt Kalibrierung der Drosselkennlinie durchgeführt werden musste.

Für einige Sensitivitätsanalysen wurde ein fiktives Mischwasserüberlaufbecken am Auslass des Einzugsgebiets angeordnet. Dabei wurde die durch die Drossel weitergeleitete Menge am fiktiven Becken auf einen realistischen Kläranlagenzulauf eingestellt und die Beckengröße so gewählt, dass der Grad der Zielerreichung für das Basismodell etwa 70 % beträgt.

10.5.4 ERGEBNISSE

Neben den Sensitivitätsanalysen mit Variation des Trockenwetterabflusses, der Trockenwetterganglinie und des Kläranlagenzulaufs wurde die Auswirkungen der Anwendung unterschiedlicher Kalibrierungsperioden und Regenserien betrachtet, sowie Berechnungen nach dem ATV Arbeitsblatt A 128 für das Einzugsgebiet durchgeführt. Aus den Berechnungen nach A-128 konnte gezeigt werden, dass bei Anwendung dieses Arbeitsblattes die Verwendung tatsächlicher Messdaten von Schmutzstoffkonzentrationen nicht zielführend scheint. Weiters konnte gezeigt werden, dass der im ÖWAV RBI. 19 verwendete Ansatz der maßgeblichen Regenspende $r_{720,1}$ sinnvoll ist, und auch die Mindestanforderungen an die Kalibrierung aus dem Regelblatt eingehalten werden sollten.

10.6 Sensitivitätsanalysen

In der Sensitivitätsanalyse wurden die Auswirkungen der Variation einzelner Modellparameter und Maßnahmen auf den berechneten Grad der Zielerreichung untersucht und dargestellt. Nachdem das neue ÖWAV RBI. 19 (2007) flexible Lösungsansätze zur Erreichung des geforderten Mindestwirkungsgrades erlaubt, können daraus Rückschlüsse auf möglichst effektive und kostengünstige Maßnahmen zur Erhöhung des Wirkungsgrades gezogen werden. Zu beachten ist, dass die angegebenen Werte nur für das jeweilige Modell gelten. Für andere Modelle kann jedoch eine Tendenz und Größenordnung des Einflusses abgeleitet werden. Bei den **gelösten** Stoffen ergibt sich eine Änderung des Grades der Zielerreichung durch folgende Maßnahmen:

Tabelle 38: Zusammenfassung der Sensitivitätsanalysen

durch:	Erhöhung des Grades der Zielerreichung um		
	2 %-Punkte	5 %-Punkte	10 %-Punkte
Drosselabfluss	+3%	+6%	+15%
befestigte Fläche	-4%	-10%	-20%
Speichervolumen	+10%	+30%	+60%
TW-Abfluss	-50%	-	-
Fließzeit im Kanal	+50%	-	-
Muldenverlust	+60%	-	-
Benetzungsverlust	+240%	-	-
Bodenart	Löss⇒durchl.	-	-
Retention Transportstrecken	nein⇒ja	-	-
Niederschlagsstation	ändern	-	-
Auswahl N-Ereignisse	-	andere	-

Der Grad der Zielerreichung bei den **abfiltrierbaren** Stoffen reagiert weniger stark. Der Faktor ist vom geforderten Wirkungsgrad und vom Ausmaß der Absetzwirkung abhängig und liegt im Bereich von ca. 0,4 - 0,8 %. Die Maßnahmen der ersten Spalte erhöhen daher den Grad der Zielerreichung bei den abfiltrierbaren Stoffen um ca. **0,8-1,6 %-Punkte**.

10.7 Schlussfolgerungen

Die Verwendung von Modellen zur Bemessung von Mischwasserentlastungen bietet neben der Förderung des Systemverständnisses auch die Entwicklung und Realisierung vielfältiger Lösungen zur Reduktion von Mischwasserentlastung. Durch die Modellerstellung und Berechnung zeigen sich oft überraschende Details oder Problempunkte, die ohne Modell nicht erkannt worden wären. In den untersuchten Fällen konnte meist durch eine optimierte Bemessung eine Reduktion der erforderlichen Maßnahmen erreicht werden, die auch mit großen Kosteneinsparungen verbunden sind. Messkampagnen zur Gewinnung von Messdaten zur Kalibrierung der Simulationsmodelle ist integraler Bestandteil der neuen Methodik des ÖWAV Regelblattes 19 (2007), um die vorgegebenen Mindestwirkungsgrade der Weiterleitung durch Langzeitsimulation nachzuweisen. Die Durchführung von Messkampagnen ist jedoch eine anspruchsvolle Aufgabe, die sehr vielfältiges Know-how und Erfahrung erfordert.

Für die Projektdurchführung ergeben sich aus dem Forschungsprojekt folgende Empfehlungen:

- Bei der Erhebung der Grundlagendaten ist sehr sorgfältig vorzugehen. Auch sehr zuverlässig erscheinende Daten und Informationen sind zu hinterfragen vor Ort zu überprüfen.
- Spezielles Augenmerk ist auf Drossleinrichtungen zu richten. Die tatsächlichen Drosselabflüsse sind einerseits schwer festzustellen, haben aber andererseits sehr großen Einfluss auf das Ergebnis.
- Bei der Durchführung von Messkampagnen ist auf die richtige Auswahl der Messstellen und der Messgeräte großer Wert zu legen. Besonders zu Beginn der Messungen ist eine besonders intensive Überprüfung der Messungen und Daten erforderlich. Bei Bedarf ist das Messkonzept kurzfristig zu adaptieren.
- Die Datenverwaltung ist mit geeigneten Werkzeugen durchzuführen, da mit großen Mengen von sehr unterschiedlichen Daten zu rechnen ist.
- Die Daten sind so früh wie möglich ausgiebig zu analysieren und auf Plausibilität zu prüfen.
- Messkampagne, Modellerstellung und Kalibrierung sollten möglichst in einer Hand liegen.
- Für die Verbesserung und Optimierung von Mischwassersystemen haben die Drosselstellungen und die Flächendaten einen größeren Einfluss als die Beckenvolumina.

11 LITERATURVERZEICHNIS

- ATV (1992) *Arbeitsblatt ATV-A 128. Richtlinien zur Bemessung und Gestaltung von Regenentlastungsanlagen in Mischwasserkanälen*, GFA - Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e. V., Hennef.
- BMLUW (2005) *Innovative Messtechnik in der Wasserwirtschaft - Einsatz von Messstationen im Kanal, in der Kläranlage und im Gewässer - Endbericht*, p. 183.
- Deb, K. (2001) *Multi-Objective Optimization using Evolutionary Algorithms*, John Wiley & Sons, Chichester.
- Gamerith, V. (2008) *Application of multi-objective auto-calibration schemes in pollution load modelling based on high-resolution calibration data sets*, 11th International Conference on Urban Drainage, Edinburgh, Scotland
- Gruber, G., Winkler, S. und Pressl, A. (2005) *Continuous monitoring in sewer networks an approach for quantification of pollution loads from CSOs into surface water bodies. Water Science and Technology* 52(12), 215-223.
- Haring, P. (2004) *Modellierung von Entlastungsfrachten an einem Mischwasserüberlaufbauwerk am Beispiel Graz - West*. Diploma thesis, TU Graz, Graz.
- hydro-IT (2007) *NIEDA - Die Niederschlagsdatenbank für Österreich - Manual Version 1.0.65*, hydro IT, Innsbruck, Austria.
- itwh (2008) *KOSIM 7.2 - Modellbeschreibung*, Institut für technisch-wissenschaftliche Hydrologie, Hannover, Germany.
- Muschalla, D. (2006) *Evolutionäre multikriterielle Optimierung komplexer wasserwirtschaftlicher Systeme*, Technische Universität Darmstadt, Darmstadt.
- Muschalla, D., Ostrowski, M.W., Pereira, C. und Schneider, S. (2006) *Dokumentation des Schmutzfrachtmodells SMUSI Version 5.0*, Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft, Technische Universität Darmstadt, Darmstadt.
- Nash, J.E. und Sutcliffe, J.V. (1970) *River flow forecasting through conceptual models part I - A discussion of principles. Journal of Hydrology* 10(3), 282-290.
- OEWAV (1987) *ÖWAV - Regelblatt 19 - Richtlinien für die Bemessung und Gestaltung von Regenentlastungen in Mischwasserkanälen*, Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband, Vienna, Austria.
- OEWAV (2007a) *ÖWAV-Leitfaden - Niederschlagsdaten zur Anwendung der ÖWAV-Regelblätter 11 und 19*, Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband, Vienna, Austria.

- OEWAV (2007b) *ÖWAV - Regelblatt 19 - Richtlinien für die Bemessung von Mischwasserentlastungen*, p. 47, Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband, Vienna, Austria.
- Paulsen, O. (1987) *Kontinuierliche Simulation von Abflüssen und Stofffrachten in der Trenntwässerung*, Universität Hannover.
- Rauch, W. und de Toffol, S. (2006) *Der Einfluss der Regencharakteristik auf den Wirkungsgrad von Mischwasserbehandlungsanlagen*, Kanalmanagement 2006, Vienna, Austria
- Rauch, W. und Kinzel, H. (2007) *Manual KAREN Version 1.2*, hydro-IT GmbH, Innsbruck, Austria.
- Schneider, S. (2007) *Modellierung eines Mischwassernetzes auf der Grundlage von hoch aufgelösten Online-Messwerten und Auto-Kalibrierungsansätzen*, TU Darmstadt.
- US-SCS (1964) *National Engineering Handbook, Section 4, Hydrology*. U.S. Department of Agriculture, S.C.S. (ed), Washington, USA.
- US-SCS (1972) *SCS National Engineering Handbook, Section 4, Hydrology*. Soil Conservation Service, S.C.S. (ed), Washington, USA.
- Verworn, H.R. und Kenter, G. (1993) *Abflussbildungsansätze für die Niederschlags-Abfluß-Modellierung*. *Zeitschrift für Stadtentwässerung und Gewässerschutz* 24, 3-50.

12 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1:	Vorgänge an der Oberfläche und im Kanal (Muschalla, 2006).....	10
Abbildung 2:	Pareto optimale Lösungen bei zwei Zielfunktionen (Paretofront).....	15
Abbildung 3:	Übersichtskarte Donnerskirchen.....	17
Abbildung 4:	Fließschema Donnerskirchen.....	18
Abbildung 5:	Messpunkte Donnerskirchen.....	22
Abbildung 6:	Niederschlagsmessstation.....	23
Abbildung 7:	Mengenmessung NIVUS.....	24
Abbildung 8:	System Donnerskirchen - Ortsnetz.....	28
Abbildung 9:	System Donnerskirchen - Bereich Übernahmehauwerk.....	29
Abbildung 10:	Abflussmodell Donnerskirchen.....	30
Abbildung 11:	Flächenermittlung Donnerskirchen.....	31
Abbildung 12:	Übersichtskarte Ebreichsdorf.....	43
Abbildung 13:	Messpunkte Ebreichsdorf.....	48
Abbildung 14:	Mengenmessung Flo-Dar.....	51
Abbildung 15:	Mengenmessung FLEXIM.....	51
Abbildung 16:	Drucksonde SEBA Dipper.....	52
Abbildung 17:	System Ebreichsdorf.....	56
Abbildung 18:	Abflussmodell Ebreichsdorf – Bestand.....	57
Abbildung 19:	Flächenermittlung Ebreichsdorf – Orthofotokarte.....	58
Abbildung 20:	Übersichtskarte Abwasserverband Bezirk Jennersdorf.....	71
Abbildung 21:	Geographische Lage der Regenserien in NIEDA (OEWAV, 2007a) – Ausschnitt Burgenland.....	76
Abbildung 22:	Vergleich der Regenserien Bad Waltersdorf und Heiligenkreuz (2007).....	77
Abbildung 23:	Zulaufmessung Verbandskläranlage Jennersdorf – Ausgewählte Trockenwetterperiode Dezember 2007 – Zulauf Raab- und Lafnitzalsammler.....	79
Abbildung 24:	Gegenüberstellung der Niederschlagsdaten Bad Waltersdorf und der Tagessummen des Zulaufs der ARA Jennersdorf (2007).....	80
Abbildung 25:	Gegenüberstellung der Niederschlagsdaten Heiligenkreuz und der Tagessummen des Zulaufs der ARA Jennersdorf (2007).....	80
Abbildung 26:	Grafische Darstellung der Messdaten für den Einzeleinleiter Therme Loipersdorf.....	81
Abbildung 27:	Kalibrierter Trockenwetterabfluss am Mischwasserbauwerk R16.....	84
Abbildung 28:	Kalibrierung des Mischwasserabflusses am R16 – unterschiedliche Endabflussbeiwerte.....	86
Abbildung 29:	Lage des Einzugsgebiets „Graz West“ und schematische Darstellung des Kanalsystems.....	93
Abbildung 30:	Ausschnitt aus dem Einzugsgebiet „Graz West“ – Vorhandene Grundlagendaten (Quelle: Vermessungsamt und Kanalbauamt der Stadt Graz).....	95
Abbildung 31:	Konzeption und Ausstattung der Messstation Graz (BMLUW, 2005).....	96
Abbildung 32:	Mischwasserüberlaufkammer mit schwimmendem Ponton bei Trockenwetter- und Mischwasserabfluss.....	96

Abbildung 33:	Schematische Darstellung des Modells mit Einzugsgebieten und Hauptsammlern (Schneider, 2007)	98
Abbildung 34:	Schematische Darstellung des fiktiven Mischwasserüberlaufbeckens.....	98
Abbildung 35:	Gemessener und simulierter Trockenwetterabfluss nach Kalibrierung exemplarisch dargestellt für eine Periode im Dezember 2003.....	99
Abbildung 36:	Überlaufkennlinie (Juni bis Dezember 2003)	100
Abbildung 37:	Drosselkennlinie (Juni bis Dezember 2003).....	100
Abbildung 38:	Korrelation zwischen Mindestwirkungsgrad und berechnetem Wirkungsgrad für unterschiedliche Regenserien.....	103
Abbildung 39:	Variation der Trockenwetterganglinie (Untersuchungsgebiet Graz West).....	107
Abbildung 40:	Variation des Trockenwetterabflusses (Untersuchungsgebiet Graz West)	108
Abbildung 41:	Variation des Kläranlagenzulaufs (Untersuchungsgebiet Graz West).....	109
Abbildung 42:	Variation des Benetzungsverlustes (Untersuchungsgebiet Donnerskirchen).....	110
Abbildung 43:	Variation des Muldenverlustes (Untersuchungsgebiet Donnerskirchen).....	111
Abbildung 44:	Oberflächenabflussmodell - Verluste (itwh, HYSTEM, Modellansatz 1).....	111
Abbildung 45:	Variation des Anfangsabflussbeiwertes (Modell Donnerskirchen adaptiert)	112
Abbildung 46:	Variation der Bodenart bei durchlässigen Flächen (Modell Donnerskirchen adaptiert).....	113
Abbildung 47:	Variation des Endabflussbeiwertes bei befestigten Flächen (Modell Donnerskirchen adaptiert)	114
Abbildung 48:	Variation der Fließzeit an der Oberfläche (Modell Donnerskirchen adaptiert).....	115
Abbildung 49:	Variation der Fließzeit im Kanal (Modell Donnerskirchen adaptiert)	116
Abbildung 50:	Kalibrierung auf unterschiedliche Ereignisse (Untersuchungsgebiet Graz West)	118
Abbildung 51:	Variation Transportstrecken (Modell Donnerskirchen adaptiert)	119
Abbildung 52:	Variation Drosselabfluss gering (Modell Ebreichsdorf adaptiert).....	120
Abbildung 53:	Variation Drosselabfluss stark (Modell Ebreichsdorf adaptiert, keine Absetzwirkung)	120
Abbildung 54:	Variation Speichertyp (Modell Ebreichsdorf adaptiert)	121
Abbildung 55:	Variation Speichervolumen (Modell Ebreichsdorf adaptiert)	122
Abbildung 56:	Zuschlag zum Wirkungsgrad für $\eta_R=40\%$	124
Abbildung 57:	Zuschlag zum Wirkungsgrad für $\eta_R=60\%$	125
Abbildung 58:	Erforderlicher Sedimentationswirkungsgrad zur Erreichung eines Zuschlags von 15%.....	126
Abbildung 59:	Verhältnis der Sensitivität zwischen gelösten und abfiltrierbaren Stoffen.	127

13 TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Anforderungen an die Kalibrierung	14
Tabelle 2:	Niederschlagsereignisse Donnerskirchen	32
Tabelle 3:	Befestigungsgrade Donnerskirchen	32
Tabelle 4:	Weiterleitungswirkungsgrad Bestand Donnerskirchen	34
Tabelle 5:	Flächen Endausbau Donnerskirchen	35
Tabelle 6:	Simulationsergebnisse Donnerskirchen	36
Tabelle 7:	Simulationsergebnisse Immission Donnerskirchen	37
Tabelle 8:	Vergleichsberechnung ATV Donnerskirchen (Modelldaten).....	37
Tabelle 9:	Vergleichsberechnung ATV Donnerskirchen (Daten Vorläuferprojekte)	38
Tabelle 10:	Vergleichsberechnung nach dem alten ÖWWV Regelblatt 19 (1987) Donnerskirchen.....	39
Tabelle 11:	Zusammenstellung Ergebnisse Anpassungsprojekte	40
Tabelle 12:	Kläranlagenbelastung Ebreichsdorf März-Juni 2008.....	49
Tabelle 13:	Niederschlagsereignisse Ebreichsdorf	59
Tabelle 14:	Eingangsdaten Modell Ebreichsdorf – Plandaten	59
Tabelle 15:	Eingangsdaten Modell Ebreichsdorf	60
Tabelle 16:	Simulationsergebnisse Modell Ebreichsdorf - Bestand	62
Tabelle 17:	Eingangsdaten Modell Ebreichsdorf - Endausbau	63
Tabelle 18:	Simulationsergebnisse Modell Ebreichsdorf - Endausbau	64
Tabelle 19:	Übersicht Simulationsergebnisse Ebreichsdorf.....	65
Tabelle 20:	Mindestwirkungsgrad der Weiterleitung nach ÖWAV RBI. 19 (AWV Bezirk Jennersdorf)	73
Tabelle 21:	Erhöhung des Mindestwirkungsgrads der Weiterleitung auf Grund angeschlossener Trenngebiete (AWV Bezirk Jennersdorf).....	74
Tabelle 22:	Verfügbare Niederschlagsdaten für Kalibrierung und Simulation.....	77
Tabelle 23:	Aufbereitete Messdaten für ausgewählte Messstationen (Fa. DataView)	78
Tabelle 24:	Trockenwetterzulauf Verbandskläranlage Jennersdorf - ausgewertete Perioden	79
Tabelle 25:	Validierung der Trockenwetterkalibrierung am durchschnittlichen Kläranlagenzulauf (Tagessummenwerte)	85
Tabelle 26:	Auswirkung der Variation unterschiedlicher Parameter auf den Wirkungsgrad der Weiterleitung.....	88
Tabelle 27:	Abgeschätzte Bandbreite des Wirkungsgrads der Weiterleitung	89
Tabelle 28:	Auswirkungen auf den Wirkungsgrad der Weiterleitung bei Änderung des Drosselabflusses beim Mischwasserbauwerk R16	90
Tabelle 29:	Vergleich der Entlastungsparameter bei den Bauwerken R16 und R27 bei unterschiedlichen Drosseleinstellungen am Bauwerk R16	91
Tabelle 30:	Maßgebliche Regenspende $r_{720,1}$ und berechneter Mindestwirkungsgrad der Weiterleitung für verschiedene Rasterflächen in Graz.	94
Tabelle 31:	Abweichungen zwischen Messdaten und Modellergebnis für den gewählten optimierten Parametersatz.....	101

Tabelle 32:	Berechnete Wirkungsgrade und Grad der Zielerreichung für unterschiedliche Regenserien.....	102
Tabelle 33:	Mittelwert, Median und Standardabweichung der berechneten Grade der Zielerreichung.....	103
Tabelle 34:	Vergleich der Berechnungsergebnisse nach ATV-A 128 (1992).....	104
Tabelle 35:	Gewählte Kalibrierungsperioden und Ereignisse.	117
Tabelle 36:	Berechnungsergebnisse Sensitivitätsanalyse Speichervolumen	122
Tabelle 37:	Erforderliche Arbeitsschritte	132
Tabelle 38:	Zusammenfassung der Sensitivitätsanalysen.....	142

14 INHALT ANHANG

Nr *Inhalt*

1. Übersicht Messstellen Donnerskirchen
2. Summenlinien Niederschlag Donnerskirchen
3. Ganglinien Messdaten Donnerskirchen
4. Ganglinien Kalibrierung Donnerskirchen
5. Simulationsergebnisse Rechenläufe Donnerskirchen
6. Übersicht Messstellen Ebreichsdorf
7. Summenlinien Niederschlag Ebreichsdorf
8. Ganglinien Messdaten Ebreichsdorf
9. Ganglinien Kalibrierung Ebreichsdorf
10. Simulationsergebnisse Rechenläufe Ebreichsdorf
11. Fließschema Raabtal
12. Fließschema Lafnitztal
13. Messstationen Jennersdorf (Fa. DataView)
14. Einzugsgebiete und Zusammenfassung Jennersdorf im KOSIM Modell
15. Systemgrafik Raabtal (KOSIM)
16. Systemgrafik Lafnitztal (KOSIM)
17. Varianten zur Abschätzung einer Bandbreite des Wirkungsgrads der Weiterleitung – Berechnungsergebnisse
18. Bandbreite des berechneten Wirkungsgrads der Weiterleitung
19. Systemgrafik „Graz West“
20. Kalibrierung des Mischwasserüberlaufs
21. Übersicht über Simulationen zur Sensitivitätsanalyse
22. Berechnung nach ATV-A 128