

Abschätzung von zukünftigen Entlastungsfrachten nach dem ÖWAV Regelblatt 19 auf Basis von Klimamodellprognosen am Beispiel der Stadt Linz

Valentin Gamerith¹, Jonas Olsson², Martin Hochedlinger³, David Camhy¹
und Günter Gruber¹

¹ Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau der Technischen
Universität Graz, Stremayrgasse 10/I 8010 Graz, Österreich

² Swedish Meteorological and Hydrological Institute, Folkborgsvägen 1, S-601 76
Norrköping, Schweden

³ Linz AG Abwasser, Kanalplanung und -bau, Wiener Straße 151/H/440, 4021 Linz,
Österreich

Kurzfassung: Die möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf die Siedlungswasserwirtschaft waren Gegenstand vieler Studien in den letzten Jahren. Im EU FP7 Projekt SUDPLAN (www.sudplan.eu) wird ein Decision-Support System entwickelt, das Planer und Betreiber im Umgang mit möglichen Einflüssen durch den prognostizierten Klimawandel auf die städtische Infrastruktur unterstützen soll. Eine Pilotstudie in dem Projekt ist die Stadt Linz, bei der die Auswirkungen des Klimawandels auf Entlastungsfrachten aus dem Mischsystem abgeschätzt werden sollen. Der Nachweis wird dabei entsprechend dem ÖWAV Regelblatt 19 über Langzeitsimulationen des Kanalsystems mit einer historischen und prognostizierten Regenreihen geführt. Am Beispiel einer prognostizierten Regenreihe kann gezeigt werden, dass die Entlastungsmengen im zukünftigen Szenario zunehmen, gleichzeitig aber die Anforderungen entsprechende dem Regelblatt reduziert werden. Für die Stadt Linz sind damit die geforderten Wirkungsgrade in beiden Fällen eingehalten. Für den Nachweis der abfiltrierbaren Stoffe (AFS) ist besonderes Augenmerk auf den Sedimentationswirkungsgrad der Speicherbauwerke zu legen. Da eine einfache Abschätzung dieses Wertes nach dem Regelblatt für ein komplexes System wie die Stadt Linz nicht möglich ist, wird im Rahmen des SUDPLAN Projekts gleichzeitig ein Sensornetzwerk an den Vorklärbecken der Kläranlage, die im Regenfall gleichzeitig als Mischwasserüberlaufbecken fungieren, installiert. Darüber soll ein Sedimentationswirkungsgrad abgeschätzt werden, der dann in der Berechnung Eingang findet.

Keywords: Entlastungsfrachten, Kanalsystem, Klimamodell, Klimawandel, Mischwasserüberlauf, Modellierung, ÖWAV Regelblatt 19, Sedimentationswirkungsgrad, Sensornetzwerk

1 Einleitung

Die möglichen Auswirkungen des Klimawandels wurden in den letzten Jahren in vielen Bereichen ausführlich diskutiert. In Österreich beschäftigte sich die Wasserwirtschaft intensiv mit Fragestellungen der möglichen Veränderungen und deren Auswirkungen (BMLFUW, 2008 und 2010). In Hinblick auf die Siedlungswasserwirtschaft werden Änderungen in der Intensität und Verteilung von Starkregenereignissen erwartet (IPCC, 2007), was zu Auswirkungen auf die Überflutungssicherheit und auf die Emissionen aus Misch- oder Regenwasserkanälen führt. Wie Ashley et al. (2005) festhalten, werden die Planer und Betreiber unabhängig von den tatsächlichen Auswirkungen in Zukunft mit größeren Unsicherheiten in den Systemen konfrontiert sein. Eine Reihe von Fallstudien im Bereich der Siedlungsentwässerung wurde international durchgeführt, ein Überblick ist in Mailhot und Duchesne (2010) zu finden.

Das Projekt SUDPLAN (Sustainable Urban Development Planner, www.sudplan.eu) ist ein Projekt im 7. EU Rahmenprogramm. Wie in Gidhagen et al. (2010) beschrieben, ist das Ziel des Projekts ein einfach zu bedienendes, web-basiertes Decision-Support System zu entwickeln, das Planungen und Entscheidungen im urbanen Infrastrukturbereich in Hinblick auf Starkregenereignisse, Überflutungs- und Trockenzeiten sowie Perioden mit erhöhter Luftverschmutzung unter dem Gesichtspunkt der möglichen Klimaveränderung unterstützen soll. Das System wird im Projekt beispielhaft an vier Pilotstudien zum Einsatz kommen.

Dieser Beitrag beschäftigt sich mit möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf Entlastungsfrachten aus der Mischkanalisation am Beispiel der Pilotstudie Linz unter besonderer Berücksichtigung der aktuellen Vorgaben des ÖWAV Regelblatts 19 (ÖWAV, 2007). Dazu werden Langzeitsimulationen mit einem aggregierten Modell des Einzugsgebiets für eine historische und eine prognostizierte Regenreihe durchgeführt und die Wirkungsgrade der Weiterleitung für das Gesamtsystem ermittelt und die Ergebnisse verglichen.

2 Methoden

2.1 Anforderungen in Österreich: ÖWAV Regelblatt 19

Seit 2007 gilt als aktueller Stand der Technik für die Bemessung von Mischwasserentlastungen in Österreich das ÖWAV Regelblatt 19 (ÖWAV, 2007). Entsprechend dem Regelblatt sind so genannte Mindestwirkungsgrade der Weiterleitung für gelöste und abfiltrierbare Stoffe einzuhalten. Die Mindestwirkungsgrade hängen von der Regencharakteristik $r_{720,1}$ (Regenhöhe mit einer statistischen Wiederkehrperiode von 1 Jahr und einer Dauerstufe von 720 Minuten), der Ausbaugröße der Kläranlage, sowie dem Verhältnis von im Misch- und Trennsystem entwässerten Gebiete ab.

Die tatsächlichen Wirkungsgrade sind über Langzeitsimulationen (mindesten 10 Jahre) des gesamten Einzugsgebiets der Kläranlage zu ermitteln und werden den erforderlichen Mindestwirkungsgraden gegenübergestellt. Der Wirkungsgrad für gelöste Stoffe wird nach Gleichung 1 ermittelt und entspricht dem hydraulischen Wirkungsgrad. Die Simulation hat mit geeigneten Modellwerkzeugen zu erfolgen.

$$\eta_R = \frac{VQ_R - VQ_O}{VQ_R} \cdot 100 \quad \text{Gleichung 1}$$

Mit: η_R ... Wirkungsgrad für gelöste Stoffe (%), VQ_R ... Summe des Regenwasserabflusses (m^3/a), VQ_O ... Summe der entlasteten Mischwassermengen (m^3/a)

Für die Berechnung des Wirkungsgrads für abfiltrierbare Stoffe (η_{AFS}) erfolgt nach Gleichung 2. Dabei wird für jedes Mischwasserüberlaufbecken vereinfacht ein zu erwartender Sedimentationswirkungsgrad (η_{SED}) angesetzt, der für verschiedene Mischwasserbehandlungsanlagen dem Regelblatt entnommen werden kann.

$$\eta_{AFS} = \eta_R + \frac{\sum_j VQ_{O,j} \cdot \eta_{sed}}{VQ_R} \quad \text{Gleichung 2}$$

Mit: η_{AFS} ... Wirkungsgrad der Weiterleitung für abfiltrierbare Stoffe (%), j ... Index (-), η_{sed} ... Sedimentationswirkungsgrad für Mischwasserüberlaufbecken j (%), $VQ_{O,j}$... Summe der beim Mischwasserüberlaufbecken j entlasteten Mischwassermengen (m^3/a)

Zusätzlich zu den Anforderungen im Emissionsfall sind im Regelblatt immissionsbezogenen Anforderungen für einzelne Entlastungsereignisse definiert. Hier ist es nicht möglich generelle Anforderungen vorzugeben, da diese von speziellen lokalen Randbedingungen abhängen.

Für weitere Details zur Berechnung wird auf das Regelblatt 19 (ÖWAV, 2007) verwiesen. Beispielhafte Anwendungen an Praxisbeispielen sind z. B. in Kleidorfer und Rauch (2011) und Flamisch et al. (submitted) dargestellt.

Zur Veranschaulichung der Ergebnisse wird der in Flamisch et al. (submitted) vorgestellte Grad der Zielerreichung (Gleichung 3) als Vergleichsgröße herangezogen. Ein Grad der Zielerreichung größer 1 bedeutet damit, dass der jeweilige Mindestwirkungsgrad eingehalten ist.

$$\nu = \frac{\eta_{\text{vorhanden}}}{\eta_{\text{soll}}} \quad \text{Gleichung 3}$$

Mit: $\eta_{\text{vorhanden}}$... berechneter Wirkungsgrad der Weiterleitung (%), η_{soll} ... erforderlicher Mindestwirkungsgrad der Weiterleitung (%) nach dem ÖWAV Regelblatt 19 (ÖWAV, 2007)

2.2 Pilotstudie Linz

Eine der Pilotstudien im Projekt SUDPLAN ist die Stadt Linz, für die die möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf die Mischwasserentlastungen in Hinblick auf das ÖWAV Regelblatt 19 untersucht werden sollen.

2.2.1 Einzugsgebiet Linz

Das Einzugsgebiet der Stadt Linz sowie 39 Umlandgemeinden mit einer Gesamtfläche von rund 900 km² entwässern zur Kläranlage Linz-Asten. Das Stadtzentrum weist einen hohen versiegelten Anteil auf und wird im Mischsystem entwässert. In den Umlandgemeinden sind sowohl Misch- wie auch Trennsysteme vorzufinden. Im Einzugsgebiet befinden sich einige Mischwasserüberläufe und Mischwasserüberlaufbecken. Das gesamte verfügbare Speichervolumen im Kanalnetz wurde mit 115.000 m³ abgeschätzt. An den maßgeblichen Mischwasserüberlaufbecken sind seit ca. 2004 Messsysteme (Höhenstand, teilweise Niederschlag) installiert). In Abbildung 1 ist beispielhaft das Mischwasserüberlaufbecken „Plesching“ mit der installierten Höhenstands- und Niederschlagsmessung dargestellt.



Abbildung 1: Mischwasserüberlaufbecken Plesching mit Höhenstands- und Niederschlagsmessung (Wendner, 2011)

Eine Sonderfunktion in der Mischwasserbewirtschaftung von Linz nehmen die zwei Vorklärbecken auf der Kläranlage Linz-Asten ein. Im Mischwasserfall werden die Becken gleichzeitig als Mischwasserüberlaufbecken betrieben: von dem maximalen Zulauf von rund $8,8 \text{ m}^3/\text{s}$ werden ca. $4,7 \text{ m}^3/\text{s}$ in die biologische Stufe weitergeleitet, der Rest wird direkt nach den Vorklärbecken in die Donau abgeschlagen.

2.2.2 Daten aus dem Einzugsgebiet

Die Grundlagendaten des Einzugsgebiets und Kanalsystems wurden von der Linz AG zur Verfügung gestellt. Dabei waren vor allem für die Teileinzugsgebiete der Nachbargemeinden nur eingeschränkt Daten vorhanden. Flächenkenngrößen und Daten zu Pumpwerken und Sonderbauwerken wurden aus einem vorhandenen Fließschema soweit möglich ermittelt und teilweise durch eine Begehung vor Ort und Rücksprache mit dem Betreiber abgesichert.

Wie schon oben erwähnt, befinden sich im Einzugsgebiet einige Messstationen zu Höhenständen im Kanalsystem sowie Niederschlag. Ein Großteil der Stationen ist seit 2004 oder 2005 in Betrieb. 2005 wurde auch eine halbautomatische Kanalnetzsteuerung zur optimierten Ausnutzung der

Speichervolumina im Kanalsystem installiert (Heindl et al., 2011). Da die oftmals manuellen durchgeführten Einstellungen am Steuerungssystem nicht vollständig nachvollziehbar waren, wurde das System auf den ungesteuerten Zustand mit Daten aus 2004 kalibriert.

2.3 SWMM5 Kanalnetzmodell

Ein aggregiertes Modell des Kanalnetzes wurde in einem vorangegangenen Projekt von der Universität Innsbruck in der Software SWMM 5 (Rossmann, 2007) erstellt. Eine Übersicht ist in Abbildung 2 dargestellt.



**Abbildung 2: Übersicht über das SWMM5 Kanalnetzmodell des Einzugsgebiets Linz
(Gamerith et al., accepted-a)**

Das Modell wurde im Rahmen der Masterarbeit von Wendner (2011) überprüft. Zur Identifikation der maßgebenden Parameter wurde eine globale Sensitivitätsanalyse nach der Screening-Methode von Morris (Morris, 1991) durchgeführt und das Modell anschließend durch Kopplung an einen Optimierungsalgorithmus basierend auf Evolutionären Algorithmen (Muschalla, 2008) im BlueM.OPT Framework (siehe Bach et al. (2009) und Gamerith

(2011)) kalibriert. Eine Herausforderung dabei war, dass für den Kalibrierungszeitraum noch nicht die Daten aller Messstationen zur Verfügung standen. Abbildung 3 zeigt das Ergebnis einer Kalibrierung für den Höhenstand am Mischwasserüberlauf Plesching (siehe auch Abbildung 1). Details zur Sensitivitätsanalyse und Kalibrierung werden in Gamerith et al. (accepted-b) diskutiert.

Ergebnisse Kalibrierung MÜB Plesching (Optimierungsdurchlauf 2)

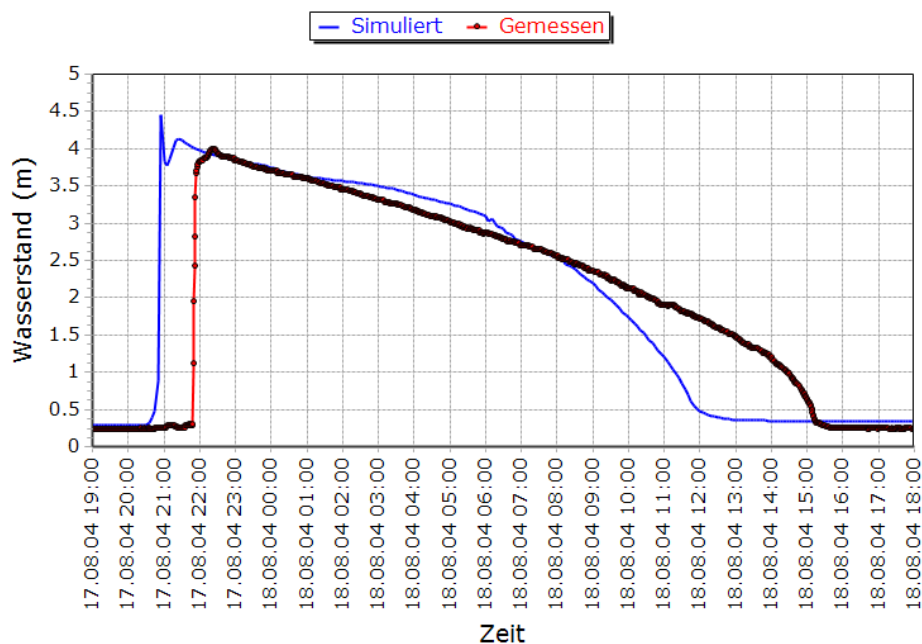


Abbildung 3: Beispielhafte Ergebnisse eines Optimierungsdurchlaufes (Wasserstand für ein Niederschlagsereignis am MÜB Plesching)

Zur Ermittlung der Wirkungsgrade der Weiterleitung aus den Simulationsergebnissen wurde ein Skript in der Software R (R Development Core Team, 2011) entwickelt. Darin werden die erforderlichen Mindestwirkungsgrade auf Basis der verwendeten Regenreihe sowie die tatsächlichen, vorhandenen Wirkungsgrade aus den Modellergebnissen berechnet.

Für die Ermittlung des Wirkungsgrades für abfiltrierbare Stoffe ist wie in Gleichung 2 dargestellt den einzelnen Mischwasserüberlaufbecken jeweils ein Sedimentationswirkungsgrad zuzuordnen. Auf Grund der Komplexität des Linzer Systems konnten diese Sedimentationswirkungsgrade nicht sinnvoll über die vereinfachte Tabelle im Regelblatt 19 abgeschätzt werden. Nachdem auch keine Information zu den tatsächlichen Wirkungsgraden vorlag, wurde in einem

ersten Schritt der Sedimentationswirkungsgrad η_{sed} für alle Mischwasserüberlaufbecken mit 20 % angesetzt.

2.4 Niederschlagsdaten

Für die Berechnung der vorhandenen Wirkungsgrade der Weiterleitung werden im Regelblatt 19 Regenreihen mit einer Dauer von mindestens 10 Jahren empfohlen. Für den Vergleich des aktuellen Zustandes mit einem möglichen zukünftigen Klimaszenario wurden eine historische Regenreihe und eine prognostizierte Regenreihe aus einem Klimamodell herangezogen.

2.4.1 Historische Niederschlagsdaten

Als historische Niederschlagszeitreihe wurde die Serie "Linz Stadt" aus der NIEDA Software (hydro-IT, 2007) verwendet. Die Zeitreihe umfasst 14 Jahre, für die Simulation wurde eine zeitliche Auflösung von 10 Minuten verwendet.

2.4.2 Prognostizierte Niederschlagsdaten

Die prognostizierte Regenreihe wurde in einem zweistufigen Prozess über ein regionales Downscaling eines globalen Klimamodells vom *Swedish Meteorological Institute* (SMHI) ermittelt. Die Klimaprojektion erfolgte mit dem globalen Modell ECHAM5 (Roeckner et al., 2006) und dem A1B Emissionsszenario (Nakićenović et al., 2000) für die Periode 1961-2100. Diese globale Projektion wurde dann auf einen 50*50 km Raster mit dem regionalen Modell RCA3 (Kjellström et al., 2005) downgescaled. Daraus wurden 30 Minuten Niederschlagswerte aus 5 über Linz zentrierten Rasterzellen extrahiert. In einem zweiten Schritt wurden die Ergebnisse mit der Delta Change – Methode nach Olsson et al. (2009) weiter downgescaled und auf die historische Zeitreihe angewandt. Die verwendete prognostizierte Zeitreihe stellt damit nur eine mögliche Auswirkung der Klimaänderung bis Ende 2100 dar. Weitere Klimaszenarios befinden sich derzeit im Rahmen des SUDPLAN Projekts in Vorbereitung.

2.5 Sensornetzwerk

Wie schon oben erwähnt, stellt der gewählte Sedimentationswirkungsgrad für die Mischwasserüberlaufbecken eine maßgebende Größe in der Ermittlung des

Abschätzung von zukünftigen Entlastungsfrachten nach dem ÖWAV Regelblatt 19 auf Basis von Klimamodellprognosen am Beispiel der Stadt Linz

vorhandenen Wirkungsgrades für abfiltrierbare Stoffe (AFS) dar. Erfahrungen aus dem Einzugsgebiet zeigen, in Übereinstimmung mit ersten Simulationsergebnissen, dass ein Großteil der gesamten Entlastungsmengen im Einzugsgebiet nach den beiden Vorklärbecken auf der Kläranlage abgeschlagen wird. Daher ist die Ermittlung des tatsächlichen Sedimentationswirkungsgrades für die Vorklärbecken vor allem im Mischwasserfall von besonderem Interesse.

Im Rahmen des SUDPLAN Projekts wurde dazu ein Sensornetzwerk vor und nach den beiden Becken installiert, mit dem Hydraulik und Schmutzstoffkonzentrationen (z. B. für AFS) im Zulauf und im Überlauf kontinuierlich gemessen werden. Ein Überblick über die Situation vor Ort ist in Abbildung 4 dargestellt. Die Installation des Sensornetzwerks erfolgte Ende 2011, erste Ergebnisse für Regenereignisse mit Überlauf werden für Frühjahr/Sommer 2012 erwartet.

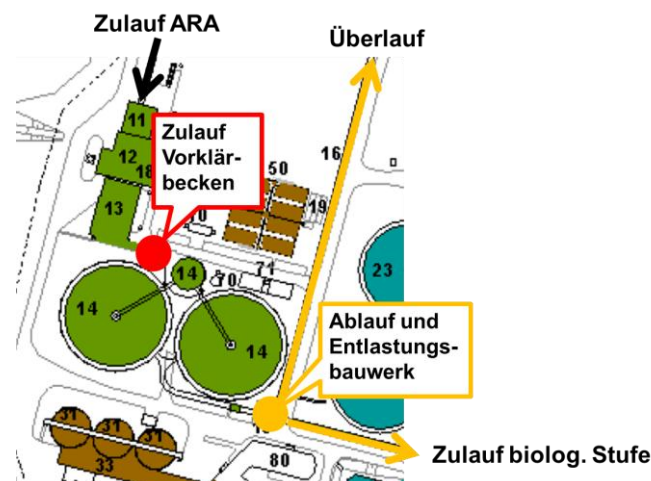


Abbildung 4: Zulauf- und Entlastungssituation auf der Kläranlage Linz-Asten

3 Ergebnisse

3.1 Umsetzung in der SUDPLAN Plattform

In der webbasierten SUDPLAN Plattform ist es möglich, verschiedene SWMM Modellszenarien auszuwählen und mit einer zugehörigen Niederschlagsreihe Simulationsläufe durchzuführen. Die Niederschlagsreihe kann dabei entweder eine historische oder eine vorberechnete, prognostizierte Zeitreihe aus einem bestimmten Klimaszenario sein. Ein beispielhafter Screenshot ist in Abbildung 5 dargestellt

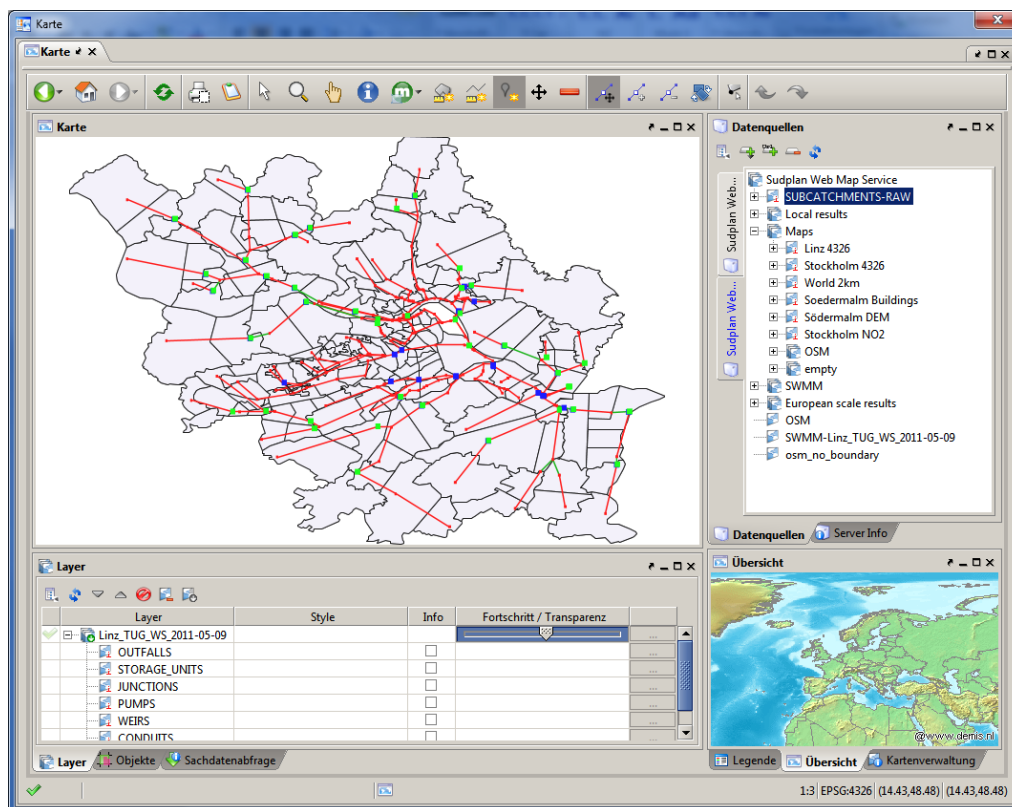


Abbildung 5: Beispielhafter Screenshot der SUDPLAN Plattform

Als Ergebnisse werden die Wirkungsgrade der Weiterleitung (sowohl die erforderlichen Mindestwirkungsgrade als auch die vorhandenen Wirkungsgrade aus den Simulationsergebnissen) berechnet. Zusätzlich können maßgebliche Parameter wie z.B. Entlastungsvolumina direkt aus den Ergebnissen über die Plattform visualisiert werden. Da das Projekt noch bis Ende 2012 läuft, ist die volle Funktionsfähigkeit aktuell noch nicht vorhanden.

3.2 Prognostizierte Änderung des Niederschlags und der Mindestwirkungsgrade der Weiterleitung

Ein Vergleich der historischen und der prognostizierten Regenreihen sowie der daraus resultierenden Mindestwirkungsgrade der Weiterleitung ist in Tabelle 1 dargestellt. Die Mindestwirkungsgrade für gelöste und abfiltrierbare Stoffe (AFS) wurden auf Basis des jeweiligen $r_{720,1}$ berechnet. Dabei wurde davon ausgegangen, dass es zu keinen Änderungen im Kanalsystem (Verhältnis Misch- und Trennsystem) und in der Ausbaugröße der Kläranlage kommt.

Mit dem gewählten Klimamodell erhöht sich die durchschnittliche jährliche Niederschlagshöhe um ca. 8 % und der $r_{720,1}$ um etwa 12 %.

Die erforderlichen Mindestwirkungsgrade nehmen auf Grund des erhöhten $r_{720,1}$ für die prognostizierte Zeitreihe ab: Im Vergleich zur historischen Zeitreihe sind die Mindestwirkungsgrade um 2 Prozentpunkte geringer. Im ÖWAV Regelblatt 19 wird diese Reduktion bei höherem $r_{720,1}$ damit begründet, dass in Gebieten mit höherer Wasserverfügbarkeit auch der Mindestwirkungsgrad gesenkt werden kann.

Tabelle 1: Vergleich von Kenngrößen der historischen und der prognostizierten Regenreihe und erforderliche Mindestwirkungsgrade der Weiterleitung

Regenserie	Periode	Niederschlags -höhe	$r_{720,1}$	Mindestwirkungsgrade	
				η_R	η_{AFS}
-		mm/a	mm	%	%
Historisch	01.01.1993	850	35,1	57,4	72,4
	01.01.2007				
Prognostiziert	01.01.2079	918	39,3	55,4	70,4
	01.01.2093				

Abbildung 6 zeigt einen Vergleich der historischen und der prognostizierten Niederschlagsreihen auf Basis der Residuen der Niederschlagsintensitäten beispielhaft für eine Periode von 2 Jahren. Daraus wird ersichtlich, dass mit dem gewählten Klimamodell die Intensitäten in den Wintermonaten tendenziell zu- und in den Sommermonaten abnehmen, wobei stärkere Intensitäten generell zunehmen.

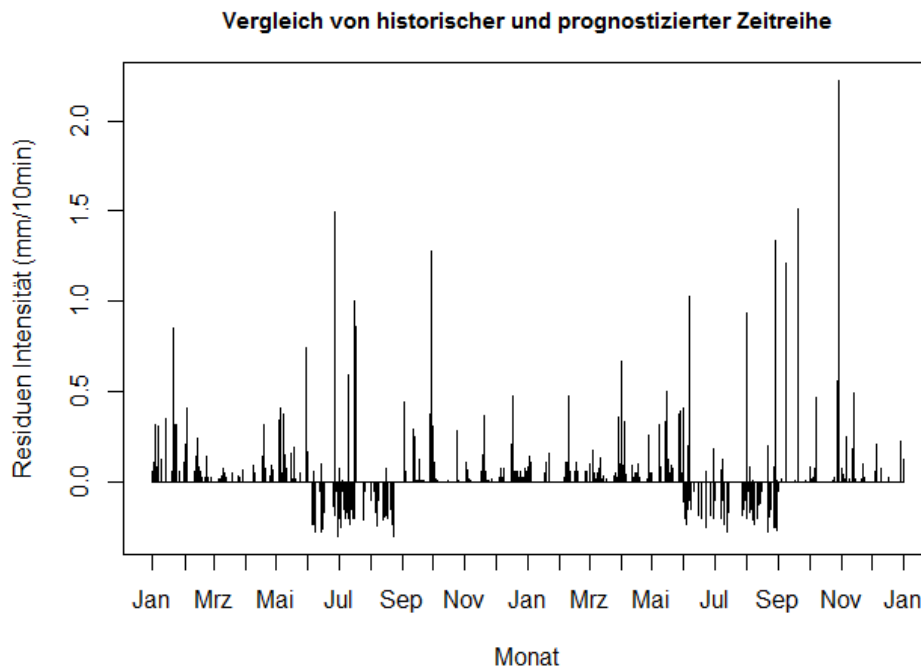


Abbildung 6: Vergleich von historischer und prognostizierter Zeitreihe (Residuen) für einen Zeitraum von 2 Jahren

3.3 Auswirkung des prognostizierten Niederschlags auf das Entlastungsverhalten

Für die Auswertung der tatsächlichen Wirkungsgrade wurde jeweils ein Simulationsdurchlauf mit der kompletten 14-jährigen historischen und prognostizierten Regenreihe im kalibrierten SWMM Modell durchgeführt.

In einem ersten Schritt wurden die Ergebnisse in Hinblick auf die Entlastungsmengen analysiert. Dabei zeigte sich, dass von den 44 modellierten Mischwasserüberlaufbauwerken die Vorklärbecken auf der Kläranlage mit rund 60 % den bei weitem größten Anteil am im gesamten Einzugsgebiet entlasteten Mischwasservolumen haben. Von den übrigen Bauwerken wurde bei weiteren 11 ein signifikanter Einfluss auf die Gesamtentlastungsmenge festgestellt: In Summe werden über diese 12 Bauwerke rund 95 % der Gesamtentlastungsmenge abgeworfen. Die übrigen Mischwasserüberlaufbauwerke wurden in der weiteren Betrachtung als nicht maßgebend in Hinblick auf die Entlastungsmengen angesehen, wohl aber für die Berechnung der Wirkungsgrade der Weiterleitung herangezogen.

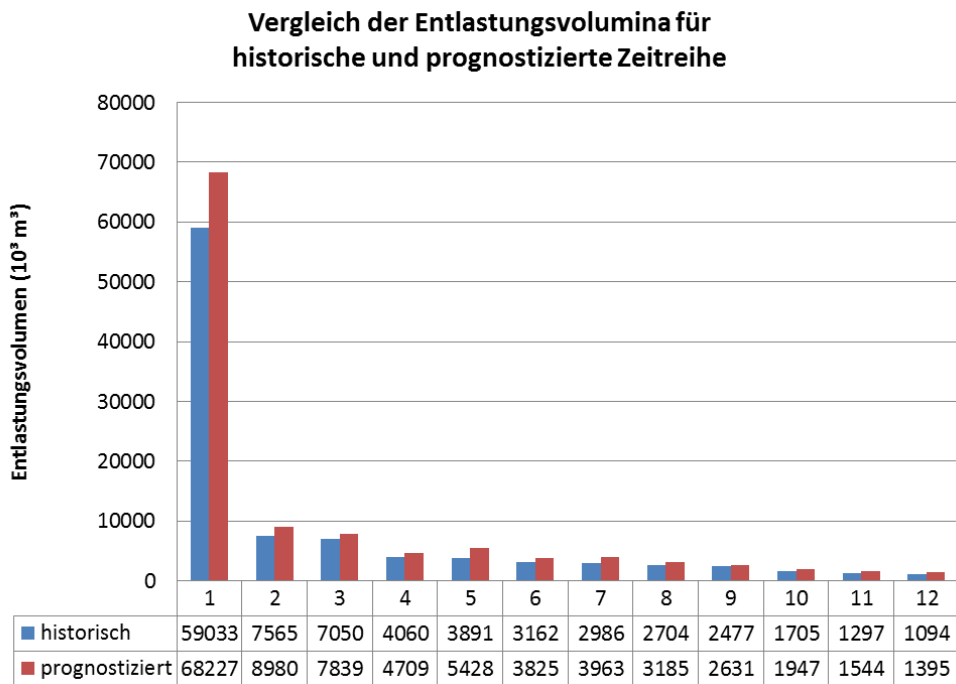


Abbildung 7: Vergleich der historischen und prognostizierten Entlastungsvolumina für die 12 maßgebenden Entlastungsbauwerke im Einzugsgebiet der RKL Linz-Asten

In Abbildung 7 ist ein Vergleich der Entlastungsmengen für die 12 maßgebenden Entlastungsbauwerke für die historische und die prognostizierte Regenreihe dargestellt. Daraus ist die Dominanz der Entlastung nach den beiden Vorklärbecken (Überlauf ID1) klar ersichtlich.

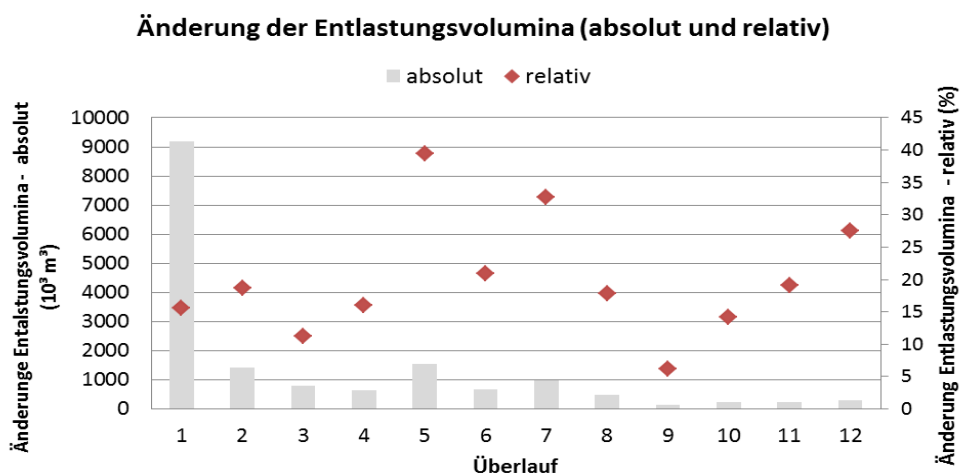


Abbildung 8: Absolute und relative Änderung der Entlastungsvolumina für historische und prognostizierte Zeitreihe

Abbildung 8 zeigt die absolute und relative Änderung der Entlastungsmengen durch die prognostizierte Regenreihe. Die relative Änderung variiert ja nach Entlastung zwischen +7 und +40 %, die Gesamtentlastungsmenge erhöht sich um rund +17 %. Beim Überlauf nach den Vorklärbecken erhöht sich das Entlastungsvolumen um rund +15,5 %.

3.4 Auswirkungen auf die Wirkungsgrade der Weiterleitung

In Tabelle 2 ist ein Vergleich der erforderlichen Mindestwirkungsgrade, der vorhandenen aus den Simulationsdurchläufen berechneten Wirkungsgrade sowie der zugehörige Grad der Zielerreichung für die historische und die prognostizierte Regenreihe dargestellt. Daraus wird ersichtlich, dass in allen Fällen die Vorgaben nach Regelblatt 19 eingehalten werden (Grad der Zielerreichung > 1). Im Vergleich zur historischen Regenreihe reduzieren sich zwar die vorhandenen Wirkungsgrade um rund 3 Prozentpunkte im zukünftigen Szenario, durch die gleichzeitige Abnahme des erforderlichen Mindestwirkungsgrades sind die Anforderungen aber nach wie vor erfüllt.

Tabelle 2: Wirkungsgrade und Grade der Zielerreichung für gelöste und abfiltrierbare Stoffe für die historische und die prognostizierte Regenreihe

Regenreihe		Mindest- wirkungsgrad	Vorhandener Wirkungsgrad	Grad der Zielerreichung
		%	%	-
historisch	η_R	57,4	67,4	1,17
	η_{AFS}	72,4	73,9	1,02
prognostiziert	η_R	55,4	64,5	1,16
	η_{AFS}	70,4	71,3	1,01

3.4.1 Einfluss Sedimentationswirkungsgrad

Da die Mindestwirkungsgrade für AFS in beiden Fällen nur recht knapp eingehalten werden (Grade der Zielerreichung bei 1,02 und 1,01) und der Sedimentationswirkungsgrad global für alle Mischwasserüberlaufbecken mit 20 % abgeschätzt wurde, wurde der Einfluss des angenommenen Sedimentationswirkungsgrades in einer weiteren Vergleichsberechnung untersucht.

Tabelle 3: Einfluss des Sedimentationswirkungsgrades auf den Grad der Zielerreichung für abfiltrierbare Stoffe (historische Zeitreihe)

Sedimentationswirkungsgrad	Grad der Zielerreichung (abfiltrierbare Stoffe)
η_{SED}	
%	-
10	0,97
20	1,02
30	1,06

Tabelle 3 zeigt die simulierten Grade der Zielerreichung für abfiltrierbare Stoffe unter der Annahme eines globalen Sedimentationswirkungsgrades von 10, 20 und 30 %. Daraus wird der Einfluss dieser Größe klar ersichtlich: bei einem angenommenen η_{SED} von 10 % sind die Vorgaben nach dem ÖWAV Regelblatt 19 nicht mehr eingehalten. Die Ermittlung des tatsächlichen Sedimentationswirkungsgrades – ins Besondere für die maßgeblich zur Entlastung beitragenden Vorklärbecken – ist daher von besonderem Interesse.

4 Zusammenfassung

In diesem Beitrag werden für die Pilotstudie Linz mögliche Auswirkungen eines zukünftigen Klimaszenarios auf die Entlastungsfrachten aus einem Mischsystem abgeschätzt und anhand des ÖWAV Regelblattes 19 bewertet.

Die Pilotstudie Linz ist dabei Teil des Projekts SUDPLAN aus dem 7. EU Rahmenprogramm in dem ein Web-basiertes Decision-Support System für Planer und Betreiber städtischer Infrastruktur entwickelt wird, durch das Einflüsse von Klimaänderungsszenarien abgeschätzt und bei Bedarf frühzeitig Gegenmaßnahmen eingeleitet werden können.

Die Berechnung der Entlastungsfrachten erfolgt über Langzeitsimulation des Kanalsystems in einem aggregierten SWMM5 Modell des gesamten Linzer Einzugsgebiets mit einer historischen und einer prognostizierten Regenreihe mit einer Dauer von jeweils 14 Jahren.

Eine erste Auswertung zeigt, dass 12 der 44 modellierten Entlastungsbauwerke die gesamte Entlastungsmenge in die Vorfluter maßgeblich beeinflussen und dabei die Vorklärbecken auf der Kläranlage – welche im Mischwasserfall

gleichzeitig als Mischwasserüberlaufbecken fungieren– mit rund 60 % den deutlich größten Anteil haben.

Ein Vergleich der Ergebnisse der historischen und der prognostizierten Regenreihe zeigt, dass mit dem gewählten Klimamodell der Gesamtniederschlag zunimmt, wobei Intensitäten in den Wintermonaten tendenziell zu- und in den Sommermonaten tendenziell abnehmen. Stärkere Intensitäten nehmen generell zu.

Dadurch steigt auch die Gesamtentlastungsmenge für die prognostizierte 14-jährige Zeitreihe um rund 17 %. Die Mindestwirkungsgrade nach dem ÖWAV Regelblatt 19 werden in beiden Fällen eingehalten wobei die berechneten vorhandenen Wirkungsgrade für das zukünftige Szenario abnehmen. Durch die gleichzeitige Zunahme des Niederschlags, ausgedrückt durch den $r_{720,1}$, reduzieren sich aber auch die erforderlichen Mindestwirkungsgrade.

Es wurde gezeigt, dass die Annahme des Sedimentationswirkungsgrades für Mischwasserbecken einen maßgeblichen Einfluss auf den Wirkungsgrad für abfiltrierbare Stoffe hat. Da eine einfache Abschätzung in dem komplexen System von Linz nicht möglich ist, wurde im Rahmen von SUDPLAN ein Sensornetzwerk an den Vorklärbecken installiert, mit dem der tatsächliche Sedimentationswirkungsgrad abgeschätzt werden soll.

Bis zum Abschluss des SUDPLAN Projektes Ende 2012 werden für eine umfassendere Bewertung noch weitere Klimaszenarien sowie ein tatsächlich ermittelter Sedimentationswirkungsgrad für die Vorklärbecken zur Verfügung stehen. Die fertiggestellte SUDPLAN Plattform wird es erlauben, Szenarien vom Betreiber direkt über das Internet auswählen und berechnen zu lassen, um den Einfluss auf das System abschätzen und eventuelle Gegenmaßnahmen rechtzeitig setzen zu können.

Danksagung: Das Projekt SUDPLAN wird durch das 7. Europäische Rahmenprogramm (Call ICT-2009-6.4 ICT for Environmental Services and Climate Change Adaption) gefördert und dankenswerterweise zusätzlich von der LINZ AG unterstützt.

Literatur- und Quellenangaben

- Ashley, R.M., Balmforth, D.J., Saul, A.J. and Blanskby, J.D. (2005) Flooding in the future - predicting climate change, risks and responses in urban areas. *Water Science and Technology* 52(5), 265-273.
- Bach, M., Froehlich, F., Heusch, S., Hübner, C., Muschalla, D., Reußner, F. and Ostrowski, M.W. (2009) BlueM – a free software package for integrated river basin management, Annual meeting of the German hydrological society, Kiel, Deutschland.
- BMLFUW (2008) Auswirkungen des Klimawandels auf die österreichische Wasserwirtschaft, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien, Österreich.
- BMLFUW (2010) Anpassungsstrategien an den Klimawandel für Österreichs Wasserwirtschaft, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien, Österreich.
- Flamisch, N., Gamerith, V., Gruber, G. and Kainz, H. (submitted) Forschungsprojekt OPTIMISCH - Optimierte Bemessung von Mischwasserentlastungen. *Österreichische Wasserwirtschaft*.
- Gamerith, V. (2011) *High resolution online data in sewer water quality modelling*. Schriftenreihe zur Wasserwirtschaft, TU Graz (2011), Band 64, Graz, Österreich.
- Gamerith, V., Olsson, J., Camhy, D., Hochedlinger, M., Kutschera, P., Schlobinski, S. and Gruber, G. (accepted-a) Assessment of Combined Sewer Overflows under Climate Change - Urban Drainage Pilot Study Linz, IWA World Congress on Water, Climate and Energy, Dublin, Irland.
- Gamerith, V., Wendner, M., Hochedlinger, M., Moederl, M. and Gruber, G. (accepted-b) Global Sensitivity Analysis and Multi-Objective Optimisation for Estimation of Combined Sewer Overflows – Case Study Linz, 9th International Conference on Urban Drainage Modelling (UDM), Belgrad, Serbien.
- Gidhagen, L., Denzer, R., Schlobinski, S., Michel, F., Kutschera, P. and Havlik, D. (2010) Sustainable Urban Development Planner for Climate Change Adaptation (SUDPLAN), ENVIP 2010 - Environmental Information Systems and Services – Infrastructures and Platforms, Bonn, Deutschland.
- Heindl, M., Hofbauer, P., Siligan, J. und Schweighofer, P. (2011): Kanalnetzbewirtschaftung Linz – 4 Jahre Betriebserfahrung, Aqua Urbanica 2011, 01.-03.05.2011, Graz, Niederschlags- und Mischwasserbewirtschaftung im urbanen Bereich, Schriftenreihe zur Wasserwirtschaft, TU Graz (2011), Band 62, S. 01 – 020. Graz, Österreich.

hydro-IT (2007) NIEDA - Die Niederschlagsdatenbank für Österreich - Manual Version 1.0.65, hydro IT, Innsbruck, Österreich.

IPCC (2007) IPCC Fourth Assessment Report (AR4); Climate Change 2007: Synthesis Report, http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_synthesis_report.htm; 2011-08-11, Genua, Schweiz.

Kjellström, E., Bärring, L., Gollvik, S., Hansson, U., Jones, C., Samuelsson, P., Rummukainen, M., Ullerstig, A., Willén, U. and Wyser, K. (2005) A 140-year simulation of European climate with the new version of the Rossby Centre regional atmospheric climate model (RCA3). *Reports Meteorology and Climatology* 108, 54.

Kleidorfer, M. and Rauch, W. (2011) An application of Austrian legal requirements for CSO emissions. *Water Science and Technology* 64(5), 1081-1088.

Mailhot, A. and Duchesne, S. (2010) Design Criteria of Urban Drainage Infrastructures under Climate Change. *Journal of Water Resources Planning and Management-Asce* 136(2), 201-208.

Morris, M.D. (1991) Factorial Sampling Plans for Preliminary Computational Experiments. *Technometrics* 33(2), 161-174.

Muschalla, D. (2008) Optimization of Integrated Urban Water Systems Using Multi-Objective Evolution Strategies. *Urban Water Journal* 5(1), 57-65.

Nakićenović, N., Alcamo, J., Davis, G., de Vries, B., Fenhann, J., Gaffin, S., Gregory, K. and Grübler, A. (2000) Special Report on Emissions Scenarios, Working Group III, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). , p. 595, Cambridge University Press, Cambridge, UK.

ÖWAV (2007) ÖWAV - Regelblatt 19 - Richtlinien für die Bemessung von Mischwasserentlastungen, 47 Seiten, Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband, Wien, Österreich.

Olsson, J., Berggren, K., Olofsson, M. and Viklander, M. (2009) Applying climate model precipitation scenarios for urban hydrological assessment: A case study in Kalmar City, Sweden. *Atmospheric Research* 92(3), 364-375.

R Development Core Team (2011) R: A language and environment for statistical computing, R Foundation for Statistical Computing, Wien, Österreich.

Roeckner, E., Brokopf, R., Esch, M., Giorgetta, M., Hagemann, S., Kornblüeh, L., Manzini, E., Schlese, U. and Schulzweida, U. (2006) Sensitivity of simulated

climate to horizontal and vertical resolution in the ECHAM5 atmosphere model.
Journal of Climate 19(16), 3771-3791.

Rossmann, L.A. (2007) Storm Water Management Model User's Manual, Version 5.0, p. 265, US EPA - United States Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH, USA.

Wendner, M. (2011) *Überprüfung, Anwendung und automatisierte Kalibrierung eines Kanalnetzmodells der Stadt Linz zur Bewertung nach ÖWAV Regelblatt 19 – Projekt SUDPLAN* Masterarbeit, Technische Universität Graz, Graz, Österreich.

Bezugsautoren

DI Dr. techn. Valentin Gamerith, Technische Universität Graz, Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau, Stremayrgasse 10/I. Tel.: 0316 873 8883, Fax: 0316 873 8376, E-Mail: gamerith@sww.tugraz.at

Ass.-Prof. DI Dr. techn. Günter Gruber, Technische Universität Graz, Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau, Stremayrgasse 10/I. Tel.: 0316 873 8373, Fax: 0316 873 8376, E-Mail: gruber@sww.tugraz.at