



Methodische Vorgehensweise zur teilautomatisierten Erstellung eines hydrodynamischen Kanalnetzmodells als Grundlage für die hydraulische Zustandsbewertung

Masterarbeit
zur Erlangung des akademischen Grades
Diplomingenieur

eingereicht von:
PÖCHHACKER, FELIX

Betreuer: Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Ertl, Thomas

Mitbetreuer: Dipl.-Ing. Dr. Kretschmer, Florian

Vorwort

Diese Arbeit wurde am Institut für Siedlungswasserbau, Industrieressourcenmanagement und Gewässerschutz an der Universität für Bodenkultur Wien unter der Leitung von Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Thomas Ertl durchgeführt.

Dieser stand gegenständlicher Arbeit auch als Betreuer zur Verfügung, weshalb ich ihm meinen besonderen Dank ausspreche. Er war es auch, welcher in seinen Vorlesungen mein Interesse und meine Begeisterung für die Siedlungswasserwirtschaft weckte, in welcher ich mittlerweile auch beruflich tätig bin.

Weiteres danke ich besonders Dipl.-Ing. Dr. Florian Kretschmer, welcher mich mit Rat und Tat während der gesamten Masterarbeit begleitet hat. Richtungsweisende Einflüsse und wertvolle Expertise seinerseits haben maßgebend zum Gedeihen der vorliegenden Arbeit geführt.

Dank gebührt auch dem Reinhaltverband Mühlthal unter der Leitung von GF Klaus Pfleger, welcher mir schon 2015 in Form eines Praktikums die Möglichkeit gab, anhand eines Projektgebietes mit der Thematik hydrodynamischer Modellierung Erfahrungen zu machen. Aus diesem Projekt heraus entstand auch diese Masterarbeit, weshalb ich für die Unterstützung und das entgegengebrachte Vertrauen danke.

Nicht unerwähnt bleiben soll auch das uneingeschränkte Verständnis meines Arbeitgebers Dipl.-Ing. Kurt Pfeiller, welcher mir auch kurzfristige Termine für Zwecke der Diplomarbeit umstandslos wahrzunehmen ermöglichte.

An dieser Stelle gilt es auch meinen Eltern zu danken, welche mir neben der Geborgen- und Sicherheit eines Zuhauses stets die notwendige Unterstützung zum Erreichen meiner Ziele gegeben haben. Sie haben maßgeblich mein Interesse an der Natur und deren Geheimnisse geweckt, was sich später als wesentlich bei der Wahl meines Studiums erwies.

Ebenso sei meinen Studienkollegen, allen voran Matthias Kienböck, Doris Wimmer und Claudia Schnablehner gedankt, welche mich bei Teilen der praktischen Erhebungen dieser Arbeit unterstützt haben. Die entstandenen Freundschaften und die damit verbundene, gegenseitige Hilfe und Motivation gehören zu den Hauptgründen für das Bestehen der fordernden Studienzeit und mögen noch lange darüber hinaus weiterbestehen.

Vor Allem aber möchte ich den wichtigsten beiden Menschen meines Lebens danken, meiner geliebten Lebensgefährtin Manuela, welche mich seit Beginn des Studiums stets motiviert, unterstützt und mich in meinem Weg bestätigt hat, und unserer Tochter Marlene, welche seit nun mehr zwei Jahren unser Leben bereichert und vor Allem in der Endphase dieser Masterarbeit für ausreichend Aufmunterung und Kraft auf der Zielgerade gesorgt hat.

„Glaube denen, die die Wahrheit suchen, und zweifle an denen, die sie gefunden haben.“

André Gide

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	1
2. Zielsetzung und Aufgabenstellung.....	3
3. Allgemeine Grundlagen.....	5
3.1 Technische Grundlagen des Kanalbetriebs	5
3.1.1 ÖWAV Regelblatt 11	5
3.1.2 ÖWAV Regelblatt 19	7
3.1.3 ÖWAV Regelblatt 22	8
3.1.4 ÖWAV Regelblatt 40	10
3.1.5 GIS - Geoinformationssysteme	13
3.1.6 Hydrodynamische N-A-Modellsoftware	15
3.1.7 Schnittstellen zwischen verschiedener Software	17
3.2 Grundlagen der Modellierung	19
3.2.1 Allgemeines zu Modellen.....	19
3.2.2 Modellbildung/Modellierung allgemein	20
3.2.3 Modellierung in der Siedlungswasserwirtschaft	21
3.2.4 Prozesse der Abwassertechnik	23
3.2.5 Prozesse der Siedlungsentwässerung	25
3.2.5.1 Niederschlag / Hydrologie	26
3.2.5.2 Abflussbildung	29
3.2.5.3 Abflusskonzentration	30
3.2.5.4 Abflusstransport.....	31
3.2.6 Niederschlag-Abfluss-Modelle.....	32
3.2.6.1 Hydrologische Modelle	32
3.2.6.2 Hydrodynamische Modelle	33
3.2.6.3 Vergleich hydrologischer und hydrodynamischer Modelle	35
3.2.7 Grundsätze der Modellierung von Entwässerungssystemen	37
3.2.7.1 Räumliche Auflösung.....	37
3.2.7.2 Zeitliche Auflösung	40
3.3 Grundlagen des Datenmanagements	43
3.3.1 Datenmanagement	43
3.3.1.1 Daten - Bedarfserhebung	43
3.3.1.2 Datenerhebung bzw. -sammlung.....	46
3.3.1.3 Datenprüfung	54
3.3.1.4 Datenaufbereitung / -korrektur.....	55
3.3.1.5 Datenverwendung.....	55
3.3.1.6 Datenpflege	55
3.3.2 Datenmanagement im Kanalbetrieb.....	56
3.3.3 Datenmanagement in der hydrodynamischen Modellierung	58
3.3.4 Allgemeines zu Datenbanken.....	59
3.3.4.1 Relationale Datenbankmanagementsysteme.....	60
3.3.4.2 SQL – Structured Query Language	62
3.4 Kombinierte Nachweisführung – „DATMOD-Ansatz“	63
4. Material und Methoden.....	66
4.1 Fallstudie.....	66
4.2 Ablaufschema einer (teil-)automatisierten Modellierung	66
4.2.1 Identifikation wesentlicher Prozessschritte.....	67
4.2.2 Darstellung des Ablaufschemas und der Interaktionen zwischen den Prozessschritten ...	67
4.3 Schwierigkeiten der teilautomatisierten Erstellung eines hydrodynamischen Kanalnetzmodells	68
4.3.1 Allgemeine Problemstellungen im Vorfeld der Modellierungsaufgabe.....	68
4.3.2 Recherche und Auswahl geeigneter Software	68
4.3.3 Schwierigkeiten bei der Datenerhebung	70
4.3.3.1 Erhebung Teilflächen.....	70
4.3.3.2 Erhebung Teilflächenanschlüsse.....	70

4.3.4	Probleme und Schwierigkeiten bei der Datenprüfung /-aufbereitung.....	71
4.3.4.1	Allgemeine Prüfungen	71
4.3.4.2	Fehleranalyse betreffend die teilautomatisierte Modellerstellung	71
4.3.4.3	Erstellung Modellregen	72
4.3.4.4	Zuteilung der Flächen auf Systemknoten.....	72
5.	Ergebnisse und Diskussion	73
5.1	Ablaufschema	73
5.1.1	Identifikation der Prozessschritte.....	73
5.1.2	Darstellung eines Ablaufschemas und der Interaktionen zwischen den Prozessschritten	75
5.2	Schwierigkeiten der teilautomatisierten Erstellung eines hydrodynamischen Kanalnetzmodells	77
5.2.1	Allgemeine Problemstellungen im Vorfeld einer Modellierungsaufgabe	77
5.2.1.1	Allgemeine Voraussetzungen für eine hydrodynamische Kanalnetzmodellierung	77
5.2.1.2	Zusammenfassung allgemeiner Problemstellungen	80
5.2.2	Auswahl geeigneter Software.....	81
5.2.2.1	EPA SWMM (Storm Water Management Model)	83
5.2.2.2	GISWATER.....	84
5.2.2.3	inp.Pins	86
5.2.2.4	Vergleichende Zusammenfassung der ausgewählten Software	88
5.2.3	Schwierigkeiten bei der Datenerhebung	89
5.2.3.1	Teilflächenerhebung	89
5.2.3.2	Teilflächenanschlusserhebung Vor-Ort	92
5.2.4	Schwierigkeiten bei der Datenprüfung /-aufbereitung	104
5.2.4.1	Allgemeine Prüfungen / Plausibilitätsprüfungen.....	104
5.2.4.2	Fehleranalyse betreffend modellierungsspezifischer Fehler	114
5.2.4.3	Automatisierte Erstellung von Modellregen.....	120
5.2.4.4	Zuteilung der Flächen auf Systemknoten (Schächte)	125
6.	Interpretation.....	133
7.	Schlussfolgerungen und Ausblick.....	135
8.	Zusammenfassung	136
9.	Literaturverzeichnis.....	138
10.	Abbildungsverzeichnis.....	141
11.	Tabellenverzeichnis.....	144
12.	Anhang	146
12.1	Giswater Quick Start Tutorial.....	146
13.	Lebenslauf.....	148

Kurzfassung

Die Siedlungsentwässerung ist einem stetigen Wandel unterworfen. Viele historisch gewachsene Kanalisationsanlagen müssen daher saniert, erweitert, neu dimensioniert oder umstrukturiert werden. Dies erfordert genaue und umfassende Planung, welche auf Grundlage des umweltrelevanten, hydraulischen und baulichen Zustandes des Entwässerungssystems durchgeführt werden soll.

Für die hydraulische Zustandsbewertung stehen neben der notwendigen Software zur Modellierung nun auch vermehrt Kanalinformationssysteme (KIS) zur Verfügung, welche die erforderlichen, leitungsbezogenen Daten bereitstellen. Diese, zusammen mit via GIS-Software erhobenen Teilflächendaten, können bei ausreichender Qualität und gegebener Vollständigkeit effizient und „teilautomatisiert“ in ein simulationsfähiges Modell überführt werden.

Dazu bedarf es eines umfassenden Datenmanagements, angepasster Software-Lösungen, ausreichender Rechenleistung und grundlegender Kenntnisse der Prozesse der Siedlungswasserwirtschaft sowie der Modellierung.

Erfahrungen, konkrete Durchführungsempfehlungen und Auslegungshinweise in dokumentierter Form fehlen auf dem Gebiet teilautomatisierter Niederschlag-Abfluss-Modellerstellungen weitreichend, sodass es viele Hürden für die praktische Anwendung dieser Technik gibt, welche mit dieser wissenschaftlichen Befassung ein wenig reduziert werden sollen.

Hydrodynamische Modellierungen der Siedlungsentwässerung sind nichts Neues - neu jedoch mag der hohe Grad der Oberflächenabstraktion sein, die Verfügbarkeit großer Bestände leitungsbezogener Daten und die Art der Überführung all dieser Daten in ein simulationsfähiges Modell – bei gleichzeitigem Anstreben möglichst großer Automatisierung, Zeitersparnis und Kosteneffizienz.

Abstract

Urban drainage is under continuous change. Because of that, a lot of the historical-grown sewer systems need to be rehabilitated, enlarged or to be restructured. This requires detailed and comprehensive planning, which has to be based on the environmental, hydraulic and structural state of the system.

For a short time are digital sewer registers frequently available, which supply the needed pipeline-data for purposes of the assessment of the hydraulic states of sewers. Via GIS-software is it possible to collect area-data on high spatial resolution, which enables together with new developments of modelling-software-solutions the partial-automatized generation of hydrodynamic sewer models. If the data is complete and of sufficient quality, partial model generation can be done very efficiently.

This requires comprehensive data management, suitable software-solutions, enough computing power and fundamental knowledge in civil engineering processes as well as modelling.

The fact of an unsatisfying number of documented experiences, execution-recommendations and design-tips is meaning obstacles for practical executions of this technique. This study should raise the amount of useful documentations and should facilitate the access into the topic.

Hydrodynamic modelling in urban drainage is not new, although, the higher abstraction of area-data, the availability of big sewer-data stocks and the type of model-generation, is. Furthermore is the ambition to design these steps and processes in a way, so that they can provide a maximum auf automatisierung, timesaving and cost efficiency.

1. Einleitung

Siedlungsausbau als auch Starkregenereignisse lassen Entwässerungssysteme an die Grenzen ihrer Leistungsfähigkeit gelangen. Neben den Gefahren und Schädwirkungen, welche bei Überstau und Überflutung von Kanalisationsanlagen ausgehen können, sind auch die negativen Auswirkungen auf die Gewässerökologie im Entlastungs- oder Überflutungsfall relevant. Die Akteure der Siedlungswasserwirtschaft stehen vor der Herausforderung, Mensch, Tier, Sachgegenstand und Umwelt zu verhältnismäßigen Kosten zu schützen.

Neben der hydraulischen Überbelastung von Kanalsystemen tritt oft gleichzeitig der Umstand auf, dass Haltungen und Abschnitte der Infrastruktur einen sanierungsbedürftigen Zustand erreicht haben. In solchen Fällen kann man von „doppeltem Handlungsbedarf“ sprechen, was die Notwendigkeit gründlicher Planung unterstreicht und gleichzeitig begünstigt, da zwei Probleme zusammen gelöst werden können. Das unterstreichen auch LEIMGRUBER et al. (2015): Die Sanierungs- und Anpassungsplanung von Kanalisationssystemen würde in Zukunft gegenüber dem Bau neuer Anlagen immer mehr an Bedeutung gewinnen. Dabei seien die hydraulische sowie umweltrelevante Zustandsbeurteilung zwei der kritischsten Funktionalanforderungen.

Als Grundlage solcher Maßnahmen bedarf es der hydraulischen Zustandserfassung und -bewertung. Das Zeitbeiwertverfahren stößt hier mit seinen verhältnismäßig einfachen Berechnungsansätzen bei zunehmender Komplexität und Größe des Kanalnetzes an seine methodischen Grenzen. Hydrodynamische Modelle ermöglichen die Berechnung der Hydraulik im System in einem hohen Auflösungsgrad. Die Grundlage dazu bildet das Gleichungssystem von de Saint Venant, mit dem es möglich ist Reibung, Rückstaueffekte, Trägheit und Beschleunigung im Fließvorgang zu berechnen. Mit Hilfe dieser Berechnungen kann das hydraulische Verhalten im System simuliert und Erkenntnisse darüber gewonnen werden. Diese stellen die Basis für Anpassungs- und Erweiterungsplanungen dar.

Diese Masterarbeit ist auf Grundlage des Leitfadens DATMOD von 2015 eine dokumentierte Umsetzung mit Fokus auf bestehende Problembereiche des konkreten Arbeitsablaufes bei der teilautomatisierten Erstellung. Sie soll anderen Akteuren in der Siedlungswasserwirtschaft als Hilfe dienen und die praktische Umsetzung eines Modellierungsprozesses erleichtern.

Die verfügbaren Literaturquellen halten sich bezüglich der konkreten Umsetzung des Datenmanagements sowie der Modellerstellung jedoch meist recht vage, weshalb in der praktischen Umsetzung viele auftauchende Fragestellungen nicht ausreichend beantwortet werden können. Dieser Umstand liegt meist darin begründet, dass die unterschiedlichen Softwareprodukte verschiedenste Arten der Umsetzung anbieten. Fachkundige Literatur für konkrete Fragestellungen sind daher meist nur in Kombination mit entsprechender kostenpflichtiger Software erhältlich.

Die stetige Weiterentwicklung von Software ermöglicht es, Modellierungssoftware mit anderen Datenverarbeitungsprogrammen zu kombinieren. Diese Synergien schaffen unter der Voraussetzung eines Datenmanagements die Möglichkeit, Planung, Betrieb und Erhaltung von Abwasserbeseitigungsanlagen effizient und technisch ausgereift zu gestalten.

Um diese Möglichkeiten nutzen zu können, müssen Arbeitsabläufe optimiert vonstattengehen. Die Erläuterungen und Erkenntnisse dieser Masterarbeit sollen dies ermöglichen und die Qualität und Genauigkeit der Modelle erhöhen, bei gleichzeitiger Reduzierung des Aufwandes bei deren Erstellung. Entsprechend wurden die Ziele der Arbeit gesetzt.

2. Zielsetzung und Aufgabenstellung

Die gesetzten Ziele richten sich besonders hinsichtlich Dokumentationslücken verfügbarer Literatur zum Thema hydrodynamischer Kanalmodellierungen.

Zielsetzung:

- Erstellung eines Ablaufschemas für teilautomatisierte Erstellungen von hydrodynamischen Kanalnetzmodellen samt Datenmanagement in Anlehnung an den DATMOD-Leitfaden
- Aufzeigen von Schwierigkeiten bei den Arbeitsschritten des Datenmanagements und der Modellerstellung basierend auf praktischen Erfahrungen aus einer konkreten Modellerstellung in einer Fallstudie, sowie das Formulieren von Lösungsvorschlägen für selbige

Aufgabenstellungen:

- Erstellung eines Schemas des Prozessablaufes einer teilautomatisierten Erstellung eines hydrodynamischen Niederschlag-Abfluss-Modells
 - Identifikation der wesentlichen Prozessschritte
 - Darstellung eines Ablaufschemas und der Interaktionen zwischen den Prozessschritten
- Erkennen und Erörtern von Schwierigkeiten bei der teilautomatisierten Modellerstellung und dem Datenmanagement samt Lösungsansätzen hinsichtlich
 - allgemeiner Problemstellungen im Vorfeld einer Modellierungsaufgabe
 - Recherche und Auswahl geeigneter Software nach den Kriterien Lizenzfreiheit, Gis-Integration und Fähigkeit zur teilautomatisierten Modellerstellung für hydrodynamische Simulationen
 - Erhebung der erforderlichen Daten auf teilflächendifferenzierter Ebene, nach Vorgabe des Leitfadens „DATMOD“
 - Datenprüfung und –aufbereitung für die Modellerstellung und Simulation
 - konkreter Fehlerquellen bei der teilautomatisierten Modellerstellung

3. Allgemeine Grundlagen

3.1 Technische Grundlagen des Kanalbetriebs

3.1.1 ÖWAV Regelblatt 11

Das Regelblatt des Österreichischen Wasser- und Abfallwirtschaftsverbandes (kurz ÖWAV) mit der Nummer 11 gibt „Richtlinien für die abwassertechnische Berechnung und Dimensionierung von Abwasserkanälen“ vor. Es beschäftigt sich vor Allem mit der Funktionalanforderung „Schutz vor Überflutung“, was eine Behandlung des Themas Modellierung unumgänglich macht.

Der Anwendungsbereich im Regelblatt wird wie folgt beschrieben: *„Das vorliegende Regelblatt befasst sich mit der hydraulischen Berechnung von Schmutzwasser-, Regenwasser- und Mischwasserkanälen, welche hauptsächlich als Freispiegelsysteme betrieben werden, und daher nur fallweise - z. B. bei Starkregenereignissen - unter Druck gehen.“*

Es gilt für die hydraulische Berechnung von Kanälen von dem Punkt an, wo das Abwasser das Gebäude bzw. die Dachentwässerung verlässt oder in einen Straßenablauf fließt, bis zu dem Punkt, wo das Abwasser in eine Behandlungsanlage oder einen Vorfluter eingeleitet wird.

Es regelt

- *Eingangsrößen,*
- *Berechnungsmethoden und*
- *Ziel- und Nachweisgrößen*

für

- *Trockenwetterabfluss,*
- *Regenabfluss und*
- *Mischwasserabfluss.“ ÖWAV RB 11 (2009)*

Daneben gibt es viele grundlegende Auskünfte und Informationen über die Berechnung der hydraulischen Leistungsfähigkeit von Entwässerungssystemen wieder, weshalb in dieser Masterarbeit viele Passagen und Zitate aus dem Regelblatt 11 zitiert werden.

Besonders hervorzuheben sind die angeführten Empfehlungen zu den Nachweisführungen bei hydrodynamischen Verfahren. Während sich die Bemessung bei „einfachen Bemessungsverfahren“, wie dem Fließzeitverfahren, auf die Wahrscheinlichkeit der Überschreitung von ermittelten Maximalabflüssen im Kanal bezieht, wird bei hydrodynamisch gerechneten Nachweisen das Auftreten von Überstau- und Überflutungsereignissen als Kriterium verwendet:

Überstau: In der DWA-A 118 (2006) wird ein Überstau als *„Belastungszustand der Kanalisation, bei dem der Wasserstand ein definiertes Bezugsniveau überschreitet.“* definiert.

Unter diesem Bezugsniveau wird normalerweise die Höhe des Schachtdeckels verstanden, was bedeutet, dass sich bei einem Überstau Wasser, welches vom Kanalstrang wegen Überlastung nicht mehr weitergeführt werden kann ($Q_{\text{vorh}} > Q_{\text{max,Haltung}}$), im oberliegenden Schacht anstaut und bis über den Schachtdeckel steigt (=überstaut). Die sogenannte Rückstauenebene liegt somit über dem Gelände = Überflutung. Dabei wird aber außer Acht gelassen, ob das austretende Wasser Schäden verursacht, oder abfließt, ohne jeglichen Schäden zu verursachen.

Ein „Einstau“ hingegen beschreibt das Anstauen von Wasser im Schacht ohne, dass es über den Schachtdeckel steigt.

Überflutung: Eine Überflutung bezeichnet im Gegensatz zum Überstau einen Zustand, bei dem Schmutzwasser und/oder Niederschlagswasser aus einem Entwässerungssystem entweichen oder nicht in dieses eintreten können und entweder auf der Oberfläche verbleiben oder in Gebäude eindringen. DWA-A 118 (2006) bzw. ÖNORM EN 752 (2017)

Im DWA-A 118 wird der Begriff Überflutung mit auftretenden Schädigungen bzw. einer Funktionsstörung (z. B. bei Unterführungen) in Verbindung gebracht.

In der Ingenieurpraxis wird vereinfacht dann von Überflutung gesprochen, wenn bei einem überstauten Schacht Wasser beginnt, über den Schachtdeckel auszutreten und in weiterer Folge einen Schaden verursacht.

Zu den hydraulischen Nachweisführungen wird das Eintreten dieser definierten Ereignisse als Zielgröße verwendet.

Tabelle 3-1: empfohlene Überstauhäufigkeiten für den rechnerischen Nachweis bei Neuplanungen bzw. nach Sanierungen DWA-A 118 (2006)

Ort	Überstauhäufigkeiten bei Neuplanungen bzw. nach Sanierungen	
	Wiederkehrzeit (1 Mal in „n“ Jahren)	Wahrscheinlichkeit für eine Überschreitung in 1 Jahr
Ländliche Gebiete	1 in 2	50 %
Wohngebiete	1 in 3	33 %
Stadtzentren, Industrie- und Gewerbegebiete	1 in 5	20 %
Unterirdische Verkehrsanlagen, Unterführungen	1 in 10 ¹⁾	10 %

¹⁾ Bei Unterführungen ist zu beachten, dass bei Überstau über Gelände i. d. R. unmittelbar eine Überflutung einhergeht, sofern nicht besondere örtliche Sicherungsmaßnahmen bestehen. Hier entsprechen sich Überstau- und Überflutungshäufigkeit mit dem in Tabelle 7–3 genannten Wert „1 in 50“!

In der Spalte ganz links der Tabelle 3-1 wird auf die örtlichen Gegebenheiten Rücksicht genommen. Daraus geht auch hervor, dass für Orte mit höherem Schadenspotenzial auch höhere Wiederkehrzeiten als Zielgröße empfohlen werden. Allgemein sind die angeführten Werte als Empfehlungen zu verstehen, zuständige Stellen wie beispielsweise die Wasserrechtsbehörde, können andere Vorgaben zur Einhaltung wählen.

Da ein Überstau alleine noch keine Schadwirkung zur Folge hat, werden auch Zielgrößen für die Überflutung beschrieben:

Tabelle 3-2: Empfohlene Überflutungshäufigkeiten bei komplexen Bemessungsverfahren nach ÖNORM EN 752 (2017)

Ort	Überflutungshäufigkeiten	
	Wiederkehrzeit (1 Mal in „n“ Jahren)	Wahrscheinlichkeit für eine Überschreitung in 1 Jahr
Ländliche Gebiete	1 in 10	10 %
Wohngebiete	1 in 20	5 %
Stadtzentren, Industrie- und Gewerbegebiete	1 in 30	3 %
Unterirdische Verkehrsanlagen, Unterführungen	1 in 50	2 %

Wie bei Vergleich der beiden Tabellen ersichtlich wird, wird für ein Auftreten einer Überflutung ein geringeres Maß an Toleranz gegeben. Da die modelltechnische Nachbildung von Überflutungen aufgrund des Bedarfes von genauen Informationen über das Gelände sehr aufwändig ist, wird meist aber nur eine Einstauanalyse oder der Überstaunachweis vorgenommen.

3.1.2 ÖWAV Regelblatt 19

Das Regelblatt des Österreichischen Wasser- und Abfallwirtschaftsverbandes (kurz ÖWAV) mit der Nummer 19 aus dem Jahr 2007 gibt „Richtlinien für die Bemessung von Mischwasserentlastungen“ vor. Hier wird vor allem der Schutz von Gewässern vor negativen Einflüssen, welche von Mischwasserkanalisationen im Entlastungsfall ausgehen können, behandelt.

Da dieser Schutz zu vertretbaren Kosten nicht uneingeschränkt erreicht werden kann, gibt das Regelblatt Mindestanforderungen an Mischwasserkanalisationen vor, welche zumindest ein gewisses Minimum an Schutz gewährleisten sollen. Diese Anforderungen sind in Form von Mindestwirkungsgraden angegeben. Die in der Mischkanalisation abfließenden Schmutzfrachten müssen dabei zu einem definierten Mindestprozentsatz die Abwasserreinigungsanlage erreichen. Als Bemessungszeitraum ist dabei das langjährige Mittel gefordert. Es wird unterschieden in % der Weiterleitung von gelösten Stoffen:

Tabelle 3-3: Mindestwirkungsgrade η der Weiterleitung gelöster Stoffe in % der im gesamten Einzugsgebiet der Mischkanalisation im Regenwetterfall abfließenden Schmutzfrachten, ÖWAV RB 19 (2007)

Mindestwirkungsgrad [%] für gelöste Stoffe	Bemessungsgröße der Kläranlage (EW), zu der die Mischkanalisation entwässert	
	maßgeblicher Regen	
	≤ 5.000	≥ 50.000
$r_{720,1} \leq 30 \text{ mm}/12\text{h}$	50	60
$r_{720,1} \geq 50 \text{ mm}/12\text{h}$	40	50
Zwischenwerte sind linear zu interpolieren		

Und abfiltrierbaren Stoffen:

Tabelle 3-4: Mindestwirkungsgrade η der Weiterleitung abfiltrierbarer Stoffe in % der im ges. Einzugsgebiet der Mischkanalisation im Regenwetterfall abfließenden Schmutzfrachten ÖWAV RB 19 (2007)

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

„Diese Mindestwirkungsgrade der Weiterleitung gelten nicht für einzelne Entlastungsbauwerke, sondern für das gesamte Einzugsgebiet einer Mischkanalisation, unabhängig davon, ob die Emissionen in einen oder mehrere Vorfluter geleitet werden.“ ÖWAV RB 19 (2007)

Die Berechnungen seien mit mehrjährigen Niederschlagsreihen durchzuführen – in der Regel sei eine hydrologische Langzeit-Simulation der Abflussvorgänge auf der Oberfläche und im Kanalnetz ein geeignetes und anerkanntes Berechnungsverfahren, so ÖWAV RB 19 (2007).

Dies unterstreicht auch die bessere Eignung hydrologischer Modelle gegenüber hydrodynamischen Modellen für Betrachtungen der Mindestwirkungsgrade der Weiterleitung. Die Berechnung mittels hydrodynamischen Ansatz ist hier zwar möglich, würde wahrscheinlich auch zu ähnlichen Ergebnissen führen, jedoch unter deutlich höherem Aufwand und Rechenzeit. Das begründet sich in der deutlich höheren Detailliertheit der Berechnung an sich, aber auch in der höheren Detailliertheit des modellierten Kanalisationssystems.

Aus diesem Grund wird in dieser Arbeit, welche den Fokus auf hydrodynamische Modelle legt, nicht weiter auf Nachweise der Mindestweiterleitung eingegangen.

3.1.3 ÖWAV Regelblatt 22

Das Regelblatt Nummer 22 trägt den Titel „Betrieb von Kanalisationsanlagen“. Es befasst sich neben den Grundlagen des Kanalbetriebs auch mit den Themen Wartung und Zustandserfassung von Kanalanlagen. Besonders letzteres ist in Zusammenhang mit Kanalsystemmodellierungen von größerer Relevanz, da die Zustandserfassung eine einheitliche Darstellungsform der Ergebnisse der hydraulischen Berechnungen regelt.

Allgemein werden die Untersuchungen der Zustandserfassung unterschieden in:

- hydraulische,
- umweltrelevante,
- bauliche und
- betriebliche

Untersuchungen ÖNORM EN 752 (2008; zit. bei ÖWAV RB 22 (2015))

Das Regelblatt 22 verweist in seinem Kapitel „Zweck und Durchführung der Untersuchungen“ auf die Aufgabe der hydraulischen Untersuchung: „die Beschreibung des bestehenden Kanalnetzes hinsichtlich des hydraulischen Verhaltens der Abflüsse“ ÖWAV RB 22 (2015).

Weiteres führt es an, dass in manchen Fällen eine Abflusssimulation notwendig sei, um ein Verständnis für das hydraulische Verhalten eines Entwässerungssystems zu erlangen. Ein derartiges Modell müsse auf Grundlage aktueller Stammdaten erstellt werden. „Die daraus resultierende hydraulische Zustandsklasse definiert den Handlungsbedarf für weitere Maßnahmen“ ÖWAV RB 22 (2015).

Die Unterteilung der Zustandsklassen erfolgt folgendermaßen:

Tabelle 3-5: Hydraulische Zustandsklassen nach ÖWAV RB 22 (2015)

Zustands- klasse	Beurteilungskriterium	Hydraulische Funktionsfähigkeit	Handlungsbedarf
1	Druckfreier Abfluss (Teilfüllung)	Die hydraulische Funktionsfähigkeit ist voll gegeben	Kein Handlungsbedarf
2	Abfluss unter Druck, der Wasserspiegel liegt nur unwesentlich über Rohrscheitel (Vollfüllung)	Die hydraulische Funktionsfähigkeit ist gegeben	Grundsätzlich kein Handlungsbedarf; bei Erweiterungen ist ein hydr. Nachweis erforderlich
3	Abfluss unter Druck, Wasserspiegel liegt noch unter der Deckeloberkante	Die hydraulische Funktionsfähigkeit ist zwar eingeschränkt, aber tolerierbar	Grundsätzlich kein Handlungsbedarf; bei Sanierungen, Änderungen im Abfluss oder Erweiterungen ist ein Handlungsbedarf gegeben
4	Überstau, Wasser kann (auch auf der Oberfläche) schadlos gespeichert oder abgeführt werden	Die hydraulische Funktionsfähigkeit ist stark eingeschränkt	Kurzfristiger Handlungsbedarf ist gegeben
5	Überflutung, Wasser kann nicht mehr schadlos gespeichert oder abgeführt werden	Die hydraulische Funktionsfähigkeit ist nicht mehr gegeben	Sofortiger Handlungsbedarf ist gegeben

Die Klassen 2 und 3 seien als Hinweis zu verstehen, ab Klasse 3 sei jedenfalls Handlungsbedarf gegeben, wenn eine Kanalsanierung oder eine Änderung des Kanalbetriebes geplant sei. Das Beurteilungskriterium orientiert sich danach, ob der Abfluss:

- Druckfrei
- Unter Druck, Wasserspiegel liegt nur unwesentlich über Rohrscheitel
- Unter Druck, Wasserspiegel liegt noch unter der Deckeloberkante
- Unter Druck und überstaut – schadlose Speicherung/Abführung an der Oberfläche
- Unter Druck und überflutet – hydraulische Funktionsfähigkeit nicht mehr gegeben

ist.

Eine Schwierigkeit dabei ist, Grenzen zwischen der Klasse 2 und 3 zu ziehen (Definition „nur unwesentlich“), ebenso wie zwischen den Zustandsklassen 4 und 5 (schadlose Abführung gegeben?).

Um eine solche Beurteilung vornehmen zu können, bedarf es Berechnungsergebnisse, die nur eine hydrodynamische Simulation liefern kann. Sie gibt als Ergebnis den Wasserstand im Schacht aus, bzw. die Information, wieviel Abfluss aus dem Schacht im Überstau-/Überflutungsfall das System „verlässt“, oder zumindest oberflächlich vorübergehend gespeichert wird.

Eine solche „hydraulische Zustandsklassifizierung“ gewinnt in der Instandhaltungs- und Sanierungsplanung immer mehr an Bedeutung. Nach dem baulichen Zustand wird zumeist auf den hydraulischen Zustand eines Kanalabschnittes geachtet. Die hydraulischen Zustandsklassen des ÖWAV RB 22 (2015) können somit ein wichtiges Entscheidungskriterium in der Instandhaltungs- und Sanierungsplanung sein und die dazu erforderlichen Berechnungen, die notwendige Grundlage dafür.

3.1.4 ÖWAV Regelblatt 40

Das Regelblatt 40 des ÖWAV aus dem Jahr 2010 trägt den Titel „Leitungsinformationssystem – Wasser und Abwasser“. Es befasst sich mit der Erstellung eines solchen Systems, dem dazu notwendigen Datenmanagement und den Anwendungsmöglichkeiten eines LIS (Leitungsinformationssystem).

Hinsichtlich der hydrodynamischen Niederschlags-Abflussmodellen sind Leitungsinformationssysteme dahingehend wichtig, da sie die notwendigen Datengrundlagen in aufbereiteter Form zur Verfügung stellen und somit eine wesentliche Erleichterung bei der Modellerstellung darstellen. Eine Erstellung ohne entsprechendes LIS als Grundlage, bedeutet einen erheblichen Mehraufwand bei der Datenerhebung, -sammlung und Modellierung. Da sich die notwendigen Datenerhebungs- und -aufbereitungsschritte der LIS-Erstellung mit der einer hydrodynamischen Abflussmodellierung weitgehend gleichen, sollte auf ein solches Leitungsinformationssystem keinesfalls verzichtet werden. Darüber hinaus sprechen für die Erstellung eines LIS, dass es ein wertvolles und nützliches Instrument in der Kanalbewirtschaftung ist.

„Die Abbildung und Dokumentation (Anlagenbestand, Anlagenzustand u. a. m.) der Anlagenteile der Wasserver- oder Abwasserentsorgung in Form eines digitalen Leitungsinformationssystems ist ein geeignetes Steuerungsinstrument, um künftige wasser- und betriebswirtschaftliche Entscheidungsfindungen hinsichtlich der nachhaltigen und funktionalen Werterhaltung der Anlagen zu erleichtern und zu unterstützen. Weiteres ist die Erfassung des Anlagenzustandes ein wichtiger Schritt zur Rechtssicherheit bei Umweltschäden, im Wasserrechtsgesetz (WRG) verankert und Voraussetzung für die Förderfähigkeit.“ ÖWAV RB 40 (2010)

Die Ziele und der Zweck eines LIS werden im ÖWAV RB 40 (2010) angeführt:

- Einheitlicher und aktueller Datenbestand für alle Nutzer,
- zentral organisierte Datenhaltung und -sicherung,
- Datenkonsistenz zwischen grafischer Darstellung, Stammdaten und Sachdaten,
- Evidenzhaltung von Betriebs- und Zustandsdaten,
- Einsparung von Kosten durch einheitlichen und aktuellen Datenbestand bei Planung, Bau und Instandhaltung,
- Einsparung durch effizienteres Arbeiten mit aktueller Leitungsdokumentation für Planung, Netzführung und wirtschaftliche Prozesse,
- wirtschaftlicher und zielgerichteter Mitteleinsatz bei Wartung und Sanierung,
- Grundlagen für Netzerweiterung und Netzstilllegung,
- Verbesserung der Mitarbeitermotivation durch das Arbeiten mit modernen Tools und einem aktuellen Datenbestand,
- verbessertes Image des Betreibers in der Öffentlichkeit durch sichere und rasche Kundeninformation mit aktuellen Daten.

„Ziel des Betreibers muss jedenfalls sein, die Objekte samt zugehörigen Informationen auf dem Bildschirm lagerichtig zu visualisieren und entsprechende Abfragen, Analysen und Selektionen durchführen zu können. Darüber hinaus muss auch eine graphische Anzeige der Ergebnisse der durchgeführten Abfragen, Analysen und Selektionen möglich sein.“ BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT (2016)

Damit ein LIS zweckmäßig und praktikabel verwendet werden kann, sollte die Datenaufbereitung eines LIS gewissen Anforderungen entsprechen. Mindestanforderungen der Bundesförderung (aus Spezialthemen der Förderung in der kommunalen Siedlungswasserwirtschaft) geben eine

Struktur vor, welche jedenfalls eingehalten werden sollte. Diese Vorgaben stellen auch die Bedingung zur Förderfähigkeit für die Erstellung eines Leitungsinformationssystems dar.

Für Informationssysteme von Abwasseranlagen gilt folgende Gliederung nach BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT (2016):

„1. Schächte

- a. Schachtbezeichnung, Strangzuordnung, Entwässerungssystem, Datum (z.B. Jahr der Inbetriebnahme oder Baujahr)
- b. Aufzumessende Punkte:
- c. Schachtdeckelmittelpunkt,
- d. Schachtboden/Gerinnesohe,
- e. Rohrsohle aller Zu und Abläufe
- f. Schachtbeschreibung: Schachtform (rund, eckig), Schachtabmessung
- g. Deckel: Material, Art (z.B. verschraubt, wasserdicht...), Abmessungen
- h. Zustandserhebung: Erhebungsmethode, Datum;
- i. Schaden: Schadensklasse (der Einzelschäden)
- j. Zustandsbewertung: Bewertungsmethode, Datum, Zustandsklasse
- k. Wartung: Tätigkeit, Wartungsintervall und Datum der letzten Wartung

2. Haltungen

- a. Haltungsbezeichnung, Strangzuordnung, Entwässerungssystem, Datum (z.B. Jahr der Inbetriebnahme oder Baujahr)
- b. Länge
- c. Haltungsbeschreibung: Leitungsart (Freispiegel, Druckleitung,...), Gefälle, Fließrichtung
- d. Profilform, Innendurchmesser, Material
- e. Zustandserhebung: Erhebungsmethode, Datum
- f. Schaden: Schadensklasse (der Einzelschäden)
- g. Zustandsbewertung: Bewertungsmethode, Datum, Zustandsklasse
- h. Wartung: Tätigkeit, Wartungsintervall und Datum der letzten Wartung
- i. Hausanschlüsse (Anschlusspunkt) gem. Z 3

3. Hausanschlüsse (Anschlusspunkt)

- a. Lage der Einmündung, bei Einmündung in Schacht auch Höhe, Strangzuordnung
- b. Adresse, Name entsorgtes Objekt, Grundstücksnummer
- c. Anschlussart (häuslich, gewerblich, industriell), Dimension, Material, Datum (z.B. Jahr der Inbetriebnahme oder Baujahr)

Bei unübersichtlichen Verhältnissen (insbesondere mit mehreren Einmündungen über Abzweiger zwischen 2 Schächten) und wenn die Verhältnisse von der Geländeoberfläche oder aus anderen Unterlagen nicht klar zuordenbar oder bekannt sind, können die Angaben nach Punkt 3 b und c entfallen.

Jedenfalls ist auch in diesen Fällen die Lage aller bei der Kamerabefahrung aufgefundenen Einmündungen seitenrichtig durch einen Strich im digitalen Leitungsinformationssystem ersichtlich zu machen und es ist darauf hinzuweisen, dass es sich um eine unbekannte Einleitung handelt. Hausanschlussleitungen sind nur insoweit mit der Laufmeterpauschale förderbar, als für diese alle für Haltungen erforderlichen Informationen inklusive Zustandsbewertung vorliegen.

4. Sonderbauwerke

- a. Bauwerksbeschreibung: Bauwerksbezeichnung, Strangzuordnung, Datum (z.B. Jahr der Inbetriebnahme oder Baujahr)
- b. Höhe
- c. Geometrie: Länge /Breite/Höhe etc.
- d. Sonderbauwerksbeschreibung: Sonderbauwerksart (z.B. Regenüberlauf, Pumpwerk, ...)
- e. Zustandsbeschreibung, Erhebungsmethode, Datum;
- f. Schaden: Schadensklasse (der Einzelschäden)
- g. Zustandsbewertung: Bewertungsmethode, Datum, Zustandsklasse
- h. Wartung: Tätigkeit, Wartungsintervall und Datum der letzten Wartung“

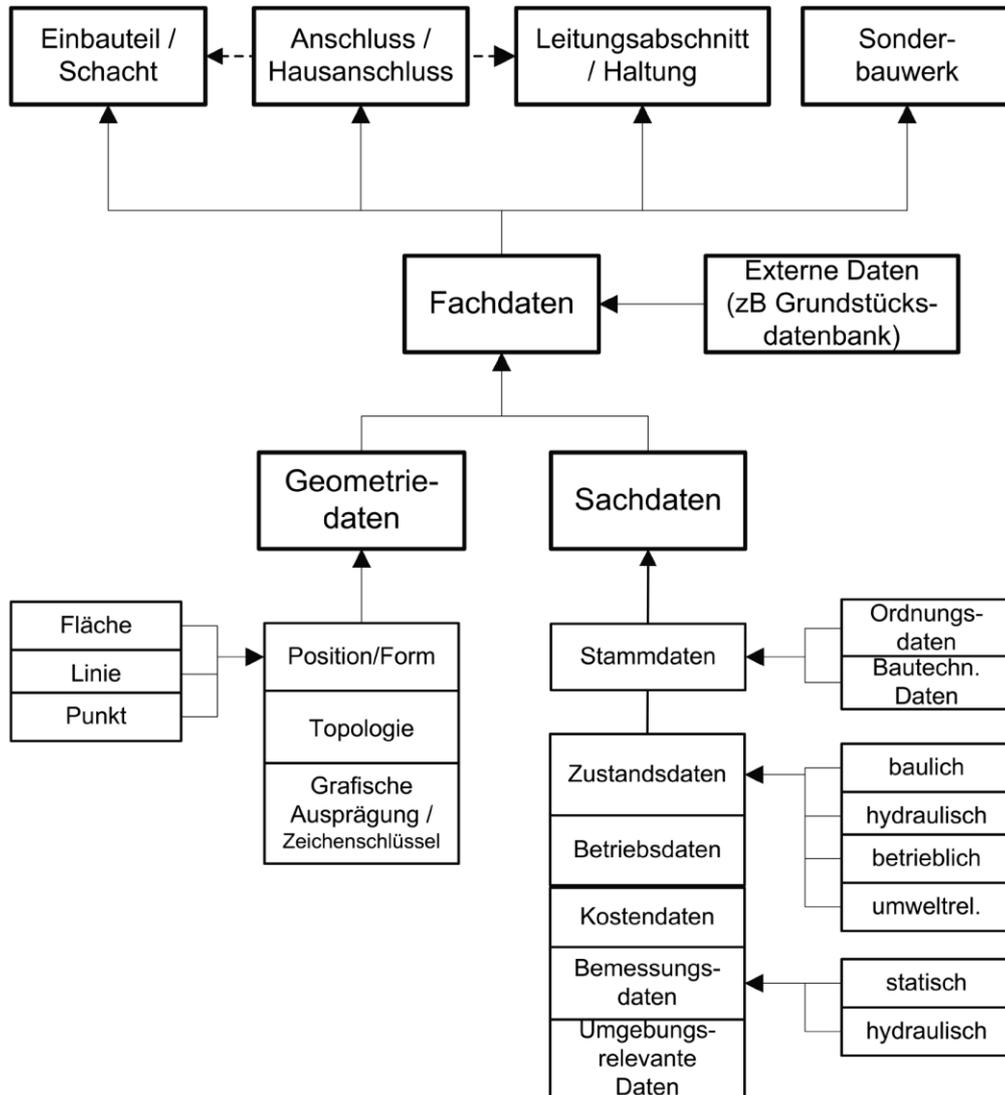


Abb. 3-1: Bsp. einer thematischen Abgrenzung für Wasser- und Kanalsysteme, ÖWAV RB 40 (2010)

Richtlinien, welche die Form und Aufbereitung der Daten regeln, stellen eine wesentliche Vereinheitlichung und somit ein bedeutendes Aufwandsersparnis für die Modellerstellung dar. Während die eben beschriebenen Mindestanforderungen seitens der Bundesförderung lediglich die Art und das Ausmaß der geforderten Mindestinhalte vorgibt, gibt es konkretere Richtlinien, welche die genauen Formate, Bezeichnungen, etc. der Daten fordern. Eine solche Schnittstelle wurde beispielsweise vom Amt der steiermärkischen Landesregierung herausgegeben und dient als Richtlinie für die Länder Steiermark, Kärnten, Oberösterreich und Salzburg.

Im ÖWAV Regelblatt 40 (2010) ist darüber vermerkt:

„Die Bundesländer Steiermark, Kärnten und Oberösterreich haben sich entschlossen, eine gemeinsame Schnittstelle zu definieren, um die Daten des Leitungsinformationssystems in die betreffende GIS-Plattform der Länder übernehmen zu können. Diese Schnittstelle umfasst dabei diejenigen Daten, die einerseits von der Bundesförderung (UFG) als Fördervoraussetzung verlangt werden, und andererseits die Daten, die für die Zusammenarbeit von Eigentümer, Betreiber, Planer und Behörde sinnvoll sind.“ ÖWAV RB 40 (2010)

In dieser Schnittstelle sind auch Attributlisten vorgeschlagen, welche eine Möglichkeit aufzeigen, wie Sachdaten organisiert werden können. Die Listen können erweitert bzw. adaptiert werden – grundsätzlich stellen sie eine nützliche Orientierungshilfe dar, wie die Daten eines LIS aufgenommen und gespeichert werden können.

Ein großer Vorteil solcher Schnittstellen ist, dass nicht bei jeder neuen Modellerstellung die bereits eingerichteten Modelle wesentlich geändert werden müssen. Die Daten müssen so prinzipiell nur „ausgetauscht“ werden. Wird immer mit denselben Attributnamen, Feldnamen und Bezeichnungen gearbeitet, kann so der Arbeitsaufwand zur Modellerstellung stark minimiert werden. Daher ist aus modellertechnischer Sicht die Verwendung und Berücksichtigung einheitlicher Schnittstellen äußerst begrüßenswert und zu empfehlen.

3.1.5 GIS - Geoinformationssysteme

Da Entwässerungssysteme immer einen Raumbezug haben und in starkem Zusammenhang mit ihrer räumlichen Umgebung stehen, ist die Verwendung von Geoinformationssystemen in der Siedlungsentwässerung längst Stand der Technik.

Simplex ausgedrückt verknüpfen GIS-Systeme geometrische Informationen wie die Form und Lage von Elementen wie Flächen, Punkte, Linien und Kurven mit thematischen Informationen, die mit diesen in Zusammenhang stehen.

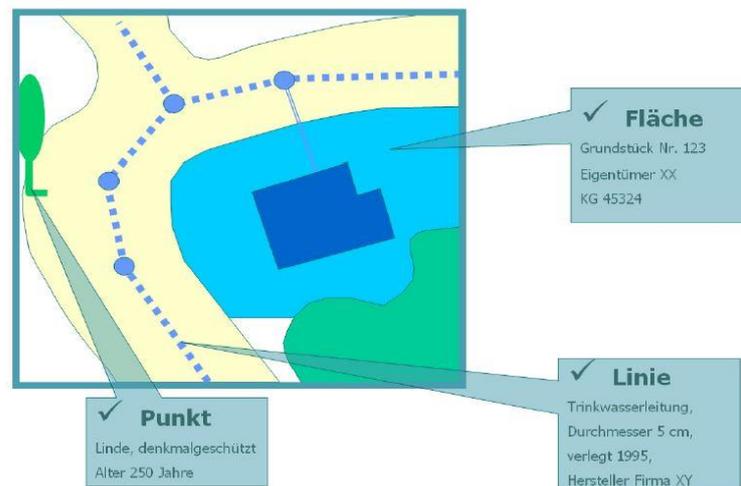


Abb. 3-2: Beispiel einer gemeinsamen Verarbeitung geometrischer und thematischer Informationen, INSTITUT FÜR VERMESSUNG, FERNERKUNDUNG UND LANDINFORMATION (2010)

Als allgemein gültige Definition eines GIS wird vom INSTITUT FÜR VERMESSUNG, FERNERKUNDUNG UND LANDINFORMATION (2010) der Universität für Bodenkultur in Wien folgende Formulierung angeführt: *„Ein raumbezogenes Informationssystem dient der Erfassung, Speicherung, Verarbeitung und Darstellung aller Daten, die einen Teil der Erdoberfläche und die darauf befindlichen technischen und administrativen Einrichtungen sowie ökologische und ökonomische Gegebenheiten beschreiben.“*

Die Entwicklung solcher Geoinformationssysteme entstand aus zwei Teilsystemen, welche miteinander kombiniert wurden:

- Einerseits CAD-Systeme (computer-aided design = rechnerunterstütztes Konstruieren)
- Andererseits Datenbanken zur Speicherung von Informationen

Das CAD-System dient zur Speicherung der geometrischen Information (in erster Linie Koordinaten zur Lage und Höhe von Elementen), die Datenbank verknüpft die geometrischen Inhalte mit thematischen Informationen. Diese Thematiken können unterschiedlichster Art sein und ermöglichen ein praktisch unendliches Anwendungsfeld für Geoinformationssysteme.

Die Entstehungsgeschichte der GIS-Systeme ist eng mit den Fortschritten im EDV-Bereich verknüpft: *„Die Entwicklung von GIS-Systemen ist stark verbunden mit der rasanten Entwicklung auf dem Hard- und Softwaresektor. Immer schnellere und leistungsfähigere Computer und neue Softwaretechnologien haben es erlaubt, GIS-Software Produkte zu komplexen aber einfach zu bedienenden Systemen zu entwickeln.“* INSTITUT FÜR VERMESSUNG, FERNERKUNDUNG UND LANDINFORMATION (2010)

Diese Leistungsfähigkeit zusammen mit der Verknüpfbarkeit von Datenbanken mit raumbezogenen Informationen macht die besondere Eignung für Modelle in der Siedlungsentwässerung aus. Da zu jedem Element eines Entwässerungselements eine Vielzahl von Informationen vorliegen und verwaltet werden müssen (siehe beispielsweise Kap. 3.1.4 – Gliederung für Informationssysteme von Abwasseranlagen), ist das Arbeiten mit Datenbanken für solche Aufgaben prädestiniert.

Darüber hinaus können die wesentlichen Elemente eines Kanalisationssystems einfach in den Grundelementen der Vektor-GIS-Systeme dargestellt und zu einander in Zusammenhang gebracht werden:

- Punkt: Schächte, Pumpwerke, Wehre, Mischwasserüberfälle, etc.
- Linie: Kanalstränge, Druckleitungen
- Fläche: Einzugsgebiete, Entwässerungsflächen

„Der klare Vorteil dieser Werkzeuge besteht darin, dass Datenbank Anwendungen visualisiert und graphisch dargestellt werden können. Prinzipiell ist es natürlich aber auch möglich, auf andere Arten der Datenhaltung (Datenbanken, CAD-Systeme, etc.) zurückzugreifen.“ DATMOD (2015)

Lediglich die Einbindung von komplexeren Sonderbauwerken, wie beispielsweise Regenrückhaltebecken, stellt den/die ModellerstellerIn vor größere Herausforderungen, was aber weniger von den GIS-Systemen abhängt, sondern vielmehr von den Modellierungsmöglichkeiten der Abflussmodellierungssoftware.

Da sich jedes gängige Leitungsinformationssystem einer GIS-basierten Oberfläche bedient und auch die meisten Modellierungsprogramme raumbezogene Darstellungen der Netze beinhalten, ist die Modellierung von Prozessen der Siedlungswasserwirtschaft mit GIS-Unterstützung Stand der Technik.

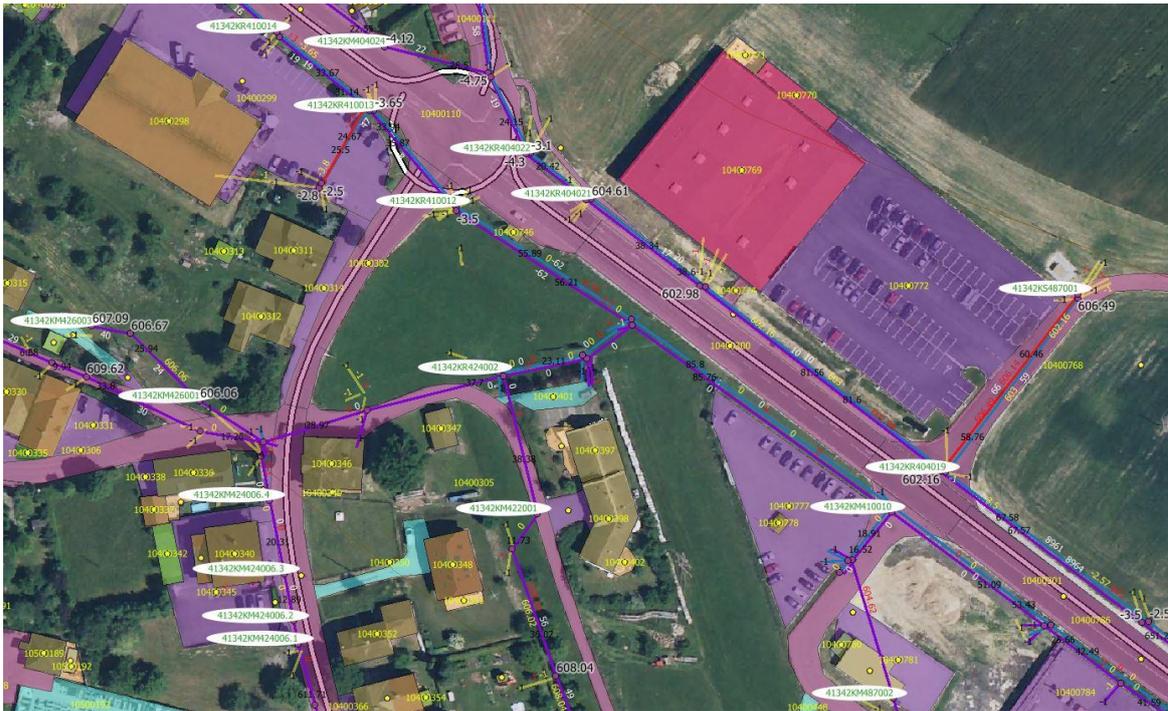


Abb. 3-3: Beispiel einer GIS-Oberfläche mit Kanalisationsnetz, Entwässerungsflächen, Verkehrsvektoren, eigene Darstellung

Wird die GIS-Software nicht nur zur Visualisierung und Verwaltung von Daten verwendet, sondern auch zur Erhebung von Daten, wie z.B. der Erhebung von Einzugsgebietsbezogenen Daten, offenbart sich die Nützlichkeit von GIS-Programmen. Effiziente Digitalisierungswerkzeuge der Programme erleichtern das Ermitteln raumrelevanter Informationen und ermöglichen es, große Gebiete mit verhältnismäßig geringem Aufwand zu erfassen.

Die Werkzeuge der verschiedenen Softwareprodukte unterscheiden sich meist in der Anwendbar- und Bedienungs-freundlichkeit, was es schwierig macht, allgemeine Aussagen zur Bedienung von GIS-Programmen zu treffen. Generell kann jedoch zusammengefasst werden, dass GIS-Software in der Regel effektiv und mit wenig Anlernzeit schnell und nützlich die Arbeit mit raumbezogenen Informationen erleichtert.

3.1.6 Hydrodynamische N-A-Modellsoftware

Ähnlich wie in der Geoinformation hat das Voranschreiten der EDV-Technik auch die Berechnung von Niederschlags-Abfluss-Prozessen effizienter gemacht. Erste Berechnungen für Kanalisationsnetze unter Einsatz von Computermodellen wurden in den USA in den späten 1960er Jahren durchgeführt, was zur ersten Version des Programmes SWMM (Storm Water Management Model) im Jahr 1971 führte. Seit damals wurde diese Software stetig weiterentwickelt, welche heute in der fünften Version vorliegt und weite Verbreitung gefunden hat.

„Mit SWMM 5 steht ein hydrodynamisches Berechnungsmodell zur Simulation von Abflüssen und Stofffrachten in Kanalsystemen zur Verfügung, das aufgrund des Status als „public domain software“ eine sehr weite Verbreitung aufweist.“ RAUCH et al. (2010)

Seit dem Aufkommen von SWMM wurden auch zahlreiche andere Softwareprodukte zur dynamischen Berechnung von Niederschlags-Abflussprozessen entwickelt, welche von unterschiedlichen Herstellern angeboten werden. Sie unterscheiden sich zumeist in der Art der Eingabe, im Aufbau der Oberfläche und der Bedienung, haben aber im Hintergrund sehr ähnliche Modelle zur

Berechnung laufen. Dieses Angebot an Software, zusammen mit wachsender Rechenleistung der Hardware und gesteigener Bedienerfreundlichkeit haben so dazu geführt, dass Modellberechnungen in der Siedlungswasserwirtschaft nicht mehr wegzudenken sind. Sie ermöglichen die Ermittlung von Wasserständen und Fließgeschwindigkeiten komplexer Systeme in relativ kurzer Zeit, was zuvor ohne EDV-Unterstützung nur unter immensem Zeitaufwand möglich war.

Dies ermöglicht es, ein umfassendes Verständnis für die Funktionsweise und die systembezogenen Eigenheiten der zu untersuchenden Kanalnetze zu erlangen. Was sich im ersten Moment vielleicht banal anhört, ist aber bei genauerer Überlegung nicht unwesentlich, wenn man die Vielzahl an Szenarien bedenkt, die sich bei unterschiedlicher Niederschlagsverteilung bezüglich Ort und Zeit ergeben können, welche in weiterer Folge ungünstige Abflussgeschehnisse im Kanalsystem bedeuten können. Viele Szenarien können aber nur dann berechnet werden, wenn man über die nötige Rechenleistung verfügt, welche durch effiziente Hardware und Software heutzutage möglich ist. Schwachstellen im System, solche mit erhöhtem Überstaurisiko beispielsweise, können vor dem Auftreten realer Gefahrenmomente erkannt und durch Adaptierungen am Kanalnetz entfernt werden. Ergebnisse aus Berechnungen unter zu Grunde Legung verschiedener Eintrittswahrscheinlichkeiten ermöglichen Aussagen darüber, mit welcher Wahrscheinlichkeit an welchen Stellen einer Kanalisation mit Überstau und Überflutungen gerechnet werden muss.

Genau diese Nachweisführungen werden im ÖWAV-Regelblatt 11 beschrieben. Eine praxistaugliche Durchführung dieser Nachweise wäre ohne Niederschlag-Abfluss-Modell-Software nicht machbar. Das Erfordernis dieser „Werkzeuge“ gilt besonders für größere, komplexere Systeme und ist auch im Regelblatt 11 des ÖWAV (2009) angeführt:

„Generell beruhen alle Ingenieurverfahren zur Dimensionierung von Abwasserkanälen auf der Beschreibung des Verhaltens des jeweiligen Systems mittels eines Modells. Wird dabei auch die zeitliche Dynamik der Vorgänge dargestellt, spricht man von einer Modellsimulation. In diesem Regelblatt wird unterschieden zwischen einfachen Systemen, die sich mithilfe eines entsprechenden analogen Modells, nämlich des Fließzeitverfahrens, näherungsweise bearbeiten lassen, und komplexen Systemen, die den Einsatz von aufwendigen hydrologischen oder hydrodynamischen Modellen erfordern.“ ÖWAV RB (2009)

„Wesentlich für eine möglichst exakte Abbildung des Verhaltens von Entwässerungssystemen ist die Darstellung der zeitlichen Dynamik der Prozesse, insbesondere der Bildung des Abflusses an den Oberflächen und des nachfolgenden Abflusses im Kanalsystem. Bei einfachen Systemen genügt die Darstellung mit dem Fließzeitverfahren. Meist ist aber der Einsatz von entsprechend komplexen hydrologischen oder hydrodynamischen Modellen zweckmäßiger bzw. erforderlich.“ ÖWAV RB (2009)

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass hydrodynamische Modellierungssoftware für Kanalanlagen nicht nur für effizientere, umweltschonendere und sicherere Entwässerungseinrichtungen sorgen, sondern auch für ein umfassendes Verständnis des Anlagenbetreibers/-In über sein ihm/ihr ihr anvertrautes System.

3.1.7 Schnittstellen zwischen verschiedener Software

Die Erstellung eines hydrodynamischen Modells eines Kanalisationssystems erfordert einen großen Datenbedarf bzw. –management. Modellierungssoftware ist meist für die Verwaltung solcher Datenmengen bedingt geeignet, vor Allem dann, wenn Flächenausmaße von Einzugsgebieten selbst ermittelt werden müssen. Für solche Aufgaben sind GIS-Programme in der Regel besser ausgelegt und ermöglichen ein leichteres und effizienteres Arbeiten mit raumbezogenen Daten. Darüber hinaus haben viele GIS-Anwendungen Datenbanken integriert, die für die Verwaltung von leitungs- und flächenbezogenen Daten genutzt werden können und das Handhaben von großen Systemen effizienter gestalten.

So kann es aus unterschiedlichen Gründen von Vorteil sein, verschiedene Softwareprogramme für unterschiedliche Aufgaben zu nutzen. Daraus ergibt sich aber das Erfordernis, die bearbeiteten Daten aus einem Programm in ein anderes zu transferieren. Dieser Transfer kann sich sehr schwierig gestalten, da man als gewöhnlicher Nutzer nur die von den Programmen angebotenen Import- / Exportfunktionen nutzen kann, deren Austauschformate in der Regel nicht auf die Anforderungen der gewünschten Zielsoftware abgestimmt sind.

Daher bedient man sich sogenannter Schnittstellen, welche es ermöglichen, ein und dieselben Daten (im engeren Sinn Objekte (Schächte, Haltungen, Sonderbauwerke, Flächen, etc.) und deren Eigenschaften) in unterschiedlichen Programmen zu bearbeiten.

Manche Schnittstellen funktionieren nach einem einfachen Umwandlungsprinzip, welche eine Export-Datei eines Programmes A in eine Import-Datei eines Programmes B überführt. Solche Schnittstellenprogramme sind meist sehr simpel aufgebaut. Relevante Daten werden für das Zielprogramm aufbereitet und gegebenenfalls verändert. Irrelevante Daten werden üblicherweise nicht überführt.

Andere Schnittstellenprogramme laufen im Hintergrund während der Bearbeitung in der eigentlichen Arbeitssoftware ab und verbinden deren Datenbanken, sodass verschiedene Programme mit den gleichen Daten versorgt werden. Oft werden die Daten auch strukturiert und in einem Dateiformat gespeichert, welches dann wiederum von einem Zielprogramm, meist der Berechnungssoftware des Modells gelesen werden kann.

Eine solche Anwendung ist „Giswater“, welche von der 2014 gegründeten Giswater Association programmiert und laufend weiterentwickelt wird. Sie wird als Open-Source-Tool angeboten und ist mit einer Vielzahl gängiger GIS-Programme kompatibel. Sie arbeitet mit der ebenfalls freien PostgreSQL-Datenbank, der Software EPANET für Systeme der Trinkwasserversorgung und mit EPA SWMM für Systeme der Abwasserentsorgung. Die Association wird als gemeinnütziger Verein geführt, welcher es sich zum Ziel gemacht hat, freie Software für Wasserkreislaufmanagement zu fördern und zu entwickeln.

Bei der Verknüpfung verschiedenster Modelle durch Schnittstellen eignen sich wieder GIS-Anwendungen zur Verwaltung und gemeinsamen Visualisierung, da jede Objektkomponente einen Bezug zu einem Ort hat. Dieser Raumbezug kann somit als „kleinster gemeinsamer Nenner“ gesehen werden, weshalb die Zusammenführung in GIS-Programmen sinnvoll ist. Die unterschiedlichen Themen können separat oder kombiniert dargestellt werden, was eine Übersicht und das Arbeiten mit der Vielzahl an Informationen erleichtert.

Schnittstellen haben auch den Vorteil, dass sie eine „einheitliche Sprache“ vorgeben. Wird diese Sprache eingehalten, kann das gewaltige Arbeitszeiterparnisse ermöglichen. Ein bereits bestehendes Modell kann sodann mit Daten eines anderen Kanalsystems versehen werden und mit

wenig Nacharbeit einsatzbereit sein, wenn alle Daten dieselben Attribute und Formate verwenden. Der dazu zu erwähnende Begriff ist „Datenkonsistenz“. Er beschreibt die Korrektheit bzw. Fehlerfreiheit der Daten, die in einer Datenbank gespeichert sind, im Sinne der Erfüllung verschiedener Integritätsbedingungen. Ist die Datenkonsistenz gegeben, kann mit wenig Aufwand aus einem System ein Modell erstellt werden.

Im DATMOD-Leitfaden von 2015 wird in diesem Zusammenhang von „automatisierter Modellerstellung – beziehungsweise „semi-automatisierte Modellerstellung“ gesprochen. Das Vorhandensein von entsprechenden Datenschnittstellen sei die Grundlage für eine automatisierte Erstellung. Die benötigten Daten werden über eine entsprechende Schnittstelle in das Modell geladen. Die richtige Zuordnung der Informationen aus der Originaldatei sei dabei besonders beachtenswert – üblicherweise über entsprechende Attributzuordnungen gewährleistet. Auf die Georeferenzierung der Daten müsse stets geachtet werden. DATMOD (2015)

Schnittstellen für die Organisation von Daten, wie es sie für die Bundesländer Steiermark, Kärnten, Oberösterreich und Salzburg für die Übergabe von Daten des Kanalkatasters gibt, leisten in diese Richtung einen wesentlichen Beitrag. Im Kapitel 3.1.4 wurde dazu bereits ausgeführt.

„Um die Herausforderung, alle an der Planung Beteiligten in den Prozess einzubinden, zu bewältigen, müssen die Daten und Ergebnisse so aufbereitet werden, dass sie für andere Fachdisziplinen verständlich sind und in die eigene Arbeit integrieren werden können. Hier geht es zum einen um einen adäquaten Informationsgehalt (so viel Information wie nötig, so wenig Details wie möglich) als auch um kompatible Datenformate. Die Schnittstellen zwischen den verschiedenen Programmen (z. B. GIS, CAD-Programme, Visualisierungsprogramme, Wasserbilanzierungssoftware, Simulationsprogramme etc.) müssen verbessert werden, um einen Informations- und Genauigkeitsverlust zu vermeiden und den Datenaustausch zu vereinfachen.“ DEISTER et. al (2016)

3.2 Grundlagen der Modellierung

3.2.1 Allgemeines zu Modellen

Der Modellbegriff ist sehr vielfältig, Assoziationen reichen vom Vor- oder Urbild über das Muster, weiter zur Nach- und Abbildung.

„Ein Modell ist ein durch Abstraktion (Reduzierung und Verallgemeinerung) gewonnenes Abbild eines bestimmten Ausschnitts der Realität. Es wird zu dem Zweck entworfen, den für die Lösung eines bestimmten Problems relevanten Teil der Wirklichkeit für den Menschen oder eine Maschine (Computer) überschaubar und verfügbar (operationalisierbar) zu machen.“ ROLLKE und SENNHOLZ (1994; zit. bei PREETZ (2005))

STACHOWIAK (1973) erläutert in seiner „Allgemeinen Modelltheorie“ den allgemeinen Modellbegriff mit Verweis auf eine „zweifache Doppelbedeutung“ folgendermaßen:

1. *Modell als a) Abbild von etwas sowie als b) Vorbild für etwas,*
2. *Modell als c) Repräsentation eines bestimmten Originals (im Sinne von a) und b)) sowie d) in Malerei und Plastik“*

Weiter erkennt STACHOWIAK (1973) drei Hauptmerkmale des allgemeinen Modellbegriffs, welche kurz angeführt seien:

- *„Das Abbildungsmerkmal: Modelle sind stets Modelle von etwas, nämlich Abbildungen, Repräsentationen natürlicher oder künstlicher Originale, die selbst wieder Modelle sein können.“*
- *„Das Verkürzungsmerkmal: Modelle erfassen im Allgemeinen nicht alle Attribute des durch sie repräsentierten Originals, sondern nur solche, die den jeweiligen Modellerschaftern und/oder Modellbenutzern relevant scheinen.“*
- *„Das Pragmatische Merkmal: Modelle sind ihren Originalen nicht per se eindeutig zugeordnet. Sie erfüllen ihre Ersetzungsfunktion a) für bestimmte — erkennende und/oder handelnde, modellbenutzende — Subjekte, b) innerhalb bestimmter Zeit Intervalle und c) unter Einschränkung auf bestimmte gedankliche oder tatsächliche Operationen.“*

RAUCH et al. (2010) erklären zum Modellbegriff:

„Ein Modell ist eine schematische, mathematische Beschreibung von physikalischen Zusammenhängen mit dem Zweck komplexe Vorgänge fassbar zu machen, Zusammenhänge zu erklären und Vorhersagen zu machen.“ RAUCH et al. (2010)

Unter Berücksichtigung der eben angeführten Erläuterungen wird deutlich, dass Ergebnisse aus Modellierungen stets als Versuch einer Annäherung der Wirklichkeit zu verstehen sind. Jedes Modellierungsergebnis ist mit Bedacht auf die Vereinfachungen, Eingangswerte und Methoden zu interpretieren, die der/die ModellerstellerIn vorgenommen beziehungsweise gewählt hat.

Des Weiteren führt STACHOWIAK (1973) an, welche Arten von Modellen in der Wissenschaft zur Anwendung kämen:

- Demonstrationsmodelle: zur Veranschaulichung von Zusammenhängen
- Experimentalmodelle: zur Ermittlung oder Überprüfung von Hypothesen
- Theoretische Modelle: zur Vermittlung von Erkenntnissen über Sachverhalte
- Operative Modelle: als Entscheidungs- und Planungshilfen

3.2.2 Modellbildung/Modellierung allgemein

„Als Modellbildung (synonym: Modellierung) wird der Prozess zur Entwicklung eines Modelles bezeichnet. Das originale System und das Modell lassen sich nicht unmittelbar vergleichen wie Abb. 3-4 zeigt. Auf Basis der Beobachtung des realen Prozesses muss (in systematischer und evtl. auch kreativer Weise) ein Modellansatz gefunden werden. Dann kann das modellierte und das beobachtete Verhalten miteinander verglichen und auf dieser Basis der Modellansatz verbessert werden. Hierdurch entsteht ein (mitunter langwieriger!) Entwurfszyklus der Modellbildung.“ TU ILMENAU (2014)

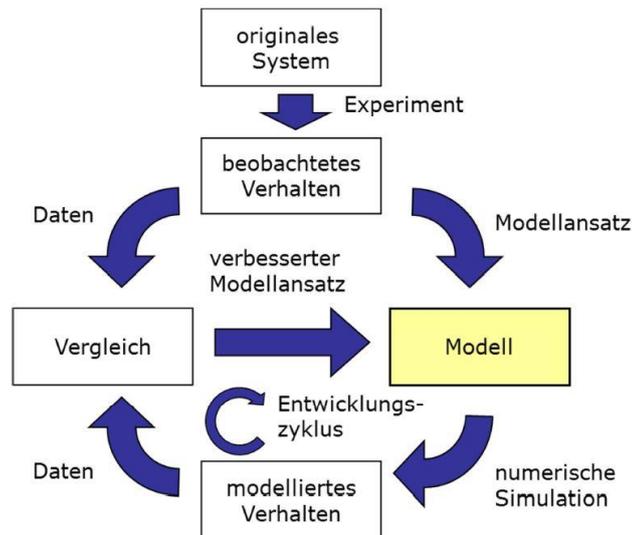


Abb. 3-4: Modellbildung, TU ILMENAU (2014)

Eine ähnliches „Modell“ der Modellbildung wird von ROLLKE und SENNHOLZ (1994; zit. bei PREETZ (2005)) in Abb. 3-5 skizziert. Es wird der Prozess zur Bildung eines Modells als Problem dargestellt, dem ein Modellansatz zugeführt werden soll, um eine Lösung zu erzielen. Diese Lösung muss mit der Wirklichkeit, also dem Vorbild oder Muster, konfrontiert werden. Der Erkenntnisgewinn aus dieser Gegenüberstellung der Lösung mit der Wirklichkeit soll der Verbesserung des Modells dienen, sodass die nächste Lösung ein genaueres Abbild der Realität werde.

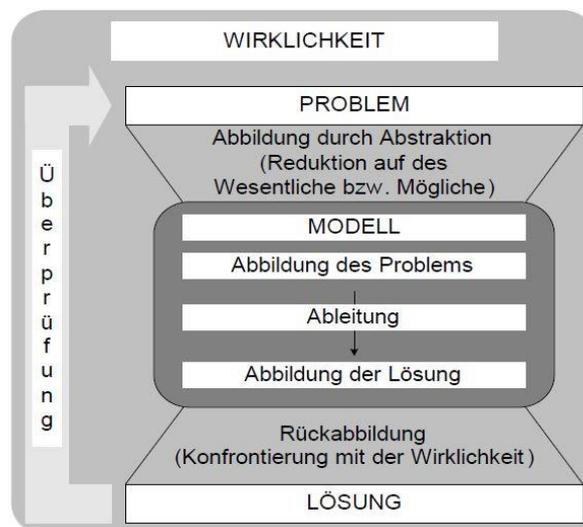


Abb. 3-5: Modell der Modellbildung, ROLLKE und SENNHOLZ (1994; zit. bei PREETZ (2005))

Bei beiden Darstellungen (Abb. 3-4 und Abb. 3-5) wird klar ersichtlich, dass Modellbildung als iterativer Prozess verstanden werden soll. Das Modellergebnis, die vorläufige Lösung, soll überprüft werden, ob die Ergebnisse die Wirklichkeit in ausreichender Qualität wiedergeben. Ist dem nicht der Fall, soll der Modellansatz überdacht und –arbeitet werden, sodass das neue Ergebnis bessere Übereinstimmungen mit der Wirklichkeit liefert. So entsteht ein sich wiederholender Kreislauf / Zyklus, der so lange fortgesetzt werden soll, bis das Ergebnis ausreichend zufriedenstellend für die jeweiligen Erfordernisse ist. So kann man von einem iterativen Prozess sprechen.

3.2.3 Modellierung in der Siedlungswasserwirtschaft

Der Fachbereich der Siedlungswasserwirtschaft zählt zu den ältesten kulturtechnischen Bereichen, die es seit dem Sesshaft-Werden des Menschen gibt. Die Versorgung mit Wasser und die Entsorgung nach dessen Gebrauch stellen den Menschen seit Jahrtausenden vor immer neue Herausforderungen. Gerade in den letzten Jahrzehnten, besonders seit der industriellen Revolution, haben sich die Ansprüche menschlicher Tätigkeiten an die Wasserwirtschaft immens gesteigert und ausdifferenziert. Technische Fortschritte in der Industrie bringen neue Problemfelder mit sich, ebenso aber stehen zur deren Lösung neue technische Möglichkeiten zur Verfügung.

So und vor dem Hintergrund gesteigerten Umweltbewusstseins der letzten Jahrzehnte, ebenso im Angesicht der Herausforderungen durch die Auswirkungen der Klimaveränderung, haben die klassischen Problemfelder wie beispielsweise die Bewältigung des Siedlungsausbaus, neue Randbedingungen erhalten. Ebenso hat sich das Verständnis über die Zusammenhänge und Wechselbeziehungen im Themengebiet gesteigert, was verdeutlicht, dass einzelne Maßnahmen weitreichende Auswirkungen zur Folge haben können. Umso wichtiger werden somit ganzheitliche, umfassende, also „integrale“ Betrachtungen von Systemen und ihren Interaktionen. Abwasserbezogen wird so beispielsweise das System Kanalnetz-Kläranlage-Gewässer betrachtet und analysiert. Die Modellierung begrenzt sich daher oft nicht mehr auf einzelne Vorgänge und Prozesse - immer öfter werden Systeme gesamtheitlich und kombiniert modelliert.

„Das siedlungswasserwirtschaftliche Gesamtsystem besteht aus einer Vielzahl von Teilsystemen, die sich wechselseitig beeinflussen. Neben dem Grundwasser (Infiltration, Exfiltration) haben auch die Niederschlag-Abfluss-Vorgänge im gesamten Flusseinzugsgebiet, aber auch die Klärschlammverwertung, Überschwemmungen sowie das Trinkwassersystem Einfluss auf die Wechselwirkungen der genannten Hauptkomponenten des städtischen Entwässerungssystems.“
HSGSIM (2008)

Gerade aufgrund der Komplexität und oft Undurchschaubarkeit von Vorgängen und Zusammenhängen bieten Modelle die Möglichkeit, Erkenntnisse als Grundlagen für weiteres Handeln zu schaffen.

„Modellbildung und Simulation haben mittlerweile einen festen Platz in der Siedlungswasserwirtschaft, da die Modelle es erlauben, die real ablaufenden Prozesse nachzubilden und Veränderungen von Einflussgrößen zu analysieren, ohne in das System selbst eingreifen zu müssen. Allerdings beschränkt sich die Erstellung und Anwendung von Simulationsmodellen in der Regel nur auf Teilsysteme des städtischen Entwässerungssystems wie beispielsweise die:

- *Abflussmodellierung und Schmutzfrachtmodellierung in Kanalnetzen*
- *statische Simulation zum Kläranlagenentwurf*
- *dynamische Simulation zur Analyse von Verfahrensvarianten auf Kläranlagen*
- *hydrologische Simulation des Abflusses im Gewässer*

- *Anwendung von Simulationssystemen zur Planung und Umsetzung von Steuerungssystemen“ HSGSIM (2008)*

Nachfolgend sei eine Liste angegeben, die die Vielfalt der Möglichkeiten von Modellen in der Siedlungswasserwirtschaft verdeutlichen soll. Sie erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sondern soll vielmehr die Bandbreite der Möglichkeiten aufzeigen:

- Modellierung von Fließ- und Druckverhältnissen in Versorgungsnetzen
- Modellierung von Aufbereitungsverfahren in der Trinkwasserversorgung
- Hydrologische Modellierung von Abwassersystemen
- Niederschlags- Abflussmodellierung von Einzugsgebieten
- Abflussmodellierung in geschlossenen Kanälen und Querschnitten
- Abflussmodellierung von Oberflächenwässern
- Fließpfadmodellierungen von Oberflächenwässern
- Überflutungsflächenmodellierung von Oberflächengewässern
- Modellierung von Schmutzfrachttransporten
- Modellierung von Transpirations- und Versickerungsvorgängen
- Modellierung von Erosions- und Ablagerungsprozessen
- Modellierung von Transportvorgängen in Speicherbauwerken
- Modellierung von Vor- und Nachklärung in Kläranlagen
- Modellierung von Belebungsverfahren in Kläranlagen
- Modellierung von Belüftungsvorgängen und Sauerstoffzehrung
- Modellierung von mikrobiellen Stoffumwandlungsprozessen in der Abwasserbehandlung
- Modellierung von Schlammbehandlungsprozessen
- Modellierung von Stoffumwandlungen in natürlichen Gewässern
- Risikomodellierung
- Modellierung von Grundwasserkörpern, -bewegung und -ständen
- Modellierung von Gesundheitsrisiken in Badegewässern

3.2.4 Prozesse der Abwassertechnik

Ein Entwässerungssystem mit all seinen Komponenten und Interaktionen ist ein vielschichtiges, komplexes und schwer nachzubildendes System. Die Abb. 3- 6 versucht auf vereinfachte Weise die Bestandteile und Wechselwirkungen eines solchen Systems darzustellen (HSGSIM (2008)):

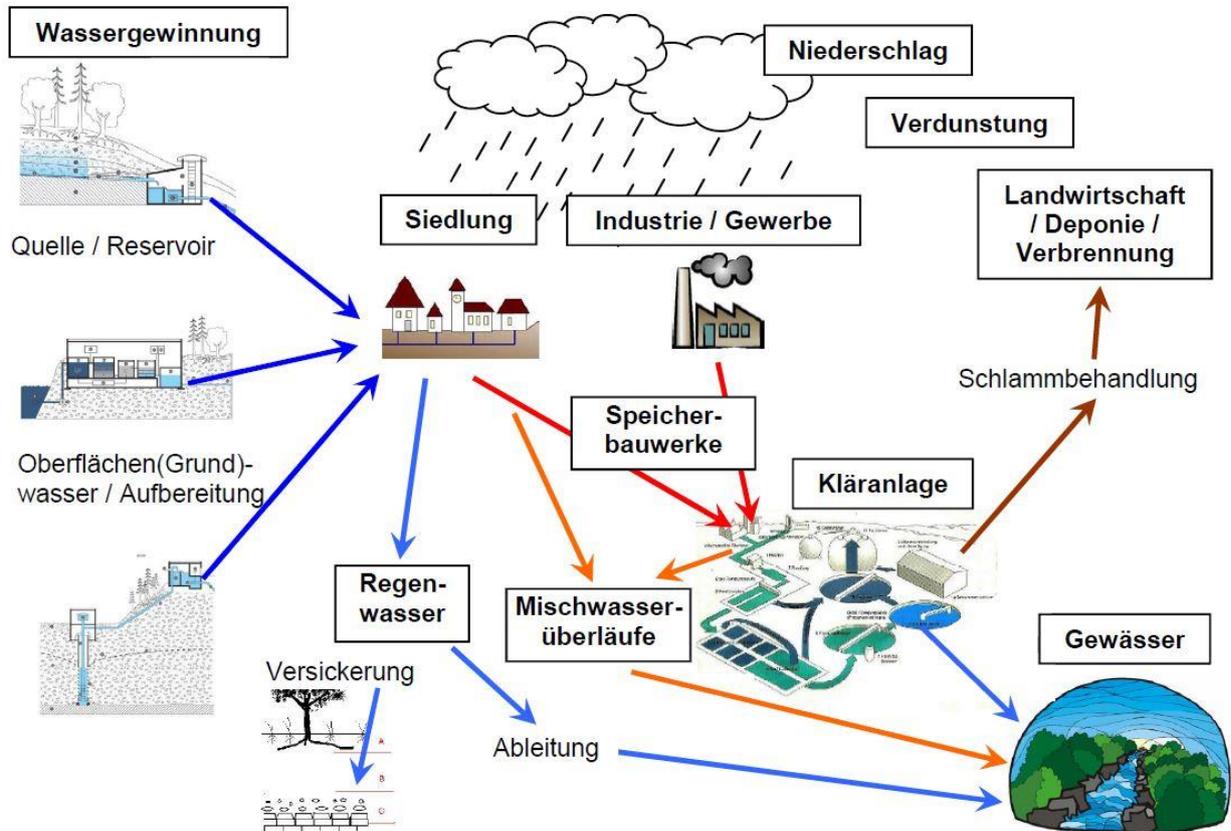


Abb. 3- 6: Das urbane Entwässerungssystem mit seinen Interaktionen, HSGSIM (2008)

Abwasserbezogen können so in der Siedlungswasserwirtschaft eine große Anzahl von Prozessen unterschieden und modelliert werden. Die hohe Komplexität natürlicher Prozesse macht es schwierig, immer den geeignetsten Ansatz zu finden. Die Gratwanderung zwischen Vereinfachung, also dem Herabbrechen komplexer Vorgänge auf berechenbare Modellansätze, und dem Erreichen einer ausreichend hohen Qualität der Ergebnisse muss gefunden werden. Für viele der Prozesse steht nicht nur ein möglicher Modellansatz zur Verfügung, sondern oft gleich Mehrere. Die Entscheidung, welche davon günstig für die jeweilige Fragestellung sind und somit bevorzugt werden sollen, hängt von den Eigenschaften der jeweiligen Ansätze ab. Der Datenbedarf und Berechnungsaufwand der selbigen kann stark unterschiedlich sein, ebenso die Qualität der Ergebnisse und deren Eignung zur Beantwortung der jeweiligen Fragestellung.

Die angesprochenen Prozesse sind vielfältig und komplex – ein Versuch einer Kategorisierung der Prozesse ist nachfolgend grob gegliedert nach HSGSIM (2008) angeführt:

- Niederschlag und Abflussbildung
 - Abfluss
 - Bildung
 - Konzentration

- Verschmutzung
 - Transport
 - Konzentration
- Kanal
 - Abfluss
 - Hydrologisch
 - Hydrodynamisch
 - Schmutztransport
 - Erosion und Ablagerung von Feststoffen
 - Transport von Feststoffen in Fließrichtung
 - Biologische Prozesse
 - Wiederbelüftung
 - CSB-Abbau und Sauerstoffzehrung
 - Ammonifikation
 - Reduktion, Bildung von Schwefelwasserstoff
- Speicher- und Behandlungsbauwerke
 - Abfluss
 - Volumenbilanz
 - Volumenbilanz mit Randbedingung
 - Schmutzstoffe
 - Vollständige Durchmischung
 - Verdrängungs- und Kurzschlussströmungen
 - Sedimentation
 - Biologische Prozesse
 - Weitergehende Prozesse wie Filtration, Adsorption, etc.
- Kläranlage
 - Vorklärung/Nachklärung
 - Sedimentation
 - Speicherung
 - Belebung
 - Kohlenstoffelimination
 - Nitrifikation
 - Denitrifikation
 - Biologische P-Eliminierung
- Gewässer
 - Abfluss
 - Hydrologisch
 - Hydrodynamisch
 - Stofftransport
 - Erosion und Ablagerung von Feststoffen
 - Transport von partikulären und gelösten Stoffen
 - Stoffumwandlung
 - Biologische, chemische und physikalische Umwandlungsprozesse
 - Abbau org. Verbindungen im Wasserkörper und Sediment/Interstitial
 - Wiederbelüftung
 - Umbau von Stickstoffverbindungen
 - Umbau von Phosphorverbindungen
 - Photosynthese und Respiration

Die Auflistung zeigt wie umfangreich die Prozesse der Abwassertechnik in ganzheitlicher Betrachtung sind, obwohl sich die Liste noch erweitern ließe. Je nach Fragestellung sind unterschiedliche Prozesse modellierungsrelevant. Für die in dieser Arbeit behandelte Problemstellung sind besonders die Prozesse des nächsten Abschnittes erforderlich und daher wird auf diese näher eingegangen.

3.2.5 Prozesse der Siedlungsentwässerung

Bei der Entwässerung von Siedlungsgebieten sind vor Allem die Komponenten

- Hydrologie
- Oberflächenabfluss und
- Abflusstransport im Entwässerungsnetz

relevant.

In diesem Zusammenhang wird von Niederschlag-Abfluss-Modellierung (N-A-Modellierung) gesprochen. Die daran beteiligten Prozesse werden unterschiedlich, je nach verwendeten Ansätzen berücksichtigt.

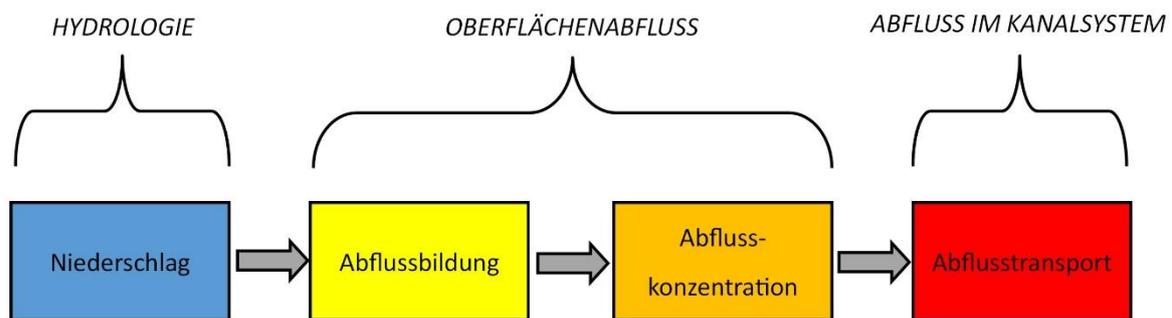


Abb. 3-7: Prozesse der Niederschlag-Abfluss-Modellierung, eigene Darstellung

„Vom Auftreffen auf der Oberfläche bis zur Einleitung in ein Oberflächengewässer durchläuft das Niederschlagswasser mitunter mehrere Prozesse, welche bei der Niederschlag-Abfluss-Modellierung berücksichtigt und abgebildet werden müssen. Dabei gilt es die Prozesse im Einzugsgebiet und in den Gerinnen bzw. Kanalnetzen abzubilden. Die Abmessungen von existierenden oder geplanten Profilen müssen hierbei bekannt sein. Eine unmittelbare Bemessung der erforderlichen Profile kann auf diese Weise nicht durchgeführt werden, sondern nur durch einen iterativen Prozess bestimmt werden.“ DATMOD (2015)

3.2.5.1 Niederschlag / Hydrologie

„Der Niederschlag stellt als Haupteingangsgröße in die Niederschlags-Abfluss-Modelle und damit in die Modellierung des gesamten städtischen Entwässerungssystems einen wichtigen, wenn nicht sogar den wichtigsten Einflussfaktor auf spätere Simulationsergebnisse dar. Jedoch nur selten liegen Niederschlagsdaten in ausreichender Länge, in einer hohen zeitlichen Auflösung und in einer ausreichenden regionalen Verteilung vor.“ HSGSIM (2008)

Aus entwässerungstechnischer Sicht kann man behaupten, dass das Niederschlagsgeschehen die Grundlage für alle Problemstellungen hinsichtlich Überflutung, Hochwasserschutz und Mischwasserentlastung ist.

DATMOD (2015) formuliert es ähnlich: „Das Niederschlagsgeschehen ist die grundlegende und zumeist dominante Belastung für eine Vielzahl von siedlungswasserwirtschaftlichen Fragestellungen. Daher kommt ihm sowohl in seiner zeitlichen als auch in seiner räumlichen Ausprägung eine besondere Bedeutung zu.“ DATMOD (2015)

In welcher Form die Niederschläge in die Modellierung einfließen, hängt vom Ziel der Modellierung ab. Folgende Möglichkeiten können angeführt werden:

- Regenspendelinie,
- Blockregen,
- (Einzel-) Modellregen,
- Modellregengruppen
- Starkregenserie
- Niederschlagskontinuum

Welche dieser Möglichkeiten am geeignetsten für die jeweilige Fragestellung ist, muss gründlich eruiert werden. Bevor die einzelnen Formen beschrieben werden, soll die Tabelle 3-6 einen kurzen Überblick über deren Anwendungsgebiete geben:

Tabelle 3-6: Niederschlagsbelastung und mögliche Berechnungsaussagen, DATMOD (2015)

	Überstau (Regelblatt 11)	Überflutung (z.B. nach EN752)	Abflussbilanz (Regelblatt 19)
	<i>hydrodynamisch</i>		<i>hydrologisch</i>
Regenspendelinie, Blockregen	nicht empfohlen	nicht empfohlen	nicht möglich
Modellregen	möglich	möglich	nicht möglich
Starkregenserie	empfohlen	empfohlen	Anwendung im Zuge von DATMOD erarbeitet
Niederschlagskontinuum	möglich	möglich	empfohlen

3.2.5.1.1 **Regenspendelinie**

DATMOD (2015) führt an, dass bei der Berechnung des Regenabflusses nach vorgegebenen Regenspendelinien von der Erkenntnis ausgegangen würde, dass starke Regenfälle in der Regel von kurzer Dauer sind, während schwache Regen generell länger anhalten. Die Verwendung von Regenspendelinien wird nicht empfohlen.

3.2.5.1.2 **Blockregen**

Der Ansatz eines Blockregens ist die konstante Verteilung einer Niederschlagshöhe auf eine bestimmte Dauer. Auf die Zeitintervalle werden gleich hohe Niederschlagsmengen zugeordnet, so dass in Summe auf die Gesamtdauer die geforderte Regenspende erreicht wird.

„Bei einer Regenhöhe für eine vorgegebene Jährlichkeit von beispielsweise 9,0 mm für die Dauer von 15 min ergeben sich bei Aufteilung in mehrere Intervalle der Dauer Δt :

- $\Delta t = 5\text{min}$: 3 Intervalle á 3,0 mm
- $\Delta t = 3\text{min}$: 5 Intervalle á 1,6 mm“ DATMOD (2015)

Da ein solch einfacher Ansatz die Niederschlagsverteilung auf konstant stellt, ist von einer Verwendung für das Abbilden natürlicher Niederschläge abzuraten.

3.2.5.1.3 **Einzelmodellregen**

Im Gegensatz dazu berücksichtigen Modellregen die ungleichmäßige Intensitätsverteilung von Niederschlägen. Regenspendelinien werden zu diesem Zwecke Abschnittsweise ausgewertet.

„Einzelmodellregen und Blockregenserien bauen nicht auf Originaldaten auf, sondern auf deren statistischer Auswertung in Form von Regenspendenlinien. Vor der Berechnung muss die Regenhäufigkeit gewählt werden. Zu beachten ist, dass diese Regenhäufigkeit von der eigentlichen Versagenshäufigkeit (Überstau, Überflutung) des Kanalnetzes je nach Entwässerungssystem mehr oder weniger deutlich abweicht.“ ÖWAV RB 11 (2009)

Eine häufig verwendete Form dieses Ansatzes ist der Modellregen nach Euler, Typ II. Dieser sieht eine Umstellung der Differenzintervalle vor, um einen der Natur nachempfundenen Intensitätsverlauf zu erreichen. Im Anschluss an die Wahl der Modellregendauer wird das Differenzintervall mit der höchsten Niederschlagsintensität beim 0,3-fachen der Modellregendauer -abgerundet auf ein Vielfaches von 5 Minuten - angesetzt. Daran schließen auf der Zeitachse nach links die nächst niedrigeren Intervalle an, bis der Zeitpunkt $t = 0$ erreicht ist. Die übrigen Regenintervalle schließen auf der Zeitachse nach rechts an und füllen den Zeitraum bis zum Modellregende auf. ÖWAV RB 11 (2009)

Somit ergibt sich die Form einer Verteilung wie in Abb. 3-8 dargestellt. Bis zum 0,3-fachen der Modellregendauer steigt die Spendelinie steil an, um dann flach abfallend auszulaufen.

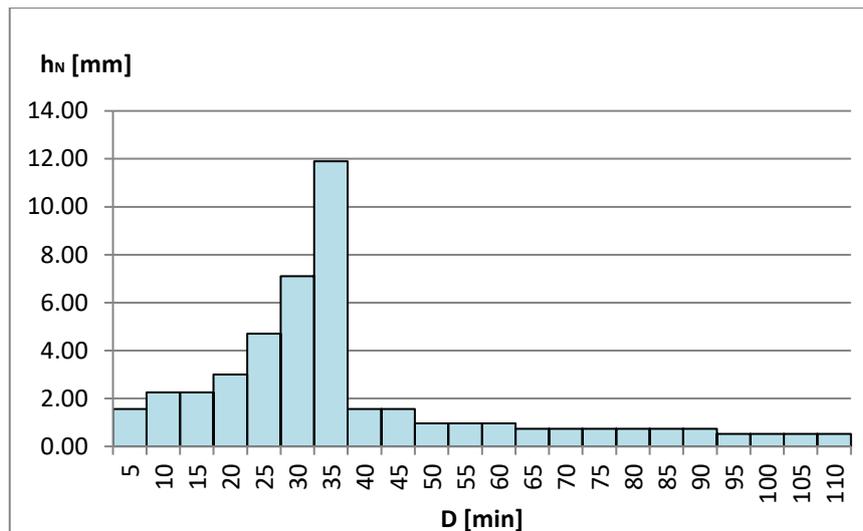


Abb. 3-8: Beispiel eines 120-minütigen Modellregens nach Euler Typ II, eigene Darstellung

„Die Simulation mit Einzelmodellregen nach Euler (Typ II) kommt in ihrer Aussage der Langzeitsimulation mit Starkregenserien häufig nahe, deckt aber das Niederschlagsverhalten nicht in allen Fragestellungen ausreichend ab, z. B. bei gesteuerten oder vom Speichervolumen geprägten Systemen.“ ÖWAV RB 11 (2009)

„...Die Dauer der Modellregenspitze sollte in der Regel 5 Minuten betragen. Dies entspricht im Allgemeinen der Fließzeit auf der Oberfläche. Die Dämpfung der Abflusswelle bei längeren Fließwegen auf der Oberfläche, z. B. bei Außengebieten, erfolgt im Rahmen der Berechnung des Regenabflusses mittels eines entsprechenden Oberflächenmodells. Einzelmodellregen nach Euler Typ II liefern in der Regel in den Kanalnetzen Abflüsse und Wasserstände, welche auf der sicheren Seite liegen.“ ÖWAV RB 11 (2009)

3.2.5.1.4 Modellregengruppen

Mehrere Modellregen unterschiedlicher Dauer, aber gleicher Wiederkehrzeit, deren Regenspendelinien sich abschnittsweise überdecken, werden Modellregengruppen genannt.

„In größeren Einzugsgebieten können kritische Abflusszustände sowohl von kurzen Starkregen als auch durch lang andauernde Regen mit großer Niederschlagshöhe hervorgerufen werden. Daher sollten bei längeren Fließzeiten im Netz für die Bemessung und den Überstaunachweis anstelle eines Einzelregens Modellregen unterschiedlicher Dauer aber gleicher Wiederkehrzeit angewendet werden.“ DATMOD (2015)

3.2.5.1.5 Starkregenserie

Da das Arbeiten mit einem Niederschlagskontinuum in einigen Anwendungen nicht zielführend oder zumindest mit einem sehr hohen Rechenaufwand und somit mit langen Rechenzeiten verbunden wäre, ist es oft sinnvoll, Starkregenserien zu erstellen. Dabei werden aus dem Regenkontinuum nicht relevante Regenereignisse (zu wenig Niederschlagshöhe oder Dauer) entfernt, sodass lediglich die Daten relevanter Niederschlagsereignisse verbleiben. Die Auswahl dieser relevanten Regen erfolgt nach bestimmten Kriterien. Es erfolgt keine statistische Bearbeitung.

„Um Starkregenserien aufstellen zu können, sind Aufzeichnungsdauern der Niederschläge von 30 Jahren oder mehr wünschenswert. Allerdings stehen Aufzeichnungen dieser Dauer heute eventuell (noch) nicht zur Verfügung. Die mindestens notwendige Registrierdauer hängt von der nachzuweisenden Überstauhäufigkeit ab.“ DATMOD (2015)

Überstauhäufigkeit	Minstdauer der Niederschlags-Registrierungen
1 in 1 bis 1 in 2 Jahren	10 Jahre
1 in 3 Jahren	15 Jahre
1 in 5 Jahren	20 Jahre
1 in 10 Jahren	30 Jahre

Tabelle 3-7: Empfohlene Richtwerte zur Minstdauer von Niederschlagsregistrierungen, adaptiert nach (DWA (2006b)) DATMOD (2015)

3.2.5.2 Abflussbildung

Wurde der Niederschlag definiert, befasst sich der nächste Vorgang in einem N-A-Modell mit der Abflussbildung. Dabei wird erhoben, welcher Teil des Niederschlags, der auf eine definierte Fläche fällt, zum Abfluss gelangt. Der andere Teil des auf die Fläche gefallenen Niederschlags versickert in den Untergrund, verdunstet oder verbleibt in/auf der Fläche als Muldenrückhalt oder in Form von Eis oder Schneedecken. Der zum Abfluss gelangende Teil wird als „effektiver Niederschlag“ bezeichnet. Dieses Volumen ist das Ergebnis der Abflussbildung, welches im nächsten Schritt als Eingangsgröße für die Abflusskonzentration benötigt wird.

Die wesentliche Rolle in der Abflussbildung eines Gebietes ist somit die Zusammensetzung der unterschiedlichen Flächen des Gebietes und der Beschaffenheit. Hinsichtlich deren Einfluss auf den Abfluss kann eine schematische Aufteilung nach Abb. 3-9 erfolgen, wie von DATMOD (2015) gezeigt:

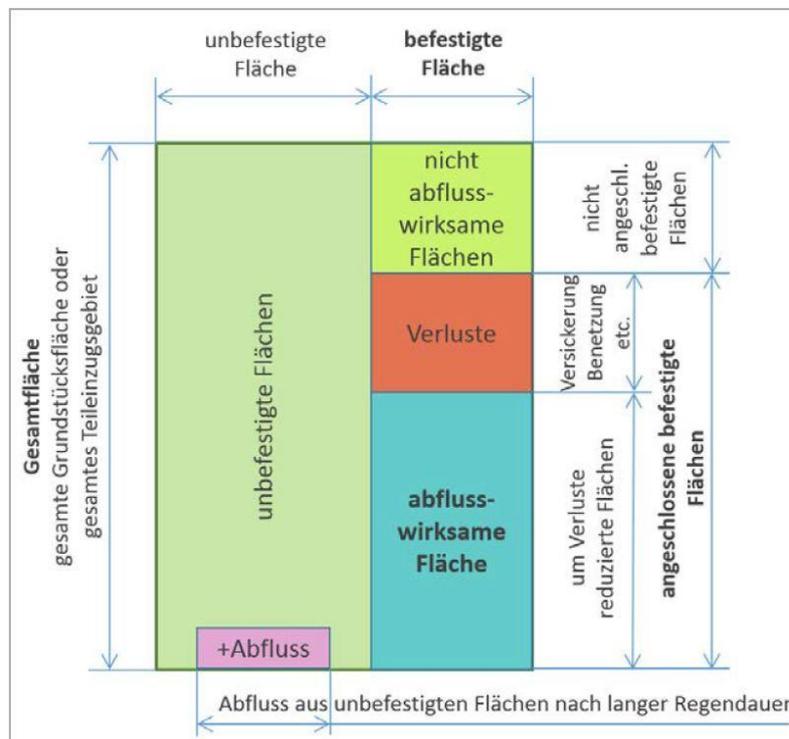


Abb. 3-9: Begriffsdefinitionen für die Flächenermittlung, DATMOD (2015)

Die Gesamtfläche eines Projektgebietes besteht demnach einerseits aus einem Anteil unbefestigter Flächen - dieser ist nicht angeschlossen und daher auch nicht abflusswirksam, wobei jedoch besonders nach längeren Regendauern und bei größeren Geländeneigungen (Bodensättigung, in weiterer Folge Oberflächenabfluss) ein Abfluss aus diesem entstehen kann. Diesem Anteil wird in Abb. 3-9 über das violette Feld Rechnung getragen.

Die befestigten Flächen andererseits, müssen genauer differenziert werden. Diese Gruppe enthält einen Anteil an Flächen, die zwar befestigt, jedoch nicht abflusswirksam sind, da sie nicht an das System angeschlossen sind (hellgrünes Feld in Abb. 3-9). Beispiele hierzu sind Dachflächen, welche in eine lokale Versickerungsmulde entwässern oder Verkehrsflächen, welche aufgrund deren Gefälle und Entwässerungsrichtung nicht zu einem Einlaufgitter hin entwässern, sondern über das Bankett in die nächste Grünfläche.

Der übrige Anteil der befestigten Fläche wird als angeschlossen betrachtet. Berücksichtigt werden muss jedoch, dass auch diese angeschlossenen Flächen nicht zu 100% entwässern, sondern durch Verluste (rotes Feld der Abb. 3-9) der Anteil des Abflusses verringert wird. Diese sind Versickerungen teildurchlässiger Flächen, zurückgehaltene Volumen in Mulden, Benetzungsverluste oder Verdunstungen. Diese abgezogen verbleibt die Summe der abflusswirksamen Fläche als Eingang für die Abflusskonzentration.

Manche Modelle bieten eine Vielzahl von Parametern und Einflussgrößen für die Berechnung der Abflussbildung. Künstliche Flächen (Dächer, Verkehrsflächen, befestigte oder teilweise befestigte Flächen lassen sich bezüglich deren Abflussbildung „relativ gut“ einschätzen. Auf natürlichen Flächen, also in erster Linie unbefestigten Flächen, ist dies schwieriger. Eine zentrale Rolle dabei spielen Bodenart, Bodenform und Untergrundverhältnisse. Für siedlungswasserbauliche Nachweise oder Bemessungen scheint es daher als praktikabel, natürliche Oberflächen lediglich grob nach Bodenart, Bewuchs und Neigung zu klassifizieren und dementsprechende Erfahrungswerte aus der Fachliteratur anzusetzen. Ein dabei oft verwendeter Parameter wird „Abflusskoeffizient“ genannt. Er gibt den Anteil des Flächenausmaßes an, welcher als abflusswirksam betrachtet wird. Der restliche Anteil gelangt nicht zum Abfluss und muss daher folglich entweder in/auf der Fläche verbleiben (rückgehalten werden) oder in Form von Wasserdampf entweichen (transpirieren/evaporieren).

3.2.5.3 Abflusskonzentration

„Unter Abflusskonzentration versteht man die Berechnung von Abflussganglinien aus dem abflusswirksamen Niederschlag, bezogen auf Endpunkte von Teileinzugsgebieten. Umfassen Teileinzugsgebiete dabei mehrere Haltungflächen, so wird durch die Abflusskonzentration sowohl der Abfluss auf der Oberfläche als auch der Transport im Kanal, zumeist Nebensammeln, zusammengefasst. Im Extremfall kann dies dazu führen, dass ein N-A-Modell nur noch aus der Abflussbildung und der Abflusskonzentration besteht, wenn ein gesamtes Kanalnetz oberhalb einer Entlastungsanlage oder eines Speicherbeckens in die Abflusskonzentration einbezogen wird.

Die Abflusskonzentration beschreibt die zeitliche Verteilung des Abflusses am betrachteten Punkt. Während bei der Abflussbildung nach dem Volumen der Abflusswelle gesucht wurde, beschäftigt sich die Abflusskonzentration mit der Form der Abflusswelle.“ DATMOD (2015)

Zur Abflusskonzentration werden von verschiedenen Modellen ebenfalls unterschiedliche Ansätze verfolgt. Wie bei der Abflussbildung können sehr detaillierte Berechnungen, aber auch sehr vereinfachte Ansätze zur Ermittlung herangezogen werden.

3.2.5.4 Abflusstransport

Die Ergebnisse aus dem vorangegangenen Prozess, der Abflusskonzentration, sind die Eingangswerte (= Zuflüsse) für den Prozess des Abflusstransportes im Entwässerungssystem. Zum Beginn dieses Prozesses werden die gebildeten und konzentrierten Abflüsse an einem Punkt des Entwässerungsnetzes eingeleitet. Dieser Punkt ist in Niederschlag-Abfluss-Modellen gleich dem Gebietsauslass der einzelnen Einzugs- bzw. Teileinzugsgebieten.

Ein wesentlicher Unterschied des Abflusstransportes im Kanal im Vergleich zum Oberflächenabfluss wird im Folgenden von DATMOD (2015) beschrieben:

„Im Gegensatz zum Oberflächenabfluss ist der Wellenablauf im Kanalnetz durch die Geometrie (Abmessungen) und Eigenschaften des Systems inklusive seiner Sonderbauwerke klar definiert. Somit lassen sich die Abflussvorgänge detailliert beschreiben, wobei die Betrachtung der eindimensionalen Strömungsverhältnisse meist ausreichend ist.“ DATMOD (2015)

Hinzu kommt ebenfalls der Trockenwetterabfluss aus Siedlungen und Gewerbe, welcher verteilt über das Kanalnetz zufließt und Eingang in die Modellberechnung findet, ebenso wie zufließendes Fremdwasser. Bei beiden Arten von Zuflüssen muss besonders auf tatsächliche, räumliche Verteilungen geachtet werden, da ein pauschales Aufteilen von Zuflüssen über die gesamte Kanallänge zu einer Verfälschung führt und konkrete Problembereiche „entlastet“. Besonders hinsichtlich Fremdwasser sind die Ergebnisse aus Kanalinspektionen und –befahrungen hierbei eine wertvolle Informationsquelle.

Beim Abflusstransport in Kanälen wird grundsätzlich von „Wellen“ gesprochen. Eine Welle beschreibt eine Veränderung einer Wasserspiegellage an einem beobachteten Ort über die Zeit. Physikalisch betrachtet bewegt sich eine gewisse Menge/Masse einer Flüssigkeit durch eine definierte Rohrstrecke von einem Ort höherer Energie zu einem Ort niedrigerer Energie und wiederfährt dabei verschiedene Kräfte wie Druck, Reibung, Luftwiderstand, Beschleunigung, etc. Dadurch wird die Form der Wellenganglinie beeinflusst, man spricht von „Wellenverformung“.

Dabei können wie durch DATMOD (2015) angeführt zwei grundsätzliche Effekte beobachtet werden:

- Translation (Wellenverschiebung)
- Retention (Wellendämpfung)

Die folgende Abbildung zeigt das Prinzip dieser Wellenverformung in einer Transportstrecke. Q_{zu} in blau dargestellt beschreibt den Zufluss am oberen Ende des betrachteten Abschnittes, Q_{ab} in rot dargestellt den Abfluss aus der betrachteten Abflusstrecke.

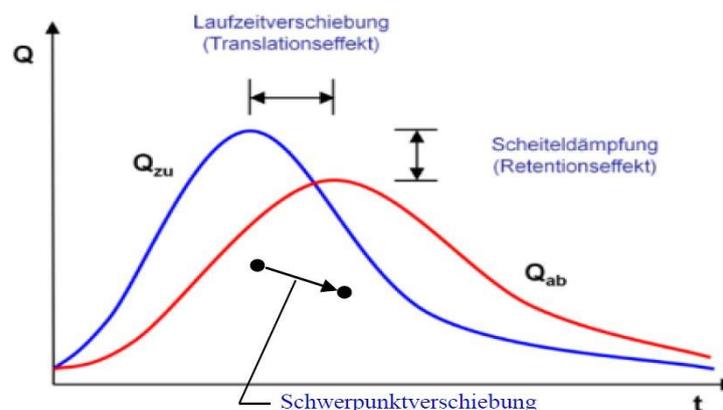


Abb. 3-10: Darstellung der Abflusstransformation in einer Transportstrecke, DATMOD (2015)

Der Translationseffekt ist Bestandteil jeder Abflussberechnung. Der Retentionseffekt kann dabei berücksichtigt werden oder unberücksichtigt bleiben. Wird die Retention berechnet, unterscheidet man zwei Ansätze:

- Hydrologischer Ansatz
- Hydrodynamischer Ansatz.

3.2.6 Niederschlag-Abfluss-Modelle

3.2.6.1 Hydrologische Modelle

„Hydrologische Verfahren verwenden Übertragungsfunktionen zur Berechnung des Abflusses. Dabei werden Wellenverschiebung und, in vereinfachter Form, Wellendämpfung berücksichtigt. An Vereinigungen werden die ankommenden Wellen überlagert.“

Hydrologische Verfahren berücksichtigen Beckenvolumen und Abflussbegrenzungen und werden daher vornehmlich zur Beurteilung der Mischwasserbewirtschaftung eingesetzt. Für die Beurteilung der hydraulischen Leistungsfähigkeit der Kanalisation sind sie nur eingeschränkt geeignet, da sie zwar Abflüsse berechnen, Wasserspiegellagen aber nur anhand von Übertragungsfunktionen abschätzen.“ ÖWAV RB 11 (2009)

Der Vorteil Hydrologischer Modellberechnungen liegt in der Vereinfachung, physikalische Prozesse nicht detailliert zu berücksichtigen. Daraus ergeben sich die Vorteile einer rascheren Berechnung und so die Möglichkeit, größere Gebiete und auch längere Zeiträume zu berechnen.

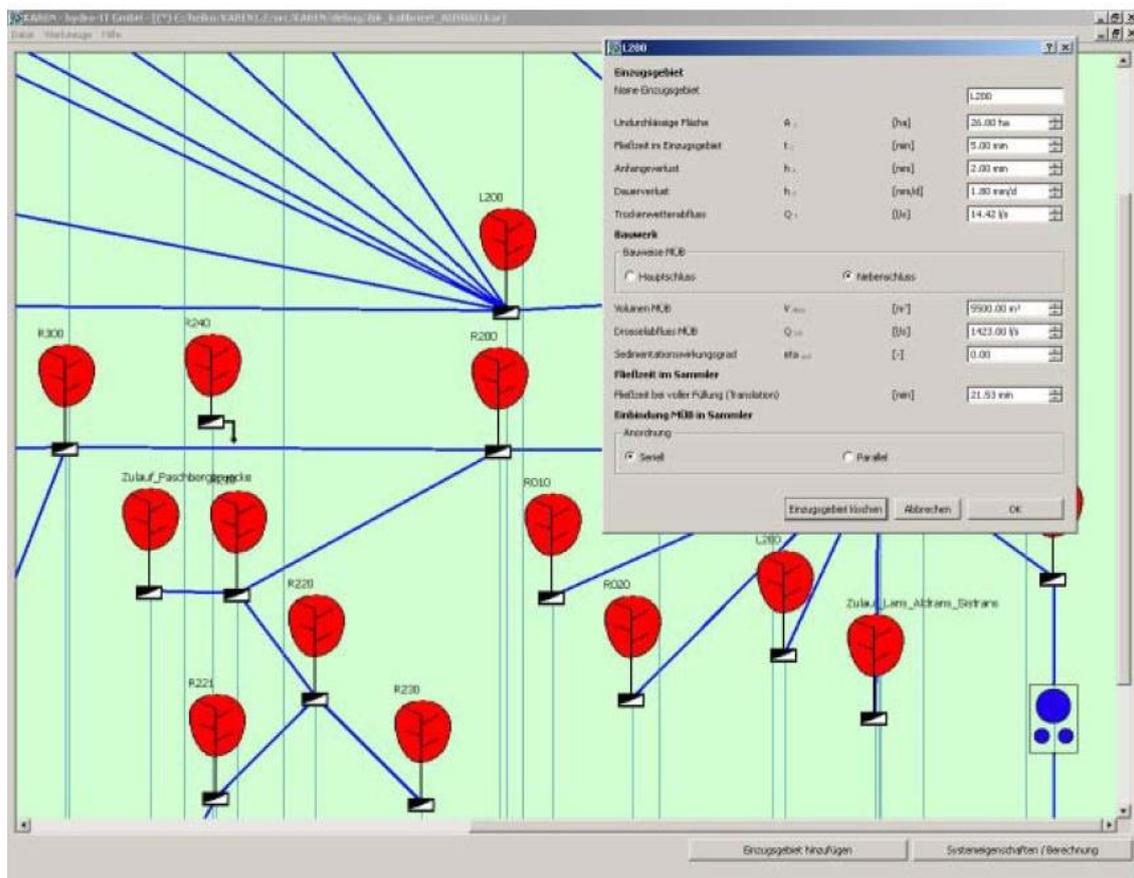


Abb. 3-11: Bsp. der Oberfläche einer hydrologischen N-A-Modell-Software, INSTITUT FÜR SIEDLUNGSWASSERBAU, INDUSTRIEWASSERWIRTSCHAFT UND GEWÄSSERSCHUTZ (2015)

Im ÖWAV RB 19 (2007) wird dazu erläutert:

„Hydrologische Abflussmodelle verwenden Übertragungsfunktionen, um aus dem abflusswirksamen Niederschlag die Abflussganglinien an einem bestimmten Punkt des Kanalnetzes zu berechnen. Bei der hydrologischen Langzeit-Simulation für die Ermittlung der jährlich entlasteten Mischwassermengen wird das Kanalnetz daher nur grob vereinfacht im Modell abgebildet. Im Extremfall werden die Abflussprozesse auf der Oberfläche und vor allem in der Kanalisation für das gesamte Einzugsgebiet eines Mischwasserüberlaufs nur mithilfe einer Übertragungsfunktion modelliert. Darin unterscheidet sich die hydrologische Simulation grundlegend von der hydrodynamischen Kanalnetzsimulation zur Ermittlung der hydraulischen Leistungsfähigkeit der Kanalisation, für die eine weitgehend exakte Abbildung des Kanalnetzes im Modell notwendig ist.“ ÖWAV RB 19 (2007)

3.2.6.2 Hydrodynamische Modelle

Im Gegensatz zum hydrologischen Ansatz ermöglichen die Berechnungen der Hydrodynamik detaillierte Abbildungen der Abflussvorgänge im Kanalsystem. Für die Überprüfung der hydraulischen Leistungsfähigkeit eines Rohrnetzes, für Überstau- und Überflutungsnachweise sind Hydrodynamische Modelle unentbehrlich. Leistungsstärkere EDV und benutzerfreundlichere Software haben in den letzten Jahren hydrodynamische Computermodelle in der Praxis verbreitet.

„Bei den hydrodynamischen Transportmodellen wird nicht auf empirische Übertragungsfunktionen zurückgegriffen. Der instationäre Transportvorgang kann durch die 1871 von de Saint-Venant für eine eindimensionale Strömung unter der Voraussetzung eines Freispiegelabflusses abgeleiteten partiellen, nichtlinearen Differentialgleichungen mathematisch beschrieben werden.“ DAT-MOD (2015)

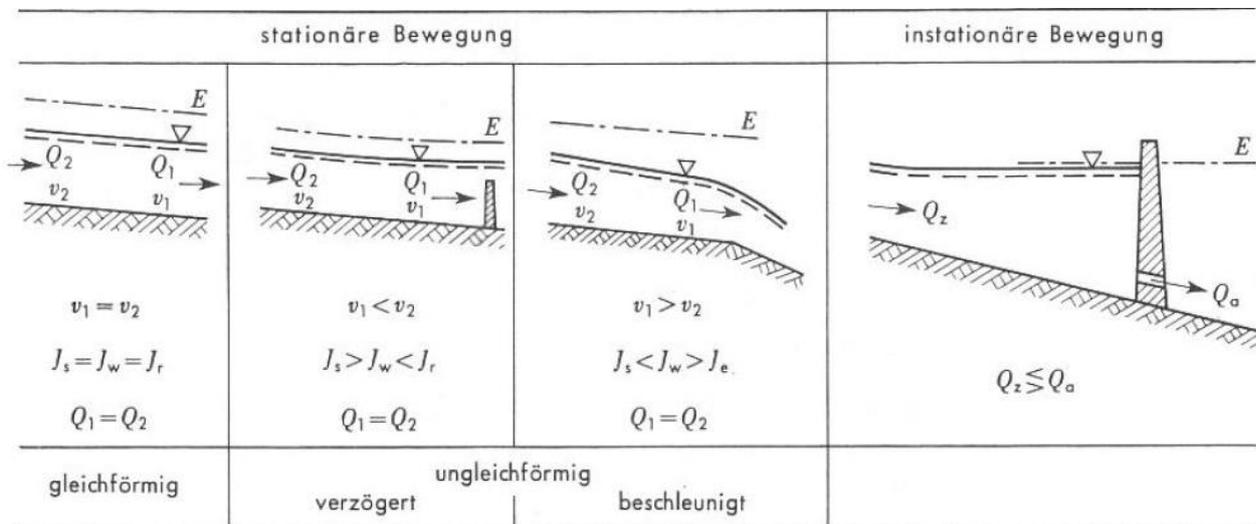


Abb. 3-12: Bewegungsarten des Wassers, Vergleich stationär – instationär, RÖSSERT (1976)

Auf die hydraulischen Berechnungsansätze soll hier nicht detailliert eingegangen werden, da darüber ausreichend Literatur für tiefergehende Betrachtungen vorhanden ist und für die Anwendung von hydraulischen Modellierungen ohnedies nicht zur Diskussion stehen. Ein grober Überblick soll jedoch jedem Anwender geläufig sein, um über die Grundsätze der im Hintergrund ablaufenden Berechnungen Bescheid zu wissen.

ÖWAV RB 11 (2009) erklärt hierzu:

„Da die vollständige Lösung des Gleichungssystems numerisch aufwendige Lösungsverfahren benötigt, werden in der Praxis vielfach Vereinfachungen des komplexen Gleichungssystems vorgenommen. Je nach Vereinfachung (diffusive Welle, kinematische Welle) werden Effekte wie Rückstau oder Dämpfung dann nicht mehr berücksichtigt.“ ÖWAV RB 11 (2009)

Tabelle 3-8: Berücksichtigte Effekte in den Vereinfachungen der Saint Venant Gleichungen, RAUCH et al. (2010)

Berücksichtigt	Dynamische Welle	Diffusive Welle	Kinematische Welle
Translation	Ja	Ja	Ja
Rückstau	Ja	Ja	Nein
Dämpfung der Welle	Ja	Ja	Nein
Abflussbeschleunigung	Ja	Nein	Nein

Die Fließgeschwindigkeit „v“ und die Wassertiefe „h“ stellen dabei jeweils die Unbekannten dar und werden berechnet. Bleibt der Durchfluss „Q“ konstant, wird von **stationärer Bewegung (Q₁=Q₂)** gesprochen.

Wird die Kontinuitätsgleichung unter Berücksichtigung des vorhandenen Rohrgefälles und der vorhandenen Rohrrauigkeit berechnet, so wird von „**kinematischer Welle**“ gesprochen. Sie beschreibt den Abfluss in einer Dimension (in Längsrichtung des Kanals), ohne Berücksichtigung von möglichen Rückstau- und Einstauverhältnissen. Querschnittsveränderungen (Wechsel der Rohrdimension und/oder –form, Fließquerschnittsveränderungen wie z.B. Einengungen) sind berücksichtigt.

Ergänzt man diese Betrachtung um das Element des Druckes, welcher den Abfluss „Q“ im Abschnitt verändern kann, so spricht man von „**Diffusionswelle**“. Fortan spricht man nicht mehr von stationärem Abfluss, sondern von instationärem Abfluss. Trägheitselemente werden jedoch nicht mit einbezogen.

Wiederum ergänzt durch die Elemente der lokalen und konvektiven Beschleunigung (bei Einstauen, etc.) erhält man die Berechnung der „**dynamischen Welle**“.

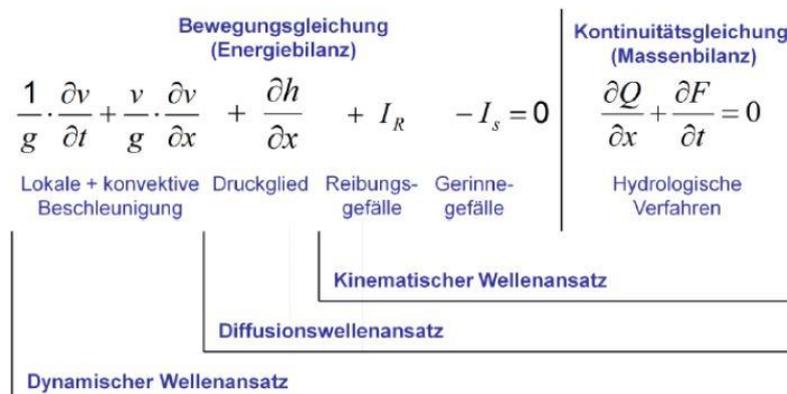


Abb. 3-13: Abflusstransport – Ansatz bei hydrodynamischen Modellen, DATMOD (2015)

„Beim dynamischen Wellenansatz werden schlussendlich auch die lokale und konvektive Beschleunigung miteinbezogen. Somit wird die gesamte Energiegleichung mit der Kontinuitätsgleichung gekoppelt und es können alle Prozesse physikalisch vollständig erfasst werden. Wichtig

ist zu erwähnen, dass falls der dynamische Wellenansatz vereinfacht werden soll, immer beide Beschleunigungsterme gestrichen werden müssen, da diese unter normalen Fließbedingungen gegenläufige Werte annehmen und somit der Fehler bei Vernachlässigung nur einer der beiden Terme größer würde als bei Vernachlässigung beider Terme.“ DATMOD (2015)

So umfassen die Berechnungen je nach Ansatz mehrere Elemente, die berücksichtigt werden. Allen gemeinsam ist, dass sie zumindest die Kontinuitätsgleichung inkludieren, welche besagt, dass in einem betrachteten Leitungsabschnitt der Abfluss zu Beginn des Abschnittes gleich groß dem Abfluss am Ende des Abschnittes ist. Anders formuliert, was in einen Abschnitt gelangt, gelangt im gleichen Ausmaß ans Ende des Abschnittes, ohne, dass sich dabei der Abfluss erhöht (entspräche Zuflüssen oder einer Beschleunigung) bzw. vermindert (entspräche einer Speicherung, Verlusten oder Verzögerung).

Ein solcher Abschnitt ist bei Kanalnetzsimulationen in der Regel gleich einer Haltung - also Abschnitte zwischen Schächten – daher werden in der Modellierung Zu- und Abflüsse an Knoten (Schächten) situiert, damit der Abschnitt wie eben erwähnt, berechnet werden kann. Treten doch Einleitungen in der Haltung auf, welche nicht an den nächsten Schacht modelliert werden können, müssen „künstliche Knoten“ modelliert werden, an welche der Zufluss ins System eingebunden wird. Dabei muss aber darauf geachtet werden, dass die Abschnitte nicht zu kurz werden, damit die Stabilität gegeben bleibt - doch mehr dazu in Kap. 3.2.7.2.

Mit jedem zusätzlichen Element steigt die Genauigkeit des Berechnungsergebnisses, jedoch damit auch die Berechnungszeit, was sich bei mittleren bis größeren Netzen erheblich auswirken kann. Die gestiegene Leistungsfähigkeit der elektronischen Datenverarbeitung ermöglicht Berechnungen der vollständigen Bewegungsgleichung (=dynamischer Wellenansatz), was auch in dem ATV-DVWK Regelblatt M-165 von 2004 über die Anforderungen an Niederschlag-Abfluss-Berechnungen in der Siedlungsentwässerung empfohlen wird.

3.2.6.3 Vergleich hydrologischer und hydrodynamischer Modelle

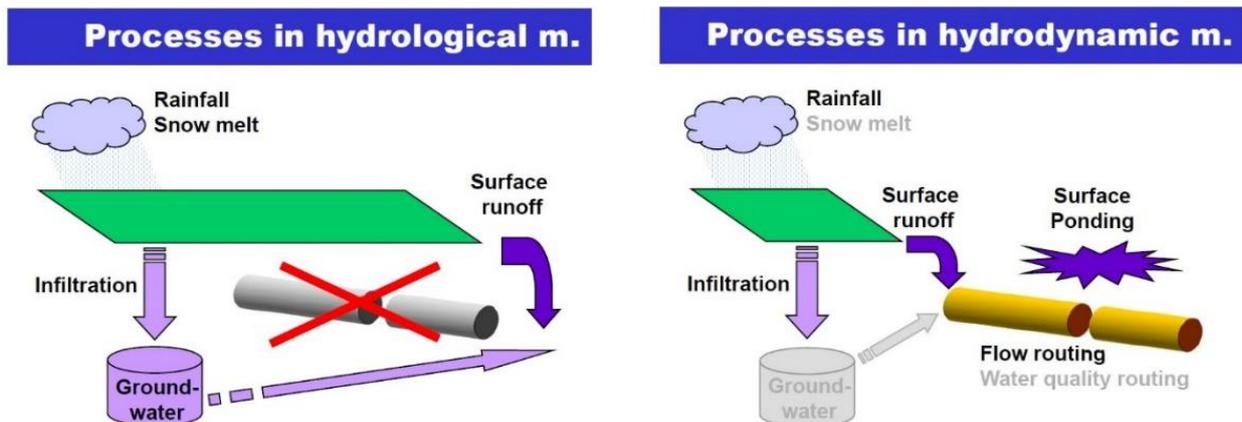


Abb. 3-14: Gegenüberstellung von hydrologischen und hydrodynamischen Berechnungsansätzen, INSTITUT FÜR SIEDLUNGSWASSERBAU, INDUSTRIEWASSERWIRTSCHAFT UND GEWÄSSERSCHUTZ (2015)

Die Abbildung Abb. 3-14 zeigt stark vereinfacht die Unterschiede der Schemata auf. Wie hier ersichtlich wird, berechnen beide Modelle den Abflusstransport, jedoch auf verschieden Art und Weise. Während im hydrologischen Ansatz das detaillierte Abflussgeschehen im Kanal von keinem Interesse ist, wird dieses im hydrodynamischen Ansatz berücksichtigt.

Beide Ansätze haben ihre Vor- und Nachteile. Je nach Fragestellung und gewünschtem Ergebnis kann die eine oder die andere Modellart geeignet sein. Allgemein kann gesagt werden, dass hydrodynamische Modelle genauer sind und daher auch mehr Informationen gewonnen werden können, jedoch auch der dafür notwendige Datenbedarf erheblich größer ist und die Modellerstellung aufwändiger. Eine sorgfältige Prüfung, welcher Ansatz für die geforderten Ergebnisse am sinnvollsten ist, kann daher wertvollen Zeit-, Arbeits- und Kostenaufwand ersparen.

Nachfolgende Tabelle von DATMOD (2015) stellt die Vor- und Nachteile hydrologischer und hydrodynamischer Modelle gut gegenüber:

Tabelle 3-9: Vor- und Nachteile der hydrologischer und hydrodynamischer Transportmodelle, DATMOD (2015)

Hydrologische Verfahren	Hydrodynamische Verfahren
<ul style="list-style-type: none"> • Kürzere Rechenzeiten • Evtl. geringerer Datenaufwand • Langzeitsimulationen • Einfachere Abbildung von Sonderbauwerken 	<ul style="list-style-type: none"> • Rechenintensiv • Großer Datenaufwand • Eingeschränkt für aktuelle Vorhersagen geeignet • Erfahrung des Anwenders erforderlich, vor allem in Bezug auf Sonderbauwerke und numerische Stabilität
<ul style="list-style-type: none"> • Berücksichtigt keinen Rückstau • Nur Massenbilanz an Knotenpunkten • Aggregieren einzelner Prozesse • Höhere Modellabstraktion zum realen System • Erfahrung des Anwenders erforderlich, vor allem in Bezug auf Abstraktion des realen Systems 	<ul style="list-style-type: none"> • Berücksichtigt Rückstau • Örtliche und zeitliche Berechnung des Durchflusses • Trennung der Fließvorgänge auf der Oberfläche von denen im Kanal • Geringere Modellabstraktion zum realen System

Da hydrologische Modelle grundsätzlich keine Wasserstände berechnen, sind sie für Fragestellungen hinsichtlich Überstau und Überflutungen im Entwässerungsgebiet ungeeignet. Für solche Fragestellung ist die Hydrodynamik anzuwenden, welche exakte Aussagen über punktuell auftretende Höchstwasserstände treffen kann.

Tabelle 3-10: Modellansatz und mögliche Berechnungsaussagen, DATMOD (2015)

	Überstau (z.B. nach ÖWAV-Regelblatt 11)	Überflutung (z. B. nach EN 752)	Abflussbilanz (z. B. nach ÖWAV-Regelblatt 19)
Hydrologisches Modell	nicht möglich	nicht möglich	empfohlen
Hydrodynamisches Modell	empfohlen	empfohlen	möglich

3.2.7 Grundsätze der Modellierung von Entwässerungssystemen

Bereits in Kapitel 3.2.1 wird angeführt:

„Ein Modell ist ein durch Abstraktion (Reduzierung und Verallgemeinerung) gewonnenes Abbild eines bestimmten Ausschnitts der Realität.“ ROLLKE und SENNHOLZ (1994; zit. bei PREETZ (2005))

Hieraus geht schon hervor, dass zum Zwecke der Modellierung die Gegebenheiten der Realität „reduziert“ oder „verallgemeinert“ werden müssen, um sie in einem Modell behandeln zu können. Mit welchen modelltechnischen Ansätzen diese Reduktion geschehen kann, wurde im vorigen Kapitel behandelt. Nunmehr stellt sich die Frage, mit welchen Genauigkeiten diese Ansätze berechnet werden sollen.

In diesem Zusammenhang wird von:

- **Räumlicher Auflösung** und
- **Zeitlicher Auflösung**

gesprochen. Unter räumlicher Auflösung versteht man den Detailliertheitsgrad der Abbildung der Oberfläche bzw. des Kanalnetzes im Modell. Die zeitliche Auflösung beschreibt die Größe der Zeitschritte, in denen die Berechnungen nacheinander durchgeführt werden.

3.2.7.1 Räumliche Auflösung

Bei der Betrachtung des Gesamtsystems hinsichtlich der Genauigkeit der räumlichen Darstellung / Modellierung muss zwischen der räumlichen Auflösung auf Oberflächenebene und auf Netzebene unterschieden werden. Je nach erwünschtem Aussageergebnis und Fragestellung kann es sinnvoll sein, unterschiedliche Auflösungen von Kanalnetz und Oberfläche für die Modellierung zu verwenden.

Als mögliche Gründe hierfür wird vom DATMOD (2015) angeführt:

- *„Unterschiedliche Überregnungen oder unterschiedliche abflusswirksame Flächen sollen berücksichtigt werden.*
- *An bestimmten Stellen des Entwässerungssystems, wie beispielsweise an Sonderbauwerken, sind Aussagen gewünscht.*
- *Die unterschiedlichen durchzuführenden Nachweise stellen bzgl. der Abstraktion der Oberfläche und des Kanalnetzes unterschiedliche Anforderungen an das Modell.“* DATMOD 2015

Tabelle 3-11: Räumliche Auflösung der Oberfläche und des Kanalnetzes und deren Anwendungsgebiete, DATMOD (2015)

	Oberfläche	Kanalnetz	ÖWAV-RB 11 (Überstau)	ÖWAV-RB 19 (Weiterleitungswirkungsgrad)
Detaillierungsgrad ↓	Einzugsgebietsebene	Hydrologisch/konzeptionell	Nein	Ja
	Teileinzugsgebiets- ebene	Ebene Hauptsammler (Grobnetz)	Mit Einschränkungen	Ja
	Grundstücksebene/ teilflächendifferen- zierte Ebene	Ebene Haltungen (Feinnetz)	Ja	Ja (falls Rechnerkapazität ausreichend)

3.2.7.1.1 Räumliche Auflösung der Oberfläche

Im Leitfaden „Auf effizientem Wege von den Daten zum Modell“ von DATMOD (2015) werden im Wesentlichen vier Abstraktionsstufen der Oberfläche unterschieden, welche nachfolgend von der größten zur feinsten Stufe angeführt werden:

- Ebene 1: Einzugsgebietsebene
- Ebene 2: Teileinzugsgebietsebene
- Ebene 3: Grundstücksebene
- Ebene 4: teilflächendifferenzierte Ebene

Für die praktischen Untersuchungen im Rahmen dieser Masterarbeit wurde die höchste Detailliertheitsstufe gewählt, da das Arbeiten mit hydrodynamischen Modellen auf dieser Auflösungsebene der Oberfläche bisher selten umgesetzt und Erfahrungsberichte davon rar sind. Die mittlerweile verfügbare Kombination von GIS-Anwendungen mit hydrodynamischer Modellierungssoftware legt dazu die nötige Werkzeuggrundlage dar, welche hier unter anderem auf Gebrauchstauglichkeit getestet werden soll.

Die nachstehende Abbildung stellt die Ebenen der räumlichen Auflösung schematisch dar:

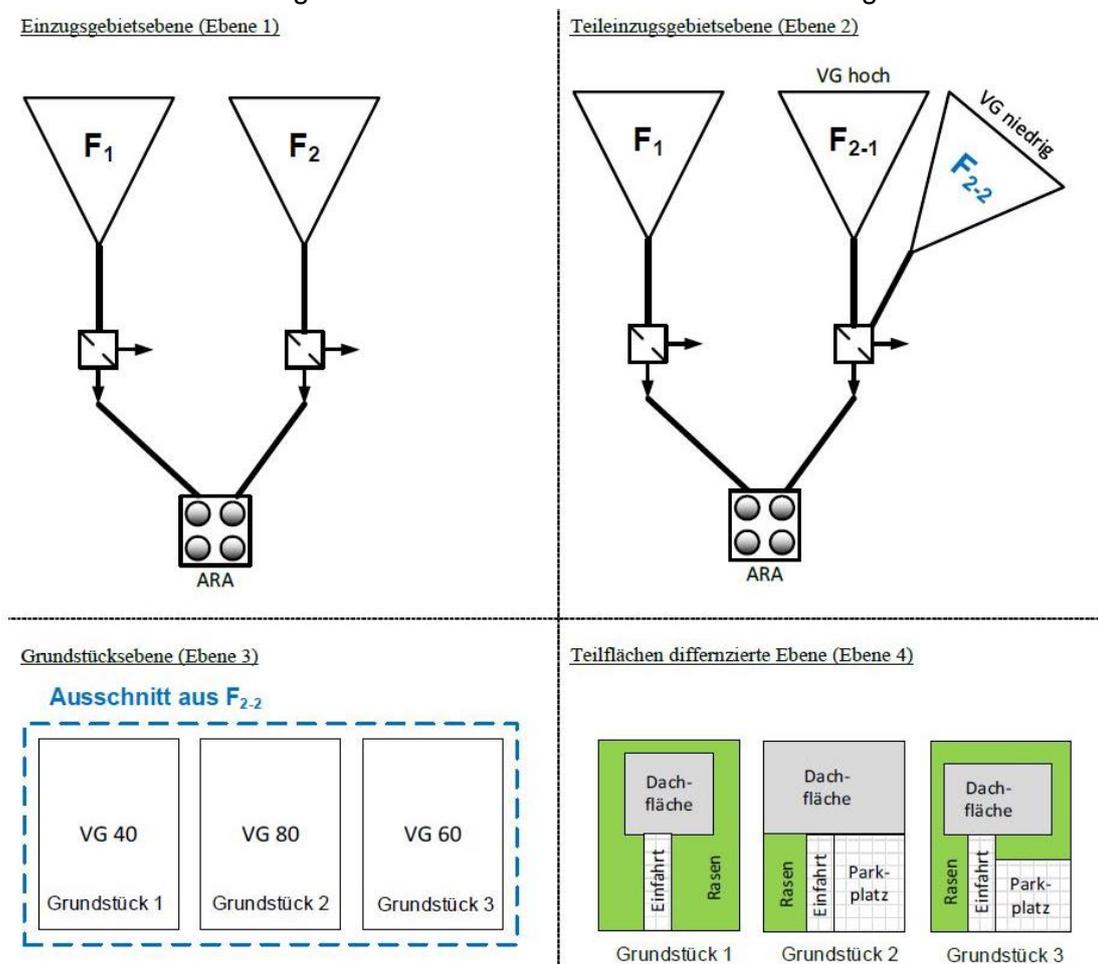


Tabelle 3-12: Räumliche Abstraktionsstufen exemplarisch und schematisch dargestellt DATMOD (2015)

Der Aufwand der Erhebung der Oberflächen steigt mit dem Detailliertheitsgrad und ist auf Ebene 4 am höchsten. Jedoch ergibt sich der Vorteil, dass auf Ebene 4 keine sogenannten „Verschmierungen“ notwendig sind (im Vergleich zu Ebene 1 bis 3). Diese müssen nämlich abgeschätzt werden – das heißt viele kleine Flächen werden zu größeren Flächen zusammengefasst und ein gemeinsamer Versiegelungsgrad angesetzt („Verschmierung“). Bei jeder Änderung der

Flächen im Gebiet müsste daher das betroffene Gebiet neu beurteilt werden. Dies entfällt auf der teilflächendifferenzierten Eben, wie auch im Leitfaden DATMOD (2015) angeführt wird:

„Die detaillierteste Betrachtungsebene ist die sogenannte teilflächendifferenzierte Ebene. Dabei wird jedes Grundstück bzw. jede Haltungfläche noch weiter in Teilgebiete unterteilt. Hierzu zählen z. B. Dachflächen, Grundstücksflächen nach Landnutzung, Gehsteige, Verkehrsflächen etc. Dadurch werden keine „Versmierungen“ mehr bei der Abstraktion der Flächen vorgenommen. Zudem entsteht der Vorteil, dass die Daten direkt aus einem GIS bezogen werden können und etwaige Änderungen in der Zukunft auch unmittelbar simultan im GIS und im Modell eingearbeitet werden können. Bei einer räumlichen Auflösung der Ebene 1-3 fällt eine Aktualisierung der Flächendaten und Flächeneinteilungen aufgrund der vorzunehmenden „Versmierungen“ deutlich schwerer.“ DATMOD (2015)

Daraus ergibt sich, dass bei einem bestehenden Oberflächenmodell eines Entwässerungsgebietes mit der Ebene 4 bei späterer Einarbeitung von Änderungen nur neue Flächen und Veränderungen digitalisiert werden müssen, was bei Verfügbarkeit entsprechender Orthofotos verhältnismäßig schnell und einfach vorgenommen werden kann.



Abb. 3-15: Darstellung eines teilflächendifferenzierten Oberflächenmodells einer Siedlung, eig. Darstellung
Eine Zusammenfassung der Vorteile der Teilflächendifferenzierung ist nachfolgend nach DATMOD (2015) angeführt:

- *„Die genaue Erhebung der Flächen mittels Fernerkundung kann die Vor-Ort-Erhebungen auf die Feststellung der Abflusswirksamkeit reduzieren.*
- *Die Nachvollziehbarkeit der Ermittlung der abflusswirksamen Flächen wird erhöht.*
- *Den einzelnen Teilflächen können Abflussbeiwerte entsprechend der Oberflächenart (Material, Neigung, Durchlässigkeit) besser zugeordnet werden.*
- *Bei zukünftigen Veränderungen der Bebauung, müssen nur die geänderten Flächen nacherhoben werden.*
- *Die genaue Erfassung aller Teilflächen stellt eine wesentliche Grundlage bei der Planung von dezentralen Lösungen der Niederschlagswasserbewirtschaftung dar (benötigte Versickerungsflächen, etc.).*
- *Anhand der Befestigungskategorien können Schmutzstofffrachten abgeschätzt werden.*
- *Genaue Flächenerhebungen stellen eine wesentliche Grundlage bei der Splittung von Abwassergebühren dar.“* DATMOD (2015)

Wesentlich von Vorteil ist auch die Tatsache, dass Ungenauigkeiten und Schätzfehler der „Verschmierungen“ ausgeschaltet werden. Somit ist die Tendenz, Abflussbeiwerte aus Gründen der Bemessungssicherheit eher zu über- als zu unterschätzen, eliminiert. Nachweise können sodann mit genaueren Bestandsdaten durchgeführt werden, was exaktere Abbildungen der tatsächlichen Situation ergibt.

3.2.7.1.2 Räumliche Auflösung des Netzes

Bei der Unterteilung des Netzes hinsichtlich der abgebildeten Genauigkeit wird im Allgemeinen in 3 Ebenen unterschieden:

- Ebene 1: Hydrologisch / Konzeptionell
- Ebene 2: Grobnetz (Ebene Hauptsammler)
- Ebene 3: Feinnetz (Ebene Haltungen)

Für hydrodynamische Untersuchungen ist eigentlich nur die Ebene des Feinnetzes relevant. Vereinfachungen machen hier wenig Sinn, da wesentliche Komponenten des Systems einfach weggekoppelt würden, was die Ergebnisse verfälschen würde.

„Beim sogenannten „Feinnetz“ werden neben den Hauptsammlern auch die Nebensammler bei der Modellierung abgebildet. Man bewegt sich also auf „Haltungsebene“, die modellhafte Abbildung des Kanalnetzes ist haltungsgetreu. Der Überstaunachweis nach ÖWAV-Regelblatt 11 lässt sich mit dieser Abstraktionsstufe durchführen, da alle relevanten Kanäle und Schächte dargestellt und die entsprechenden Wasserstände simuliert werden. Aufgrund des hohen Detaillierungsgrades steigt die Berechnungszeit der Simulation stark an.“ DATMOD (2015)

3.2.7.2 Zeitliche Auflösung

Bei der Wahl der zeitlichen Detaillierung muss prinzipiell auf drei verschiedene Bereiche Rücksicht genommen werden, welche in nachfolgender Abbildung angeführt werden:

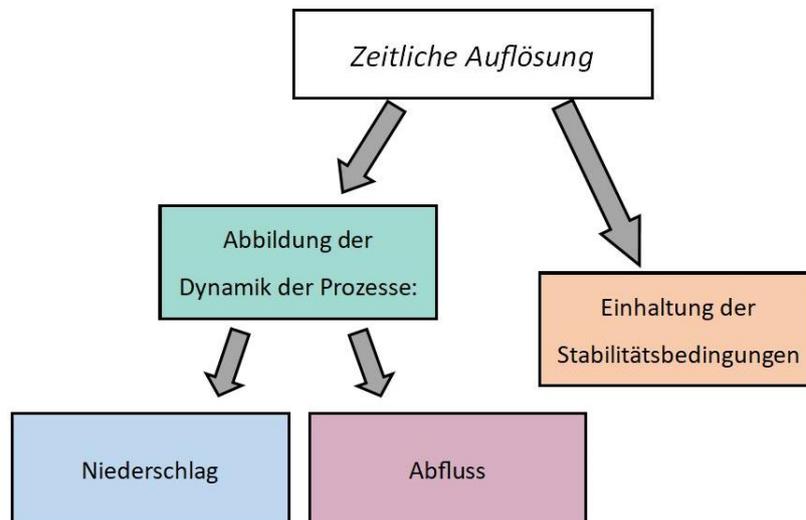


Abb. 3-16: Aspekte der zeitlichen Auflösung in der N-A-Modellierung, eigene Darstellung

Einerseits gilt es die wesentlichen Prozesse – Niederschlag und Abfluss – ausreichend genau abbilden zu können, andererseits hat der gewählte Berechnungszeitschritt Einfluss auf die Stabilität der Berechnung und muss daher ausreichend klein gewählt werden. Dabei muss immer berücksichtigt werden, dass kleinere Zeitschritte zwar die Genauigkeit der Ergebnisse erhöht, aber auch den Berechnungsaufwand und somit deren Zeitbedarf steigert.

Dass bei größerer zeitlicher Auflösung wesentliche Informationen über die Charakteristik und Dynamik der jeweiligen Prozesse verloren gehen, zeigen die nachfolgenden beiden Grafiken, welche dem Leitfaden des DATMOD (2015) entnommen wurden:

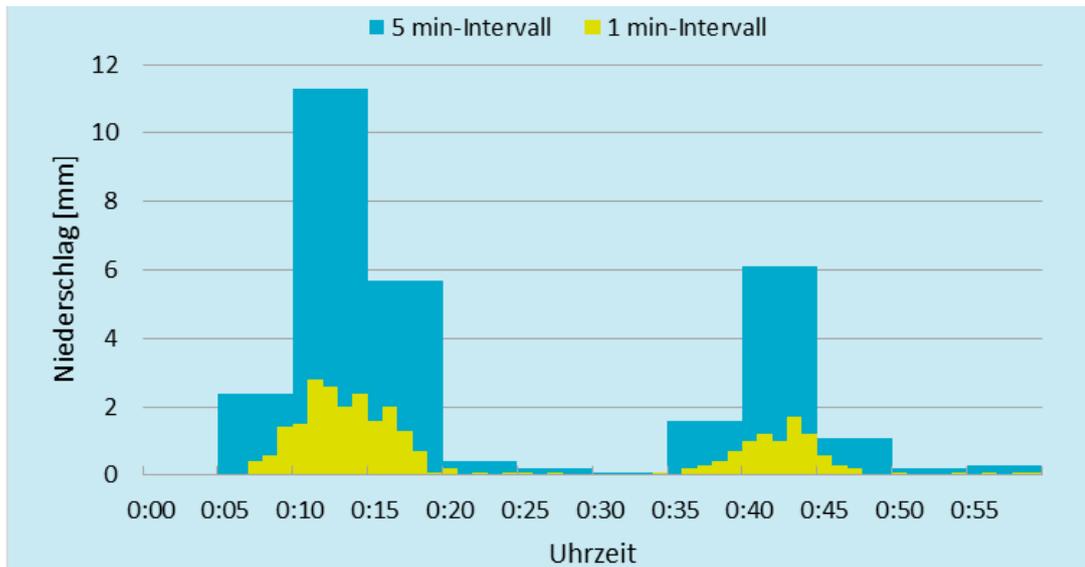


Abb. 3-17: Charakteristika einer Niederschlagsverteilung unterschiedlicher zeitlicher Auflösung, DATMOD (2015)

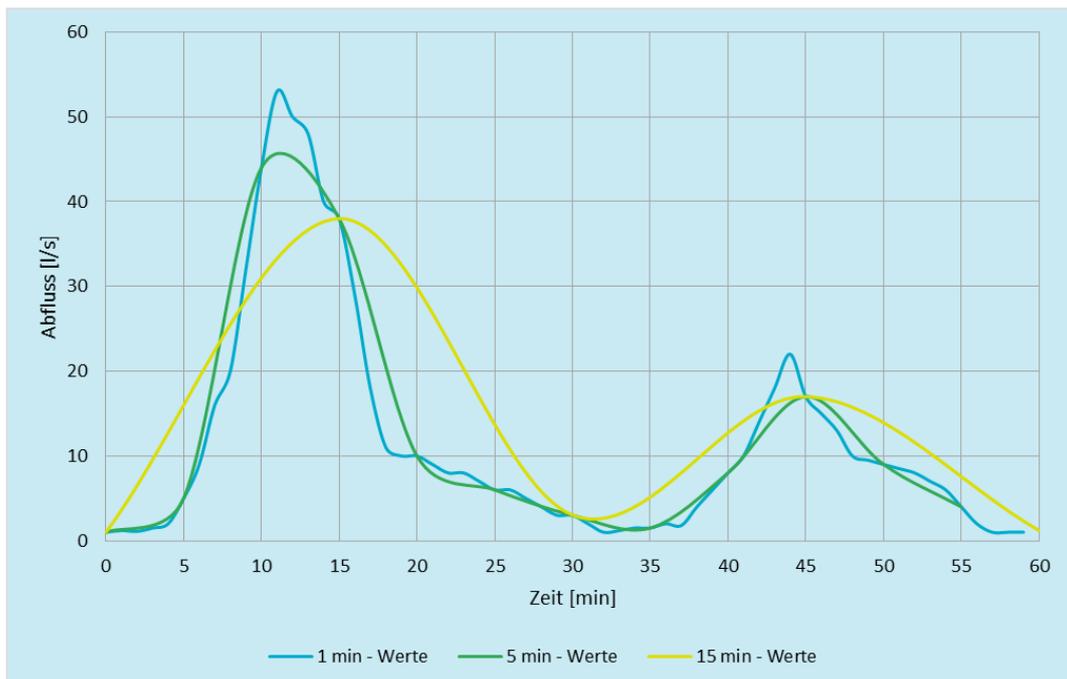


Abb. 3-18: Charakteristika einer Abflussganglinie unterschiedlicher zeitlicher Auflösung, DATMOD (2015)

Beide Abbildungen zeigen jeweils dasselbe Ereignis, nur in unterschiedlicher Zeitauflösung. In Abb. 3-17 wird deutlich, dass die feinen Unterschiede der 1-Minuten-Intervalle in der 5-Minuten-Intervall-Darstellung verloren gegangen sind. Noch Drastischer zeigt sich in Abb. 3-18, dass bei den Ganglinien größerer Auflösung die Abflussspitzen stark gedämpft wiedergegeben werden (im Beispiel um deutlich mehr als 10 l/s). Besonders bei der Fragestellung von Überstauereignissen würde somit eine wesentliche Verfälschung entstehen und für die gewünschte Aussagekraft nicht zielführend sein.

Hinsichtlich der Stabilitätsbedingungen müssen die Zeitschritte der Berechnung so gewählt werden, dass Störungen in der Berechnung bei deren Fortpflanzung nicht das Ende der Haltung erreichen. Dies gilt für explizite Verfahren. Kurze Haltungen sind somit besonders anfällig. Zur Überprüfung der numerischen Stabilität kann mittels der „Courant-Bedingung“ berechnet werden, ob die gewählten Zeitschritte ausreichend klein gewählt wurden.

Zur Vermeidung sehr kleiner Zeitschritte können mehrere Haltungen zu Berechnungsabschnitten zusammengefasst werden. Allerdings gehen dann auch Informationen über diese Haltungen verloren. ATV (2004, zit. bei DATMOD (2015)).

Für implizite Verfahren gilt:

„Implizite Lösungsverfahren bleiben generell stabil. Daher hat die Abbildung der Dynamik des Niederschlag-Abfluss-Geschehens hier Priorität. Um die Abflussdynamik ausreichend genau erfassen zu können, ist die Länge der Zeitschritte dementsprechend zu wählen. Üblich sind Zeitschritte zwischen 0,5 und 5,0 Minuten.“ ATV (2004, zit. bei DATMOD (2015))

3.3 Grundlagen des Datenmanagements

3.3.1 Datenmanagement

„Unter dem Begriff Datenmanagement versteht man alle organisatorischen, methodischen, konzeptionellen, technischen Maßnahmen und Verfahren zur Behandlung der Ressource Daten.“
ÖWAV RB 22 (2015)

Ein ähnlicher Begriff ist „Datenverwaltung“. Von zentraler Bedeutung ist in beiden Begriffen, ein effizienter Umgang mit großen Mengen an Information.

Wie ein solches Management für hydrodynamische Modellierungen aussehen kann, ist im Leitfaden DATMOD (2015) in Abb. 3-19 schematisch dargestellt. Sie zeigt in der obersten Ebene den Arbeitsablauf, darunter dazugehörige Listen an Daten bzw. Möglichkeiten. Wiederum darunter, sind die jeweiligen Anforderungen angeführt.

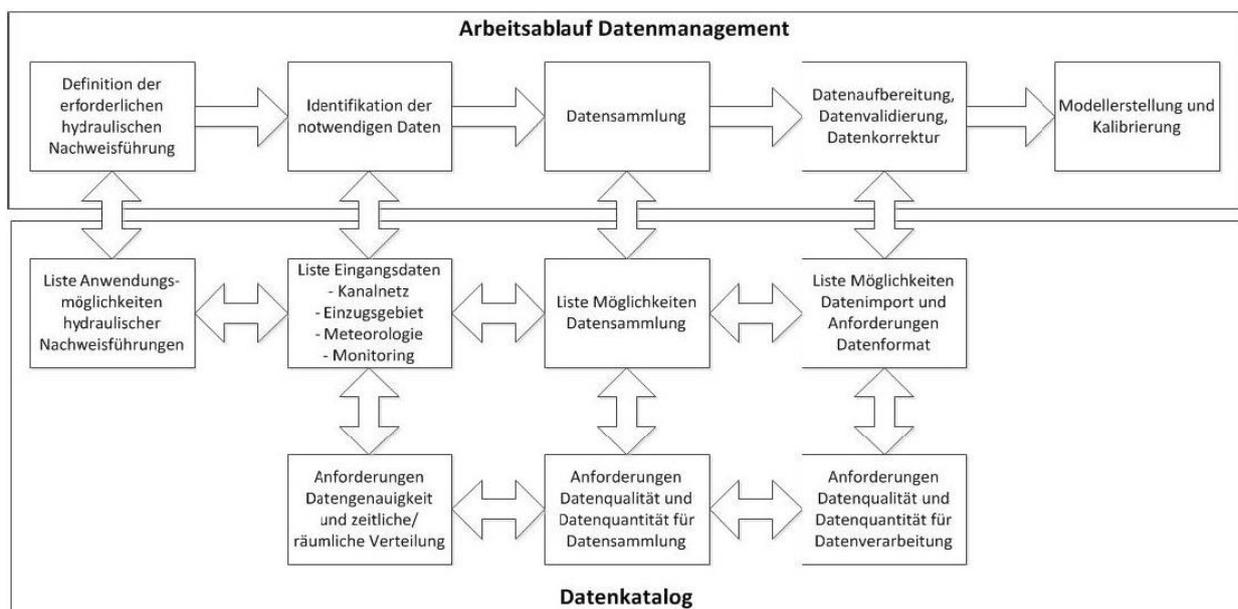


Abb. 3-19: Ganzheitliches Datenmanagement in der Kanalnetzmodellierung DATMOD (2015)

Folgende Schritte des Ablaufes eines Datenmanagements, können unterschieden werden:

- Daten - Bedarfserhebung
- Datenerhebung / -sammlung
- Datenprüfung
- Datenaufbereitung / -korrektur
- Datenverwendung – (Modellerstellung / Kalibrierung)
- Datenpflege

Im Folgenden werden diese kurz beschrieben.

3.3.1.1 Daten - Bedarfserhebung

Zu Beginn jedes Projektes sollte man eine genaue Abgrenzung vornehmen, welche Daten benötigt werden. Je nach gewünschtem Ziel, können bestimmte Daten unerlässlich, in anderen Fällen aber unbrauchbar sein. Die jeweilige Fragestellung einer Untersuchung definiert die Art des Ergebnisses, anders formuliert, die gewünschte Aussage. Diese wiederum bestimmt, welche Daten und welche Form derselben von Nöten ist, um das Ergebnis zu erreichen.

Abb. 3-20 versucht diesen Zusammenhang grafisch darzustellen.

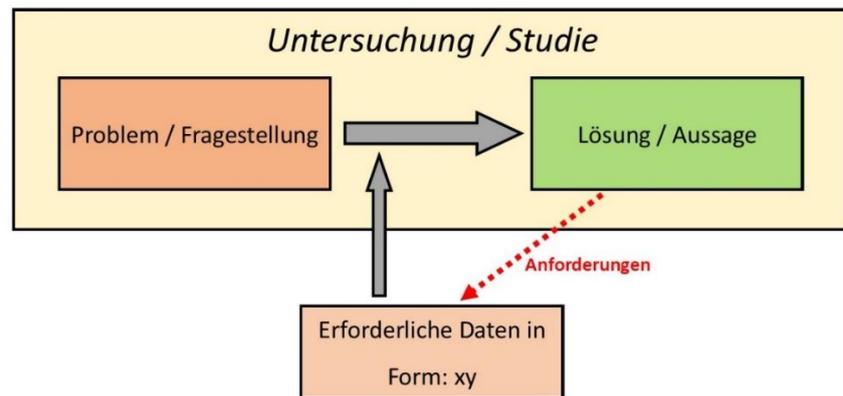


Abb. 3-20: Einfluss des gewünschten Ergebnisses auf den Datenbedarf, eigene Darstellung

In der Kanalbewirtschaftung werden im Zusammenhang mit Modellierung als gewünschte Aussage oft die Nachweise nach ÖWAV-Regelblatt 11 und 19 verlangt. Die Fragestellung dazu kann beispielsweise, angelehnt an Abb. 3-20, formuliert werden:

- Nachweis gem. RB 11: Ist der Schutz gegenüber Überflutungen gegeben?
- Nachweis gem. RB 19: Wird der Mindestweiterleitungsgrad vom Oberflächenabfluss zum Schutz der Gewässer eingehalten?

Da diese Nachweise genau definieren, wie das gewünschte Ergebnis aussehen soll, ist der Datenbedarf für die Nachweise nach ÖWAV-Regelblatt 11 und 19 genau bekannt und wurde von DATMOD (2015) zusammengefasst in Tabelle 3-13.

In der rechten Spalte ist angemerkt, welche Daten in einem Leitungsinformationssystem nach ÖWAV-Regelblatt 40 zur Verfügung gestellt werden. Es ist gut zu erkennen, dass für einen Nachweis nach Regelblatt 19 alle leitungsbezogenen Daten und für einen Nachweis nach Regelblatt 11 fast alle leitungsbezogenen Daten über ein entsprechendes LIS verfügbar sind. Der Vorteil des Vorhandenseins eines LIS und dessen Verknüpfung mit einem hydrodynamischen N-A-Modell wurde bereits in Kap. 3.1.4 behandelt.

Neben der Frage, welche Daten von Bedarf sind, ist auch die Fragestellung nach deren Form von besonderer Wichtigkeit. Dies ist bei der Vielfalt an möglichen Datenformen und -formaten nicht unwesentlich. Besonders umgangssprachlich gebrauchte Begriffe wie „Regendaten“, „Abflussdaten“ etc. geben nicht exakt an, was genau gemeint ist. Hier muss genau definiert werden, welche Informationen, in welcher Form benötigt werden. Konkrete Fragestellungen benötigen Daten in entsprechender Form hinsichtlich:

- Auflösung (räumlich, zeitlich)
- Messgenauigkeit
- Zeitraum / -spanne der Datenaufzeichnung
- Alter der Daten / Aktualität

Darüber hinaus sollte immer angegeben werden, wer die Informationen erhoben hat, wann und auch besonders, wie. Diese Informationen helfen, Datensätze nachvollziehbar zu machen und bei späteren Vergleichen mit neueren Messreihen beispielsweise, Erklärungen für mögliche Unterschiede oder Unstimmigkeiten abzuleiten. Auch für Beurteilungen der Datenqualität sind diese Angaben unerlässlich. In diesem Zusammenhang werden sie auch „Metadaten“ genannt.

Tabelle 3-13: Vergleich der erforderlichen Daten nach den ÖWAV-Regelblättern 11 und 19 mit den verfügbaren Daten, ÖWAV RB 40 (2010)

Datenbedarf	Nachweis gem. RB 11	Nachweis gem. RB 19	Verfügbar gem. RB 40
Einzugsgebietsbezogene Daten			
• Bemessungsgröße der ARA	-	X	-
• EW angeschlossen an TS	X	X	(X)
• EW angeschlossen an MS	X	X	(X)
• Fläche des EZG	X	X	-
• Breite des EZG	X	-	-
• Gelände- / Flächenneigung	X	-	-
• Befestigungsgrad des EZG (befestigte und nicht befestigte Fläche im EZG)	X	X	-
• Art / Beschaffenheit der Fläche (z.B. Dach / Verkehr / etc.)	X	-	-
• Teil-EZG je MW-Entlastung	X	X	-
• Anfangsverlust	X	X	-
• Dauerverlust	X	X	-
Leitungsbezogene Daten			
• Bezeichnung, Lage und Geometrie der Mischwasserüberläufe (Wehrhöhe, etc.)	X	X	X
• Bezeichnung, Lage und Geometrie der Speicherbauwerke (Zu-, Ab-, Überlauf)	X	X	X
• Bezeichnung, Lage und Geometrie der Pumpensümpfe	X	-	X
• Pumpenkennlinien	X	-	-
• Ein- / Ausschaltpunkte der Pumpen	X	-	-
• Lage der Schächte	X	-	X
• Schachtbezeichnung	X	-	X
• Schachthöhen (GOK, Sohle)	X	-	X
• Schachtgeometrie	X	-	X
• Leitungsbezeichnung / -art	X	-	X
• Lage der Haltungen (Anfangs- / Endschacht)	X	-	X
• Profil / Durchmesser / Material (Rauigkeit) je Haltung	X	-	X
• Höhe Rohranfang und -ende	X	-	X
• Länge der Haltungen	X	Nur Hauptsammler	X
• Gefälle der Haltungen	X	-	X
• Schieberausgangs- / -endstellungen	X	-	-
• Durchflussquerschnitte / -beiwerte von Regelorganen und Schiebern	X	-	-
Hydrologische Daten			
• Ganglinie der Regenintensität (Regenkontinuum, (Stark-) Regenserien, Modellregen)	X	-	-
• Ausgewertete Niederschlagsstatistiken	X	-	-
• Niederschlagszeitreihen	Für Starkregenserie	X	-
Monitoring Daten			
• Trockenwetterabfluss	X	X	-
• Fließzeit im EZG	X	X	-
• Niederschlagsereignisse	X	-	-

Eine genaue Erhebung, welche Daten - und in welcher Form - für die jeweilige Fragestellung von Nöten sind, gilt als erste organisatorische Aufgabe im Datenmanagement. Es wird damit gewährleistet, dass keine wichtigen Daten vergessen werden, aber auch, dass keine falschen oder unnötigen Daten erhoben bzw. gesammelt werden.

3.3.1.2 Datenerhebung bzw. -sammlung.

Erhebung bedeutet, dass die Information noch nicht erfasst ist und sozusagen Daten „generiert“ werden. Der Begriff Sammlung hingegen bedeutet, dass die Daten bereits generiert wurden, jedoch noch nicht zur Verarbeitung für einen gewissen Zweck zusammengetragen wurden. Da bereits häufig Informationen vorliegen, das heißt von anderen Stellen erhoben und gesammelt wurden, gilt es, an diese Daten zu gelangen, ohne die Daten selbst noch mal erheben zu müssen. Die Erhebung von Daten, abhängig von deren Art, kann oft kostspielig sein, weshalb es meist wesentlich günstiger und zeitsparender ist, für bereits existierende Daten zu zahlen, als sie selbst zu erheben.

Bereits erhobene Daten sind oft verfügb- bzw. erwerbbar von folgenden Quellen:

- Organisationen von Bund/Länder
 - Hydrographische Jahrbücher
 - Hydrographische Landesdienststellen
 - Land- und Forstwirtschaftliches-Rechenzentrum: eHyd, eHORA
 - Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik
 - viaDonau
- Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen
- private / öffentliche Betreiber von Abwasserbeseitigungs-, Wasserversorgungsanlagen
- Anlagenbetreiber der E-Wirtschaft
- Ingenieurbüros

Das bereits mehrmals erwähnte Leitungsinformationssystem ist hierzu eine der wichtigsten Datenquellen. Die steigende Zahl vorhandener LIS stellen somit wertvolle Grundlagen für nachfolgende Modellierungen zur Verfügung. Auf die Nützlichkeit eines Leitungsinformationssystems für solche Zwecke wird auch im Leitfaden „Auf effizientem Wege von den Daten zum Modell“ des DATMOD (2015) ausführlich hingewiesen:

„Eine Sanierung- bzw. Anpassungsplanung bei Kanalisationsanlagen ist erst dann sinnvoll möglich, wenn die wesentlichen Informationen zur Lage sowie deren Stamm- und Betriebsdaten bekannt und verfügbar sind. Digitale Leitungsinformationssysteme (LIS) stellen in diesem Zusammenhang eine gute Möglichkeit der Datenverwaltung dar. Es liegt daher auf der Hand, nach Möglichkeit gleich das vorhandene LIS oder andere geographische Informationssysteme (GIS) für die Datenaufbereitung heranzuziehen.“ DATMOD (2015)

3.3.1.2.1 Erhebung leitungsbezogener Daten

Das Leitungsinformationssystem liefert Datenbanken mit Auflösung des Systems auf Halteebene, was dem höchsten Auflösungsgrad für die leitungsbezogenen Daten entspricht. Sofern das LIS vollständig ist, müssen nur jene Daten zusätzlich erhoben werden, welche nicht in ein LIS aufgenommen werden.

Dies sind in der Regel vor Allem Informationen zu Sonderbauwerken:

- Daten von Pumpwerken
 - Kennlinien
 - Ein- und Ausschaltpunkte
- Daten von Trennbauwerken, Wehren etc.
 - Schieberausgangs- und Endstellungen
 - Durchflussquerschnitte
 - Durchflussbeiwerte von Regelorganen und Schiebern

- Daten von Speicherbauwerken
 - Speicherkurven
 - Schwellenhöhen
 - Volumen

Diese Daten sind in der Regel aus den Projektunterlagen bzw. aus den Betriebsunterlagen des Kanalisationsbetreibers herauslesbar, beziehungsweise müssten diese beim jeweiligen Ingenieur- / Planungsbüro einholbar sein.

3.3.1.2.2 Erhebung von Flächendaten / Digitalisierung von Teilflächen

Die höchste räumliche Auflösung der Einzugsgebietsdaten soll Ungenauigkeiten minimieren. Nach Kap. 3.2.7.1.1 entspricht dies der Ebene 4 – nach Teilflächen differenziert. Die Möglichkeit der Kombination von Geoinformations- und Modellierungssoftware unterstützt zudem das Arbeiten auf Ebene 4 der Oberflächendaten, da die Daten mittels GIS effizient erhoben und sofort strukturiert in einer Datenbank abgespeichert werden können.

Die Differenzierung kann nach Teilflächenkategorien erfolgen, wie in Tabelle 3-14 angelehnt an das Schema des „DATMOD“-Leitfadens, in leicht abgeänderter Weise:

Tabelle 3-14: Teilflächendifferenzierung (Ebene 4 der räumlichen Auflösung) nach eigener Festlegung

1.	Schrägdächer (Satteldächer, Pultdächer, Walmdächer, ...)
2.	Flachdächer
3.	Verkehrs- und Parkflächen im Straßenraum
4.	sonstige undurchlässige / versiegelte, befahrbare Flächen außerhalb des Straßenraums
5.	teildurchlässige Flächen (Kies, Rasengittersteine, etc.)
6.	Befestigte Gartenflächen (Terrassen, Gartenwege, etc.)
7.	Pavillons, Flugdächer, Geräteschuppen, etc., die als nicht abflusswirksam betrachtet werden
8.	Nicht befestigte Oberflächen inkl. Wasserflächen, Rest

Das Ergebnis einer Erhebung nach dem Teilflächen-Schema in Tabelle 3-14 kann wie in Abb. 3-21 und Abb. 3-22, auf der folgenden Seite aussehen.



Abb. 3-21: Beispiel einer erfolgten Teilflächendifferenzierung in offenem Siedlungsgebiet, visualisiert, eigene Darstellung



Abb. 3-22: Beispiel einer erfolgten Teilflächendifferenzierung; Gewerbe- und Landwirtschaft, visualisiert, eigene Darstellung

So werden die jeweiligen Teilflächenkategorien als eigenes Attribut abgespeichert. Eine Anmerkung über die offensichtliche Art der Fläche (z.B. Gartenhütte, Parkplatz, etc.) kann in einem eigenen Attribut, wie z.B. „Beschreibung“ vorgenommen werden.

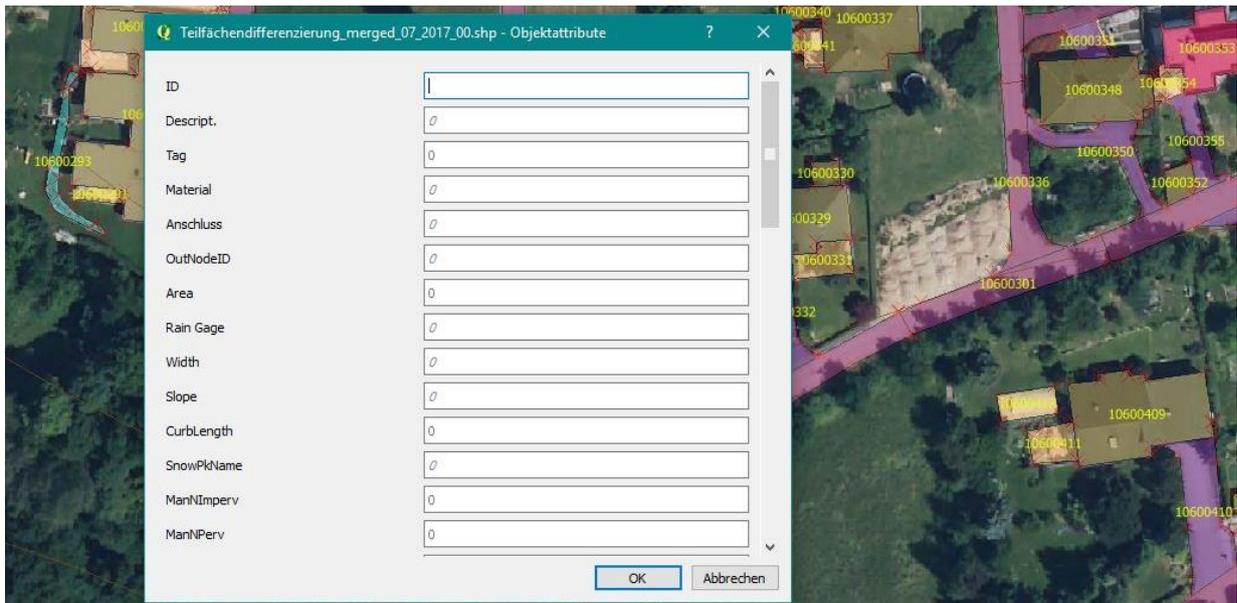


Abb. 3-23: Eingabemaske der Oberflächendatei nach Absteckung der Flächenausmaße auf dem Orthofoto (Flächendigitalisierung), eigene Darstellung

Aussagen über die Art der Nutzung in den Datenbeständen aufzunehmen, soweit erkennbar, ist hier ebenfalls wünschenswert, wie zum Beispiel („Gewerbe – Flachdach“ oder „Wohnhaus – Schrägdach“). Darüber hinaus können, falls anhand des Orthofotos Besonderheiten oder Unsicherheiten bezüglich der Beschaffenheit oder Art der Oberfläche erwähnenswert sind, diese als Anmerkungen in einer Attributspalte „Material“ getätigt werden. Kann die Art des Objekts nicht eindeutig bestimmt werden, so sind auch solche Informationen wünschenswert.

Ziel der Teilflächenerhebung ist es, einen Datensatz zu erhalten, der die Oberfläche des Projektgebietes möglichst detailliert wiedergibt und alle notwendigen Informationen betreffend die Abflussbildung enthält.

Den verschiedenen Teilflächenkategorien können später bei der Datenaufbereitung Abflussbeiwerte zugewiesen werden. Diese können auch bei einer Modellkalibrierung, bei Vorliegen von Monitoringdaten, angepasst / „verfeinert“ werden. Sogenannte „Befestigungsgrade“, wie sie beispielsweise auf Einzugsgebietsebene verwendet werden, entfallen.

Die Digitalisierung selbst erfolgt in einem GIS-Programm. Nachdem Laden von Orthoaufnahmen mit möglichst hoher Auflösung muss ein entsprechender Layer erstellt werden, welcher alle erforderlichen Attribute vorbereitet hat. Im Idealfall sind die Attribute in exakt der Form ausgebildet und benannt, wie es das Modellierungsprogramm lesen kann. Der Datei müssen Grundeinstellungen wie beispielsweise das gewünschte Koordinatenbezugssystem oder die Art Dateiquellenkodierung festgelegt werden (siehe Abb. 3-24).

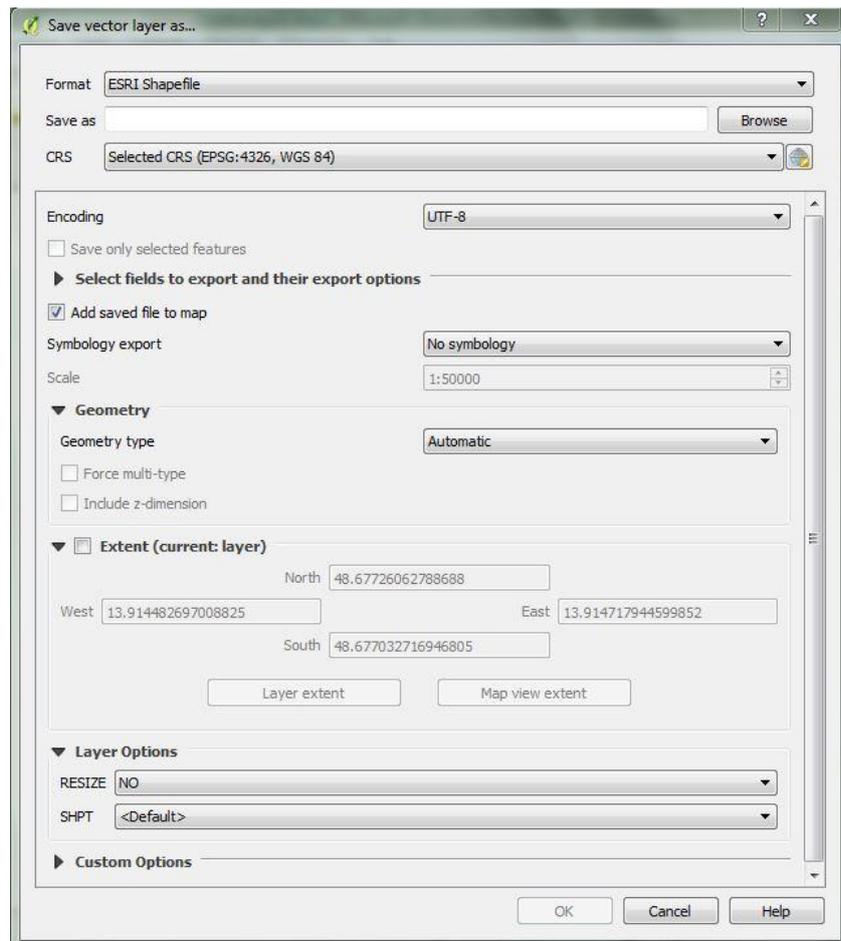


Abb. 3-24: Grundeinstellungen festlegen bei der Erstellung eines Layers, eigene Darstellung

Die Daten für die Einzugsflächen des Modells (=Teilflächen) müssen bezüglich des Typs der Geometrieform Polygon-Layer-Dateien sein. Durch die Verwendung von entsprechenden Blanko-Dateien, in denen die Attribute entsprechend passend für die weitere Verwendung in der Modellierung vorbereitet sind, könnten mögliche Eigenfehler bei der Erstellung der Datei umgangen werden.

Ist die Datei erstellt, kann mit der Flächendigitalisierung begonnen werden.

Der genaue Vorgang unterscheidet sich je nach verwendeter GIS-Software. Prinzipiell ist sie auch mit CAD-Systemen möglich. Abhängig von der Software und deren „Werkzeuge“ kann der Digitalisierungsvorgang unterschiedlich effizient von Statten gehen. Nützliche und gut bedienbare Werkzeuge der Software bewirken oft große Auswirkungen auf die Stundenleistung bei der Flächenerhebung.

3.3.1.2.3 Erhebung der Anschlüsse von Teilflächen

Manche Informationen können nicht aus den Orthofotoaufnahmen generiert werden. Dies betrifft besonders die Feststellung, ob eine Fläche an das Entwässerungssystem angeschlossen ist, oder nicht. In manchen Fällen kann diese Feststellung sehr schnell erfolgen, beispielsweise bei Verkehrsflächen, ob Einläufe vorhanden sind, oder nicht. Bei Dachflächen ist dies schon schwieriger, da die Abläufe der Dachrinnen meist im Untergrund verschwinden und daher ohne Aufzeichnungen der Verlegung im Nachhinein keine einfachen Feststellungen mehr darüber getätigt werden können, wie diese im Untergrund verlaufen. Nach Jahrzehnten ist das Wissen um deren Lage und Einleitung meist verschwunden. Erschwerend kommt hinzu, dass Anschlussarbeiten

zeitlich und örtlich stark verteilt sind und teils im Privatbereich getätigt werden, weshalb sie oft schlecht bis gar nicht dokumentiert sind und so deren Datenverfügbarkeit meist sehr bescheiden ist.

Bei begeh- und befahrbaren Oberflächen spielt die Hangneigung und die Richtung der Entwässerung eine entscheidende Rolle, ob diese im Regenwetterfall in das Kanalsystem entwässert, oder nicht.

Im DATMOD-Leitfaden aus 2015 wurde eine Annahme gegeben, welche bei fehlender Kenntnis der tatsächlich angeschlossenen Flächen herangezogen werden kann DATMOD (2015):

„Die Annahme ohne Kenntnis der tatsächlich angeschlossenen Flächen ist, dass weitestgehend alle Dachflächen und Straßenflächen angeschlossen sind, Parkplatzflächen (Asphalt und betonierte Flächen) zu einem hohen Grad (90 %) und befestigte Flächen auf privaten Grundstücken (Gartenwege, Terrassen etc.) zu einem geringen Grad (10 %) angeschlossen sind.“

Dass solche Annahmen alleine, ohne konkrete Erhebungen der tatsächlichen Anschlüsse, zu ungenauen Ergebnissen und in der Regel Überschätzungen des angeschlossenen Anteils führt, geht aus Anmerkungen von KLEIDORFER et al. des Jahres 2016 ebenfalls hervor:

„Der Effekt, dass die Abflussbeiwerte im Zuge der Kalibrierung meist reduziert werden können, ist auch aus anderen Studien bekannt. Dies liegt vermutlich daran, dass in den häufig verwendeten Luftbildern absichtliche (Infiltrationsanlagen) oder unabsichtliche (Niederschlagswasser rinnt aufgrund der Neigung nicht zu den Einläufen) Flächenabkopplungen nicht oder nur schwierig zu erkennen sind und dass bei pauschalen Schätzungen die abflusswirksamen Flächenanteile oft „zur Sicherheit“ leicht überschätzt werden könnten.“ KLEIDORFER et al. (2016)

3.3.1.2.4 Erhebung von Hydrologiedaten

In Kap. 3.2.5.1 wurde bereits ausgeführt, welche Formen der Niederschlagsdaten für eine hydrodynamische Modellierung geeignet sind. Demnach sollten, bei Verfügbarkeit, für die Anforderungen hydrodynamischer Modelle, Starkregensereien verwendet werden. Diese werden aus gemessenen Daten einzelner Messstellen generiert und von den hydrographischen Landesdiensten zur Verfügung gestellt. Alternativ können Modellregen aus den Daten von Bemessungsregenereignissen erstellt werden. Deren Generierung wird in Kap. 5.2.4.3 beschrieben:

Erhebung von Bemessungsniederschlägen

Als Alternative bzw. zur Erstellung von NS-Ereignissen für die Kalibrierung können Modellregen für hydrodynamische Modellierungen verwendet werden. Hier ist der Modellregen nach Euler Typ II Stand der Technik. Die erforderlichen Bemessungsniederschläge können auf der Internetapplikation <https://ehyd.gv.at> der BMNT abgerufen werden. Abb. 3-25 zeigt die Website mit den flächig für Österreich verfügbaren Bemessungsniederschlägen.

Jeder einzelne rote Punkt auf der Karte steht für eine Bemessungsniederschlagsauswertung. Sie kombiniert Ergebnisse der Maximierten Modellniederschläge (MaxModN) mit interpolierten ÖKOSTRA-Messstellenauswertungen (Österreichweit koordinierte Starkniederschlagsregionalisierung und – Auswertung), WEILGUNI (2015)

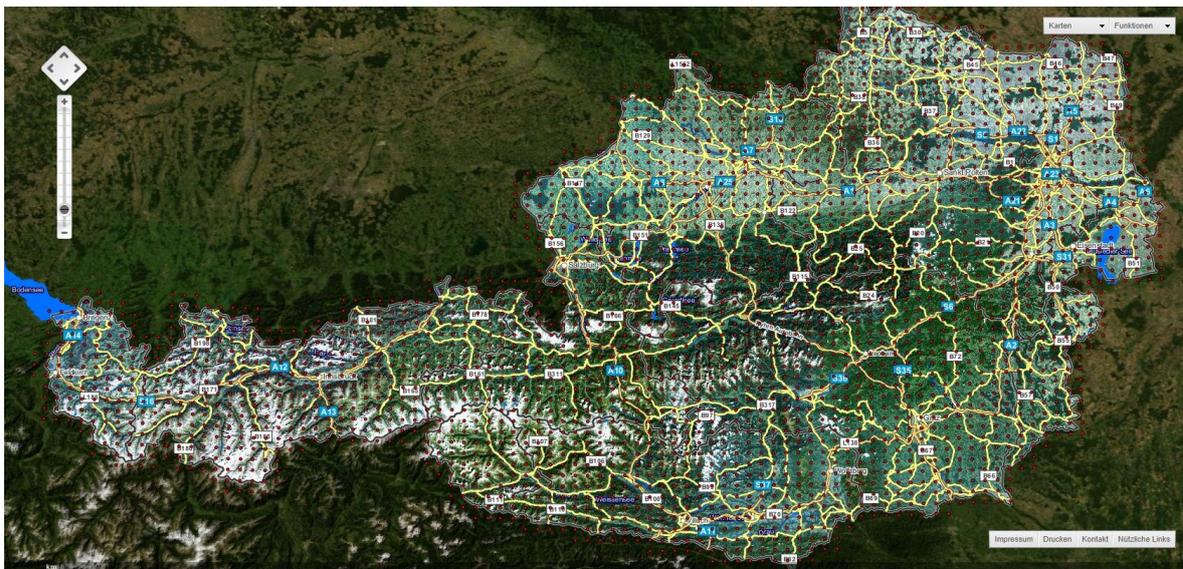


Abb. 3-25: Bemessungsniederschläge für Österreich – eHyd-Applikation des BMNT, eigene Darstellung

Grundsätzlich wird die dem Projektgebiet nächstgelegene Bemessungsniederschlagsauswertung für die weitere Verwendung herangezogen. Liegt der Untersuchungsort jedoch relativ gleich weit zwischen zwei oder mehreren Gitterpunkten entfernt, gibt es folgende 2 Möglichkeiten:

- Interpolation der Bemessungswerte (bzw. Mittelung)
- Auswahl einer der (beiden/drei/vier) Auswertungen als repräsentative Quelle

Option 2 ist besonders dann von Relevanz, wenn bekannt ist, dass sich das Wettergeschehen eines Ortes meist jener des Gitterpunktes „xy“ am ehesten ähnelt, und nicht eines in etwa gleich weit entfernten Punktes „yz“. Dies ist oft aufgrund unterschiedlicher Geländegegebenheiten, Höhenunterschieden, Hauptwindrichtungen, Wetterscheiden, etc. der Fall. Solche Informationen können aus Erfahrungen aufmerksamer Bevölkerung vor Ort gewonnen werden. Aussagen von Ortskundigen können sehr hilfreich sein, müssen aber auch mit gewisser „Vorsicht“ genossen werden. Besonders pauschale Formulierungen wie etwa „Bei uns regnet es fast gar nie“ oder

„Solche Unwetter hat es früher nie gegeben“ sind wenig aussagekräftig und meistens mehr subjektiv als objektiv. Solchartige Auskünfte müssen hinsichtlich deren Fachlichkeit genau bewertet und streng geprüft werden. Darüber hinaus kann die Einholung mehrerer Meinungen zu einer gewissen Risikominimierung beitragen.

Nach Auswahl des/der repräsentativen Gitterpunkte(s) auf „ehyd“ können die Daten entweder als pdf-Datei oder als ASCII-Format heruntergeladen werden. Die gesuchten Niederschlagshöhen (in mm) werden aufgeschlüsselt nach Wiederkehrzeit (in Jahren) und Dauerstufe (in Minuten) tabellarisch angeführt. Praktisch ist, dass bei beiden Dateiformaten die Daten mittels Mauszeiger markiert und durch Kopieren und anschließendes Einfügen in ein Kalkulationsprogramm (wie beispielsweise MS Excel) zur weiteren Verarbeitung ohne aufwändiges Abschreiben verwertet werden können. Dort können diese auch erforderlichenfalls interpoliert werden.

Erhebung von Niederschlägen vor Ort

Niederschlagsmessungen im Projektgebiet können auch zum Heranziehen von Hydrologiedaten verwendet werden. Die Erhebung ist aber zeit- und kostenintensiv, weshalb meist auf Starkrengenserien des hydrographischen Dienstes zurückgegriffen wird. Spätestens zur Kalibrierung des Modells ist ein Messprojekt von Niederschlägen sowieso erforderlich, um reale Abflussvorgänge des Systems, verknüpft mit den dazugehörigen Regenereignissen, mit Berechnungen des Modells vergleichen zu können.

3.3.1.2.5 Erhebung Monitoringdaten

Wie eben erwähnt, sind zur Kalibrierung des Modells – bzw. zum Monitoring, sowie auch in Hinblick auf die Steuerung einer möglichen Kanalnetzsteuerung, Erhebungen von:

- Niederschlagsdaten
- Abflussdaten

notwendig.

Diese Daten müssen jeweils in ausreichend-zeitlicher Auflösung vorliegen. Moderne Messgeräte gewährleisten dies in der Regel. Des Weiteren sollten Niederschlagsdaten an einer repräsentativen Stelle im Projektgebiet gemessen werden. Diese Stelle kann über eine Flächenschwerpunktanalyse gefunden und mittels Abgleich zur Aufstellung geeigneter Plätze identifiziert werden. Diese sind in der Regel auf Geländen und Gebäuden der öffentlichen Verwaltung, da dort üblicherweise keine Änderungen der Eigentumsverhältnisse zu erwarten sind und daher Investitionen in Anschluss und E-Versorgung langfristig gesichert sind. An geeigneten Einrichtungen des Kanalisationsunternehmens selbst, wie zum Beispiel Pumpwerken oder Speicherbecken, können Messgeräte ebenso günstig aufgestellt werden. Das Vorhandensein von Schaltschränken und Fernwirkübertragungen begünstigt dies zudem.

Abflussdaten sollen ebenfalls an repräsentativen Stellen gemessen werden. Diese sind im Leitungsnetz:

- Auslässe einzelner Teilkanalsysteme
- Vereinigungen von Teilsammlern
- Vor und nach Sonderbauwerken

3.3.1.3 Datenprüfung

Liegen alle zur Bearbeitung einer Fragestellung notwendigen Daten vor, ist abzuklären, ob sie hinsichtlich Vollständigkeit, Richtigkeit, Genauigkeit und Aktualität ausreichend qualitativ sind.

Die Überprüfung auf Vollständigkeit kann meist nach erfolgter Visualisierung leicht und ohne aufwändige Verfahren geprüft werden. Auch kontrollierende Vergleiche mit den jeweiligen Datenquellen zeigen vergleichsweise einfach, ob bei Dateiiporten Verluste aufgetreten sind.

Die Richtigkeit von Daten zu überprüfen, stellt schon eine größere Herausforderung dar. Fehlerquellen können vielfältig sein, oft sind die Fehler nicht oder nur sehr schwierig identifizierbar. Dies bedarf großer Erfahrung und guter Kenntnisse der tatsächlichen Gegebenheiten. Bei Bestandsdaten des Kanalnetzes beispielsweise, kann oft nur die langjährige Erfahrung des Kanalnetzbetreibers bzw. des damit vertrauten Planers Fehler in den Datensätzen aufdecken. Plausibilitätsüberprüfungen dagegen können auch bei geringer Kenntnis über das jeweilige System durchgeführt werden und gravierende Unstimmigkeiten aufdecken.

Die große Vielfalt und die unterschiedlichen Herkünfte der Daten können ein Grund für Unterschiede und Ungenauigkeiten sein. Fehler sind in jedem Datensatz zu erwarten, besonders bei großen Datenbeständen können diese leicht „übersehen“ werden. Eine Auflistung aus dem ÖWAV RB 40 (2010) der möglichen Quellen von leitungsbezogenen Daten verdeutlicht das:

- *„analoges Planwerk mit Bemaßung und Beschriftung,*
- *Skizzen von Leitungsteilen, Haltungen, Hausanschlüssen und Einbauten,*
- *nicht vermaßter Übersichtsplan mit diversen Einbauten und teilweiser Beschriftung,*
- *digitales Planwerk mit oder ohne Einbauten und Beschriftung,*
- *Koordinaten von sichtbaren Punkten wie z. B. Schiebern und Hydranten, Schachtdeckeln,*
- *Projektpläne von Teilgebieten oder Baugebieten,*
- *schematische Darstellungen des gesamten oder Teilen des Leitungssystems,*
- *analoge und digitale Sachdaten.“*

Ungenauigkeiten von Grundlagedaten können besonders in der hydrodynamischen Modellierung zum Problem für die gewünschte Genauigkeit der Ergebnisse werden, wie im Datmod-Leitfaden angeführt wird:

„Ungenauigkeiten dieser Daten pflanzen sich in der Berechnung fort. Wie stark sich einzelne Ungenauigkeiten auf das Endergebnis auswirken können hängt von der Bedeutung der jeweiligen Parameter innerhalb des Rechenmodells ab. Die Feststellung von Gewichtungen ist komplex und kann durch eine Sensitivitätsanalyse erfolgen.“ DATMOD (2015)

Festgestellt werden kann in jedem Fall, dass die zu erwartende Genauigkeit der Ergebnisse nicht über jener der für die Berechnung verwendeten Eingangsdaten liegen wird, sondern eher schlechter, da sich Fehler und Ungenauigkeiten zu Ungunsten auswirken können und die Abweichungen sich somit aufaddieren können. Der Fall, dass sich ungenaue Daten gegenseitig „aufheben“ und ein „genauereres Ergebnis“ ergeben, wird wohl in den seltensten Fällen eintreten.

Besonders die via Fernerhebung gewonnen Daten (Flächendigitalisierung), können viele Unsicherheiten beinhalten. Dies liegt vor Allem darin begründet, dass aus Luftbildern nicht alle Informationen eindeutig hervorgehen. Das trifft besonders auf Aussagen bezüglich Materialien und Durchlässigkeiten zu. Da aber in der Regel trotzdem ein Wert eingegeben wird, sollte bei Unklarheit eine Überprüfung vor Ort vorgenommen werden. Dazu ist es notwendig, bei Zweifel auf Richtigkeit der Eingabe im Beschreibungsattribut einen Vermerk wie beispielsweise ein „?“ zu tätigen.

Auch in anderen Datenbeständen können Zweifel auftreten, welche am besten vor Ort oder im Gespräch mit dem zuständigen Planungsbüro oder Kanalisationsbetreiber erörtert werden können. Besonders bei Sonderbauwerken kann es häufig zu Unklarheiten/Nacherhebungen kommen, welche im Zeitaufwand berücksichtigt werden müssen.

Mit dem Wissen der eben beschriebenen Verhalte müssen Ergebnisse aus Berechnungen mit ungenauen Daten unter Berücksichtigung dieser mangelnden Genauigkeiten interpretiert bzw. verstanden werden. Eine Angabe der berechneten, möglichen Abweichungen absolut oder relativ in Prozent angegeben, geben dazu hilfreichen Aufschluss. Darüber hinaus wird gezeigt, dass man sich der Ungenauigkeiten bewusst ist.

3.3.1.4 Datenaufbereitung / -korrektur

Liegen die bei der Bedarfserhebung festgelegten Daten nach erfolgter Erhebung/Sammlung vor und wurden auf deren Gebrauchstauglichkeit überprüft, müssen sie meist für ihre vorgesehene Verwendung aufbereitet bzw. korrigiert werden, da sie selten in der entsprechenden Form geliefert werden, wie sie in der Modellierung eingelesen/benötigt werden.

Die bei der zuvor beschriebenen Datenprüfung aufgedeckten Mängel werden in der Regel manuell korrigiert. Handelt es sich um systematische Fehler, können diese meist durch einen Ausdruck direkt in der Datenbank korrigiert werden. Veränderungen von Datensätzen sollten in jedem Fall dokumentiert und nachvollziehbar vermerkt werden. Sicherungsdateien, um im Falle von irrtümlichen Veränderungen frühere Datenstände wieder herstellen zu können, werden wärmstens empfohlen.

Häufige Aufbereitungen sind beispielsweise bei Daten mit Zeitbezug die Umrechnung von Zeitintervallen. Liegen mehrere Datensätze mit unterschiedlichen Zeitschritten vor, kann es erforderlich sein, diese auf einen einheitlichen Zeitschritt (z.B. 1min, 5min, etc.) umzurechnen.

Besonders bei der Modellierung werden Datensätze mit definierten Attributen verlangt. Gesammelte bzw. zur Verfügung gestellte Daten weisen in der Regel andere Daten- und Attributstrukturen auf, als sie benötigt werden. Für die deshalb erforderliche Aufbereitung helfen Tools zur Datenbearbeitung oder Programmiersprachen wie beispielsweise Python und SQL. Sie helfen, systematisch und mit geringem Aufwand, große Mengen an Daten zu verändern. Jedoch setzen diese Werkzeuge meist hohe Kenntnisse bzw. viel Erfahrung voraus.

3.3.1.5 Datenverwendung

Dieser Punkt meint im Zusammenhang mit Modellierungen in der Siedlungswasserwirtschaft die eigentliche Verwertung der Daten im Modell.

3.3.1.6 Datenpflege

„Unter Pflege der Daten werden die Änderung und Fortführung bestehender Daten sowie deren Folgeerfassungen verstanden. Je nach System werden bei Änderungen die bisherigen Daten überschrieben oder historisch geführt (die aktuellen Daten werden als neuer Datensatz hinzugefügt).

Bei Änderungen von Stammdaten sind diese jedenfalls zu dokumentieren und wesentliche überschriebene Daten zu archivieren. Zustands- und Betriebsdaten sind ebenfalls in historischer Folge abzulegen, so dass sie miteinander verglichen werden können. Die fortgeführten Daten sind auf Plausibilität zu überprüfen.“ ÖWAV RB 40 (2010)

3.3.2 Datenmanagement im Kanalbetrieb

Die Bewirtschaftung von Abwasserbeseitigungsanlagen ist eine sehr vielschichtige und komplexe Materie. Die zu dieser Aufgabe notwendige Handhabung und Pflege der Datenbestände ist essentiell – Datenmanagement ist aus modernen Betriebsführungen der Abwasserwirtschaft nicht mehr wegzudenken.

„Die konsequente Umsetzung einer modernen Datenmanagementstrategie für den Kanalbetrieb hat zum Ziel, vorhandene Betriebsdaten bzw. laufend anfallende Daten mit ihrem maximalen Nutzungspotenzial in die Geschäftsprozesse einzubringen und im laufenden Betrieb die optimale Nutzung der Daten zu gewährleisten.“ ÖWAV RB 22 (2015)

Leitungsinformationssysteme stellen hier die nötige Grundlage dar – ihre Datenbanken bilden den Grundstock jedes Datenmanagements in der Betreuung von Anlagen der Siedlungswasserwirtschaft. Diese enge Beziehung wird auch in den Regelblättern des ÖWAV immer wieder erwähnt. So beispielsweise:

„Im Bereich des Kanalbetriebs verbindet das Datenmanagement die Führung eines Leitungsinformationssystems mit der Betriebsführung des Kanalnetzes.“ ÖWAV RB 22 (2015)

„Eine Sanierung- bzw. Anpassungsplanung bei Kanalisationsanlagen ist erst dann sinnvoll möglich, wenn die wesentlichen Informationen zur Lage sowie deren Stamm- und Betriebsdaten bekannt und verfügbar sind. Digitale Leitungsinformationssysteme (LIS) stellen in diesem Zusammenhang eine gute Möglichkeit der Datenverwaltung dar. Es liegt daher auf der Hand, nach Möglichkeit gleich das vorhandene LIS oder andere geographische Informationssysteme (GIS) für die Datenaufbereitung heranzuziehen.“ DATMOD (2015)

Die nachfolgende Abb. 3-26 verdeutlicht die generelle Vielschichtigkeit und die zentrale Rolle eines Leitungsinformationssystems. Die Berücksichtigung all dieser Punkte führt zu dem so wichtigen Wartungs- und Instandhaltungsplan, eines der wichtigsten Konzepte jedes Anlagenbetreibers.

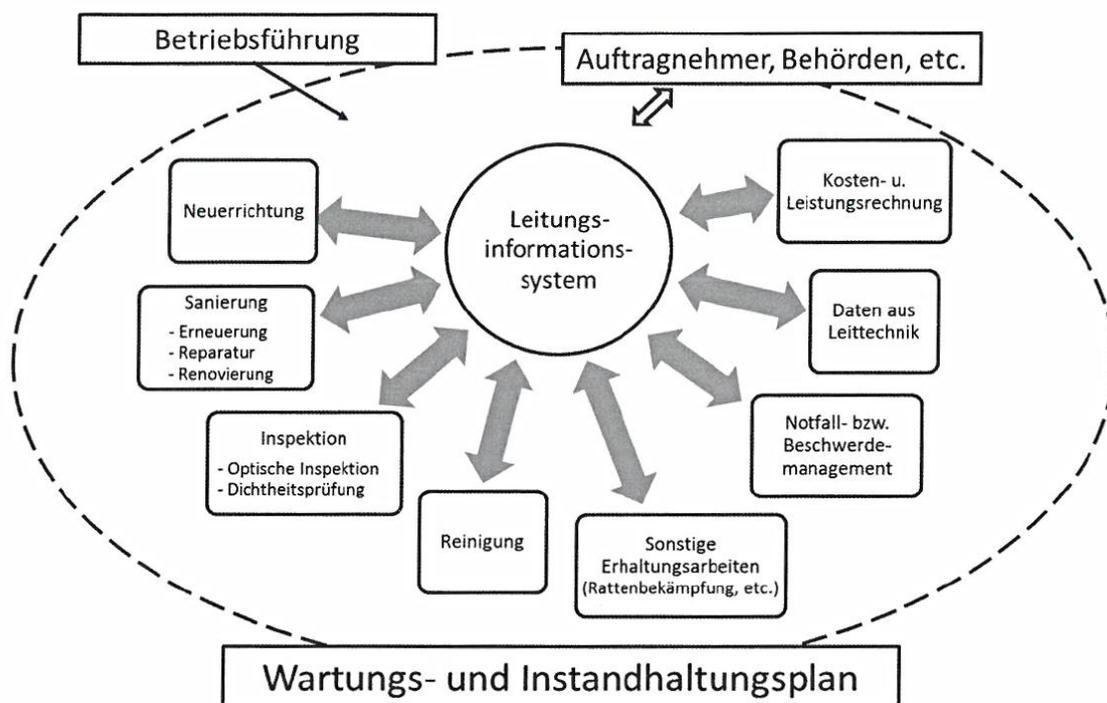


Abb. 3-26: Datenmanagement im Bereich des Kanalbetriebs, ÖWAV RB 22 (2015)

Die Aufgaben und Ziele für das Datenmanagement im Zusammenhang mit Betriebsführung wurden im ÖWAV RB 22 (2015) zusammengefasst:

- *„Schaffung einer einheitlichen Begriffswelt innerhalb des Datenbenutzerumfeldes (Bauhof, Bauamt, Dienstleister, Ingenieurbüros, Vermessungsbüros etc.).*
- *Planung und Organisation der bereichsübergreifenden Datenhaltung. Informationsangebot zuverlässig den autorisierten Nutzern zur Verfügung stellen. Entwicklung und Pflege von konsistenten, redundanzfreien, zukunftsorientierten, weiterbaren Datenmodellen.*
- *Langfristige Planung des Informationsbedarfs in Abhängigkeit von der Betriebsstruktur.*
- *Vorgaben der strategischen Weichenstellung für Datenarchitektur (Dokumente, Schnittstellen, Datenbanksystem).“ ÖWAV RB 22 (2015)*

3.3.3 Datenmanagement in der hydrodynamischen Modellierung

Für Anwendungen in der Modellierung muss der Umfang des Datenmanagements, wie er im Kanalbetrieb erforderlich ist, um weitere Thematiken erweitert werden. Für hydrodynamische Fragestellungen sind neben den leitungsbezogenen Daten erforderlich:

- einzugsgebietsbezogene Daten
- hydrologische Daten
- Monitoringdaten

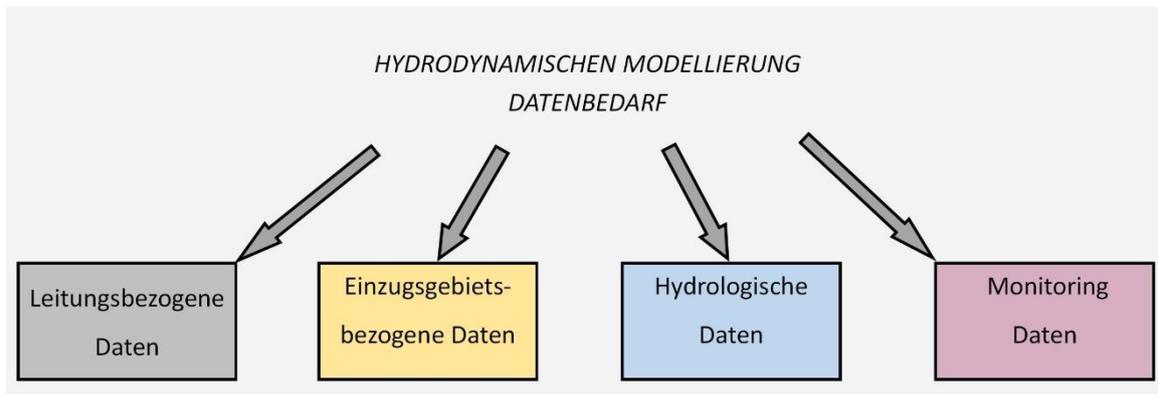


Abb. 3-27: Verschiedene Daten-Bedarfsformen der hydrodynamischen Kanalnetzmodellierung, eigene Darstellung

„Die einzugsgebietsbezogenen Daten beinhalten die Bemessungsgröße der ARA, den Abwasseranfall (angeschlossene EW, Art des Abwassersystems), die flächenbezogenen Daten (Einzugsgebiet, Teileinzugsgebiet, Teilflächen, Geometrie, Geländeneigung, Befestigungsgrad, Beschaffenheit der Fläche / Materialien) und Anfangs- und Dauerverluste zu Beginn und während eines Regenereignisses.

Bei den für die hydraulische Modellierung relevanten hydrologischen Daten handelt es sich um Niederschlagsdaten. Diese können für ein bestimmtes Untersuchungsgebiet im Zuge einer Monitoring-Kampagne eigens gemessen oder aus bereits verfügbaren Aufzeichnungen entnommen werden.

Bei den Monitoringdaten handelt es sich um Wasserstands- und Durchflussmessungen im Kanalnetz sowie Niederschlagsmessungen, welche in weiterer Folge für die Kalibrierung eines Modells benötigt werden.“ DATMOD (2015)

Allgemein kann behauptet werden, dass aufgrund der Vielfalt und des Umfanges an benötigten Daten das Datenmanagement eine zentrale Aufgabe in der Modellierung darstellt. Hier den Überblick zu bewahren, effizient vorzugehen und alle erforderlichen Daten zu erheben stellt das Vorhaben Modellierung bereits zu Beginn vor eine große Herausforderung, lange bevor überhaupt erst mit der eigentlichen Modellierung begonnen werden kann.

Deswegen muss im Vorfeld eruiert werden, ob alle notwendigen Daten erhältlich sind, bzw. selbst oder im Auftrag erhoben werden können.

3.3.4 Allgemeines zu Datenbanken

Die rasante Entwicklung im EDV-Bereich führt zu immer größeren, komplexeren Anhäufungen von Daten. Diese werden für eine schier unendliche Vielzahl verschiedener Prozesse und Anwendungen für spezielle Aufgaben, aber auch für Tätigkeiten des täglichen Alltages benötigt. Die Daten werden also „verarbeitet“. In fast allen Bereichen geschieht dies mithilfe elektronischer Unterstützung.

Durch die Vielzahl an Anwend- und Verarbeitungen wurde schnell klar, dass einer Art „Organisation“ von Daten unumgänglich ist. SCHALLEHN (2018) führt in diesem Zusammenhang an: Ein Fehlen von Datenbanken führe dazu, dass jedes Anwendungssystem seine Daten selbst verwalte. Daten würden so mehrfach gespeichert – also redundant. Die damit entstehenden Probleme seien die Verschwendung von Speicherplatz, „Vergessen“ von Änderungen und das Fehlen zentraler, „genormter“ Datenhaltung.

Effizientes Verarbeiten größerer Mengen von Daten erfordert somit Datenbanken. BRABENDER (2007) definiert Datenbanken wie folgt:

„Datenbanken bzw. Datenbanksysteme sind Systeme zur Beschreibung, Speicherung und Wiedergewinnung von umfangreichen Datenmengen, die von mehreren Anwendungsprogrammen benutzt werden.“ BRABENDER (2007)

Die Datenbank an sich übernimmt dabei selbst aber nur die Funktion, die Information in geordneter Weise abzuspeichern. Um diese Information für Anwendungen nutzbar zu machen, bedarf es eines Datenbankmanagementsystems (kurz DBMS) – also einer Software, welche die Datenbanken verwaltet und das Bindeglied zwischen Anwendung und Datenbank darstellt. Zusammen ergeben sie ein Datenbanksystem – kurz DBS. Konzeptuell visualisiert zeigt diese Beziehung die Abb. 3-28:

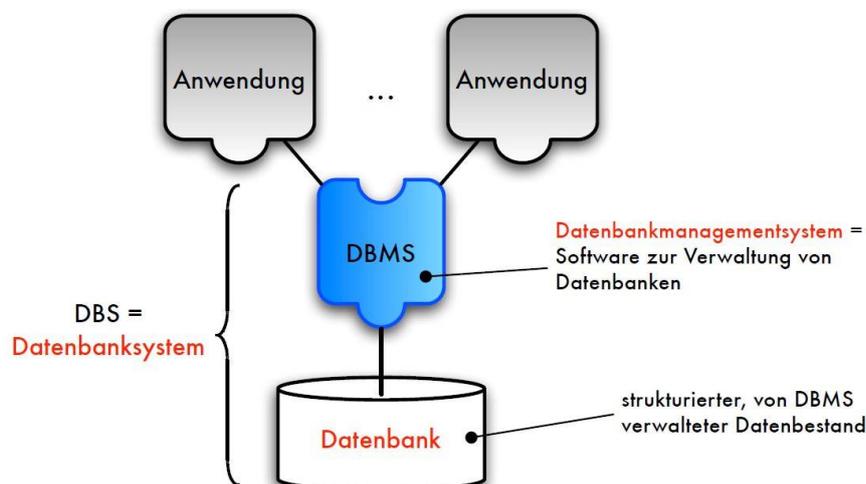


Abb. 3-28: Datenintegration durch Datenbanksysteme SCHALLEHN (2018)

Datenbankmanagementsysteme werden aufgrund ihres zugrundeliegenden Datenmodelles unterschieden. BRABENDER (2007) unterscheidet zwischen:

- Hierarchischem Modell
- Netzwerk Modell
- Relationalem Modell
- Objektdatenmodell

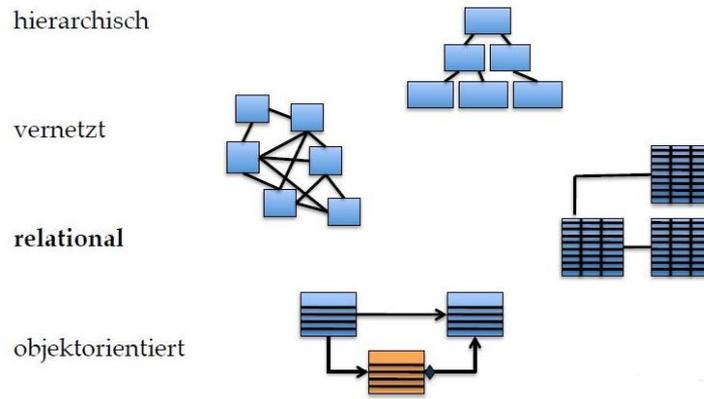


Abb. 3-29: Schematische Darstellung der Modellstrukturen von DBMS, USZKOREIT, JÖRG (2009)

3.3.4.1 Relationale Datenbankmanagementsysteme

Die wohl bedeutendste Art der DBMS stellt das Relationale DBMS dar. Diese unterscheiden sich laut BRABENDER (2007) von den veralteten Hierarchischen und Netzwerk-Modellen vor Allem durch die Art der Datenablage:

„Bei relationalen Datenbanken werden die Daten nicht hierarchisch in einem File, sondern geordnet nach Themenkreisen (Entitäten) in Form von Tabellen abgelegt. Relationale Datenbanken zeichnen sich durch eine hohe Flexibilität aus.“

SCHALLEHN (2018) führt an, dass konzeptuell diese Datenbank einer Menge von Tabellen entspricht. Der Begriff der Tabelle wird als „Relation“ bezeichnet.

Im ÖWAV Regelblatt 40 wird die Bedeutung relationaler Datenbanken unterstrichen:

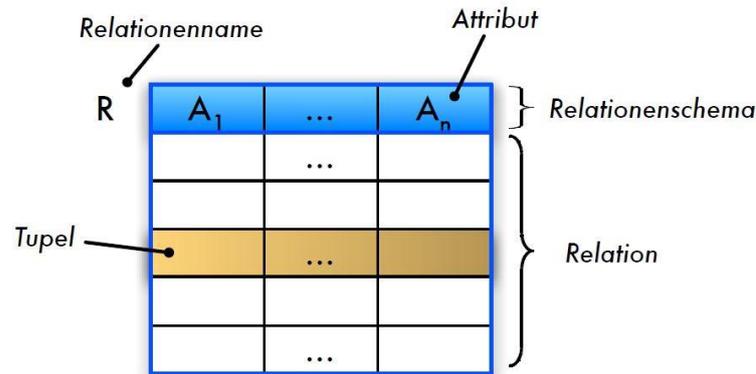
„Stand der Technik ist eine relationale Datenbank, die große Datenmengen effizient, widerspruchsfrei und dauerhaft speichert und in bedarfsgerechten Darstellungsformen für Benutzer und Anwenderprogramme bereitstellt. In einer Datenbank werden Informationen in Tabellen abgelegt, die durch Fremdschlüssel-Beziehungen miteinander verknüpft werden können.“ ÖWAV RB 40 (2010)

	H_ID	H_BEZ	H_POST	VON_K	BIS_K	H_STRANG	H_LEIT	H_ABW	H_EIGENT	H_BE
0	DDLNEUAL0474	DDLNEUAL0474	U	0	0	0	AL	U	U	U
1	41342KM202-41...	41342KM202028 ...	U	41342KM202-41...	41342KM202-41...	41342KM202	KM	U	U	U
2	41342KM403-41...	41342KM403043 ...	U	41342KM403-41...	41342KM403-41...	41342KM403	KM	U	U	U
3	41342KS560-3 - 2	3 - 2	U	41342KS560-413...	41342KS560-413...	41342KS560	KS	U	U	U
4	DDLNEUAL0341	DDLNEUAL0341	U	0	0	0	AL	U	U	U
5	41342KM004-41...	41342KM004033 ...	U	41342KM004-41...	41342KM004-41...	41342KM004	KM	U	U	U
6	41342KM227-41...	41342KM227001 ...	U	41342KM227-41...	41342KM220-41...	41342KM227	KM	U	U	U
7	41342KM403-41...	41342KM403054 ...	U	41342KM403-41...	41342KM403-41...	41342KM403	KM	U	U	U
8	DDLNEUAL0681	DDLNEUAL0681	U	0	0	0	AL	U	U	U
9	DDLNEUAL0053	DDLNEUAL0053	U	0	0	0	AL	U	U	U
10	41342KM100-41...	41342KM100006 ...	U	41342KM100-41...	41342KM100-41...	41342KM100	KM	U	U	U
11	DDLNEUAL0780	DDLNEUAL0780	U	0	0	0	AL	U	U	U
12	Strang 10.3.1b-1...	1 - 6	U	Strang 10.3.1b-1	Strang 10.3.1-6	Strang 10.3.1b	L	U	U	U
13	DDLNEUAL0550	DDLNEUAL0550	U	0	0	0	AL	U	U	U
14	41342KM007-41...	41342KM007013 ...	U	41342KM007-41...	41342KM007-41...	41342KM007	KM	U	U	U
15	DDLNEUAL0095	DDLNEUAL0095	U	0	0	0	AL	U	U	U
16	41342KM134-41...	41342KM134001 ...	U	41342KM134-41...	41342KM130-41...	41342KM134	KM	U	U	U
17	41342KR404-413...	41342KR404019 ...	U	41342KR404-413...	41342KR404-413...	41342KR404	KR	U	U	U
18	41342KM435-41...	41342KM435004 ...	U	41342KM435-41...	41342KM435-41...	41342KM435	KM	U	U	U

Abb. 3-30: Beispiel einer Visualisierung einer relationalen Datenbank, eigene Darstellung

Dabei wird folgende Nomenklatur verwendet, wie SCHALLEHN (2018) darstellt:

Tabelle 3-15: Darstellung von Relationen und Begriffen, SCHALLEHN (2018)



Ein Eintrag in der ersten Zeile der Tabelle – welche das *Relationenschema* wiedergibt – begründet ein *Attribut*. Alle folgenden Werte dieser Spalte werden dem entsprechenden Attribut zugeordnet, man spricht von einem *Attributwert*. Eine Zeile wird als *Tupel* (Datensatz) bezeichnet. Er beinhaltet alle Merkmale eines Elements. Alle Datensätze zusammengefasst ergeben die sogenannte *Entitätsmenge* bzw. *Relation*.

Um einen Datensatz/Tupel eindeutig identifizieren bzw. ansprechen zu können, bedarf es einer Technik um jedes Element eindeutig erkennen zu können. Dazu kann ein bestimmtes Attribut oder in manchen Fällen auch mehrere Attribute verwendet werden. Dieses Attribut wird dann Identifikationsschlüssel genannt. Da es oft schwierig ist, eine eindeutige Identifikationsstruktur zu erkennen, werden oft künstliche Identifikationsnummern verwendet, die im Umgangssprachgebrauch gerne als ID-Nummer genannt werden. BRABENDER (2007)

Der Identifikationsschlüssel wird auch Primärschlüssel genannt. Grundsätzlich kann es mehrere Attribute geben, die ein Objekt identifizieren. Sie werden allgemein als Kandidatenschlüssel bezeichnet. Primär- bzw. Identifikationsschlüssel kann aber nur ein einziger der Kandidatenschlüssel sein. Neben Identifikationsschlüssel gibt es auch Fremdschlüssel. Sie werden verwendet, um mehrere Relationen (Tabellen) zu verknüpfen. BIZER (2007) definiert sie folgendermaßen:

„Als *Fremdschlüssel* bezeichnet man ein Attribut oder eine Attributgruppe in Relation B, die gleichzeitig *Primärschlüssel* in Relation A ist.“ BIZER (2007)

So gelingt es, Datenbanken miteinander zu verbinden bzw. zu verknüpfen. Es werden Verweise erstellt, die von Datenbankmanagementsystemen gelesen werden.

Ted Codd führte 1970 als Erster das relationale Datenmodell ein. Oracle war die erste Firma, die ein geeignetes DBMS auf den Markt brachte. Konkrete, kommerzielle Datenbankmanagementsysteme sind, nach BRABENDER (2007):

- Oracle
- IBM DB2
- Microsoft SQL-Server
- Sybase

SCHALLEHN (2018) führt neben den eben genannten Systemen außerdem an:

- PostgreSQL
- Ingres
- FireBird
- MS Access

3.3.4.2 SQL – Structured Query Language

Eine im Zusammenhang mit Datenbanken praktisch unumgänglich Thematik stellt die SQL dar. Sie ist in den meisten Datenbanksystemen integriert und anwendbar.

BIZER (2007) beschreibt: „SQL ist eine standardisierte Sprache zum Arbeiten mit Datenbanken.“

Grob übersetzt steht Structured Query Language für „Strukturierte-Abfrage-Sprache“. Mit SQL lassen sich aber nicht nur Abfragen in Datenbanken durchführen, es können auch Daten verändert werden. Befehle sind in englischer Sprache formuliert; SQL wird von fast allen gängigen Datenbanken unterstützt.

„SQL (Structured Query Language) ist die Programmiersprache, mit der die gängigen Datenbanken erstellt, bearbeitet und abgefragt werden können. In der Datenbank werden die alphanumerischen und bei bestimmten Systemen auch die grafischen Daten verwaltet.“ ÖWAV RB 40 (2010)

Darüber hinaus führt BRABENDER (2007) an, dass SQL eine deskriptive – übersetzt nichtprozedurale Sprache ist. Das bedeutet, dem DBMS werden Suchkriterien definiert, jedoch nicht, den Weg dorthin. Dies ermöglicht den Einsatz in vielen verschiedenen Datenbanksystemen und universelle Anwendbarkeit. Des Weiteren ist SQL mengenorientiert, das heißt das Ergebnis einer Datenbankabfrage kann aus einem oder mehreren Treffern bestehen (=Multimengensemantik).

Auch unter anderem wegen diesen Gründen erfährt SQL bereits breite Bekanntheit.

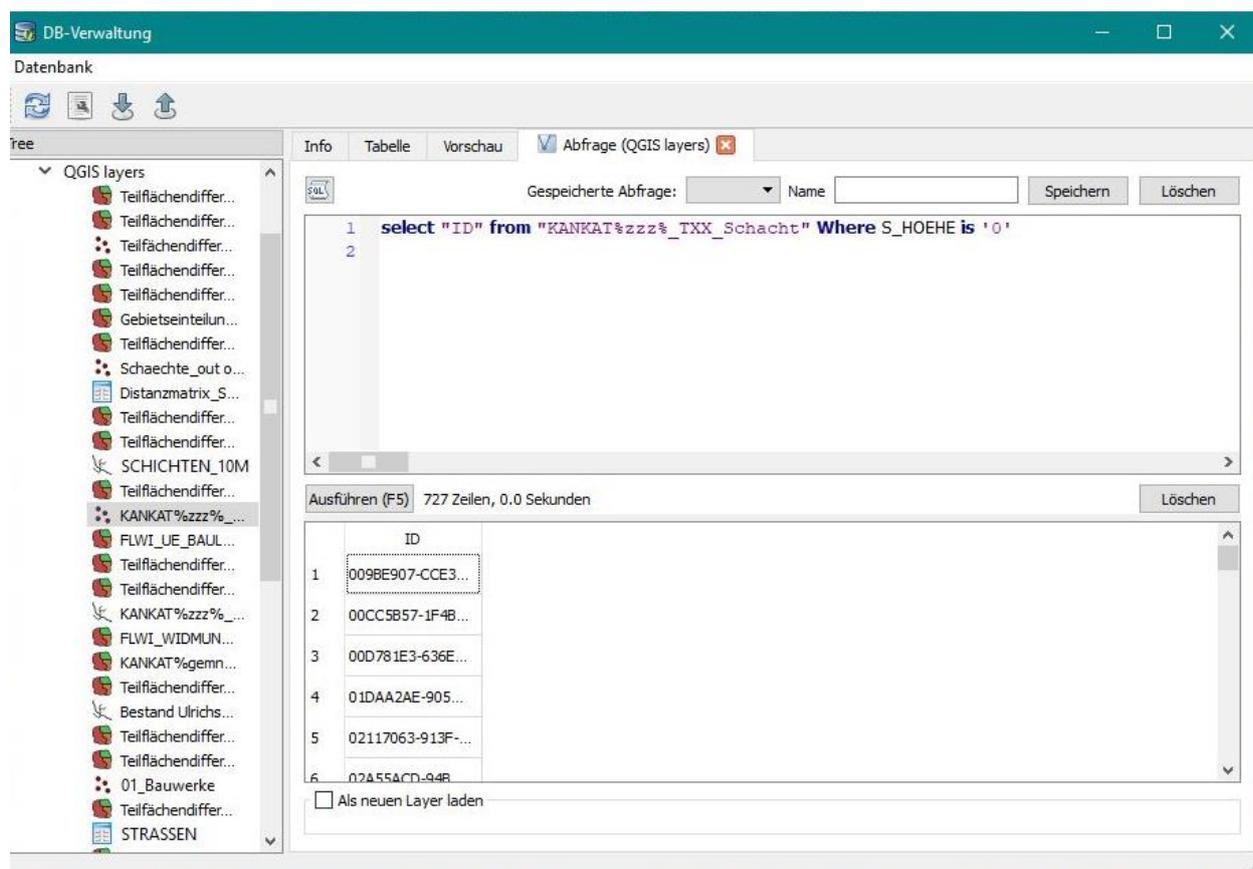


Abb. 3-31: Anwendung zur Abfrage von Daten in Datenbanken mit SQL-Operationen, eigene Darstellung

3.4 Kombinierte Nachweisführung – „DATMOD-Ansatz“

Dieses Kapitel gibt die Ausführungen des Leitfadens „DATMOD“ – Auf effizientem Wege von den Daten zum Modell von DATMOD (2015) wieder.

Im Zuges des Projektes „DATMOD“ wurden Möglichkeiten untersucht, die Nachweisführung des Regelblattes 19 (Nachweis des Mindestwirkungsgrades) mit einem hydrodynamischen Modell mittels Langzeit-Seriensimulationen durchzuführen. Der Vorteil darin besteht, dass beide Nachweise (nach Regelblatt 11 und Regelblatt 19) mit nur einem Modell durchgeführt werden können und daher der Mehraufwand für das hydrologische Modell entfallen kann. Da für Nachweise nach Rb11 sowieso ein genaueres, hydrodynamisches Modell erforderlich ist, und die steigende Verfügbarkeit an Leitungsinformationssystemen die Erstellung dieser Modelle begünstigt, können mit der kombinierten Nachweisführung beide Fragestellungen (Nachweis Überstau, Nachweis Mindestwirkungsgrad) mit nur einer Modellerstellung abgedeckt werden.

Der entscheidende Schritt, um die gewünschten Nachweis des Mindestwirkungsgrades von Kanalisationsanlagen (Nachweis nach Regelblatt 19) mittels hydrodynamischen Modells führen zu können, liegt in der Durchführung von Seriensimulationen für längere Zeiträume. Während in hydrologischen Modellen mit Regenreihen – meist durchgehenden Jahresreihen („Regenkontinuum“) gearbeitet wird, muss für eine kombinierte Nachweisführung in einem hydrodynamischen Modell mit einer Serie von Starkregenereignissen gearbeitet werden, um die erforderlichen Rechenzeiten zu minimieren.

Der methodische Ansatz verwendet zu diesem Zwecke eine Reihe von Parametern, um aus einem Regenkontinuum einzelne Regenereignisse zu generieren. Diese sind:

- Threshold-time (Zeitabschnitt) [min]
- Threshold-value (Niederschlagsmengen-Grenzwert) [mm]
- Event gap (Ereignisabstand) [min]
- Time Extension (Zeitverlängerung) [min]

Die Vorgangsweise wird wie folgt beschrieben, DATMOD (2015):

„Zunächst wird die Niederschlagsmenge für einen bestimmten Zeitabschnitt (threshold-time) berechnet. Liegt der erhaltene Wert über einem festgelegten Grenzwert (threshold-value), so wird der entsprechende Zeitabschnitt für die Regenereignisserie berücksichtigt. Der „event gap“ legt die minimale Zeit zwischen zwei Regenereignissen fest und stellt dabei sicher, dass sich zwei aufeinanderfolgende Regenereignisse nicht gegenseitig beeinflussen. Dazu sollte der „event gap“ auch die Leerlaufzeit des Entwässerungssystems (speziell bezüglich vorhandener Speicherbecken, Retentionsvolumina etc.) einschließen. Das Ende eines Überlaufereignisses muss nicht unbedingt mit dem Ende eines Regenereignisses übereinstimmen, sondern das Überlaufereignis kann auch darüber hinaus andauern. Die zur Simulation heranzuziehenden Regenereignisse werden daher verlängert (time extension), um auch den Nachlauf nach dem Regenereignis selbst zu simulieren.“ DATMOD (2015)

Die eben beschriebenen Parameter wurden mit unterschiedlichen Einstellungen in einer Sensitivitätsanalyse getestet, um die Simulationszeiten niedrig zu halten, gleichzeitig aber die Summe der Entlastungsmengen möglichst hoch zu halten. Im Zuge dieses Optimierungsverfahrens wurde so anhand von fünf Fallbeispiele getestet, welche Bandbreiten der Parameter als allgemein anwendbar gelten. Das Ergebnis zeigt Tabelle 3-16.

Tabelle 3-16: Bandbreiten für allgemein anwendbare Parametereinstellungen DATMOD (2015)

Parameter	Bandbreite
Threshold-time	400 – 500 min
Threshold-value	1.9 – 2.7 mm
Event gap	1400 – 1600 min
Time Extension	50 – 200 min

Im Zuge der Untersuchungen konnten so die Zeitsummen der Niederschlagsereignisse verkürzt werden, was die Berechnungszeiten des Modells vermindert. In einem Fallbeispiel konnte so eine Niederschlagszeitreihe von 5 Jahren (1825 Tage) auf 427 Tage (~23%) reduziert werden, wobei kein Verlust an Überlaufvolumen erzielt wurde (Abb. 3-32).

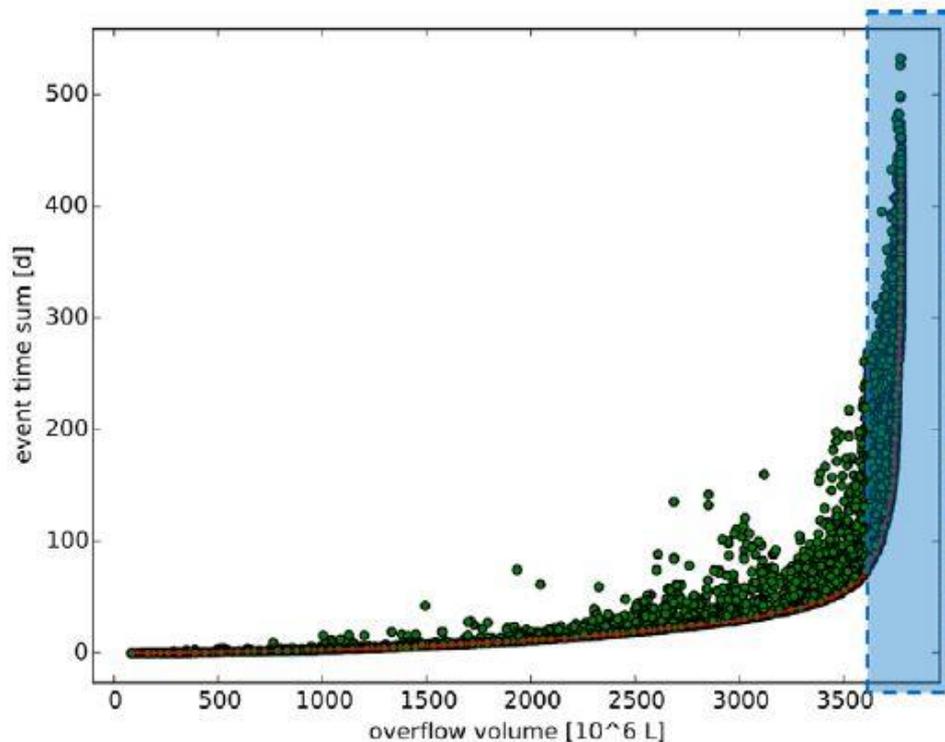


Abb. 3-32: Resultat des Optimierungsverfahrens anhand eines Beispiels, DATMOD (2015)

„Es wird hierbei offensichtlich, dass die Simulation von 427 Tagen (Ereignis-Zeitsumme) ausreicht, um dasselbe Überlaufvolumen wie bei der Simulation mit dem Niederschlagskontinuum zu erhalten. Wird ein minimaler Grad an Ungenauigkeit im Resultat des Überlaufvolumens akzeptiert, sind weitere deutliche Reduktionen der Ereignis-Zeitsumme möglich.“ DATMOD (2015)

Dies zeigt Abb. 3-33. Sie gibt den blau markierten Abschnitt der Abb. 3-32 vergrößert wieder.

„Im hier dargestellten Fall, ergab die Reduktion des Überlaufvolumens von 1% eine Reduktion der Ereignis-Zeitsumme von 65%. Das bedeutet, dass eine in ihrer zeitlichen Länge um 65% reduzierte Regenereignisserie ein Überlaufvolumen ergibt, welches nur um 1% reduziert wird (jeweils im Vergleich mit der Regenereignisserie, welche zum maximalen Überlaufvolumen führt).“ DATMOD (2015)

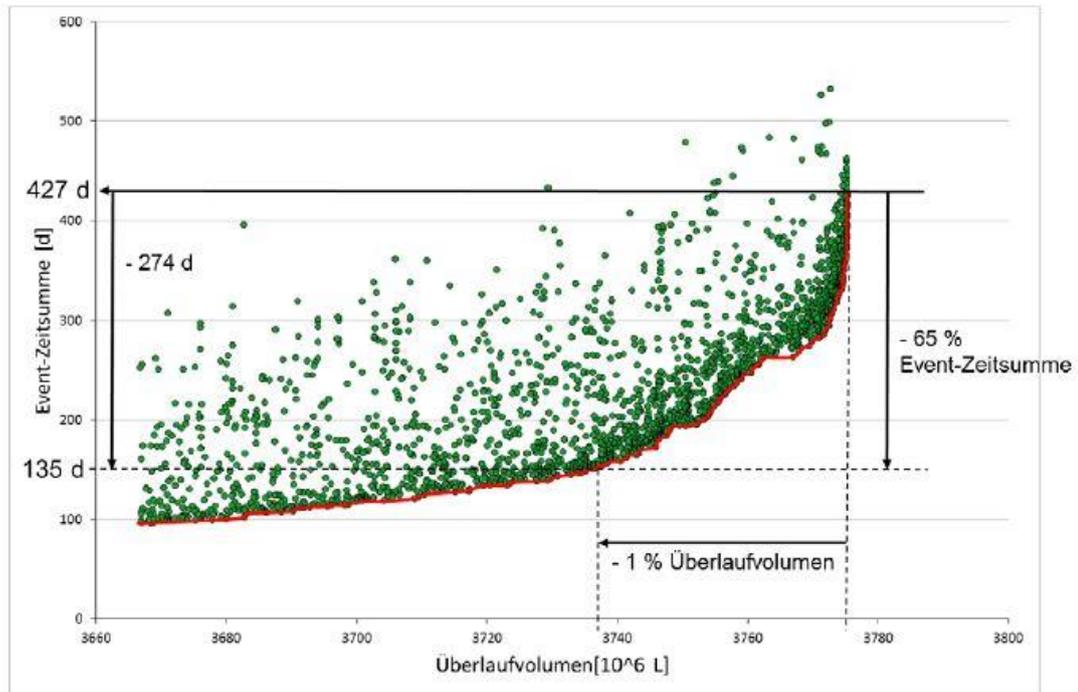


Abb. 3-33: Vergrößerter Bereich aus Abb. 3-32, DATMOD (2015)

Die kombinierte Nachweisführung ist somit eine gute Möglichkeit, Zeit-, Kosten- und Modellierungsaufwand einzusparen. Besonders für kleinere und mittlere Kanalisationsunternehmen ergeben sich somit wesentliche Vorteile, insofern ohnehin bereits ein hydrodynamisches Modell vorhanden ist oder erstellt werden soll.

4. Material und Methoden

4.1 Fallstudie

Der gegenständlichen Masterarbeit liegt die Problemstellung eines realen Entwässerungssystems als Fallstudie zu Grunde. Es handelt sich um ein ländliches System einer Gemeinde im oberösterreichischen Mühlviertel, das überwiegend als Mischsystem betrieben wird. Klassische „Mischsystem“-Probleme führten zu der Entscheidung, ein hydrodynamisches Kanalmodell zu erstellen. Es soll die erforderlichen Nachweise ermöglichen und darüber hinaus als Informationsgrundlage für eine etwaige Kanalsystemsteuerung dienen.

Diese Masterarbeit soll die ersten, grundlegenden Arbeiten zur Erreichung der eben genannten Ziele abdecken und die dabei gewonnenen Erkenntnisse und mögliche Problemfelder dokumentieren. Lösungsansätze zur Vermeidung von Fehlern und Schwierigkeiten sollen erarbeitet werden. Besonders Komplikationen im Zusammenhang mit dem Datenmanagement stehen im Fokus und sollen erfasst werden. In Ermangelung eines vollständigen LIS für das Projektgebiet wurden nur Teile der Modellerstellung umgesetzt.

Die Erstellung dieses Modells eines realen Kanalsystems dient dieser Masterarbeit als Fallbeispiel. Die bei den Arbeiten aufgetretenen Schwierigkeiten sollen erörtert und Ansätze für deren Bewältigung erarbeitet werden. Eine strukturierte Vorgehensweise für die Arbeitsschritte des Datenmanagements und der Modellerstellung soll formuliert und dargestellt werden.

4.2 Ablaufschema einer (teil-)automatisierten Modellierung

Ziel dieser Arbeit ist es unter Anderem, den Ablauf einer teilautomatisierten Modellerstellung übersichtlich darzustellen. Die betreffend hydrodynamischer Kanalsystemmodellierung verfügbare Literatur beschreibt meist einzelne Aspekte, selten jedoch den generellen Arbeitsablauf von der Ausgangsfragestellung bis zum fertigen Modell.

Dass Software mit Möglichkeit zu hydrodynamischer Modellierung und Einbindung von komplexen Datenbeständen hinsichtlich eines ganzheitlichen Arbeitsablaufes noch immer in den Kinderschuhen steckt, unterstreicht auch HÖTTGES (2017), welcher feststellte, dass der Bedarf eines „standardisierten Workflows“ auf diesem Gebiet nach wie vor hoch ist.

Eine Prozess-Ablauf-Darstellung soll im Rahmen dieser Masterarbeit in Form eines „Flow-Chart“ erstellt werden. Ein „Flow-Chart“ besteht aus einer unbestimmten Anzahl verschiedener Elemente. Es gibt ein Start- und ein Endelement, dazwischen sind Prozessschritte, Entscheidungen, etc. entlang einer Ablaufflinie angeordnet. Diese Schritte können entlang des Ablaufes in übergeordnete „Prozessphasen“ eingeteilt werden. „Bei Entscheidungen“ teilt sich die Ablaufflinie auf, woraufhin die Vorgehensweise in verschiedenen Bahnen fortgeführt wird. Da das Ziel/Prozessende als ein Element dargestellt ist, treffen oder vereinen sich die geteilten Ablaufflinien nach separaten Prozessschritten wieder. Dies verdeutlicht, dass ein Prozess, unabhängig von dessen Ausgangslage, Datenverfügbarkeit, etc., nur ein definiertes Ziel haben soll, welches es je nach Gegebenheiten und Entscheidungen auf unterschiedlichen Wegen zu erreichen gilt.

4.2.1 Identifikation wesentlicher Prozessschritte

Für die Prozessablaufdarstellung dieser Arbeit wurde mit einer Identifikation aller wichtigen Prozessschritte begonnen. Eine Einteilung thematisch nach der Art der Daten, wie sie eingangs von Kap. 3.3.3 unterteilt sind und auch schon im Projekt DATMOD so vorgegeben wurde, soll eine Übersichtlichkeit gewährleisten.

Zwecks Übersichtlichkeit muss darauf geachtet werden, bei der Identifikation nicht „unnötig ins Detail zu gehen“, gleichzeitig dürfen aber keine wesentlichen Schritte übersehen werden. Diese Gratwanderung des Identifizierens der wesentlichen Prozessschritte kann somit auch als experimenteller Weg verstanden werden, die wichtigen Schritte eines Prozesses zu erkennen. Alles, was ohne Verlust der Funktionsfähigkeit des ganzheitlichen Systems gestrichen werden kann – ist vielleicht nur ein Randdetail und kann in der Regel durch umfassenderes Formulieren des nächst-übergeordneten Schrittes berücksichtigt werden.

4.2.2 Darstellung des Ablaufschemas und der Interaktionen zwischen den Prozessschritten

Auf grundlegende Ausgangssituationen bezüglich Datenverfügbarkeit bzw. Verfügbarkeit von Messinstrumenten wurde Rücksicht genommen und im Diagramm eingebunden. Überprüfungen von Teilphasen im Ablauf sollten mit rückwärtsgerichteten Ablauflinien ausgestattet werden, welche bei Nichterfüllung eines korrekten Systemverhaltens, Fehlerfreiheit, etc. zu dem Prozessschritt zurückführen, von wo aus der Ursprung der Fehler behoben werden kann. Solche „Loops“ sind in der Modellierung sehr wichtig, da meist viele Wiederholungen und Versuche von Nöten sind, um das gewünschte Ergebnis zu erreichen, bzw. sich diesem anzunähern.

4.3 Schwierigkeiten der teilautomatisierten Erstellung eines hydrodynamischen Kanalnetzmodells

Die Grundzüge der hydrodynamischen Kanalsystemmodellierung sind bereits gut in verfügbarer Literatur beschrieben, beispielsweise: „Auf effizientem Wege von den Daten zum Modell (DAT-MOD)“ (2015), oder auch Kapitel 3 dieser Arbeit. Aufholbedarf besteht bei der Dokumentation auftretender Schwierigkeiten bei konkreten Anwendungsbeispielen. Genau hier soll diese Masterarbeit ansetzen. Konkrete Problemfelder sollen angesprochen und erläutert werden. Strategien zur Bewältigung derselben sind gesucht.

4.3.1 Allgemeine Problemstellungen im Vorfeld der Modellierungsaufgabe

Nicht alle Schwierigkeiten im Zusammenhang mit der Thematik hydrodynamischer Modelle sind direkt technischer Natur. Viele Erschwernisse bestehen in unterschiedlichen Ausprägungen bereits im Vorfeld aller Arbeiten – sie sind also „grundsätzlich“ oder „allgemein“, was keineswegs bedeutet, dass diese weniger bedeutend sind als technische Schwierigkeiten. Das Erkennen solcher Schwierigkeiten bedarf die Berücksichtigung einer Vielzahl äußerer und innerer Gegebenheiten. Während der Modellerstellung des gegenständlichen Fallbeispiels wurde dahingehend Aufmerksamkeit geschenkt und auftretende Schwierigkeiten bei der Erreichung von Zielen hinterfragt und Überlegung zu deren Ursprünge angestellt.

4.3.2 Recherche und Auswahl geeigneter Software

Über die Auswahl von geeigneter Software hat MÖDERL (2009) sehr treffend formuliert:

„Am Markt sind zahlreiche Softwareprodukte für die Simulation von Netzwerken der Siedlungswasserwirtschaft erhältlich. Diese Produkte sind einem ständigen Wandel unterzogen...“ „...Vor einer Softwarefestlegung sollte in Abhängigkeit des Verwendungszweckes bzw. der Modellzielsetzung jene Software ausgewählt werden, welche die erforderlichen Modelle zu Verfügung stellt, und in welcher die vorhandenen Daten am kosteneffektivsten importiert bzw. Simulationsergebnisse exportiert werden können.“ MÖDERL (2009)

Die Tatsache, dass Leitungsinformationssysteme grundsätzlich nicht über einheitliche Standards von Formansprüchen verfügen, erschwert automatisierte oder teilautomatisierte Modellerstellungen, unabhängig vom Softwareprodukt. Ein gewisser Grad an Datenaufbereitung ist somit immer erforderlich, den der Anwender mithilfe verschiedener Programme zu bewerkstelligen hat. Die Eignung der Software zur effizienten Datenaufbereitung ist daher sehr maßgebend und kann entscheidend für die Wahl eines Softwareproduktes sein.

Bei der Recherche geeigneter Produkte wurde daher auf folgende Kriterien geachtet:

- Freie Verfügbarkeit / Kostenfreiheit
- Kombinationsfähigkeit mit GIS-Programmen
- Bedienerfreundlichkeit
- Geeignete Literatur / Benutzerhandbuch/ Sprache
- Unterstützte Dateiformate
- Aktualisierungen / Updates
- Verbreitung / Bekanntheit

Für die Arbeiten dieser Masterarbeit wurden die ersten beiden Kriterien der obigen Auflistung als K.O.-Kriterien für die Auswahl geeigneter Software gewählt. Die GIS-Kompatibilität deswegen, da diese Eigenschaft bei Verwendung von hochauflösenden Flächendaten für Modellierungen

praktisch unumgänglich ist. Das Kriterium „freie Verfügbarkeit/Lizenz“ wurde gewählt, da es neue Entwicklungen bei frei-verfügbaren Modellierungssoftware-Produkten gibt, welche in der Praxis noch nicht dokumentiert wurden und daher auf deren Gebrauchstauglichkeit geprüft werden sollen.

Das Kriterium „Verbreitung / Bekanntheit“ ist daher gehend von Relevanz, da bei häufiger Verwendung der Erfahrungsaustausch zwischen den Anwendern die Arbeit für jeden Einzelnen erleichtert. Bei gängigen Schwierigkeiten sind so meist Lösungskonzepte in der Literatur oder in Foren auffindbar, was dazu führt, dass Probleme schneller gelöst werden können. Eine weite Verbreitung fördert somit die Problemlösungskompetenz der „Nutzer-Gemeinschaft“, aber auch die Behandlung von Fehlern der Software – da häufig auftretende Fehler schneller erkannt und in der Regel auch rasch vom Software-Entwickler behoben werden. Diese Umstände sind auch ein Vorteil der bereits etablierten Software-Produkte, gegenüber neuen, weniger verbreiteten Produkten.

HÖTTGES (2017) formulierte die Anforderungen an derartige Software und deren Datenmanagement differenziert aus Sicht des Kanalisationunternehmens und aus Sicht des Planers. Während der Kanalnetzbetreiber eine Software mit stabilen, dauerhaften Strukturen wünscht, welche auf Knopfdruck alle erwünschten Informationen wiedergeben, präferiert der planende Ingenieur flexible Strukturen mit einfachem/offenem Aufbau, welche nach Bedarf leicht abgeändert und an die jeweiligen Anforderungen angepasst werden können. Die oben angeführte Liste kann somit um die in sich widersprüchlichen Kriterien ergänzt werden:

- Flexibilität vs. Dauerhaftigkeit der Datenstruktur
- Einfachheit vs. Komplexität der Datenstruktur

Die Beurteilung der zur Auswahl stehenden Software hinsichtlich der Beschaffenheit der Datenstruktur bedarf jedoch tieferer Befassung und Auseinandersetzung mit den Programmen, welche weit über den Umfang dieser Masterarbeit hinausginge und daher nur ansatzweise durchgeführt wurde. Da die Anzahl der Nutzer von hydrodynamischer Modellierungssoftware relativ klein ist, gibt es wenige Erfahrungsberichte bzw. wenig Literatur über die Praxistauglichkeit der Programme. Dies erschwert auch eine objektive Vergleichbarkeit.

Nach einer ersten Auswahl von Programmen wurden die gewählten Softwareprodukte in Probeläufen mit einfachen Datensätzen getestet. Besonders auf die Kompatibilität mit anderer Software (GIS-Systeme) wurde Augenmerk gelegt.

4.3.3 Schwierigkeiten bei der Datenerhebung

Wie in 3.3.1.1 beschrieben, wurde zuerst eine Abklärung des tatsächlichen Datenbedarfs vorgenommen. Hierbei hat die Anforderung, als Grundlage für Einstellungen einer möglichen Kanalsystemsteuerung zu dienen, darüber entschieden, ein hydrodynamisches Modell zu erarbeiten. Daneben war auch die Nachweisführung betreffend Überstauhäufigkeit von Interesse. Die baldige Aussicht auf Verfügbarkeit eines LIS, zusammen mit der Möglichkeit der kombinierten Nachweisführung von Regelblatt 11 und Regelblatt 19, haben die Entscheidung untermauert. Daher fiel die Wahl auf das hydrodynamische Modell, also entsprechen die Anforderungen an die Daten der Nachweisführung nach Regelblatt 11, wie in Tabelle 3-13 auf Seite 45 dargestellt.

4.3.3.1 Erhebung Teilflächen

Die Durchführung der Flächendigitalisierung für das Projektgebiet soll typische Schwierigkeiten und Fehlerquellen aufzeigen. Einflussfaktoren sollen auf Grundlage der durchgeführten Arbeiten erkannt und andiskutiert werden. Daneben soll über Aufzeichnungen von Stundenleistungen die Menge an digitalisierten Flächen je Zeiteinheit für eine Flächendigitalisierung nach Teilflächen differenziert (Ebene 4 der räumlichen Auflösung, nach DATMOD (2015)) erhoben werden. Dabei wurde im Wesentlichen nach der Methode wie in Kap. 3.3.1.2.2 beschrieben, vorgegangen.

4.3.3.2 Erhebung Teilflächenanschlüsse

In Kapitel 3.3.1.2.3 wurde bereits auf die Problematik bei der Anchlusserhebung von Flächen eingegangen. Die ebenfalls dort schon angesprochene Annahme aus DATMOD (2015) zum Anteil angeschlossener Flächen bei Annahme ohne Kenntnis der tatsächlich angeschlossenen Flächen - scheint doch etwas pauschal für die hohe Diversität von Siedlungsstrukturen zu sein. Somit herrscht ein großer Unsicherheitsfaktor, der womöglich „besser“ eingeschätzt werden kann.

Die Erfassung der Problematik - das Ausmaß dieser Unsicherheit anhand von Vor-Ort-Begehungen abzuschätzen - ist Teil dieser Masterarbeit. Dazu wurden in einem ausgewählten Teileinzugsgebiet visuelle Überprüfungen von:

- dem Vorhandensein von Dachrinnen und des Verlaufes derer Ableitungen
- dem Vorhandensein von Straßeneinläufen, Rigolen und des Verlaufes derer Ableitungen
- dem Gefälle und der Richtung des Gefälles von Flächen

vorgenommen. Aus diesen Informationen soll eine Abschätzung der Größenordnung der an das Entwässerungssystem angeschlossenen – bzw. nicht angeschlossenen Flächen – erfolgen. Ein Entwurf einer Strategie zur differenzierteren Annahme des Anteils angeschlossener Flächen für verschiedene Siedlungsstrukturen soll daraus abgeleitet werden. Die dabei verbleibende Unsicherheit muss ebenso eingeschätzt werden und Strategien zur Minimierung derselben erörtert werden.

Befragungen von Liegenschaftsbesitzern über Anschlüsse von Oberflächen sollen dabei helfen – gleichzeitig muss aber auch die Brauchbarkeit der Ergebnisse solcher Befragungen hinterfragt werden.

4.3.4 Probleme und Schwierigkeiten bei der Datenprüfung /-aufbereitung

4.3.4.1 Allgemeine Prüfungen

Ein Überprüfen der Daten auf allgemeine Korrektheit ist unabhängig von der Art der Daten ein wichtiger Schritt im Datenmanagement. Viele verschiedene Fehlerarten können durch Kontrollen aufgedeckt und erkannt werden. Diese Fehler können vielfältiger Natur sein, das Erkennen der selben im Vorfeld der Modellierung erspart viel Aufwand im Nachhinein.

Im Gegensatz zu modellierungsspezifischen Fehlern sind die im Zusammenhang mit dem grundlegenden Datenmanagement verbundenen Fehler mit „relativ einfachen Mitteln“ aufdeckbar.

Im Rahmen dieser Masterarbeit soll versucht werden, diese Prüfungen zu erläutern um allgemeine Fehler in Datenbeständen frühzeitig aufzudecken, bevor mit der Aufbereitung von Daten begonnen wird.

Das Wissen um mögliche Fehlerquellen wirkt sich förderlich auf deren bewusste Vermeidung aus.

4.3.4.2 Fehleranalyse betreffend die teilautomatisierte Modellerstellung

Bei der Durchführung der Modellerstellung auf dem teilautomatisierten Weg treten auch allerlei Fehler auf, welche speziell im Zusammenhang mit der Modellierung selbst stehen. Diese Fehler sind im Grunde beim Einstieg in dieses Fachgebiet nicht ungewöhnlich. Die dabei gemachten Erfahrungen sind die Basis für späteres, richtiges Arbeiten. Genau aus diesem Grunde sollen die bei der Modellerstellung dieser Masterarbeit gewonnen Lehren erfasst und dokumentiert werden, um anderen Anwendern dieser Art der Modellerstellung den Einstieg zu erleichtern.

Wesentlich dabei ist, die modellierungsspezifischen Fehler zu klassifizieren, was einerseits bei deren Unterscheidung hilfreich ist, andererseits dadurch auch deren Ursachen zu erkennen und einzugrenzen fördert. Den Ursprung, bzw. die Quelle eines Fehlers oder fehlerhaften Verhaltens eines Modells zu erkennen, ist einer der Schlüssel zur Vermeidung derselben.

Nach einer allgemeinen Einteilung der Fehler soll eine Auflistung konkreter Fehler erfolgen. Diese sollen hinsichtlich ihrer Art des Auftretens beschrieben werden. Gleichzeitig soll angeführt werden, wie man deren Auftreten verhindern bzw. vorbeugen kann.

Eine Zusammenstellung in Listenform soll bereitgestellt werden, um bei praktischen Arbeiten eine hilfreiche, handliche Zusammenstellung gängiger Fehler zur Hand zu haben, welche zur Fehlererkennung, sowie –vermeidung dienen soll.

4.3.4.3 Erstellung Modellregen

Die Erstellung von Modellregen stellt grundsätzlich kein technisches Problem dar, da die Berechnung bei Kenntnis der Vorgehensweise relativ einfach ist. Ein Problem liegt eher im Aufwand der Erstellung, besonders dann, wenn für die Kalibrierung hydrodynamischer Kanalnetzmodelle viele Kalibrierszenarien unter Verwendung von Modellregen getestet werden sollen. Ist die Modellregenerstellung nicht effizient gestaltet, so kann das manuelle Erstellen mehrerer Modellregen einen erheblichen Zeitaufwand darstellen.

Aus diesem Grund wurde eine Anleitung zur effizienten Erstellung von Modellregen in MS Excel erarbeitet. In Kapitel 3.2.5.1.3 wurde die generelle Vorgehensweise zur Erstellung eines Einzelmodellregens nach ÖWAV-Regelblatt 11 angeführt. Auf dieser aufbauend kann ein Excel-Tool zur einfachen Erzeugung von Modellregen Euler Typ II geschaffen werden, mit der die Berechnung „automatisch“ erfolgt. Damit ist außer dem Einfügen der Niederschlagsdaten aus eHyd und der Auswahl der gewünschten Jährlichkeit und Wiederkehrzeit kein weiterer Arbeitsschritt notwendig.

4.3.4.4 Zuteilung der Flächen auf Systemknoten

Vor ersten Importversuchen der Daten in die Modellierungssoftware müssen die Verbindungen zwischen den Flächen und den leitungsbezogenen Daten hergestellt werden. Die gewählte Software-Lösung mittels Qgis, SWMM und Giswater liefert hierzu keine standardisierte Methode, weshalb ein eigener Lösungsweg gefunden werden soll, welcher in Kapitel 5.2.4.4 vorgestellt wird. Die Vorgangsweise kann im Gis-Programm durchgeführt werden, manuelle Kontrollen bleiben danach aber nicht aus, welche beschrieben und Hinweise zu deren richtigen Durchführung gegeben werden sollen.

5. Ergebnisse und Diskussion

5.1 Ablaufschema

5.1.1 Identifikation der Prozessschritte

Unter Punkt 3.3.1 wurden bereits die wesentlichen Prozessschritte bzw. –abschnitte des Datenmanagements angeführt. Diese sind:

- Daten – Verfügbarkeitsprüfung (und andere Vorarbeiten der Modellierung)
- Datenerhebung / -sammlung
- Datenprüfung
- Datenaufbereitung / -korrektur
- Datenverwendung – (Modellerstellung / Kalibrierung)
- Datenpflege

Diese werden in den weiteren Ausführungen als Prozessabschnitte bezeichnet. Sie sind von oben nach unten zeitlich angeordnet. Die einzelnen Prozess-Arbeitsschritte können jeweils einem dieser Abschnitte thematisch und auch zeitlich zugeordnet werden. Die im Schema verwendeten Bezeichnungen der Prozessschritte ergeben sich aufgrund der Kombination von Datenmanagement und Modellierung.

Neben der zeitlichen Differenzierung in Prozessabschnitte wurde auch eine Unterteilung in die Art der Daten berücksichtigt. Die vier verschiedenen, zur Anwendung kommenden Datenarten sind:

- leitungsbezogene Daten
- flächenbezogene Daten
- Hydrologie-Daten
- Monitoring-Daten

Während im Prozessablaufdiagramm die Abfolge der Schritte vertikal von oben nach unten dargestellt wird, werden die verschiedenen Datenarten in waagrechter Richtung angeordnet. Dies bildet sodann eine Art Raster, in welchem ein einzelner Prozessschritt einem einzelnen Prozessabschnitt und einer Datenart zugeordnet werden kann.

Die vertikale Anordnung der Prozessschritte verschiedener Datenarten kann grundsätzlich parallel bearbeitet werden, solange, bis die Schritte verschiedener Datenart zueinander in Wechselwirkung stehen. Dies zeigt sich durch Pfeile, die die Schritte miteinander verbinden.

Tabelle 5-1 zeigt die erkannten Prozessschritte aufgeschlüsselt nach deren Zugehörigkeit zum jeweiligen Prozessabschnitt und deren Datenart. Die Tabelle zeigt noch keine Entscheidungen, Interaktionen und auch keine Querverbindungen von Prozessschritten in andere Datenarten. Die Elemente kristallisierten sich nach mehreren Wiederholungen der Identifikation heraus. Die Minimierung von Elementen erfolgte wie in Kap. 4.2.1 beschrieben.

Ebenso ist hier der Abschnitt „Datenpflege“ nicht zu finden. Die Begründung dafür wird im nachfolgenden Kapitel 5.1.2 gegeben.

Tabelle 5-1: Identifizierte Prozessschritte aufgeschlüsselt nach Prozessabschnitt und Datenart, eig. Tabelle

	leitungsbezogene Daten	flächenbezogene Daten	Hydrologie-Daten	Monitoring-Daten
Vorarbeiten	Prüfung Datenverfügbarkeit	Prüfung Datenverfügbarkeit	Prüfung Datenverfügbarkeit	Prüfung Datenverfügbarkeit
	Auswahl geeigneter Software	Auswahl geeigneter Software	Auswahl geeigneter Software	Auswahl geeigneter Software
Datenerhebung	Sammeln erforderlicher, leitungsbezogener Daten	Beschaffung aktueller Geodaten	Anfordern Starkregenseerien	
	Sammeln erforderlicher Unterlagen nicht im LIS enthaltener Daten	GIS-Flächendigitalisierung	Erhebung Bemessungsniederschlag für Modellregenerstellung	Abflussmessungen erheben
	GIS-Import leitungsbezogene Daten	Erhebung Teilflächenanschlüsse	Niederschlagsmessungen durchführen	
Datenprüfung, -aufbereitung	Allgemeine Prüfung der Werte auf Richtigkeit / Plausibilität + gegebenenfalls Korrektur			
	Vor-Ort-Untersuchungen, Klärung von Unklarheiten		Auswertung Starkregenseerien	Auswertung Regenkontinuum
		Zuteilung Flächen auf Einleitschächte	Erstellung Modellregen	Auswertung Abflussganglinien
		Zuteilung NS-Ereignisse auf Flächen		
	Anpassen/Aufbereiten Attribute		Anlegen NS-Ereignisse	Repräsentative Ereignisse als Kalibrierungsszenario
	Import in Modellierungs-Software			
	Überprüfung auf Vollständigkeit, Fehlerfreiheit			
Modellierung im engeren Sinn	Modellierung Sonderbauwerke	Festlegung der Parameter zur Abflussbildung	Allgemeine Szenarienerstellung, Erstellung Kalibriererszenarien	
	Probe - Berechnungsdurchläufe			
Kalibrierung	Vergleich berechneter Abflussgeschehnisse mit gemessenen Abflussgeschehnissen			

5.1.2 Darstellung eines Ablaufschemas und der Interaktionen zwischen den Prozessschritten

Ausgehend von den identifizierten Elementen in Tabelle 5-1 wurde damit begonnen, deren Zusammenhänge zu visualisieren. Bei den meisten Schritten ist es offensichtlich, welche Schritte vorgelagert (vorhergehend) und welche nachgelagert (nachhergehend) sind.

Wirkt sich ein nachfolgender Schritt in einer Weise rückwirkend auf den vorhergehenden Prozessschritt aus, sind diese mit einem Doppelpfeil verbunden.

Gilt ein Schritt für mehrere Datenarten, wird dieser breiter, über mehrere Spalten angezeigt oder in eine Spalte hineinragend angedeutet, wenn eine thematische Querverbindung eines Schrittes zu einer anderen Datenart gegeben ist.

Mit einer Raute sind Entscheidungen symbolisiert, hier verzweigt sich der Ablauf. Bei Verzweigungen, die mit einer Prüfung der Korrektheit verknüpft sind, verläuft der verneinende Zweig zu der Stelle zurück, von wo aus das Ergebnis zur Verbesserung zum ersten Male beeinflusst werden kann. Der bejahende Zweig führt im Schema weiter. Diese „Loops“ gewährleisten eine Korrektur, welche den Standpunkt im Schema immer an die Stelle der Korrektur zurückverweist, so lange, bis die Prüfung auf Korrektheit mit „Ja“ beantwortet werden kann und der Ablauf im Schema Richtung Ziel fortgesetzt wird.

Die nachfolgende Abb. 5-1 zeigt das erstellte Prozessablaufschema zur hydrodynamischen N-A-Modellierung für Kanalnetze.

Sie zeigt fünf blau-markierte Bereiche, wobei jeder davon für einen Prozessabschnitt steht. Die Auflistung auf Seite 73 ganz oben zeigt sechs Abschnitte; der letzte Abschnitt – Datenpflege – wird als rückläufiger Pfeil abgebildet (ohne Bereich), da dieser Abschnitt nach erfolgter Modellierung wirkend wird und der Aufrechterhaltung der Aktualität des Modells dient. Er wirkt auf mehrere Abschnitte ein, weshalb er nicht wie die anderen Abschnitte „statisch“ ist und klar abgegrenzt werden kann, sondern mehr als dynamischer, veränderlicher, Teil der Aufgabe „Modellierung“ zu betrachten ist.

Die in der Natur der Sache liegende Veränderung der vorliegenden Gegebenheiten muss stetig berücksichtigt werden. So sind die wesentlichen Merkmale und Faktoren der im Modell abgebildeten Realität über die Datenpflege wahrzunehmen, damit die Ergebnisse aus dem Modell aktuell und gültig sind und brauchbare Ergebnisse liefern können.

Erste Versuche der Darstellung des Schemas zeigten wesentlich mehr Elemente, die durch die in Kap. 4.2.1 beschriebene Vorgehensweise effektiv minimiert werden konnten. Dieser „iterative“ Prozess wurde solange wiederholt, bis keine Verminderungen der Prozessschritte mehr möglich war, ohne dabei wesentliche Informationen des Prozessschemas zu verlieren.

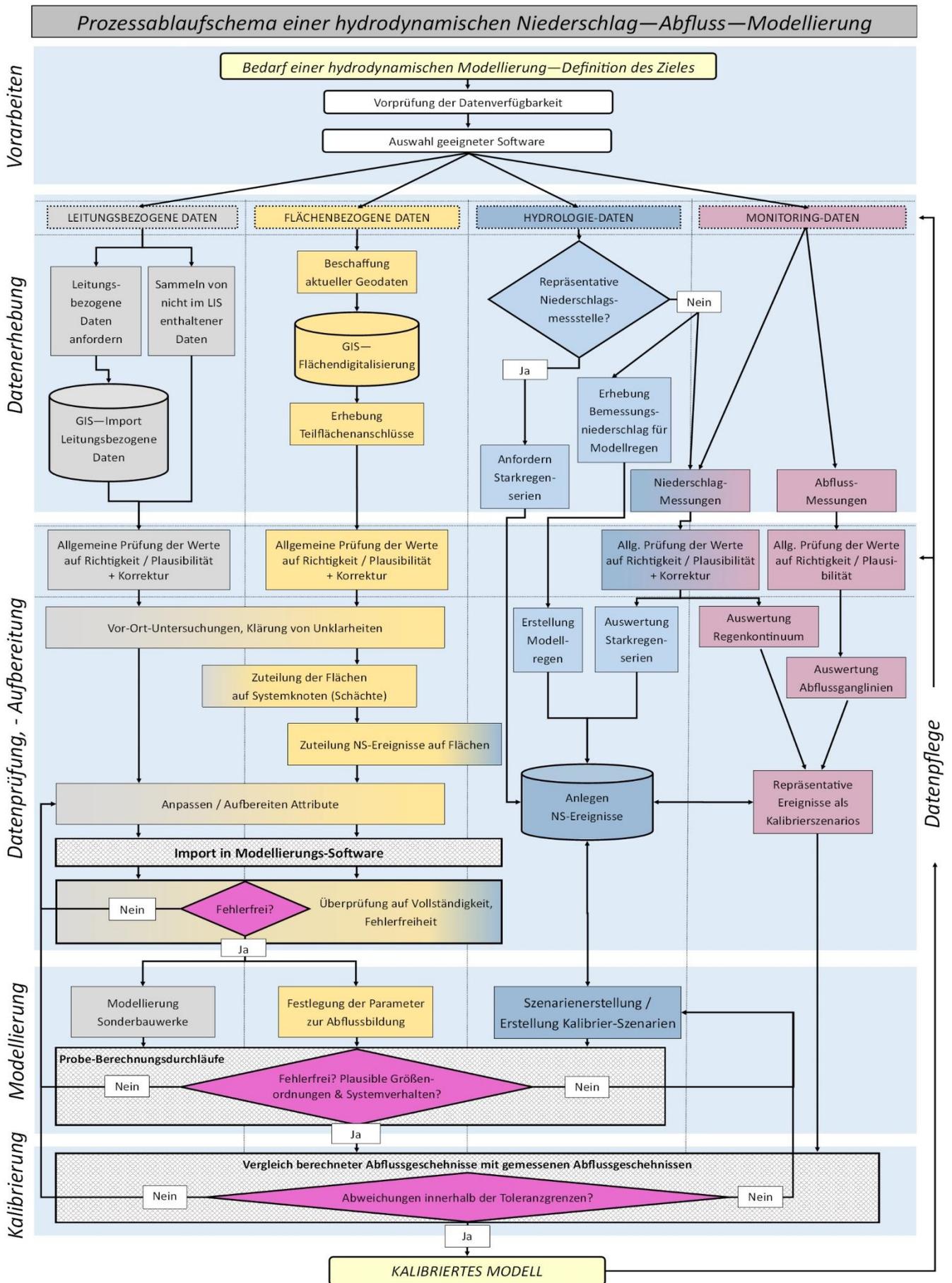


Abb. 5-1: Prozessablaufdiagramm einer N-A-Modellierung mit Datenmanagementstruktur, eigene Darst.

5.2 Schwierigkeiten der teilautomatisierten Erstellung eines hydrodynamischen Kanalnetzmodells

Im Folgenden werden die bei der Durchführung des Datenmanagements und bei der Modellerstellung angetroffenen Schwierigkeiten und Hürden anhand gemachter Erfahrungen erörtert und Strategien zu deren Bewältigung vorgestellt.

Die Ergebnisse gliedern sich thematisch in:

- Allgemeine Problemstellungen im Vorfeld einer Modellierungsaufgabe
- Problemstellungen hinsichtlich der Auswahl geeigneter Software
- Schwierigkeiten bei der Datenerhebung
- Schwierigkeiten bei der Datenprüfung und –aufbereitung
- Fehleranalysen betreffend die teilautomatisierte Modellerstellung

Diese Auflistung stellt lediglich einen Teil der Schwierigkeiten bei teilautomatisierten Modellerstellungen dar. Sie umfasst alle wesentlichen Problemstellungen, die anhand der Arbeiten am Fallbeispiel erkannt und behandelt wurden.

5.2.1 Allgemeine Problemstellungen im Vorfeld einer Modellierungsaufgabe

Die grundlegendsten Erkenntnisse aus den gemachten Erfahrungen haben mit allgemeinen Überlegungen und einfachen Prüfungen hinsichtlich der Durchführbarkeit einer hydrodynamischen Modellierung zu tun.

Diese haben große Bedeutung, da sie im Vorfeld aufwändiger Arbeiten abklären, mit welchen Umständen, mit welchem Aufwand während der Arbeiten gerechnet werden muss. Gravierende Probleme aufgrund falscher oder fehlender Voraussetzungen können frühzeitig erkannt und dementsprechend darauf reagiert werden.

5.2.1.1 Allgemeine Voraussetzungen für eine hydrodynamische Kanalnetzmodellierung

Dies kann auch bedeuten, dass Erkenntnisse gewonnen werden, welche von der Durchführung und Erstellung eines solchen Modells abraten. Das liegt an ungünstigen oder falschen Voraussetzungen, welche die Umsetzung des Projektes schwer durchführbar machen oder zeitlich stark verzögern können.

Diese Voraussetzungen können sein:

- Modellart – falsch gewählt: Fragestellung kann nicht (richtig) beantwortet werden
- Datenverfügbarkeit – nicht vollständig gegeben
- Zeit- oder Kostenaufwand – nicht gedeckt / unterschätzt
- Frist für Fertigstellung – im Vorherein nicht einhaltbar
- Qualifikation des Personals – zur Bewältigung der Aufgabe nicht ausreichend
- Eignung zur Verfügung stehender Technik – Software, Hardware für Aufgabe ungeeignet

Diese grundlegenden Faktoren werden oftmals unzureichend geprüft und häufig auf gewisse Art „übergangen“. Sie werden vielfach als „selbstverständlich“ gewertet, was sich häufig, meist zu spät, als Irrtum herausstellen kann.

Modellart:

Bereits in den Kapiteln 3.2.3 und 3.2.4 wurde auf die vielfältigen Möglichkeiten von Modellierungen eingegangen. Die Abgrenzung dieser Modelle ist selten auf den ersten Blick eindeutig, weshalb nicht übereilt gehandelt werden soll. Besonders hilfreich in dem Zusammenhang ist die Fragestellung, ob das präferierte Modell die Fragestellung eindeutig beantworten kann, oder nicht.

Werden Fragen mit Bezug auf die hydraulischen Vorgänge gestellt, kann in fast allen Fällen ein hydrodynamisches Modell empfohlen werden. Durch die Möglichkeit des kombinierten Nachweises nach DATMOD (2015), können hydrologische Fragestellungen auch mit hydrodynamischen Berechnungen beantwortet werden. Sind Aussagen mit qualitativem Bezug gefordert, beispielsweise Stofftransport, Abbauprozesse, etc., sind genauere Prüfungen betreffend die Eignung eines Modells von Nöten, da es hier eine große Vielfalt an verschiedenen Berechnungen und Ansätzen gibt.

In der betreffenden Fallstudie beispielsweise, wäre auch für einen Teil der Fragestellungen ein hydrologisches Modell ausreichend gewesen. Dieses hätte aber keine Ergebnisse zu Überstauereignissen geliefert, welche aber von Interesse waren, weshalb die Wahl auf ein hydrodynamisches Modell fiel.

Datenverfügbarkeit:

Die Voraussetzung, alle notwendigen Daten weitgehend lückenlos und in gewünschter Qualität zu bekommen, hat sich als äußerst relevant herausgestellt. Die Datenbestände, besonders jene der leitungsbezogenen Daten, sind in der Regel nicht vollständig, und mitunter auch stark fehlerbehaftet. Bei leitungsbezogenen Daten liegt dies meist daran, dass nicht immer alle Schächte eines Kanalsystems zugänglich sind, um die geforderten Daten erheben zu können. Gründe Dafür können sein:

- Schächte sind nicht auffindbar
- Schächte sind überschüttet / Unterflur-Ausführung
- Schächte sind nicht zugänglich:
 - Verschraubt und Schrauben wegen Rost nicht lösbar
 - Abdeckung allgemein so stark verrostet, dass nicht zu öffnen
 - Abdeckung so stark verschmutzt, eingesandet, dass nicht zu öffnen
 - Temporär überdeckt, zugestellt, überbaut

Fehlen wesentliche Teile der Stammdaten, kann die Modellierung nicht abgeschlossen werden! Ergebnisse aus unvollständigen Modellen sind in der Regel nicht brauchbar / können kein verifiziertes Ergebnis bringen!

Da der große Aufwand einer hydrodynamischen Kanalnetzmodellerstellung nur dann gerechtfertigt ist, wenn am Ende daraus auch brauchbare Ergebnisse resultieren, ist die Voraussetzung, alle leitungsbezogenen Daten zu erhalten, ein absolutes K.O.-Kriterium!

Lückenbehaftete Datenbestände können bis zu einem gewissen Ausmaß via Interpolationen „modellfähig“ gemacht werden, aber auch nur dann, wenn die Lücken nicht zu groß sind.

Zeit- und Kostenaufwand:

Die Erstellung eines brauchbaren Modells erfordert Zeit und Expertise. Dies ist kostenintensiv, was nicht unterschätzt werden darf. Neben den Kosten für die Modellerstellung darf auch der Aufwand für die Datenerhebungsarbeiten nicht unberücksichtigt bleiben. Das Vorhandensein eines bestehenden Leitungsinformationssystems wirkt sich somit günstig aus, da diese Kosten meist schon berücksichtigt wurden.

Um einen Überblick über die wesentlichen Kostenquellen einer Modellierung zu haben, seien diese nachfolgend, grob zusammengefasst identifiziert worden:

- Erhebung leitungsbezogener Daten (LIS)
- Erhebung Flächendaten (Digitalisierung)
- Erhebung / Beschaffung Hydrologiedaten
- Messprogramm für Modellkalibrierung
- Modellerstellung im engeren Sinn mit Datenprüfung, -aufbereitung, Kalibrierung/Validierung

Die aufgelisteten Kostenquellen wurden dabei nach Zusammengehörigkeit / Abgrenzung zu anderen wesentlichen Kosten erkannt. Die Punkte könnten so als „Abschnitte“ differenziert, in Auftrag/vergeben werden. Eine andere oder genauere Aufteilung/Einteilung ist natürlich denkbar und soll von der obigen Auflistung nicht ausgeschlossen interpretiert werden.

Abgesehen von dem finanziellen Aufwand dieser Aufgaben muss auch der Zeitbedarf der Schritte berücksichtigt werden – unabhängig davon, ob man diese selbst durchführt oder vergibt, beziehungsweise unabhängig davon, ob man Auftraggeber oder –nehmer ist.

Modellierungsaufgaben sind, auch wenn sie „teilautomatisiert“ ablaufen, nicht per „Knopfdruck“ erledigt.

Fristen:

Der eben genannte Zeitaufwand schlägt sich natürlich auch in den Zeitplänen nieder. Gilt es festgesetzte Fristen einzuhalten, muss realistisch geprüft werden, ob dies möglich ist. In der Regel ist mit Komplikationen, welche Verzögerungen bedeuten, zu rechnen. Das Einplanen einer gewissen „Zeitreserve“ zur Sicherheit, wird dringend empfohlen.

Qualifikation des Personals:

Modellierungen sind komplex und erfordern eine gewisse fachliche Qualifikation des Bearbeiters. Diese muss einerseits für die Thematik im Allgemeinen, aber auch für den Umgang mit EDV gegeben sein. Ergibt eine allgemeine Vorprüfung, dass eine für die Aufgabe angedachte Person eines der beiden Kriterien nicht erfüllt, macht es keinen Sinn, diese mit hydrodynamischer Modellierung vertraut zu machen. Werden die Kriterien erfüllt, muss noch überlegt werden, ob diese Person zeitlich freigestellt werden kann, um sich mit der Aufgabe beschäftigen zu können.

In der Regel wird eine Modellierung für Kanalsysteme nicht vom Kanalbetreiber selbst durchgeführt, sondern von einem fachlich qualifizierten Ingenieurbüro. Meist werden dort Angestellte beschäftigt, die über die beiden oben genannten Grundlagen verfügen und in der Thematik angelernt werden können. Dabei dürfen die Kosten und die notwendige Anlernzeit nicht vergessen werden.

Eignung zur Verfügung stehender Technik:

Die Technik für hydrodynamische Modellierungen muss getrennt nach Hardware und Software betrachtet werden:

- Hardware:
Geeignete EDV-Hardware sollte über ausreichende Prozessorleistung verfügen, um die Berechnung der Hydrodynamik in akzeptablen Zeiten ausführen zu können. Die Dauer der Berechnung hängt neben der Rechenleistung des Rechners natürlich auch von der Größe und dem Ausmaß des zu berechnenden Modelles ab.
- Software:
Über die Eignung von Software zur hydrodynamischen Modellierung wird im folgenden Kapitel ausgeführt. Mit den in dieser Arbeit nachfolgend angeführten Softwareprodukten stehen kostenpflichtige, sowie kostenlose Programme zur Bewerkstelligung solcher Aufgaben zur Verfügung. Grundsätzlich dürfte somit der Punkt „Software“ keine wesentliche Hürde darstellen.

So können Mindestanforderungen an die Technik für hydrodynamische Kanalnetzmodellierungen zusammengefasst werden. Die folgende Auflistung stellt eine allgemeine Empfehlung dar, ohne speziell auf einzelne Softwareanbieter einzugehen. Die Größe des zu berechnenden Kanalsystems spielt dabei eine entscheidende Rolle, weshalb für große Systeme Teile der nachfolgenden Empfehlungen womöglich zu niedrig gewählt sind:

- Prozessor: Intel Core i7 / AMD Ryzen 7
- Arbeitsspeicher: 8 GB RAM
- Grafikspeicher: 64 MB RAM
- Festplatte: SSD, mit ausreichend Speicherplatzreserve
- Monitorgröße: 24“, zweiter, Zusatzbildschirm empfohlen
- Monitorauflösung: mind. 1280 x 1024
- Betriebssystem: Windows 7 / Windows 10, 64 bit-Versionen

5.2.1.2 Zusammenfassung allgemeiner Problemstellungen

Die eben genannten Punkte stellen zwar sehr einfache Fragestellungen dar, sind aber umso grundlegender für die nachfolgenden Detailfragen und –probleme. Werden hier schon leichte Hürden offensichtlich, muss mit umso gravierenderen Problemen und Verzögerungen bei fortschreitenden Arbeiten im Datenmanagement und am Modell gerechnet werden.

Die Erfahrung aus den praktischen Arbeiten dieser Diplomarbeit hat beispielsweise konkret gezeigt, dass die Flächendigitalisierung hinsichtlich Aufwand und technischer Hürden überschätzt wurde, währenddessen die Hürden des Datenmanagements hinsichtlich Erhebung leitungsbezogener Daten gravierend unterschätzt wurden und so zu ungeahnten Verzögerungen führte.

5.2.2 Auswahl geeigneter Software

In einer ersten Recherche wurden Programme erhoben, die für eine hydrodynamische, eindimensionale Niederschlag-Abfluss-Modellierung in Kanalnetzen geeignet sind oder in Kombination indirekt der Modellierung dienlich sind. Die Erhebung ergab folgende Auflistung in Frage kommender Programme:

Tabelle 5-2: Mögliche Programme für hydrodynamische Kanalmodellierung, eigene Tabelle

Software - Bezeichnung	Herausgeber	Lizenz-Art	GIS-Integration/kompatibel
EPA SWMM	EPA	Freeware	Keine*
Mike Urban (MOUSE)	DHI	kostenpflichtig	ArcGis
Basys Mike	Barthauer	kostenpflichtig	QGis
QKan	Jörg Höttges	Freeware**	QGis
Hystem-Extran	ITWH GmbH	kostenpflichtig	Keine Angabe***
Kanal++	Tandler.com GmbH	kostenpflichtig	Keine Angabe****
Hykas	Rehm Software GmbH	kostenpflichtig	Keine Angabe
Giswater	Giswater Association	Freeware/GNU	QGis
Inp.pins	Rui Pina	Freeware	Importdatei-Erzeugung
InfoSWMM	Innovyze	kostenpflichtig	ArcGis
Hydra	Pizer	kostenpflichtig	ArcGis

*...Import GIS-verarbeiteter Daten möglich

**...kombiniert mit kostenpflichtigen Hystem-Extran oder Kanal++

***...kombiniert mit QKan

****... kombiniert mit QKan, noch in Entwicklung

In Tabelle 5-2 sind neben der Software-Bezeichnung und dessen Herausgeber auch Angaben zur Lizenz und deren GIS-Kompatibilität angeführt. Diese beiden Kriterien gelten für die Masterarbeit als K.O.-Kriterien zur Auswahl der Software für die weitere Vorgehensweise. Eine differenzierte Betrachtung ist von Nöten, da manche Programme nicht selbst GIS-fähig sind, aber durch „Zwischenprogramme“ wie beispielsweise Inp.pins, Gis-verarbeitete Daten importieren können.

Die Selektion aufgrund der Kriterien Lizenz und GIS-Integration ist in Tabelle 5-3 gezeigt:

Tabelle 5-3: Selektion der Software, eigene Tabelle

Software - Bezeichnung	Herausgeber	Lizenz-Art	GIS-Integration/kompatibel
EPA SWMM	EPA	Freeware	Keine*
Mike Urban	DHI	kostenpflichtig	ArcGis
Basys Mike	Barthauer	kostenpflichtig	QGis
QKan	Jörg Höttges	Freeware**	QGis
Hystem-Extran	ITWH GmbH	kostenpflichtig	Keine Angabe***
Kanal++	Tandler.com GmbH	kostenpflichtig	Keine Angabe****
Hykas	Rehm Software GmbH	kostenpflichtig	Keine Angabe
Giswater	Giswater Association	Freeware/GNU	QGis
Inp.pins	Rui Pina	Freeware	Importdatei-Erzeugung
InfoSWMM	Innovyze	kostenpflichtig	ArcGis
Hydra	Pizer	kostenpflichtig	ArcGis

Die rot markierten Produkte sind überwiegend kostenpflichtig. Einzig das Projekt QKan ist als Open-Source verfügbar, wird aber deswegen ausselektiert, weil zur hydrodynamischen Simulation die Kopplung mit dem kostenpflichtigen „Hystem-Extran“ bzw. „Kanal++“ notwendig ist. Zu den drei Programmen „Hystem-Extran“, „Kanal++“ und „Hykas“ konnte aus Informationsmangel keine genaue Angabe bezüglich deren GIS-Integration bzw. –Kompatibilität getroffen werden. Die anderen ausgeschiedenen Programme sind entweder mit der GIS-Anwendung „QGis“ oder „ArcGis“ kompatibel.

Die nach der Vorselektion verbliebenen Programme sind in Tabelle 5-4 angeführt:

Tabelle 5-4: Auswahl der Software für weitere Bearbeitung, eigene Tabelle

Software - Bezeichnung	Herausgeber	Lizenz-Art	GIS-Integration/kompatibel
EPA SWMM	EPA	Freeware	Keine*
Giswater	Giswater Association	Freeware/GNU	QGis
Inp.pins	Rui Pina	Freeware	Importdatei-Erzeugung

*...Import GIS-verarbeiteter Daten möglich

Interessant an dem Ergebnis ist, dass jedes der drei als Open-Source-verfügbaren Softwareprodukte keine „richtige“ GIS-Integration besitzt, jedoch auf eine andere Art und Weise mit GIS-Operationen verbunden werden kann. Es gibt hier also nicht eine Oberfläche, die alle Funktion zur hydrodynamischen Kanalsimulation inkl. Geoinformationsverarbeitung bereitstellt, sondern die Programme für sich, die miteinander verknüpft werden bzw. Informationen austauschen.

Allgemein ist anzumerken, dass bei allen drei verbliebenen Produkten das eigentliche Modellierungsprogramm immer EPA SWMM (Storm Water Management Model) ist. Die anderen beiden Programme dienen entweder zur Verbindung mit einer GIS-Anwendung bzw. bereiten die ausgegebenen Daten eines GIS für die Verwendung in SWMM vor. Dieser Umstand liegt möglicherweise auch daran, dass das Programm SWMM auf das wesentlichste beschränkt ist, aber dennoch umfangreich genug, um die wichtigsten Prozesse der Niederschlag-Abfluss-Modellierung zu ermöglichen. Daher scheint es auch nicht verwunderlich, dass einige der lizenzpflichtigen Modellierungssoftwareprodukte auf der Funktionsweise von SWMM aufgebaut sind.

Diese Auswahl an Software wurde für die gegenständlichen Fragestellungen übernommen und hinsichtlich den bereits unter Kap. 4.3.2 angeführten Kriterien beurteilt:

- Freie Verfügbarkeit / Kostenfreiheit
 - Kombinationsfähigkeit mit GIS-Programmen
 - Bedienerfreundlichkeit
 - Geeignete Literatur / Benutzerhandbuch
 - Unterstützte Dateiformate
 - Aktualisierungen / Updates
 - Verbreitung / Bekanntheit
 - Flexibilität vs. Dauerhaftigkeit der Datenstruktur
 - Einfachheit vs. Komplexität der Datenstruktur
- } Bereits in der Vorselektion berücksichtigt

5.2.2.1 EPA SWMM (Storm Water Management Model)

Das Programm mit der Abkürzung SWMM für Storm Water Management Model der EPA (Environmental Protection Agency of the United States) gilt als Pionier unter den numerischen hydrodynamischen Modellen.



RAUCH (2010) führte zu SWMM ausführlich aus:

„Die Entwicklung von numerischen Berechnungsmethoden wurde maßgeblich von der US-EPA beeinflusst, die bereits 1969 ein Konsortium unter Führung von Metcalf and Eddy mit der Erstellung der Software SWMM (Stormwater Management Model) beauftragte. Seit der ersten Version im Jahre 1971 wurde dieses Berechnungswerkzeug bis heute kontinuierlich weiterentwickelt. Mit SWMM 5 steht ein hydrodynamisches Berechnungsmodell zur Simulation von Abflüssen und Stofffrachten in Kanalsystemen zur Verfügung, das aufgrund des Status als „public domain software“ eine sehr weite Verbreitung aufweist.

Ausgehend von diesem Modell wurden seit den 80er Jahren auch in Europa verschiedene Modelle und Softwareprodukte für die dynamische Simulation des Abflusses entwickelt. Bekannt und kommerziell erfolgreich sind hier vor allem Hystem-Extran und Kanal++ aus Deutschland, Mouse bzw. MikeUrban aus Dänemark und InfoWorks aus England.“ RAUCH (2010)

Das Programm bietet dynamische Niederschlag-Abfluss-Simulationen für Einzel-Regen-Ereignisse oder Langzeit-Regenreihen, mit dem Ergebnis von Abfluss-Quantität und Abfluss-Qualität. Das Systemprinzip arbeitet mit einer Auswahl von Einzugsgebieten, welche Niederschlag erhalten und in weiterer Folge Abfluss und Schmutzfrachten entstehen. Die Abflüsse und die Schmutzfrachten werden sodann durch ein modelliertes System aus Rohren, Kanälen, Speicher- bzw. Behandlungseinheiten, Pumpen und andere Einrichtungen geleitet. Das Programm errechnet für eine voreingestellte Simulationsdauer die Quantität und Qualität des Abflusses aus jedem Einzugsgebiet, sowie den Abfluss, Abflusstiefe und Abflussqualität in jeder Haltung. ROSSMAN (2010)

5.2.2.1.1 Beurteilung hinsichtlich der ausgewählten Kriterien

Freie Verfügbarkeit / Kostenfreiheit:

Alle Produkte der EPA werden als Open Source zur freien Verwendung zur Verfügung gestellt.

GIS-Integration:

SWMM selbst ist nicht GIS-kompatibel. Jedoch gibt es Software, die GIS-Daten für SWMM aufbereiten bzw. SWMM mit GIS „verknüpfen“.

Benutzerfreundlichkeit:

Einer der Gründe, dass sich SWMM bewährt hat, wird gleich bei der ersten Anwendung erkennbar und liegt in der Einfachheit. Der Aufbau ist simpel, der Umgang mit dem Programm geht leicht von der Hand und man findet sich schnell zurecht. Englischkenntnisse sind von Nöten, da das Programm nur in Englisch erhältlich ist.

Geeignete Literatur / Benutzerhandbuch

Für SWMM ist ein gut ausgearbeitetes Handbuch in englischer Sprache verfügbar. Es steht frei zum Download bereit.

Unterstützte Dateiformate:

Das Programm verwendet als Importdateien sogenannte „Inputdateien“. Dies sind textbasierte, generische Kennungen, welche von SWMM ausgelesen und verwendet werden. Eine solche Da-

tei wird mit der Endung „.inp“ versehen und kann mit einem Texteditor geöffnet und praktischerweise auch manuell abgeändert werden. Dies ist besonders dann praktisch, wenn es sich um geringfügige Formatfehler handelt oder vereinzelte Daten korrigiert werden sollen, ohne die Daten in der Datenbank abzuändern. Die Werkzeuge „Suchen“ oder „Ersetzen“ haben sich für solche Zwecke als äußerst nützlich erwiesen.

Einfache Grafikdateien (jpg, etc.) können als Hintergrundkarte, auch mit Angabe der Georeferenzierung eingefügt werden. Dies hilft bei der Orientierung, hat jedoch nichts mit einer GIS-Anwendung zu tun.

Aktualisierungen / Updates:

Nach Angaben der EPA wurde und wird die Software ständig erneuert und erweitert. Mittlerweile liegt die fünfte Version des Programmes vor, dessen Entstehungsgeschichte nun bald mehr als fünf Jahrzehnte zurückliegt.

Verbreitung / Bekanntheit:

Angaben zur Verbreitung der jeweiligen Software sind immer mit Vorsicht zu genießen, da gesicherte Daten praktisch nie vorliegen und alle getroffenen Angaben eher einer groben Einschätzung anhand von Erfahrungen entspricht.

Flexibilität vs. Dauerhaftigkeit der Datenstruktur

Das als Simulationswerkzeug konzipierte SWMM bietet dem Anwender keine Datenbankstrukturen zur Bearbeitung an. Die Stärken des Programms liegen in der Berechnung der Prozesse, nicht jedoch im Aufbereiten, Verändern und Verwalten von Daten.

Einfachheit vs. Komplexität der Datenstruktur

Nicht relevant.

5.2.2.1.2 Verwendung in der gegenständlichen Fragestellung

Das Programm SWMM wird für die Berechnung und Simulation der Abflusssentstehung und des Abflusstransportes verwendet. Daten werden in anderer Software aufbereitet und direkt in SWMM importiert. Im Idealfall sind sodann nur noch geringfügige „Nachbesserungsmodellierungen“ von Nöten. Die errechneten Ergebnisse können direkt im Programm visualisiert und ausgewertet werden. Ergebnisdaten lassen sich in Tabellenstrukturen oder textbasierten Berichten wiedergeben, welche auch leicht kopiert und in andere Software (z.B. MS Excel) zur erweiterten Auswertung eingefügt werden können.

5.2.2.2 GISWATER

Giswater entstand als freies Projekt mit dem Ziel, eine Datenbankstruktur mit dem ebenfalls freien QGis zu verknüpfen, um Daten so zu strukturieren, dass für Wassersimulations-Software wie EPA NET, EPA SWMM oder HEC RAS auslesbare Input-Dateien simpel „per Knopfdruck“ erzeugt werden können. In manchen Fällen kann der Datenaustausch nach Verarbeitung im Simulationsprogramm auch wieder rückwärtsgerichtet erfolgen, sodass Ergebnisse in der GIS-Anwendung dargestellt und ausgewertet werden können.



Das verwendete Datenbank-Management-System „PostgresSQL“ ist ebenfalls als Open-Source Software verfügbar. Sie wird mit der räumlichen Erweiterung PostGis zu einem Geodatenbank-Management-System vereint, welche sodann in einer Gis-Anwendung wie beispielsweise QGis eingebunden wird.

Das verwendete Datenbank-Management-System „PostgresSQL“ ist ebenfalls als Open-Source Software verfügbar. Sie wird mit der räumlichen Erweiterung PostGis zu einem Geodatenbank-Management-System vereint, welche sodann in einer Gis-Anwendung wie beispielsweise QGis eingebunden wird.

5.2.2.2.1 Beurteilung hinsichtlich der ausgewählten Kriterien

Freie Verfügbarkeit / Kostenfreiheit:

Das Projekt ist als Open Source zur freien Verfügung. Die GNU-Lizenz (General Public License) bietet die Möglichkeit, selbst an der Entwicklung der Software zu arbeiten und beizutragen.

GIS-Integration:

Giswater ist die Schnittstelle zwischen GIS-Anwendung und Simulationsprogramm. Es greift auf die Geodatenbank zu, in welcher die im GIS verarbeiteten Daten abgespeichert sind und erzeugt daraus für die Simulation geeignete Importdateien. Im Gegenzug kann es auch Exportdateien mit Ergebnissen verarbeiten und in die Datenbank konvertieren, um diese im GIS abrufbar zu machen.

Benutzerfreundlichkeit:

Das Programm besteht aus einer schlichten Oberfläche. Die Anwendung erfordert bei den ersten Versuchen etwas Zeit, da die Vorgangsweise ungewohnt ist und eine Reihe von Dingen beachtet werden muss, die bei Missachtung zu Fehlern und einem Nicht-Funktionieren des Datenexports führt. Der sich aus der Natur der Sache bedingt-komplexe Aufbau der Struktur muss strikt eingehalten werden, ansonsten gelingt kein fehlerfreier Import in die Simulationssoftware. Hier liegt hinsichtlich Benutzerfreundlichkeit sicher noch Einiges an Potenzial zur Verbesserung vor, beispielsweise wären Vorprüfungen und Hinweise des Programmes auf mögliche Fehler äußerst hilfreich.

Auf der Homepage des Projekts gibt es Foren, in denen Fragen und Anliegen behandelt werden. Die Themen und Fehler der Einträge sind aber meist sehr individuell, sodass das reine Nachlesen im Forum selten die gewünschte Lösung erbringt. Hinweise auf Programmfehler (sog. „bugs“) können per Formular eingebracht werden und werden sodann von den Programmentwicklern bearbeitet.

Geeignete Literatur / Benutzerhandbuch

Besonders in diesem Punkt erkennt man, wie jung das Projekt Giswater noch ist. Es gibt für die Aktuelle Version 3 von Giswater ein Benutzerhandbuch vom Juli 2018, jedoch nur in spanischer Sprache. Die englische Version ist bis dato noch nicht fertiggestellt. Von den früheren Versionen gibt es kurze Anweisungen und ein kompakte Anleitungen in englischer Sprache, welche die nötigsten Hinweise liefert. Selbst diese sind auf der Homepage jedoch schwer zu finden und sehr sparsam erklärt.

Ähnlich wie bei SWMM sind daher gute Englischkenntnisse unerlässlich. Da das Kernteam der Giswater Association in Spanien beheimatet ist, sind tendenziell mehr Dokumentationen in spanischer Sprache verfügbar als in englischer. Es besteht zwar ein umfangreicher Youtube-Kanal von Giswater mit Erklärungsvideos in Englisch und Spanisch, welche zwar aufschlussreich sein können, aber zur Suche eines Themas oder zur Klärung einer konkreten Fragestellung unzureichend geeignet sind.

Dokumentationen in deutscher Sprache sucht man bislang noch vergeblich. Lizenzpflichtige Softwareprodukte bieten hier meist erheblich besseres Material zur Anleitung und Hilfestellung, was auch einer der Hauptgründe für deren weite Verbreitung im deutschsprachigen Raum sein dürfte.

Unterstützte Dateiformate:

Grundsätzlich unterstützt Giswater als „Schnittstelle“ jedes Format, welches in QGis oder SWMM unterstützt wird.

Auf die Dateiformate von SWMM wurde bereits in Kap. 5.2.2.1.1 eingegangen.

Die kompatiblen Formate von QGis sind sehr umfangreich und ermöglichen daher ein sehr vielseitiges Austauschen und Verarbeiten von Geodaten. Gängige Formate wie shape-Dateien können genauso eingesetzt werden wie Web Map Services (WMS). CAD-basierte Dateien können ebenfalls verarbeitet werden, was hinsichtlich der Tatsache, dass der Großteil der verfügbaren Planunterlagen CAD-basiert ist, sehr praktisch ist.

Die Kombination mit digitalen Höhenmodellen erlaubt prinzipiell auch Analysen von oberflächlichen Abflussvorgängen, davon sind aber bis dato keine Dokumentationen vorhanden.

Aktualisierungen / Updates:

Seit der Veröffentlichung von Giswater 1.0 im Dezember 2013 wurde stetig an der Weiterentwicklung der Software gearbeitet. Mittlerweile steht Version 3.0 zur Verfügung. Die Entwicklung dürfte weiterhin vorangetrieben werden, Informationen dazu werden seitens der Giswater Association aber sehr spärlich gehandelt.

Verbreitung / Bekanntheit:

Da das Projekt noch relativ jung ist, liegen so gut wie noch keine Erfahrungsberichte oder umgesetzte Projekte mit dieser Technik vor. Besonders im deutschsprachigen Raum dürfte es bis dato kaum Anwendungen mit Giswater gegeben haben – zumindest keine dokumentierten. Eine Verfügbarkeit des Benutzerhandbuches in wenigstens englischer Sprache würde die Verbreitung hierzulande begünstigen. Wie schon erwähnt, liegt auch hier enormer Aufholbedarf vor.

Flexibilität vs. Dauerhaftigkeit der Datenstruktur

Die erforderliche Datenstruktur ist vom jeweiligen Simulationsprogramm vorgegeben. Dem Anwender obliegt es selbst, die Ausgangs- oder Rohdaten entsprechend der erforderlichen Struktur anzupassen. Die Datenbankwerkzeuge in QGis bieten dazu gute Möglichkeiten, die mit relativ überschaubarem Aufwand effizient vorgenommen werden können.

Einfachheit vs. Komplexität der Datenstruktur

Giswater kombiniert so gesehen die Vorteile der Flexibilität der durch die Geodatenbank ermöglichten Datenverarbeitung mit der standardisierten Strukturvorgabe des jeweiligen Simulationsprogrammes (im konkreten Fall SWMM). Schwierigkeiten entstehen hier zumeist beim Übergang/der Überführung der erhobenen Daten in die erforderliche Struktur. Auf diese Thematik wird später näher eingegangen.

5.2.2.2 Verwendung in der gegenständlichen Fragestellung

Giswater hat sich als beste, lizenzfreie, umfangreiche Lösung für das Fehlen einer effizienten Überführung von Modelldaten in ein simulationsfähiges Modell angeboten. Nachdem bei ersten Versuchen erfolgreich kleine Testmodelle erstellt werden konnten, wurde das Programm als bevorzugte Technik zur weiteren Bearbeitung der Fragestellung gewählt.

5.2.2.3 inp.Pins

Das Programm „inp.PINS“ wurde von Rui Daniel Pina erstellt. Es verbindet GIS-Systeme mit der Modellierungs-/Simulationssoftware SWMM und basiert auf MapWinGIS Control ActiveX. Während GISWATER Datenbanken nutzt, um Input-Files für SWMM zu erzeugen, werden bei Inp.pins shp-Dateien in Input-Dateien umgewandelt. Das Unterprogramm inpFlood kann zudem Output-Dateien aus SWMM mit digitalen Höhenmodellen kombinieren um daraus Überflutungsflächen im shp-Dateiformat erzeugen. Kleine Tools erledigen Modellierungsaufgaben für das hydraulische Netz bzw. dessen Verbindung mit Einzugsgebieten.



5.2.2.3.1 Beurteilung hinsichtlich der ausgewählten Kriterien

Freie Verfügbarkeit / Kostenfreiheit:

Das Projekt ist gänzlich als Open Source zur freien Verfügung.

GIS-Integration:

Ähnlich wie Giswater besitzt das Programm keine direkte Gis-Integration. Es verwertet raumbezogene Daten im shp-Format, bzw. erstellt solche aus Output-Dateien von SWMM.

Benutzerfreundlichkeit:

Die Programmoberfläche kann als schlicht und einfach bezeichnet werden. Es ist übersichtlich, bietet aber auch wenig Anleitungen und Hinweise. Ist die generelle Vorgangsweise klar, kann mit verhältnismäßig geringem Aufwand effizient gearbeitet werden.

Geeignete Literatur / Benutzerhandbuch

Ein „Benutzerhandbuch“ im eigentlichen Sinne ist für inp.Pins nicht verfügbar. Unter <https://sites.google.com/site/inppins/guide> ist eine Vorstellung mit groben Ausführungen abrufbar. Eine Ablaufanleitung ist gegeben, welche sich als äußerst hilfreich erwiesen hat. Eine Seite mit häufig gestellten Fragen (FAQ) gibt Aufschluss bei generellen Problemen mit der Software etc.

Unterstützte Dateiformate:

Das Programm kommuniziert via inp-, rpt- und shp-Dateiformaten.

Aktualisierungen / Updates:

Bezüglich aktueller Aktualisierungen sind keine Informationen verfügbar. Das Programm ist offensichtlich im Oktober 2010 in den Testbetrieb gestartet und wurde seitdem einigen Verbesserungen und Fehlerbehebungen unterzogen.

Verbreitung / Bekanntheit:

Das Programm weist offenbar nur eine geringe Verbreitung/Anwendung auf. Die Bekanntheit und Verwendungshäufigkeit von inp.PINS wird deutlich geringer als jene von Giswater eingeschätzt.

Flexibilität vs. Dauerhaftigkeit der Datenstruktur

Wie bei Giswater ist die Datenstruktur vom Simulationsprogramm vorgegeben. Dem Anwender obliegt es selbst, die Ausgangs- oder Rohdaten entsprechend der erforderlichen Struktur anzupassen.

Da die Software nicht direkt Datenbanken verwendet, ist der Umgang mit den Daten sehr flexibel.

Einfachheit vs. Komplexität der Datenstruktur

Wie eben erklärt, können die Daten flexibel dem Programm zur Erstellung von Input-Dateien zugewiesen werden. Dies erfordert etwas mehr an manueller Arbeit beim Ausspielen von Shapefiles und dem Zuweisen im Programm.

5.2.2.3.2 Verwendung in der gegenständlichen Fragestellung

Obwohl der Aufbau und die Vorgehensweise des Programmes sehr gut ist und die erforderlichen Aufgaben erfüllt, wurde es nur als zweite Wahl für die Bearbeitung des gegenständlichen Projektes gewählt. Es steht dem Konkurrenten Giswater nur um wenig nach, in erster Linie aufgrund der manuellen Zuweisung der Modellierungsdaten im Inp.pins-Programm, was bei Giswater direkt über die integrierten, vorbereiteten Layerstrukturen in der GIS-Anwendung bewerkstelligt werden kann.

5.2.2.4 Vergleichende Zusammenfassung der ausgewählten Software

Zusammenfassend kann behauptet werden, dass jedes der drei gewählten Softwareprodukte seine Aufgaben und Zwecke erfüllt.

Das Modellierungs- und Simulationsprogramm SWMM scheint beständig, ausreichend zeitgemäß und benutzerfreundlich genug aufgebaut zu sein, sodass es seit Jahrzehnten verwendet wird und „neue Projekte“ wie Giswater und Inp.pins direkt auf das Zusammenarbeiten mit diesem Programm aufbauen. Programmbasierte Fehlermeldungen beim Arbeiten mit SWMM sind praktisch nicht aufgetreten. Es scheint, als wäre das Programm SWMM im Bereich der frei verfügbaren Niederschlag-Abfluss-Simulationsprogramme für Freispiegelkanäle unerreicht. Die Tatsache, dass einige der lizenzpflichtigen Softwareprodukte auf der Struktur von SWMM aufbauen, mag die Qualität des „Storm Water Management Model“ unterstreichen.

Programme, die die hydrodynamische Simulation von Kanalnetzen mit den Funktionalitäten der Geoinformationssysteme verknüpfen, finden sich zunächst im lizenzpflichtigen Programmangebot. Als frei verfügbare Software mit dieser Technik wurden nur zwei Programme identifiziert.

Obwohl sich der Zugang bezüglich der Eingabe der Modellierungsdaten grundlegend unterscheidet, ist die Handhabung für den Anwender relativ ähnlich. Das Projekt Giswater scheint hier den zeitgemäßeren Weg via Datenbankverbindung gewählt zu haben, während bei inp.Pins manuell Verzeichnispfade von shape-Dateien eingefügt werden müssen.

Beide Varianten bewerkstelligen die Aufgabe ausreichend, der Unterschied der Programme im Zeitaufwand bei der Anwendung ist nach Einschätzungen wohl als minimal einzustufen. Dieser wird wahrscheinlich bei häufiger, routinierter Anwendung bedeutungslos klein sein, um eines der beiden Programme eine bessere Beurteilung hinsichtlich der Zeiteffektivität zu geben.

Hinsichtlich der Bedienerfreundlichkeit ist dem Softwareangebot von Giswater die bessere Note im Vergleich zu Inp.pins auszusprechen. Giswater wartet dem Benutzer mit Eingabemasken und einer verhältnismäßig modernen Oberfläche auf, während in inp.pins per „TreeView“-ausgewählt wird und manuell Verzeichnispfade eingefügt werden müssen. Dies mag für erfahrene und routinierte Anwender womöglich nicht relevant sein, jedoch ist es etwas umständlicher und für Einsteiger erschwerend. Zudem erhöht es die Gefahr, falsche Dateien zu verlinken.

Giswater ist in dieser Hinsicht intuitiver zu bedienen und geht leichter von der Hand, was bei der generellen Überforderung beim Anlernen und Vertraut machen mit Aufgaben auf diesem Gebiet nicht ganz unwesentlich ist. Rückblickend sind beide Programme gut zu bedienen, das Eine ist lediglich schneller verständlich als das Andere.

5.2.3 Schwierigkeiten bei der Datenerhebung

5.2.3.1 Teilflächenerhebung

Wie bereits angeführt, ist die Variante der Flächendatenerhebung mit der Differenzierung auf Teilflächenebene die genaueste, mögliche Variante. Die Vorteile dieser Methode, insbesondere der der geringeren Unsicherheit der abflusswirksamen, angeschlossenen Fläche, sind ausführlich im Leitfaden DATMOD (2015) beschrieben.

Dem gegenüber steht in erster Linie ein deutlich erhöhter Arbeitsaufwand hinsichtlich der Datenerhebung als Nachteil. Weitere, weniger offensichtliche Schwierigkeiten offenbaren sich erst auf dem zweiten Blick. Die bei der Flächendigitalisierung erkannten Problembereiche werden daher nachfolgend erläutert.

5.2.3.1.1 Problembereiche der Teilflächenerhebung

Zeitbedarf:

Bei ohnehin zeitaufwändigen Modellierungen stößt bei Wahl einer Teilflächendifferenzierung ein weiterer, nicht unerheblicher Zeitaufwand hinzu. Die bei der durchgeführten Digitalisierung ermittelten Stundenleistungen sind dabei nicht immer gleich und von folgenden Faktoren abhängig:

- Siedlungsstruktur (Ortskern, Reihenhäuser, offene Siedlung, Gewerbegebiet, ländliche Siedlungsstrukturen, usw.)
- Gis-Programm und Eingabehilfen (Werkzeuge, Tools)
- Erfahrung der durchführenden Person
- Qualität der Orthoaufnahmen

Siedlungsstrukturen in Ortskernen und eng verbauten Gebieten sind in der Regel vielfältig und das auf engem Raum. Dies erhöht den Aufwand bei der Erhebung und mindert die Flächenleistung pro Stunde ungemein. Dass offenere Strukturen generell weniger aufwändig sind, kann pauschal so nicht formuliert werden, da auch in offenen Siedlungen Flächen mit komplexer Form zu erheben sein können. Dagegen lässt sich aber sagen, dass nicht-direkt-zusammenhängende Flächen schneller erhoben werden können, als sich berührende Flächen. Beispielsweise sind von Wiesen umgebene Flächen, die keine anderen, befestigten Flächen berühren, relativ schnell erhoben, während verschachtelte, sich manchmal auch überlappende Dächer und Flächen auf engem Raum mit mehrfacher Angrenzung an Nachbarflächen mühevoll erheben lassen.

Effizientes und leicht zu bedienendes „Software-Werkzeug“ spart Zeit bei der Digitalisierung. So können beispielsweise Tools, welche automatisch Hilfslinien erzeugen, Fangoptionen bieten etc. die Stundenleistung positiv beeinflussen. Der Umgang mit diesen „Hilfen“ benötigt aber auch etwas Anlernzeit, was nicht unberücksichtigt bleiben soll.

Ebenso ist die allgemeine Versiertheit mit digitalen Anwendungen und Erfahrung der digitalisierenden Person ausschlaggebend über den Zeitaufwand je digitalisierter Fläche. Diese kann naturgemäß von Person zu Person mehr oder weniger stark abweichen.

Problematisch ist außerdem die Eignung des zur Verfügung stehenden Bildmaterials. Orthoaufnahmen können folgende Mängel aufweisen:

- Schlechte / unzureichende Auflösung
- Schlechte Lichtverhältnisse der Aufnahme (schlechter Kontrast, zu hell, zu dunkel, etc.)
- Schattenwurf von hohen Objekten, besonders bei tiefer Sonne (falscher Beflugzeitpunkt)
- Verzerrung der Aufnahme
- Zu großer Seitenwinkel der Aufnahme und dadurch Überlappungen
- Wolken/Nebel verdecken Teile der Oberfläche

Diese Mängel können die Digitalisierung nicht nur erschweren, sondern auch zu Fehlklassifizierungen und falschen Flächenausmaßen führen. Hier wird auch das Erfordernis von nachgelagerten Vor-Ort-Untersuchungen merkbar.

Digitale Zusatzinformationen wie beispielsweise eine DKM, im Gis-Programm während der Digitalisierungsarbeit hinterlegt, können helfen, Flächen richtig abzugrenzen.

Gegenseitige Überlappungen von Flächen sind grundsätzlich nur dann problematisch, wenn aufgrund dessen Fehler in der Flächenausmaßerhebung geschehen. Überlappungen können eins zu eins digitalisiert werden, da für die Modellierung nicht die Lagerichtigkeit ausschlaggebend ist, sondern die Richtigkeit des Ausmaßes. Einstellungen im Gis-Programm müssen richtig gewählt sein, damit Überschneidungen von Polygonen bei der Digitalisierung akzeptiert werden.

Abhängig von diesen Faktoren ergeben sich verschiedene Stundenleistungen bei der Digitalisierung. Im Leitfaden DATMOD (2015) werden Leistungen bis ca. 70 Flächen je Stunde angegeben – das entspricht mehr als einer Fläche pro Minute.

Bei Digitalisierungsarbeiten im Rahmen dieser Masterarbeit konnten Leistungen bis 60 Flächen je Stunde erzielt werden. Diese sind jedoch nur unter Optimalbedingungen hinsichtlich oben genannter Faktoren erzielbar gewesen. Durchschnittliche Leistungen liegen deutlich unter diesem Wert, insbesondere dann, wenn „Rüstzeiten“ – also vorbereitende Arbeiten, organisatorische und Korrekturarbeiten in der Stundenleistung berücksichtigt sind.

Bei erstmaliger Durchführung einer Flächendigitalisierung sollte jedenfalls mit geringeren Werten als den genannten 60 bis 70 Teilflächen je Stunde gerechnet werden. Werden Rüstzeiten separat berücksichtigt, kann für die reine Digitalisierungsarbeit nach einer gewissen Lernphase mit Werten nahe den Spitzenwerten gerechnet werden.

Unterschiedliche Bearbeiter:

Arbeiten mehrere Personen an einem Projektgebiet, erhält man unterschiedliche Digitalisierungen und somit einen in sich heterogenen Datenbestand hinsichtlich Genauigkeit und Fehler der Flächendaten. Dies kann auf Ergebnisse einen mitunter nicht unwesentlichen Einfluss haben. Umso homogener ein solcher Datenbestand in sich ist, desto besser und vergleichbarer sind die Daten im Bestand mit sich selbst und umso besser auch das Ergebnis als Ganzes.

Aus diesem Grund sollten die an einer Flächenerhebung beteiligten Bearbeiter gut eingeschult werden und ihnen klare Anweisungen zur richtigen Digitalisierung gegeben werden. Vergleiche von Daten-Zwischenständen können auf unterschiedliche Erhebungsweisen / -methoden aufmerksam machen, was sodann durch Richtigstellen von Erhebungsgewohnheiten und –praktiken führen soll, um einen einheitlichen Datenbestand zu erhalten. Rücksprachen und Austausch von Informationen während der Arbeit sollen einer unterschiedlichen Erhebung entgegenwirken.

Auch ist das Verwenden von gleichen Software-Versionen eines GIS-Programmes wichtig, damit keine Unterschiede bei der Flächenerfassung aufgrund unterschiedlicher Einstellungsmöglichkeiten einer Software entstehen können.

Unsicherheit bei der Erfassung der Oberflächenart:

Aus den Luftbildaufnahmen ist die Art der Oberfläche einer Fläche nicht immer ersichtlich. Bei der Erhebung selbst tritt somit eine Unsicherheit über den tatsächlichen Abflussanteil aus diesen Flächen auf. Um diese Unsicherheit aus dem Weg zu schaffen, ist wie bereits ausgeführt, ein Feststellen der tatsächlichen Oberflächenart vor Ort notwendig. Bei vielen Flächen ist dies offensichtlich – beispielsweise bei dunkel erscheinenden Verkehrsflächen -> Asphalt. Bei manchen

Flächen ist es aber nicht offensichtlich – wodurch eine Unsicherheit entsteht, die zu beseitigen ist, bzw. zumindest deren Ausmaß und Einfluss auf das Ergebnis berücksichtigt werden muss.

Ähnliches gilt für die Tatsache, ob eine Fläche an das Kanalsystem angeschlossen ist, oder nicht. Dazu wird in Kapitel 5.2.3.2 ausgeführt.

Unsicherheit aufgrund stetiger Veränderung:

Weiters muss berücksichtigt werden, dass bei solch hoher Auflösung der Flächendaten und „lückenloser Erfassung“ jeder Fläche, jede kleine Veränderung der Flächen berücksichtigt werden muss. Erfolgt deren Erfassung rein über die Luftbilder, muss auf die nächste Luftbildaufnahme gewartet werden, sodass diese Daten ins Gis eingespielt und dort mit der bereits vorgenommenen Flächendigitalisierung abgeglichen werden kann. Änderungen werden sodann gut sichtbar und können mit verhältnismäßig geringem Aufwand eingearbeitet werden.

Besonders am Luftbild erkennbare Baustellen stellen ein Problem dar, da hier augenscheinlich ist, dass zusätzliche, später angeschlossene Flächen entstehen, aber in der Regel aufgrund des Zeitpunkts der Aufnahme noch nicht digitalisiert werden können. Hier muss auf das nächste Flugbild gewartet werden, oder die Information vor Ort erhoben werden.

Aufgrund des stetigen Wandels der Oberflächen wird auch die Notwendigkeit regelmäßiger Pflege eines solchen Datenbestandes erkennbar. Dieser kann dann nicht nur für hydrodynamische Modellierungen, sondern auch als Grundlage für Planungen zukünftiger Netzerweiterungen, Anpassungen oder dezentraler Versickerungsmaßnahmen herangezogen werden.

Schwierigkeit der Unterteilung größerer Flächen:

Größere, homogene Flächen müssen für das spätere Modell unterteilt werden, um eine ausreichend hohe Auflösung der Oberfläche zu gewährleisten. Dies trifft vor Allem auf Straßen, große Parkplätze und große Dächer zu.

Generell sollten Verkehrsflächen für das Modell in kleinen Einheiten digitalisiert werden, welche dann einzeln an die Modellknoten (meist Schächte) verwiesen werden können. Diese Teilflächen sollten in der Regel nicht länger als ~100 Meter sein, in Kernzonen und Siedlungszentren ist diese Länge kürzer zu wählen. Zur Grenzfindung von Teilflächen in Verkehrsflächen sollten die Strecken zwischen Schächten als Orientierung dienen (Fläche entwässert modelltechnisch zum nächsttieferen Schacht) und auch die Verschneidungsbereiche des Quergefälles der Fahrbahn, eine nähere Erklärung folgt in Kap. 5.2.3.2.

5.2.3.1.2 Zusammenfassung der Ergebnisse zur Flächenerhebung

Allgemein kann gesagt werden, dass der Zeitbedarf für die Flächendigitalisierung zwar nicht unerheblich ist, jedoch begrenzt und die Erhebung ohne größere Schwierigkeiten durchführbar ist. Eine hilfreiche Tatsache im Vergleich zu beispielsweise den leitungsbezogenen Daten ist, dass die Erhebung der Flächendaten von jedermann/-frau ohne besondere Vorkenntnisse mithilfe eines geeigneten GIS-Programmes und Orthofotoaufnahmen in ausreichender Qualität durchführbar ist. Ein Leitungsinformationssystem zu erheben, ist in dieser Hinsicht vergleichsweise schwieriger und erfordert eine Menge an Unterlagen und Wissen zu den örtlichen Gegebenheiten, was bei der Flächenerhebung wesentlich leichter ist.

Die Erhebung der Flächen kann somit also vor Schwierigkeiten stellen, diese sind aber überschaubar und in der Regel gut behebbar. Ein großer Vorteil ist, dass die Erhebung ohne Angewiesenheit von anderen Akteuren, Daten, etc. bewerkstelligbar ist, was eine gewisse „Unabhängigkeit“ bedeutet.

5.2.3.2 Teilflächenanschlusserhebung Vor-Ort

Die Vor-Ort-Erhebungen zur Erlangung von Informationen zum Anschluss der Teilflächen stellen jeden damit beauftragten Bearbeiter/-in vor eine schwierige Aufgabe.

In Kapitel 4.3.3.2 wurde bereits ausgeführt, dass diese Erhebung im Wesentlichen aus dem Gewinnen von Informationen zu:

- dem Vorhandensein von Dachrinnen und deren Verläufen,
- dem Vorhandensein von Straßeneinläufen, Rigolen und
- dem Gefälle und der Richtung des Gefälles

besteht. Entwässert eine Fläche offensichtlich in eine „Entwässerungseinrichtung“ gilt es zu prüfen, ob diese auch an die Kanalisation angeschlossen ist, oder als Trennsystem geführt in einen Vorfluter oder eine Einrichtung zur Versickerung eingeleitet wird.

5.2.3.2.1 Schwierigkeiten bezüglich der Erhebung von Entwässerungseinrichtungen

Das Auffinden von oberflächlich-sichtbaren Entwässerungselementen wie beispielsweise Dachrinnen, Straßeneinläufen, Rigole, etc. ist verhältnismäßig einfach. Schwieriger ist die Erhebung des weiteren Verlaufes der Entwässerungselemente im Untergrund. Insofern Planunterlagen vorhanden sind, können hieraus wichtige Informationen generiert werden. TV-Befahrungen können ebenfalls wertvolle Angaben zum Verlauf von Kanälen geben, sofern diese befahrbar sind, was bei Anschlüssen von Straßeneinläufen, Regenablauftrinnen, etc. nicht immer möglich ist.

Nicht dokumentierte Angaben sind darüber hinaus von den mit dem Kanalsystem vertrauten Personen einholbar, welche sind:

- der zuständige Planer / Ingenieurbüro
- die zuständige Straßenmeisterei
- die jeweilige Gemeindeverwaltung / Bauhof.

Grundlegende Informationen und Auskünfte können am besten bei einem Treffen mit den gerade genannten Personen erfahren werden – auch im Rahmen von Vor-Ort-Begehungen mit diesen. Auch Auskünfte der Grundeigentümer / Liegenschaftsbesitzer können aufschlussgebend sein, hier sei jedoch Vorsicht gegeben – ähnlich wie bei Auskünften zu hydrologischen Gegebenheiten – ob die Angaben plausibel sind und ob sie demnach verwendbar sind, oder nicht.

Kann der Verlauf und der Anschluss von Flächen an das Entwässerungssystem nicht durch diese Maßnahmen eruiert werden, sind auch nachfolgende Techniken möglich:

- Kanalberauchung
- Abflussversuche mit künstlicher Wassereinleitung bei Trockenwetter
- Akustische (Klopf-)Versuche zur Verbindung von Leitungen (begrenzt anwendbar)
- Schlussfolgerung aufgrund sichtbarer, einmündender Leitungen in Schächte, Einläufe

Diese Techniken sind jedoch mit größerem Aufwand verbunden und erfordern oft ein Betreten privater Liegenschaften, was die Zustimmung der jeweiligen Liegenschaftsbesitzer benötigt.

Eine Schwierigkeit sei ebenfalls angemerkt, welche in der Regel beim Gespräch mit Grundeigentümern und Liegenschaftsbesitzern merkbar wird: Bei Befragungen über die Anschlüsse von Flächen kommt seitens der Befragten häufig der Verdacht auf, es würden die Informationen für Berechnungen von Kanalgebühren verwendet, was sich dann oft in einer Zurückhaltung bzw. Reserviertheit bemerkbar macht. Demnach liegt der Verdacht nahe, dass man im Zuge solcher An-

rainerbefragungen nicht alle Informationen erhält, welche möglicherweise aber bekannt sind. Darüber hinaus sind diese Aussagen auch oft widersprüchlich, weshalb die generelle Brauchbarkeit von Informationen aus diesen Befragungen in Frage gestellt werden muss.

5.2.3.2.2 Schwierigkeiten bezüglich der Bewertung sichtbarer Entwässerungseinrichtungen

Das bloße Erkennen von Einrichtungen zur Entwässerung ist meist wenig problematisch. Ihre Bewertung für die Ermittlung des Anschlusses in das Kanalsystem dagegen erfordert schon etwas mehr Aufwand. Es muss quantifiziert werden, welche Flächen, bzw. welcher Anteil von Flächen in eine Entwässerungseinrichtung einleiten. So kann beispielsweise eine Straßenfläche mit wechselndem Quergefälle teilweise in den nächst gelegenen Straßeneinlauf entwässern, der andere Teil jedoch über das Bankett in die nächstgelegene Grünfläche und dort versickern, ohne einen Kanal zu belasten.

Die Abschätzung dieses Anteils ist wesentlich für die Ermittlung der im Kanalsystem entstehenden Abflüsse. Nachfolgend werden einige Beispiele gegeben, um diese Schwierigkeit zu erläutern. Alle Fotografien dieses Kapitels wurden selbst getätigt (Urheber: Felix Pöchhacker).

Beispiel 1 zeigt eine Auffahrt/Einfahrt zu einem Einfamilienhaus. Das Gefälle verläuft von der Liegenschaft weg in Richtung der öffentlichen Straße. Am unteren Ende der Auffahrt wurde ein Rigol auf einer Länge von 3m in der Fahrbahn verbaut, welches jedoch nicht bis zu den Bordsteinen am Rand reicht. In diesem Bereich könnte ein Anteil der Fläche, wenn auch nur ein kleiner Anteil, wo anders hin entwässern. Da dieser Anteil jedoch von dem nächst-tiefer-gelegenen Einlaufschacht der öffentlichen Straße aufgenommen wird, ist der Fehler wohl verschwindend gering, wenn die gesamte Einfahrt als auf das Rigol angeschlossen bewertet wird. Außerdem kann in diesem Fall davon ausgegangen werden, dass beide Entwässerungseinrichtungen in den selben Kanal entwässern, weswegen dieses Detail nicht relevant sein wird.

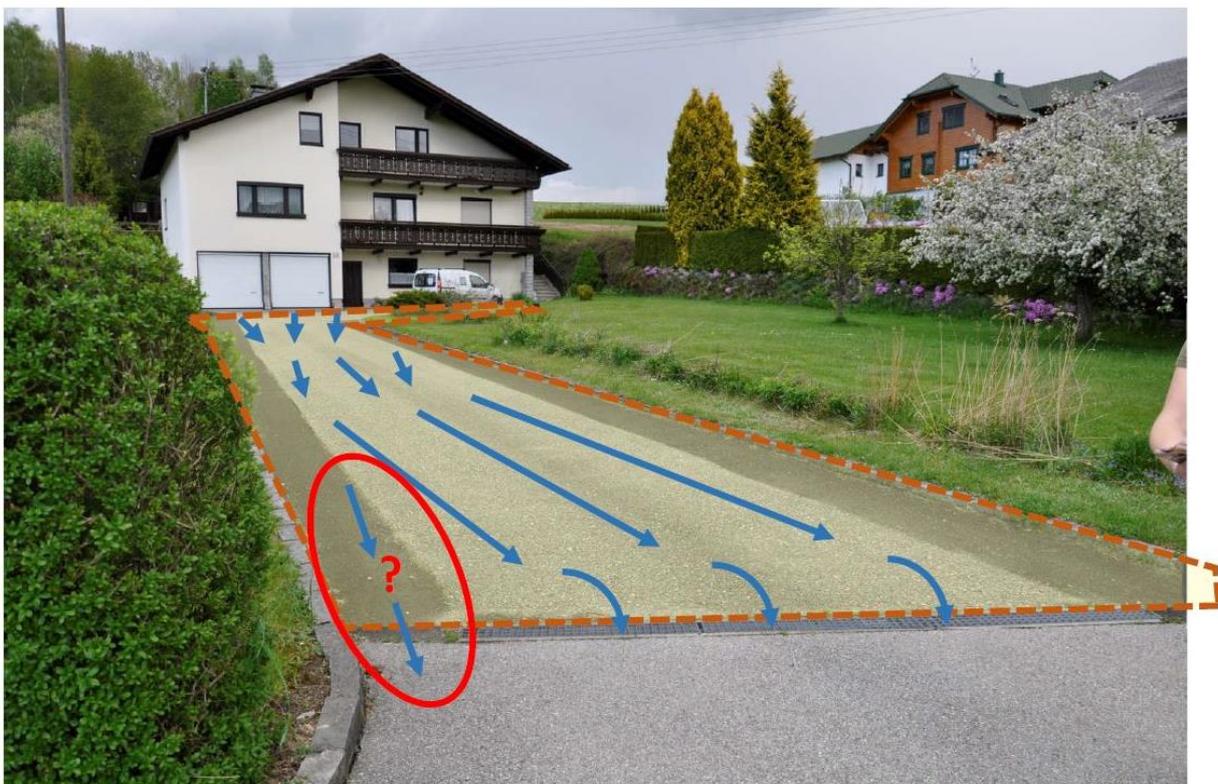


Abb. 5-2: Beispiel 1 für Schwierigkeiten bei der Bewertung von Entwässerungseinrichtungen, eigene Darstellung

Beispiel 2 zeigt ebenfalls eine Einfahrt, diesmal jedoch mit Gefälle von der öffentlichen Straße weg in Richtung der Garage und des Einganges (Blick vom Straßenrand). Ersichtlich ist ein relativ starkes Gefälle weg von dem in der Straße situieren Entwässerungskanal hin zu einem Einlauf am linken Rand des Garagentores und zu einem Weiteren am rechten Rand des Eingangstores. Die Frage die sich in diesem Beispiel stellt ist, ob die deutlich tiefergelegenen Entwässerungseinrichtungen überhaupt an das öffentliche Kanalsystem angeschlossen sind, oder ob diese durch die Liegenschaft weiter abwärts in das freie Gelände, eine Versickerungseinrichtung oder in eine landwirtschaftliche Sammelgrube von Wirtschaftsdüngern wie Jauche oder Gülle ausgeleitet werden. Ist dies der Fall, wäre die gesamte Einfahrt als nicht an das System angeschlossen zu werten, ist sie es aber doch, wäre das genaue Gegenteil der Fall.



Abb. 5-3: Beispiel 2 für Schwierigkeiten bei der Bewertung von Entwässerungseinrichtungen, eig. Darst. Das nächste Beispiel zeigt eine öffentliche Verkehrsfläche am Rande einer Siedlung:



Abb. 5-4: Beispiel 3 für Schwierigkeiten bei der Bewertung von Entwässerungseinrichtungen, eig. Darst.

Besonders bei Verkehrsflächen könnte man leicht dazu verleitet sein, einen generellen Anschluss an das Entwässerungssystem unbedacht anzunehmen. In Kerngebieten von Siedlungen, Stadtzentren, etc. trifft dieser Anschluss auch meist zu. Wie obiges Beispiel jedoch zeigt, entwässern viele Verkehrsflächen einfach über deren Ränder/Bankett in die nächstgelegene Grünfläche. Entscheidend dabei ist die Kombination aus Quer- und Längsgefälle der Verkehrsfläche, wobei grundsätzlich, unabhängig von der Steilheit einer Verkehrsfläche in Längsrichtung, immer ein ausreichendes Quergefälle für die notwendige Ableitung von Oberflächenwässern vorhanden sein sollte. Dieses Quergefälle ist aus Orthofotoaufnahmen nicht erkennbar, jedoch kann dessen Richtung grundsätzlich aufgrund des Linienverlaufes einer Straße, bzw. in manchen Fällen aufgrund der Hangneigung, nach den folgenden Gesetzmäßigkeiten angenähert werden:

- In Kurven zeigt das Quergefälle in der Regel in Richtung der Kurveninnenseite
- Bei geraden Strecken auf Hängen zeigt das Quergefälle in der Regel in die Hangrichtung
- Bei Außenkurven an Hängen zeigt das Quergefälle in Richtung Kurveninnenseite, also gegen das Hanggefälle, hier muss(t)en hangseitig Einläufe vorhanden sein
- Der Verschneidungsbereich einer Verkehrsfläche (Wechsel der Richtung des Quergefälles) kann als Grenze der verschiedenen Entwässerungspfade einer Verkehrsfläche angesehen werden -> Hinweis für die Flächenerhebung in Kap. 5.2.3.1.

Bei Verkehrsflächen ist also besonders zu achten, ob diese überhaupt abflusswirksam sind. Ähnliches gilt auch für Dachflächen:



Abb. 5-5: Beispiel 4 für Schwierigkeiten bei der Bewertung von Entwässerungseinrichtungen, eig. Darst.

Manche Dachflächen weisen keine Einrichtungen zur Aufnahme des Dachwassers auf. Wie in Abb. 5-5 gezeigt, laufen hier die Dachwässer einfach über die Traufe und weiter auf den Boden, wo sie entweder an Ort und Stelle versickern, oder oberflächlich ablaufen und sich in einer Senke sammeln, wo sie wiederum entweder versickern, oder von einer Entwässerungseinrichtung aufgenommen werden.

Das Fehlen von Dachrinnen tritt öfters bei Nebengebäuden, einfachen Überdachungen, Gartenhütten und sehr alten Gebäuden auf. In der Regel kann angenommen werden, dass diese Flächen auch nicht an das zentrale Entwässerungssystem angeschlossen sind. Wie im obigen Bild, sammeln sich die Dachwässer der sichtbaren Dachseite an der tiefsten Stelle des Geländes am linken Ende des Gebäudes. Diese Stelle liegt tiefer als die Straße, weshalb ein Abfließen der Dachwässer auf die Verkehrsfläche nur bei einem Stau des Wassers möglich wäre. Eine Dachfläche wie im obigen Bild ist demnach mit großer Wahrscheinlichkeit nicht relevant für die Abflussvorgänge im zentralen Entwässerungskanal.



Abb. 5-6: Beispiel 5 für Schwierigkeiten bei der Bewertung von Entwässerungseinrichtungen, eig. Darst. Beispiel 5 zeigt den Rangier- und Lagerplatz eines Gewerbebetriebes. Die Fläche weist offensichtlich keinerlei Entwässerungseinrichtungen auf, noch eine einheitliche Oberfläche (teils befestigt, teils unbefestigt). Auch das Gelände fällt nicht eindeutig in eine Richtung, das Auftreten größerer Pfützen bei Niederschlägen scheint wahrscheinlich zu sein.

Solche Flächen sind schwierig einschätzbar. Sofern keine Entwässerungselemente aufzufinden sind, muss davon ausgegangen werden, dass alle Oberflächenwässer im unmittelbaren Bereich zum Versiegen kommen. Was am Luftbild möglicherweise als befestigte Fläche mit hohem Abflussbeiwert gewertet und erfasst wird, stellt sich in Wirklichkeit womöglich als teilbefestigte Fläche ohne jeglichen Beitrag zum Abflussgeschehen im Kanal heraus. Der mögliche Fehler aus solch verhältnismäßig großen Flächen kann somit bedeutend groß ausfallen.



Abb. 5-7: Beispiel 6 für Schwierigkeiten bei der Bewertung von Entwässerungseinrichtungen, eig. Darst.

Beispiel 6 fällt in dieselbe Kategorie wie Beispiel 5. Die Asphaltflächen sind befestigt, weisen jedoch keinerlei Entwässerungseinrichtungen auf. Auf diese Flächen entstehende Oberflächenwässer aus Niederschlägen werden seitlich ablaufen und in den Grünflächen versickern.



Abb. 5-8: Beispiel 7 für Schwierigkeiten bei der Bewertung von Entwässerungseinrichtungen, eig. Darst.

Ähnlich dem Beispiel 5 kann bei anderswertig entwässerten Flächen – hier am Beispiel landwirtschaftlicher Betriebsgebäude gezeigt – der mögliche Fehler groß sein. Dachflächen in der Landwirtschaft werden oft, auch bei Vorhandensein eines naheliegenden öffentlichen Kanals, an die betriebseigenen Wirtschaftsdüngerlager angeschlossen (Gülle- und Jauchegruben). Der Grund liegt in der Notwendigkeit einer gewissen Verdünnung des Wirtschaftsdüngers, um diese weniger stark konzentriert ausbringen zu können.

Diese Verwendung von Niederschlagswässern kann oft stark unterschiedlich sein, weshalb pauschale Annahmen meist sehr fehlerbehaftet sind. Im Beispiel der Abb. 5-8 hat der besitzende Landwirt angegeben, dass eine Seite des Daches an die Güllegrube angeschlossen ist, die andere Hälfte und die Dächer der anderen Gebäude an einen Regenwasserkanal, welcher nicht im LIS erfasst ist.

Da Dächer landwirtschaftlicher Gebäude (Ställe, Hallen, etc.) meist eine große Fläche aufweisen und wie eben geschildert deren Dachwässer oft anderswertig gesammelt/abgeleitet werden, kann hier wiederum ein großer Fehler bei pauschalen Annahmen aus der Ferne entstehen.

Ähnliches gilt für Gewerbe- und Industriebauten, wobei besonders bei neueren Bauten oft schon Maßnahmen zur dezentralen Oberflächenentwässerung / -versickerung behördlich vorgeschrieben werden. Dies zeigt wiederum, wie wichtig eine differenzierte Betrachtung für die Beurteilung von abflussrelevanten und nicht-abflussrelevanten Flächen für das Modell ist.

5.2.3.2.3 Quantifizieren des Anteils nicht angeschlossener Flächen

Aufgrund der gewonnenen Erkenntnisse erscheint es unbedingt erforderlich, anhand der gerade erörterten Techniken (Kap. 5.2.3.2) den Anteil an angeschlossenen bzw. nicht angeschlossenen Flächen zu erheben. Werden pauschal alle digitalisierten Flächen als abflusswirksam betrachtet, ergibt sich ein Fehler in erheblicher Größenordnung.

Die Vor-Ort-Erhebungen in einer ländlichen Siedlung sollen eine Vorstellung der Größenordnung dieses Anteils nicht angeschlossener Flächen liefern. Davon ausgehend wird eine Abschätzung des Anteils in anderen Siedlungsstrukturen gegeben – bzw. eine Strategie zur Vorgangsweise bei der Bewertung des Anteils angeschlossener Flächen von Gebieten.

Aus dem Projektgebiet wurde ein Teilgebiet ausgewählt, welches als lockere, landwirtschaftlich geprägte Siedlung bezeichnet werden kann. Im östlichen Tal hat es jüngere Aufschließungen mit Einfamilienhäusern gegeben, welche hinsichtlich der befestigten Flächen aber deutlich geringere Ausmaße annehmen. Eine Übersicht ist in Abb. 5-9 gegeben.



Abb. 5-9: Teilgebiet zur Quantifizierung des Anteils nicht angeschlossener Flächen, eigene Darstellung



Abb. 5-10: Teilgebiet mit offensichtlich erkannten, nicht angeschlossenen Flächen in Gelb markiert, eigene Darstellung

Mittels der visuellen Untersuchungen hinsichtlich Entwässerungseinrichtungen und Gefälle, sowie Befragungen von Eigentümern, wurden die Flächen auf deren „offensichtlichen“ Anschluss überprüft. Dabei konnte zu einigen Objekten kein Zutritt erfolgen und keine Auskunft erhalten werden. Dadurch sind bei diesen keine Anschlussinformationen erhoben worden. Die daraus resultierende Unsicherheit muss bei der Interpretation des Ergebnisses beachtet werden.

In Abb. 5-10 ist das Ergebnis der Erhebung visuell dargestellt. Die gelb markierten Flächen wurden als nicht angeschlossen erkannt. Im Vergleich zu Abb. 5-9 zeigt sich sehr gut, dass dies besonders größere Flächen landwirtschaftlicher Betriebe betrifft. Die Informationen betreffend dieser Flächen konnten großteils durch Auskunft der Grundeigentümer eingeholt werden. Diese Auskünfte fehlen bei den Einfamilienhäusern im Osten des Untersuchungsgebietes.

Das Ergebnis darf demnach so nicht ein zu eins übernommen werden, sondern soll lediglich den möglichen, potenziellen Fehler erahnen lassen. Ein gewisser Fehler bzw. eine gewisse Restunsicherheit besteht in jeder Modellierung – jedoch je besser die Annäherung ist, desto wahrheitsgetreuer und brauchbarer die Ergebnisse nach erfolgter Modellierung.

In Zahlen ausgedrückt zeigt sich das Ergebnis des Teilgebiets zu:

Tabelle 5-5: Ergebnis des Anteils nicht angeschlossener Flächen in Zahlen, eigene Tabelle

	Anzahl Flächen	Flächenausmaß in m ²
Gesamt	257	53.544,96
Davon nicht angeschlossen	74	24.422,05
	28.79%	45.61%

Von 257 befestigten Flächen im Teilgebiet wurden 74 als nicht angeschlossen erkannt. Das sind 29%. Die Dunkelziffer der nicht erhobenen Fläche wird diesen Wert noch weiter erhöhen. Als Flächenausmaß betrachtet, zeigt sich, dass von der gesamten, undurchlässigen Fläche von 5,35 ha gleich 2,44 ha nicht angeschlossen sind – das sind über 45%!

Wertet man noch den nicht erhobenen Anteil hinzu, kann hier mit Werten bis zu / um 50% gerechnet werden, welche von der befestigten Fläche eines Teileinzugsgebietes nicht dem Kanal zufließen.

Dies dürfte im gezeigten Beispiel in erster Linie aufgrund des hohen Anteils landwirtschaftlicher Betriebsstätten im Teilgebiet liegen, welche überwiegend Dachwässer anders bzw. selbst verwerten / beseitigen.

In anderen Fällen können sich, ähnlich wie hier die Landwirtschaft, Straßenflächen, Verkehrsräume und Industrie- bzw. Gewerbestätten verhalten. Daher wird angeraten, für jedes Teilgebiet eine zumindest überschlägige Quantifizierung des angeschlossenen Flächenanteils vorzunehmen, welche sich neben Auskünften der systemkundigen Akteure und Liegenschaftseigentümern an visuellen Vor-Ort-Erhebungen von Entwässerungseinrichtungen und den vorhandenen Gefällen, orientiert.

Dabei kann es hilfreich sein, ein Gebiet nach dessen Siedlungsstruktur einzuteilen. Dabei wird davon ausgegangen, dass mit zunehmender Bebauungsdichte der Anteil angeschlossener Flächen zunimmt, da die möglichen Grünflächen zur Aufnahme und gezielten oder ungezielten Versickerung abnehmen.

Demnach wäre in multifunktionalen Stadtzentren der Anteil angeschlossener Flächen sehr groß (80-100%), während wie im obigen Beispiel, in landwirtschaftlich dominierten Siedlungen, der angeschlossene Anteil eher zwischen 50 und 60% liegt.

Mehr zur Einteilung von Teilgebieten in charakteristische Siedlungsstrukturen nachfolgend in Kapitel 5.2.3.2.4.

5.2.3.2.4 Strategie zur Bewertung des Anteils angeschlossener Teilflächen in einem Gebiet

Nach den durchgeführten praktischen Arbeiten konnte aus den gewonnenen Erfahrungen eine Strategie zur Vorgehensweise für die Erhebung der Teilflächenanschlüsse erarbeitet werden. Diese Strategie berücksichtigt ein gewisses Maß an Restunsicherheit die verbleibt, da die Methoden auch in einem zeit- und kostenbegrenzten Ausmaß durchgeführt werden müssen, weshalb nicht jedes Detail restlos geklärt werden kann.

Der der Teilflächenanschlusserhebung vorhergehende Schritt ist die Flächendigitalisierung. Erst wenn diese abgeschlossen ist, kann mit der Erhebung des Anteils angeschlossener Flächen begonnen werden.

Die entwickelte Abfolge von Schritten zur Annäherung des Anteils angeschlossener Fläche ist wie folgt dargestellt:

1. Einteilung des Gebietes nach Siedlungsstruktur
2. Ortung größerer, gewerblicher, industrieller und landwirtschaftlicher Bauten
3. Austausch mit den zuständigen Akteuren: Ingenieurbüro, Straßenmeisterei, Gemeinde
4. Vor-Ort-Untersuchungen mit Dokumentation
5. Verwerten der gewonnenen Informationen in den Flächendaten (je Fläche)

Diese Schritte werden sogleich einzeln erörtert:

- Schritt 1 - Einteilung des Gebietes nach Siedlungsstruktur

Liegt die Flächendigitalisierung für ein Teilgebiet vor, wird eine Zuordnung des Gebietes zu einer Siedlungsstruktur empfohlen. Diese können wie nachfolgend aufgelistet, unterteilt sein. Die Auflistung beginnt dabei bei prinzipiell weniger dicht bebauten Strukturen, welche prinzipiell mit Vorranschieben der Liste höher wird:

- Ländliche, historisch-gewachsene Siedlung (landwirtschaftlich geprägt)
- Offene, jüngere Einfamilienhäuser-Siedlung (bürgerlich geprägt)
- Wohnblöcke und Reihenhäuser (städtisch geprägt)
- Gewerbe- und Industriegebiete (gewerblich-industriell geprägt)
- Ortskerne und Stadtzentren (multifunktionell geprägt)

Tabelle 5-6 zeigt diese Auflistung mit überschlägig-geschätzten Anteilen der angeschlossenen Flächen am Gesamtanteil der als generell-abflusswirksam-digitalisierten Flächen. Eine erste Einteilung des Gebietes nach der Siedlungsstruktur kann unter zu Hilfenahme dieser überschlägigen Anteile eine brauchbare Annäherung liefern.

Zur weiteren Präzisierung und Eliminierung größerer Unsicherheitsfaktoren wird Schritt 2 vorgenommen, welcher auf der übernächsten Seite erklärt wird.

Tabelle 5-6: Siedlungsstrukturen und überschlägiger Anteil angeschlossener Flächen, eigene Tabelle

Siedlungsstruktur	Anteil angeschlossener Flächen	Beispiel
<p>ländliche, historisch-gewachsene Siedlungen (landwirtschaftlich geprägt)</p>	<p>ca. 40-50%</p>	
<p>offene, jüngere Einfamilienhaus-Siedlungen (bürgerlich geprägt)</p>	<p>ca. 60-80%</p>	
<p>Wohnblöcke und Reihenhäuser (städtisch geprägt)</p>	<p>ca. 70-80%</p>	
<p>Gewerbe- und Industriegebiete (gewerblich-industriell geprägt)</p>	<p>ca. 40-80%</p>	
<p>Ortskerne und Stadtzentren (multifunktional geprägt)</p>	<p>ca. 80-100%</p>	

- Schritt 2 - Ortung größerer, gewerblicher, industrieller und landwirtschaftlicher Bauten

Als nächstes sollten größere Gebäude und Flächen (in der Regel Gewerbe, Industrie, Landwirtschaft) einer genaueren Beurteilung unterzogen werden, da diese erfahrungsgemäß große Unterschiede betreffend deren Anschlüsse an das Kanalnetz aufweisen. Der daraus potenzielle Fehler aufgrund fälschlicher Annahmen des Anschlusses bzw. Nicht-Anschlusses einer Fläche an das Kanalsystem kann daher groß sein im Vergleich zu kleineren Flächen.

Aus diesem Grund wird empfohlen, diese Flächen anhand der Luftbilder zu vermerken, um sie bei den nachfolgenden Vor-Ort-Untersuchungen jedenfalls aufzusuchen. Im Gegensatz dazu können kleinere und mittelgroße, dafür zahlreichere Flächen, wie sie in der Regel in offenen Einfamilienhaus-Siedlungen vorkommen, über pauschale Abschätzungen gut erfasst werden. Der dabei potenzielle Fehler ist üblicherweise weniger groß, da sich einzelne Irrtümer aufgrund der kleineren Größe der Flächen und der größeren Anzahl bis zu einem gewissen Grad gegenseitig aufheben.

- Schritt 3 - Austausch mit den zuständigen Akteuren: Ingenieurbüro, Straßenmeisterei, Kanalisationsbetreiber

Mit der vorliegenden Flächendigitalisierung und den Ergebnissen der eben genannten Schritte 1 und 2 wird als Nächstes ein Informationsaustausch mit den dem Gebiet vertrauten Personen angeraten. Diese können (auch mit Unterstützung von Planunterlagen, TV-Befahrungen etc.) wesentliche Informationen liefern, die:

- Vor-Ort-Erhebungen einzelner Teilflächen im Vorhinein überflüssig machen oder,
- Auskünfte über die Möglichkeit bzw. Unmöglichkeit solcher Erhebungen geben

Dies kann den Aufwand für den nachfolgenden Schritt erheblich mindern, weshalb dieser Schritt jedenfalls durchgeführt werden sollte.

Darüber hinaus können hier zusätzliche Informationen generiert werden, welche Vor-Ort anhand von Untersuchungen mitunter ohnehin nicht einholbar gewesen wären.

- Schritt 4: Vor-Ort-Untersuchungen und Dokumentation

Soweit es die örtlichen Gegebenheiten zulassen, sollen sodann die schon mehrmals erwähnten Untersuchungen zur Erhebung der angeschlossenen Teilflächen erfolgen.

Diese sind im Wesentlichen (sh Kap. 4.3.3.2):

- Untersuchungen auf das Vorhandensein von Dachrinnen und des Verlaufes derer Ableitungen,
- Untersuchungen auf das Vorhandensein von Straßeneinläufen, Rigolen und des Verlaufes derer Ableitungen,
- Untersuchungen des Gefälles und der Richtung des Gefälles.

Bei unterirdischen Leitungen und –verläufen sind zudem die nachfolgenden Untersuchungen denkbar (sh Kap. 5.2.3.2.1):

- Kanalberauchung
- Abflussversuche mit künstlicher Wassereinleitung bei Trockenwetter
- akustische (Klopf-)Versuche zur Verbindung von Leitungen (begrenzt anwendbar)
- Schlussfolgerung aufgrund sichtbarer, einmündender Leitungen in Schächte, Einläufe

Der Umfang dieser Vor-Ort-Erhebungen muss generell im Vorhinein abgegrenzt werden (z.B. in Schritt 3) und sollte sich an der geforderten Genauigkeit und dem zulässigen Aufwand orientieren, da vor allem die Erhebungen unterirdischer Leitungen kosten- und zeitintensiv sein können.

Genauere Plan-, Skizzen-, und Fotodokumentationen sollen die Nachvollziehbarkeit auch bei späterer Bearbeitung sichern und somit auch die Ergebnisse der Vor-Ort-Erhebungen langfristig abrufbar machen.

- Schritt 5 - Verwerten der gewonnenen Informationen in den Flächendaten (je Fläche)

Die gewonnenen Erkenntnisse der Schritte 1 bis 4 gilt es nun richtig zu interpretieren und in die Datenbestände einfließen zu lassen. Die Einbindung erfolgt über das jeweilige Attribut welches später in der Modellierungssoftware als „ROUTED“ oder „PERCENT ROUTED“ erkannt wird. Bei der Verwendung der Lösung mittels Giswater, QGis und SWMM kann dies in den Relationen der Flächendaten-shp-Dateien erfolgen. Die Angabe einer Zahl zwischen 0 und 100 gibt die Prozentzahl des Flächenanteils an, welcher als abflusswirksam hinsichtlich des Entwässerungssystems erachtet wird.

Ein Vorteil dabei sei angemerkt, dass das Attribut, welches den Anteil undurchlässiger Oberfläche einer Teilfläche angibt, unberührt bleibt, obwohl beide als Faktoren des abflusswirksamen Anteiles prinzipiell das Gleiche bewirken. Dadurch können Änderungen beider Attribute gänzlich unabhängig voneinander vorgenommen werden, was umständliche Umrechnungen erspart und bei späteren Änderungen sehr nützlich ist.

5.2.3.2.5 Zusammenfassung der Ergebnisse zur Anchlusserhebung von Teilflächen

Aus den gezeigten Schwierigkeiten der Anchlusserhebung erschließt sich, dass in den meisten Fällen nur Annäherungen der tatsächlichen Anschlüsse erreicht werden können. Eine informative „flächige Erhebung“ der tatsächlichen Anschlüsse ist daher praktisch nie lückenlos möglich.

Die erstellte Strategie soll aber den dabei möglichen Fehler auf ein Minimum reduzieren, um Fehlerquellen, ausgehend von An- bzw. Nicht-angeschlossenen Teilflächen weitgehend unschädlich zu machen.

Dazu eignen sich bestimmte Siedlungsstrukturen eher für pauschale Annahmen, andere weniger, worauf bei der Anchlusserhebung Rücksicht genommen werden sollte.

Der Informationsaustausch mit den dem Netz vertrauten Akteuren stellt dabei einen wesentlichen Anteil zur Begrenzung des Aufwandes durch Verhindern unnötiger Untersuchungen dar.

5.2.4 Schwierigkeiten bei der Datenprüfung /-aufbereitung

5.2.4.1 Allgemeine Prüfungen / Plausibilitätsprüfungen

Der erste Prozessschritt aller Datenarten nach der Erhebung ist der der allgemeinen Prüfung. Die Notwendigkeit und der Nutzen einer allgemeinen Prüfung wurden bereits in Kap. 0 angeführt.

Werden Daten selbst erhoben, hat man einen guten Einfluss auf die sich daraus resultierende Fehlerfreiheit bzw. Korrektheit der Datenbestände. Dadurch, dass man selbst mit den erhobenen Datenbeständen weiterarbeiten muss, ist die notwendige Achtsamkeit auf einen brauchbaren Datenbestand meist gegeben. Bei Fremderhebung kann diese „Achtsamkeit“ auf die Qualität der erhobenen Daten geringer sein, was spätestens bei dem Prozessschritt der Allgemeinen Prüfungen merkbar wird.

Grundsätzlich muss immer davon ausgegangen werden, dass ein Datenbestand, egal ob eigen- oder fremderhoben, nicht fehlerfrei ist. Bei der in der Regel großen Mengen an Daten von Leitungsnetzen und Einzugsgebieten wäre eine vollkommene Fehlerfreiheit ein Zufall, da bei derart umfangreichen Datenmengen folgende Faktoren nachteilig auf die Qualität des Datenbestandes auftreten:

- Nachlassen der Konzentration der Bearbeiter aufgrund von Eintönigkeit der Erhebung
- Unterschiedliche Erhebungsqualitäten durch mehrere Bearbeiter (besonders bei größeren Datenmengen)
- Unterschiedliche Datenqualität aufgrund unterschiedlicher Qualität von Datenquellen (Pläne etc.)
- Fehler/Lücken durch Erschwernisse oder Behinderungen bei der Erhebung

Dies führt zu teils großen Unterschieden der Qualität von Daten. Um eine Bestand auf einen einheitlichen Niveau zu heben, müssen Defizite der Datenqualität erkannt und behoben werden.

Nach dem Durchführen mehrere Modellerstellungen für das Projektgebiet konnten folgende beiden Aufzählungen unterschieden nach Erscheinungsart der Fehler und Entstehungsart der Fehler unterschieden werden.

Fehlerarten nach Erscheinungsart:

- Fehler der Größenordnung (zu große/kleine Werte – Extreme)
- Fehler der Vollständigkeit (fehlende Werte/Datenlücken)
- Fehler der Häufigkeit (Duplikate, Wiederholung)
- Fehler der Eindeutigkeit (ungenügende Identifikation, mehrdeutige Angaben)
- Fehler der Form (Verwendung unzulässiger Sonderzeichen z.B.)
- Fehler der Logik (aufgrund sonstigen Wissens beruhende Unplausibilitäten)

Fehlerarten nach Entstehungsart:

- Erhebungsfehler (Fehlmessungen)
- Eingabefehler / Tippfehler
- Ablesefehler
- Zuordnungsfehler
- Übertragungsfehler
- Systematische Fehler (besonders bei der Datenaufbereitung relevant)

Allgemeine Fehler können durch ihre Art der Erscheinung erkannt werden. Die Auflistung nach Art der Entstehung versucht Gründe für die einzelnen Erscheinungsarten aufzuzeigen. Die wahre Entstehung eines Fehlers, besonders wenn die Erhebung von Dritten durchgeführt wurde, wird in der Regel nicht exakt eruierbar sein. Das ist auch nicht notwendig, die Überlegungen dazu sind trotzdem nicht vergeblich, da sie gleichzeitig ein Prüfen der Erhebungsmethoden darstellen und das Wissen um die Vermeidung von Erhebungsfehlern steigert.

Die identifizierten, allgemeinen Fehlerarten nach Art der Erscheinung werden nachfolgend erläutert.

5.2.4.1.1 Fehler nach Art der Erscheinung

Weiß man, wie ein Fehler in einem Datenbestand „erscheint“ bzw. erkennbar ist, erleichtert das vorzeitige Entfernen von Fehlerquellen die Modellierung ungemein.

Fehler der Größenordnung

Einer der wohl am Einfachsten zu erkennende Fehler hängt mit der Größe eines Wertes zusammen. Abhängig von dem jeweiligen Attribut, liegen die möglichen Werte in gewissen Größenordnungen, was bei einem Auftreten außerhalb dieser Größen Fragen aufwirft.

Ein Beispiel sind alle Werte, die mit Höhenangaben in absoluten Werten (gemessen in Metern über Adria) angegeben werden. In Österreich liegt der tiefste Geländepunkt auf 114 m.ü.A. (im burgenländischen Apetlon, Seewinkel). Eine Höhenangabe für Geländeoberkanten unter diesem Wert in einer österreichischen Gemeinde muss daher fehlerhaft sein. Der zulässige Größenbereich lässt sich natürlich für jedes Projektgebiet enger fassen – bei einer Gemeinde, deren tiefster Punkt bei über 300m.ü.A. liegt, sind somit alle Werte unter 300 unplausibel.

Häufig tritt auch der Wert „0“ auf. Eine „0“ als Wert deutet meist auf eine Datenlücke bzw. einen nichterhobenen Wert hin. Auffällig überhöhte Werte deuten meist auf einen Eingabe-/Tippfehler oder einen Einheitenfehler hin, sie sind zu prüfen und bei Bestätigung des Fehlerverdachts zu korrigieren.

Fehler der Vollständigkeit

Datenlücken sind in der Regel vorhanden, da in den seltensten Fällen Datenbestände zu 100% vollständig erhoben werden können. Sind die fehlenden Informationen erhebbar, sollten diese Erhebungen durchgeführt werden. Ist eine Gewinnung der Informationen aus welchen Gründen auch immer nicht möglich, muss zur Gewährleistung eines funktionierenden Modells eine plausible Annäherung des fehlenden Wertes erfolgen (bei Kanalsohlenhöhen meist gut machbar). Bei Annäherungen muss diese Unsicherheit in jedem Fall bei der Interpretation von erhaltenen Simulationsergebnissen berücksichtigt werden. In manchen Fällen kann die Simulation auch mit fehlenden Dateneingaben berechnet werden. Hier muss ebenso auf die Auswirkungen des Ergebnisses Rücksicht genommen werden.

Fehlen ganze Elemente, kann dies in der Regel nicht effektiv mit Abfragen erkannt werden. Oft kommt es vor, dass in Leitungsdaten ganze Gebiete / Teile von Systemen fehlen. Diese Lücken im Datenbestand müssen von einer dem Netz vertrauten Person erkannt werden. Dies geschieht am besten mittels Visualisierung der gesammelten Leitungsdaten im Gis und durch optische Kontrollen.

Fehlen nur einzelne Eingaben von Attributen, nicht aber ganze Tupel, ist ein Auffinden mittels Abfragen leichter möglich. Attributfelder ohne jegliche Eingabe oder mit einem „0-Wert“ sind sehr einfach auffindbar.

Fehler der Häufigkeit

Oft kommt es vor, dass ein Wert kopiert oder mehrfach an mehrere Attribute vergeben wird, ohne dass dies den realen Verhältnissen entspricht. Prüfungen auf das vermehrte Auftreten ein und desselben Wertes können diese Unstimmigkeiten aufdecken. Zufällig doppelte Werte (auch bei Werten mit Angaben von Dezimalstellen) sind dennoch möglich und daher ist eine genaue Prüfung unerlässlich, um nicht fälschlicherweise richtige Daten zu korrigieren. Duplikate sind grundsätzlich nicht falsch, außer es handelt sich um den Primärschlüssel.

Fehler der Eindeutigkeit

Manche Datenstrukturen lassen Duplikate im Primärschlüssel zu, bzw. bei Fremdschlüssel. Werden diese im Vorfeld einer Modellierung erkannt, sollten die Werte zwecks Wahrung der Eindeutigkeit geändert werden, da sie spätestens bei der Modellierung zum Problem führen.

Fehler der Form:

Manche Attribute lassen nur die Eingabe von Zahlenformaten mit einer gewissen Anzahl an Stellen zu. Andere jedoch, vor Allem jene mit freier Texteingabe, sind hier weniger anspruchsvoll, was Raum für Fehler gibt. Bezeichnungen von Leitungselementen (Haltungen, Schächte, etc.) bestehen häufig aus einer Kombination von Zahlen und Buchstaben. Auffällige Sonderzeichen können hier auf fehlerhafte Eingaben aufmerksam machen.

Fehler der Logik:

Abgesehen von den bereits genannten Fehlererscheinungen können aufgrund von logischen Gesetzmäßigkeiten Unstimmigkeiten erkannt werden.

Typisch sind plötzlich steigende oder Berg- und Talfahrt-verlaufende Kanalsohlenwerte. Bewegen sich die Steigungen in etwa den Größenordnungen wie sie zuvor noch gefallen sind, kann es sich entweder um einen Teil eines Dükers, einer Druckleitung oder doch um einen Fehler handeln.

Neben Plausibilitätsprüfungen logischer Zusammenhänge betreffend Höhenangaben können auch welche für andere Informationen durchgeführt werden. Beispielsweise

- Rohre und Schächte mit neuartigen Materialien (PVC, PP, GFK, usw.) mit Errichtungsdatum vor der Markteinführung des jeweiligen Rohrmaterials
- Abnehmende Rohrdurchmesser in Fließrichtung
- Sehr geringe/Keine oder unrealistisch große Schachttiefen
- unrealistisch große Sohlgefälle
- unrealistische Jahre der Errichtung

5.2.4.1.2 Identifizieren allgemeiner Fehler

Nachfolgend wird erläutert, wie Datenbestände allgemein geprüft werden können. Die identifizierten Methoden können in 2 Gruppen unterteilt werden:

Optische Kontrollen

Daten können manuell auf die Erscheinungen gesichtet werden, entweder ganzheitlich oder stichprobenhaft. In Datenbanken können dazu durch einfache Funktionen Überprüfungen von Daten vorgenommen werden.

Es genügt oft Daten in den Tabellen nach verschiedenen Attributen zu ordnen. So erscheinen beispielsweise Duplikate untereinander und können leicht erkannt und auf Plausibilität überprüft werden. Sprünge in Größenordnungen werden leicht sichtbar, fehlende Eingaben erscheinen bei aufsteigender Sortierung ganz zu Beginn der Auflistung (Abb. 5-11, roter Pfeil). Formauffälligkeiten werden optisch erkennbar durch Heterogenitäten in üblicherweise homogenen Datenbeständen und Wertebereichen.

Durch Klicken auf die Spaltenüberschriften wird eine Datensammlung anhand deren Eingaben der jeweiligen Spalte geordnet. Wiederholtes Klicken ändert die Sortierung von aufsteigend zu absteigend bzw. umgekehrt.

H_ID	H_BEZ	H_POST	VON_K	BIS_K	H_STRANG	H_LEIT	H_ABW	H_EIGENT	H_BETREIB	HOEHE_A	HOEHE_E	H_LAENGE
2151	Strang 21-3 - 2	3 - 2	U	Strang 21-3	Strang 21-2	Strang 21	L	U	U	0.00	0.00	51.08
517	Strang 22-1 - 1	1 - 1	U	Strang 22-1	Strang 21-1	Strang 22	L	U	U	0.00	0.00	48.90
1534	Strang 22-2 - 1	2 - 1	U	Strang 22-2	Strang 22-1	Strang 22	L	U	U	0.00	0.00	50.05
1411	Strang 22-3 - 2	3 - 2	U	Strang 22-3	Strang 22-2	Strang 22	L	U	U	0.00	0.00	40.33
604	Strang 22a (1-1A...	1 - 1	U	Strang 22a (1-1A...	Strang 22-1	Strang 22a (1-1A)	L	U	U	0.00	0.00	72.08
2239	Strang 23-1 - PW...	1 - PW Schöneben	U	Strang 23-1	Strang 21-PW Sc...	Strang 23	L	U	U	0.00	0.00	56.35
238	Strang 23-2 - 1	2 - 1	U	Strang 23-2	Strang 23-1	Strang 23	L	U	U	0.00	0.00	62.13
1917	Strang 24-1 - 1	1 - 1	U	Strang 24-1	Strang 23-1	Strang 24	L	U	U	0.00	0.00	72.43
1371	Strang 24-2 - 1	2 - 1	U	Strang 24-2	Strang 24-1	Strang 24	L	U	U	0.00	0.00	79.15
792	Strang 2a/4-1 - 4...	1 - 413420M004...	U	Strang 2a/4-1	413420M004-41...	Strang 2a/4	L	U	U	0.00	0.00	10.02
1558	Strang 2f S1-5-ib...	S1a - 413420M0...	U	Strang 2f S1-5-ib...	413420M013-41...	Strang 2f S1-5-ib	L	U	U	0.00	0.00	12.23
971	Strang 2f S1-5-ib...	S1b - S1a	U	Strang 2f S1-5-ib...	Strang 2f S1-5-ib...	Strang 2f S1-5-ib	L	U	U	0.00	0.00	45.15
655	Strang NS Pfaffe...	2 - 1	U	Strang NS Pfaffe...	Strang NS Pfaffe...	Strang NS Pfaffe...	L	U	U	0.00	0.00	23.62
1344	Strang NS Pfaffe...	3 - 2	U	Strang NS Pfaffe...	Strang NS Pfaffe...	Strang NS Pfaffe...	L	U	U	0.00	0.00	28.41
932	Strang NS Pfaffe...	4 - 3	U	Strang NS Pfaffe...	Strang NS Pfaffe...	Strang NS Pfaffe...	L	U	U	0.00	0.00	29.90
96	Strang DL Z1-PW...	PW Holzhäusel - ...	U	Strang Z1-PW Ho...	413420M002-41...	Strang DL Z1	L	U	U	546.85	557.37	932.38
873	Strang DL Z1-PW...	PW Holzhäusel - ...	U	Strang Z1-PW Ho...	Strang DL Z1-Sp...	Strang DL Z1	L	U	U	546.85	546.85	1.60
1633	Strang Z1-1 - PW...	1 - PW Holzhäusel	U	Strang Z1-1	Strang Z1-PW Ho...	Strang Z1	L	U	U	547.99	546.85	7.47
2674	Strang Z1-2 - 1	2 - 1	U	Strang Z1-2	Strang Z1-1	Strang Z1	L	U	U	548.48	547.99	44.35
1398	Strang Z1-3 - 2	3 - 2	U	Strang Z1-3	Strang Z1-2	Strang Z1	L	U	U	548.83	548.48	39.15
370	Strang Z1-4 - 3	4 - 3	U	Strang Z1-4	Strang Z1-3	Strang Z1	L	U	U	549.10	548.83	42.85
638	Strang Z1-5 - 4	5 - 4	U	Strang Z1-5	Strang Z1-4	Strang Z1	L	U	U	549.85	549.10	116.93
1084	413420M100-41...	413420M100001 ...	U	413420M100-41...	413420M002-41...	413420M100	KM	U	U	553.70	557.37	10.69
1093	413420M100-41...	413420M100002 ...	U	413420M100-41...	413420M100-41...	413420M100	KM	U	U	553.95	553.70	61.46
...	413420M100-41...	413420M100003 ...	U	413420M100-41...	413420M100-41...	413420M100	KM	U	U	554.21	553.95	155.57

Abb. 5-11: Aufsteigende Sortierung der Spalte „HOEHE_A“ als Beispiel zum Auffinden von Fehlern in Datenbanken, eigene Tabelle

Abfrage-Kontrollen

Für ganzheitlichere Prüfungen bieten sich darüber hinaus verschiedene Abfragefunktionen der Datenbanken an, welche die gesamten Daten oder Teile davon „prüfen“ und je nach Abfrageformulierung fehlerverdächtige Tupel wiedergeben. Diese können dann manuell überprüft werden und bei Identifikation eines Fehlers korrigiert werden. Hierbei muss jedoch eine Dokumentation der Korrektur vermerkt werden.

Abfragen können auf vielfältige Weisen getätigt werden. Ein und dasselbe Ergebnis kann durch verschiedene Formulierungen und Abfragearten erzielt werden, jedoch mit unterschiedlichem Aufwand. Je automatisierter die Abfrage ablaufen soll, das heißt wie stark die Einzelschritte zusammengefasst werden sollen, desto komplexer die Ausdrücke, dafür aber auch effizienter das Arbeiten danach. In diesem Zusammenhang wird meist von „eleganten Lösungen“ von Abfrage-Aufgaben gesprochen – je weniger verbliebene Einzel- bzw. Zwischenschritte am Weg zum gewünschten Ergebnis verbleiben, desto „eleganter“ der Vorgang.

Das Programm QGis zur Verwendung von Datenprüfung und –aufbereitung zu verwenden bietet für Abfrage-Überprüfungen folgende Möglichkeiten:

Python Query Builder - Select by Expression



Das Standard-Tool der QGis-Oberfläche, welches sich hinter der Formulierung „Select by Expression“ verbirgt, verwendet die Python-Programmiersprache zum Formulieren von Abfragen. Im Fenster des Tools können die Ausdrücke zusammengestellt werden und dann mit dem Befehl „Auswahl“ ausgeführt und in die QGis-Auswahl übernommen werden.

Buttons für Grundoperatoren, ein Suchfeld und ein Auswahlverzeichnis für alle verfügbaren Operatoren erleichtern das Erstellen von Abfrageformulierungen ungemein und ermöglicht es auch unerfahrenen Nutzern, erfolgreiche Abfragen ohne große Anlernzeiten vorzunehmen.

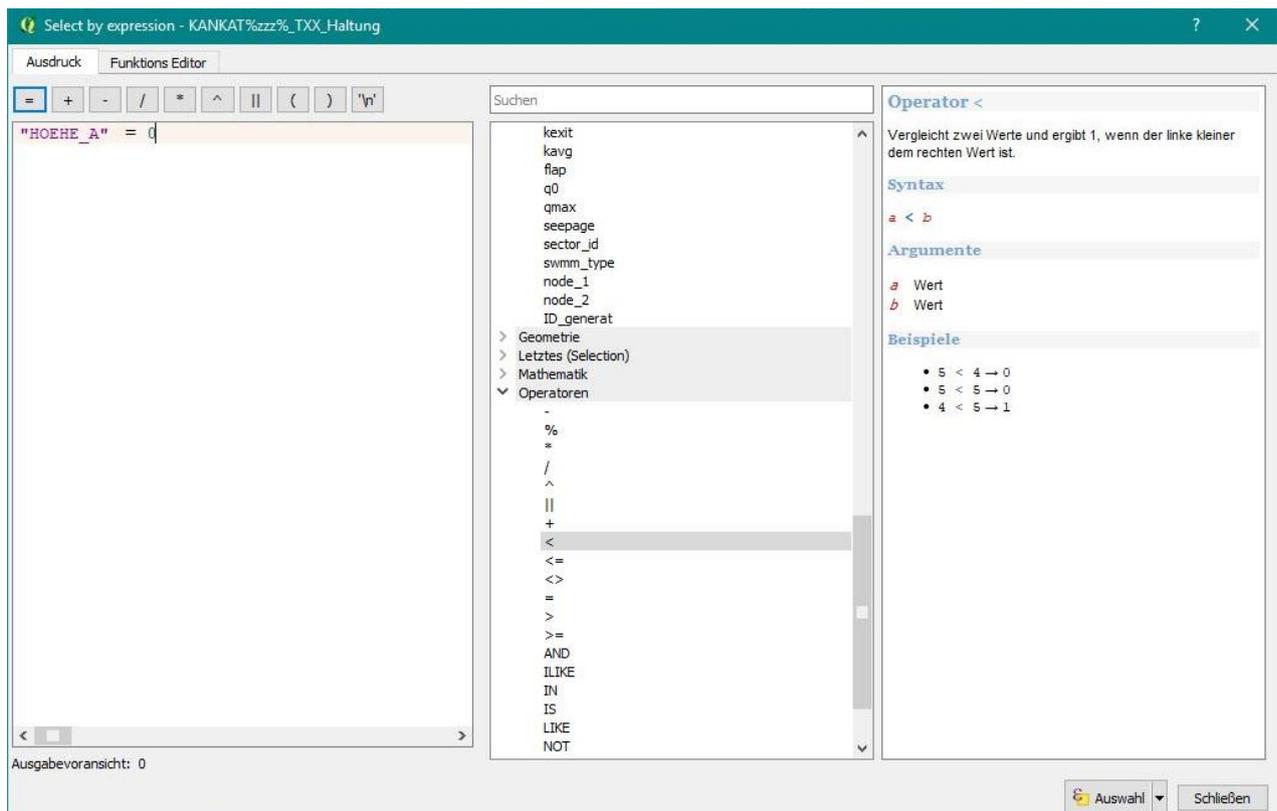


Abb. 5-12: Python-Abfrage im „Select-by-expression-Tool“ in QGis, eigene Darstellung

Allerdings sind die Möglichkeiten der Abfragen eingegrenzt, da immer nur in einer Tabelle/Relation gearbeitet werden kann. Mittels SQL-Abfrage im DB-Manager, wie nachfolgend erläutert, kann relationenübergreifend gearbeitet werden.

DB-Manager

Eine andere, umfangreichere und fortgeschrittenere Möglichkeit ist das Abfragen mittels SQL-Sprache im „DB-Verwaltung“-Tool. In diesem Fenster werden alle angelegten Datenbanken/Layer aufgelistet und wichtige Informationen dazu angezeigt. Die jeweilige Relation kann eingesehen werden, eine Übersichtsdarstellung der enthaltenen Daten ist abrufbar. Eine eigene Oberfläche für SQL-Abfragen bietet neben dem Eingabe- und dem Ergebnisfeld die Möglichkeit, Ausdrücke zu speichern, um diese später per Drop-Down-Menü abrufen zu können.

Das Ergebnis einer Abfrage kann sogleich als neuer Layer ausgegeben werden. Es kann somit nicht nur abgefragt werden, sondern auch neue Relationen erstellt werden. Der DB-Manager ermöglicht mittels SQL komplexere Aufgaben zu bewältigen, erfordert aber auch ein Vielfaches an Anwenderkenntnisse und Erfahrung.

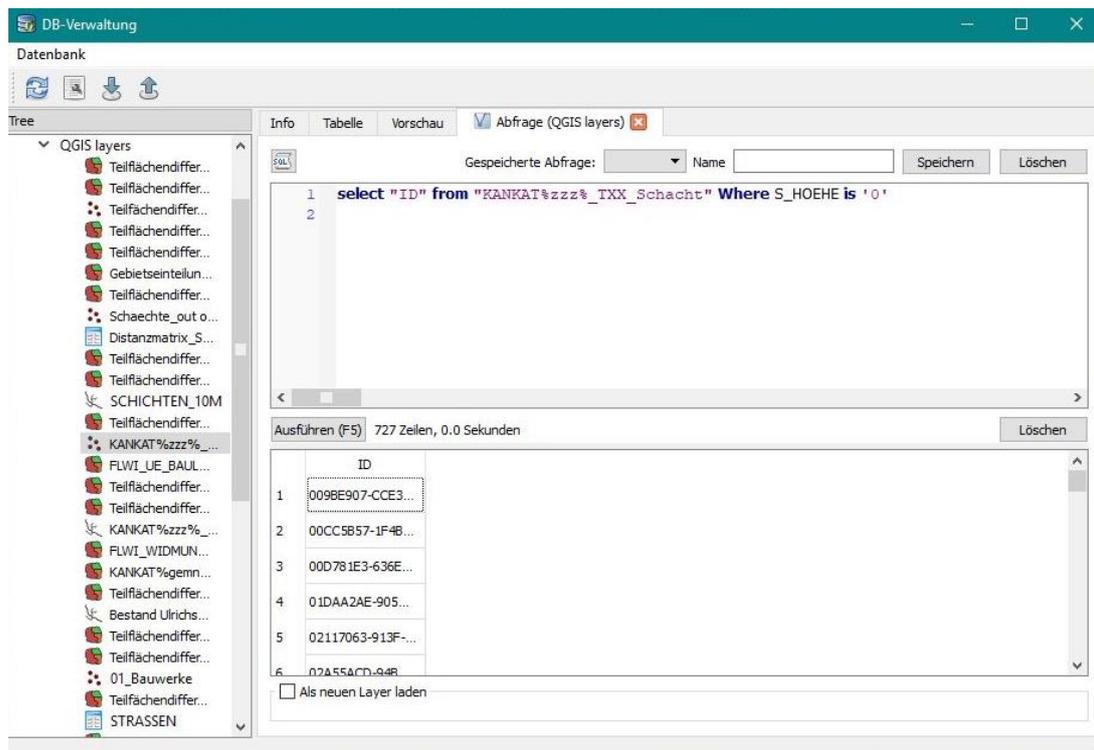


Abb. 5-13: SQL-Abfrage in der DB-Verwaltung, eigene Darstellung

Beispiele für Abfrage-Kontrollen:

Die folgenden Ausführungen geben eine Anleitung für mögliche Abfragen zum Finden von allgemeinen Fehlern, kategorisiert nach Fehlererscheinungsart.

- Abfragen für Fehler der Größenordnung:

Sehr einfache Abfragen bezüglich Größenordnungen sind im Python-Query-Builder möglich. Aus der Auswahlliste aus der Gruppe „Felder und Werte“ einfach das gewünschte Attribut auswählen und mit einem Operator wie „>“ oder „<“ und einem sehr hohen oder sehr niedrigen, gerade noch realistischen Wert kombinieren.

Das Ergebnis sind Extremwerte, welche über bzw. unter den gewählten Grenzen liegen. Diese können dann auf Plausibilität kontrolliert werden.

Ausdruck: "Attribut" > sehr hoher/niedriger Wert

Beispiel: "H_GEFAEL" > 250

- Abfragen für Fehler der Vollständigkeit

Ebenfalls einfach sind Abfragen, welche die Datenfelder auf „NULL“- und „0“-Werte untersuchen.

Ausdruck: `"Attribut" = „0“` oder `„NULL“`

Beispiel: `"SO_HOEHE1" = 0`

Fehlen ganze Zeilen (Tupel) kann eine Abfrage nur indirekt, über andere Tupel erfolgen. Dazu sind komplexere Abfrageausdrücke notwendig, weshalb es meist einfacher ist, hierfür eine optische Kontrolle zu wählen.

- Abfragen für Fehler der Häufigkeit

Duplikate können günstig im DB-Manager, im SQL-Fenster erkannt werden. Die Abfrage gestaltet sich hierzu aber etwas komplexer.

Ausdruck: `SELECT Attribut 1,
COUNT(Attribut 2) FROM Tabelle
GROUP BY Attribut 1
HAVING (COUNT Attribut 1) > 1`

Beispiel: `SELECT TargetID,
COUNT(*) FROM Distanzmatrix_Schächte_subc_01
GROUP BY TargetID
HAVING (COUNT (TargetID) > 1)`

The screenshot shows a database management interface with a tree view on the left and a SQL editor on the right. The tree view shows a hierarchy of databases and tables, with 'Distanzmatrix_Schächte_subc_01' selected. The SQL editor contains the following query:

```
1 SELECT TargetID,  
2 COUNT(*) FROM Distanzmatrix_Schächte_subc_01  
3 GROUP BY TargetID  
4 HAVING (COUNT (TargetID) > 1)  
5
```

The results of the query are displayed in a table below the editor:

TargetID	COUNT(*)
413420S233-41...	19
413420S236-41...	34
413420M004-41...	3
413420M004-41...	2
413420M004-41...	2
413420M004-41...	3
413420M004-41...	3
413420M004-41...	4
413420M004-41...	8
413420M004-41...	3
413420M004-41...	6

Abb. 5-14: SQL-Abfrage nach Duplikaten / Mehrfachwerten in Tabellen, eigene Darstellung

Das Beispiel oben ergibt eine Aufzählung jener Elemente von „TargetID“, welche öfters als einmal in der Tabelle auftreten und die Anzahl des Auftretens dazu. Vergleiche hierzu das Ergebnis

rechts unten in Abb. 5-14. Die „TargetID“ in Zeile 1 tritt demnach 19-mal in der abgefragten Tabelle auf.

Wird in COUNT statt der Nummer der Spalte ein „*“-Symbol eingegeben, wird in allen Spalten gezählt. Das „*“ wird so als „Asterisk“ bezeichnet.

Für GROUP BY kann auch ein Zahlenwert wie beispielsweise 2 angegeben werden. Dies nennt, das das Ergebnis nach dem Ergebnis in Spalte 2 gruppiert werden soll.

- Abfragen für Fehler der Eindeutigkeit

Diese Fehler können mit dem gleichen Abfrageschema wie das der Fehler der Häufigkeit erkannt werden. Als abgezählte Spalte/Attribut muss dazu nur der Primärschlüssel angegeben werden.

- Abfragen für Fehler der Form

Formfehler treten in vielfältiger Gestalt auf. - Unzulässige Zeichen ist eine davon. Nach bestimmten Zeichen zu suchen erfolgt nach folgendem Schema:

Ausdruck: SELECT **Attribut 1**
 FROM **Tabelle**
 WHERE **Attribut 2** LIKE ‚%**Zeichen**%‘

Beispiel: SELECT **id, Gebiet**
 FROM **Gebietseinteilung**
 WHERE **Gebiet** LIKE ‚%**ö**%‘

Das Ergebnis dieses Beispiels sind alle Elemente, welche einen Wert in der Spalte „Gebiet“ aufweisen, welche ein „ö“ enthalten.

Das gleiche Beispiel im Python-Abfragefenster sieht folgendermaßen aus:

```
"Gebiet" Like '%ö%'
```

Neben Sonderzeichen sorgen folgende Eingaben in Datenbanken häufig für Probleme in Abfragen oder später bei der Modellierung:

Tabelle 5-7: Problematische Zeichen in Datenbeständen, eigene Tabelle

,	Leerzeichen	>	<	+	-	/	\	=	„	:	*
---	-------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Ohne Probleme können Unterstriche „_“ verwendet werden.

Ein anderer Formfehler hängt mit der Länge eines Eingabewertes zusammen. Hierzu können Werte abgefragt werden, die eine bestimmte Anzahl von Zeichen überschreiten. Per SQL gestaltet sich die Abfrage zu:

Ausdruck: SELECT **Attribut 1**
 FROM **Tabelle**
 WHERE **Attribut 2** LIKE ‚**Anzahl von Unterstrichen**%‘

Beispiel: SELECT *****
 FROM **Gebietseinteilung_01**
 WHERE **Gebiet** LIKE ‚ %‘

Die Anzahl von Unterstrichen steht für die Anzahl an Zeichen. Im obigen Beispiel sind 10 Unterstriche eingegeben. Das Ergebnis der Abfrage beinhaltet alle Tupel mit Eingaben der Spalte *Gebiet*, welche länger als 10 Zeichen sind.

Sollen Werte bis zu einer Länge von x Zeichen ausgegeben werden, muss das „%-Symbol vor den Unterstrichen platziert werden:

```
SELECT *
FROM Gebietseinteilung_01
WHERE Gebiet LIKE '%_____'
```

In den Input-Dateien für SWMM ist die Kritische Länge von manchen Attributen 14 bzw. 16 Zeichen. Werden Werte mit mehr als dieser Länge eingespielt, kann es vorkommen, dass SWMM diese Eingaben nicht als eigenständige Werte, sondern als Wert zusammen mit dem nächstgelegenen, linken Wert versteht. In solchen Fällen kommt es zu Fehlermeldungen in SWMM und zu einem Nicht-Funktionieren der Berechnung von Simulationen.

- Abfragen für Fehler der Logik

Plausibilitätsabfragen aufgrund logischer Zusammenhang können vielfältig sein. Oben angeführte Überprüfungen der Größenordnung, Vollständigkeit und Häufigkeit sind zu einem gewissen Teil schon „logische“ Abfragen im eigentlichen Sinn.

Abfragen mit Operatoren wie „<“, „>“ und „=“ sind hier häufig. Solche Abfragen sind grundsätzlich praktisch im Python-Query Builder (Auswahleditor / Select by expression) vorzunehmen.

Die nachfolgende Tabelle führt einfache Logik-Abfragen an, welcher zur allgemeinen Prüfung von Datenbeständen vorgenommen werden können. Das Ergebnis sind Tupel, welche die Abfrage im Sinne der Logik der Abfrage nicht bestanden haben (=möglicherweise Fehler).

Tabelle 5-8: Logik-Abfragen für Datenbestände von Kanalsystemen, eigene Tabelle

Abfrage-Prinzip	Beispiel
Schachtsohle < Höhe Zulauf ARA	"S_HOEHE" < 426,18
Schachtsohle in Teilgebiet < Höhe Zulauf Gebietsauslass	"S_HOEHE" < 481,69
Höhe Haltungsanfang < Höhe Haltungsende	„Z1“ < „Z2“
Haltungsgefälle < 0	„H_GEFAEL“ < 0
Schachtdeckelhöhe < Schachtsohlenhöhe	"S_DOK" < "S_HOEHE"
Schachtdeckelhöhe = Schachtsohlenhöhe	"S_DOK" = "S_HOEHE"
Schachttiefe ist kleiner als 50cm	"S_DOK" - "S_HOEHE" < 0.50

Komplexere logische Abfragen erfordern es meist, verschiedene Relationen (Tabellen) miteinander zu verknüpfen. Ein solches Beispiel dafür ist die enge Beziehung zwischen einer Kanalhaltung und deren zugehörigen Start- und Endschächten. Da sich die Daten der Haltungen in einer Relation, die Daten der Schächte jedoch in einer anderen, eigenen Relation befinden, ergibt sich hier das Problem, relationenübergreifend arbeiten zu müssen, was am besten mittels SQL-Abfragen bewerkstelligt wird.

Für das Beispiel Schacht-Haltung-Beziehung wird die in Abb. 5-15 nachfolgend angeführte Nomenklatur verwendet:

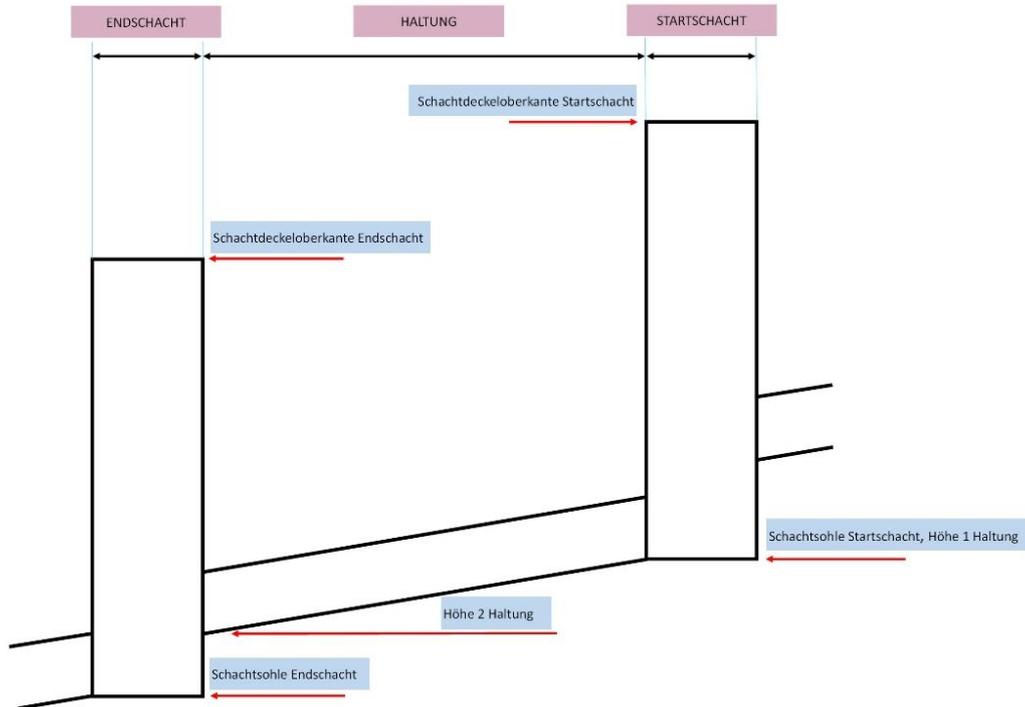


Abb. 5-15: Nomenklatur Beziehung Startschacht-Haltung-Endschacht, eigene Darstellung

Der Datenbestand ist zumindest logisch betrachtet fehlerfrei, wenn folgende Bedingungen eingehalten werden:

- Höhe Sohle Startschacht > Höhe der Sohle Endschacht
- Höhe 1 der Haltung > Höhe 2 der Haltung
- Höhe 1 der Haltung = Höhe der Schachtsohle Startschacht
- Höhe 2 der Haltung < Höhe Schachtdeckeloberkante Endschacht
- Höhe 2 der Haltung >= Höhe Schachtsohle Endschacht

Im Python-Abfragemodul kann immer nur in einer Relation gearbeitet werden. Um mittels Python Abfragen von Schacht-Haltungsbeziehungen durchführen zu können, müsste also eine neue Relation erstellt werden um auf alle erforderlichen Spalten in nur einer Tabelle zugreifen zu können.

Im DB-Manager kann mittels SQL auf mehrere Relationen zugegriffen werden. Die Ausdrücke werden aber komplex und erfordern gute Kenntnisse des Anwenders. In manchen Fällen kann aber auch hier auf Hilfsspalten oder Hilfstabellen nicht gänzlich verzichtet werden, um an das gewünschte Ergebnis zu gelangen.

5.2.4.2 Fehleranalyse betreffend modellierungsspezifischer Fehler

Nach Durchführung vielzähliger Modellierungsversuche konnte eine Auflistung gängiger, hinsichtlich der Modellierung relevanter Fehler aufgestellt werden. Die korrekte Modellierung eines hydrodynamischen Kanalsystems, welche als Ergebnis eine fehlerfreie Simulationsberechnung haben soll, ist eine komplexe und keineswegs triviale Aufgabe. Es muss auf viele Voraussetzungen und Bedingungen Rücksicht genommen werden, was für Einsteiger in dieser Thematik praktisch kaum überschaubar ist und eine ausgeprägte Anlernphase erfordert. „Fehlritte“ auf dem Weg zum funktionierenden Modell sind nichts Außergewöhnliches, vor allem auch deswegen, weil Handbücher und erläuternde Literatur rar, oft schwer verständlich oder manchmal auch zu wenig genau ausgeführt sind.

Der Unterschied zu den allgemeinen Plausibilitätsprüfungen des Kapitels 5.2.4.1 liegt darin, dass die folgenden Fehler „konkret“ Konflikte bzw. Fehler im Modell (modellierungsspezifische Fehler) hervorrufen. Manche von ihnen sind nicht über Plausibilitätskontrollen erkennbar, da sie erst beim Import in die Modellierungssoftware oder bei der Berechnung „erscheinen“. Über Plausibilitätsprüfungen erkennbare Fehler hingegen, bedeuten in so gut wie jedem Fall einen Fehler in der Modellierung.

Dies sei über die folgende Abbildung versucht, visuell darzustellen:

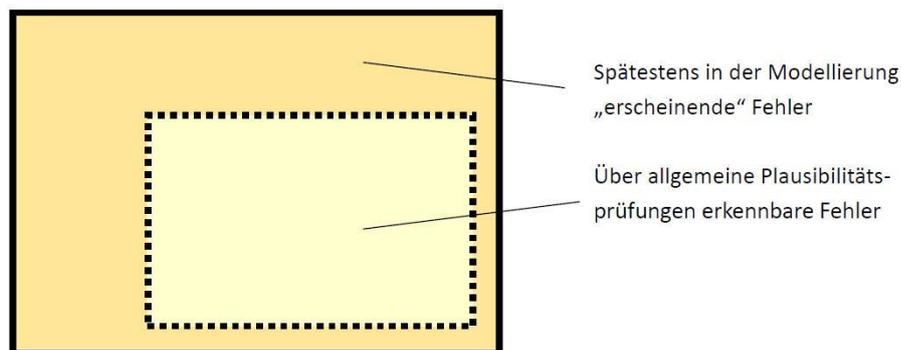


Abb. 5-16: Vergleich via Plausibilität aufdeckbarer Fehler und modellierungsspezifischer Fehler, eigene Darstellung

Wiederum können modellierungsspezifische Fehler nach der Art der Entstehung/Fehlerursache unterschieden und somit klassifiziert werden. Bei manchen Fehlern handelt es sich um eine Kombination verschiedener Ursachen, wobei aber bei genauerer Betrachtung und „schärferer“ Abgrenzung die Fehlerursache meist auf einen Grund reduziert werden kann.

Die nachfolgende Auflistung „modellierungsspezifischer Fehler“ unterscheidet sich von der Auflistung der „allgemeinen Fehler“ bzw. „Plausibilitätsfehler“ in Kapitel 5.2.4.1 also durch die Relevanz des Fehlers in der Modellierung. Vereinfacht gesagt: Nicht jeder modellierungsspezifische Fehler ist automatisch ein „allgemein-aufdeckbarer Fehler“. Die allgemeinen Prüfungen und auch die Plausibilitätsprüfungen decken Fehler rein aufgrund von Unstimmigkeiten in der Datenstruktur auf. Modellierungsspezifische Fehler können dabei möglicherweise unentdeckt bleiben und erst bei der Modellerstellung erkannt werden.

Diese erfordern daher Prüfungen, welche auf die Kenntnis der Eigen- und Besonderheiten der Modellierung zurückgreifen. Die erkannten Ursachen dieser „modellierungsspezifischen Fehler“ sind in der folgenden Liste angeführt.

Die ermittelten Ursachen lassen die Fehler in folgende Kategorien unterteilen:

- Formfehler
- Vollständigkeitsfehler
- Referenz- / Zuweisungsfehler
- Konsistenzfehler
- Erhebungsfehler
- Ausdruckfehler
- Strukturfehler
- Anwendungsfehler
- Softwarefehler

Die Identifizierung und Benennung der Fehlerarten erfolgte aufgrund der bei den praktischen Modellierungsarbeiten des für diese Masterarbeit gewählten Projektgebietes gemachten Erfahrungen. Die Auflistung erstellt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, ebenso wie die identifizierten Fehler von anderen Autoren bzw. Literatur anders benannt oder eingeteilt worden sein mögen. Die hier gewählte Nomenklatur wird sicherlich verbesserungswürdig bzw. –ausbaufähig sein.

5.2.4.2.1 Erläuterung der Ursachen „modellierungsspezifischer Fehler“

Die einzelnen Fehlerursachen werden nachfolgend beschrieben.

Formfehler:

Formfehler beruhen auf Formen des Attributtextes, welche nach Einbindung in die Inputdatei die Datei für SWMM unlesbar machen. In der Regel handelt es sich um zu lange Attribute, Attributtexte mit Leerzeichen oder Zahleneingaben mit Beistrichen als Komma, anstatt des in den USA gebräuchlichen Punkt-Kommas. Die Input-Datei ist nicht fähig, solche Formabweichungen korrekt zu erkennen, weshalb hier Kleinigkeiten große Auswirkungen haben können.

Vollständigkeitsfehler:

Diese Fehler bezeichnen das schlichte Fehlen von Attributeingaben, welche dazu führen, dass Teile der Simulation nicht berechnet werden. Dies begründet sich darin, dass bei einer fehlenden Eingabe im Input-File der Wert des nächsten Attributes nachrückt, anstatt dass die Lücke frei bleibt und einfach als „0“ gewertet wird. Einzelne, fehlende Eingaben können die erfolgreiche Berechnung der Simulation gefährden, weswegen auch bei fehlender Datenlage zumindest annähernd plausible Werte eingesetzt werden sollten, um eine Simulation überhaupt erst zu ermöglichen. Die Auswirkung auf das Simulationsergebnis muss dabei stets berücksichtigt werden.

Referenz- / Zuweisungsfehler

Im Gis müssen Modelldaten aus verschiedensten Herkünften, in vielfältigsten Attributen neu zugewiesen werden, sodass sie für den Import in SWMM richtig formiert sind. Dazu wird vom Schnittstellenprogramm die Struktur richtig vorgegeben, während der Anwender alle Attribute eines Datensatzes der vorgegebenen Struktur richtig zuweisen muss. Hier sind Fehlzuweisungen möglich und können natürlicherweise zu keinen brauchbaren Modellen führen.

Konsistenzfehler:

Sind die zur Modellierung bereitstehenden Daten vollständig konsistent (vergleiche Kap. 3.1.4), kann ohne große Anpassungen mühelos das Modell erstellt werden. Von diesem Idealzustand ist jedoch praktisch nie auszugehen, weswegen immer mit manuellen Nachbesserungen zu rechnen ist. Konsistenzfehler können in vielfältiger Form auftreten, weswegen eine allgemeine Beschreibung schwierig ist. Bei hydrodynamischen Modelldaten treten sie vor allem bei Überschnei-

dungsbereichen von Themen auf. Beispielsweise kann ein Punktobjekt, welches eine Schacht-abdeckung abbildet, doppelt in den Datensätzen auftreten, da er als Schacht aufgenommen wurde, in Wirklichkeit aber eine Schachtabdeckung eines Regenüberlaufbeckens ist und somit dem Datensatz „Sonderbauwerke“ zugehörig ist.

Erhebungsfehler:

Mit Erhebungsfehlern sind all jene Fehler gemeint, die bei der Datenerhebung selbst gemacht werden können. Dies beginnt bei möglichen Messfehlern, falschen Erhebungsmethoden und reicht bis zu simplen Tipp- bzw. Schreib- oder Eingabefehlern.

Ausdruckfehler:

Sie passieren sehr gerne beim Übernehmen von leitungsbezogenen Daten in die Modellierung. Ausdruckfehler umfassen Fehler, die dadurch entstehen, dass Attribute falsch „ausgedrückt“ werden. Ein Attribut gibt eine Gegebenheit der Realität wieder. In welcher Form ein Attribut diese Realität „ausdrückt“, kann jedoch vielfältig sein. So kommt es beispielsweise oft vor, dass Höhen-daten der Schachtsohle nicht absolut in Metern über Adria, sondern relativ als Abstiche in Metern, gemessen von der Deckeloberkante erhoben werden. Rechnet das Modell so beispielsweise mit absoluten Werten, erhält aber relative, handelt es sich um einen Ausdruckfehler – das Attribut liegt falsch „ausgedrückt“ vor. Manchmal sind nur Teile von Attributen falsch ausgedrückt, bei-spielsweise durch unterschiedliches Personal bei der Datenerhebung bedingt, oder das ganze Attribut, weil falsch erhoben oder falsch aufbereitet.

Strukturfehler:

Unter dieser Art werden alle Fehler zusammengefasst, die aufgrund falscher Datenstrukturen entstehen. Diese Strukturen bedürfen einer gewissen Form bzw. Anordnung der Werte, ohne die eine weitere Verarbeitung durch das Schnittstellenprogramm oder das Simulationsprogramm nicht funktioniert. Unbrauchbare Input-Dateien oder Fehlermeldung bei der Simulationsberechnung sind sodann die Folge. Sie können sehr vielfältig sein. Das Erkennen dieser Fehler ist meist nicht gleich offensichtlich, das Sprichwort – „der Teufel steckt im Detail“ – ist hier sehr zutreffend. Bei ersten Versuchen einer Modellerstellung sind oft fehlerhafte Strukturen der Datenstände verantwortlich für das Scheitern. Steigende Erfahrung verringert in der Regel das Begehen dieser Fehler. Strukturfehler treten oft in Kombination mit Formfehlern auf. Im Vergleich zu Konsistenz-fehler können Strukturfehler in sich konsistent sein, als Ganzes jedoch trotzdem falsch strukturiert sein.

Anwendungsfehler:

Diese Gruppe umfasst Fehler, die aufgrund falscher Anwendung des Programmes durch den Bearbeiter vorkommen und nicht durch eine andere Fehlerart abgedeckt sind. In der Regel liegt un-zureichendes Vorwissen, mangelndes Systemverständnis bzw. wenig Erfahrung vor, sodass diese simplen Fehler passieren können. Anwendungsfehler können meist durch Nachschlagen bzw. Studieren der Software-Handbücher, durch Suchen in Internetforen, sowie durch Teilnahme an Kursen bzw. Aus- und Weiterbildungen reduziert werden.

Softwarefehler:

Manchmal liegt die Ursache eines Problems nicht beim Umgang oder der Anwendung einer Soft-ware, sondern bei dieser selbst. Sogenannte „Bugs“ treten besonders bei jungen Programmen häufiger auf, bzw. Entstehen auch durch Änderungen des Betriebssystems oder anderen Soft-warekonfigurationen, die sich auf das jeweilige Programm nachteilig auswirken. Solche Fehler und deren Fehlermeldungen können für die Software-Programmierer bzw. –Entwickler wertvolle Informationen darstellen, um die Fehler beheben zu können. Diese werden dann durch Änderun-

gen der Software beseitigt und in neuen Versionen einer Software integriert. Liegt ein Softwarefehler vor, gilt es zunächst zu prüfen, ob dieser selbst zu beheben ist. Das Hilfemenü der Software bzw. der technische Support geben meist Auskunft bei gängigen Fehlern.

Das Wissen um die möglichen Fehlerquellen hilft, Fehler zu vermeiden. Die Zusammenstellung in Kapitel 5.2.4.2.3 geht genauer auf mögliche Fehlererscheinungen ein und führt gleichzeitig Empfehlungen für die Lösung derselben bzw. zur Vermeidung der Fehler an.

5.2.4.2.2 Ursachen „modellierungsspezifischer Fehler“ und deren Auftreten im Prozessablauf

Nicht jede Fehlerart kann in allen Prozessabschnitten auftreten. In Tabelle 5-9 ist gezeigt, in welchem Abschnitt einer hydrodynamischen Kanalsystemmodellierung welche Fehlerarten auftreten können, oder anders betrachtet, welche Fehlerarten wann im Ablauf möglich sind.

Tabelle 5-9: Fehlerarten modellierungsspezifischer Fehler und deren Auftreten im Prozessablauf, eigene Tabelle

Fehlerart	Prozessabschnitt			
	Datenerhebung	Datenprüfung, -aufbereitung	Modellierung i. e. Sinn	Kalibrierung
Formfehler	X	X	X	
Vollständigkeitsfehler	X	X	X	
Referenz- / Zuweisungsfehler		X	X	X
Konsistenzfehler	X	X	X	
Erhebungsfehler	X			X
Ausdruckfehler	X	X		
Strukturfehler		X	X	
Anwendungsfehler i. e. Sinn			X	
Softwarefehler	X	X	X	

Die Auflistung in Tabelle 5-9 kann während der Modellierung eine nützliche Hilfestellung zum Identifizieren möglicher Fehlerursachen anhand deren zeitlichen Relevanz sein. Darüber hinaus kann auch das Bewusstsein von konkreten, möglichen Fehlern erhöht werden und auf diese in den jeweiligen Abschnitten eines Prozesses geachtet werden.

5.2.4.2.3 Katalogzusammenstellung konkreter, modellierungsspezifischer Fehler

Tabelle 5-10: Katalogzusammenstellung konkreter, modellierungsspezifischer Fehler, eigene Tabelle

Nummer	Bezeichnung	Kurzbeschreibung	Beispiel	Behebung / Abhilfe
1.	Formfehler	Form des Attributtextes führt zu Unlesbarkeit der Input-Datei		Anpassung der Formen des Attributtextes
1.1.	Leerzeichenfehler	Durch Leerzeichen getrennter Attributtext wird als 2 Attributtexte erkannt	„Schacht 001“ „Schacht_001“	Leerzeichen durch beispielsweise Unterstriche ersetzen
1.2.	Kommafehler	Beistrichkomma wird von Modellierungsprogramm nicht erkannt	„5,36“ „5.36“	Beistrich anstatt Punkt verwenden
1.3.	Längenfehler	Attributtext hat kritische Länge überschritten, verbindet sich mit nächsten Attributwert, wird als 1 Wert erkannt	„Schacht0105236“ „S_0105236“	Attributtextform verkürzen – Achtung bei Verweisen (Fremdschlüssel) in andere Relationen
2.	Vollständigkeitsfehler	Gewisse Informationen fehlen		Fehlendes ergänzen
2.1.	Annulierfehler	NULL-Werte werden in die Input-Datei nicht integriert	„NULL“ „0.00“	„NULL“-Werte ersetzen
2.2.	Allgemeine Vollständigkeitsfehler	Unvollständige Datensätze	„ “ „0.36“	Lücken füllen
3.	Referenz- / Zuweisungsfehler	Daten sind fehlerhaft miteinander verknüpft		Zuweisungen korrigieren
3.1.	Allgemeine Zuweisungsfehler	Fälschliche Zuweisung	z.B. Höhe der Schachtsohle auf Deckelhöhe verwiesen	Fälschliche Zuweisung richtigstellen
3.2.	Fehlendes Element - Fehler	Verwiesenes Element wurde gelöscht und kann nicht gefunden werden	z.B. Schächte von Sonderbauwerken gelöscht, welcher an Kanal angeschlossen ist	Irrtümliche Löschungen rückgängig machen, neu zuweisen
3.3.	Geänderter Primärschlüssel - Fehler	Primärschlüssel bereits referenzierte Elemente wurden geändert und können nun nicht mehr oder werden falsch verknüpft	z.B. bei Umbenennungen	Neu referenzieren, Verwenden synthetischer Primärschlüssel
4.	Konsistenzfehler	Daten sind in sich nicht schlüssig oder inkonsistent		Daten aufbereiten, anpassen
4.1.	Überschneidungsfehler	Datensätze sind thematisch nicht genau abgegrenzt	z.B. Sonderbauwerke und Schächte	Grenzen klären
4.2.	Formkonsistenzfehler	Unterschiedliche Einheiten, Wertformate für dasselbe Thema werden verwendet	„0.126“ m ³ /s „126“ l/s	Auf gleiche Einheiten, Formate bringen

5.	Erhebungsfehler	Fehler bei der Datenerhebung		Verbessern der Erhebungsarbeiten
5.1	Messfehler	Fehlerhafte Werte durch Fehler in der Messung	z.B. Falsches Ablesen von Werten	Messgeräte überprüfen, kalibrieren, Messmethoden verbessern
5.2	Schreib- / Tipp- / Ablesefehler	Fehler in der Eingabe, Übertragung	z.B. Ablesefehler durch unleserliche Handschrift	Überprüfen nach der Eingabe, Konzentration bei Arbeit steigern
5.3	Methodische Erhebungsfehler	Fehler durch die Methode der Erhebung	z.B. bei falsch verstandenem Messvorgang des Personals	Methoden, Abläufe verbessern, abändern
6.	Ausdruckfehler	Attributtexte sind falsch ausgedrückt		Daten aufbereiten/ändern
6.1	Absolut-/Relativfehler	Werte sind fälschlicherweise relativ bzw. absolut angegeben	„0.93“ m Abstich „523.21“ m.ü.A.	Anpassen/Umrechnung der Werte auf den richtigen Attributausdruck, Umstellung des Attributausdrucks im Modellierprogramm
6.2	Einheitenfehler	Werte sind in falscher Einheit ausgedrückt	„0.126“ m ³ /s „126“ l/s	Anpassen/Umrechnung der Werte auf den richtigen Attributausdruck, Umstellung der Einheit im Modellierprogramm
6.3	Größenordnungsfehler	Werte sind in falscher Größenordnung ausgedrückt	„4.321“ kilo „4321“	Anpassen/Umrechnung der Werte in die richtige Größenordnung, Umstellung der Einheit/Größenordnung im Modellierprogramm
7.	Strukturfehler	Datenstrukturen können nicht richtig ausgewertet werden		Daten aufbereiten/ändern
7.1	Allgemeine Strukturfehler	Datenstrukturen sind nicht für das Simulationsprogramm passend	z.B. ganze Attribute fehlen	Datenaufbereitung
7.2	Modellbezogene Strukturfehler	Modellnetz ist fehlerhaft modelliert bzw. verstößt gegen gewisse Regeln	z.B. z.B. in „Outfall“ münden 2 Haltungen	Modellierung ändern, anpassen
8.	Anwendungsfehler	Fehler durch die anwendende Person		Verbesserung der Kenntnisse zur Anwendung
8.1	Allgemeine Anwendungsfehler	Durch unzureichende Anwendungskennnisse begründete Fehler	z.B. Falsche Berechnungsart ausgewählt	Verbesserung der Kenntnisse zur Anwendung (Studieren von Handbüchern, Anleitungen, Kurse, Seminare etc.)
9	Softwarefehler	Softwarebedingtes Nicht-Funktionsieren		Problembeseitigung
9.1	Allgemeine Softwarefehler	Durch Fehler in der Programmierung	z.B. Programmabstürze bei gewissen Verhalten	Techn. Support der Entwickler kontaktieren, Hinweise der Fehlerertexte befolgen

5.2.4.3 Automatisierte Erstellung von Modellregen

In Kap. 4.3.4.3 wurde bereits auf die Notwendigkeit einer automatischen Erstellung von Modellregen Euler Typ II für Kalibrierungszwecke und als Eingangsdaten für die Simulation eingegangen. Sofern keine Software dafür verfügbar ist – kann dies durch Erstellung eines Berechnungstools in MS Excel selbst durchgeführt werden. Ein wesentlicher Vorteil der Modellregenerstellung in MS Excel ist, dass die Datei, wenn die Berechnung fertig erstellt ist, problemlos ausgetauscht und auf allen Rechnern mit MS Excel ausgeführt werden kann. Eine selbstständige, eigens dafür programmierte Anwendung müsste womöglich zuerst installiert werden, um damit arbeiten zu können.

Die dazu notwendigen Berechnungsschritte in Excel werden hier nachfolgend erörtert. Das Ergebnis ist eine Kalkulation-Datei, in welcher per Drop-Down-Liste das gewünschte Wiederkehrintervall und die gewünschte Modellregendauer ausgewählt werden kann. Die Berechnung erfolgt danach automatisch, es muss nur mehr das Ergebnis kopiert und in das Modellierungsprogramm eingegeben/eingefügt werden.

5.2.4.3.1 Vorgangsweise zur automatisierten Modellregen-Erstellung

In Kapitel 3.3.1.2.4 wurde die Erhebung der für die Modellregenerstellung erforderlichen Niederschlagsdaten erörtert. Das Ergebnis daraus ist eine Tabelle der Niederschlagshöhen (in mm), aufgeschlüsselt nach Wiederkehrzeit (in Jahren) und Dauerstufe (in Minuten).

Begonnen wird mit dem Einfügen dieser Niederschlag-Bemessungswerte. Abb. 5-17 zeigt die eingefügte Tabelle der Niederschlag-Bemessungswerte, aufgeschlüsselt nach Wiederkehrzeit und Dauerstufe. Verwendet werden muss der mittlere Wert „Bemessung“ je Angabe, nicht jene von „MaxModN“ oder „Ökostra“. Die mit orange-strichlierter Umrandung markierten Felder zeigen an, dass hier Eingaben zu tätigen sind. Zu reinen Informationszwecken dient die Eingabe der Gitterpunktnummer, sowie der Koordinaten in Abb. 5-17.

D [min]	5	10	15	20	30	45	60	90	120	180	240
1	7,7	10,2	12,0	13,4	15,6	18,0	19,6	22,3	24,1	26,9	29,0
2	9,5	14,0	17,1	19,2	22,3	25,7	28,0	31,3	33,6	37,4	40,4
3	10,6	16,2	19,9	22,4	26,3	30,2	32,7	36,5	39,2	43,6	47,0
5	11,9	19,0	23,7	26,7	31,2	35,9	38,8	43,2	46,3	51,4	55,4
10	13,8	22,9	28,6	32,4	38,0	43,4	47,0	52,0	55,7	62,0	66,8
20	15,6	26,7	33,7	38,2	44,6	51,1	55,1	60,9	65,4	72,4	77,9
25	16,2	27,9	35,3	40,0	46,7	53,6	57,8	63,9	68,4	75,9	81,6
30	16,7	28,9	36,6	41,5	48,6	55,5	60,1	66,3	70,8	78,7	84,7
50	18,0	31,7	40,3	45,7	53,5	61,2	66,1	72,7	77,9	86,4	92,9
75	19,1	33,9	43,2	49,0	57,4	65,7	70,9	78,1	83,6	92,5	99,5
100	19,8	35,5	45,3	51,4	60,2	68,8	74,2	81,7	87,4	97,0	104,5

Abb. 5-17: Eingefügte Niederschlagshöhen als Basis für die Modellregenerstellung, eigene Darstellung

Der Zeitschritt für die Modellregenerstellung beträgt üblicherweise 5 min. Die Tabelle aus der ehyd-Auswertung liefert die Werte jeder Jährlichkeit für die Zeitdauer Minute 5, 10, 15, 20, 30, 45, 60, 90, 120, 180 und 240. Die Regenhöhen der fehlenden Zeitpunkte 25 min, 35 min, 40 min, 50min, usw. müssen daher berechnet werden (Differenzbildung).

Dazu wird die Differenz der Höhen der Zeitschritte berechnet und auf die Anzahl der 5 min-Schritte aufgeteilt. Die Summe aller Einzelintervalle muss die Niederschlagshöhe der letzten Dauerstufe entsprechen. Das Ergebnis dieser Differenzbildung zeigt Abb. 5-18 anhand eines Beispiels.

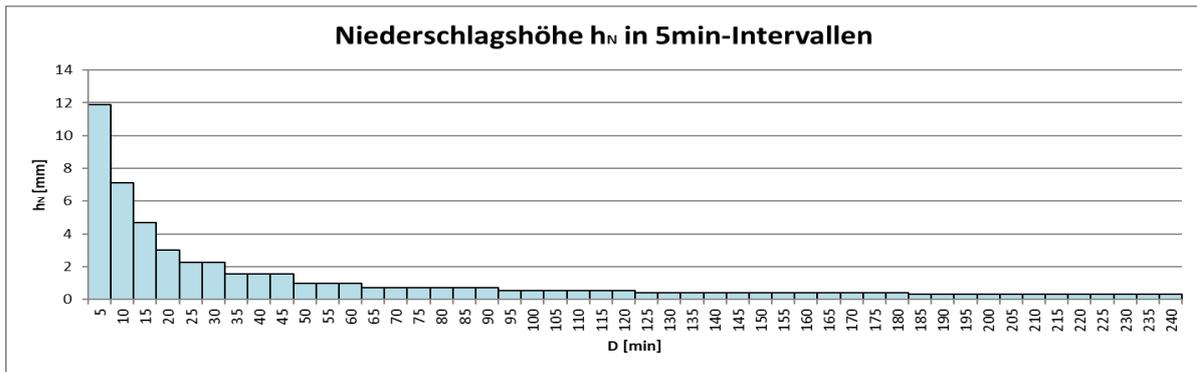


Abb. 5-18: Ergebnis der Differenzbildung zur Modellregenerstellung, eigene Darstellung

Die Differenzbildung wird in der Berechnung dermaßen umgesetzt, sodass eine Tabelle mit den errechneten Differenzen der NS-Höhen und der je Zeitschritt aufsummierten NS-Höhe entsteht.

Tabelle 5-11: Differenzbildung, eigene Tabelle

D [min]	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	
h_N [mm]	11,9	7,1	4,7	3	2,25	2,25	1,567	1,567	1,567	0,967	0,967	0,967	0,733	0,733	0,733	0
Σ_N [mm]	11,9	19,0	23,7	26,7	29,0	31,2	32,8	34,3	35,9	36,9	37,8	38,8	39,5	40,3	41,0	

Für jeden Zeitschritt wird in der Zelle darunter die jeweilige Niederschlagshöhe berechnet. Dazu wird der Wert aus der Bemessungsdauerstufe herangezogen und um die Zeitintervall-Höhen der vorangegangenen Zeitschritte abgezogen. Die Formel in MS Excel wird im effizientesten wie folgt verfasst:

„=SVERWEIS(gewähltes Wiederkehrintervall; Tabelle NS-Bemessungswerte ;Spaltenindex der jeweiligen Dauerstufe)-(SUMME(NS-Höhen-Differenzen vorheriger Zeitschritte))“

Ist der Abstand der nachfolgenden Bemessungsdauerstufe größer als 5 min (Werte Minute 30, 45, 60, 90, 120, 180 und 240), muss das errechnete Intervalle auf die Zeitschritte seit der letzten Bemessungsdauerstufe aufgeteilt werden (vergleiche Abb. 5-18). Das heißt bei Dauerstufe:

- 30: Intervall / 2 -> ergibt Werte für Minute 25 und 30
- 45: Intervall / 3 -> ergibt Werte für Minute 35, 40 und 45
- 60: Intervall / 3 -> ergibt Werte für Minute 50, 55 und 60
- 90: Intervall / 6 -> ergibt Werte für Minute 65, 70, 75, 80, 85 und 90
- usw.

Die Formel für diese Dauerstufen lautet somit:

„=SVERWEIS(gewähltes Wiederkehrintervall; Tabelle NS-Bemessungswerte ;Spaltenindex der jeweiligen Dauerstufe)-(SUMME(NS-Höhen-Differenzen vorheriger Zeitschritte)) / ((aktuelle Bemessungsdauerstufe – vorherige Bemessungsdauerstufe)/5min“

Der so errechnete Wert wird dann auf die dazwischenliegenden Zeitschritte übertragen. In Summe ergeben sie das Intervall der Bemessungsdauerstufe ohne Aufteilung. Alle Werte aufsummiert spiegelt die unterste Zeile wieder. Grün hinterlegt zeigt die Bemessungsdauerstufenhöhen, wie sie aus den Niederschlagsdaten zur Verfügung gestellt sind (vergl. Tabelle 5-11).

D [min]	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	
h_N [mm]	11,9	7,1	4,7	3	2,25	2,25	1,567	1,567	1,567	0,967	0,967	0,967	0,733	0,733	0,733	0
Σ_N [mm]	11,9	19,0	23,7	26,7	29,0	31,2	32,8	34,3	35,9	36,9	37,8	38,8	39,5	40,3	41,0	

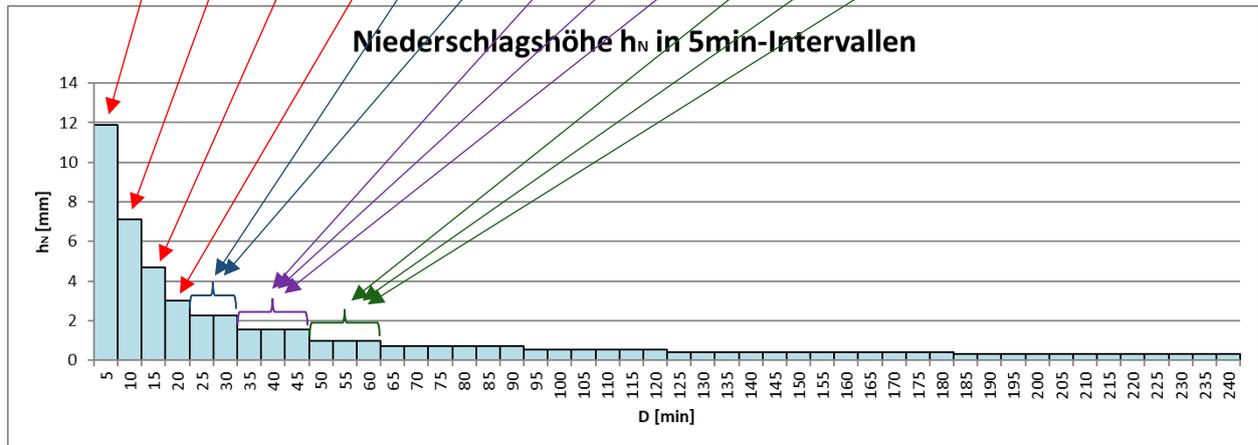


Abb. 5-19: Errechnete Differenzen und grafische Darstellung, eigene Tabelle

Nachfolgend kommt es zur Verschiebung der Intervalle auf der Zeitachse. Wie bereits in Kapitel 3.2.5.1.3 angeführt, muss wie folgt vorgegangen werden:

„...wird das Differenzintervall mit der höchsten Niederschlagsintensität beim 0,3-fachen der Modellregendauer -abgerundet auf ein Vielfaches von 5 Minuten - angesetzt. Daran schließen auf der Zeitachse nach links die nächst niedrigeren Intervalle an, bis der Zeitpunkt $t = 0$ erreicht ist. Die übrigen Regenintervalle schließen auf der Zeitachse nach rechts an und füllen den Zeitraum bis zum Modellregende auf.“ ÖWAV RB 11 (2009)

Daher wird der Zeitschritt, welcher mit der maximalen NS-Höhe beaufschlagt wird errechnet:

$$„=ABRUNDEN((DAUER * 0,3) / 5 ; 0) * 5“$$

Beispiel: Dauer: 240min:

$$240\text{min} * 0,3 = 72\text{min}$$

72min abgerundet auf ein Vielfaches von 5 =

$$= 70\text{min}$$

Die nachfolgenden NS-Höhen werden links dieser Zeitstufe aufgetragen bis der Zeitpunkt 0 erreicht ist. Die restlichen Werte werden dem Maximalwert anschließend nach rechts angesetzt, sodass eine Umkehr wie in Abb. 5-20 erfolgt.

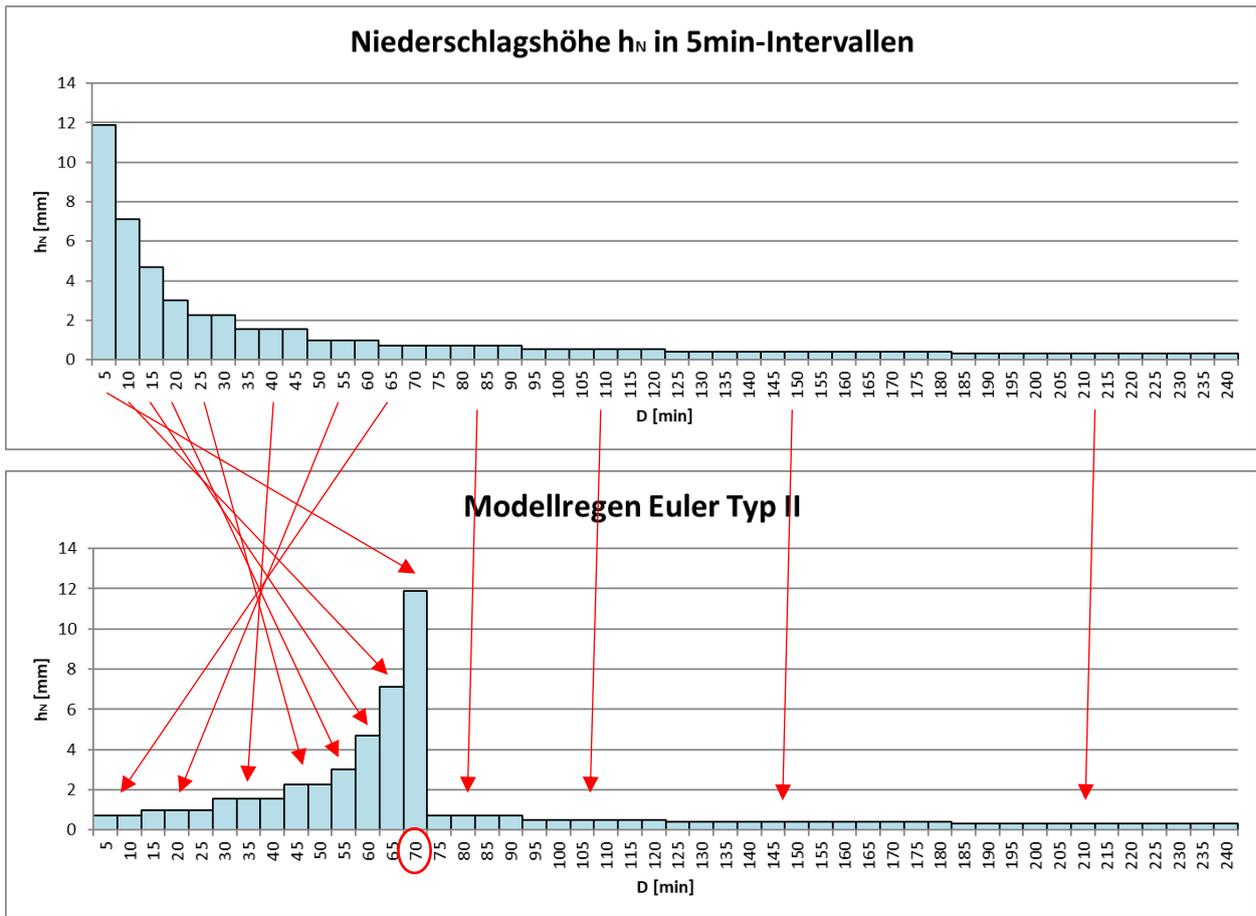


Abb. 5-20: Umkehr der Intervalle zur Modellregenerstellung, eigene Tabelle

Damit dies automatisiert erfolgt, müssen Hilfstabellen angelegt werden. Hier muss der errechnete Wert der vorherigen Formel durch 5 min dividiert werden (ergibt Nummer des Zeitschritts; kurz D-Wert) und in einer Tabelle, wie in Tabelle 5-12, zusammen mit der Anzahl an Minuten und den dazugehörigen Niederschlagshöhen aufgetragen werden.

Tabelle 5-12: Zeitschritte mit D-Werten und zugehörigen NS-Höhen. , eigene Tabelle

D-Wert	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
D [min]	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Reihe Ausgabe	11,9	7,1	4,7	3	2,25	2,25	1,567	1,567	1,567	0,967	0,967	0,967	0,733	0,733	0,733	0,733	0,733	0,733	0,517	0,517

Um die Werte umzukehren, werden in einer Hilfstabelle wie Tabelle 5-13, mittels einer einfachen „=“-Funktion die D-Werte eingetragen. Nachfolgend wird absteigend weiter aufgetragen, solange, bis der Wert 0 erreicht ist, mittels der Formulierung:

$$„=WENN(D-Wert_{vorherig} > 0; D-Wert_{vorherig} -1; 0)“$$

Das Ergebnis wird in Tabelle 5-13 gezeigt. Die obige Formel gibt sodann ab der 0,3-fachen Regendauer nur mehr 0-Werte aus:

Tabelle 5-13: Umkehr der D-Werte (Nummer des Zeitschritts) bis zum 0,3-fachen der Modellregendauer, eigene Tabelle

MODELLREGEN																					
D-Wert umgekehrt:	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0

Danach muss in einer Folgetabelle eine einfache Wenn-Funktion angewendet werden, welche bei Vorliegen eines D-Wertes in Tabelle 5-13, welcher größer als der Wert 0 ist, die entsprechende NS-Höhe des umgekehrten D-Wertes wiedergibt und bei einem 0-Wert die NS-Höhen der nicht-umgekehrten D-Werte.

Der zur Anwendung kommende D-Wert ergibt sich dann mit der Funktion:

$$„=WENN(D-Wert_{umgekehrt} > 0 ; D-Wert_{umgekehrt}; D-Wert)“$$

Das Ergebnis ist die mittlere Zeile der folgenden Tabelle 5-14. In der obersten Zeile stehen die vergangenen Minuten.

Tabelle 5-14: Automatische Anordnung der D-Werte und Wiedergabe der zugehörigen NS-Höhe, eigene Tabelle

D [min]	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
D-Wert	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	15	16	17	18	19	20
Reihe Ausgabe	0,73333	0,733	0,967	0,967	0,967	1,567	1,567	1,567	2,25	2,25	3	4,7	7,1	11,9	0,733	0,733	0,733	0,733	0,517	0,517

Nun muss nur mehr die zugehörige Niederschlagshöhe aus der ursprünglichen Tabelle mittels einer Index-Funktion abgerufen werden (unterste Zeile Tabelle 5-14). Der Abruf geschieht aus Tabelle 5-12.

Die Funktion lautet:

$$„=INDEX(Tabelle wie Tabelle 5-12 ;3; automatisch angeordneter D-Wert)“$$

Dieses Konstrukt aus hintereinander geschalteten Tabellen gewährleistet bei jeder Veränderung von Jährlichkeit und Dauerstufe die automatische Berechnung und Zusammenstellung des jeweiligen Typ II – Euler Modellregens. Dies ist bei der Erstellung entsprechender Modellregen für die Kalibrierungsszenarien eine große Erleichterung. Der Aufwand für die Erstellung der Kalkulation ist zwar nicht unwesentlich, die Aufwands- bzw. Zeitersparnis danach jedoch ein Bruchteil und rechnet sich besonders bald bei der Erstellung vieler Modellregen.

5.2.4.4 Zuteilung der Flächen auf Systemknoten (Schächte)

Wie bereits erwähnt, fehlt bei der Kombination von SWMM mit Giswater und einer GIS-Software eine automatisierte Zuordnung der Teilflächen auf die Systemknoten, welche in der Regel die Schächte des Kanals sind. Lediglich bei besonders großen Schachtabständen ist das Einführen künstlicher, virtueller Systemknoten von Nöten, um Flächen dem System zuteilen zu können.

Eine „(teil-)automatisierte“ Zuordnung kann unter der Annahme erfolgen, dass der geografisch-nächst-gelegene Knoten einer Fläche jener Knoten ist, welcher die Abflüsse der Fläche aufnimmt. Dies mag in der Realität nicht immer stimmen, kann aber zur Vereinfachung ohne große Ergebnisverfälschung so angenommen werden. Allgemein sollte diese Annahme für jede Fläche geprüft werden, da es in Sonderfällen sein kann, dass der entstehende Fehler einer solchen fälschlichen Annahme doch groß bzw. erheblich ist. Dies kann besonders der Fall bei Siedlungen in Hanglagen oder bei fast gleich weit entfernten Strängen der Fall sein.

Diese Prüfung für jede Fläche vorzunehmen scheint auf den ersten Blick eine Menge Aufwand zu bedeuten, doch in Wirklichkeit kann diese Überprüfung bei richtiger Visualisierung der Flächenzuteilung auf die Systemknoten optisch sehr schnell und effizient durchgeführt werden.

Ziel ist es also, eine Möglichkeit zu finden, dass in der Flächendatenbank jede Einzelfläche einen Attributeintrag erhält, welcher den Primärschlüssel des geografisch-nächst-gelegene Knotens enthält. Anschließend soll unter optimierten Bedingungen eine effiziente Überprüfung der automatisiert-erfolgten Zuteilung möglich sein.

5.2.4.4.1 Vorgangsweise zur automatisierten Zuteilung von Flächen auf Systemknoten

Die erarbeitete Vorgangsweise ist in Einzelschritte aufgeteilt wie folgt:

1. Erstellung einer Punkt-shp-Datei mit generierten Flächenschwerpunkten je Fläche
2. Erstellung einer „Distanzmatrix“ mit der Angabe des „Zielknotens“ je Fläche
3. Verknüpfung/Einbindung der Distanzmatrix in die Flächendatenbank in Attribut „node_id“
4. Optimale Darstellung des gewonnenen Flächen-Knoten-Zusammenhangs als Vorbereitung für die Visuelle Überprüfung
5. Visuelle Überprüfung und manuelles Nachbessern

Sie werden nachfolgend erläutert.

1. Erstellung einer Punkt-shp-Datei mit generierten Flächenschwerpunkten je Fläche

Da die QGis-Funktion „Distanzmatrix“ nur zwischen zwei Point-shp-Dateien ausgeführt werden kann, muss aus den Flächendaten in einem ersten Schritt eine Point-Format-Relation erstellt werden. Diese muss grundsätzlich keine Attribute außer den Primärschlüssel enthalten – wichtig ist nur die geografische Lage und die eindeutige Zuordenbarkeit.

Dazu müssen zuerst, falls noch nicht vereint, alle Flächen in einer einzigen Relation (shape-Datei) zusammengefasst werden.

Danach kann in QGis unter der Registerkarte „Vektor“ und „Geometriewerkzeuge“ die Funktion „Polygonschwerpunkte“ aufgerufen werden (Abb. 5-21):

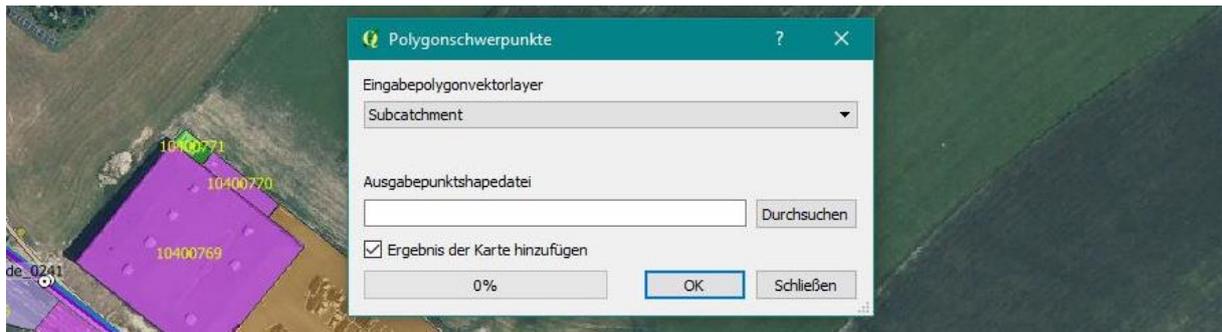


Abb. 5-21: Funktionsoberfläche „Polygonschwerpunkte“, eigene Darstellung

Im Feld „Eingabepolygonvektorlayer“ der Anwendung wird der entsprechende Flächenlayer eingegeben. Unter „Ausgabepunktshapelayer“ wird die Bezeichnung und der Ort des neuen Layers angegeben, welcher die generierten Flächenschwerpunkte enthält. Dieser Layer wird bei Belassen des Häkchens bei „Ergebnis der Karte hinzufügen“ sofort nach Ausführen der Funktion angezeigt, wie in Abb. 5-22: jedes einzelne Polygon (blau) erhält in dessen Flächenschwerpunkt einen Punkt (gelb).

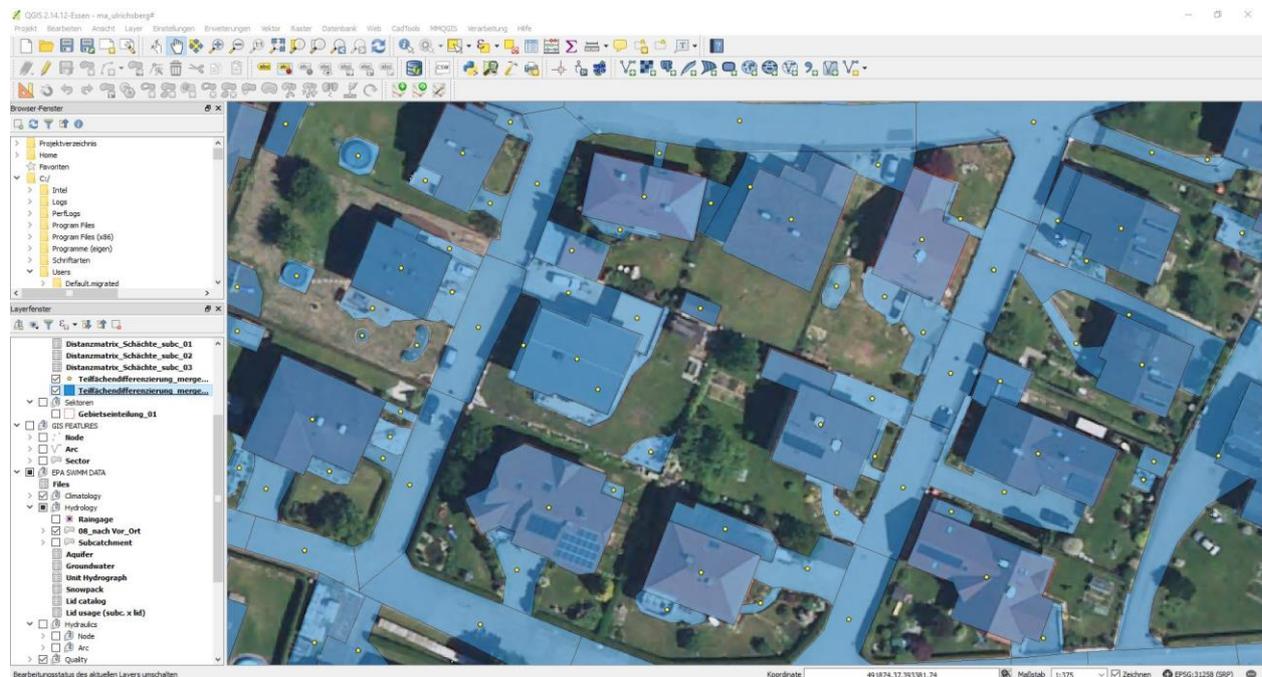


Abb. 5-22: Ergebnis der „Polygonschwerpunkte“-Funktion, eigene Darstellung

2. Erstellung einer „Distanzmatrix“ mit der Angabe des „Zielknotens“ je Fläche

Die gewonnen Punktshapedatei wird nachfolgend unter „Vektor“ – „Analysewerkzeuge“ – „Distanzmatrix“ im Feld „Eingabepunktlayer“ ausgewählt und der Primärschlüssel als „Eindeutiges Schlüsselfeld der Eingabe“ gewählt (Abb. 5-23). Als Zielpunktlayer muss der Layer mit den Schachtdaten gewählt und dessen Primärschlüssel als Schlüsselfeld ausgewählt werden.

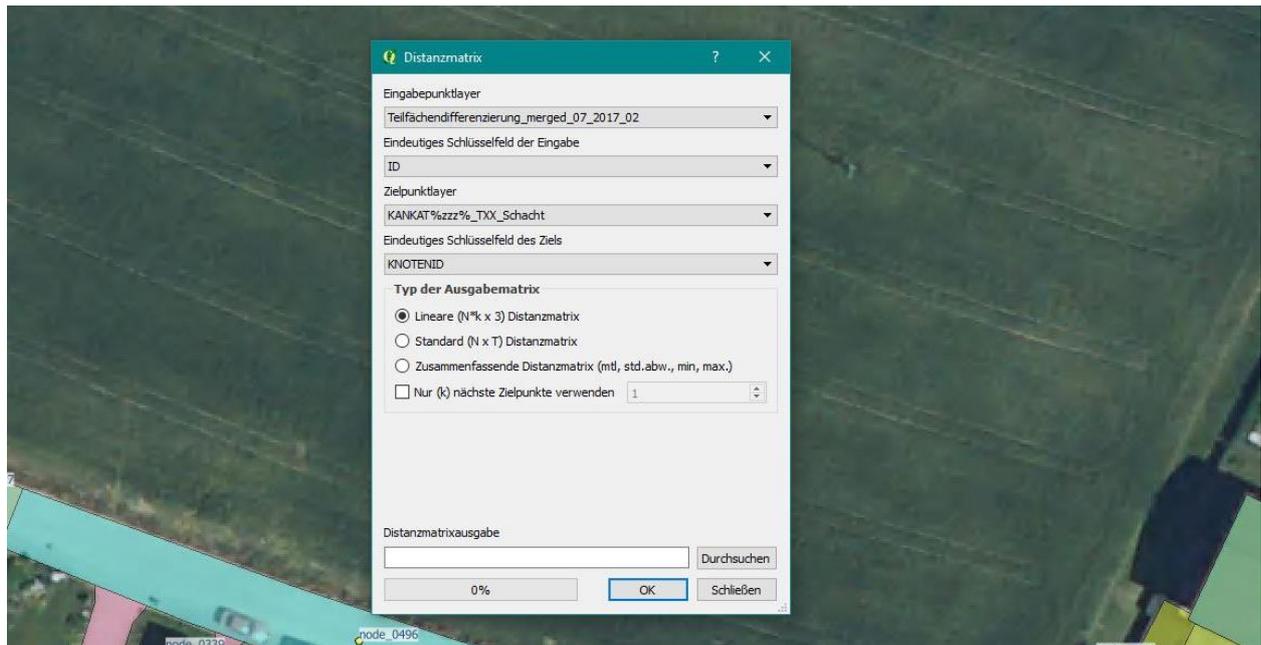


Abb. 5-23: Funktionsoberfläche „Distanzmatrix“, eigene Darstellung

Schließlich muss noch vor dem Ausführen das Häkchen bei „nur (k) nächste Zielpunkte verwenden: 1“ gesetzt, sowie Pfad und Dateiname der Ergebnisdatei gewählt werden. Das Dateiformat ist .csv (comma-separated values) – eine simple Textdatei ohne Geometrien.

Eine solche Ergebnisdatei kann wie folgt aussehen (Abb. 5-24):

	InputID	TargetID	Distance
0	10100001	node_0224	45.086665602
1	10100002	node_0224	47.7789331769
2	10100003	node_0224	26.3370173199
3	10100004	node_0224	37.981831274
4	10100005	node_0224	43.0619756374
5	10100006	node_0224	38.9396360845
6	10100007	node_0224	17.3442048195
7	10100008	node_0890	27.9327519835
	10100010	node_0890	13.0740439423

Abb. 5-24: Ergebnis einer Distanzmatrix, eigene Darstellung

Nun liegt in tabellarischer Form die Information vor, welcher Knoten der jeweils nächste für jede einzelne Teileinzugsfläche ist. Im nächsten Schritt gilt es diese Erkenntnisse aus der csv-Datei in die Flächendatenbank einzubinden.

3. Verknüpfung/Einbindung der Distanzmatrix in die Flächendatenbank in Attribut „node_id“

Die Flächenrelation soll hierfür ein Zielattribut vorbereitet haben, welches in der Regel als „node_id“ benannt sein sollte, da so die Modellierungssoftware SWMM die Information der Flächenzuweisung richtig erkennt.

Nun muss die in der csv-Datei gespeicherte Beziehung zwischen Teilflächen-Primärschlüssel und dazugehörigen Knoten-Primärschlüssel (des Anschlussknotens) zu dem eben genannten Attribut eines jeden einzelnen Flächentupels verlinkt werden:

Dafür wird der Layer mit den Flächendaten ausgewählt und dessen „Eigenschaften“ aufgerufen. Unter dem Reiter „Verknüpfungen“ bzw. „Joins“ muss nun eine neue Verknüpfung mittels „+ -Button“ angelegt werden (Abb. 5-25):

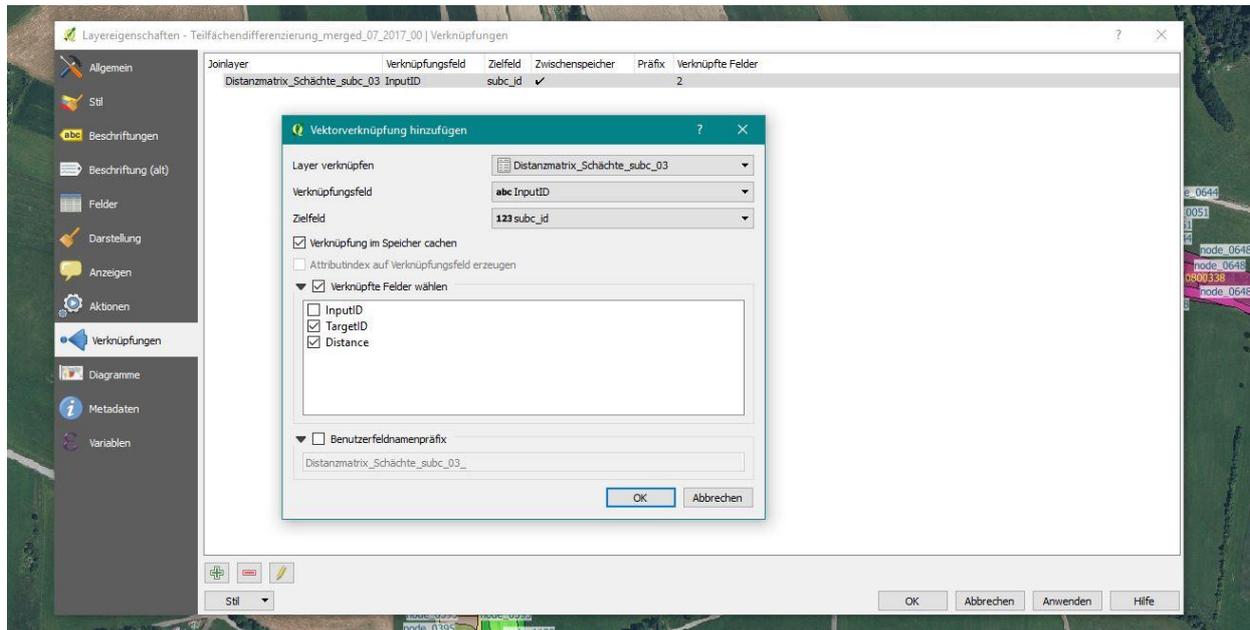


Abb. 5-25: Erstellen einer Verknüpfung, eigene Darstellung

Im Feld „Layer verknüpfen“ ist der abzurufende Layer einzugeben – hier muss die eben erstellte Distanzmatrix eingegeben werden. Unter „Verknüpfungsfeld“ wird das Attribut der Distanzmatrix ausgewählt, welches zum Abgleich mit den Tupel der Flächen-Relation dienen soll – also muss das Primärschlüsselattribut der Polygonschwerpunkte angegeben werden. Unter „Zielfeld“ wird das Primärschlüssel-Attribut des Flächen-Layers eingegeben, welches zum Vergleich mit dem abzurufenden Layer herangezogen wird.

Weiter unten wird dann nur noch ausgewählt, welche Felder des verknüpften Layers an die Flächen-Relation angehängt werden sollen – hier muss jedenfalls der Primärschlüssel des Zielknotens markiert sein.

Das Ergebnis ist das angehängte Attribut in der Relation mit der Wiedergabe der ID des Zielknotens einer jeden einzelnen Teilfläche. Nun fehlt noch, diese Information in das richtige Attribut überzuführen, was bei ausgewählten Flächenlayer ganz leicht im Feldrechner durchgeführt werden kann, indem für das gewünschte Attribut mit einer „= - Funktion“ einfach das eben hinzugefügte Attribut verwiesen wird (Abb. 5-26).

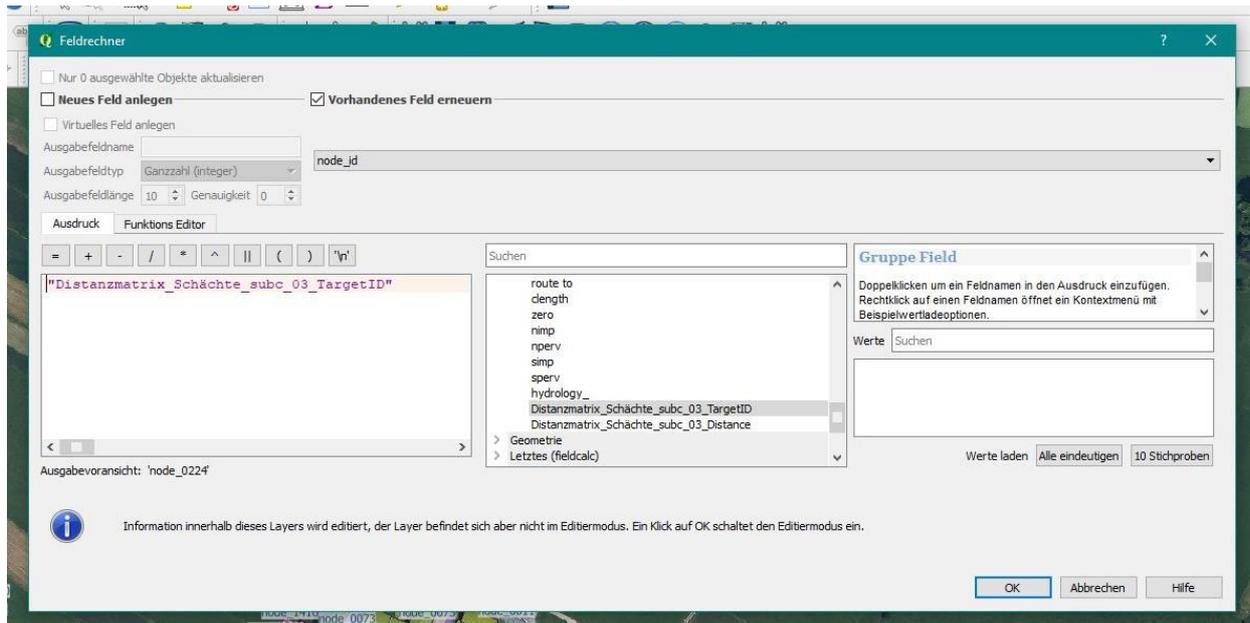


Abb. 5-26: Überführen der Anschlussinformation in das richtige Attribut, eigene Darstellung

Dazu muss im Feldrechner die Funktion „Vorhandenes Feld erneuern“ markiert sein und das Attribut „node_id“ ausgewählt sein. Dann in der Auswahlliste in der Kategorie „Felder und Werte“ das hinzugefügte Attribut auswählen und bestätigen. –Fertig ist die Flächenzuteilung!

4. Optimale Darstellung des gewonnenen Flächen-Knoten-Zusammenhangs als Vorbereitung für die visuelle Überprüfung

Um die Überprüfung der Richtigkeit der Flächenzuteilung an den nächstgelegenen Schacht effizient vornehmen zu können, bieten sich die umfangreichen Darstellungsmöglichkeiten moderner Gis-Software an.

Zur visuellen Überprüfung sind so folgende, optische Darstellungen besonders interessant:

- Farblich gemeinsame Darstellung von Flächen, die an denselben Knoten/Schacht angeschlossen sind
- Beschriftung der Teilflächen mit der ID des angeschlossenen Knotens/Schachtes
- Symbolisierte Verbindung zwischen Polygonschwerpunkt und Knoten/Schacht

Die ersten beiden Punkte können einfach im GIS bewerkstelligt werden. Der letzte Punkt der obigen Auflistung wird automatisiert nach erfolgreichem Import (erst später im Prozessablauf) von Flächen und Knoten in die Modellierungssoftware angezeigt.

Um die Teilflächen nach zugeteiltem Knoten differenziert einzufärben einfach die Eigenschaften des Layers aufrufen, „Stil“ wählen und ganz oben in der Liste „Kategorisiert“ auswählen. Als Spalte das für die Kategorisierung gewünschte Attribut markieren – in diesem Fall wieder „node_id“ und anschließend unter dem Feld auf die Schaltfläche „Klassifizieren“ gehen – und mittels „OK“ die Eingabe bestätigen.

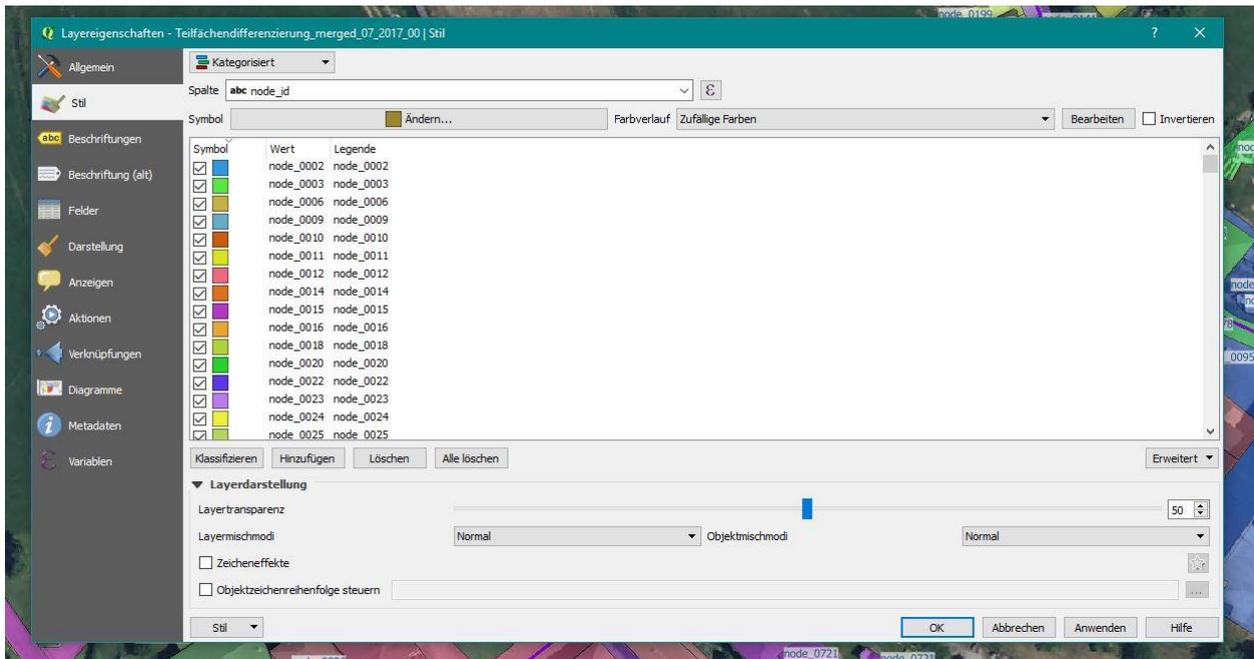


Abb. 5-27: Kategorisiertes Einfärben nach gewünschtem Attribut, eigene Darstellung

Die Beschriftung der Fläche mit dem zugeteilten Knoten gestaltet sich ähnlich einfach – unter „Eigenschaften“ – „Beschriftungen“ im Feld „Beschriften mit“ den Layer auswählen (node_id).

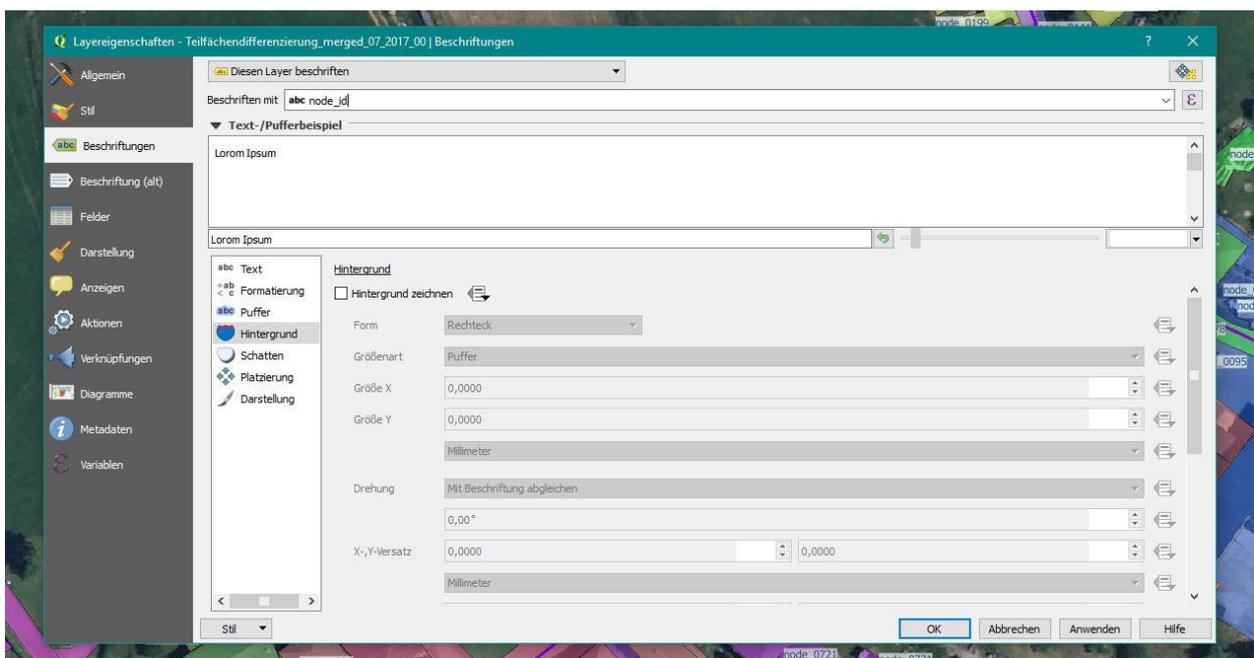


Abb. 5-28: Beschriftung von Layer-Elementen mit gewünschtem Attribut, eigene Darstellung

Das daraus erhaltene Ergebnis zeigt gut und übersichtlich gleich-verwiesene Flächen auf und der jeweilige Anschlussknoten/Schacht kann direkt in der Fläche abgelesen werden (Abb. 5-29). Dies zeigt gut die örtliche Verteilung der Systemknoten und kann bei unzureichender Auflösung Anlass zum Einführen von virtuellen Systemknoten führen.

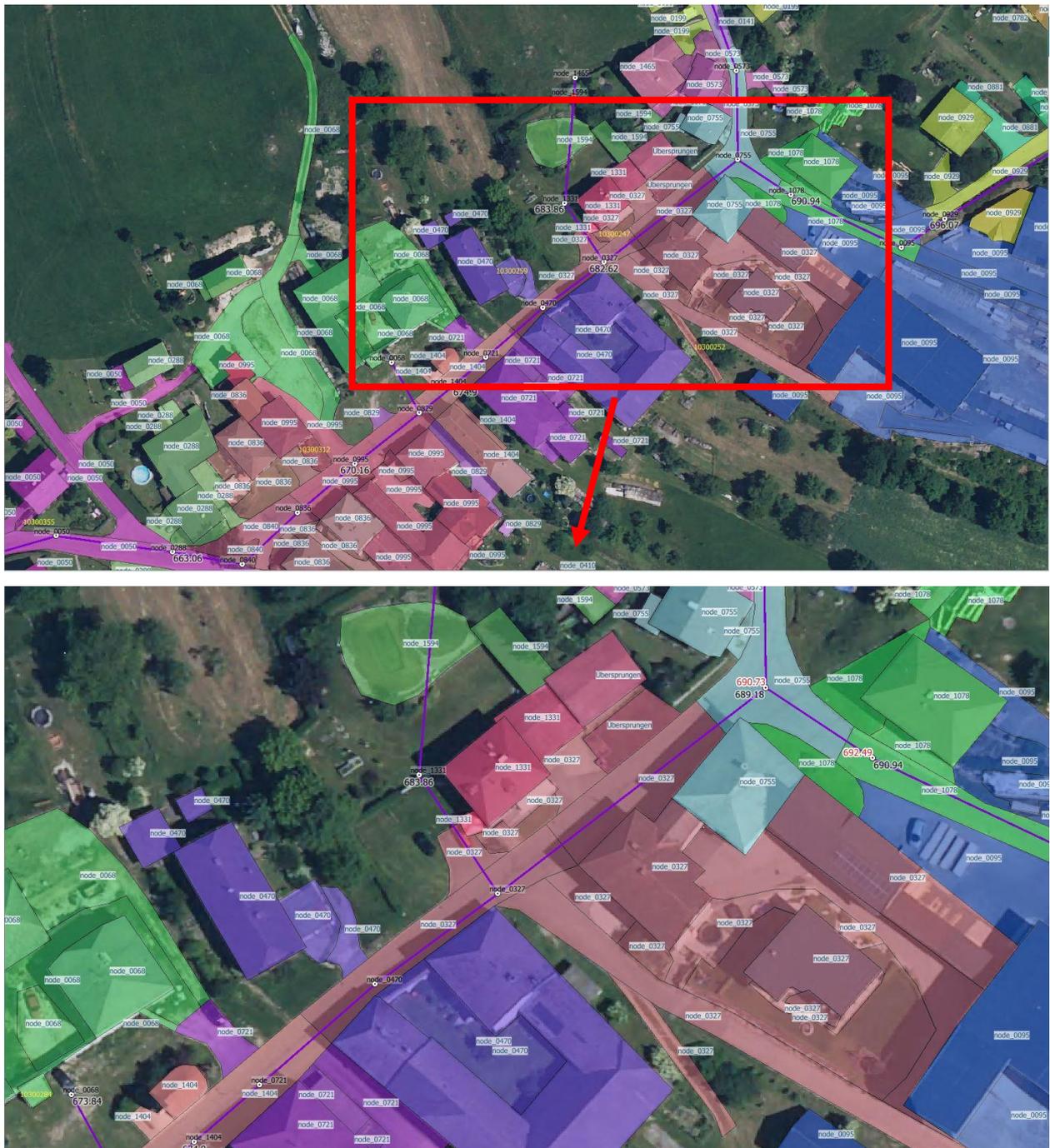


Abb. 5-29: Darstellung gleich an Knoten verwiesener Flächen in QGis - Detail, eigene Darstellung
Weitere Feinheiten und Differenzierungen für die Darstellung sind denkbar.

Ein Vorteil dieser Darstellungen ist darüber hinaus, dass Änderungen bei der nachfolgenden Überprüfung sofort neu visualisiert werden – was die Nachvollziehbarkeit unmittelbar unterstützt und das Arbeiten erleichtert.

Nach dem Import der Flächen- und Leitungsdaten in SWMM zeigen sich die Flächenzuteilungen automatisiert (Abb. 5-30) und können spätestens hier ebenfalls auf Richtigkeit überprüft werden. Nach Korrekturen müssen die aktualisierten Flächendaten klarerweise erneut in die Modellierungssoftware importiert werden. Abb. 5-30 zeigt den gleichen Ausschnitt wie Abb. 5-29. Die dunklen Quadrate stellen ebenfalls Polygonschwerpunkte dar und die davon ausgehenden, strichlierten Linien visualisieren den Anschluss-Knoten.



Abb. 5-30: Darstellung gleich an Knoten verwiesener Flächen in SWMM - Detail, eigene Darstellung

5. Visuelle Überprüfung und manuelles Nachbessern

Mittels obiger Visualisierungen braucht schlussendlich nur mehr geprüft werden, ob der geografisch-nächste Knoten/Schacht auch gleichzeitig der reale Anschlusschacht/Anschlusspunkt ist. Wie bereits angeführt, ist dies am ehesten nicht der Fall bei Siedlungen in Hanglagen oder bei fast gleich weit entfernten Strängen.

Deswegen bietet es sich an, das betreffende Siedlungsgebiet strangweise abzuprüfen, um die Zuteilung der Flächen an die Stränge strukturierter abschätzen zu können. Dabei sind übliche Gesetzmäßigkeiten zur Orientierung hilfreich:

- In Hanglagen entwässern Flächen in der Regel in Richtung des Gefälles und somit in den nächst-tiefergelegenen Schacht/Knoten – gegen die Hangneigung können Flächenanschlüsse im Untergrund nur über eine kurze Distanz (wenige Meter) hergestellt werden, mit der Hangrichtung daher wahrscheinlicher
- Grundsätzlich entwässern Flächen auf kürzestem Weg und in Richtung des Auslasses (Abwasserreinigungsanlage) ohne große Umwege, welche aber aufgrund verschiedener, meist nicht aus Orthofotoaufnahmen erkenntlichen Umständen vorkommen können

Offensichtliche Falsch-Zuweisungen können sogleich im Attribut „node_id“ manuell ausgebessert werden. Diese Korrekturen sollten dokumentiert oder in einem eigenen Attribut vorgenommen und danach auf das Attribut „node_id“ übertragen werden, da eine etwaige, neuerliche Zuweisung mit Daten aus der Distanzmatrix alle Korrekturen überschreiben würde. Somit wären die getätigten Korrekturen verloren und nicht mehr reproduzierbar – was verhindert werden sollte.

6. Interpretation

Die gewonnenen Erkenntnisse zeigen, dass hydrodynamische Niederschlag-Abfluss-Modellierung von Siedlungsentwässerungen eine Thematik ist, die in der Ingenieurpraxis zwar weit verbreitet ist, die allgemeine und unterstützende Literatur jedoch sehr rar gesät ist. Für die teilautomatisierte Modellerstellung waren die Software-Anwendungen bisher praktisch ausschließlich von lizenzpflichtigen Anbietern zu erhalten, was sich in jüngster Zeit verändert hat. Nunmehr steht auch frei verfügbare Software zur Anwendung bereit, mit der es möglich ist, Datenbanken von Leitungs- und Flächendaten in hoher Auflösung in GIS-Systemen mit einer gängigen Modell- und Simulationssoftware zu verknüpfen. Diese „Kombinations-Lösung“ leistet gute Dienste, hinsichtlich Benutzerfreundlichkeit und Anwendungshilfen gibt es jedoch noch Raum für Verbesserungen.

Es wird angenommen, dass die freie Software zur teilautomatisierten Modellerstellung weiter verbessert wird und generell an Bedeutung gewinnt. Besonders die GIS-Komptabilität mit eigenständigen GIS-Programmen hat sich als praxistauglich erwiesen und bietet ein breites Spektrum an Werkzeugen zur Analyse, Bearbeitung, Aufbereitung und Verwaltung von allen raumbezogenen Daten. Das ebenfalls frei verfügbare Programm „QGis“ zeigt vor, dass Kostenfreiheit und Qualität einer Software nicht im Widerspruch stehen müssen. Im Gegenteil, durch die GNU – General Public License – und die Möglichkeit, selbst an der Entwicklung dieser Programme mitzuwirken, entstehen innovative und interessante Anwendungsmöglichkeiten. So entstehen zahlreiche Erweiterungs-Applikationen, welche die Möglichkeiten der Anwendbarkeit dieser Programme stetig erweitern.

Diese Kombinationsfähigkeit der Softwarelösung mittels QGis, Giswater und SWMM ermöglicht das Verwenden einer teilflächendifferenzierten, hohen, räumlichen Auflösung der Flächendaten, welche für eine hochauflösende Simulation der Abflussentstehung wichtig ist. Die GIS-Software bietet hierzu das nötige Werkzeug, diese Daten effizient zu erheben, zu bearbeiten und für die Modellierung vorzubereiten. Der Umgang mit diesem hohen Grad der Flächenabstraktion und dessen Einbindung und Berücksichtigung im Modell ist bisher wenig dokumentiert, beziehungsweise wissenschaftlich behandelt worden. Daher gilt es, hier Erfahrungen zu teilen und zu verbreiten, um Expertise auf diesem Gebiet einer größeren Menge an Anwendern zugänglich zu machen und zur Diskussion zu stellen.

Besonders die Feststellung, welche der erhobenen, un- bzw. teildurchlässigen (befestigten) Flächen an das Entwässerungssystem angeschlossen sind, ist für die Abflussergebnisse des Modells von großer Bedeutung. Dieser großen Bedeutung wurde in bisheriger Literatur unzureichend Rechnung getragen. Im Leitfaden DATMOD (MUSCHALLA et al., herausgegeben vom BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT, 2015) wird für den Fall der Unkenntnis der tatsächlich angeschlossenen Flächen lediglich eine Annahme angeführt, welche aus Sicht der in dieser Arbeit gewonnenen Erkenntnisse deutlich zu unpräzise ist. Hier wurde erkannt, dass eine genauere Differenzierung der räumlichen Gegebenheiten der Entwässerungsgebiete eine wesentliche Verbesserung der Abschätzung der angeschlossenen Flächen ermöglichen würde, was sich bedeutend auf die daraus resultierenden Abflüsse auswirkt. In obig angeführtem Leitfaden DATMOD wird zwar auf die großen Unterschiede der örtlichen Gegebenheiten und die dadurch möglichen Fehler hingewiesen, jedoch keine konkreten Strategien zur besseren Beurteilung der räumlichen Gegebenheiten gegeben.

Kapitel 5.2.3.2 dieser Arbeit stellt hier Ansätze dar, welche dieser Problematik entgegenwirken sollen. Sie stellen einen ersten Versuch zur Verbesserung der Annahme des angeschlossenen Flächenanteils dar – welcher sicherlich weiter verbessert werden und ausgebaut werden kann. Auch andere Ansätze sind denkbar, jedenfalls gilt es dem Anteil angeschlossener Flächen mehr Beachtung zu schenken, vor allem in ländlicheren Siedlungsgebieten und bei Verkehrsflächen außerhalb von Siedlungskernen.

Ähnlich ist es mit einem Schema, welches den Ablauf der wesentlichen Elemente des Datenmanagements und der Modellierung im Rahmen von teilautomatisierten Modellerstellungen für N-A-Simulationen darstellt. Ein umfassendes Ablaufschema konnte in keiner Literatur gefunden werden, weshalb im Rahmen dieser Arbeit ein Solches erarbeitet wurde. Dieses kann Neueinsteigern dabei helfen, den Überblick zu bewahren und Prozessschritte systematisch und strukturiert „anzugehen“.

Das Fehlen eines solchen Schemas machte sich bei der Modellerstellung dieser Masterarbeit in der Form bemerkbar, dass es schwer war, die notwendigen Arbeitsschritte zu erkennen und einen Überblick über Selbige zu behalten. Hinzu kommt die Notwendigkeit einer strukturierten Abfolge, da manche Schritte parallel geschehen können, Andere aber nur aufbauend auf einem oder mehreren, vorhergehenden Schritten. Dies ohne Hilfe zu erkennen, bedarf Einiges an Aufwand und Versuchen.

Das Schema hilft nicht nur den Ablauf verständlicher zu machen, sondern auch aufzuzeigen, an welchen Stellen für Verbesserungen angesetzt werden muss, wenn die erzielten Ergebnisse nicht erreicht oder ungenügend erreicht werden. Diese „Loops“ machen auf einfache Weise deutlich, wo die Ursachen von Fehlern behoben werden können.

Ein solches Ablaufschema kann also als „Roter Faden“ während der gesamten Arbeiten an einer Modellierungsaufgabe dienen, vom Ausgangspunkt bis zum Ergebnis – einem kalibrierten Modell.

Die auf dem Weg dorthin notwendigen Schritte des Datenmanagements sind in vorhandener Literatur meist allgemein gut beschrieben, konkrete Details zur Ausführung von Datenerhebungen, -prüfungen und -aufbereitungen in Hinsicht der Anforderungen für hydrodynamische Kanalsystemmodellierungen jedoch rar. Kapitel 5.2.4 und 5.2.4.2 widmen sich diesen Dokumentationslücken.

Die dort konkret gezeigten Prüfungen und Erläuterungen zur Aufbereitung von Daten können als Hilfen bzw. Anleitungen genutzt werden. Sie sollen die Arbeit für andere Anwender erleichtern und anfängliche Hürden beseitigen.

7. Schlussfolgerungen und Ausblick

Die Zielsetzung dieser Masterarbeit war darauf ausgelegt, den Prozess der teilautomatisierten Modellerstellung darzustellen und dessen kritische Bereiche zu beleuchten.

Da dieser Themenbereich noch jung ist, sind sehr viele praktische Erfahrungen noch nicht dokumentiert, was die Hürde für die Anwendung erhöht. Um die Liste an Dokumentationen zu verlängern, wurden daher die bei der Modellerstellung eines Projektbeispiels gewonnenen Erfahrungen dargestellt, kritisch beleuchtet und Maßnahmen sowie Konzepte entwickelt, um schwierige Bereiche des Prozesses besser lösen zu können.

Die Darstellung eines strukturierten Ablaufschemas des Prozesses kann als Leitfaden und Organisationshilfe bei der praktischen Durchführung solcher Arbeiten dienen.

Gleichzeitig bleiben aber noch viele Bereiche der Thematik unbetrachtet, was weiteren Raum für wissenschaftliche Arbeiten lässt.

Besonders hinsichtlich des Umganges mit der Unsicherheit an- bzw. nicht angeschlossener Flächen gilt es aus heutiger Sicht nachschärfen zu müssen, besonders dann, wenn Abflussvorgänge an bestimmten Stellen des Systems detailliert betrachtet und analysiert werden wollen. Dies ist auch dann notwendig, wenn das Modell für die Auslegung und Planung von neuen Entwässerungseinrichtungen dienen soll. Dezentrale Retentions- und Versickerungsanlagen können besser auf die zentrale Siedlungsentwässerung abgestimmt werden, wenn die dortigen Abflussverhältnisse detailliert bekannt sind. Selbiges gilt für Überlegungen von Entflechtungen von Kanalabschnitten. Die richtige Auslegung von Kanalnetzsteuerungen hängt in hohem Maße von dem Wissen um die Dynamik des Abflusses im jeweiligen Kanalsystem ab.

Die hier gewonnenen Erkenntnisse und beleuchteten Problembereiche stellen nur einen Auszug des breiten Spektrums der hydrodynamischen Modellierungen von Kanalsystemen dar. Daher gilt es weitere Anwendungen zu dokumentieren, Ungenauigkeiten zu hinterfragen, Untersuchungen anzustellen und Erfahrungen zu teilen. Weitere Niederschlag-Abfluss-Modellierungen mit Flächendaten auf teilflächendifferenzierter Ebene werden weitere Verbesserungsmöglichkeiten des Prozessablaufes bzw. des Datenmanagements aufzeigen.

Das Resümee der gewonnenen Erkenntnisse ist somit, dass die wachsende Verfügbarkeit von umfangreichen Datenbeständen, zusammen mit technischen Entwicklungen der Geoinformationstechnik und der Datenverarbeitung, seit kurzem die Möglichkeit bieten, hohe Datenaufösungen mit detailgetreuen Berechnungen für die Zwecke der Siedlungsentwässerung zu kombinieren. Während die dafür notwendige Technik stetig verbessert wird, gilt es nun, das Management der Daten, den Umgang mit der zur Verfügung stehenden Software und die Berücksichtigung der tatsächlichen Verhältnisse vor Ort zu lernen, zu optimieren und so effizient wie möglich umzusetzen.

Standardisierungen und Vereinheitlichungen könnten den Aufwand der Datenaufbereitung immens schmälern, weshalb die Entwicklung und das weitere Vorantreiben von Datenschnittstellen forciert werden soll. Gelingt dies, könnten in Zukunft hydrodynamische Modelle „fast per Knopfdruck“ erstellt werden. Der derzeitige hohe Aufwand einer solchen Modellerstellung kann somit weitgehend auf fehlende Einheitlichkeit, fehlerhafte Datenbestände und unzureichende Erfahrung auf dem Gebiet, zurückgeführt werden.

Schließlich kann resümiert werden, dass teilautomatisierte N-A-Modell-Erstellungen mit Flächen auf höchstem Abstraktionsgrad durchaus praktikabel durchgeführt werden können.

8. Zusammenfassung

Die Siedlungsentwässerung ist einem stetigen Wandel unterworfen. Viele historisch gewachsene Kanalisationsanlagen müssen daher saniert, erweitert, neu dimensioniert oder umstrukturiert werden. Dies erfordert genaue und umfassende Planung, welche auf Grundlage der hydraulischen und baulichen Zustände der Kanäle durchgeführt werden soll.

Für die hydraulische Zustandsbewertung stehen neben der notwendigen Software zur Modellierung nun auch vermehrt Kanalinformationssysteme (KIS) zur Verfügung, welche die erforderlichen, leitungsbezogenen Daten bereitstellen. Diese, zusammen mit via GIS-Software erhobenen Teilflächendaten, können bei ausreichender Qualität und gegebener Vollständigkeit effizient und „teilautomatisiert“ in ein numerisches Modell überführt werden.

Jüngste Softwareentwicklungen zeigen, dass es keine große Herausforderung ist, aufbereitete Daten „teilautomatisiert“ in Modellierungsprogramme überzuführen. Hier stehen nun neben zahlreichen kommerziellen Produkten auch erste lizenzfreie Software-Anwendungen zur Bewältigung dieser Aufgabe zur Verfügung. Eine Recherche der zur Verfügung stehenden Programme und Auswahl nach definierten Kriterien zeigt, mit welchen Werkzeugen Modellierungsaufgaben von Siedlungsentwässerungen bearbeitet werden können.

Dazu wird eine Reihe von Daten benötigt. Neben Daten des Leitungsnetzes, der Hydrologie und Daten für die Kalibrierung eines Modells sind Flächendaten und deren Auflösungsgrad sehr wesentlich für die zu gewinnenden Ergebnisse. Die nach heutigem Stand höchstmögliche Auflösung der Flächendaten für hydrodynamische Modellierungen ist die Teilflächendifferenzierung. Nach einer mittels GIS-Software durchgeführten Erhebung auf diesem Abstraktionsgrad kann behauptet werden, dass die Flächendigitalisierung ohne größere Schwierigkeiten vorgenommen werden kann.

Wesentlich schwieriger gestaltet sich die Erhebung des Anteils dieser erhobenen Flächen, welcher auch tatsächlich an das Entwässerungssystem angeschlossen ist. Hierzu wurde auf Grundlage einer praktischen Vor-Ort-Erhebung eine mögliche Strategie erarbeitet, wie die bestehende Unsicherheit besser minimiert werden kann.

Besonders betreffend die leitungsbezogenen Daten kann behauptet werden, dass diese in der Regel nicht vollständig und fehlerfrei erhoben bzw. übergeben werden. Daten müssen daher nach der Erhebung bzw. Sammlung überprüft und nach notwendigen Korrekturen für die Modellierung aufbereitet werden. Die Modellsoftware benötigt die Daten nach bestimmten Vorgaben betreffend Form, Einheit und Größenordnung, auf welche die erhobenen Daten angepasst – also aufbereitet werden müssen.

Da kleinste Abweichungen von diesen Anforderungen der Modellierungssoftware zu Fehlern oder unbrauchbaren Ergebnissen führen, muss die Prüfung der Eingangsdaten sehr umfangreich sein und auch nicht offensichtliche Fehler erkennen. Dazu wurde eine Kategorisierung der möglichen Fehler vorgenommen, deren Ursachen erörtert und Wege gezeigt, wie diese erkannt und beseitigt werden können.

Manche Hürden sind jedoch weniger konkreter, sondern mehr allgemeiner Natur. Sie wirken sich meist grundlegend auf ganze Abschnitte des Prozesses aus und sind in der Regel schon vor Beginn der Arbeiten absehbar – weshalb diese „suboptimalen Voraussetzungen“ nicht unterschätzt werden sollten. Aus diesem Grund wurde eine Auflistung und Beschreibung solcher allgemeinen Erschwernisse vorgenommen, um auf deren Bedeutsamkeit hinzuweisen.

Ebenfalls grundlegend ist es, die Prozessschritte einer teilautomatisierten Modellerstellung strukturiert anzugehen und den Überblick zu bewahren. Aufgrund der Vielfältigkeit der Daten und den zahlreichen Prozessschritten ist es leicht möglich, falsch oder in falscher Reihenfolge vorzugehen, wobei man schnell und unbemerkt in deutlichen Mehraufwand geraten kann. Dies zu verhindern, war die Motivation zur Erstellung eines Ablaufschemas, welches die Prozessschritte richtig angeordnet abbildet und deren Zusammenhänge und Interaktionen offenbart. Auf wesentliche Elemente des Datenmanagements wurde dabei besonders geachtet und Rechnung getragen. Das gewonnene Schema kann als „roter Faden“ einer Modellierungsaufgabe dienen und dabei helfen, Schritte geordnet und effizient abzuarbeiten.

Abschließend kann in wenigen Worten zusammengefasst werden:

„Die Technik zur Modellierung und dessen notwendigen Datenmanagements steht zur Verfügung, es muss nur noch gelernt werden, richtig und effizient mit ihr umzugehen, um das gesamte Potenzial wachsender Datenverfügbarkeit und steigender Rechenleistung für Zwecke der Siedlungswasserwirtschaft nützen zu können.“

9. Literaturverzeichnis

BIZER (2007): Datenbanken und Datenmodellierung, Wirtschaftsinformatik für Wirtschaftswissenschaftler, Veranstaltung Pr.-Nr.: 10 1023 V, Wintersemester 2007/2008, Online im Internet: URL: datenbanken-und-datenmodellierung-wiwi-wiss-fu-berlin.pdf und http://www.wiwi-wiss.fu-berlin.de/fachbereich/bwl/pwo/suhl/lehre/veranstaltungen_aktuell/2007-08-WS_Wirtschaftsinformatik/WI05-Datenbanken-WS0708-Teil2.pdf, Abruf am 04.07.2018

BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT (2016): Spezialthemen der Förderung in der kommunalen Siedlungswasserwirtschaft gemäß FRL 2016 Version 1/2016. Hrsg.: BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT Stubenring 1, 1010 Wien

BRABENDER (2007): Datenbanken und Datenbankmanagementsysteme, Hochschule Bochum, Online im Internet: URL: http://www.hochschule-bochum.de/fileadmin/media/fb_e/labore/aid-lab/brabender/edd/Vorlesung_Datenbanken.pdf Abruf am 03.07.2018]

DATMOD (2015): MUSCHALLA, D., SULZBACHER, R., LEIMGRUBER, J., MAIER, R., ERTL, T., NEUNTEUFEL, R., KRETSCHMER, F., KLEIDORFER, M., TSCHAIKNER-GRATL, F., (2015). Auf effizientem Wege von den Daten zum Modell (DATMOD), Hrsg.: BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT Stubenring 1, 1010 Wien

DEISTER et. al (2016): DEISTER L., BRENNE F., STOKMAN A., HENRICH M., JESKULKE M., HOPPE H., UHL M.: Wassersensible Stadt- und Freiraumplanung, Handlungsstrategien und Maßnahmenkonzepte zur Anpassung an Klimatrends und Extremwetter, SAMUWA - Publikation, Dezember 2016, Universität Stuttgart

DWA-A 118 (2006): Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen (März 2006); Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall, Hennef

HÖTTGES (2017): QKan - Kanalkataster mit QGIS". FOSSGIS 2017, Passau, Online im Internet: URL: <https://doi.org/10.5446/30533>, Abruf am 10.6.2018

HSGSIM (2008): „Integrierte Modellierung von Kanalnetz, Kläranlage und Gewässer.“ HSG-Leitfaden der Arbeitsgruppe Integrierte Modellierung. 1. Auflage 2008. Hrsg.: Hochschulgruppe „Erfahrungsaustausch Dynamische Simulation in der Siedlungswasserwirtschaft“ (HSGSim). Arbeitsgruppe Integrierte Modellierung. Online im Internet: URL: <http://www.hsgsim.org/> Abruf am 2.2.2017

INSTITUT FÜR SIEDLUNGSWASSERBAU, INDUSTRIEWASSERWIRTSCHAFT UND GEWÄSSERSCHUTZ (2015): ERTL T., LANGERGRABER G., TELEGDY T., NEUNTEUFEL R.: Vorlesungsunterlagen der VU Modelling in Sanitary Engineering, 811.360 VU 3.0, Teile UD1, UD2, Universität für Bodenkultur Wien

INSTITUT FÜR VERMESSUNG, FERNERKUNDUNG UND LANDINFORMATION (2010): Vorlesungsunterlagen zur VU Geoinformatik und Geoinformationssysteme - Institut für Vermessung, Fernerkundung und Landinformation, Universität für Bodenkultur

KLEIDORFER et al. (2016): KLEIDORFER M., TSCHAIKNER-GRATL F., ZEISL P., KINZEL C., SUMMER D., RAUCH W., MAIER R., LEIMGRUBER J., MUSCHALLA D., KRETSCHMER F., NEUNTEUFEL R., ERTL T.: Anwendung des DATMOD-Leitfadens: Modellerstellung, -kalibrierung und Interpretation der Ergebnisse. Wiener Mitteilungen 240, G1-G18.

LEIMGRUBER et al. (2015): LEIMGRUBER J., KLEIDORFER M., KRETSCHMER F., NEUNTEUFEL R., SULZBACHER R., TSCHEIKNER-GRATL F., ERTL T., RAUCH W., MUSCHALLA D.: Von den Daten zum Modell zur Entscheidung; Wiener Mitteilungen (2015) Band 233 S. 1-35

MÖDERL (2009): Modelltechnische Analyse von Netzwerksystemen der Siedlungswasserwirtschaft, Dissertation, Leopold Franzens Universität Innsbruck, Fakultät für Bauingenieurwissenschaften

ÖWAV RB 11 (2009): ÖWAV-Regelblatt 11 (2009): Richtlinien für die abwasser-technische Berechnung und Dimensionierung von Abwasserkanälen, Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband, Wien

ÖWAV RB 19 (2007): ÖWAV-Regelblatt 19 (2007): Richtlinien für die Bemessung von Mischwasserentlastungen, Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband, Wien

ÖWAV RB 22 (2015): ÖWAV-Regelblatt 22 (2015): Betrieb von Kanalisationsanlagen, Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband, Wien

ÖWAV RB 40 (2010): ÖWAV-Regelblatt 40 (2010): Leitungsinformationssystem – Wasser und Abwasser, Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband, Wien

PREETZ (2005): Grundlagen der Modellierung, Seminar Modellierung im Informatikunterricht, SS 2005, am Lehrstuhl für Didaktik der Informatik des Instituts für Informatik der Universität Potsdam, Online im Internet: <http://ddi.cs.uni-potsdam.de/Lehre/Modellierung/Preetz-Teil1-2005.pdf>, Abruf am 04.07.2018

RAUCH et al. (2010): RAUCH, W., KLEIDORFER, M., FACH, S., (2010): - Vom Bleistift zum Prozessor: Wandel der Modelle in der Siedlungsentwässerung, Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft, April 2010, Volume 62, Issue 3–4, pp 43–50, Springer Verlag, Online im Internet: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00506-010-0172-7>, Abruf am 25.06.2018

ROLLKE und SENNHOLZ (1994): Schulbuch „Grund und Leistungskurs Informatik“ von Karl-Herrmann Rollke und Klaus Sennholz, Cornelsen Verlag, Berlin, 1994

RÖSSERT (1976): Hydraulik im Wasserbau; R. Oldenbourg Verlag München (1976), Seite 28

ROSSMAN (2010): Storm Water Management Model User's Manual, Version 5.0, National Risk Management Research Laboratory, Office of Research and Development, United States Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH 45268

SCHALLEHN (2018): Datenmanagement, Institut für Technische & Betriebliche Informationssysteme, Universität Magdeburg, Online im Internet: http://www.dbse.ovgu.de/Lehre/Datenmanagement/_/dm.pdf Abruf am 02.07.2018

STACHOWIAK (1973): Allgemeine Modelltheorie. Springer Verlag, Wien/New York, Library of Congress Catalog Card Number 73-75910 Online im Internet: URL: https://archive.org/stream/Stachowiak1973AllgemeineModelltheorie/Stachowiak%20%281973%29:%20Allgemeine%20Modelltheorie_djvu.txt, Abruf am 3.2.2017

TU ILMENAU (2014): Skript zur Vorlesung Modellbildung (II, TKS, WIW) bzw. Prozessanalyse (EIT, IN, MB) im Wintersemester 2014, Dr.-Ing. Th. Glotzbach, Prof. Dr.-Ing. habil. Ch. Ament, Online im Internet: URL: https://www.tu-ilmeneau.de/fileadmin/media/systemanalyse/Lehre/MB_PA1/Skript-Modellbildung-K02.pdf, Abruf am 4.2.2017

USZKOREIT, JÖRG (2009): USZKOREIT H., JÖRG B.: Vorlesung Informationswissenschaft und Informationssysteme, Datenmodellierung und Datenbanksysteme, Uni Saarland, Online im Internet: URL: http://www.coli.uni-saarland.de/courses/is-is/slides/VLIWIS_DM_DBS.pdf, Online im Internet: Abruf am 02.07.2018

WEILGUNI (2015): Ehyd Bemessungsniederschlag, Bundesministerium für ein lebenswertes Österreich, Online im Internet: URL: <https://ehyd.gv.at/assets/ehyd/pdf/bemessungsniederschlag.pdf>, Abruf am 17.8.2018

10. Abbildungsverzeichnis

Abb. 3-1: Bsp. einer thematischen Abgrenzung für Wasser- und Kanalsysteme, ÖWAV RB 40 (2010).....	12
Abb. 3-2: Beispiel einer gemeinsamen Verarbeitung geometrischer und thematischer Informationen, INSTITUT FÜR VERMESSUNG, FERNERKUNDUNG UND LANDINFORMATION (2010).....	13
Abb. 3-3: Beispiel einer GIS-Oberfläche mit Kanalisationsnetz, Entwässerungsflächen, Verkehrsvektoren, eigene Darstellung.....	15
Abb. 3-4: Modellbildung, TU ILMENAU (2014)	20
Abb. 3-5: Modell der Modellbildung, ROLLKE und SENNHOLZ (1994; zit. bei PREETZ (2005))	20
Abb. 3- 6: Das urbane Entwässerungssystem mit seinen Interaktionen, HSGSIM (2008).....	23
Abb. 3-7: Prozesse der Niederschlag-Abfluss-Modellierung, eigene Darstellung.....	25
Abb. 3-8: Beispiel eines 120-minütigen Modellregens nach Euler Typ II, eigene Darstellung ...	28
Abb. 3-9: Begriffsdefinitionen für die Flächenermittlung, DATMOD (2015)	29
Abb. 3-10: Darstellung der Abflusstransformation in einer Transportstrecke, DATMOD (2015)	31
Abb. 3-11: Bsp. der Oberfläche einer hydrologischen N-A-Modell-Software, INSTITUT FÜR SIEDLUNGSWASSERBAU, INDUSTRIEWASSERWIRTSCHAFT UND GEWÄSSERSCHUTZ (2015).....	32
Abb. 3-12: Bewegungsarten des Wassers, Vergleich stationär – instationär, RÖSSERT (1976)	33
Abb. 3-13: Abflusstransport – Ansatz bei hydrodynamischen Modellen, DATMOD (2015)	34
Abb. 3-14: Gegenüberstellung von hydrologischen und hydrodynamischen Berechnungsansätzen, INSTITUT FÜR SIEDLUNGSWASSERBAU, INDUSTRIEWASSERWIRTSCHAFT UND GEWÄSSERSCHUTZ (2015)	35
Abb. 3-15: Darstellung eines teilflächendifferenzierten Oberflächenmodells einer Siedlung, eig. Darstellung.....	39
Abb. 3-16: Aspekte der zeitlichen Auflösung in der N-A-Modellierung, eigene Darstellung.....	40
Abb. 3-17: Charakteristika einer Niederschlagsverteilung unterschiedlicher zeitlicher Auflösung, DATMOD (2015)	41
Abb. 3-18: Charakteristika einer Abflussganglinie unterschiedlicher zeitlicher Auflösung, DATMOD (2015)	41
Abb. 3-19: Ganzheitliches Datenmanagement in der Kanalnetzmodellierung DATMOD (2015)	43
Abb. 3-20: Einfluss des gewünschten Ergebnisses auf den Datenbedarf, eigene Darstellung..	44
Abb. 3-21: Beispiel einer erfolgten Teilflächendifferenzierung in offenem Siedlungsgebiet, visualisiert, eigene Darstellung	48
Abb. 3-22: Beispiel einer erfolgten Teilflächendifferenzierung; Gewerbe- und Landwirtschaft, visualisiert, eigene Darstellung	48
Abb. 3-23: Eingabemaske der Oberflächendatei nach Absteckung der Flächenausmaße auf dem Orthofoto (Flächendigitalisierung), eigene Darstellung	49
Abb. 3-24: Grundeinstellungen festlegen bei der Erstellung eines Layers, eigene Darstellung .	50

Abb. 3-25: Bemessungsniederschläge für Österreich – eHyd-Applikation des BMNT, eigene Darstellung	52
Abb. 3-26: Datenmanagement im Bereich des Kanalbetriebs, ÖWAV RB 22 (2015)	56
Abb. 3-27: Verschiedene Daten-Bedarfsformen der hydrodynamischen Kanalnetzmodellierung, eigene Darstellung	58
Abb. 3-28: Datenintegration durch Datenbanksysteme SCHALLEHN (2018)	59
Abb. 3-29: Schematische Darstellung der Modellstrukturen von DBMS, USZKOREIT, JÖRG (2009).....	60
Abb. 3-30: Beispiel einer Visualisierung einer relationalen Datenbank, eigene Darstellung	60
Abb. 3-31: Anwendung zur Abfrage von Daten in Datenbanken mit SQL-Operationen, eigene Darstellung	62
Abb. 3-32: Resultat des Optimierungsverfahrens anhand eines Beispiels, DATMOD (2015)....	64
Abb. 3-33: Vergrößerter Bereich aus Abb. 3-32, DATMOD (2015)	65
Abb. 5-1: Prozessablaufdiagramm einer N-A-Modellierung mit Datenmanagementstruktur, eigene Darst.	76
Abb. 5-2: Beispiel 1 für Schwierigkeiten bei der Bewertung von Entwässerungseinrichtungen, eigene Darstellung	93
Abb. 5-3: Beispiel 2 für Schwierigkeiten bei der Bewertung von Entwässerungseinrichtungen, eig. Darst.	94
Abb. 5-4: Beispiel 3 für Schwierigkeiten bei der Bewertung von Entwässerungseinrichtungen, eig. Darst.	94
Abb. 5-5: Beispiel 4 für Schwierigkeiten bei der Bewertung von Entwässerungseinrichtungen, eig. Darst.	95
Abb. 5-6: Beispiel 5 für Schwierigkeiten bei der Bewertung von Entwässerungseinrichtungen, eig. Darst.	96
Abb. 5-7: Beispiel 6 für Schwierigkeiten bei der Bewertung von Entwässerungseinrichtungen, eig. Darst.	96
Abb. 5-8: Beispiel 7 für Schwierigkeiten bei der Bewertung von Entwässerungseinrichtungen, eig. Darst.	97
Abb. 5-9: Teilgebiet zur Quantifizierung des Anteils nicht angeschlossener Flächen, eigene Darstellung	98
Abb. 5-10: Teilgebiet mit offensichtlich erkannten, nicht angeschlossenen Flächen in Gelb markiert, eigene Darstellung	98
Abb. 5-11: Aufsteigende Sortierung der Spalte „HOEHE_A“ als Beispiel zum Auffinden von Fehlern in Datenbanken, eigene Tabelle	107
Abb. 5-12: Python-Abfrage im „Select-by-expression-Tool“ in QGis, eigene Darstellung	108
Abb. 5-13: SQL-Abfrage in der DB-Verwaltung, eigene Darstellung	109
Abb. 5-14: SQL-Abfrage nach Duplikaten / Mehrfachwerten in Tabellen, eigene Darstellung .	110
Abb. 5-15: Nomenklatur Beziehung Startschacht-Haltung-Endschacht, eigene Darstellung ...	113
Abb. 5-16: Vergleich via Plausibilität aufdeckbarer Fehler und modellierungsspezifischer Fehler, eigene Darstellung	114
Abb. 5-17: Eingefügte Niederschlagshöhen als Basis für die Modellregenerstellung, eigene Darstellung	120

Abb. 5-18: Ergebnis der Differenzbildung zur Modellregenerstellung, eigene Darstellung	121
Abb. 5-19: Errechnete Differenzen und grafische Darstellung, eigene Tabelle	122
Abb. 5-20: Umkehr der Intervalle zur Modellregenerstellung, eigene Tabelle	123
Abb. 5-21: Funktionsoberfläche „Polygonschwerpunkte“, eigene Darstellung.....	126
Abb. 5-22: Ergebnis der „Polygonschwerpunkte“-Funktion, eigene Darstellung.....	126
Abb. 5-23: Funktionsoberfläche „Distanzmatrix“, eigene Darstellung.....	127
Abb. 5-24: Ergebnis einer Distanzmatrix, eigene Darstellung	127
Abb. 5-25: Erstellen einer Verknüpfung, eigene Darstellung.....	128
Abb. 5-26: Überführen der Anschlussinformation in das richtige Attribut, eigene Darstellung .	129
Abb. 5-27: Kategorisiertes Einfärben nach gewünschtem Attribut, eigene Darstellung	130
Abb. 5-28: Beschriftung von Layer-Elementen mit gewünschtem Attribut, eigene Darstellung	130
Abb. 5-29: Darstellung gleich an Knoten verwiesener Flächen in QGis - Detail, eigene Darstellung	131
Abb. 5-30: Darstellung gleich an Knoten verwiesener Flächen in SWMM - Detail, eigene Darstellung	132

11. Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1: empfohlene Überstauhäufigkeiten für den rechnerischen Nachweis bei Neuplanungen bzw. nach Sanierungen DWA-A 118 (2006)	6
Tabelle 3-2: Empfohlene Überflutungshäufigkeiten bei komplexen Bemessungsverfahren nach ÖNORM EN 752 (2017)	6
Tabelle 3-3: Mindestwirkungsgrade η der Weiterleitung gelöster Stoffe in % der im gesamten Einzugsgebiet der Mischkanalisation im Regenwetterfall abfließenden Schmutzfrachten, ÖWAV RB 19 (2007).....	7
Tabelle 3-4: Mindestwirkungsgrade η der Weiterleitung abfiltrierbarer Stoffe in % der im ges. Einzugsgebiet der Mischkanalisation im Regenwetterfall abfließenden Schmutzfrachten ÖWAV RB 19 (2007).....	7
Tabelle 3-5: Hydraulische Zustandsklassen nach ÖWAV RB 22 (2015)	8
Tabelle 3-6: Niederschlagsbelastung und mögliche Berechnungsaussagen, DATMOD (2015)	26
Tabelle 3-7: Empfohlene Richtwerte zur Mindestdauer von Niederschlagsregistrierungen, adaptiert nach (DWA (2006b)) DATMOD (2015)	29
Tabelle 3-8: Berücksichtigte Effekte in den Vereinfachungen der Saint Venant Gleichungen, RAUCH et al. (2010)	34
Tabelle 3-9: Vor- und Nachteile der hydrologischer und hydrodynamischer Transportmodelle, DATMOD (2015)	36
Tabelle 3-10: Modellansatz und mögliche Berechnungsaussagen, DATMOD (2015)	36
Tabelle 3-11: Räumliche Auflösung der Oberfläche und des Kanalnetzes und deren Anwendungsgebiete, DATMOD (2015)	37
Tabelle 3-12: Räumliche Abstraktionsstufen exemplarisch und schematisch dargestellt DATMOD (2015).....	38
Tabelle 3-13: Vergleich der erforderlichen Daten nach den ÖWAV-Regelblättern 11 und 19 mit den verfügbaren Daten, ÖWAV RB 40 (2010)	45
Tabelle 3-14: Teilflächendifferenzierung (Ebene 4 der räumlichen Auflösung) nach eigener Festlegung	47
Tabelle 3-15: Darstellung von Relationen und Begriffen, SCHALLEHN (2018).....	61
Tabelle 3-16: Bandbreiten für allgemein anwendbare Parametereinstellungen DATMOD (2015)	64
Tabelle 5-1: Identifizierte Prozessschritte aufgeschlüsselt nach Prozessabschnitt und Datenart, eig. Tabelle.....	74
Tabelle 5-2: Mögliche Programme für hydrodynamische Kanalmodellierung, eigene Tabelle...	81
Tabelle 5-3: Selektion der Software, eigene Tabelle.....	81
Tabelle 5-4: Auswahl der Software für weitere Bearbeitung, eigene Tabelle	82
Tabelle 5-5: Ergebnis des Anteils nicht angeschlossener Flächen in Zahlen, eigene Tabelle ...	99
Tabelle 5-6: Siedlungsstrukturen und überschlägiger Anteil angeschlossener Flächen, eigene Tabelle	101
Tabelle 5-7: Problematische Zeichen in Datenbeständen, eigene Tabelle.....	111
Tabelle 5-8: Logik-Abfragen für Datenbestände von Kanalsystemen, eigene Tabelle	112

Tabelle 5-9: Fehlerarten modellierungsspezifischer Fehler und deren Auftreten im Prozessablauf, eigene Tabelle.....	117
Tabelle 5-10: Katalogzusammenstellung konkreter, modellierungsspezifischer Fehler, eigene Tabelle	118
Tabelle 5-11: Differenzbildung, eigene Tabelle.....	121
Tabelle 5-12: Zeitschritte mit D-Werten und zugehörigen NS-Höhen. , eigene Tabelle	123
Tabelle 5-13: Umkehr der D-Werte (Nummer des Zeitschritts) bis zum 0,3-fachen der Modellregendauer, eigene Tabelle	123
Tabelle 5-14: Automatische Anordnung der D-Werte und Wiedergabe der zugehörigen NS-Höhe, eigene Tabelle.....	124

12. Anhang

12.1 Giswater Quick Start Tutorial

Abrufbar auf: <http://www.old.giswater.org/en/documentation/4.2/4.2.1>

4.2.1 Quick start tutorial

In order to perform a simple case you must follow the next steps:

- 1) Start your project by creating your new project preferences file: File → New project preferences
- 2) Select the Water software: You have four options with different versions of EPA SWMM. You can select:
 - EPASWMM_50022: Original version 5.0.022 from EPA (Deprecated)
 - EPASWMM_51006: Original version 5.1.006 from EPA
 - EPASWMM_51006_2D: Adapted version of 5.1.006 from EPA. This version allows the possibility of working with a coupled model 2D/1D. (Testing)
 - EPASWMM_51006_C: Adapted version of 5.1.006 customizing the results file
- 3) Select Data storage: Database
- 4) Configure your connection parameteres
- 5) Create a new project data scheme: Fill project name, project title and select your SRID.
- 6) Create your GIS project: Fill project folder and project name, choose software water and data storage (in this case EPA SWMM and data storage), and finally select the scheme name you need.
- 7) Click on Accept button on the Project Preferences menu
- 8) Select US or metric units: Options → flow units. Choosing US flow unit, means that all other quantities of your project will be expressed in US units, while choosing a metric flow unit will force all quantities to be expressed in metric units.
- 9) Complete the material catalog at least with one record: *Material catalog*. The formula used to computing head loss for flow is Manning's equation. You can found into the EPA SWMM user's manual different roughness values.
- 10) Complete the conduit catalog at least with one record: *Arc catalog*. You must introduce the catalog values. You can found into the EPA SWMM user's manual different conduit sections and his geometry values. Special attention with CUSTOM and IRREGULAR conduit sections.
 - CUSTOM conduit sections must to be defined with a shape curve value: *Curves*. You can found how to do it into the CURVES target of the APPENDIX D of EPA SWMM user's manual.
 - IRREGULAR conduit sections must to be defined with a transects dat into the GIS project (EPASWMM - Hydraulics - Arc - Transects). You can found how to do it into the TRANSECTS target of the APPENDIX D of EPA SWMM user's manual.
- 11) Complete the timeseries catalog at least with one record: Timeseries. You can found how to do it into the TIMESERIES target of APPENDIX D of EPA SWMM user's manual.
- 12) Complete the hydrologic catalog at least with one record. Default scenario (hc_default) is able for you. It use the curve number infiltration method. You must change it or create another one.

13) Open GIS project and build your network, working at least with the next layers:

GIS FEATURES - Sector. You must to create at least one sector.

EPA SWMM - Hydraulics - Node - Outfall. You must to create and edit at least one outfall. You can found how to do it into the OUTFALLS target of the APPENDIX D of EPA SWMM user's manual.

EPA SWMM - Hydraulics - Node - Junctions. You must to create and edit the junction records of your network. You can found how to do it into the JUNCTIONS target of the APPENDIX D of EPA SWMM user's manual.

EPA SWMM - Hydraulics - Arc - Conduits. You must to create and edit the pipe records of your network (joining the different nodes). You can found how to do it into the CONDUITS target of the APPENDIX D of EPA SWMM user's manual.

EPA SWMM - Hydrology - Raingage. You must to create at least one feature. You can found how to do it into the RAINGAGE target of the APPENDIX D of EPA SWMM user's manual.

EPA SWMM - Hydrology - Subcatchment. You must to create at least one feature. You can found how to do it into the SUBCATCH, SUBAREAS & INFILTRATION targets of the APPENDIX D of EPA SWMM user's manual.

14) Configure INP file additional parameters. You can define how many sectors will be simulated: *Sector selection* and also you can cofigure the simulation and raingage options: *Options /Raingage* and the simulation report data: *Report*.

15a) Generate the INP file: *export INP checkbox* and Giswater driver will create a text file (inp extension) stored in the selected folder.

15b) Execute the command line EPA SWMM: *Execute EPA software checkbox*. Giswater will execute the command line EPA SWMM file with the inp file, and EPA SWMM will generate two result files (*.rpt file and *.out file.) stored on the selected folder.

15c) Import Results (if you like): *Import results*. Giswater will read the result data stored on *.rpt file and will write the values on the schema result tables.

16) Return to GIS project and enjoy the simulation's results on SIMULATION ANALYSIS

13. Lebenslauf

Felix Pöchhacker, Großau 1, 3293 Lunz/See, Mobil: 0664/9221042, poetchi@gmx.at

FELIX PÖCHHACKER

Bachelor der Kulturtechnik und Wasserwirtschaft

geboren am 13. 12. 1990 in Scheibbs

österreichische Staatsbürgerschaft



AUSBILDUNG

März 2015 – laufend

Universität für Bodenkultur Wien

Individuelles Masterstudium

Umwelttechnik & Entwicklung im ländlichen Raum

mit Spezialisierungen in:

- Siedlungswasserwirtschaft
- Umwelttechnik
- Regionalentwicklung
- Forstliches Management

Okt. 2011 – Feb. 2015

Bachelorstudium Kulturtechnik und Wasserwirtschaft

Bachelorarbeit am Institut für Siedlungswasserwirtschaft

zum Thema „*Betriebsoptimierung ausgewählter dezentraler Abwasserpumpstationen beim AWW Grazerfeld*“,

Prof. Thomas Ertl, DI Hanns Plihal, Matthias Kienböck BSc

Sept. 2005 – Juni 2010

LFZ Francisco Josephinum, Wieselburg

Matura, Zweig Landwirtschaft

BERUFSERFAHRUNG

Okt. 2017 - laufend

ZT-Büro Kurt Pfeiller, Lunz/See

Projekttechniker

Bereiche Kanalbau, Kläranlagen, Umwelttechnik

Sept. 2015

Reinhalteverband Mühlal, Auberg

Praktikum, Kanalsystemmodellierung Ulrichsberg

Jul. 2014

Wien Kanal, Wien

Praktikum, Fachbereich Planung

Erstellung Berechnungstool zur Auslegung

von Schneckenhebwerken

Aug. 2013

Wasserwerke Wien, Wildalpen

Praktikum, Planung einer Überlaufleitung,

Erstellung von Plänen, Kontrollmessungen

Felix Pöchhacker, Großau 1, 3293 Lunz/See, Mobil: 0664/9221042, poetchi@gmx.at

SONSTIGE TÄTIGKEITEN

laufend	Forstbetrieb Groß Großau GesbR , Lunz/See Land- und Forstwirt, Holzproduktion, naturpädagogische Führungen
Mai 2015 – laufend	Naturpark Ötscher Tormäuer , Gaming Wanderführer, Durchführung von Themenwanderungen mit botanischem Schwerpunkt
Jan. 2009 – Jun. 2013	Hilfswerk Ötscherland , Scheibbs Nachhilfelehrer, Lernbegleiter, Hauptgebiete: Mathematik, Deutsch, Geometr. Zeichnen
Jun. 2008 – Sept. 2008	Združenie agropodnikatelov, družstvo , Slowakei Praktikum, Bereiche Tierhaltung, Spezialkulturen

ZUSATZQUALIFIKATIONEN

Kurse	Waldpädagogik Grundmodul , Forstl. Ausbildungsstätte Pichl Wanderführer Grundmodul , Verband alpiner Vereine Öst.
Ausbildung	Sprengbefugter, Jagdkarte

SPRACHEN, EDV- UND SONSTIGE KENNTNISSE

Deutsch	Muttersprache
Englisch	verhandlungsfähig
Slowakisch	Grundkenntnisse
PC	MS Office, AutoCAD, GIS, SWMM, EPANET, HEC-RAS
Sonstige Kenntnisse	Vermessung, Projektmanagement, Präsentation, Qualitätsmanagement, Rhetorik
Führerschein	B, F

HOBBIES UND INTERESSEN

Wandern, Fotografie, Musik
Sportschießen
Aktives Mitglied im Sportschützenverein Göstling/Ybbs
Imkerei
Mitglied im Imkereiverein Lunz/See

Lunz am See, 30. 9. 2018

