



Gralle & Partner

Beratende Ingenieure VBI



Nachhaltiges Wasserver- und Entsorgungskonzept

Klinikum Bremen-Mitte / Neues Hulsbergviertel

Erläuterungsbericht

Juni 2012

Projekt: 29.02

Ausfertigung:



Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Veranlassung	1
2. Lastfälle und Varianten	2
2.1 Regenwasser	2
2.2 Schmutzwasser	5
3. Datenbasis	7
3.1 Ist-Zustand der Wasserver- und Entsorgung	7
3.2 Flächen	8
3.3 Einwohner- und Nutzer	9
3.4 Frischwasser- und Schmutzwassermengen	9
3.5 Bemessungsdaten Regenwasser	10
3.6 Umgang mit Starkregenereignissen	11
3.7 Sonstige Planungsdaten	11
4. Zielsetzung Nachhaltigkeit	13
4.1 Qualitative Anforderungen	13
4.2 Quantitative Anforderungen	14
4.3 Strategien zum Erreichen der vorgegebenen Ziele	14
5. Regenwasserbewirtschaftung	17
5.1 Lastfall „Bemessung“	17
5.2 Lastfall „Starkregen“	18
5.3 Auswertung der Ergebnisse	19
5.4 Mulden- / Rigolensysteme	22
5.5 Option: dezentrale Speicher	24
5.6 Option: zentrale Speicher	26
5.7 Ablaufleitung zum Vorfluter „Weser“	26
5.8 RW-Bewirtschaftung von Starkregenereignissen	27
5.9 Anlagen	29
6. Schmutzwasserentsorgung und Wasserversorgung	31
6.1 Regenwassernutzung in Gärten	32
6.2 Regenwassernutzung in Gebäuden	32
6.3 Energetische Nutzung des Schmutzwassers	33
6.4 Schließen von Stoffkreisläufen	36
6.5 Wärmegewinnung aus Grauwasser	36
7. Kosten und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	39
7.1 Grundlagen der Kostenannahme und Kostenvergleichsrechnung	39
7.2 Kosten der Regenwasserbewirtschaftung	40
7.3 Kosten der Schmutzwasserentsorgung und Wasserversorgung	42
8. Zusammenfassung und Empfehlung	45



Anhang:

Übersicht der Lastfälle und Szenarien Regenwasserbewirtschaftung

Übersicht der Szenarien Schmutzwasserentsorgung

Grundlagen und Ergebnisse der Vorbemessung

Kostenschätzung / Kostenvergleichsrechnung

Plananlagen:

Lageplan Szenario a) / Stufe 0

Lageplan Szenario b) / Stufe 2

Schema Mulden- / Rigolensystem

Schema Höhenentwicklung Regenwasserableitung

Verwendete Abkürzungen:

BHKW	Blockheizkraftwerk
BGF	Brutto-Grundfläche
DN	Nennweite [mm]
DWA	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.
DWD	Deutscher Wetterdienst
DVGW	Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfachs e.V.
GRZ	Grundflächenzahl
LAWA	Länderarbeitsgemeinschaft Wasser
PKBW	Projektkosten-Barwert
RW	Regenwasser, Niederschlagswasser
SW	Schmutzwasser

1. Veranlassung

Derzeit wird der Teilersatzneubau des Klinikums Bremen-Mitte vorbereitet bzw. befindet sich in einer ersten Bauphase. Durch die Konzentration des Klinikums auf einer vergleichsweise kleinen Fläche wird zukünftig ein Grundstück von rd. 14 ha Fläche in innerstädtischer Lage frei. Die Grundstücksentwicklung Klinikum Bremen-Mitte GmbH & Co. KG (GEG) soll im Auftrag der Freien Hansestadt Bremen, vertreten durch den Senator für Umwelt, Bau und Verkehr, die zukünftige Nutzung und Neugestaltung dieser Fläche im Rahmen eines die Öffentlichkeit einbindenden Beteiligungsverfahrens veranlassen.

Die zukünftige Nutzung soll unter der Prämisse einer nachhaltigen Entwicklung erfolgen. Dies bezieht nicht nur die Art und Gestaltung der Gebäude und deren Technik, die Energieversorgung und weitere allgemein bekannte Aspekte, sondern auch die Wasserver- und Entsorgung mit ein. Sowohl die Errichtung von Anlagen als auch der Betrieb soll darauf abzielen, dass der Ressourcenverbrauch minimiert wird. Gleichzeitig sind jedoch Einbußen am Komfort und der Betriebssicherheit zu vermeiden.

Die vorliegende Untersuchung dient als eine von mehreren Grundlagen für die Entwicklung des städtebaulichen Rahmenplanes. Es sollen verschiedene Optionen der Wasserver- und Entsorgung unter technischen, finanziellen und ökologischen Gesichtspunkten geprüft und mögliche Lösungen im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung des Geländes aufgezeigt werden. Dabei wird das Thema „Regenwasser“ eine zentrale Bedeutung erhalten.

Gralle & Partner Beratende Ingenieure VBI wurde im Januar 2012 mit der Erarbeitung eines Konzepts zur nachhaltigen Wasserver- und Entsorgung des „Neuen Hulsbergviertels“ beauftragt. Nach der Vorstellung erster Überlegungen anlässlich der 4. Sitzung des Beteiligungsverfahrens am 01.02. 2012 sowie weiteren Abstimmungstermine mit dem Auftraggeber und weiteren Beteiligten wird das Konzept hiermit zur weiteren Verwendung vorgelegt.

2. Lastfälle und Varianten

In der vorliegenden Untersuchung erfolgt eine grundsätzliche Aufteilung der Bearbeitung in das Thema „Regenwasser“ sowie das Thema „Wasserver- und Schmutzwasserentsorgung“. Es werden verschiedene Lastfälle und Varianten betrachtet. Im Folgenden soll ein kurzer Überblick über die betrachteten Varianten gegeben werden.

2.1 Regenwasser

Ist-Zustand

Zum Vergleich wird der Ist-Zustand (Flächenversiegelung 40 – 50%, Ableitung in das Mischwassersystem) in Textform kurz bewertet. Aufgrund der gesetzlichen Situation bedarf die Beibehaltung des Mischwassersystems bei einer Neuordnung von Einzugsgebieten einer besonderen Überprüfung. Darüber hinaus entspricht das Mischsystem nicht dem Ziel der nachhaltigen Regenwasserbewirtschaftung auf dem Gelände.

Bemessungslastfall / Basisvariante

Als Basis der weiteren Betrachtung wird die Bemessung der öffentlichen Entwässerungsanlagen für den zukünftigen Bebauungszustand (Flächenversiegelung bis zu 66%) unter Berücksichtigung der gültigen Bemessungsansätze als Mindestanforderung durchgeführt. Grundsätzlich erfolgt die Bemessung der Anlagen zur Regenwasserableitung und –bewirtschaftung für ein 5-jähriges Regenereignis gemäß den geltenden technischen Regeln und Normen (DIN EN 752, DWA A - 118), wenn keine Überflutungsprüfung durchgeführt wird. Dieses Regenereignis wird als Bemessungslastfall bezeichnet, für den keine Überlastung der Anlagen auftreten darf.

Die zugehörige Regenspende, ermittelt aus den Daten des KOSTRA-Atlas¹, ist unten aufgeführt. Aufgrund der geringen Größe des Einzugsgebietes wird ein Regenereignis mit der Dauer von 5 Minuten gewählt.

- | | |
|---|--------------|
| <ul style="list-style-type: none">• Lastfall „Bemessung“: Regenspende $R_{(n = 0,2; D = 5 \text{ min})}$ | 257,9 l/s*ha |
|---|--------------|

In der Basisvariante soll der Anschluss der RW-Kanalisation an das umgebende Mischsystem erfolgen.

Um verschiedene Möglichkeiten für den Umgang mit dem Regenwasser zu verdeutlichen, werden als weitere Varianten der Bemessung die folgenden Situationen betrachtet:

Vorflutersituation

Da die Versickerungsfähigkeit des Untergrundes auf dem Gelände begrenzt bzw. in einigen Bereichen so gut wie nicht vorhanden ist und um die Einleitung des Regenwassers in das Mischsystem vermeiden zu können, muss eine geeignete Vorflut gefunden werden. Die „Weser“ als hydraulisch aufnahmefähiger Vorfluter bietet sich in diesem Fall an.

Bei allen im Folgenden beschriebenen Varianten und Szenarien wird vorausgesetzt, dass auf dem Gelände ein Trennsystem eingerichtet wird und die Ableitung in den Vorfluter „Weser“ in stark gedrosselter Form im freien Gefälle ($Q_{\max} = 30 \text{ l/s}$) oder mit Unterstützung durch ein Pumpwerk ($Q_{\max} = 90 \text{ l/s}$) erfolgt. Der Abschlag von Niederschlagswasser in das umgebende Mischsystem soll nicht stattfinden. Die Wahl der genannten Abschlagsmengen erfolgt aufgrund der Vordimensionierung einer Ablaufleitung auf die Nennweite DN 300.

Oberflächenstruktur

Unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten ist eine möglichst weitgehende Vermarktung von Flächen anzustreben. Deswegen wird das Quartier im Vergleich zu heute zukünftig dichter bebaut sein. Dabei wird sich bei herkömmlicher Herangehensweise der Anteil von versiegelten Flächen erhöhen, was einen erhöhten Regenwasseranfall bedeuten kann.

Die vorgenannte Basisvariante mit dem Bemessungslastfall $n = 0,2$ wird deswegen unterteilt in drei verschiedene Abstufungen (**Stufe 0, 1 und 2**). Diese unterscheiden sich hinsichtlich der Oberflächengestaltung, welche sich auf den Abflussbeiwert und damit auf die abflusswirksame Niederschlagsmenge auswirkt. Dabei geht es vor allem um die Durchlässigkeit von Verkehrs- und Erschließungsflächen, die Gestaltung von privaten Freiflächen sowie die Dachgestaltung der neuen Bebauung.

Stufe 0 stellt eine konventionelle Lösung dar, die mit herkömmlichen Methoden auskommt und so einen vergleichsweise hohen Spitzenabfluss zum Resultat hat. Dachflächen im Neubaubereich werden als konventionelles Hartdach mit hohem Abflussbeiwert ausgeführt. Öffentliche Erschließungsflächen (Straßen, Gehwege, Plätze) werden hauptsächlich mit Asphalt (75%) und nur in geringem Umfang mit teildurchlässigem Pflaster (25%) ausgeführt. Als Grundlage der überschlägigen Vorbemessung ergibt sich ein maximaler Versiegelungsgrad von 66% in Stufe 0, bezogen auf das gesamte Gelände.

Stufe 1 sieht im Neubaubereich hinsichtlich der Dachflächen zur Hälfte Gründächer mit einer hohen Retentionswirkung vor. Dies entspricht einem Anteil von ca. $2/3$ der gesamten Dachfläche. Der Asphaltanteil der öffentlichen Erschließungsflächen wird auf die Flächen begrenzt, die einer etwas erhöhten Verkehrsbelastung ausgesetzt sein werden. Es wird ein Anteil von 50% angenommen. Der Rest der öffentlichen Verkehrsflächen soll mit teildurchlässigem Pflaster ausgestattet werden. Bei der Ausführung von versiegelten Gartenflächen werden hohe Anforderungen an die Durchlässigkeit gestellt. Es ergibt sich ein maximaler Versiegelungsgrad von 52% für die Stufe 1.

Stufe 2 geht noch einen Schritt weiter und sieht im Neubaubereich grundsätzlich retentionsfähige Dachbedeckungen in Form von Gründächern vor. Nur die Dächer des Gebäudebestands bleiben unangetastet. Öffentliche Erschließungsflächen werden wie in Stufe 1 maximal zu 50% als Asphaltflächen ausgeführt. Auch hier gelten hohe Anforderungen an die Durchlässigkeit von versiegelten Gartenflächen. Es ergibt sich ein maximaler Versie-

gelungsgrad von 40% in der Stufe 2. Das sich Gründächer und andere Nutzungsarten nicht gegenseitig ausschließen, verdeutlicht das nebenstehende Beispiel einer extensiven Dachbegrünung mit gleichzeitiger Nutzung durch Photovoltaikelemente.



Flächenverfügbarkeit

Die Art, Größe, Anzahl und örtliche Anordnung von Elementen der Regenwasserbewirtschaftung (RWB) wird darüber hinaus unter unterschiedlichen Zielsetzungen hinsichtlich der Flächenverfügbarkeit betrachtet (Szenario a, b und c).

Szenario a sieht eine Regenwasserbewirtschaftung in der Fläche vor. Das bedeutet, dass das anfallende Niederschlagswasser vorerst ungeachtet des tatsächlichen Versickerungspotentials komplett über Mulden mit Überläufen in darunter liegende Rigolen und das Kanalnetz abgeleitet wird. Spitzenmengen werden in ggf. erforderliche RW-Speicher abgeschlagen und zeitverzögert in den Vorfluter abgeleitet oder gepumpt. So kann ein relativ großer Teil des Niederschlagswassers versickert werden und es wird eine gute Retentionswirkung erzielt.

Ziel dieses Szenarios ist es, zu zeigen, welche Auswirkungen sich auf die Flächenverfügbarkeit ergeben. Eine Bewertung, ob dieses Szenario überhaupt in dieser Konsequenz weiter verfolgt werden soll, muss an anderer Stelle erfolgen. Ebenso ist die konkrete Versickerungsfähigkeit an den vorgesehenen Standorten vor der weiteren Planung nachzuweisen.

Szenario b sieht eine deutlich geringere Beanspruchung der Freiflächen vor. Es werden nur öffentliche Flächen als für die RWB nutzbare Flächen in Anspruch genommen. Dies kann erreicht werden, indem Dachabläufe direkt an Rigolen und RW-Speicher angeschlossen werden und nur Erschließungs- und Freiflächen über Mulden- / Rigolensysteme entwässern.

Szenario c schließlich verzichtet komplett auf Mulden als Element der RWB, um eine maximale Flexibilität bei der Flächenverfügbarkeit zu erhalten. Alle Abläufe werden an Rigolen, Speicher und Zisternen angeschlossen.

Starkregenereignis

Um die Entwicklung der letzten Jahre mit einer wissenschaftlich zwar noch nicht endgültig abgesicherten, anhand von Aufzeichnungen aber erkennbaren Tendenz zur Häufung von

Starkregenereignissen zu berücksichtigen, wird in Abstimmung mit den beteiligten Stellen ein Regenereignis $n = 0,03$ (1-mal in 30 Jahren) als Vergleichslastfall verwendet.

- Lastfall „Starkregen“: $R_{(n = 0,03; D = 5 \text{ min})}$

313,7 l/s*ha

Dadurch soll aufgezeigt werden, welche über den eigentlichen Bemessungsfall ($n = 0,2$) hinausgehenden Maßnahmen baulicher oder organisatorischer Natur ergriffen werden müssen bzw. können, um Schäden an Gebäuden und anderen Einrichtungen zu vermeiden und welche Auswirkungen dies auf Aspekte wie Flächenverfügbarkeit, Wirtschaftlichkeit oder Nachhaltigkeit hat. Es werden ebenfalls die oben genannten Varianten untersucht, in der Auswertung erfolgt jedoch eine Eingrenzung auf wenige exemplarische Varianten.

Im Anhang ist eine Tabelle beigefügt, die die verschiedenen Varianten sowie ihre grundlegenden Merkmale in einer Übersicht zeigt.

2.2 Schmutzwasser

Ist-Zustand

Das Heranziehen des Ist-Zustandes in den Vergleich ergibt im Falle der SW-Entsorgung wenig Sinn, da zum Einen das vorhandene Mischwasserkanalnetz mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit nicht weiter verwendet werden kann (s. auch Kap. 3.1) und sich die Bauungs- und Nutzerstruktur des Geländes stark ändert.

Lastfall „Bemessung“ / Basisvariante

Als Basis der weiteren Betrachtung wird die Vorbemessung der Schmutzwasserkanalisation anhand der im weiteren Verlauf genannten Nutzerzahlen und –struktur sowie gemäß den Vorgaben des DWA Arbeitsblattes A 110 durchgeführt. Darüber hinaus erfolgt keine weitere Differenzierung der Nutzerzahlen. Die Nennweite der SW-Kanalisation wird vorerst als Mindestnennweite DN 250 vorgesehen. Auch beim Schmutzwasser werden jedoch verschiedene Abstufungen des Konzepts im Sinne der Nachhaltigkeit vorgenommen.

Stufe 0 sieht die (geringfügige) Reduzierung des Frischwasserverbrauchs durch Regenwassernutzung in den Gärten und durch haustechnische Installationen nach dem Stand der Technik vor. Durch Letzteres ergeben sich automatisch etwas geringere Abwassermengen, die über das Kanalnetz zu einer Kläranlage abgeführt werden müssen und die Anlagen hydraulisch belasten.

Stufe 1 erweitert die RW-Nutzung neben den Gärten und ggf. öffentlichen Grünanlagen auch auf die Haushalte, die über Zisternen und ein entsprechendes Leitungsnetz die Toilettenspülung mittels Regenwasser abdecken. Darüber hinaus sollen die haustechnischen Installationen und Haushaltsgeräte extrem wassersparend ausgelegt werden. Dadurch erfolgt

eine weitere Reduzierung des Frischwasserverbrauchs mit den entsprechenden Auswirkungen auf die nachfolgenden Einrichtungen der Abwasserentsorgung (Stufe 1a).

Es erfolgt eine weitere Differenzierung (Stufe 1b) bezüglich der Abwärmenutzung im Schmutzwasserkanal über einen Wärmetauscher und eine Wärmepumpe.

Stufe 2 weist keine RW-Nutzung in den Haushalten mehr auf, dafür soll eine Trennung zwischen Schwarz- und Grauwasser erfolgen. Die im Schwarzwasser (und in Küchenabfällen) befindlichen Inhaltsstoffe und Energiegehalte sollen in einer Vergärung und Gaserzeugung genutzt werden. Das Grauwasser soll wie bereits in Stufe 1b über einen Wärmetauscher abgeleitet werden, um die darin enthaltene Wärme nutzen zu können.

Eine detailliertere Beschreibung vor allem der Stufe 1 und 2 erfolgt im Kapitel 6. Eine Tabelle mit den grundlegenden Merkmalen der betrachteten Abstufungen ist im Anhang beigefügt.

Es soll an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass im Rahmen dieser Studie nur eine grobe Vorbemessung von Anlagen sowohl der Regenwasser- als auch der Schmutzwasserentsorgung erfolgt, die eine grundlegende Aussage zu technischen und wirtschaftlichen Auswirkungen einzelner Varianten oder Szenarien zulässt sowie Lösungsmöglichkeiten aufzeigen soll. Entsprechend wird mit der Abschätzung des potentiellen Energieertrags verfahren, die auf allgemeinen Ansätzen beruht.

Eine Bemessung im technischen Sinne ist Aufgabe weiterer Bearbeitungsschritte. Ebenso verhält es sich mit der Detaillierung der Kostenbetrachtung.

3. Datenbasis

Seitens des Auftraggebers wurden verschiedene Planungsgrundlagen übergeben. Dazu gehören die im Folgenden genannten und zum Teil näher beschriebenen Unterlagen und Kenngrößen. Sofern keine konkreten Angaben vorlagen, wurden diese in Abstimmung mit dem Auftraggeber abgeschätzt.

Über die genannten Angaben und Unterlagen hinaus werden verschiedene Standardwerke zur Bemessung von Anlagen zur Wasserver- und Entsorgung sowie zur Ermittlung für Niederschlagsmengen herangezogen. Darunter fallen verschiedene Arbeits- und Merkblätter der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) sowie Arbeitsblätter der Deutschen Vereinigung des Gas- und Wasserfachs e.V. (DVGW), welche als Ergänzung der technischen Normen die allgemein anerkannten Regeln der Technik (aaRdT), den Stand der Technik (SdT) sowie Erfahrungen aus Planung und Betrieb wieder spiegeln.

3.1 Ist-Zustand der Wasserver- und Entsorgung

Durch die historisch gewachsene Bebauung mit großen Freiflächen zwischen den Gebäuden ist der Versiegelungsgrad des Gesamtgeländes relativ gering. Er wird auf Basis des Luftbildes auf ca. 40 – 50% abgeschätzt (hanseWasser, Oktober 2011).

Zukünftig ist aufgrund der angestrebten dichteren Bebauungsstruktur mit einem höheren Versiegelungsgrad zu rechnen. Dieser kann gemäß der momentan vorgesehenen Flächennutzung bis zu 66% betragen. Infolge dessen kann sich die abzuleitende oder in anderer Form zu bewirtschaftende Regenwassermenge deutlich erhöhen (s. Anhang).

Die Wasserversorgung des Geländes erfolgt über zahlreiche Anschlüsse an das Netz der swb-Netze GmbH. Das private Versorgungsnetz auf dem Gelände ist historisch mit der Bebauung gewachsen und entsprechend zerklüftet. Die Leitungsnennweiten liegen zwischen DN 40 und DN 150, so dass davon ausgegangen werden kann, dass die reinen Nennweiten auch zukünftig für die Wasserversorgung ausreichen können. Über den Zustand der Leitungen liegen derzeit keine detaillierten Angaben vor. Die Lage entspricht weitgehend nicht den Anforderungen der dieser Ausarbeitung zugrunde liegenden Flächennutzung.

Die Schmutz- und Regenwasserableitung erfolgt über ein grundstückinternes privates Kanalnetz mit Nennweiten zwischen DN 100 und DN 350. Das bestehende Netz verfügt über eine Vielzahl von Anschlüssen an die öffentliche Mischwasserkanalisation. Das Entwässerungsnetz besteht zum Teil aus Schmutzwasser-, aus Regenwasser- sowie aus Mischwasserkanälen. Über den Zustand der einzelnen Haltungen ist wenig bekannt. Aus den Erfah-

rungen mit vergleichbaren (privaten) Netzen kann davon ausgegangen werden, dass die Kanalhaltungen in weiten Teilen sanierungsbedürftig sind.

Die örtliche Lage der Kanalisation ist historisch mit der Bebauung gewachsen und entspricht nicht den Anforderungen der dieser Ausarbeitung zugrunde liegenden vorgesehenen Flächennutzung. Über die genaue Höhenlage und die Sohlgefälle der Haltungen kann mangels vorliegender Detailinformationen derzeit keine Aussage getroffen werden.

Aufgrund der reinen örtlichen Lage der Kanalisation in Bezug auf die vorgesehenen Baufelder muss davon ausgegangen werden, dass die weitere Verwendung nur in relativ kleinen Abschnitten überhaupt möglich ist. Eine Integration vorhandener Haltungen in ein neues Kanalnetz ist darüber hinaus in der Regel mit einem vergleichsweise hohen Aufwand verbunden. Auch ist es wenig sinnvoll, eine Neuplanung auf wenige vorhandene Abschnitte des Kanalnetzes auszurichten.

Aus diesem Grunde wird bei der vorliegenden Betrachtung davon ausgegangen, dass das Kanalnetz komplett ersetzt wird.

Das Gelände weist momentan einen leichten Tiefpunkt ungefähr in Geländemitte auf, wobei in der Gesamtbetrachtung die Topographie leicht abfallend in nord-westlicher Richtung verläuft. Detaillierte NN-Höhen liegen derzeit nicht vor. Bei zukünftigen Planungen ist darauf zu achten, dass der vorhandenen Geländestruktur Rechnung getragen wird. Alternativ kann das Gelände in Teilbereichen bei der Neuordnung leicht erhöht werden, um nicht unterhalb der Rückstauenebene der umgebenden Kanalisation zu liegen, was gemäß der vorliegenden Studie von hanseWasser der Fall ist.

3.2 Flächen

Aus einer immobilienwirtschaftlichen Machbarkeitsstudie (HH Team-Studie) wurden die nachfolgenden Eckdaten bezüglich der Flächen übernommen. Die zur Verfügung stehende Gesamtfläche umfasst rd. 13,9 ha. Davon werden ca. 2,11 ha als Erschließungs- und Verkehrsflächen vorgesehen. Von der restlichen Fläche sollen ca. 0,88 ha als öffentliche Grünflächen Verwendung finden. Die verbleibende Fläche verteilt sich auf die Baufelder „Neubau“ (61%) und Baufelder „Bestand“ (39%). Die Grundflächenzahl (GRZ) der Baufelder „Neubau“ soll 0,6 nicht überschreiten.

• Gesamtfläche	ca. 13,90 ha
• Verkehrsflächen	ca. 2,11 ha
• Öffentliche Grünflächen	ca. 0,88 ha
• Baufelder „Neubau“ + „Bestand“	ca. 10,91 ha

Als Grundlage der im Anhang aufgeführten Bemessung wurden in Abstimmung mit dem Auftraggeber die zum damaligen Zeitpunkt bekannten, geringfügig abweichenden Flächen-

größen verwendet. Die grundlegende Tendenz der Aussagen dieser Studie bleibt jedoch die gleiche.

Die in den Stufen 0 bis 2 verwendeten Abflussbeiwerte zur Ermittlung der RW-Mengen ergeben sich aus den Annahmen der Oberflächengestaltung, wobei zwischen Dachflächen, öffentlichen Erschließungsflächen und privaten Erschließungs- und Freiflächen unterschieden wird. Diese sind im Detail im Anhang aufgeführt.

3.3 Einwohner- und Nutzer

Neben einer Wohnbebauung soll auch eine Nutzung durch ein für Wohngebiete verträgliches Gewerbe sowie Dienstleitungen möglich sein. Die bisher bekannte Flächenaufteilung sieht ein leichtes Übergewicht des Gewerbe- und Dienstleistungsanteil vor, was sich jedoch je nach Möglichkeit der weiteren Nutzung von Bestandsgebäuden noch verschieben kann. Über zukünftige Einwohnerzahlen liegen naturgemäß noch keine verlässlichen Angaben vor. Diese werden anhand der vorgesehenen Flächen abgeschätzt.

Bislang werden rd. 60.000 m² Brutto-Grundfläche (BGF) für Wohnnutzung sowie rd. 80.000 m² BGF für gewerbliche und dienstleistungsorientierte Nutzung vorgesehen. Auf dieser Basis wird die Zahl der zukünftigen Bewohner des Viertels mit rd. 1.000 E angesetzt, die der sonstigen Nutzer (Beschäftigte etc.) mit rd. 1.200 Personen.

• zukünftige Anwohner	1.000 E
• zukünftige Beschäftigte	1.200 B

3.4 Frischwasser- und Schmutzwassermengen

Auf Basis der oben genannten Einwohner- und Nutzerzahlen werden die Wasserverbrauchs- und Schmutzwassermengen unter Verwendung allgemeiner Mengenansätze ermittelt. Diese Mengenansätze ergeben sich aus statistischen Aufzeichnungen der Versorgungsunternehmen sowie den Angaben der DWA.

Der Wasserverbrauch wird vorerst gemäß den allgemeinen Verbrauchswerten angesetzt. Ob diese Menge durch Frischwasser aus dem öffentlichen Versorgungsnetz oder durch Regenwasser abgedeckt wird, wird in den unterschiedlichen Szenarien detaillierter betrachtet.

• Frischwasserverbrauch häuslich (120 l/E*d)	43.800 m ³ /a
• Frischwasserverbrauch gewerblich (Ansatz 25%, 220 d/a)	8.000 m ³ /a
• Frischwassermenge gesamt	51.800 m ³ /a

Eine entsprechende Menge fällt demzufolge als Schmutzwasser an, da das Frischwasser mit geringen Abzügen für den Verbrauch zum Verzehr oder für die Gartenbewässerung als Schmutzwasser abgeleitet wird.

In den weiteren Abstufungen der Betrachtung (Stufe 0 bis 2) werden diese Mengen in unterschiedlicher Höhe durch Regenwasser ersetzt bzw. der Verbrauch durch den Einsatz wassersparender Technologien verringert.

• Schmutzwassermenge häuslich (120 l/E*d)	43.800 m ³ /a
• Schmutzwassermenge gewerblich (Ansatz 25%, 220 d/a)	8.000 m ³ /a
• Schmutzwassermenge gesamt	51.800 m ³ /a

3.5 Bemessungsdaten Regenwasser

Die Regenwassermenge wird anhand von aufgezeichneten Daten des DWD in Form von Starkniederschlagshöhen (KOSTRA) ermittelt. Dabei werden für die grundsätzliche Bemessung die aufgrund der technischen Normung zu verwendenden Häufigkeiten von Niederschlagsereignissen betrachtet.

Für die Bemessung von Entwässerungseinrichtungen ist gemäß den gültigen technischen Normen und allgemein anerkannten Regeln der Technik (aaRdT), welche sich im Merkblatt DWA - A 118 widerspiegeln, ein Regenereignis mit $n = 0,2$ (1-mal in 5 Jahren) anzusetzen.

Die Benennung konkreter Abflussmengen zum jetzigen Zeitpunkt ist schwer möglich, da dies eine detaillierte Bemessung über ein Niederschlags-/Abflussmodell voraussetzt. Je nach Zielsetzung sind Niederschlagsereignisse verschiedener Dauer für die Bemessung relevant. Für die Vorbemessung der Kanalisation wird von einem Regenereignis von 5-minütiger Dauer ausgegangen, da das Einzugsgebiet relativ klein ist. Für die Vorbemessung von Retentions- und Versickerungseinrichtungen sind längere Niederschlagsereignisse maßgebend. Es ergeben sich unter Annahme einer konventionellen Oberflächenstruktur (Stufe 0, Abflussbeiwert $\psi_m = 0,66$) überschlägig die nachfolgend genannten Mengen.

• Regenspende $R_{(n=0,2; D=5 \text{ min})}$	257,9 l/s*ha
• Spitzenabflussmenge ($\psi_m = 0,66$)	2.450 l/s
• Jahres-Niederschlagshöhe	670 mm
• Jahres-Niederschlagsmenge	96.500 m ³ /a

3.6 Umgang mit Starkregenereignissen

Eine weitere grundlegende Aufgabenstellung bei der Erstellung des Konzepts, die zusätzlich zur eigentlichen „Bemessung“ behandelt werden soll, ist der Umgang mit Starkregenereignissen. Durch die sich abzeichnende Zunahme von Starkregenereignissen in den letzten Jahren wächst die Sensibilität der Bevölkerung im Umgang mit diesem Thema.

Starkregenereignisse führen einhergehend mit einer zunehmenden Versiegelung von Oberflächen zu einer wachsenden Gefährdung der innerstädtischen Bebauung und überfordern die bestehende Kanalisation.

Klassische Lösungen der Kanalisation sind für derartige Regenereignisse mit vertretbarem wirtschaftlichen Aufwand nicht zu realisieren. Deswegen sollen alternative Möglichkeiten des Umgangs mit diesen Regenereignissen aufgezeigt und anhand von Beispielen konkretisiert werden.

- Offensiver Umgang mit Starkregenereignissen
- Kostengünstige Lösungen für diese seltenen Extremregenfälle

3.7 Sonstige Planungsdaten

Bei den folgenden Überlegungen werden neben gültigen technischen Normen sowie Hinweisen und Angaben aus verschiedenen Abstimmungsgesprächen mit dem Auftraggeber und den beteiligten Behörden u.a. die folgenden Regelwerke berücksichtigt.

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA)

- Arbeitsblatt A 110 „Hydraulische Dimensionierung und Leistungsnachweis von Abwasserkanälen und –leitungen“, September 2001
- Arbeitsblatt A 116-1 / DIN EN 1091 „Besondere Entwässerungsverfahren Teil 1: Unterdruckentwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden“, April 2005
- Arbeitsblatt A 117 „Bemessung von Regenrückhalteräumen“, April 2006
- Arbeitsblatt A 138 „Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser“, Januar 2002
- Merkblatt M 153 „Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser“, August 2007

Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfachs e.V. (DVGW)

- Arbeitsblatt W 410 „Wasserbedarf – Kennwerte und Einflussgrößen“, Dezember 2008



- Arbeitsblatt W 555 „Nutzung von Regenwasser im häuslichen Bereich“, November 2000

Deutscher Wetterdienst (DWD)

- Koordinierte Starkniederschlags-Regionalisierungs-Auswertungen (KOSTRA), 1997

4. Zielsetzung Nachhaltigkeit

Unter dem Leitbild der Nachhaltigkeit sind im Zusammenhang mit der Wasserver- und Entsorgung die folgenden, mitunter konkurrierenden Aspekte zu berücksichtigen:

- Ressourcenverbrauch bei Bau und Betrieb minimieren (Material, Energie, Wasser)
- Rohstoffkreisläufe herstellen, wo dies möglich ist
- Flächenversiegelung minimieren, natürlichen Grundwasserhaushalt belassen
- Regenwasserbewirtschaftung zur Vergleichmäßigung der Abflussganglinie
- keine Mischwasserentlastungen in Gewässer zulassen (Übergang auf Trennsystem bei Neuplanungen gemäß WHG vorgeschrieben)
- Verbesserung des Mikroklimas durch Verdunstung
- Durch begrünte Flächen Staub binden und Lärmemissionen reduzieren
- Hohe Aufenthaltsqualität herstellen

Daneben sind weitere, u.a. wirtschaftliche Aspekte in die Überlegungen einzubeziehen, die ebenfalls zu Zielkonflikten führen können:

- Flächenverfügbarkeit für private und gewerbliche Nutzungen
- Schutz von Bauwerken gegen Feuchtigkeitsschäden / Vernässung des Bodens
- Komfortniveau soll mindestens ein übliches Maß erreichen
- Hohe Betriebssicherheit auch bei innovativen Lösungen
- Investitions- und Betriebskosten in moderater Höhe

Zum Erreichen dieser Ziele muss abgewogen werden, wo ggf. Prioritäten gesetzt werden sollen und wo Abstriche hinzunehmen sind, da eine gleichwertige Erfüllung aller Ziele kaum realisierbar ist. Dies erfordert eindeutige politische Vorgaben hinsichtlich der Leitlinien des Handelns, welche auf Basis u.a. dieses Konzepts festgelegt werden sollen.

4.1 Qualitative Anforderungen

Bei den qualitativen Anforderungen sollte mindestens die allgemein anerkannten Regeln der Technik, besser der Stand der Technik als Maßstab der Auslegung angenommen werden. Es sollen Bauteile mit langer Lebensdauer aus möglichst wiederverwendbaren (natürlichen) Rohstoffen eingesetzt werden. Die Erfüllung aller derzeit bestehenden gesetzlichen Anforderungen an Bau und Betrieb sollten als selbstverständlich unterstellt werden.

Der Aspekt der Wartungsarmut und -freundlichkeit ist bei der Wahl von Bauteilen und der Ausführung von Anlagen zu berücksichtigen, da spätere Wartungs- und Unterhaltungskosten einen wesentlichen Kostenfaktor darstellen. Allerdings ist die Berücksichtigung dieser Aspekte in erster Linie Aufgabe der später folgenden Planungsphasen.

4.2 Quantitative Anforderungen

Die Vorbemessung der Anlagen zur Wasserver- und Entsorgung erfolgt auf den eingangs beschriebenen Lastfall bezüglich der Einwohner- und Nutzerzahlen sowie der anfallenden Wasser- und Abwassermengen. Reserven im Vorgriff auf zukünftige Erweiterungen / Änderungen werden nicht vorgesehen, da es zum jetzigen Zeitpunkt spekulativ wäre, diese zu berücksichtigen. Eine halbwegs flexible Auslegung für spätere Anpassungen (Veränderungen der Baufelder, geänderte Flächennutzung, Veränderung der Einwohner- und Nutzerzahlen) soll trotzdem möglich bleiben.

Die Vorbemessung erfolgt im Wesentlichen für die Entwässerung, nicht für die Wasserversorgung. Diese wird durch das örtliche Wasserversorgungsunternehmen sowie die haustechnische Planung bei konkreten Bauvorhaben durchgeführt. Im Rahmen dieses Konzeptes wird jedoch der Aspekt der Verringerung des Frischwasserverbrauchs sowie des Ersatzes durch Regenwasser betrachtet.

4.3 Strategien zum Erreichen der vorgegebenen Ziele

Grundlage der Umsetzung nachhaltiger Ver- und Entsorgungssysteme ist eine eindeutige politische Aussage zu der Zielsetzung der Quartiersentwicklung und -gestaltung. Um die Umsetzung konkreter Ver- und Entsorgungssysteme verbindlich zu sichern, sind entsprechende bauplanungsrechtliche und / oder vertragliche Vorgaben zu machen.

Darüber hinaus müssen natürlich potentielle Investoren und Nutzer von der Notwendigkeit und der Gangbarkeit neuer Wege überzeugt werden. Dabei kommt der auch in dieser Phase bereits erfolgten Abstimmung und Kooperation mit der zuständigen Verwaltung (SUBV, Umweltbetrieb Bremen) eine hohe Bedeutung zu, da diese flankierende Maßnahmen wie die Aufstellung von Bebauungsplänen und die Umsetzung von Richtlinien und Verordnungen beeinflussen kann.

Neben den ideellen Zielen des Erhalts der Lebensqualität bei gleichzeitig möglichst positiven - zumindest nicht negativen - Auswirkungen auf die Umwelt stehen wirtschaftliche Aspekte ebenfalls immer im Focus der Betrachtung, da sie sowohl Investoren als auch spätere Nutzer / Einwohner betreffen. Der realistische Ansatz und die anschauliche Darstellung von entstehenden oder vermiedenen Kosten sowie eine Kostenvergleichsrechnung ist ein geeignetes Werkzeug, um die auch mittel- bis langfristigen Vor- oder Nachteile einzelner

Lösungsansätze zu beschreiben. Eine kurzzeitige Betrachtung nur über die Investitionskosten zielt gerade bei nachhaltigen Lösungen meist zu kurz.

Die bereits stattfindende Einbindung der Öffentlichkeit in die bisherigen Überlegungen sorgt dafür, ein höheres Maß an Akzeptanz sowie eine stärkere Identifikation mit dem gesamten Prozess der Veränderung im Quartier zu schaffen. Dieser nicht zu unterschätzende Vorteil sollte auch im weiteren Verlauf des Prozesses genutzt werden.

Eine Bewertung der verschiedenen Varianten kann zum jetzigen Zeitpunkt nur für einen Teil der ausgeführten Punkte erfolgen. Insofern sollte die abschließende und detaillierte Bewertung von eventuell 2 - 3 ausgewählten Vorzugsvarianten zu einem späteren Zeitpunkt mit etwas größerer Planungstiefe erfolgen.

Die unten stehende Auflistung von Kriterien für Bau und Betrieb für die Aufstellung einer Bewertungsmatrix erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit und soll auch hinsichtlich der Reihenfolge keine Wertung der Bedeutung ausdrücken.

Bau

- Investitionskosten
- Flächenverbrauch
- Ressourcenverbrauch bei Materialherstellung und -transport
- Naturnahe Gestaltung der Elemente des Entsorgungssystems
- Möglichst geringer Eingriff in den natürlichen Wasserhaushalt
- Einbindung in die vorhandene und geplante Bebauung
- Rückbau / Recycling bedenken

Betrieb

- Vermeidung von nicht zwingend erforderlichen Emissionen (Lärm, Staub, Abgase, Geruch)
- Erhalt des natürlichen Grundwasserhaushalts
- Energieverbrauch, Verbrauch von Betriebsstoffen
- Personalkosten
- Lebensdauer
- Komfort für die Nutzer in den Gebäuden
- Mikroklima, Aufenthaltsqualität
- regionales Schließen von Stoffkreisläufen
- Soziale Aspekte

Eine solche Bewertungsmatrix kann in Abhängigkeit der öffentlichen Diskussion und von politischen Entscheidungen für oder gegen gewisse Schwerpunkte als ein geeignetes Mittel



für die Einschätzung verschiedener Szenarien verwendet werden. Infolge dieser Abhängigkeit ist der jetzige Zeitpunkt jedoch noch nicht geeignet, um eine detaillierte Bewertung vorzunehmen.

5. Regenwasserbewirtschaftung

Um die vorgenannten Ziele im Rahmen dieses Konzepts berücksichtigen und eine Abschätzung durchführen zu können, die als Entscheidungsgrundlage für das weitere Vorgehen dienlich ist, wird als Mindestanforderung die Bemessung der Anlagen für die Regenwasserableitung und –bewirtschaftung für ein 5-jähriges Regenereignis vorgenommen.

Bei allen der nachfolgend beschriebenen Varianten und Szenarien wird vorausgesetzt, dass auf dem Gelände ein Trennsystem eingerichtet wird und die Ableitung in den Vorfluter „Weser“ in stark gedrosselter Form im freien Gefälle ($Q_{\max} = 30 \text{ l/s}$) oder mit Unterstützung durch ein Pumpwerk ($Q_{\max} = 90 \text{ l/s}$) erfolgt. Die direkte Ableitung in den Vorfluter hätte ein sehr groß dimensioniertes, in der Größe nur selten benötigtes Pumpwerk (Q_{\max} ca. 500 l/s) sowie eine entsprechende Druckrohrleitung (ca. DN 500 – 600) bis zum Entlastungskanal in der Lüneburger Straße zur Folge.

Der Abschlag von Niederschlagswasser in das umgebende Mischsystem soll nicht stattfinden. Die Wahl der genannten Abschlagsmengen in die „Weser“ erfolgt aufgrund der Vordimensionierung einer Ablaufleitung auf die Nennweite DN 300.

Die relevanten Ergebnisse der durchgeführten Vorbemessung werden im Folgenden aufgeführt. Auf eine detaillierte Darstellung wird an dieser Stelle verzichtet, um den Rahmen der Ausarbeitung nicht zu sprengen und die Übersichtlichkeit zu gewährleisten.

5.1 Lastfall „Bemessung“

Der Lastfall „Bemessung“ wird unter den eingangs genannten Abstufungen der Oberflächenstruktur sowie unter den Prämissen der dort genannten Szenarien hinsichtlich der Flächenverfügbarkeit betrachtet (s. Kap. 2.1). Die folgende Tabelle zeigt die (überschlägig ermittelte) Spitzenabflussmenge sowie das erforderliche Retentionsvolumen der verschiedenen Stufen der Oberflächenstruktur als Bandbreite der Szenarien a) – c) hinsichtlich der Flächenverfügbarkeit. Bei den Ergebnissen handelt es sich nicht um Mengen einer hydrologischen Modellrechnung, sondern um „statisch“ berechnete Mengen.

	Abflussbeiwert ψ_m	Q_{\max}	$V_{\text{Retention}}$	A_{Mulde}
Stufe 0	0,66	2.450 l/s	3.160 – 2.380 m ³	3.420 – 520 m ²
Stufe 1	0,52	1.930 l/s	2.400 – 1.720 m ³	2.570 – 450 m ²
Stufe 2	0,40	1.490 l/s	1.790 – 1.180 m ³	1.920 – 450 m ²

Die oben genannten Muldenflächen beziehen sich auf die Szenarien a) und b). Im Szenario c) wird keine Versickerung in der Fläche vorgesehen, hier erfolgt die Versickerung aus den Rigolen heraus.

Die Unterschiede der Retentionsvolumina zwischen den Szenarien der Flächenverfügbarkeit ergeben sich aus dem unterschiedlich angesetzten Grad der Versickerung (Szenario a – c). Bei einem höheren Versickerungsanteil erhöht sich das vorzuhaltende Gesamtvolumen aufgrund der zusätzlichen Verzögerung bei der Ableitung.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Niederschlagswasserableitung trotz der deutlichen Reduzierung der Spitzenabflussmenge zwischen Stufe 0 und Stufe 2 nicht ohne Bewirtschaftungselemente auskommen wird, wenn die eingangs erwähnte Drosselung des Gebietsabflusses auf $Q_{\max} = 30$ l/s bzw. 90 l/s realisiert werden und eine Einleitung in die umgebende Mischwasserkanalisation unterbleiben soll.

Da das benötigte Speichervolumen allein über Mulden und Rigolen nicht bereit gestellt werden kann, sind diese durch weitere Elemente wie zentrale und dezentrale Speicher zu ergänzen. Für die häusliche und gewerbliche RW-Nutzung sind bspw. dezentral angeordnete Speicher an oder in den Gebäuden möglich, welche für eine Regenwassernutzung oder für die Gartenbewässerung genutzt werden können. Diese Elemente können allerdings nur zu einem gewissen Prozentsatz zur Abdeckung des erforderlichen Speichervolumens angesetzt werden, da sie aufgrund ihrer Bestimmung möglichst oft gefüllt sein sollten.

5.2 Lastfall „Starkregen“

Mit einer entsprechenden Differenzierung der Stufen und Szenarien erfolgt die Abschätzung der für den Lastfall „Starkregen“ erforderlichen Volumina und Flächen. Die Vorbemessung hat die folgenden Größenordnungen zum Ergebnis.

	Abflussbeiwert ψ_m	Q_{\max}	$V_{\text{Retention}}$	A_{Mulde}
Stufe 0	0,66	2.980 l/s	5.120 – 3.740 m ³	5.470 – 830 m ²
Stufe 1	0,52	2.350 l/s	3.940 – 2.700 m ³	4.240 – 730 m ²
Stufe 2	0,40	1.810 l/s	2.930 – 1.840 m ³	3.170 – 730 m ²

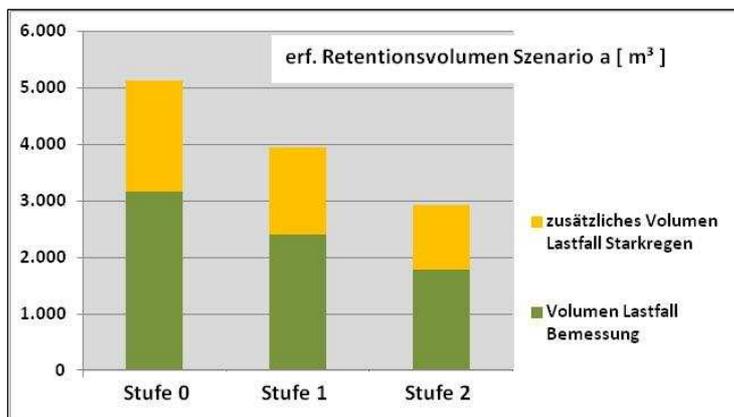
Die Differenz zu den Ergebnissen des Lastfalls „Bemessung“ liegt in einem Bereich, der deutlich macht, dass der Umgang mit den anfallenden Regenwassermengen unter den angenommenen Voraussetzungen mit herkömmlichen Mitteln wie bspw. zusätzliche Mulden- / Rigolensysteme, Vergrößerung der Kanalisation und von Pumpwerken unwirtschaftlich sein wird.

Im folgenden Kapitel werden die erforderlichen Retentionsvolumina und Muldenflächen für die Lastfall „Bemessung“ sowie die darüber hinaus erforderlichen Volumina und Flächen für den Bemessungsfall „Starkregen“ in den verschiedenen Stufen am Beispiel der Szenario a) b) und c) dargestellt und bewertet. Es wird darauf hingewiesen, dass das Muldenvolumen

im Retentionsvolumen enthalten ist. Angesetzt wird grundsätzlich eine maximale Einstautiefe von 30 cm in den Mulden.

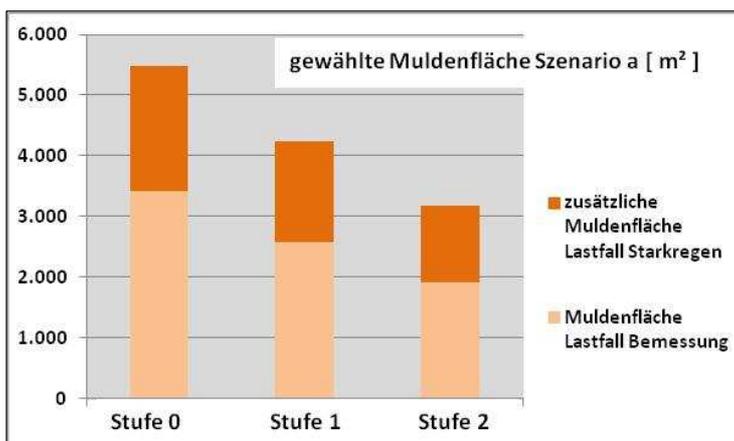
5.3 Auswertung der Ergebnisse

In den folgenden Grafiken werden die erforderlichen Retentionsvolumina und Muldenflächen für die Lastfall „Bemessung“ sowie die darüber hinaus erforderlichen Volumina und Flächen für den Bemessungsfall „Starkregen“ dargestellt.



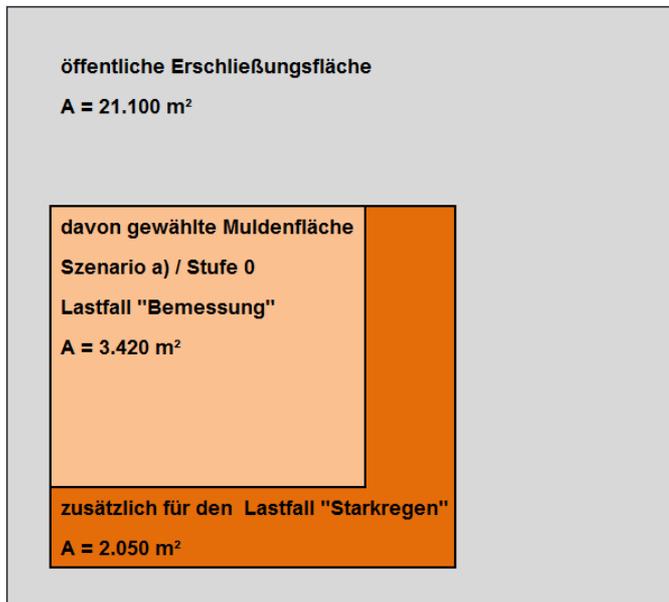
Am Beispiel des nebenstehenden **Szenario a)** (Erläuterung hierzu s. Seite 4) wird erkennbar, dass sich das erforderliche Retentionsvolumen allein aufgrund der unterschiedlich gewählten Oberflächenstruktur von Stufe 0 bis Stufe 2 um rd. 40% reduziert. Dies entspricht in etwa der Reduzierung des Versiegelungsgrades des Gesamtgeländes von 66% auf 40%.

Das erforderliche Volumen für den Lastfall „Bemessung“ differiert zwischen rd. 3.200 und 1.800 m³. Als rechnerisch zusätzlich erforderliches Volumen wäre eine Größenordnung von rd. 2.000 m³ (Stufe 0) bis 1.400 m³ (Stufe 2) anzusetzen, um den Lastfall „Starkregen“ in gleicher Weise bewirtschaften zu können.



Auch die Muldenfläche reduziert sich entsprechend um rd. 40%. Hier erstrecken sich die Flächen von 3.400 m² bis 1.900 m² für den Lastfall „Bemessung“. Bei gleicher Herangehensweise für den Lastfall „Starkregen“ wäre eine zusätzliche Muldenfläche von rd. 2.000 m² bis 1.200 m² erforderlich.

Die Tendenz der Ergebnisse der Vorbemessung ist eindeutig und wenig überraschend: je geringer der Versiegelungsgrad des Geländes ausfällt, umso weniger Volumina und Flächen sind für die RW-Bewirtschaftung erforderlich.



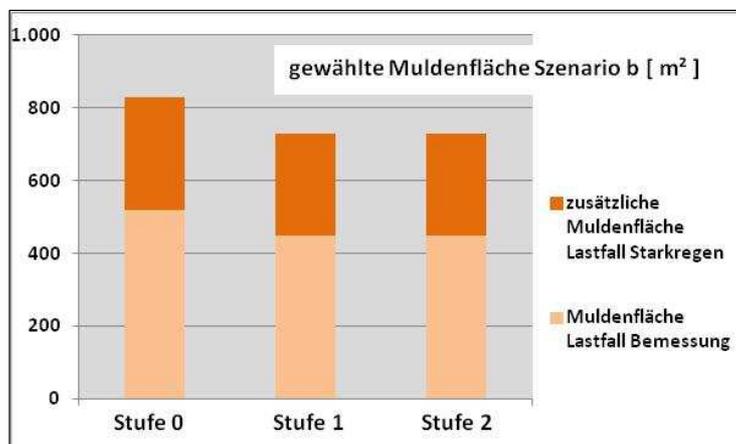
Allein die in **Stufe 0, Szenario a)** im Lastfall „Bemessung“ erforderlichen Flächen für Mulden beanspruchen mit ca. 16% einen großen Teil der öffentlichen Erschließungsflächen. Ob dies gewollt und umsetzbar ist, muss hinterfragt werden.

In der Konsequenz müssen entweder weitere Flächen außerhalb der öffentlichen Erschließung für die RW-Bewirtschaftung genutzt werden und stehen damit einer anderen Verwendung bzw. einer Vermarktung nicht zur Verfügung, oder der Flächenbedarf muss durch Ausweichen auf einen geringeren Versiegelungsgrad und / oder andere Szenarien deutlich verringert werden.

Im Falle des Lastfalls „Starkregen“ stellt sich dieser Flächenbedarf mit knapp 26% der öffentlichen Erschließungsflächen noch deutlich kritischer dar.

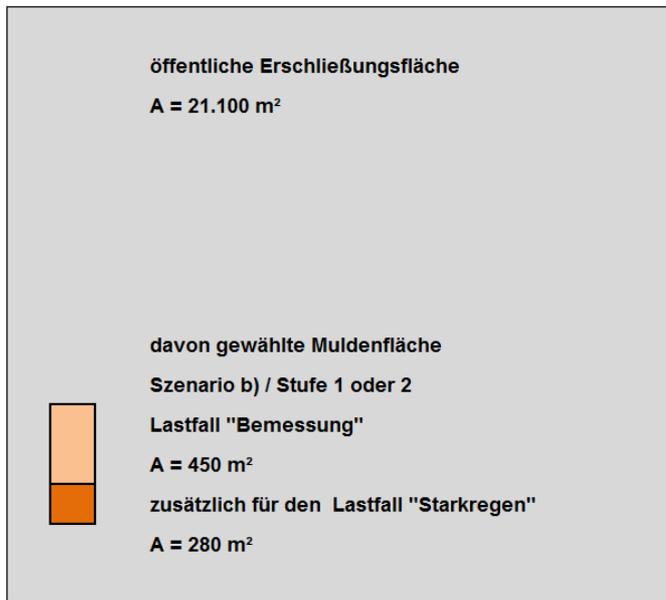
Die oben aufgeführten Volumina und Flächen des Szenario a), die für eine vorrangige Bewirtschaftung des Niederschlagwassers über Mulden- / Rigolensysteme erforderlich wären, zeigen, dass das Szenario a) nur bedingt für eine Umsetzung geeignet ist. Zwar wird das Ziel des möglichst geringen Eingriffs in den natürlichen Grundwasserhaushalt eingehalten, aber diese Form der RW-Bewirtschaftung wird allein aufgrund des Flächenbedarfs sehr kritisch zu beurteilen sein. Darüber hinaus wird dieses Szenario aufgrund der erforderlichen baulichen Maßnahmen in wirtschaftlicher Hinsicht weniger attraktiv sein.

Aus diesem Grunde soll das **Szenario b)** mit einem deutlich verringerten Flächenbedarf für



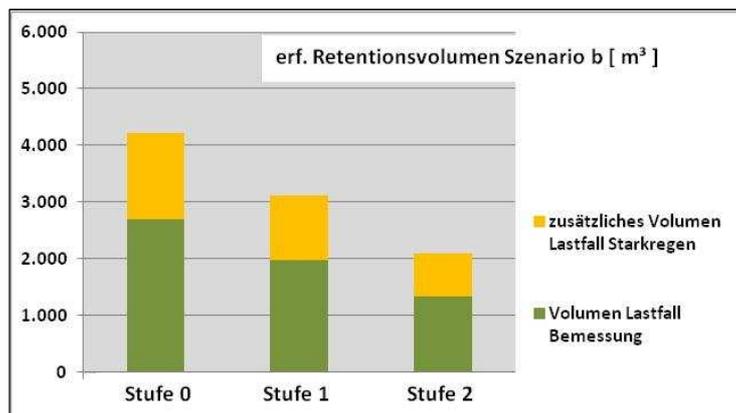
die RW-Bewirtschaftung näher betrachtet werden. Hier variiert der Flächenbedarf in der Stufe 0 und Stufe 2 zwischen rd. 520 m² und 450 m² für den Lastfall „Bemessung“. Die geringen Unterschiede resultieren daraus, dass in diesem Szenario nur die Verkehrs- und Grundstücksflächen über Versickerungsmulden entwässern. Bei diesen Flächen

fallen die Unterschiede des Versiegelungsgrades weniger gravierend aus als bei den Dachflächen.



Als zusätzliche Fläche für den Lastfall „Starkregen“ wären hier rd. 280 m² anzusetzen, so dass der Anteil an der öffentlichen Erschließungsfläche ca. 3 – 4% beträgt, was nebenstehende Grafik verdeutlicht und was als durchaus realisierbare Größenordnung eingestuft werden kann.

Im Szenario b) weist das erforderliche Retentionsvolumen mit Werten zwischen 2.700 m³

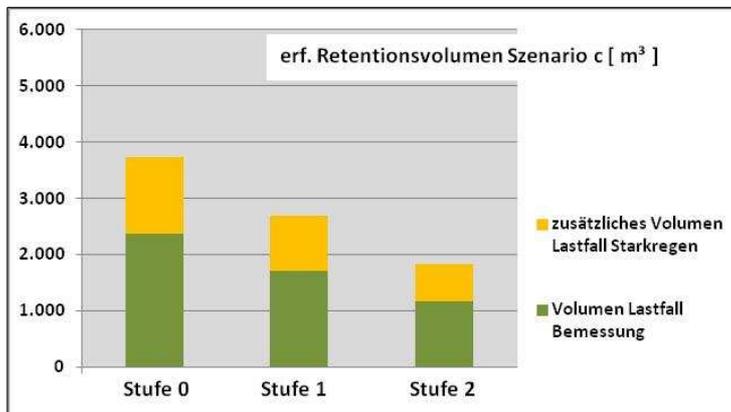


und 1.350 m³ für den Lastfall „Bemessung“ deutlich geringere Größenordnungen als im Szenario a) auf, so dass auch hier von einer eher realisierbaren Größe gesprochen werden kann. Für den Lastfall „Starkregen“ wären bei gleicher Bewirtschaftungsform zusätzlich 1.500 m³ bis 800 m³ Retentionsvolumen erforder-

lich.

Das Fazit der Betrachtung der Ergebnisse des Szenario b) lautet, dass auch hier vorrangig der Versiegelungsgrad möglichst gering auszuführen ist und dass eine Mischform der RW-Bewirtschaftung aus Mulden- / Rigolensystemen sowie direkt beaufschlagten Rigolen, ergänzt durch Speicher, anzustreben ist. Das erforderliche Retentionsvolumen verringert sich hier von Stufe 0 zu Stufe 2 sowohl im Lastfall „Bemessung“ als auch im Lastfall „Starkregen“ um ca. 50%.

Im Falle des Szenario c) ergeben sich zu Lasten der nur noch über Rigolen vorgesehenen Versickerung nochmals etwas verringerte Retentionsvolumina. Die Werte bewegen sich zwischen knapp 2.400 m³ und 1.200 m³ (Lastfall „Bemessung“) sowie zusätzlich knapp 1.400 m³ und 700 m³ (Lastfall „Starkregen“). Versickerungsmulden werden hier nicht vorgesehen.



Wird dem Aspekt der Aufrechterhaltung des natürlichen Grundwasserhaushaltes durch Versickerung ein geringerer Stellenwert als anderen Aspekten eingeräumt, oder stellt sich aufgrund detaillierter Bodenuntersuchungen heraus, dass die Versickerung nur sehr eingeschränkt möglich ist, ist das

Szenario c) zu bevorzugen.

Im weiteren Verlauf sollen verschiedene Elemente und Möglichkeiten der RW-Bewirtschaftung mit ihren Vor- und Nachteilen erläutert werden. Bei den vorgestellten Lösungen wird in kurzer Form darauf eingegangen, ob sich diese eher für die grundsätzlich erforderlichen entwässerungstechnischen Anlagen oder für andere Formen der RW-Bewirtschaftung eignen.

Eine abschließende technische, politische und rechtliche Bewertung der Unterscheidung der Anforderungen des Lastfalls „Bemessung“ und den darüber hinausgehenden Anforderungen des Lastfalls „Starkregen“ erfolgt an dieser Stelle nicht. Diese ist im Rahmen der weiteren Planungsschritte vorzunehmen.

5.4 Mulden- / Rigolensysteme

Der Einsatz von Mulden- / Rigolensystemen bietet sich überall dort an, wo das Gefälle des Geländes nicht zu groß ist, neben abflusswirksamen Flächen wie z.B. Straßen Freiflächen zur Verfügung stehen und der Boden ein gewisses Versickerungspotential aufweist.

Das Niederschlagswasser wird oberflächlich von Straßen, Wegen, Terrassen oder Dachabläufen in die Mulden geleitet. Dort erfolgt der maximale Einstau bis zu einer festgelegten Tiefe (Annahme hier: 0,30 m) sowie die gleichzeitige, relativ schnelle Versickerung in einen darunter liegenden Rigolenkörper. Ab der maximalen Einstautiefe läuft das Wasser zusätzlich über einen Überlauf in den Rigolenkörper sowie über offene flache Rinnen dem Geländegefälle folgend in die nächstfolgende Mulde.

Bei der Rigole handelt es sich um einen Kies- oder Kunststoffkörper mit erhöhtem Speicheranteil. Bei der Vorbemessung werden bei dieser Betrachtung Kunststoffelemente mit einem Speicheranteil von 90% angesetzt. Kiesrigolen weisen hinsichtlich der spezifischen Kosten je m³ Speichervolumen Nachteile gegenüber den Kunststoffrigolen auf, erfüllen aber höhere Anforderungen bezüglich der Nachhaltigkeit durch die Verwendung von in ausreichendem Maße vorhandenen natürlichen Rohstoffen.

Aus dem Rigolenkörper heraus erfolgt die Versickerung in das umliegende Erdreich sowie – in diesem Fall – zusätzlich die Ableitung über die Kanalisation, welche durch die straßenbegleitenden Rigolen geführt werden soll (s. Anhang). Angedacht ist eine Kanalisation mit sehr geringem Sohlgefälle, die im Lastfall „Bemessung“ eingestaut betrieben wird, um die Versickerung zu unterstützen.

Zur Sicherstellung einer dauerhaft geregelten Unterhaltung wären die Flächen im öffentlichen Raum anzusiedeln.

Im Anhang sind die Ergebnisse von 2 Szenarien mit der erforderlichen Muldenfläche als Lageplan dargestellt. Die Muldenflächen des Lastfalls „Bemessung“ sind in Grün, die zusätzlich erforderlichen Flächen des Lastfalls „Starkregen“ sind farblich abgesetzt in Rot dargestellt. Es wird das Ergebnis des Szenario a) in der Stufe 0 sowie des Szenario b) in der Stufe 2 dargestellt. Die Darstellung dieser Varianten wurde aus den folgenden Gründen gewählt:

Szenario a) sieht die maximale Versickerung in der Fläche vor und kann unter den Aspekten der naturnahen RW-Bewirtschaftung als anzustrebendes Szenario eingestuft werden. Stufe 0 dieser Variante stellt exemplarisch den ungünstigsten Fall dar, in dem die Versiegelung der Flächen gegenüber dem heutigen Zustand deutlich ansteigt und damit die zu bewirtschaftende RW-Menge sehr groß ist. Diese Stufe sollte aufgrund der oben bereits genannten enormen Inanspruchnahme von Flächen nicht weiter verfolgt werden, sofern nicht in großem Umfang private Flächen in Anspruch genommen werden sollen oder zusätzlich zu den derzeit angedachten Erschließungsflächen weitere öffentliche Flächen ausgewiesen werden sollen.

Szenario b) in der Stufe 2 verbindet die Versickerung in der Fläche mit einer deutlich höheren Flächenverfügbarkeit. Diese Variante kann als Kompromiss zwischen dem Extrem Szenario a) „maximale Versickerung in der Fläche“ und Szenario c) „maximale Flexibilität bei der Flächenverfügbarkeit“ eingestuft werden. Um die erforderliche Muldenfläche (und das Retentionsvolumen) möglichst zu minimieren, werden aber hohe Anforderungen an die Retentionswirkung der Oberflächen gestellt, die über vertragliche oder baurechtliche Regelungen gesichert werden müssten.





Die Bilder zeigen Beispiele für Mulden- / Rigolensysteme, die in bebauten Flächen integriert werden können und nicht nur ihre technische Funktion erfüllen, sondern darüber hinaus als Gestaltungselemente durchaus für eine Aufwertung des Quartiers sorgen können.

Da aber in allen hier betrachteten Fällen das erforderliche Retentionsvolumen mit einem annähernd vertretbarem Flächenverbrauch allein über Versickerungsmulden mit Rigolen nicht abgedeckt werden kann, müssen darüber hinaus weitere Formen der RW-Bewirtschaftung gefunden werden.

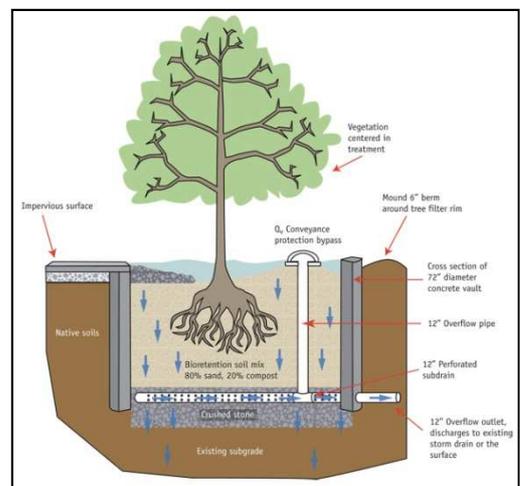
5.5 Option: dezentrale Speicher

Ergänzend zu den oben genannten Speichervolumina können dezentrale unterirdische Speicher hergestellt werden. Dies bietet sich bspw. in den Bereichen des Geländes an, in denen eine Versickerung nur sehr schlecht oder gar nicht möglich ist. Ein solcher Speicher würde über einen gedrosselten Ablauf an die RW-Kanalisation angebunden sowie einen Notüberlauf in Richtung der Verkehrswege (s. RW-Bewirtschaftung von Starkregenereignissen) erhalten. Dezentrale Speicher können in den unterschiedlichsten Größenordnungen vorgesehen werden, wobei der betriebliche Aufwand und die spezifischen Kosten zu berücksichtigen sind. Je kleiner die Einheiten, umso höher fallen die spezifischen Kosten für Bau und Betrieb aus. Das Volumen wäre im Einzelfall auf Basis der umliegenden Gebäude sowie der Flächenstruktur zu ermitteln.

Kleinere dezentrale Speichereinheiten mit vergleichsweise geringen betrieblichen Aufwendungen können z.B. durch rigolenähnliche Pflanzkörper für Straßenbäume hergestellt werden. Diese nehmen die Niederschläge der unmittelbaren Umgebung auf und versorgen die in ihrer Nähe gepflanzten Bäume über einen gewissen Zeitraum mit Wasser.

Kleinere bis mittlere Speichereinheiten können in Fertigteiltbauweise unterirdisch in öffentlichen Flächen hergestellt werden. Dabei handelt es sich

meist um Stahlbetonbauwerke, die standardisiert gefertigt und auf das erforderliche Volu-

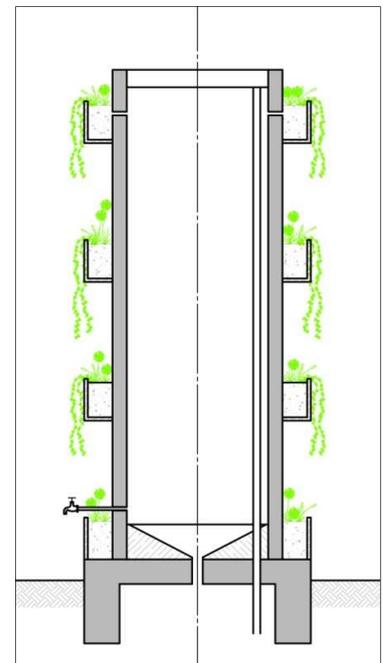


men konfektioniert werden. Auf diese Weise lassen sich Volumina von wenigen bis zu mehreren hundert Kubikmetern herstellen. Die Nutzung als Zisterne für die Bewässerung öffentlicher Flächen oder auf Spielplätzen als gern genutztes Spielzeug ist über entsprechende Anschlüsse und handbetätigte Pumpen möglich.

Im Falle der häuslichen und gewerblichen Regenwassernutzung (s. Kap. 6, Stufe 0 und Stufe 1) sind Speicher vorzusehen, die das Brauchwassernetz der Gebäude mit Wasser versorgen. Diese Speicher sind aus technischen und wirtschaftlichen Gründen dezentral vorzusehen und können unterirdisch angeordnet werden oder auch oberirdisch in die Gebäude integriert werden. Möglich ist bspw. die Ausbildung von Treppenhaukernen als Speicher innerhalb der Gebäude oder die architektonische Einbindung von hoch stehenden Speichern an Balkonen oder Laubengängen.

Diese können bspw. außen bewachsen sein und damit gleichzeitig zahlreichen Kleintieren einen Lebensraum bieten. Die nebenstehende Skizze zeigt bei ca. 7 m Höhe eine Möglichkeit der oberirdischen Speicherung neben den Gebäuden mit rd. 20 m³ Speichervolumen, bei der das Niederschlagswasser direkt vom Dach in den Speicher läuft.

Balkonbrüstungen können ebenfalls als bepflanzte „Rigolenkörper“ ausgeführt werden, so dass das Niederschlagswasser von den darüber liegenden Dach- und Balkonflächen direkt in diese Pflanzkästen abgeführt und etagenweise bis zum Boden geleitet werden kann.



Die oberirdische Anordnung von Speichern hat den Vorteil, dass die Entnahme für die Gartenbewässerung über einfache Zapfhähne erfolgen kann. Darüber hinaus kann überschüssiges Wasser aus den Speichern über einen Notablauf so gut wie immer im freien Gefälle über die Transportleitung zum Vorfluter gelangen, ohne durch Pumpen gefördert werden zu müssen. Nachteil der Speicher für die häusliche RW-Nutzung ist die Tatsache, dass das Volumen nicht auf das erforderliche Retentionsvolumen angerechnet werden kann, da die Speicher im Zweifel gefüllt sind.

Mit solchen Maßnahmen werden zwar keine sehr großen Retentionsvolumina geschaffen, aber durch die Vielzahl und dezentrale Anordnung kann trotzdem ein spürbarer Effekt zur Verminderung der Abflussspitze sowie eine deutliche Aussage in Richtung naturnaher RW-Bewirtschaftung erzielt werden.

Ein weiterer bedenkenswerter Aspekt ist die unmittelbare Sichtbarmachung der Wasserspeicherung und -entnahme für die Nutzer, so dass der Bezug zum Thema Regenwasser präsenter wäre und somit das Bewusstsein für heutzutage als selbstverständlich erachtete Vorgänge wieder hergestellt wird.

5.6 Option: zentrale Speicher

Da zur Ableitung des Regenwassers aus dem Gelände in Richtung Vorfluter im Falle von stärkeren Regenereignissen und / oder hoher Wasserstände in der Weser eine Unterstützung durch Pumpen erforderlich ist, ist ein RW-Pumpwerk auf dem Gelände vorzusehen. Dieses benötigt ein gewisses Volumen als Pumpensumpf, um die Schaltakte der Pumpen nicht zu hoch werden zu lassen. Im vorliegenden Fall mit einer Taktung 60% Pumpen / 40% Pause beträgt das erforderliche Sumpfvolumen ca. 12 m³.

Das Sumpfvolumen kann zur Abdeckung eines weiteren Teils des erforderlichen Retentionsvolumens sinnvoll vergrößert werden, so dass an dieser Stelle ein zentraler unterirdischer Speicher geschaffen wird. Dieses Retentionsvolumen kann als vergrößerter Pumpensumpf oder alternativ im Nebenschluss als Speicherbecken vorgesehen werden.

5.7 Ablaufleitung zum Vorfluter „Weser“

Die reguläre Menge, die aus dem Gebiet in Richtung Vorfluter abgeleitet werden soll, wird vorerst auf 30 l/s im freien Gefälle sowie 90 l/s mit Unterstützung durch ein Pumpwerk angesetzt. Erstgenannte Menge kann über eine Leitung DN 300 zum Entlastungskanal in der Lüneburger Straße im freien Gefälle abgeleitet werden. Die Leitung wird im Bereich der Kreuzung Lüneburger Str./Hamburger Str. in einem vorhandenen Schachtbauwerk mit Überfallschwelle, von dem aus ein Entlastungskanal DN 800/1.200 bis zur „Weser“ verläuft, hinter der Überlaufschwelle eingebunden. Dadurch wird das Gebiet zukünftig nicht mehr in das Mischsystem, sondern direkt in den Vorfluter entwässern.

Im Fall von extremen Hochwasserständen in der Weser wird dieser Entlastungskanal mittels eines Schiebers geschlossen. In diesem Zeitraum kann die Entwässerung des Gebietes nur über das Pumpwerk und dann zwangsläufig nur in das Mischsystem erfolgen. Ab bestimmten Wasserständen im Kanalnetz müsste das Pumpwerk seinen Betrieb einstellen, wobei in solchen Fällen auch das umgebende Kanalnetz am Rande seiner Kapazitäten sein wird und ohnehin kein Wasser mehr aufnehmen kann.

Der Gedanke, die Ablaufleitung innerhalb des Entlastungskanals einzuhängen und hydraulisch völlig unabhängig vom übrigen Mischsystem betreiben zu können, wird seitens des Umweltbetriebs Bremen abgelehnt, da der Entlastungskanal anscheinend keinen ausreichenden Querschnitt bietet. Eine Überprüfung im Detail wäre im weiteren Verlauf der Pla-

nungen trotzdem empfehlenswert, da dies eine Möglichkeit bietet, die Entwässerung des Geländes unabhängig von den Vorflutwasserständen und dem Füllungsgrad des umgebenden Mischsystems zu gewährleisten.

Eine Leitung mit der Nennweite DN 300 ist voraussichtlich noch gut im Straßenseitenraum bis zur Kreuzung „Lüneburger Straße / Hamburger Straße“, wo der vorhandene Entlastungskanal (Eiprofil 800/1.200) beginnt, zu verlegen.

Für die Ableitung der Regenwassermenge $Q = 30 \text{ l/s}$ im freien Gefälle ist ein Mindestwasserstand im Kanalnetz auf dem Gelände Hulsbergviertel von ca. $+ 2,65 \text{ mNN}$ erforderlich. Bei Wasserständen über ca. $+ 0,80 \text{ mNN}$ am Auslauf an der Weser ist die Unterstützung durch Pumpen erforderlich.

Das Pumpwerk wird ebenfalls unterstützend in Betrieb genommen, wenn ein extremes Regenereignis es erforderlich macht, dass die Ablaufmenge auf 90 l/s gesteigert wird. Das Schema im Anhang verdeutlicht die Höhensituation des Quartiers in Bezug auf den Vorfluter.

5.8 RW-Bewirtschaftung von Starkregenereignissen

Die in den vorhergehenden Kapiteln beschriebene Vorbemessung verschiedener Szenarien zeigt, dass über den Lastfall „Bemessungsregen“ hinaus Sorge getragen werden sollte, um in sinnvoller Weise mit den RW-Mengen bei Starkregenereignissen umgehen zu können. Hierfür sind Maßnahmen baulicher oder organisatorischer Art zu treffen, die keine unnötigen Flächen, Räume oder Investitionsmittel binden, weil sie nur sehr selten in Anspruch genommen werden. Trotzdem ist eine ausreichende Sicherheit gegen Schäden infolge Überflutungen zu schaffen.

Quartiersplatz

Ein bedeutender Teil des für diese Fälle benötigten Retentionsvolumens kann z.B. durch einen Quartiersplatz abgedeckt werden. Dieser Platz könnte bspw. als multifunktionaler Raum im Zentrum des Quartiers innerhalb einer öffentlichen Grünfläche angelegt werden. Er kann als Begegnungs-, Spiel- und Bewegungsfläche dienen. Die örtliche Lage kann sich nach der vorhandenen Topographie richten und im Tiefpunkt des Geländes sein.

Es wäre eine Vertiefung in dem eigentlich relativ ebenen Gelände zu schaffen, deren Ränder zum Teil mit hohen Stufen, welche als Sitzgelegenheiten dienen, sowie zum Teil mit sanft abfallenden Böschungen gestaltet werden können. Die Sohle des Platzes kann je nach vorgesehener prioritärer Nutzung und Versickerungskapazität des Untergrundes an dem Standort befestigt oder durchlässig gestaltet werden. Der Platz erhält eine Drainage im Untergrund sowie einen oder mehrere Drosselabläufe auf Bodenhöhe, um eingestautes Wasser in die Kanalisation ableiten zu können.

Der Zulauf zu diesem Platz soll in erster Linie ebenerdig dem Geländegefälle folgend über die das Quartier durchziehende Haupteerschließungsachse erfolgen. Bei Extremregenereignissen dient der Straßenraum zwischen den Borden sozusagen als erweiterter RW-Kanal. Bei einer üblichen Bordhöhe von 10 cm wird es maximal zu einem entsprechend tiefen Einstau kommen. Der damit geschaffene Fließquerschnitt beträgt bei einer Straßenbreite von bspw. 5,00 m ca. 0,5 m², was einem Kanal der Nennweite DN 800 entspricht.

Aufgrund des geringen Geländegefälles wird es nicht zu hohen Strömungsgeschwindigkeiten kommen, so dass hieraus keine Gefährdung von Anwohnern und Passanten zu erwarten ist. Darüber hinaus handelt es sich um Regenereignisse mit einer Häufigkeit von weniger als 1 x in 5 Jahren. Kommt es innerhalb dieses Zeitrahmens zu Einschränkungen bei der Nutzung von Straßen, sollt dies tolerierbar sein. Gleichwohl ist eine Abstimmung im weiteren Planungsprozess mit der Verkehrsbehörde sowie anderen Trägern öffentlicher Belange erforderlich.

Die straßenbegleitenden Mulden werden in Höhe des Platzes mit einer Überlauf-
rinne in Richtung des Quartiersplatzes
ausgestattet, so dass dieser bei Extrem-
ereignissen zusätzlich als Entlastung der
übrigen Bewirtschaftungselemente fun-
gieren kann. Selbst wenn dieses 1 – 2mal
im Jahr passieren würde, wäre die ei-
gentliche Funktion des Platzes nicht ge-
fährdet, sondern dieser kann sich als zusätzliche Attraktion entwickeln, wie entsprechende
Beispiele in anderen Städten zeigen.



Im Falle von üblichen Regenereignissen würde der Platz wie jeder offene Platz nur durch die unmittel-
bar angrenzenden befestigten Flächen mit Re-
genwasser beaufschlagt, so dass es zu keinem
Einstau in der Fläche kommt und das anfallende
Niederschlagswasser direkt über die Abläufe in
Bodenhöhe wieder abgeleitet werden kann.



Die Abmessungen des Platzes könnten etwa 40 x
25 m betragen, so dass bei einer Tiefe unter sonstigem Gelände von 1,00 m ein Speicher-
volumen von 1.000 m³ relativ kostengünstig und ansonsten gut nutzbar hergestellt werden
könnte. Die Bilder zeigen Beispiele für die Gestaltung solcher Plätze in Hannover und
Münster, welche neben einer vielfältigen regulären Nutzung im Starkregenfall als Retenti-
onsraum dienen.

Option: Kellergeschoss Gebäude 12

Als weiterer temporärer zentraler Speicher können eventuell die beiden Kellergeschosse des Gebäudes 12 genutzt werden. Hier stünde ein Volumen von ca. 1.000 m³ baulich bereits zur Verfügung, wenngleich die verwinkelte Struktur der Geschosse eher gegen eine Nutzung als Speicher spricht. Für die Nutzung in seltenen Fällen könnten die Geschosse aber durch einfache bauliche Maßnahmen (Installation von Pumpen zur Leerung, Be- und Entlüftungsöffnungen, Gefälleestrich) vorbereitet werden, wenngleich dadurch eine anderweitige Nutzung ausgeschlossen ist. Ob eine Umnutzung realisierbar ist, müsste im weiteren Verlauf der Planungen untersucht werden. Nach derzeitigem Stand ist an diesem Standort mit dem Bau einer Tiefgarage zu rechnen.

Option: „Nasse Gärten“

Als dezentrale temporäre Speicherlösung wäre die geplante „behutsame Flutung“ von Gärten möglich. Dies kann ähnlich wie im Falle des Quartiersplatzes durch eine entsprechende Gestaltung der Geländehöhenlage und der oberirdischen Ablaufrinnen erreicht werden, so dass ab einem bestimmten Wasserstand in den sonstigen Bewirtschaftungselementen Gärten zusätzlich zu den übrigen Bewirtschaftungselementen geflutet werden. Dies ist weniger als „unter Wasser setzen“ zu verstehen, sondern eher in dem Sinne, dass das von den Dächern und Terrassen stammende Wasser nicht weiter von der RW-Kanalisation aufgenommen werden kann (was bei normgerechter Bemessung irgendwann ohnehin der Fall ist) und geplant in bestimmte Bereiche von Gärten abgeleitet wird, wo möglichst keine Schäden an Gebäuden entstehen können.

Hierfür ist die oberflächige Anbindung der Dächer und Terrassen an das Entwässerungssystem vorteilhaft, weil dann einfache technische Lösungen über bspw. kleine Schwellen für die entsprechende zielgerichtete Umleitung des Wassers sorgen können.

5.9 Anlagen

Die Darstellung des Geländes mit den erforderlichen Elementen der Regenwasserbewirtschaftung ist für das Szenario a) in der Stufe 0 sowie für das Szenario b) in der Stufe 2 im Anhang als Lageplan beigefügt. Der Flächenbedarf für den Lastfall „Bemessung“ ist von den aufgrund des Lastfalls „Starkregen“ zusätzlich erforderlichen Flächen farblich abgesetzt. Die Pläne sollen momentan allein dazu dienen, einen Überblick über den Flächenbedarf der Mulden in den Szenarien a) und b) und mögliche Bereiche für die Anordnung zu vermitteln.

Des Weiteren ist die Darstellung eines Mulden- / Rigolenelementes im Längs- und Querschnitt beigefügt. Es wird erkennbar, dass der RW-Kanal entlang der Verkehrswege neben den Straßenflächen im Seitenraum durch die Rigolen geführt werden soll, um Doppelstrukturen zu vermeiden. Durch die Nennweite der verbindenden Kanalisation und die Revisionschächte ist das Spülen und Befahren der Rigolenelemente gut möglich. Voraussetzung



hierfür ist der Einsatz von Kunststoffkörpern als Rigolenkörper. Werden Kiesrigolen vorgesehen, kann nur der durchlaufende Kanal befahren und gespült werden.

Der Überlauf der einzelnen Mulden erfolgt einerseits dem Geländegefälle folgend über eine offene gepflasterte Rinne zur nächsten Mulde sowie über einen Notüberlauf in die darunter liegende Rigole bzw. in den Kanal. Der Überlauf springt an, wenn die maximale Einstautiefe von 30 cm erreicht ist.

Die schematische Darstellung der Höhenverhältnisse des Geländes sowie der Vorflutersituation ist im Anhang beigefügt. Das mittlere Tidehochwasser (mThw) im Bereich des Auslaufs in die Weser liegt bei + 2,28 mNN, das mittlere Tideniedrigwasser (mTnw) bei – 1,60 mNN. Die Sohlhöhe des derzeitigen Auslaufs beträgt + 0,89 mNN, so dass zu den meisten Zeiten der freie Auslauf aus dem Entlastungskanal gewährleistet ist.

6. Schmutzwasserentsorgung und Wasserversorgung

Die Themen Schmutzwasserentsorgung und Wasserversorgung werden als von der RW-Bewirtschaftung unabhängige Bereiche betrachtet. Berührungspunkte ergeben sich dort, wo Regenwasser im häuslichen Bereich etwa für die Toilettenspülung genutzt wird und dadurch Frischwasser eingespart wird. In Anlehnung an die Zielsetzung beim Umgang mit dem Regenwasser werden drei verschiedene Szenarien betrachtet (Stufe 0, 1 und 2).

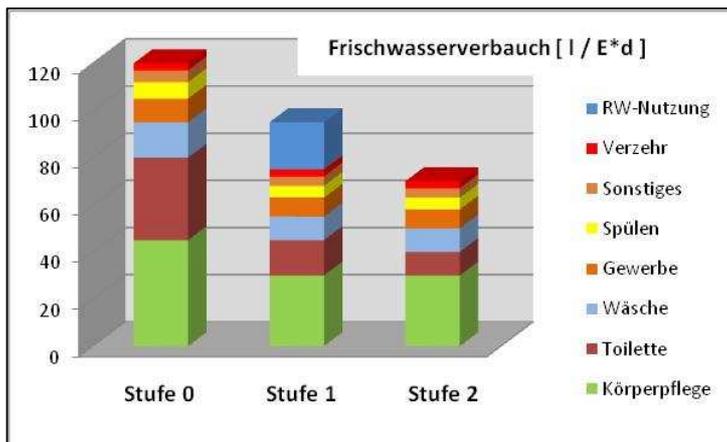
Stufe 0 sieht aktuelle Haustechnik nach herkömmlichem Standard sowie die Ableitung des Schmutzwassers in einer Schmutzwasserkanalisation auf dem Gelände in die umgebende Mischwasserkanalisation vor. Die Anbindung an das Mischsystem erfolgt an verschiedenen Stellen wie derzeit auch. Eine RW-Nutzung zur Verringerung des Trinkwasserverbrauchs wird nur für die Gartenbewässerung eingesetzt.

Stufe 1 setzt bezüglich der installierten Haustechnik einen deutlich ambitionierteren Stand als Mindestanforderung. Es sollen Installationen, aber auch Haushaltsgeräte mit möglichst dem geringsten verfügbaren Frischwasserverbrauch eingesetzt werden. Zusätzlich wird die RW-Nutzung auch für die Toilettenspülung eingesetzt, so dass der Frischwasserverbrauch deutlich und die Schmutzwassermenge ebenfalls spürbar reduziert werden kann. Die Ableitung des Schmutzwassers erfolgt wie in Stufe 0 über eine SW-Kanalisation in das umgebende Mischwassernetz.

Die deutliche Reduzierung des Frischwasserverbrauchs soll durch die eventuell öffentlich geförderte Installation wassersparender Armaturen (Perlatoren, Durchflussbegrenzer) und den Gebrauch extrem wassersparender Geräte (Waschmaschinen) in den Gebäuden erreicht werden. Dezentral sind Speicher und Zisternen vorzusehen, um das Regenwasser gebäudenah speichern zu können. Zusätzlich bleibt die RW-Nutzung für die Gartenbewässerung wie in Stufe 0 bestehen.

Stufe 2 geht deutlich über die vorgenannten Ziele hinaus. Es erfolgt eine Trennung zwischen Grau- und Schwarzwasser, das heißt, dass Fäkalien und Urin getrennt von den übrigen Abwasserteilströmen der Haushalte und Gewerbeeinheiten über ein Vakuumsystem abgeleitet werden. Die Regenwassernutzung in den Gebäuden entfällt, weil die Toiletten als wassersparendes Vakuumsystem ausgeführt werden, so dass eine gesonderte Installation für ein Brauchwassernetz wirtschaftlich nicht zu vertreten wäre.

Das Schwarzwasser soll gemeinsam mit organischen Abfällen aus den Küchen der Bewohner, aber möglichst auch aus der Klinikküche zur energetischen Nutzung für die Strom- und Wärmeerzeugung in einem BHKW in der Heizzentrale des Quartiers herangezogen werden.



Das Grauwasser (Duschen, Spülen, Waschen) soll ebenfalls energetisch genutzt werden. Hierbei wird dem Grauwasser die darin enthaltene Restwärme entzogen und über Wärmetauscher in das Wärmenetz des Quartiers eingespeist.

In der oben stehenden Übersicht ist die Mengenentwicklung des

Trink- bzw. Frischwasserverbrauchs unter Verwendung allgemeiner Ansätze aus der Literatur dargestellt. Diese verläuft von derzeit rd. 120 l/E*d über ca. 95 l/E*d (davon ca. 20 l RW) auf ca. 70 l/E*d (keine RW-Nutzung).

Im Anschluss sollen die einzelnen Elemente der Wasserversorgung bzw. der Substitution durch Regenwasser näher erläutert werden.

6.1 Regenwassernutzung in Gärten

Regenwasser wird bereits jetzt in vielen Haushalten zur Gartenbewässerung eingesetzt. Meist kommen einfache Regentonnen zum Einsatz, die an ein Fallrohr angeschlossen werden. Über offene Zapfstellen, Handpumpen oder auch elektrische Pumpen wird das Wasser entnommen. Letztere sollten jedoch im Sinne eines möglichst energiearmen Betriebes hier nicht zum Einsatz kommen.

In den Gärten oder auch an den Gebäuden können Zisternen bzw. Speicher unter- und oberirdisch angeordnet werden, die dann auch Teil der architektonischen Gestaltung sein können (s. Kap. 5.5). Der Anteil an Frischwasser, welcher durch RW-Nutzung ersetzt werden kann, ist selbstverständlich wetter- und nutzerabhängig. Insofern erfolgt hier kein konkreter Ansatz dieser Menge.

Eine Anrechnung dieser Volumina auf das erforderliche Retentionsvolumen der RW-Bewirtschaftung erfolgt nicht, da das Volumen im Zweifel nicht zur Verfügung steht, wenn es benötigt wird.

6.2 Regenwassernutzung in Gebäuden

Regenwasser kann in den Gebäuden in erster Linie als Toilettenspülwasser genutzt werden. Darüber hinaus gehende Nutzungen sind hauptsächlich in optischer Hinsicht mit Vorsicht zu genießen und bedingen einen weiteren technischen Aufwand, der die Wirtschaftlichkeit solcher Nutzungsarten stark in Frage stellt.

Bei der Nutzung für die Toilettenspülung wird in den Gebäuden ein zweites Wasserleitungsnetz (Brauchwassernetz) zu den Toilettenstandorten verlegt. Da die Bestandsgebäude größtenteils für eine neue Nutzung saniert werden müssen, kann diese Gelegenheit genutzt werden. Das anfallende Niederschlagswasser von den Dachflächen wird in Zisternen gespeichert und von dort in das sogenannte Brauchwassernetz eingespeist. Eine Einspeisung aus dem Frischwassernetz im Falle langer Trockenperioden muss möglich sein. Entsprechende Systeme gibt es seit langer Zeit auf dem Markt, diese können als technisch ausgereift angesehen werden.

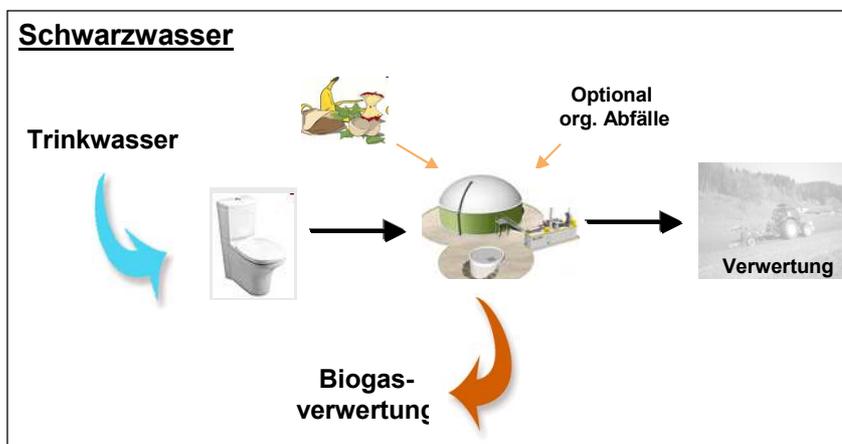
Bei entsprechender Dimensionierung der Speicher können Werte von 15% in Bezug auf den Ersatz des Frischwasserbedarfs als erreichbar angesehen werden. Die von einigen Herstellern entsprechender Anlagen propagierten Zahlen von 50% des Frischwasserbedarfs sind nur unter sehr günstigen Voraussetzungen zu erreichen. Es soll an dieser Stelle nicht verschwiegen werden, dass die kaufmännische Wirtschaftlichkeit solcher Anlagen zumindest bei einer nachträglichen Installation selten gegeben ist.

6.3 Energetische Nutzung des Schmutzwassers

Die technische Voraussetzung für die effiziente energetische Nutzung der Inhaltsstoffe des Schwarzwassers ist ein möglichst unverdünnter Schwarzwasserstrom. Dieser wird durch Installation von Vakuumtoiletten ermöglicht. Diese Toiletten zeichnen sich durch einen geringen Wasserverbrauch aus (ca. 1 l/Spülung), was zu einer deutlichen Verringerung des Wasserverbrauchs führt.

Das Vakuum wird in einer zentralen Station erzeugt und in ein Vakuumleitungsnetz in der Siedlung verteilt. Nach der Sammlung des Schwarzwassers erfolgt die Zugabe und Mischung der zerkleinerten organischen Abfälle. In einer Hygienisierung (Betriebstemperatur 55°C) werden pathogene Keime zerstört.

Die eigentliche Vergärung erfolgt anschließend bei 38°C. Als Produkte der Vergärung fallen



Biogas und Flüssigdünger an. Biogas wird vor Ort in einem Blockheizkraftwerk (BHKW) genutzt und dient der Strom- und Wärmeerzeugung. Der Flüssigdünger wird zwischengespeichert, um einen sinnvollen Zyklus im Abtransport zur Nut-

zung zu erreichen, und in der Landwirtschaft verwertet. Das oben stehende Bild zeigt das Schema der Schwarzwassernutzung.

Für das neue Hulsbergviertel wird von einem Abwasserstrom aus den Vakuumtoiletten von ca. 12 m³/d ausgegangen. Weiterhin werden vorerst ca. 6 m³/d an organischen Stoffen in Form von Bioabfall aus dem Quartier (ohne das Krankenhaus) angenommen. Hieraus resultiert eine Vergärungsanlage von ca. 370 m³ Inhalt. Für die Vorbehandlung wird jeweils ein Behälter mit einer Größe von ca. 15 m³ für die Hygienisierung und als Vorlage benötigt.

Es wird angenommen, dass die Abfuhr des Flüssigdüngers wöchentlich erfolgt, so dass hieraus ein Speichervolumen von ca. 80 m³ resultiert. Als Gasspeicher wird ein Volumen von ca. 40 m³ vorgesehen. Einige der Anlagenteile können auch im Erdreich eingebaut werden.

Die Umsetzung des Konzeptes erfolgt über folgende Anlagenteile:

- Vakuumtoiletten
- Vakuumkanalisation
- Vakuumstation
- Mischstation von organischen Abfällen und Schwarzwasser
- Hygienisierung
- Vergärungsanlage
- Speicherbehälter für Flüssigdünger
- Gasreinigung
- Gasspeicher
- Gas-Blockheizkraftwerk zur Stromerzeugung mit Wärmenutzung

Gemäß Versuchen mit Schwarzwasser inklusive Bioabfällen konnte festgestellt werden, dass ein spezifischer Biogasanfall von 24 l/P*d zu erreichen ist. Somit wird davon ausgegangen, dass ca. 35 m³ Biogas pro Tag anfallen. Mit einem Energieinhalt von ca. 6 kWh/m³ Biogas können hierüber ca. 210 kWh/d bzw. 75.000 kWh/a erzielt werden. Durch den genannten energetischen Ertrag lassen sich die Betriebskosten der Gebäude (Heizung, Warmwassererzeugung) etwas reduzieren.

Literaturwerte ergeben, dass durch die Nutzung von Biogas aus dem Abwasser ca. 5% der Heizenergie des betrachteten Gebietes gedeckt werden können. Hierbei wurde bereits der Eigenenergiebedarf der Biogasanlage für die Hygienisierung und Vergärung berücksichtigt. Diese Heizmenge kann somit an fossilen Energieträgern wie Erdgas eingespart werden.

Von Bedeutung bei der Umsetzung entsprechender Konzepte ist, dass alle Gebäude an ein solches System angeschlossen werden, damit es wirtschaftlich umsetzbar ist. Ausnahmen

von einem „Anschlusszwang“ müssen auf baurechtlicher oder vertraglicher Ebene ausgeschlossen werden.

Es sollte im weiteren Verlauf der Planung geprüft werden, ob die in dem benachbarten Krankenhaus anfallenden organischen Abfälle aus dem Küchenbetrieb oder aus gastronomischen Betrieben in der Nachbarschaft ebenfalls verwertet werden können. Die Feststoffe aus Fettabscheidern steigern wesentlich den Gasertrag in einer Biogasanlage.

Es muss bei allen Vorteilen beachtet werden, dass es sich bei einer Vakuumanlage um eine technische Einrichtung handelt, die von geschultem Personal betrieben und gewartet werden muss. Hierfür kann ggf. Personal des Entsorgungsbetriebes eingesetzt werden. Insofern ist eine Systemveränderung nicht unbedingt in Konkurrenz zu der herkömmlichen Entsorgungsschiene zu sehen, sondern vielmehr als deren Ergänzung.

Zu berücksichtigen sind ferner genehmigungstechnische Belange bei der Errichtung einer entsprechenden Anlage in einem Wohngebiet. Diese sind im weiteren Planungsverlauf ggf. im Rahmen einer detaillierteren Vorabschätzung mit den zuständigen Behörden zu klären, um die Realisierungschancen besser einschätzen zu können.

Vorteile

- Trinkwasserverbrauch wird durch Vakuumtoiletten um ca. 75% in Bezug auf den Spülvorgang reduziert (statt ca. 4 – 6 l/Spülung nur noch 1 l/Spülung)
- Energiegewinn von ca. 75.000 kWh/a möglich
- Nährstoffe im Abwasser können ohne aufwendige Reinigungsverfahren einer direkten landwirtschaftlichen Nutzung zugeführt werden; Stoffkreisläufe werden mit einfachen Methoden geschlossen
- Der Energiegehalt des Schwarzwassers sowie der Küchenabfälle kann im Quartier für die Strom- und Wärmeerzeugung genutzt werden
- Die Betriebskosten der Siedlung werden durch die Wärme- und Stromerzeugung sowie die Reduktion des Trinkwasserverbrauchs verringert
- Das Bewusstsein für den Umgang mit dem Thema „Abwasser“ wird geweckt oder gestärkt

Nachteile

- Es muss zusätzlich zum Vakuumsystem ein Schmutzwasserkanal für die Ableitung des Grauwassers verlegt werden, dieser kann allerdings in Abstimmung mit der genehmigenden Behörde aufgrund des Fehlens der Fäkalien etwas kleiner dimensioniert werden
- Es handelt sich um technische Einrichtung mit einem gewissen Wartungsbedarf
- Die Investitionskosten sind höher als bei herkömmlichen Schmutzwassersystemen

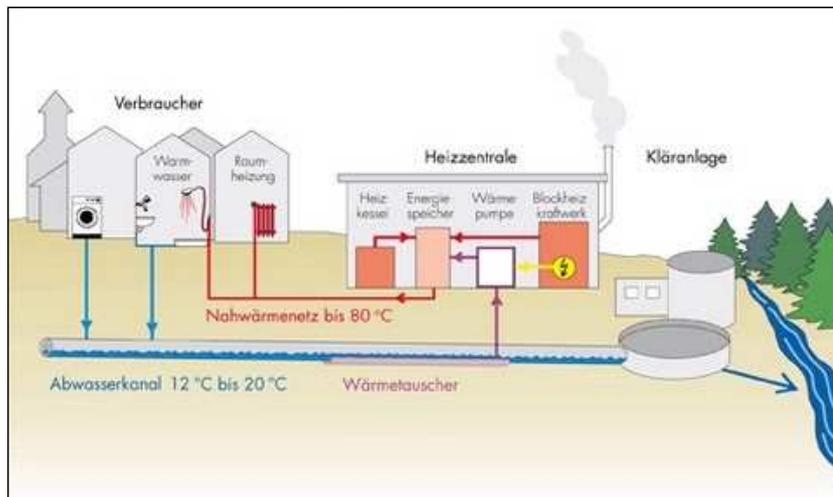
6.4 Schließen von Stoffkreisläufen

Neben der Verringerung des Frischwasserverbrauchs und des energetischen Ertrages ist ein weiterer positiver Aspekt der Schwarz-/Grauwassertrennung die Möglichkeit der Verwertung des entstehenden Flüssigdüngers in der Landwirtschaft, so dass die Stoffkreisläufe für die elementaren Pflanzennährstoffe Phosphor, Stickstoff und Kalium geschlossen werden.

Derzeit wird Stickstoff und Phosphat unter hohem Energieaufwand (Belüftung) in Kläranlagen aus dem Abwasser eliminiert und im Klärschlamm gebunden. Dieser wird allerdings aufgrund der häufig vorkommenden Beimengungen von organischen ökotoxischen Substanzen immer seltener landwirtschaftlich genutzt, so dass es vermehrt dazu kommen wird, insbesondere Phosphat unter erneut hohem technischen und energetischen Aufwand aus dem Klärschlamm oder aus der Asche von verbrannten Klärschlämmen zu extrahieren, um ihn wieder nutzbar zu machen. Dies kann u.E. nicht der in Zukunft zu beschreitende Weg sein. Umso wichtiger ist die rechtzeitige Einleitung einer schrittweisen Systemveränderung, wozu sich bei dem hier vorliegenden Fall die Gelegenheit ergibt. Mit der ortsnahen Nutzung des bei der Vergärung anfallenden Flüssigdüngers kann ein einfaches und ressourcenschonendes Entsorgungsverfahren installiert werden.

6.5 Wärmegewinnung aus Grauwasser

Voraussetzung für die Wärmegewinnung aus Grauwasser ist ein ausreichend vorhandener Volumenstrom sowie eine ausreichende Temperaturdifferenz im Grauwasser. Häusliches Abwasser hat in der Regel eine Temperatur von ca. 12 - 20°C. Das warme Abwasser wird über einen Wärmetauscher geleitet. Die genutzte Temperaturdifferenz wird über eine Wärmepumpe im Temperaturniveau erhöht und einer zentralen Wärmeversorgung zugeführt. Von hier wird die Wärme dem Verbraucher zur Verfügung gestellt.



Das nebenstehende Bild zeigt eine mögliche schematische Anordnung für eine Abwasserwärmenutzung. Je nach vorhandenen Rohrdurchmessern kann der Wärmetauscher im Rohrleitungssystem oder aber extern in einem Schacht untergebracht werden.

Im neuen Hulsbergviertel wird aufgrund der geringen Schmutzwassermengen von kleinen Rohrdurchmessern im FreigefälleNetz ausgegangen, so dass das warme Grauwasser direkt aus dem Kanal in einen Abwasserschacht geleitet werden kann. Über ein Sieb müssen Feststoffe entnommen bzw. abgehalten werden. Das fast feststofffreie Grauwasser wird durch den Wärmetauscher geleitet und anschließend der Kanalisation wieder zugeführt. Die Wärme wird über eine Wärmepumpe in das Speichersystem der zentralen Wärmeversorgung des Quartiers mit eingebracht und von dort dem Nutzer zur Verfügung gestellt.

Für das neue Hulsbergviertel kann eine theoretische Grauwassermenge von 120 m³/d angenommen werden. Dies liegt bei der Nutzbarkeit im unteren Bereich. Da hier das Abwasser nur sehr kurze Fließwege zurück zu legen hat, kann von einer gut nutzbaren Temperaturdifferenz ausgegangen werden. Gemäß Literaturwerten wird eine Temperaturdifferenz von 3 - 5°K zwischen Zu- und Ablauf Wärmetauscher angenommen. Für eine erste überschlägige Berechnung der Energieausbeute wird dieser Wert zu Grunde gelegt. Somit können ca. 25 - 30 kW bzw. 200.000 kWh/a bei einem Abwasseranfall von ca. 120 m³/d erzielt werden.

Es muss sichergestellt sein, dass über das Jahr gesehen immer Abnehmer für die Wärme vorhanden sind. In dem vorgeschlagenen Konzept kann die hier gewonnene Energiemenge für die Unterstützung der Wärmeversorgung und Warmwasserbereitung des Quartiers und für die Beheizung des Fermenters der Schwarzwassernutzung eingesetzt werden. Weiterhin ist mit dem benachbarten Krankenhaus eine Option vorhanden, die Energiemenge abzugeben.

Die Umsetzung der Wärmegewinnung erfolgt über folgende Anlagenteile:

- Schacht mit Feinstoffabtrennung
- Wärmetauscher
- Wärmepumpe

- Wärmespeicher

Vorteile

- Kontinuierlich anfallende Wärmemenge (200.000 kWh/a), die ansonsten nicht genutzt werden kann
- Nutzung der Wärmemenge zur Einspeisung in die Wärmezentrale des Quartiers und zur Beheizung des Fermenters der Schwarzwassernutzung

Die Wärmenutzung aus dem Abwasser kann auch ohne die Schwarz-/Grauwassertrennung erfolgen. In dem Fall wird das Temperaturniveau des Abwassers etwas niedriger sein (Kühleffekt durch die Toilettenspülung) und der Umgang mit den im Abwasser enthaltenen Feststoffen muss berücksichtigt werden. Eventuell kann der Wärmetauscher in einem der Kanäle des umgebenden MW-Systems installiert werden, um die Rentabilität der Anlage zu erhöhen. Dies sollte dann an einer zentralen Stelle erfolgen, an der der Abwasserstrom des Hulsbergviertels in das Mischsystem eingeleitet wird.

7. Kosten und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Bei der durchgeführten Wirtschaftlichkeitsbetrachtung gemäß den Vorgaben der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), welche aufgrund der geringen Planungstiefe nur als grobe Abschätzung verstanden werden kann, werden einige ausgewählte Szenarien der Regenwasserbewirtschaftung sowie die im vorhergehenden Kapitel angesprochenen Varianten der Schmutzwasserentsorgung und -verwertung betrachtet. Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung von Regen- und Schmutzwassersystem erfolgt getrennt, da auch die Ausführung der einzelnen Stufen des Konzeptes für Schmutz- und Regenwasser unabhängig voneinander ist.

7.1 Grundlagen der Kostenannahme und Kostenvergleichsrechnung

Alle Kostenangaben erfolgen netto (ohne Mehrwertsteuer). Nebenkosten wie Baugrunduntersuchungen, Genehmigungen, Gutachten etc. sind hier nicht berücksichtigt worden, da eine Bezifferung zum jetzigen Zeitpunkt sehr ungenau wäre. Planungskosten sind mit 15% der Erst-Investitionen sowie 10% der Re-Investitionen angesetzt worden.

Bei den angegebenen Kostengrößen handelt es sich um Annahmen auf Basis von Erfahrungswerten vergleichbarer Projekte sowie um Schätzungen, ausgehend von der groben Vorbemessung der Anlagen. Sofern im Anhang relativ genaue Kosten auftauchen, liegt dies an der Multiplikation von spezifischen Kostenansätzen mit Bemessungsgrößen. Eine entsprechende Genauigkeit kann und soll an dieser Stelle noch nicht gegeben werden.

Die folgenden Kalkulationswerte liegen den im weiteren Verlauf vorgestellten Ergebnissen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zugrunde.

Betrachtungszeitraum	45 Jahre
Reale Preisänderungsrate	1% / a
Inflationsrate	1% / a
Preisänderung Energiebezug / -verkauf	3% / a
Lebensdauer Maschinen- / EMSR-Technik	15 a
Wartung / Reparatur Bautechnik	1% / a
Wartung / Reparatur Maschinentechnik	2% / a
Wartung / Reparatur Elektrotechnik	3% / a

Die jährliche Preisänderungsrate für den Energiebezug respektive für die selbst erzeugte Wärme und den selbst erzeugten Strom wird im Mittel mit 3%/a angesetzt. Die tatsächlich erfolgten Preisänderungen des Zeitraums von 2000 bis 2010 liegen gemäß den Angaben

des statistischen Bundesamtes für Privatkunden im Mittel bei 5%/a (Gas) und 1,5%/a (Strom).

Die im weiteren Verlauf angegebenen Betriebskosten beinhalten nicht die Kapitalkosten für Erst-Investitionen oder Wiederbeschaffung. Diese werden in der Kostenvergleichsrechnung gem. den Leitlinien zur Durchführung von Kostenvergleichsrechnungen der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) bei der Ermittlung des Projektkostenbarwertes berücksichtigt.

Mögliche Mehr- oder Mindererlöse aus dem Flächenverkauf werden nicht in die Kostenbetrachtung aufgenommen, da dies zum Einen spekulativ wäre und zum Anderen unterstellt wird, dass die Nutzung privater Flächen zur RW-Bewirtschaftung über vertragliche und baurechtliche Maßnahmen geregelt werden.

Es werden die einfachen Jahreskosten (Betriebs- + Kapitalkosten) sowie der Projektkostenbarwert (PKBW) ermittelt. Bei dem PKBW handelt es sich um eine auf EURO bezogene Vergleichsgröße der Betriebskosten und der Investitions- sowie Reinvestitionskosten über den Betrachtungszeitraum, bezogen auf den jetzigen Zeitpunkt. Ziel des Vergleichs ist das Aufzeigen von Tendenzen hinsichtlich der Regenwasserbewirtschaftung und der Schmutzwasserentsorgung.

7.2 Kosten der Regenwasserbewirtschaftung

Bei dem Vergleich werden aus Gründen der Übersichtlichkeit an dieser Stelle nur die folgenden Szenarien und Stufen betrachtet:

Lastfall „Bemessung“	Szenario a)	Stufe 0 und Stufe 2
	Szenario b)	Stufe 0 und Stufe 2
Lastfall „Starkregen“	Szenario a)	Stufe 0 und Stufe 2
	Szenario b)	Stufe 0 und Stufe 2

Tendenziell gelten die Unterschiede zwischen den einzelnen Stufen des Konzepts auch für das Szenario c). Dieses wird jedoch hier nicht näher betrachtet, da die angestrebte möglichst naturnahe RW-Bewirtschaftung hier nur in sehr geringem Umfang berücksichtigt wird.

Der Lastfall „Bemessung“ für das 5-jährige Regenereignis wird als Grundlage des Wirtschaftlichkeitsvergleichs betrachtet. Die Mehrkosten der Maßnahmen, die zur Bewältigung des Lastfalls „Starkregen“ erforderlich sind, werden zusätzlich benannt, da allein betriebliche Maßnahmen sehr wahrscheinlich nicht ausreichen werden, um extreme Regenereig-

nisse bewirtschaften zu können. Die abgeschätzten Investitionskosten der RW-Bewirtschaftung sind in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt.

Investitionskosten RW-Bewirtschaftung				
	LF "Bemessung"		LF "Starkregen"	
	Szenario a)	Szenario b)	Szenario a)	Szenario b)
	[EUR]	[EUR]	[EUR]	[EUR]
Stufe 0	1.955.000	1.565.000	2.590.000	2.060.000
	Differenz "Bemessung / Starkregen"		635.000	495.000
Stufe 2	1.505.000	1.190.000	1.880.000	1.460.000
	Differenz "Bemessung / Starkregen"		375.000	270.000

Für den Vergleich der Betriebskosten werden die Kostenblöcke RW-Einleitgebühren in Abhängigkeit der angeschlossenen Fläche sowie die Kosten für Wartung und Reparatur, bezogen auf die Investitionskosten gem. LAWA, aufgeführt.

Betriebskosten RW-Bewirtschaftung				
	LF "Bemessung"		LF "Starkregen"	
	Szenario a)	Szenario b)	Szenario a)	Szenario b)
	[EUR/a]	[EUR/a]	[EUR/a]	[EUR/a]
Stufe 0	85.500	85.500	95.800	90.500
	Differenz "Bemessung / Starkregen"		5.300	5.000
Stufe 2	58.000	54.900	61.800	57.500
	Differenz "Bemessung / Starkregen"		3.800	2.600

Hinsichtlich der Stromkosten, der Betriebsstoffe und der Personalkosten ergeben sich nur marginale Unterschiede, die im jetzigen Stadium der Bearbeitung eine nicht vorhandene Genauigkeit suggerieren würden. Aus diesem Grunde werden diese Kostengrößen hier nicht bewertet. Die angesetzten Kosten sind detailliert im Anhang aufgeführt.

In der nachfolgenden Tabelle sind die Projektkostenbarwerte als Gesamtbewertung der oben betrachteten Lastfälle und Szenarien aufgeführt. Der PKBW dient, wie bereits angeführt, nur als Vergleichsgröße, um mittelfristige Vor- oder Nachteile einzelner Szenarien erkennen zu können.

Projektkostenbarwert RW-Bewirtschaftung				
	LF „Bemessung“		LF „Starkregen“	
	Szenario a)	Szenario b)	Szenario a)	Szenario b)
	[EUR]	[EUR]	[EUR]	[EUR]
Stufe 0	7.480.000	7.030.000	8.210.000	
Stufe 2	5.000.000	4.440.000		4.950.000
Differenz	2.480.000	2.590.000		3.260.000

Die Auswertung zeigt, dass erwartungsgemäß die Stufe 2 aufgrund der stärksten Verringerung der Abflussmenge den geringeren PKBW aufweist. Die Differenz zur Stufe 0 beträgt rd. 30 – 40% je nach Vergleichsszenario.

Dies sollte als deutliche Aussage in Richtung einer möglichst starken Verringerung der Abflussbildung direkt über die Oberflächengestaltung gewertet werden, egal, ob der Lastfall „Bemessung“ oder der Lastfall „Starkregen“ zugrunde gelegt wird.

Tendenziell fallen die Investitionskosten ausgehend vom Szenario a) zum Szenario c), da die Summe des erforderlichen Retentionsraumes bei geringerem Versickerungsanteil kleiner wird. Die spezifischen Kosten je m³ Retentionsvolumen sind zwar für Mulden allein geringer als für bspw. große unterirdische Speicher, aber die aus Nachhaltigkeitsgründen angestrebte bzw. aus Kapazitätsgründen erforderliche Kombination mit Rigolen bewirkt in der Summe etwas höhere spezifische Kosten.

Unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten ist somit die naturnahe RW-Bewirtschaftung in der Fläche eher ungünstig einzustufen.

7.3 Kosten der Schmutzwasserentsorgung und Wasserversorgung

Die Kosten für das Wasserversorgungsnetz werden hier nicht angesetzt, da davon ausgegangen wird, dass Teile des bestehenden Netzes unabhängig von der betrachteten Variante entweder weiter genutzt werden können oder aber neu installiert werden müssen. Somit wären die entstehenden Kosten bei allen Varianten identisch, da durch die RW-Nutzung keine Dimensionsänderung beim Versorgungsnetz erreicht werden kann.

Bei der Ermittlung der Kosten für die Grau- und Schwarzwassernutzung wird davon ausgegangen, dass im tiefsten Punkt des Geländes im Bereich des vorgesehenen Parkhauses eine ausreichend große öffentliche Fläche zur Verfügung steht, um die erforderlichen Anlagen dort zu errichten. Weiterhin wird angenommen, dass die bestehenden und weiter genutzten Gebäude komplett saniert werden müssen und somit durch die technischen Installationen in den Bestandsgebäuden gegenüber den Neubauten nur ein geringer zusätzlicher Aufwand entsteht, welcher hier nicht berücksichtigt wird. Angesetzt werden jedoch die

Mehrkosten für das Vakuumsystem einschließlich der dafür erforderlichen speziellen Toiletten.

Es wird ein Blockheizkraftwerk (BHKW) für die Nutzung des erzeugten Biogases vorgesehen. Ggf. kann dieses in das Anlagenkonzept der Heizzentrale eingebunden werden und als Ersatz- oder Spitzenlastaggregat dienen. In dem Fall ergeben sich eher Kostenvorteile durch die gemeinsame Nutzung von Gebäuden, Maschinen- sowie der Elektro-, Mess-, Steuer- und Regeltechnik (EMSR-Technik).

Es wird in Stufe 0 und 1a) eine identische Schmutzwasserkanalisation für das gesamte Quartier angesetzt, die an mehreren Stellen an das umgebende Mischwassernetz anbindet. Als Stufe 1b) wird als Vorstufe zur Stufe 2 die energetische Nutzung des Schmutzwassers ohne die Schwarz- / Grauwasserreinigung berücksichtigt. In Stufe 2 schließlich fungiert die etwas kleiner dimensionierte SW-Kanalisation als Grauwassernetz mit zentraler Ableitung und es wird zusätzlich ein Vakuumnetz für die Schwarzwasserableitung angesetzt. Beide Teilströme werden energetisch genutzt.

Für die Ermittlung der Betriebskosten werden hauptsächlich die SW-Einleitgebühren, der Frischwasserbezug und Personalkosten für den Betrieb der Anlagen in Stufe 1b) und 2 angesetzt. Die Wartungs- und Instandhaltungskosten werden wie beim Regenwasser gemäß den Ansätzen der LAWA berücksichtigt. Zusätzlich wird die Energieerzeugung als Einnahme bzw. als vermiedene Ausgabe bei den Betriebskosten berücksichtigt.

Investitions- und Betriebskosten SW-Entsorgung				
	Stufe 0	Stufe 1 a)	Stufe 1 b)	Stufe 2
	[EUR]	[EUR]	[EUR]	[EUR]
Investitionskosten	391.500	511.500	581.500	1.272.500
Betriebskosten	221.900	168.600	166.600	140.700
Jahreskosten	238.300	193.000	197.900	224.600
PKBW	16.640.000	12.250.000	11.580.000	10.460.000
	159%	117%	111%	100%

Die Auswertung der Kostenvergleichsrechnung für die Schmutzwasserentsorgung zeigt, dass die Stufe 1a) und 1b) die geringsten nominellen Jahreskosten (Betriebs- und Kapitalkosten) aufweisen. Dies liegt an den gegenüber der Stufe 0 nur leicht höheren sowie zur Stufe 2 erheblich niedrigeren Investitionskosten.

Erst bei der Betrachtung über den Zeitraum von 45 Jahren wird die Stufe 2 aufgrund der Kostensteigerungen beim Energiebezug bzw. -verkauf zu der Variante mit leichten be-



triebswirtschaftlichen Vorteilen. Allerdings sind die Unterschiede zwischen Stufe 1b) und Stufe 2 mit 111% zu 100% des PKBW nicht so gravierend, als dass eine weitere detaillierte Betrachtung beider Varianten außen vor gelassen werden sollte. Die Stufe 1a) fällt mit 117% schon deutlicher zurück.

Immerhin weist der PKBW zwischen Stufe 0 mit 159% und den beiden andere Stufen eine erhebliche Differenz auf, so dass die Themen Regenwassernutzung und Abwärmenutzung in jedem Fall weiter betrachtet werden sollte. Die Aspekte der Schwarz- und Grauwassernutzung sollten planerisch noch weiter verfolgt werden, um ein etwas detaillierteres Bild erstellen zu können.

8. Zusammenfassung und Empfehlung

Das Konzept für die nachhaltige Wasserver- und Entsorgung für das neue Hulsbergviertel wird unterteilt in das Thema Regenwasserbewirtschaftung und Schmutzwasserentsorgung mit angegliederter Frischwasserversorgung.

Die Anlagen zur **Regenwasserentsorgung und -bewirtschaftung** werden gemäß den derzeit gültigen normativen und gesetzlichen Vorgaben auf den Lastfall „Bemessung“ für ein 5-jähriges Regenereignis vorbemessen und hinsichtlich der Kosten betrachtet. Vorausgesetzt wird, dass in dem Gebiet ein Trennsystem eingerichtet wird, dass kein Abschlag von Regenwasser in das Mischwassernetz und die Ableitung in den Vorfluter stark gedrosselt erfolgen soll.

Zusätzlich werden die Auswirkungen bei einer Auslegung der Anlagen auf den Lastfall „Starkregen“ für ein 30-jähriges Regenereignis untersucht.

Darüber hinaus erfolgt jeweils die Unterscheidung zwischen 3 verschiedenen Szenarien a), b) und c), die eine unterschiedliche Priorität bezüglich der Flächennutzung aufweisen.

Als weitere Differenzierung werden verschiedene Stufen des Konzepts (Stufe 0, 1 und 2) mit jeweils verringertem Abflussbeiwert und verschiedener Intensität der Regenwassernutzung in Haushalten und Gärten betrachtet. Die Beeinflussung des Abflussbeiwertes wird durch Vorgaben bezüglich der Oberflächengestaltung erreicht.

Das Konzept der **Schmutzwasserentsorgung** wird ebenfalls in 3 Stufen unterteilt, wobei diese unabhängig von der Ausführung der entsprechenden Stufe bei der RW-Bewirtschaftung realisierbar sind.

Neben der konventionellen Ableitung in einer Schwemmkanalisation (Stufe 0) wird als Stufe 1a) die Nutzung von Regenwasser für die Toilettenspülung und Gartenbewässerung sowie als Stufe 2 die Installation einer Vakuumentwässerung bei gleichzeitiger Trennung zwischen Schwarz- und Grauwasser vorgesehen. In dieser Stufe erfolgt die Regenwassernutzung nur noch in Gärten.

Die Stufe 1b) stellt eine Zwischenlösung dar, bei der die Abwärmenutzung im Schmutzwasserkanal realisiert wird, aber keine Trennung zwischen Grau- und Schwarzwasser erfolgt.

Die vorgestellten Varianten werden unter den Gesichtspunkten der Nachhaltigkeit sowie ihrer technischen Eignung und der Wirtschaftlichkeit bewertet.

Technisch können alle Varianten als ausgereift und mindestens dem Stand der Technik entsprechend eingestuft werden.

Bezüglich der **Investitionskosten** erfordern erwartungsgemäß die Lösungen höhere Investitionen, die die Ansätze der Nachhaltigkeit stärker unterstützen. Bei der SW-Entsorgung fällt das Ergebnis jedoch eindeutiger aus, da hier bei konsequent nachhaltigem Umgang mit dem Schmutzwasser (Stufe 2) deutlich höhere Investitionen erforderlich sind.

Bei der RW-Bewirtschaftung ist die Tendenz gegenläufig. Über die Oberflächengestaltung kann die Abflussbildung verringert werden, was im Sinne eines natürlichen Grundwasserhaushaltes ist und gleichzeitig die Investitionen für die RW-Bewirtschaftung verringert. Eine gegenläufige Entwicklung nehmen die Kosten bei den Prioritäten der Flächenverfügbarkeit. Ein hohes Maß an Versickerung in der Fläche, welches positiv im Sinne des natürlichen Grundwasserhaushaltes ist, verursacht dagegen höhere Kosten und verringert gleichzeitig mögliche Erträge aus der Flächenvermarktung.

In der **wirtschaftlichen Gesamtbetrachtung** über einen Zeitraum von 45 Jahren ergeben sich ebenfalls deutliche Unterschiede.

Hier zeigen sich bei der RW-Bewirtschaftung Vorteile für die Szenarien, die eine möglichst weitgehende Verringerung der Abflussbildung in dem Gebiet über eine entsprechende Oberflächengestaltung erreichen.

Bei der SW-Entsorgung weisen die Varianten Vorteile auf, die eine energetische Nutzung zumindest des Schmutzwassers, möglichst aber sogar die getrennte Nutzung des Schwarz- und des Grauwassers vorsehen.

Die technische und wirtschaftliche Betrachtung des **Lastfalls „Starkregen“** erfolgt als Vergleich, um abschätzen zu können, welche Maßnahmen geeignet sind und welcher finanzieller Aufwand gegenüber dem Lastfall „Bemessung“ erforderlich sein wird, um Starkregenergebnisse schadlos bewältigen zu können.

Im Falle der RW-Bewirtschaftung sind mehrere verschiedene Komponenten der Retention und Speicherung vorzusehen, um das Ziel des stark gedrosselten RW-Ablaufs in den Vorfluter „Weser“ zu erreichen. Dazu zählen neben Mulden- / Rigolenelementen auch zentrale und dezentrale Speichereinheiten in öffentlichen und privaten Flächen, Zisternen, die in Gebäude integriert werden, Retentionsräume in Form von Balkonkästen oder hängenden Gärten, sowie öffentliche Flächen, die temporär bei Starkregen überflutet werden können, ohne dass es zu Schäden kommt. Hier ist bspw. ein Quartiersplatz als temporärer Speicher zu nennen. Ggf. kann vorhandene Bausubstanz (Kellergeschoss Geb. 12) als RW-Speicher genutzt werden.

Geht man von der politisch gewünschten **Nachhaltigkeit als zentrale Anforderung** an die Umsetzung aus, so wäre für die SW-Entsorgung die Stufe 2, mindestens die Stufe 1b) zu empfehlen. Als eventuell problematisch ist die Örtlichkeit hinsichtlich der Gasspeicherung und –nutzung bei der energetischen Schwarzwasserverwertung zu bewerten.

Im Falle der RW-Bewirtschaftung entspricht die Stufe 2 einer möglichst weit gehenden Retention in der Fläche über die Oberflächengestaltung, um die Abflussbildung so weit wie möglich zu reduzieren. Ob die maximale Flächenverfügbarkeit oder der Aspekt der Grundwasserneubildung über die maximale Versickerung in den Focus gestellt wird, ist eine Frage, die an anderer Stelle beantwortet werden muss.

Zusammengefasst können die folgenden Empfehlungen unter den verschiedenen Aspekten gegeben werden.

Kriterium Nachhaltigkeit

Schmutzwasserentsorgung: Stufe 2, mindestens Stufe 1b)

Regenwasserbewirtschaftung: Stufe 2 bezüglich der Oberflächengestaltung, Szenario a) zum Erreichen eines möglichst naturnahen Grundwasserhaushaltes

Kriterium Wirtschaftlichkeit

Schmutzwasserentsorgung: Stufe 2 oder Stufe 1b)

Regenwasserbewirtschaftung: Stufe 2 bezüglich der Oberflächengestaltung, Szenario b) als Kompromiss zwischen Flächenverfügbarkeit und Wirtschaftlichkeit

Kriterium technische und betriebliche Anforderungen

Schmutzwasserentsorgung: Stufe 1a) oder Stufe 1b)

Regenwasserbewirtschaftung: große Speichereinheiten zur Verringerung des betrieblichen Aufwandes, möglichst keine RW-Nutzung in Gebäuden

Die im Kapitel 4 genannten Kriterien an den Bau und den Betrieb der Einrichtungen zur Regenwasserbewirtschaftung und Schmutzwasserentsorgung sowie die dort genannten Aspekte der Nachhaltigkeit sollen als Orientierung zur Schwerpunktsetzung bei der Erstellung des städtebaulichen Rahmenplans dienen. Welche Schwerpunkte letztlich bei der Bewertung zum Tragen kommen, ist Aufgabe der Verwaltung und Politik.

Bremen, im Juni 2012

Gralle & Partner
Beratende Ingenieure VBI