

**Nachhaltige Weiterentwicklung urbaner Wasserinfra-
strukturen unter sich stark ändernden
Randbedingungen (NAUWA)**



NAUWA – FOKUSTHEMA
Potenzielle Zunahme von Starkregen

***Auswirkungen des Klimawandels auf die Nachweisfüh-
rung der Überstausicherheit in der städtischen
Kanalisation (Beispiel Velbert)***

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI

Kommunal- und Abwasserberatung NRW GmbH

Emschergenossenschaft/Lippeverband (EG/LV)

Das im Zeitraum von März 2009 bis März 2012 durchgeführte Projekt NAUWA („Nachhaltige Weiterentwicklung urbaner Wasserinfrastruktur unter sich ändernden Randbedingungen“) hat sich mit der Frage befasst, wie die Kommunen bei der nachhaltigen Weiterentwicklung ihrer Wasserinfrastruktursysteme unter den sich stark ändernden Randbedingungen unterstützt werden können. Dazu wurde am Beispiel und unter direkter Beteiligung von vier Kommunen in NRW mit sehr unterschiedlichen Randbedingungen (Gelsenkirchen, Lünen, Velbert und Wachtberg) mit Hilfe von Szenarioworkshops erprobt, wie die Entwicklung einer solchen langfristig orientierten Strategie zur zukunftsfähigen Umgestaltung der Wasserinfrastruktursysteme auch unter den bestehenden Unsicherheiten hinsichtlich der künftigen Randbedingungen praktisch angegangen werden kann und wie konkrete Maßnahmen zu ihrer Umsetzung identifiziert werden können.

Die Fokuspapiere wurden spezifisch für eine im Rahmen des NAUWA-Projektes besonders drängende Fragestellung erarbeitet. Sie beschreiben den Stand des Wissens entsprechend der Zielsetzung von NAUWA und beziehen sich z.T. konkret auf die Situation in einer der vier beteiligten Kommunen. Es werden Lösungsansätze analysiert, die im Rahmen der Handlungsempfehlungen für die Kommunen aufgegriffen werden.

Autoren (Federführung):

Christian Flores, Matthias Weilandt (Emschergenossenschaft/Lippeverband)

Carmen Sauerwein (Technische Betriebe Velbert)

Mitarbeit:

Ulrich Stachowiak, Helga Saba (Gelsenkanal)

Harald Hiessl, Thomas Hillenbrand, Stefan Klug (Fraunhofer ISI)

Michael Lange, Stefan Vöcklinghaus (Kommunal- und Abwasserberatung NRW)

Das Projekt NAUWA wurde im Auftrag der West LB Stiftung Zukunft NRW durch das Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI in Kooperation mit der Emschergenossenschaft/Lippeverband sowie der Kommunal- und Abwasserberatung NRW unter Beteiligung der Kommunen Gelsenkirchen, Lünen, Velbert und Wachtberg durchgeführt. Weitere Informationen und Ergebnisse zum Projekt NAUWA finden Sie unter www.nauwa.de.

Karlsruhe/ Essen/ Düsseldorf, 2012

Inhalt

1	Motivation und Ausgangssituation	1
2	Sachstandsanalyse	1
3	Auswirkungen der Zunahme von Starkregen auf die Überstausicherheit im Stadtgebiet Velbert	5
3.1	Generalentwässerungsplan und Abwasserbeseitigungskonzept der Stadt Velbert.....	6
3.2	Leitfrage für ein zukunftsfähiges Entwässerungssystem in Velbert.....	7
3.3	Überstaunachweis unter Berücksichtigung des Klimawandels in Velbert	7
3.3.1	Modelltechnische Berücksichtigung des Klimawandels.....	8
3.3.2	Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse	8
3.3.3	Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel für die Stadtentwässerung Velbert.....	11
3.3.4	Weitere Arbeitsschritte und Abstimmungen	18
3.4	Zusammenfassung und Fazit.....	21
4	Literatur.....	22

1 Motivation und Ausgangssituation

Trotz erheblicher Unsicherheiten bei der Prognose zukünftiger Entwicklungen von Niederschlagsverteilung, -häufigkeit und -intensität besteht in der Fachwelt Einigkeit, dass eine Veränderung des Klimas stattfindet. Die erwarteten regional stark variierenden Änderungen werden Konsequenzen in allen Bereichen der Wasserbewirtschaftung und der Gewässernutzung haben [8].

Die Diskussion, ob und wie ein mögliches verändertes Niederschlagsverhalten zu einem Anpassungsbedarf der wasserwirtschaftlichen Planungsansätze führt und wie eine nachhaltige Auslegung der urbanen Wasserinfrastrukturen, gerade vor dem Hintergrund bestehender Unsicherheiten und ungewisser Projektionen, erfolgen kann, wird zum Teil kontrovers geführt.

Dem Ansatz einer vorsorgenden Berücksichtigung möglicher Ausprägungen des Klimawandels bei der Bemessung von Kanälen durch ein Herabsetzen der Bemessungshäufigkeiten nach DWA A 118, wie er in Bayern verfolgt wird [6], stehen verschiedene Fachmeinungen [2] [3] entgegen. Dabei haben die Diskussionen im Bereich Hochwassersicherheit in Gewässernähe, mit den Stichworten „Hochwasserrisikomanagement“ und „Vorsorgestrategien“ sicherlich einen anderen Stand erreicht, als die Diskussionen über mögliche Handlungsoptionen im Bereich der Kanalisation urbaner Siedlungsgebiete.

2 Sachstandsanalyse

Das Thema „Klimawandel und dessen Auswirkungen auf die Siedlungswasserwirtschaft“ wird seit Jahren von der Fachwelt diskutiert und in zahlreichen Veröffentlichungen und Forschungsvorhaben aufgegriffen. Das Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz NRW (MKUNLV) hat eine aktuelle Zusammenstellung von bereits abgeschlossenen Untersuchungen veröffentlicht [13], die den Sachstand und die wichtigsten Kernaussagen zum Klimawandel verdeutlichen.

Auch die DWA hat sich in 2010 umfassend dem Thema Klimawandel gewidmet. In [8] werden die möglichen Auswirkungen des Klimawandels konkret für die Wasserwirtschaft abgehandelt. Interessant ist, dass neben den Fachdisziplinen der Wasserwirtschaft (Hydrologie, Gewässerökologie, Wasserbau, Wasserversorgung, Siedlungsentwässerung) auch die wirtschaftlichen Aspekte sowie die Kommunikation und Kooperation berechtigterweise in eigenständigen Kapiteln aufgegriffen werden. Somit erhalten diese beiden Aspekte den für die tatsächliche Umsetzung der Anpassungsprozesse notwendigen Stellenwert.

In [1], [4], [5], [7] und [10] werden zahlreiche Handlungsoptionen aufgeführt, die die möglichen Auswirkungen auf den Klimawandel beeinflussen können. Die aus unserer Sicht relevanten sind hier nochmals aufgeführt. Ob diese Handlungsoptionen innerhalb einer Kommune Ziel führend und umsetzbar sind, müssen Einzelfalluntersuchungen unter Berücksichtigung der lokalen Randbedingungen zeigen.

a) Weiter wie bisher: Überflutungsschutz ist alleinige Aufgabe der Stadtentwässerung

- Aufweitung der Kanalisation
- Netzverknüpfungen (hydraulische Sanierung)
- Vorentlastung durch Regen- oder Notüberläufe
- Schaffung neuer (unterirdischer) Speicherräume
- (Abflusssteuerungskonzepte - Hinweis: Bei Starkregen sind diese nur bedingt geeignet).

b) Umsetzung von „no regret“ Maßnahmen (flexibel und erweiterbar)

- Rückbau versiegelter Flächen (Flächenabkopplung)
- Verbesserung der Versickerungseigenschaften von Flächen
- Schaffung oberflächiger Zwischenspeicher (Flächenmanagement mit Um- und Mehrfachnutzung)
 - Temporäre Nutzung privater Flächen
 - Temporäre Nutzung öffentlicher Freiflächen (Parkanlagen)
 - Temporäre Nutzung von Park-, Sport- oder Spielplätzen, öffentlichen Plätze
- Ausweisung von Notwasserwegen
 - Nebenstraßen und Wege als Notwasserwege und temporäre Wasserspeicher (Erhöhung von Bordsteinen, gezielte Abflussführung)
- Schaffung von Speicherflächen auf und in Gebäuden [10]
 - Umrüstung auf Gründächer

- Neubau von „Wasserdächern“
 - Um- bzw. Mehrfachnutzung von „Wasserkellern“ und Tiefgaragen
 - Abflussverzögerung durch oberflächige Wasserführung zum Kanal (Zwischenspeicherung)
- c) Maßnahmen der Informations- und Verhaltensvorsorge (Risikobewusstsein)
 - Informationen der Bürger über mögliche Gefahren
 - Beratung über möglichen Objektschutz
 - Beratung über Verhaltensregeln im Ereignisfall
 - Bereitstellung von Infrastruktur und Material im Ereignisfall
 - Beratung zu Versicherungslösungen/ Gemeinschaftsversicherungen
 - Entschädigung
 - Organisation Nachbarschaftshilfe
- d) Anpassung Regelwerke und gesetzliche Vorgaben
 - Gezielte Ausweisung von „Notwasserwegen“ in der Bauleitplanung
 - Anpassungen der kommunalen Entwässerungssatzung (Verschlechterung des Entwässerungskomforts zulassen)
 - Anhebung der „Rückstauenebene“ bzw. „Bezugsniveau“
 - Festschreibung des Objektschutzes bei Überstau (gesteuerte Verlagerung bzw. Verteilung von Zuständigkeiten zum Überflutungsschutz)
 - Verbindliche Abstimmung zwischen Regelwerken, Normen, Arbeitsblättern und Vorschriften
 - DIN EN 752 und DIN 1986
 - DIN EN 752 und RAS EAV
 - DIN EN 752 und Bauordnungsrecht
 - DIN EN 752 – A138
- e) Umdenken vom Sicherheitsdenken zum Risikodenken [2]

- Überflutungsschutz als kommunale Gemeinschaftsaufgabe
 - Abwasserbetrieb
 - Stadtplanung inklusive Grün- und Freiflächenplanung
 - Straßen- und Verkehrsplanung inklusive Betrieb
- Risikomanagement – Überflutung

f) Verbesserung der Planungsgrundlagen

Mit verbesserten Planungsgrundlagen können Auswirkungen resultierend aus dem möglichen Klimawandel besser untersucht und bewertet werden, um daraus dann mögliche Handlungsoptionen abzuleiten. Eine verbesserte Planungsgrundlage kann geschaffen werden durch:

- Kalibrierte Modelle
 - Niederschlags-Abflussmessungen (Volumenkalibrierung)
 - Betriebsdatenauswertung an Bauwerken (Volumenkalibrierung, Ereigniskalibrierung)
 - Wasserstandsmessungen in Schächten (Wasserstandskalibrierung)
 - Abgleich mit bekannten Überstauereignissen (Wasserstandskalibrierung)
- Fortschreibung langjähriger Niederschlagsreihen

Die statistische Absicherung der Planungs- und Nachweisrechnungen wird gesteigert, je länger und je aktueller die zur Verfügung stehenden Zeitreihen sind. Künftige Veränderungen, die durch den Klimawandel bedingt sind, können dadurch allerdings nicht erfasst werden, da es sich dabei nur um eine Vergangenheitsbetrachtung handelt.

- Radardaten

Anhand von Radardaten kann das qualitative Niederschlagsverhalten in einem Einzugsgebiet erkannt und bei der Bewertung von kritischen Entwässerungsbereichen herangezogen werden.

- Digitale Geländemodelle (DGM)

Können als Hilfsmittel dem Planer dienen um mögliche Fließwege des Wassers zu identifizieren und bewerten zu können. Ebenfalls

kann eine mögliche örtliche Überflutung, in Verbindung mit den rechnerischen Wassermengen aus dem Kanalnetzmodell, im DGM grob dargestellt werden, um eine Risikoabschätzung vorzunehmen. Aufgrund der meist groben Auflösung (1 bis 10 Meter Raster) sind die DGM allerdings nicht geeignet, um diese alleinig als Grundlage zur Überflutungsprüfung heranzuziehen.

- Geo-Daten für ein Geografisches Informationssystem (GIS)

Eine Verschneidung vielfältiger Flächeninformationen ermöglicht die Einbindung naturnaher Entwässerungskonzepte in die Maßnahmenentwicklung zum Überflutungsschutz

- Verbesserung der Klimamodelldaten für den Bereich der Stadtentwässerung
 - Kleinräumige, zeitliche Auflösung
 - BIAS Korrekturen ⇒ Anpassung der Klimamodelldaten an gemessene Daten im Referenzzeitraum 1961 – 2000

3 Auswirkungen der Zunahme von Starkregen auf die Überstausicherheit im Stadtgebiet Velbert

Mit den derzeitigen Maßnahmen im Generalentwässerungsplan (GEP) aus den Jahren 2002/2003 der Stadt Velbert wird ein hydraulisch saniertes Entwässerungssystem nach den a. a. R. d. T. ausgewiesen. Die Abarbeitung der dort aufgezeigten hydraulischen Sanierungen hat im Jahre 2003 begonnen und soll bis zum Jahr 2016 abgeschlossen sein. Die Sanierungsmaßnahmen gemäß GEP belasten den Velberter Haushalt für die Abschreibungszeit von 60 Jahren. Falls in 20 oder 30 Jahren die möglichen Auswirkungen des Klimawandels zeigen, dass eine erneute hydraulische Überlastung des Kanalnetzes vorliegt und noch nicht abgeschriebene Haltungen oder Kanalstränge erneut saniert werden müssen, steigt aufgrund des Wegfalls der Restbuchwerte die Belastung der Stadt und schließlich der Bürger deutlich. Die dann mögliche Kritik an der damaligen Planung wäre durchaus berechtigt. Daher sind die möglichen Auswirkungen des Klimawandels, wie es im Übrigen auch die DIN EN 752 fordert, bereits heute bei den Planungs- und Bemessungsrechnungen zu berücksichtigen. Die Untersuchung erfolgte mit einer hydrodynamischen Kanalnetzrechnung am Beispiel des Einzugsgebietes der Kläranlage Abtsküche in Heiligenhaus.

3.1 Generalentwässerungsplan und Abwasserbeseitigungskonzept der Stadt Velbert

Der GEP für das Stadtgebiet Velbert wurde in den Jahren 2002 bis 2003 aufgestellt. Dabei wurde das Stadtgebiet entsprechend der fünf Kläranlageneinzugsgebiete in fünf einzelne GEP aufgeteilt.

Zur Überprüfung der Leistungsfähigkeit des Kanalnetzes wurde die Regenreihe Angertal mit einer Aufzeichnungsdauer von 20 Jahren im Jahr 2002 verwendet. Aus dieser Reihe wurde eine partielle Starkregenserie erstellt. Die Überstausicherheit wurde gemäß DWA-A118 nachgewiesen. Für bestehende Kanäle wurde in Wohngebieten eine Wiederkehrzeit von $T_n = 3$ Jahren und in Gewerbegebieten von $T_n = 5$ Jahren angesetzt. Das Bezugsniveau für einen zulässigen Einstau des Kanalnetzes ist in Velbert die Gelände- bzw. Straßenoberkante. Die Überflutungsprüfung wurde gemäß DIN EN 752 durchgeführt. Kritische Überstauschächte mit einem Überstauvolumen von $> 50 \text{ m}^3$ für das Maximalereignis ($T_n = 64 \text{ a}$) der Regenreihe Angertal wurden vor Ort besichtigt und die Fließwege der Überstaumengen ermittelt. Sofern eine Gefährdung der Bebauung durch eine Überflutung aus dem Kanalnetz vorlag, wurde eine Sanierungsmaßnahme erarbeitet.

Bis Ende 2010 wurden 54 % der in den GEP ermittelten Maßnahmen mit einem Volumen von 18,9 Mio. € umgesetzt. Weitere 16,4 Mio. € sind bis 2016 zur Umsetzung der restlichen hydraulischen Maßnahmen zu investieren. Der GEP soll ab 2012 neu aufgestellt werden. Dafür sollen sinnvolle Ansätze zur Berücksichtigung des sich möglicherweise ändernden Niederschlagsverhaltens aufgrund des Klimawandels getroffen werden.

Gemäß Abwasserbeseitigungskonzept (ABK) 2003 wurden in den Jahren 2003 bis 2007 Gesamtinvestitionen in Höhe von rd. 45 Mio. € durchgeführt. Das ABK der Stadt Velbert wurde im Jahr 2008 für den Zeitraum 2008 bis 2013 fortgeschrieben. Die jährlichen Investitionen für bauliche und hydraulische Maßnahmen werden in diesem Zeitraum weitere 52 Mio. € betragen.

Der überwiegende Teil des Velberter Stadtgebiets wird im Mischverfahren entwässert. Aufgrund der bewegten Topographie und der geologischen Verhältnisse liegen schlechte Bedingungen zur Versickerung vor. Die besiedelten Flächen befinden sich bevorzugt in Höhen- und Hanglagen, so dass die Einleitung von Regenwasser in oberirdische Gewässer oder Ableitungsgräben den Bau langer Regenwasserkanäle erforderlich machen würde. Nah gelegene Gewässer sind überwiegend kleine Ober- und Quelläufe. Die Ableitung des Regenwassers von versiegelten Flächen in einem separaten Regenwassernetz ist daher eher selten.

Durch die Topographie weisen mehr als 30 % der Kanäle ein Gefälle größer 5 % auf. Hierdurch ist die Aktivierung von Speichervolumen im Netz nur im Bereich der Tallagen möglich. Durch die Hanglage ist es nahezu unvermeidbar, dass Bebauung durch oberflächlich „wild“ abfließendes Wasser gefährdet ist. So genannte „Notwasserwege“ wurden in der Vergangenheit selten frei gehalten. Bordsteinabsenkungen und tief liegende Garagenzufahrten und Hauseingänge stellen im Fall von Überflutungen weitere Gefahrenpunkte dar.

3.2 Leitfrage für ein zukunftsfähiges Entwässerungssystem in Velbert

In Zusammenarbeit mit den Technischen Betrieben Velbert AöR wurden für die Bearbeitung des Fokusthemas in Velbert folgende zentrale Fragestellungen entwickelt.

„Müssen die Bemessungsansätze für die Sanierung der städtischen Kanalisation in Velbert angepasst werden, damit die Kanalisation auch vor dem Hintergrund der möglichen Auswirkungen des Klimawandels zukünftig den allgemein anerkannten Regeln der Technik (Überstaunachweis) entsprechen?“

„Wie kann eine flexible Anpassung an den möglichen Klimawandel aussehen, ohne einen pauschalen Klimafaktor bei der Bemessung der Kanalisation vorzusehen?“

3.3 Überstaunachweis unter Berücksichtigung des Klimawandels in Velbert

Der Überstaunachweis gemäß DWA A 118 [9] stellt im Zusammenhang mit der in der Satzung festgelegten Rückstauenebene eine rechnerische Nachweisgröße für die Neuplanung und die Sanierung von Kanalnetzen dar. Der GEP 2002-2003 wurde mit Hilfe dieser Nachweisgrößen aufgestellt. Innerhalb von Wohngebieten ist eine Überstaufreiheit von $T_n \leq 3a$ und innerhalb von Gewerbegebieten $T_n < 5a$ nachzuweisen.

Wird nun unterstellt, dass der Klimawandel wie prognostiziert zunimmt und daraus ein verändertes Niederschlagsverhalten in der Zukunft resultiert, können die möglichen Auswirkungen modelltechnisch ermittelt werden. Es gibt grundsätzlich drei mögliche Szenarien für eine Veränderung des Niederschlagsverhaltens, die für die Kanalnetzbeurteilung relevant sein können:

1. Die **Häufung** von Starkregenereignissen **ohne eine Veränderung ihrer Intensität** hat nur einen Einfluss auf den Überstaunachweis.
2. Die **Zunahme der Intensität** der Starkregenereignisse **ohne Häufung** der Ereignisse hat sowohl Auswirkungen auf den Überstaunachweis als auch auf die Überflutungsprüfung.
3. Sowohl eine **Häufung als auch eine Zunahme der Intensität** der Starkregenereignisse bildet den „worst case“ ab und hat wie Fall 2 sowohl Auswirkungen auf den Überstaunachweis als auch auf die Überflutungsprüfung.

Fall 2 stellt derzeit die wahrscheinlichste Änderung des Niederschlagsverhaltens aufgrund des Klimawandels dar, so dass dieser Fall modelltechnisch aufbereitet und weiter untersucht wurde.

3.3.1 Modelltechnische Berücksichtigung des Klimawandels

Wie stark sich aufgrund des Klimawandels die Niederschlagsintensität verändert, kann aus den derzeitigen regionalen Klimamodellen nicht abgeleitet werden. Auch eine realistische Annahme für das kleinräumige Velberter Einzugsgebiet der Kläranlage Abtsküche ($A_{EK} = 473$ ha) ist derzeit nicht möglich.

Vorgeschlagen wird daher, für das Einzugsgebiet eine Sensitivitätsbetrachtung durchzuführen. Unter der Annahme, dass alle Modellparameter wie z. B. die Verlustansätze, die Verdunstungsrate sowie die Modelleingangsdaten, wie z. B. die abflusswirksame Fläche, die Niederschlagsanzahl und -dauern gleich bleiben, wurde als einzige Variable die Niederschlagshöhe und damit die Intensität gesteigert.

Im Vergleich zum Sanierungszustand (GEP 2000) kann somit das Netzverhalten unter steigender Niederschlagsbelastung analysiert und bewertet werden.

Als Steigerungsraten wurde eine pauschale Zunahme des Niederschlages von 10 % und 20 % über die gesamte Niederschlagsreihe angenommen. Das heißt, die gemessenen 5-Minuten Werte wurden jeweils um 10 % und 20 % erhöht.

Insgesamt liegt somit für die verwendete Station Angertal eine Steigerung der mittleren, jährlichen Niederschlagssumme von 817 mm/a auf 899 mm/a und 980 mm/a vor.

3.3.2 Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse

Wie zu erwarten war, nimmt die hydraulische Belastung des städtischen Netzes zu. Bei einer Zunahme der Intensität von +10 % sinkt an zusätzlich 28 Schächten die Über-

stausicherheit unter einer Jährlichkeit von $T_n = 3$ Jahren. Bei einer Intensitätssteigerung von +20 % sind es sogar 61 zusätzliche Schächte im Stadtgebiet. Gemäß [8] besteht somit ein Hinweis auf einen Sanierungsbedarf, sofern auch Beobachtungen vor Ort diese rechnerische Tendenz belegen. Abbildung 3-1 und Abbildung 3-2 zeigen die zusätzlichen Überstauschächte mit Sanierungsbedarf im Vergleich zum GEP Abtsküche.



Abbildung 3-1: GEP Abtsküche: Zusätzliche Überstauschächte „Klimawandel +10 %“ (ohne Maßstab)

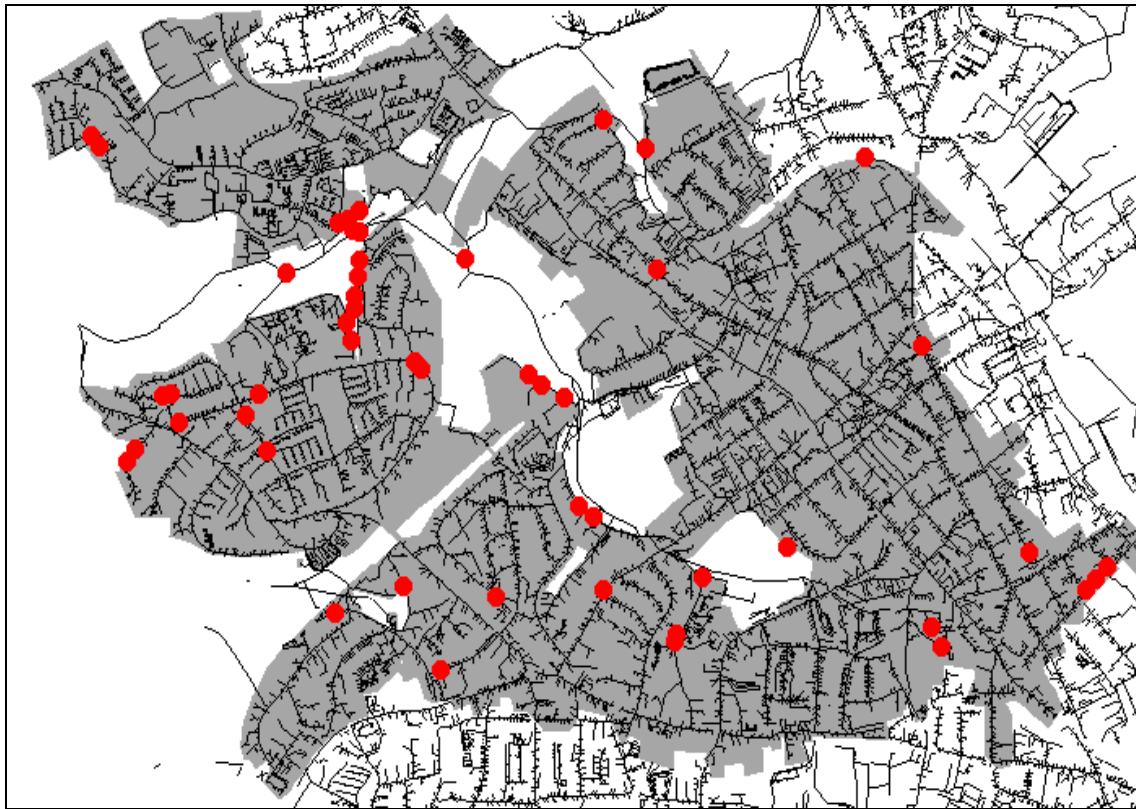


Abbildung 3-2: Abtsküche: Zusätzliche Überstauschächte „Klimawandel +20 %“ (ohne Maßstab)

Positiv ist die Erkenntnis, dass hinsichtlich der noch ausstehenden Sanierungsmaßnahmen gemäß GEP Abtsküche bei einer Steigerung des Niederschlags um 20 % bei keiner Maßnahme eine zusätzliche Aufweitung des Querschnitts erforderlich ist. Der Überstau nachweis gelingt nach wie vor, so dass ausreichende Reserven in der derzeitigen Dimensionierung enthalten sind (vgl. Abbildung 3-3).

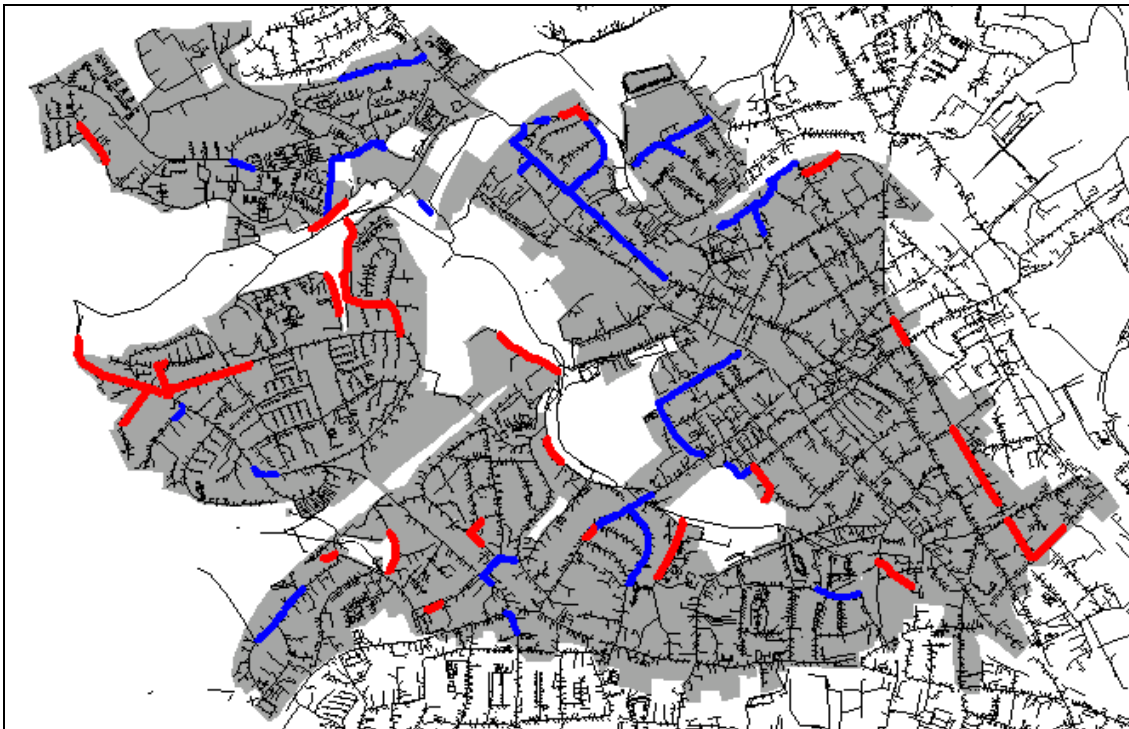


Abbildung 3-3: Darstellung der noch ausstehenden Sanierungsmaßnahmen GEP Abtsküche (blau) und der Sanierungsmaßnahmen „Klimawandel +20 %“ (rot) (ohne Maßstab)

Neben den im GEP definierten Maßnahmen kommen möglicherweise noch weitere hydraulische Sanierungen im Netz des Einzugsgebiets Abtsküche hinzu, wenn aufgrund des Klimawandels eine Intensitätssteigerung um 20 % eintritt. Die vorhandenen Reserven im bestehenden Netz reichen dann nicht mehr aus.

3.3.3 Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel für die Stadtentwässerung Velbert

Die Kenntnis der vom möglichen Klimawandel betroffenen Gebiete bzw. Kanalhaltungen ermöglicht es nun, verschiedene Anpassungsstrategien zu untersuchen.

Tabelle 3-1 zeigt eine Kostenschätzung für eine konventionelle Sanierung mittels Querschnittserweiterung in den betroffenen Kanalsträngen (26 Haltungen) mit einem Investitionsvolumen von ca. 5 Mio. €. Die Kostenansätze basieren auf Erfahrungswerten der Stadt Velbert und beziehen sich auf den erforderlichen Kanalquerschnitt bei einer mittleren Tiefe von 3 m. Hinzu kommen Verluste aus Abschreibungen bei einem Neubau der Kanäle vor Ablauf der Abschreibungsdauer. Wird bereits nach 10 Jahren neu gebaut, entsteht ein Verlust von 2,1 Mio. €. Zu diesen Kosten kommen nochmals Kosten für eine mögliche Sanierung der ebenfalls betroffenen Regenüberlaufbecken

(RÜB) und Regenrückhaltebecken (RRB) hinzu. Im Einzugsgebiet der Kläranlage Abtsküche befinden sich vier Standorte mit Sonderbauwerken. Es wird die Annahme getroffen, dass je Standort 1 Mio. € zu investieren ist. Zusätzliche Betriebskosten fallen nicht an, da die Kanäle und Sonderbauwerke bereits heute vorhanden sind.

Damit sind im Einzugsgebiet Abtsküche in Summe rd. 11 Mio. € für eine konventionelle Sanierung beim Szenario „Klimawandel +20 %“ zu veranschlagen.

Tabelle 3-1: Kostenberechnung Sanierung „konventionell“

Baukosten gemäß Berechnung:			<u>5.145.631,18</u>			
Schacht oben	Schacht unten	mittlere Tiefe [m]	DN	Länge [m]	Einzel (Berechnung) [€/m]	Gesamt (Berechnung) [€]
1	2	3	400	158	989	156.273
3	4	3	300	139	923	128.319
5	6	3	300	149	923	137.551
7	8	3	400	59	989	58.355
9	10	3	400	312	989	308.590
11	12	3	500	242	1.054	255.071
13	14	3	400	92	989	90.994
15	16	3	400	44	989	43.519
17	18	3	400	101	989	99.896
19	20	3	350	55	956	52.594
21	22	3	300	40	923	36.926
23	24	3	300	243	923	224.328
25	26	3	500	60	1.054	63.241
27	28	3	700	102	1.363	139.010
29	30	3	400	153	989	151.328
31	32	3	300	129	923	119.088
33	34	3	600	286	1.273	364.198
35	36	3	900	309	1.540	475.909
37	38	3	900	268	1.540	412.762
39	40	3	600	213	1.273	271.238
41	42	3	300	115	923	106.163
43	44	3	500	136	1.054	143.346
45	46	3	400	141	989	139.459
47	48	3	400	144	989	142.426
49	50	3	1.200	383	1.920	735.192
51	52	3	1.200	151	1.920	289.854

Dem konventionellen Sanierungsansatz wurde in einem ersten Schritt die flächendeckende Reduzierung der Abflüsse durch die Bereitstellung von dezentralem Retentionsvolumen gegenüber gestellt. Auch hierfür wurde eine Schätzung mit pauschalen Kostenansätzen erstellt.

Tabelle 3-2: Kostenschätzung Sanierung „alternative Rückhaltung“

Ereignis	Rang	Dat Anf	Uhr Anf	Dat Ende	Uhr Ende	Delta V	Tn	EP Retention	GP Retention
						m ³	a	€/m ³	€
84	1	28.08.1996	21:15	29.08.1996	18:55	41.764	65,1	300	12.529.109
28	2	20.08.2002	20:10	22.08.2002	11:55	35.453	24,4	300	10.635.913
96	3	24.09.1993	07:30	26.09.1993	02:15	34.412	15,0	300	10.323.674
10	4	02.07.1980	08:40	02.07.1980	22:05	32.702	10,9	300	9.810.729
29	5	03.06.1984	18:40	04.06.1984	18:15	32.136	8,5	300	9.640.771
56	6	13.05.1971	14:25	14.05.1971	04:20	31.422	7,0	300	9.426.481
11	7	03.08.2008	21:05	04.08.2008	07:30	31.189	5,9	300	9.356.680
106	8	17.11.2004	17:30	19.11.2004	12:05	29.719	5,1	300	8.915.620
88	9	01.07.1978	12:25	02.07.1978	18:05	28.690	4,5	300	8.606.891
25	10	27.06.1974	04:45	27.06.1974	16:20	27.233	4,1	300	8.170.034
100	11	28.05.1984	06:55	29.05.1984	02:15	26.690	3,7	300	8.007.004
104	12	06.05.2004	13:35	08.05.2004	03:50	26.140	3,4	300	7.841.983
73	13	08.08.2007	16:05	10.08.2007	05:30	25.689	3,1	300	7.706.726
74	14	29.09.1999	21:55	01.10.1999	03:00	25.324	2,9	300	7.597.194
86	15	12.12.2003	12:35	14.12.2003	17:15	25.055	2,7	300	7.516.385
92	16	14.09.1998	11:35	15.09.1998	10:00	24.965	2,5	300	7.489.415
87	17	21.10.1986	12:15	22.10.1986	17:00	24.274	2,4	300	7.282.218
89	18	09.09.1972	18:15	11.09.1972	02:35	23.504	2,2	300	7.051.136
79	19	20.07.1980	11:25	21.07.1980	15:45	23.409	2,1	300	7.022.692
64	20	07.06.1997	20:20	08.06.1997	23:25	23.205	2,0	300	6.961.478

Entsprechend der jeweiligen Jährlichkeit ($T_n = 5a, 3a$ und $2a$ (fett gedruckte Zeilen)) wurde ein Volumen aus der hydrodynamischen Kanalnetzrechnung ermittelt, das zurückgehalten werden muss, damit die hydraulische Belastung der Kanalisation den a. a. R. d. T. entspricht. Mit einem Kostenansatz von 300 Euro/m³ Rückhaltevolumen werden somit Investitionsvolumina zwischen 7 und 9 Millionen Euro ausgewiesen. Der Kostenansatz basiert ebenfalls auf Erfahrungswerten der Stadt Velbert für eine bauliche Ausführung von Retentionsräumen (Rückhaltekanäle, Rigolen, o. Ä.).

Exemplarisch für die Wiederkehrzeit von drei Jahren wurden Betriebskosten für die Unterhaltung der dezentralen Retentionsräume ermittelt. Bei einer durchschnittlichen Grundstücksgröße von 400 m² ist ein Retentionsvolumen von 6 m³ vorzuhalten. Es entstehen Unterhaltungskosten von 100 €/Jahr je Retentionsraum und Grundstück. Bei einer Abschreibungsdauer von 60 Jahren ergeben sich im Einzugsgebiet Abtsküche in Summe diskontierte Betriebskosten in Höhe von 12 Mio. €.

Im Summe sind für die flächendeckende, dezentrale Sanierung für ein Sanierungsziel $T_n=3a$ rd. 20 Mio. € zu veranschlagen.

Diese beiden Kostenberechnungen stellen jeweils die Extremvarianten bei einer stadtweiten, **pauschalen** Umsetzung von jeweils einer Maßnahmenart dar und verdeutlichen die „Zwickmühle“ für die planerische Berücksichtigung möglicher Auswirkungen des Klimawandels. Zum einen könnte die Investition von 11 Mio. Euro sinnvoll sein, wenn eindeutig abzuleiten wäre, dass die Veränderung des Niederschlagsverhaltens

auch wirklich in dieser Stärke und Verteilung so in dem Einzugsgebiet eintreten würde. Diese Annahme ist allerdings mit vielen Unsicherheiten behaftet und kann derzeit nicht mit den zur Verfügung stehenden Klimamodellen und Forschungsergebnissen im Bereich der Stadtentwässerung belegt werden.

Genauso ist es nicht möglich bzw. auch nicht notwendig, eine flächendeckende dezentrale Umsetzung von Rückhaltemaßnahmen im gesamten Einzugsgebiet anzustreben. Wenn zudem die Betriebskosten ebenfalls als Zusatzbelastung für die Stadtentwässerung anzusetzen sind, muss die Wirtschaftlichkeit dieser Anpassungsmaßnahme in Frage gestellt werden.

Eine Mischung aus beiden Anpassungsmaßnahmen kann eine Lösung für die Zukunft darstellen. Dabei können Gebiete ermittelt werden, in denen eine herkömmliche Sanierung die wirtschaftlichere Lösung gegenüber dezentralen Maßnahmen darstellt. Allerdings kann auch eine Betrachtung von Einzelmaßnahmen zeigen, dass durch die Umsetzung von „no regret“ Maßnahmen in der Fläche die hydraulische Belastung des Kanals erheblich reduziert werden kann. Dabei empfiehlt es sich, gemäß den örtlichen Verhältnissen und Potenzialen, kleinräumige Betrachtungen vorzunehmen.

Das Ziel, kurzfristig umsetzbare, flexible und somit auch anpassungsfähige Maßnahmen zu erarbeiten, die einen direkten Einfluss auf das Abflussverhalten an der Oberfläche (Oberflächenabfluss) oder im Kanal (Kanalabfluss) haben, muss frühzeitig mit allen Beteiligten abgestimmt und verbindlich festgelegt werden. Die Kommunikation und der Informationsaustausch spielen dabei eine entscheidende Rolle.

Am Beispiel des Teileinzugsgebietes „Asterweg“ in Velbert Birth sollen mögliche Maßnahmen aufgezeigt werden, die eine Abflussreduzierung bzw. –Verzögerung um 20 % bewirken können, um die Auswirkungen des Klimawandels in diesem Bereich zu kompensieren.



Abbildung 3-4: Teileinzugsgebiet A sternweg in Velbert

Aus einer ersten Ortsbesichtigung konnten die möglichen Vor- und Nachteile für die Umsetzung abflussreduzierender Maßnahmen erkannt werden

Tabelle 3-3: Gebietsbezogene Vor- und Nachteile für Abflussreduzierungsmaßnahmen

Straße	Vorteile	Nachteile	Mögliche Maßnahmen
A sternweg (1-22) Zeilenbebauung	<ul style="list-style-type: none"> • Zeilenbauweise • Fallrohre außen • Verfügbare Freiflächen • Wohnungsbaugesellschaft • Geringes Geländegefälle 		<ul style="list-style-type: none"> • Fallrohre kappen • Ableitung in Grünfläche • M1a) Versickerungsmöglichkeit prüfen • M1b) Abflussretention durch Muldensystem
A sternweg (1 -22) Einzelhäuser	<ul style="list-style-type: none"> • Flachdächer 	<ul style="list-style-type: none"> • Keine Freiflächen 	<ul style="list-style-type: none"> • B1) Gründächer
A sternweg (Stichstraße)	<ul style="list-style-type: none"> • Einzelhausbebauung • Mehrfamilienhäuser • Privatstraße baufällig • Hohe Versiegelung durch Parkplatzflächen 	<ul style="list-style-type: none"> • Privatstraße • Keine Freiflächen 	<ul style="list-style-type: none"> • Parkplatzflächen entsiegeln • Abflussretention durch Muldensystem und Notwasserwegen mit Anschluss an den MW-Kanal

Maßnahme 1 (M1): Sofern eine Versickerung zwischen den Mehrfamilienhäusern am Asternweg aufgrund der Geologie nicht möglich sein sollte, bieten die großzügigen Freiflächen zwischen den Häusern eine Möglichkeit, die Abflüsse der Dachflächen zunächst oberflächlich über ein neu zu planendes Mulden- und Grabensystem Richtung Straße zu führen. Dazu müssten die Anschlüsse der außen liegenden Fallrohre an die privaten Anschlussleitungen gekappt und die Abflüsse zunächst über eine Rinne in der gepflasterten Häuserzuwegung der Grünfläche dem Graben- und Muldensystem zugeführt werden. Über ein zentrales Einlaufbauwerk können pro Häuserblock dann die Abflüsse wieder in die letzte Haltung der privaten Anschlussleitung eingeleitet werden. Durch diese Maßnahme erhöht sich die Konzentrationszeit an der Oberfläche, und die Abflussspitze im Kanal kann erheblich abgeflacht werden.

Maßnahme 2 (M2): Sofern die Geologie eine Versickerung auf den Freiflächen zwischen den Mehrfamilienhäusern am Asternweg zulässt, können die Abflüsse vor Ort versickern und somit eine befestigte Fläche von ca. 2750 m² (2500 m² Dachflächen und 250 m² Wege) ganz von der Mischkanalisation abgekoppelt werden. Bei einem Kostenansatz für die Versickerungsanlagen von 22 Euro pro m² abkoppelbare Fläche [13] ergeben sich Kosten von ca. 60.000 Euro.

Maßnahme 3 (M3): Die auf der anderen Straßenseite befindlichen Einzelhäuser sind mit Flachdächern ausgeführt. Durch den Einsatz einer extensiven Dachbegrünung (max. 20 cm Bodenschicht) kann eine mittlere Abflussreduzierung von 50 % angenommen werden. Genauere Angaben zum Rückhaltegrad und den verschiedenen Ausführungen einer Dachbegrünung können z. B. aus [12] in einem weiteren Schritt entnommen werden. Die konkrete Planung muss unter Berücksichtigung der Gebäudestatik erfolgen.

Insgesamt könnten rd. 3000 m² Dachfläche entsprechend umgestaltet und begrünt werden. Mit einem mittleren Kostenansatz von rd. 33 Euro pro m² [13] entstehen Kosten von 99.000 Euro.



Abbildung 3-5: Maßnahmen M1 –M4 im Teileinzugsgebiet Asternweg

Maßnahme 4 (M4): Der private Teil des südlichen Asternwegs weist derzeit erhebliche Schäden an der Straßenoberfläche auf. Im Zuge einer möglichen Sanierung der Straßenfläche sollte ein versickerungsfähiger Belag vorgesehen werden. Insgesamt könnte so eine befestigte Fläche von ca. 1.555 m² abgekoppelt werden. Die Planung der Straßengradiente und der Stellflächen sollte dabei den Aspekt der Versickerungsfähigkeit in Abhängigkeit vom Gefälle berücksichtigen.

Unter der Annahme, dass die Straßensanierung ohnehin notwendig wird, wird davon ausgegangen, dass keine weiteren Kostenansätze für die Flächenabkopplung anfallen. Andererseits könnte ein Kostenansatz von ca. 60 Euro pro m² Flächenbefestigung [13] angenommen werden.

3.3.4 Weitere Arbeitsschritte und Abstimmungen

Die vorgeschlagenen Maßnahmen stellen Handlungsoptionen für eine mögliche Abflussreduzierung oder –retention im Teileinzugsgebiet Asternweg dar. Die Wirksamkeit dieser Maßnahmen wurde mittels hydrodynamischer Kanalnetzberechnung nachgewiesen.



Abbildung 3-6: Überstauverhalten nach Umsetzung der Maßnahmen M1 bis M4 im Bereich Asternweg (Fall Klimawandel + 20 %)

Am Beispiel des Asternweges wird eine kleinräumige Wirtschaftlichkeitsberechnung durchgeführt, um dezentrale und konventionelle Sanierungsstrategien zu vergleichen.

Die konventionelle Sanierung im Asternweg würde rd. 155.000 € kosten. Hinzu kommen Verluste aus Abschreibungen der in 2006 und 2008 sanierten Kanäle in Höhe von 8.000 €. In Summe kostet die Maßnahme 163.000 €.

Für die dezentrale Sanierung sind 2.965 m² Dachfläche zu begrünen, 1.750 m² befestigte Flächen über Muldenversickerung abzukoppeln. Hierdurch fallen geschätzt Kosten von insgesamt 159.000 € an. Die Erneuerung der 1555 m² Straßenfläche mit Sickerpflaster wird nicht zu den Kosten der Kanalsanierung hinzugerechnet, da davon ausgegangen wird, dass diese Kosten auch bei einer Instandsetzung der Straße anfallen.

Die hydrodynamische Berechnung belegt, dass durch die Umsetzung der Maßnahmen 2 bis 4 eine erhebliche Reduzierung der Abflussspitze im betroffenen Kanalstrang erreicht werden kann.

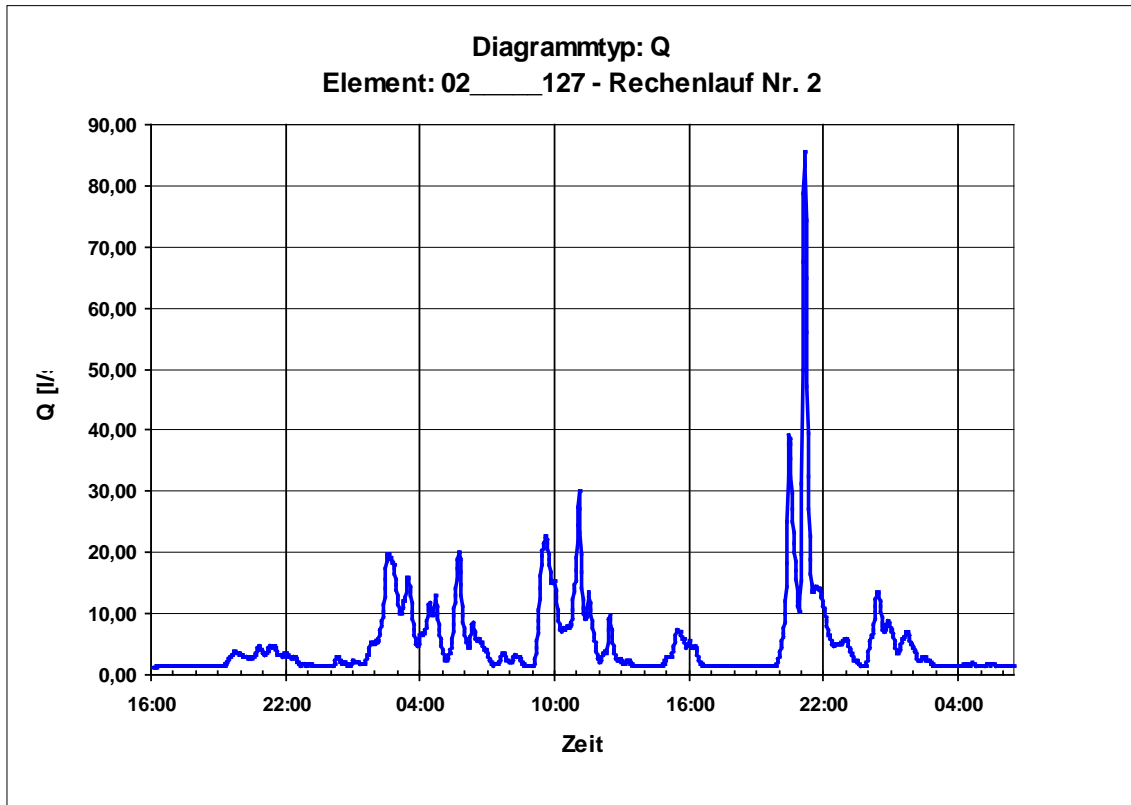


Abbildung 3-7: Abflusswelle Asternweg Ist-Zustand

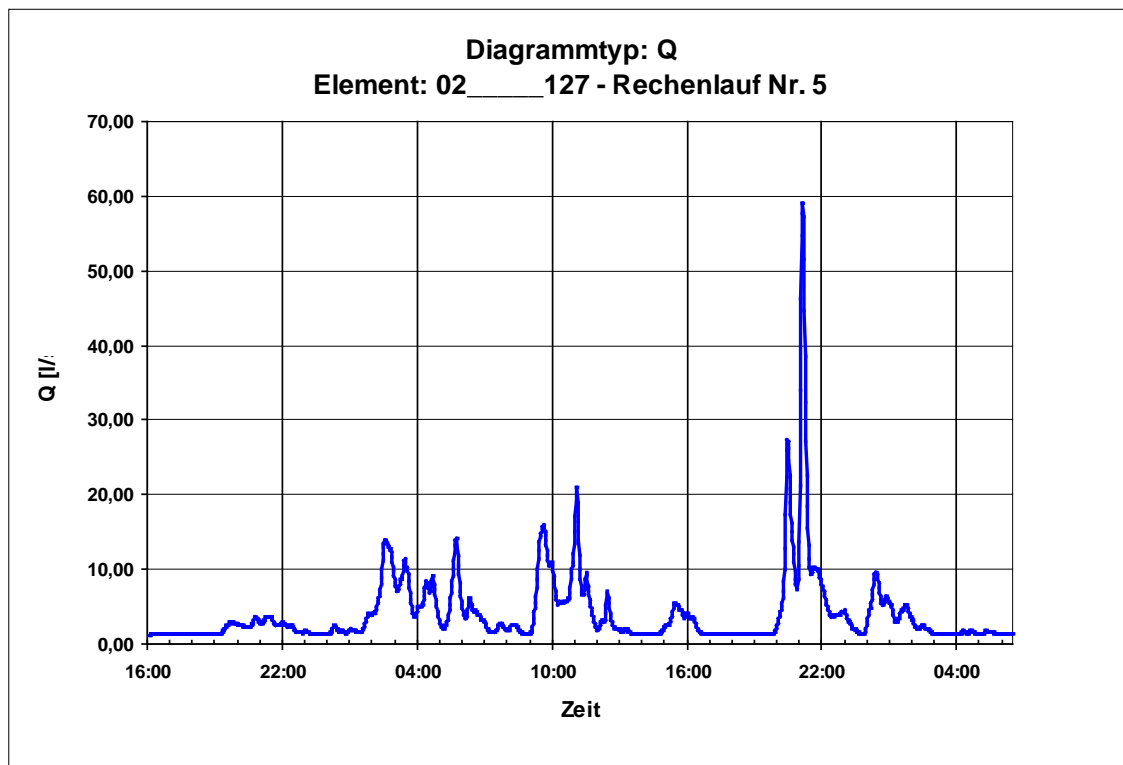


Abbildung 3-8: Reduzierte Abflusswelle Asternweg mit Maßnahmen M2 bis M4

Die Maßnahmen sind mit allen Beteiligten abzustimmen. Hierzu zählen dann auch die Anwohner an der Privatstraße und die Hauseigentümer der Einzelhäuser. In der Diskussion müssen die möglichen Auswirkungen des Klimawandels aufgezeigt und die Wirksamkeit der vorgeschlagenen Maßnahmen belegt werden.

Zusätzlich sind folgende Fragen durch die Technischen Betriebe Velbert in diesem Teileinzugsgebiet zu klären:

- Befreiung des Anschlussbenutzungszwanges für die Gebäude
- Konkretisierung der Maßnahmen (Grobkonzept)
 - Bodenkarte
 - Gebührenreduzierung
 - Ausführung Gründächer (Rückhaltevolumen)
- Kostenermittlung der konkreten Maßnahmen
- Prüfung der Erforderlichkeit einer wasserrechtlichen Erlaubnis
- Finanzierungsmodell/Förderprogramm
- Kontakt mit Eigentümern

3.4 Zusammenfassung und Fazit

Die Untersuchung für das Einzugsgebiet der Kläranlage Abtsküche hat gezeigt, dass weiterhin kein Anpassungsbedarf an die Bemessungsansätze für die bereits geplanten Sanierungsmaßnahmen der städtischen Kanalisation vorliegt, auch wenn eine Steigerung der Niederschlagshöhen/-mengen um 20 % vorliegen würde. Zusätzlicher Sanierungsbedarf entsteht erst, wenn eine Steigerung der Niederschlagsintensität eintritt.

Die kritischen Bereiche wurden mittels einer Sensitivitätsanalyse durch die hydrodynamische Kanalnetzrechnung ermittelt. Am Beispiel des Teileinzugsgebiets Asternweg wurden dezentrale Abkopplungsmaßnahmen erarbeitet, welche zeitlich flexibel umgesetzt werden können, ohne bereits sanierte Kanäle vorzeitig zu erneuern.

Unter dem Ansatz, dass im Zuge der Straßensanierung Asternweg ein versickerungsfähiger Straßenbelag zukünftig Anwendung findet und diese Kosten nicht der Kanalsanierung zugeschlagen werden, ergibt sich ein geringer Kostenvorteil durch die Umsetzung der dezentralen Maßnahmen von 155.000 Euro zzgl. der Verluste aus Abschreibungen zu 159.000 Euro.

Neben einer Reduzierung der Gewässerbelastung an den Regenwasserbehandlungsanlagen können auch die Betriebskosten auf der Kläranlage gesenkt werden:

Problematisch bei dezentralen Abkopplungsmaßnahmen sind grundsätzlich die Einbeziehung von Privateigentümern und die Flächenverfügbarkeit für Versickerungsanlagen oder Retentionsmulden. Hier besteht von Seiten der Stadt eine Informations- und Kommunikationsaufgabe, um die Notwendigkeit und die Wirksamkeit solcher Maßnahmen den betroffenen Bürgern aufzuzeigen. Zudem sind Eigentümer und Unterhaltungspflichtige für diese dezentralen Anlagen festzulegen. Auch die Refinanzierung der Investitions- und Unterhaltungskosten für diese Anlagen bleibt zu klären.

Die Vergleichsrechnung der Investitions- und Betriebskosten für die konventionelle und dezentrale Sanierungsstrategie im Einzugsgebiet der Kläranlage Abtsküche hat gezeigt, dass eine flächendeckende dezentrale Sanierung bei pauschalen Lösungs- und Kostenansätzen und unter Einbeziehung vergleichsweise hoher Betriebskosten höhere Gesamtkosten verursachen würde als die konventionelle Sanierungsstrategie. Dennoch kann im Einzelfall eine Kombination der Sanierungsstrategien zielführend sein und sollte immer in die Sanierungsüberlegungen einbezogen werden. Neben dem wirtschaftlichen Vergleich muss aber auch die positive ökologische Wirkung einer Flächenabkopplung im Gesamtsystem – beginnend mit Ableitungssystem und endend mit der zentralen Behandlung auf der Kläranlage und der Einleitung in das Gewässer – mit betrachtet werden.

Die teilgebietsbezogene Betrachtung ist einer pauschalen Betrachtung auf das gesamte Einzugsgebiet immer vorzuziehen, da die vorhandenen topographischen und baulichen Randbedingungen die Auswahl sinnvoller, kosteneffizienter Maßnahmen stark beeinflusst. Die Flexibilität dezentraler Maßnahmen ermöglicht erst diese notwendige, ortsbezogene Fallbetrachtung.

Die Überflutungsprüfung zur Bewertung und Abschätzung der schädigenden Wirkung der Wasseraustritte wurde in dieser Untersuchung nicht geführt, da die Leitfrage zunächst nur auf die Bemessungsansätze für den Überstaunachweis ausgelegt war. Bei weiteren Bearbeitungen dieser Fragestellung ist die Überflutungsprüfung gemäß DIN EN 752:2008 mit einzubeziehen.

4 Literatur

- [1] Hoppe, H.: Klimawandel und Kanalnetzberechnung (KUK) – Auswertung von Überflutungsereignissen in NRW und Hinweise zur Bemessung von Entwässerungssystemen vor dem Hintergrund des Klimawandels, Abschlussbericht Forschungsprojekt IF 18, LANUV NRW, 2. bearbeitete Auflage, Erkrath, 2010.
- [2] DWA, Klimawandel –Herausforderungen und Lösungsansätze für die deutsche Wasserwirtschaft, DWA-Themen, Hennef Mai 2010.
- [3] Schmitt, T.G.: Risikomanagement statt Sicherheitsversprechen, Korrespondenz Abwasser, Abfall, 2011, 58 (1), S. 40-49.
- [4] Pecher, K. H.; Hoppe, H.: Künftige Bemessung von Kanalisationen, Korrespondenz Abwasser, Abfall, 2011.
- [5] MKULNV: Klimawandel und Wasserwirtschaft, Maßnahmen und Handlungskonzepte in der Wasserwirtschaft zur Anpassung an den Klimawandel, Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, 1. Auflage, Januar 2011.
- [6] Bayrisches Landesamt für Umwelt: Bemessung von Misch- und Regenwasserkämen, Teil 1: Klimawandel und mögliche Anpassungsbedarf, Merkblatt Nr. 4.3/.
- [7] DWD:<http://www.deutscherwetterdienst.de/lexikon/index.htm?ID=S&DAT=Starkregen>

-
- [8] ATV-DVWK (2004): Bewertung der hydraulischen Leistungsfähigkeit bestehender Entwässerungssysteme, Arbeitsbericht der DWA-AG ES-2.1 „Berechnungsverfahren“ KA Abwasser Abfall, Heft 1/2004, S. 69-76.
 - [9] DWA (2006): „Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen“, DWA-Regelwerk, Arbeitsblatt A 118, Hennef, März 2006.
 - [10] MKULNV: Handbuch Stadtklima, Maßnahmen und Handlungskonzepte für Städte und Ballungsräume zur Anpassung an den Klimawandel, Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, Januar 2011.
 - [11] Bundesministerium für Verkehr, Bau – und Stadtentwicklung: Hochwasserschutzfibel – Objektschutz und bauliche Vorsorge, 3. überarbeitete und ergänzte Auflage, Berlin, Dez. 2010.
 - [12] FLL - Dachbegrünungsrichtlinie 2008, Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen, Forschungsgesellschaft, Landschaftsentwicklung, Landschaftsbau e. V. ISBN 978-3-940122-08-7.
 - [13] Adams, R.: Naturnahe Regenwasserbewirtschaftung in Gewerbegebieten, 2. Regenwassertage, Oktober 2003, Landau.