

ABSCHLUSSBERICHT

zum Forschungsvorhaben

**Gegenüberstellung der Möglichkeiten zentraler
und dezentraler Regenwasserbehandlungsmaßnahmen
für zwei Gewässereinzugsgebiete**

Juli 2010

Im Auftrag der:



Stadt Wuppertal



Remscheider Entsorgungsbetriebe

Remscheider Entsorgungsbetriebe

Durchführung:



Dr. Pecher AG



Ingenieurbüro
Reinhard Beck



WSW Energie & Wasser
AG

Gefördert
durch:



Bezirksregierung Düsseldorf

Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und
Verbraucherschutz des Landes NRW

Projektleitung: Dr.-Ing. Helmut Grüning

Bearbeitung

Dr.-Ing. Helmut Grüning (Dr. Pecher AG): Gesamtprojektleitung

Dipl.-Ing. Norbert Rönz (Dr. Pecher AG): Teilbericht Briller Bach

Dipl.-Ing. Olaf Schlag (Ingenieurbüro Reinhard Beck): Teilbericht Müggenbach

Projektbeauftragung und -begleitung:

Dipl.-Ing. Bernard Arnold (Stadt Wuppertal)

Dipl.-Ing. Udo Laschet (WSW Energie & Wasser AG)

Dipl.-Ing. Uwe Teiche (Remscheider Entsorgungsbetriebe)

Wuppertal, den 17.07.2010



Dipl.-Ing. Bernard Arnold

Erkrath, den 17.07.2010



Dr.-Ing. Helmut Grüning

Teilbericht 1

Zielsetzung und Systematik der Untersuchungen sowie grundlegende Ausführungen zu den möglichen Maßnahmen der Regenwasserbehandlung

Teilbericht 2

Briller Bachsystem (Wuppertal) – Systembeschreibung sowie Variantenbetrachtungen und Kostenvergleich

Teilbericht 3

Müggelbach (Remscheid) – Systembeschreibung sowie Variantenbetrachtungen und Kostenvergleich

Teilbericht 4

Zusammenfassende Darstellung und Interpretation der Ergebnisse

BERICHT

Gegenüberstellung der Möglichkeiten zentraler und dezentraler Regenwasserbehandlungsmaßnahmen für zwei Gewässereinzugsgebiete

Teilbericht 1: Grundlagen und Konzept

Im Auftrag der:



Stadt Wuppertal



Remscheider Entsorgungsbetriebe

Remscheider Entsorgungsbetriebe

Durchführung:



Dr. Pecher AG



Ingenieurbüro
Reinhard Beck



WSW Energie & Wasser
AG

Gefördert
durch:



Bezirksregierung Düsseldorf

Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und
Verbraucherschutz des Landes NRW

Projektleitung: Dr.-Ing. Helmut Grüning

Bearbeitung: Dr.-Ing. Helmut Grüning (Teilbericht 1)

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Aufbau und Struktur der Dokumentation	2
3	Inhalt und Zielsetzung des Vorhabens	3
3.1	Veranlassung und Zielsetzung	3
3.2	Besondere Genehmigungssituation bei kanalisiertem Gewässern	4
3.3	Charakteristik der untersuchten Gewässersysteme	5
4	Erfordernis und Möglichkeiten der Regenwasserbehandlung	7
4.1	Schadstoffe im Regenwasser	7
4.1.1	Niederschlagsabflüsse und Abflüsse von unterschiedlichen Oberflächen	7
4.1.2	Indikatorparameter und Grenzwerte	8
4.2	Anforderungen an die Niederschlagsentwässerung in Nordrhein-Westfalen	9
4.2.1	Nutzungsabhängige Bewertung der Abflussverunreinigung	9
4.2.2	Vorgehensweise und Untersuchungen zu Abflüssen von Verkehrsflächen	9
4.2.3	Ortsspezifische Definition von Regenwasserbehandlungsmaßnahmen	10
4.3	Verfahrensübersicht und Präferenzen	12
4.3.1	Überblick	12
4.3.2	Grenzen herkömmlicher Behandlungsverfahren	13
4.4	Kompakte Systeme mit bevorzugtem Einsatz zur dezentralen Behandlung	13
4.4.1	Systemüberblick und Vergleichbarkeit	13
4.4.2	Filterschachtsysteme	16
4.4.3	Straßenablaufeinsätze	17
4.4.4	Sickerrinnen	18
4.4.5	Versickerung	18
5	Möglichkeiten der Abflussbewirtschaftung auf der Basis von Stoffäquivalenzmessungen	19
5.1	Stoffspezifisches Systemverhalten bei Regenwasserabfluss	19
5.2	Messtechnik: Möglichkeiten und Grundlagen	19
5.3	Anforderungen an die Messtechnik	20
5.4	Indikatorparameter „Feststoffe“ zur qualitativen Abflusssteuerung	21
5.5	Immissions- und emissionsbezogene Grenzwerte	22
5.6	Bewirtschaftungskonzept	23
5.7	Betriebliche Erfahrungen mit dem Einsatz von Photometersonden	26
6	Variantenbetrachtung	27
6.1	Beschreibung des Konzeptes	27
6.2	Beschreibung der untersuchten Varianten	27
6.2.1	Variante 1 „Dezentrale Behandlung“	27
6.2.2	Variante 2 „Kombinationslösung aus de- und semizentraler/zentraler Behandlung“	29
6.2.3	Variante 3 „Zentrale Behandlung und separater Kanal“	29
6.2.4	Variante 4a „Parameterspezifische Abflusssteuerung (Briller Bach)“	29
6.2.5	Variante 4b „Zentrale Behandlung (Müggenbach)“	30

7	Kosten zur Regenwasserbehandlung	31
7.1	Kostenermittlungen und Ansätze für die Kostenvergleichsrechnung	31
7.2	Kosten für Verfahren zur dezentralen Regenwasserbehandlung	32
7.2.1	Kosten für Filterschachtsysteme	32
7.2.2	Kosten für Straßenablaufeinsätze	35
7.2.3	Exemplarische Auswertungen für derzeitig verfügbare dezentrale Systeme	38
7.3	Kosten für Regenklärbecken	39
7.4	Kosten für Kanäle	41
7.5	Kosten für Steuerung auf der Basis von Stoffäquivalenzmessungen	42
8	Zusammenfassung	45
9	Literatur	46

1 Einleitung

Kanalisierte Gewässer mit natürlichen Basisabflüssen und Regenwasserkanäle mit dauerhaften Abflüssen stellen in Nordrhein-Westfalen einen häufigen Systemzustand dar. Wie ist die Situation entstanden? Die Dynamik städtebaulicher Entwicklungen mit intensiver Flächennutzung hat bis vor wenigen Jahrzehnten die Erhaltung natürlicher Gewässerstrukturen überlagert. Gewässer wurden Bestandteil der Ableitungssysteme. Diese „verrohrten Bäche“ weisen häufig einen Gewässerstatus auf und führen teilweise auch einen nennenswerten natürlichen Basisabfluss. Die natürliche Quelle der Bachkanäle und der daraus resultierende Zufluss ist häufig nicht mehr zu identifizieren. Im Rahmen der Genehmigungspraxis von Behandlungsanlagen und Einleitungen ist die Definition der Systeme eine maßgebliche Fragestellung. Handelt es sich um ein kanalisiertes Gewässer oder um einen Regenwasserkanal mit Fremdwassereinleitung?

Die Bewirtschaftung dieser Gewässer rückt u. a. durch die Zielvorgaben der EG-WRRL vermehrt in den Fokus der Entwicklungskonzepte von Kommunen und Wasserverbänden. Die Aktivierung des Entwicklungspotentials in Richtung des ursprünglichen und naturnahen Zustands ist oft ein eher mittel- bis langfristiger Prozess. Wie mit der Genehmigung von Oberflächenabflusseinleitungen umzugehen ist, stellt häufig ein aktuelles Problem dar. Im Rahmen der Genehmigungspraxis von Regenwasserbehandlungsanlagen sind komplexe Rahmenbedingungen zu berücksichtigen, die oft keine eindeutigen und genehmigungsrechtlich einwandfreien Lösungen ermöglichen.

Die Analyse dieser Situation ist Gegenstand dieses Forschungs- und Entwicklungsvorhabens. Dabei wird insbesondere die Rahmenbedingungen bei kanalisierten Gewässerabschnitten als Bestandteil der Trennkanalisation betrachtet. Neben der Frage der Rückführung kanalisierter Ableitungsstrukturen in naturähnliche Gewässersysteme ist zu klären, welche Möglichkeiten der Einleitung von Oberflächenabflüssen in kanalisierte Gewässer bestehen bzw. in welchem Umfang und an welcher Stelle eine Regenwasserbehandlung erfolgen muss.

Folgende Fragestellungen sind dann zu beachten:

- Die Anzahl der Einleitungen in ein Gewässer kann bereits durch den Anschluss von Straßeneinläufen im Straßenraum erheblich sein. Müssen hier nun für jede Einleitung wasserrechtliche Erlaubnisanträge (§§ 8, 9 und 10 WHG) gestellt werden?
- Nach welchen Kriterien ist eine Behandlung von Oberflächenabflüssen festzulegen?
- Welche Möglichkeiten der Regenwasserbehandlung sind in den beengten urbanen Räumen überhaupt möglich?
- Muss eine Behandlung grundsätzlich vor der Einleitung in das kanalisierte Gewässer erfolgen?

Die hier durchgeführte Systemanalyse und -bewertung erfolgt in erster Linie durch vergleichende Gegenüberstellung der Kosten für verschiedene Lösungskonzepte. Diese werden am Beispiel eines kanalisiertes Gewässersystems in Wuppertal (Briller Bach) und einer Bachverrohrung in Remscheid (Müggenbach) ermittelt.

Ein weiterer Betrachtungsschwerpunkt ist die Untersuchung von Möglichkeiten, die vorhandene Situation durch innovative Mess- und Steuerkonzepte zu lösen. Besondere Beachtung finden hierbei die Untersuchungen zur kontinuierlichen Erfassung von Stoffparametern mit Photometersonden. Diese Messtechnik ermöglicht eine Aufteilung der Abflüsse in Abhängigkeit von der aktuellen Verunreinigung. Die Steuerung mit entsprechenden Messsystemen erfolgt in einem Trennbauwerk in Wuppertal.

2 Aufbau und Struktur der Dokumentation

Die Dokumentation des Vorhabens erfolgt in 4 Teilberichten. Dabei werden in den jeweiligen Teilberichten folgende Inhalte beschrieben:

Teilbericht 1: Zielsetzung und Systematik der Untersuchungen sowie grundlegende Ausführungen zu den möglichen Maßnahmen der Regenwasserbehandlung

- Zielsetzung und Konzept des Vorhabens (Kapitel 2 und 3)
- Allgemeine Beschreibung der untersuchten Gewässersysteme (Kapitel 3)
- Erfordernis und Möglichkeiten der Regenwasserbehandlung (Kapitel 4 und 5)
- Allgemeine Beschreibung der untersuchten Varianten sowie Möglichkeiten und Verfahren zur Regenwasserbewirtschaftung und -behandlung (Kapitel 6)
- Ermittlung von Betriebs- und Investitionskosten für die untersuchten Systeme (Kapitel 7)

Teilbericht 2: Briller Bachsystem (Wuppertal) – Systembeschreibung sowie Variantenbetrachtungen und Kostenvergleich

- Gebietsstruktur und Einleitungen (Kapitel 1 bis 5)
- Behandlungsalternativen (Kapitel 6)
- Kostenermittlung (Kapitel 7)
- Anlagen und Plandokumentation

Teilbericht 3: Müggenbach (Remscheid) – Systembeschreibung sowie Variantenbetrachtungen und Kostenvergleich

- Gebietsstruktur und Einleitungen (Kapitel 2)
- Behandlungsalternativen (Kapitel 3)
- Kostenermittlung (Kapitel 4)
- Anlagen und Plandokumentation

Teilbericht 4: Zusammenfassende Darstellung und Interpretation der Ergebnisse

- Ökonomische Bewertung der Konzepte (Kapitel 2)
- Ökologische Bewertung der Konzepte und Systeme (Kapitel 3)
- Allgemeine Übertragbarkeit der Ergebnisse und wasserrechtliche Aspekte (Kapitel 4 und 5)
- Zusammenfassung und Ausblick (Kapitel 6)

Der Informationsgehalt und die Struktur der jeweiligen Berichte ermöglichen eine Einzelbetrachtung der Teildokumentationen. Dadurch waren Wiederholungen in den jeweiligen Teilberichten nicht auszuschließen. Da möglicherweise aber nur einzelne Themenbereiche bzw. insbesondere die Ergebnisse (Teilbericht 4) betrachtet werden, wurde dieser Umstand in Kauf genommen.

3 Inhalt und Zielsetzung des Vorhabens

3.1 Veranlassung und Zielsetzung

Im Zuge von industriell geprägten städtebaulichen Entwicklungen der Besiedlung im vergangenen Jahrhundert wurden zahlreiche Bachläufe kanalisiert und zum Bestandteil der Regenwasserkanalisation umfunktioniert. Diese Bachläufe sind vollständig kanalisiert oder weisen einen hohen Anteil an kanalisiertem Strecken auf. Vielfach sind dabei auch Quellbereiche überbaut worden. Als „verrohrte“ Bäche leiten diese Gewässer teilweise einen beachtlichen Basisabfluss ab, andere wiederum weisen nur geringfügige natürliche Abflüsse auf. Nach Lange (2002) korrespondiert diese Entwicklung mit dem Ausbau der Verkehrswege. Mit dem Ausbau der Straßen erfolgte die „Verdrängung“ der Gewässer in den Untergrund. Bild 1 illustriert den Verlauf dieser infrastrukturellen Entwicklung.

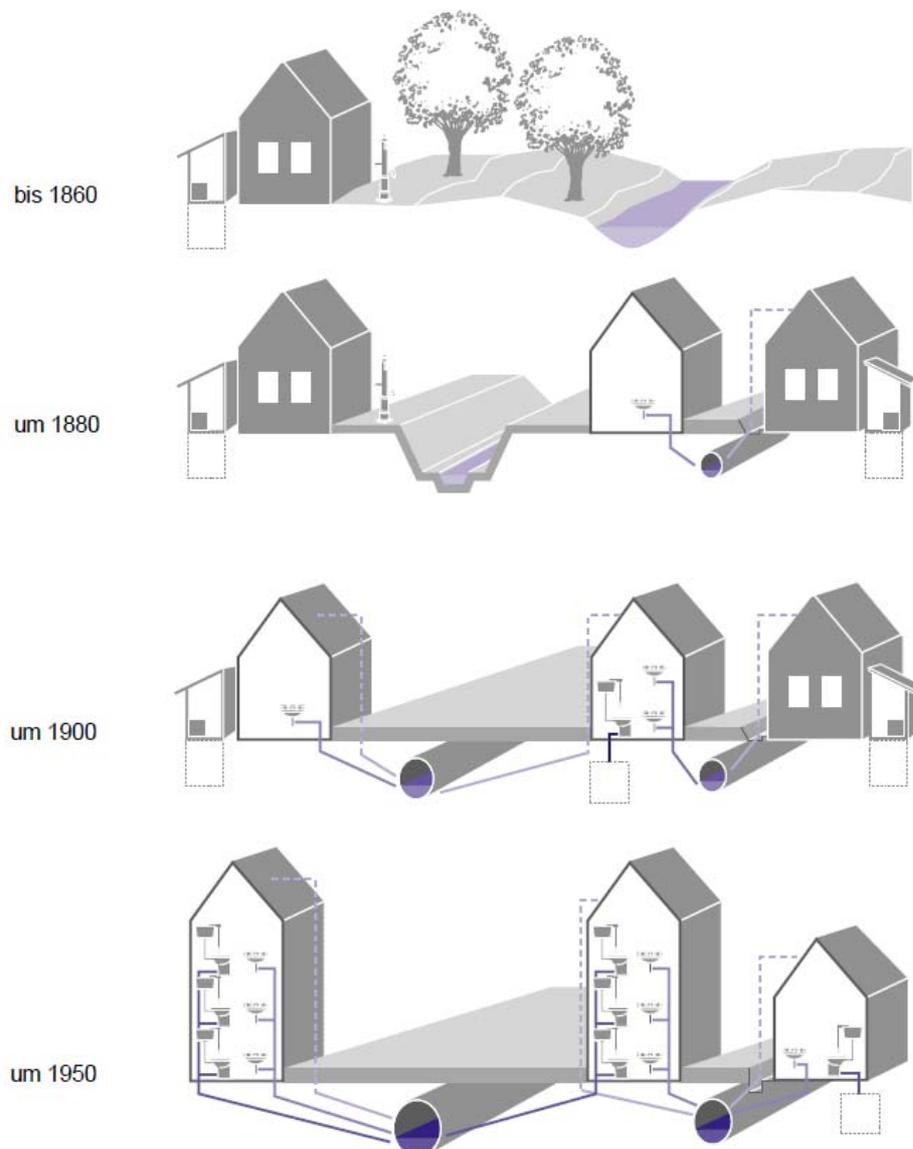


Bild 1 Überlagerung der infrastrukturellen Entwicklung „Straße und Gewässerverrohrung“ (aus Lange, 2002)

Für kanalisierte Gewässer - als Teil des Entwässerungssystems - ist eine Vielzahl unterschiedlicher Einleitungen charakteristisch. Dazu zählen:

- Straßenabläufe,
- Drainageanschlüsse,
- Grundstücksentwässerungen (privat und öffentlich),
- seitliche Einleitungen von Gebietszuflüssen.

Der natürliche Basisabfluss vermischt sich durch eine Vielzahl an Einleitungsstellen mit teilweise unverschmutzten und auch behandlungspflichtigen Abflüssen. Langfristiges Ziel der Gewässerstrukturierung gemäß EG-WRRL ist der gute chemische und biologische Zustand. Allerdings besteht in den dicht besiedelten Gebieten nicht die Möglichkeit, in überschaubaren Zeiträumen naturähnliche Gewässerverläufe zu gestalten. Vor diesem Hintergrund beschränkt sich die wasserwirtschaftliche Zielsetzung auf die Wasserqualität im stark urbanisierten Raum. Um diese kurz- bis mittelfristig zu erreichen, sind folgende Möglichkeiten denkbar:

- 1) Vermeidung der Einleitung verunreinigter Abflüsse in das Gewässer durch dezentrale oder semi-zentrale Regenwasserbehandlungsmaßnahmen.
- 2) Behandlung des Gesamtabflusses (inklusive des Bachabflusses) in der Kanalisation vor der Einleitung in das nächste Gewässer (sogenannte Flusskläranlage).
- 3) Abflussbewirtschaftung durch verschmutzungsorientierte Messungen mit Photometersonden.
- 4) Trennung der unterschiedlichen Abflüsse durch eine separate Ableitung des natürlichen Abflusses (z. B. „Rohr-im-Rohr-System“) und der behandlungspflichtigen Abflüsse in das Schmutzwasser-
netz.

Ziel des Forschungs- und Entwicklungsvorhabens ist die vergleichende Gegenüberstellung der jeweiligen Kosten der unterschiedlichen Verfahren im Umgang mit Regenwasser am Beispiel realistischer Situationen. Dabei erfolgt der Variantenvergleich nicht mit der Zielsetzung, eine kostenoptimale Lösung für das jeweilige Gebiet zu entwickeln, sondern das Spektrum der Möglichkeiten und Kosten für die unterschiedlichen Verfahren aufzuzeigen. Damit soll künftig eine Entscheidungshilfe für die Genehmigungssituation vergleichbarer Systeme zur Verfügung stehen.

3.2 Besondere Genehmigungssituation bei kanalisiertem Gewässern

Wasserrechtlich besteht die Forderung einer Einleitungserlaubnis für jede Einleitung in ein Gewässer. Da in überbauten Gewässerstrukturen eine Vielzahl an Einleitungen bereits aus Straßenabläufen besteht, stellt eine individuelle Einleitungserlaubnis für jede Einleitung keine realistische Alternative dar. Die Einleitung behandlungspflichtiger Abflüsse mit anschließender Behandlung des natürlichen Basisabflusses mit den verschmutzten Oberflächenabflüssen kann eine ökologisch und ökonomisch sinnvolle Alternative darstellen, ist aktuell allerdings nicht genehmigungsfähig, weil das Wasserrecht in Nordrhein-Westfalen diesen Fall nicht berücksichtigt. Vor diesem Hintergrund sind die vier in Kapitel 3.1 genannten Möglichkeiten der Behandlung und Bewirtschaftung von verunreinigten Oberflächenabflüssen zu prüfen.

Ziel ist die Bewertung der technischen Möglichkeiten und der monetären Aufwendungen. Beurteilungskriterium ist die „Zumutbarkeit“ der möglichen wasserrechtlichen Forderungen. Vor diesem

Hintergrund erfolgt für die vier Alternativen am Beispiel von zwei kanalisiertem Gewässern in Remscheid und Wuppertal eine Planung, die eine realistische Bewertung der Betriebs- und Investitionskosten ermöglicht, um eine vergleichende Gegenüberstellung vorzunehmen.

3.3 Charakteristik der untersuchten Gewässersysteme

Die beiden untersuchten Gewässersysteme decken unterschiedliche Gewässercharakteristiken ab. Der Briller Bach in Wuppertal führt dauerhaft einen nennenswerten Basisabfluss zur Wupper ab (Bild 2). Der Müggenbach in Remscheid weist dagegen einen minimalen natürlichen Abfluss von unter 10 l/s auf.



Bild 2 Blick in den kanalisiertem Briller Bach etwa 150 m vor der Einleitung in die Wupper in einem Zeitraum mit kontinuierlichem Basisabfluss ohne Oberflächenabflusseinleitung

Mehr als zwei Drittel des fast 8 km langen Gewässersystems des Briller Bachs sind kanalisiert. Die offenen Gewässerabschnitte beschränken sich vornehmlich auf die Quellbereiche der einleitenden Nebengewässer. Das Gesamteinzugsgebiet umfasst über 380 ha. Von den rund 120 ha angeschlossenen und befestigten Flächen sind 28,2 ha behandlungspflichtig. Die Größe der einzelnen behandlungspflichtigen Teilflächen schwankt dabei von wenigen m² bis zu ca. 3,5 ha.

Der Müggenbach stellt sich aufgrund von städtebaulichen Entwicklungen als eng vernetztes Ableitungssystem für Bach-, Drainage- und hauptsächlich Niederschlagswasser dar. Der Quellwasserabfluss ist im Vergleich zu den abgeleiteten Regenwasserabflüssen auch bei kleineren bis mittleren Regenereignissen vernachlässigbar gering (Bild 3).

Das untersuchte Gebiet liegt im Nordosten des Stadtzentrums von Remscheid. Entlang der Bundesstraße B 229 haben sich vor allem kleine bis mittlere Gewerbe- und Industriebetriebe angesiedelt. Das Regenwasser der im Trennverfahren erschlossenen Teileinzugsgebiete wird ungedrosselt und ohne

Behandlung in den verrohrten Müggenbach eingeleitet. Das Gewässer zählt zu den hydraulisch am stärksten belasteten Vorflutern im Remscheider Stadtgebiet. Die direkt angeschlossene und abflusswirksame Fläche (A_U) beträgt ca. 79 ha, so dass selbst bei mittleren Regenereignissen Abflüsse von 1 bis 3 m³/s zum Hauptgewässer Morsbach weitergeleitet werden. Bei starken Niederschlägen können bis zu 13,7 m³/s zum Abfluss kommen. Damit stellt der Müggenbach eine exemplarische Gewässerstruktur mit folgenden Merkmalen dar: Lediglich im Quellbereich ($A_{E0} = 0,07 \text{ km}^2$) sind annähernd natürliche Strukturen vorzufinden, der weitere Gewässerverlauf ist kanalisiert. Der Regen- bzw. Bachwasserkanal geht nach 2,2 km Länge wieder in ein offenes Gewässer über. Für den kanalisierten Bach ist eine Entwicklung der Biozönose nicht möglich.



Bild 3 Quellbereich (links) und Austritt des kanalisierten Müggenbaches (rechts)

Eine detaillierte Beschreibung der jeweiligen Gewässersysteme erfolgt in den Teilberichten 2 und 3. Beide Gewässer weisen damit, zumindest bis auf kurze Abschnitte, keine naturähnlichen Strukturen mehr auf und sind zudem so maßgeblich in die infrastrukturellen Systeme integriert, dass ein Rückbau und eine Offenlegung derzeit nicht realisierbar sind.

4 Erfordernis und Möglichkeiten der Regenwasserbehandlung

4.1 Schadstoffe im Regenwasser

4.1.1 Niederschlagsabflüsse und Abflüsse von unterschiedlichen Oberflächen

Das Maß der Verunreinigung von Oberflächenabflüssen weist ein großes Spektrum und eine hohe Dynamik auf. Die Belastung erfolgt bereits durch Inhaltsstoffe in der Atmosphäre. Im Rahmen der Abflussbildungs- und Abflusskonzentrationsprozesse erfolgt durch den Kontakt mit Oberflächenverschmutzungen eine weitere Stoffaufnahme. In Abhängigkeit von der Nutzung und Beschaffenheit der Oberfläche können somit eine Vielzahl von Stoffen, teilweise mit erheblichen Konzentrationen im Oberflächenabfluss enthalten sein (Tabelle 1).

Die Stoffbelastung von Oberflächenabflüssen erfolgt durch „nasse“ Deposition (Auswaschung von Luftschadstoffen bei Regen, Schnee durch Niederschlag) und durch „trockene“ Deposition in niederschlagsfreien Zeiten (Sedimentation, Adsorption, turbulente Diffusion an Oberflächen). Dabei sind nach Muschak (1989) in den Niederschlägen überwiegend lösliche Bestandteile (Zn, Pb, Cu, P, NH₄ und Feinstäube) enthalten. Diese mit Staub belasteten Niederschläge enthalten hauptsächlich schwer lösliche Feststoffe (Cd, Cr, Fe).

Die Oberflächenstrukturen der abflusswirksamen Flächen werden im Wesentlichen durch Dachflächen und Straßenflächen sowie Wege, Zufahrten und Plätze charakterisiert.

Tabelle 1 Spektrum der Stoffkonzentrationen in Oberflächenabflüssen (Grüning, ergänzt nach Dierkes et al., 2005)

Parameter	Niederschlag		Dachflächen		Verkehrsflächen (schwach bel.)		Verkehrsflächen (stark bel.)	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
AFS (mg/l)	0,2	52	13	120	74	150	60	937
MKW (mg/l)	0,29	0,41	0,11	314	-	-	0,51	6,5
PAK (mg/l)	0,04	0,76	0,35	0,60	0,16	3,50	0,24	17,1
Cu (µg/l)	1	355	6	3.416	21	140	97	104
Cd (µg/l)	0,1	3,9	0,2	1	0,2	1,2	0,3	13
Pb (µg/l)	2	76	2	493	98	98	11	525
Zn (µg/l)	5	235	24	4.880	15	15	120	2.000

Stoffliche Belastungen von Dachabflüssen erfolgen u. a. durch die Deposition von Luftverunreinigungen, die als unbedenklich eingestuft werden kann (Arbeitsblatt DWA-A 138, 2005). Abflüsse von unbeschichteten Metalldächern und Abflüsse nach Kontakt mit diversen Dachbauelementen (Regenrinnen, Fallrohren, Verkleidungsblechen etc.) können teilweise allerdings erhebliche Schwermetallkonzentrationen aufweisen. Im Wesentlichen handelt es sich dabei um Kupfer und Zink.

Verkehrsflächenabflüsse können mit organischen und anorganischen Stoffen belastet sein. Die Belastung hängt im Wesentlichen von Witterungsbedingungen (Dauer von Trockenperioden und Niederschlagsintensität) und der Art der Nutzung (z. B. Kreuzungsbereich, Beschleunigungsspur, Parkflä-

che) ab. Helmreich et al. (2005) nennen die in Tabelle 2 aufgeführten Stoffe, die durch den Kraftfahrzeugverkehr in den Gewässerkreislauf eingetragen werden können. Eine ausführliche Zusammenstellung der Stoffbelastungen von Verkehrsflächenabflüssen erfolgte durch Welker und Dittmer (2005).

Tabelle 2 Stoffquellen und Stoffemissionen durch Kraftfahrzeugverkehr (Helmreich et al., 2005)

Stoffquelle	Stoffe
Abgase	Stickoxide, Kohlendioxid, Ruß, Kohlenstoff, Blei, Schwefel, Chlor, Magnesium, Natrium, Kupfer, Zink, Kohlenwasserstoffe, PAK, Phenole, PCDD/PCDF
Fahrbahnbeläge (Abrieb)	Silizium, Calcium, Magnesium, Chrom, Nickel, Bitumen
Reifen (Abrieb)	Chrom, Zink, PAK
Bremsbeläge (Abrieb)	Kohlenstoff, Eisen, Magnesium, Barium, Silizium, Schwefel, Titan, Chrom, Vanadium, Nickel, Zink, Kupfer
Katalysatoren	Platin, Rhodium, Palladium
Tropfverluste	Öle, Kraftstoffe, Bremsflüssigkeit, Frostschutzmittel
Verdampfungsverluste	Kohlenwasserstoffe
Korrosion	Eisen, Kupfer, Cadmium, Zink

Ein kausaler Zusammenhang zwischen der Stoffbelastung der Verkehrsflächenabflüsse und der durchschnittlichen täglichen Verkehrsdichte (DTV) konnte bislang nicht nachgewiesen werden. Ausführungen dazu folgen in Abschnitt 4.2.2. Grundsätzlich ist aber bei steigendem Verkehrsaufkommen von einer höheren Belastung auszugehen. Im Arbeitsblatt DWA-A 153 (DWA, 2007) ist dementsprechend eine Unterteilung in die drei unterschiedlichen Belastungsgruppen „gering belastet: bis 300 KFZ/d“, „mittel belastet: 300 bis 5.000 bzw. 15.000 KFZ/d“ und „stark belastet: über 15.000 KFZ/d“ vorgenommen worden.

4.1.2 Indikatorparameter und Grenzwerte

Für die Bewertung der Verunreinigung von Oberflächenabflüssen ist derzeit kein Indikatorparameter definiert. Die Veranlassung der Abflussbehandlung orientiert sich an der Nutzung der jeweiligen Fläche. Da übliche Regenwasserbehandlungsanlagen vornehmlich für einen Feststoffrückhalt durch Sedimentation ausgelegt sind, bietet sich eine Orientierung an den Abfiltrierbaren Stoffen (AFS) an. Weitere Ausführungen zur Verwendung der Abfiltrierbaren Stoffe als Indikatorparameter erfolgen in Kapitel 5.4.

Grenzwertfestlegungen unterschiedlicher Parameter enthält die Abwasserverordnung (AbwV). Diese gelten für Abwasserbehandlungsanlagen mit Bezug auf die Einleitungen aus Kläranlagen unterschiedlicher Produktionsbetriebe sowie für häusliches und kommunales Abwasser. Abhängig vom Produktionsbetrieb sind Grenzwerte für Abfiltrierbare Stoffe festgelegt (z. B. Steinkohlenaufbereitung oder Steine und Erden). Konkrete Grenzwerte für die Einleitung behandelter Misch- und Regenwasserabflüsse enthält die AbwV aber derzeit nicht. Ausarbeitungen der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) „Zielvorgaben zum Schutz oberirdischer Binnengewässer, Ableitung von Zielvorgaben zum Schutz oberirdischer Binnengewässer vor gefährlichen Stoffen (1998)“ oder die BbodSchV „Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung BGBl. Nr. 36, 1999, 1554“ enthalten Grenzwerte für Schwermetalle und Kohlenwasserstoffe.

4.2 Anforderungen an die Niederschlagsentwässerung in Nordrhein-Westfalen

4.2.1 Nutzungsabhängige Bewertung der Abflussverunreinigung

Die Anforderungen an die Niederschlagswasserbehandlung in NRW sind durch den Runderlass vom 26. Mai 2004 „Anforderungen an die Niederschlagsentwässerung im Trennverfahren“ (so genannter „Trennerlass“, 2004) als allgemein anerkannte Regel der Technik festgelegt. Rechtsgrundlage ist der § 57 (1) LWG. Der Erlass berücksichtigt verschiedene bei der Bestandsaufnahme gem. EG-WRRL gewonnene Erkenntnisse sowie die Vorgaben des novellierten Landeswassergesetzes und neuere untergesetzliche Regelungen (Bürgel, 2006).

Die Kriterien zur Bewertung einer Behandlungspflicht von Oberflächenabflüssen erfolgt in NRW durch eine nutzungsabhängige Kategorisierung der Flächen. Die jeweiligen Bewertungskriterien dazu enthält der Trennerlass. Sämtliche abflusswirksamen Flächen sind demnach einer von drei möglichen Kategorien zuzuordnen:

- Kategorie I: unbelastetes Niederschlagswasser – grundsätzlich nicht behandlungspflichtig
- Kategorie II: schwach belastetes Niederschlagswasser – grundsätzlich behandlungspflichtig – hier sind allerdings Ausnahmen möglich
- Kategorie III: stark belastetes Niederschlagswasser – grundsätzlich behandlungspflichtig

Die Einteilung erfolgt in Abhängigkeit von den Herkunftsbereichen des Niederschlagsabflusses.

Dabei besteht eine mögliche Ausnahme von der Behandlungspflicht durch Unterscheidung der Kategorie II in die Unterkategorien IIa (schwach belastet – aber noch nicht behandlungspflichtig) und IIb (schwach belastet – behandlungspflichtig). Die Unterteilung in diese Unterkategorien IIa und IIb ist im Erlass nicht explizit aufgeführt, sondern das Ergebnis individueller Abstimmungen.

Im Gegensatz zur Mischwasserbehandlung wird bei der reinen Regenwasserbehandlung somit die Bemessung der Behandlungsanlagen nicht durch einen Indikatorparameter (wie beispielsweise dem CSB) repräsentiert, sondern ein kausaler Zusammenhang zwischen der Flächennutzung und der Abflussverschmutzung vorausgesetzt.

4.2.2 Vorgehensweise und Untersuchungen zu Abflüssen von Verkehrsflächen

Mit der Novellierung des Trennerlasses entstand eine intensive Diskussion über die Bewertung der Oberflächenabflussverunreinigung und ihrer flächennutzungsspezifischen Definition. Die Bewertung der Oberflächenabflüsse von Verkehrsflächen erfolgte in der Regel durch eine Abhängigkeitsbetrachtung zwischen der Abflussverunreinigung und dem durchschnittlichen täglichen Verkehrsaufkommen (DTV). Speziell die Zuordnung und Bewertung von Verkehrsflächen der Kategorie II unterliegt Interpretationsspektren, die eine individuelle Abstimmung mit der jeweiligen Fachbehörde erfordert. Dabei orientieren sich die betrachteten Fahrzeugbewegungen sowohl am Merkblatt ATV-DVWK M-153 (ATV-DVWK, 2000) als auch an der RiStWag (FGSV, 2002). Den Bezug der dort angegebenen Größenordnungen zum Trennerlass veranschaulicht Tabelle 3.

Bei der Festlegung der Klassifikationsgrenze gem. RiStWag (≤ 2000 KFZ/d = nicht behandlungspflichtig) ist zu beachten, dass dieses Spektrum ursprünglich primär das Potential einer Gefährdung durch Unfälle in Wasserschutzzonen berücksichtigt und keinerlei Bezüge zur Oberflächenverschmutzung durch übliches Verkehrsaufkommen aufweist.

Tabelle 3 Mögliche Zuordnungen der Verkehrsdichte für die Kategorisierung gemäß Trennerlass (Anmerkung: Kategorie IIa und IIb sind im Erlass nicht explizit aufgeführt)

Orientierung M 153		Orientierung RiStWag	
DTV (KFZ/d)	Kategorie Trennerlass	DTV (KFZ/d)	Kategorie Trennerlass
< 300	I	< 2.000	I (IIa)
300 bis ≤ 5.000	II (oder IIa)	2.000 bis ≤ 15.000	II (IIb)
5.000 bis ≤ 15.000	II (IIb oder III)		
> 15.000	III	> 15.000	III

Die Verkehrsdichte kann lediglich eine Orientierung für die Oberflächenverschmutzung sein, ein Beleg dafür ist sie nicht (Welker und Dittmer, 2005). Wie die Werte in Tabelle 4 zeigen, ist für stark befahrene Straßen die Klärpflicht unstrittig. Speziell aber für schwach befahrene Verkehrsflächen fehlen bislang umfassende Messprogramme, die eine eindeutige Zuordnung ermöglichen. Damit wird nicht bezweifelt, dass auch Verkehrsflächen mit geringem oder hauptsächlich ruhendem Verkehr maßgeblich belastete Oberflächen aufweisen können. Neuere Untersuchungen zeigen, dass vor allem in Kreuzungsbereichen, mit entsprechendem Stop-and-go-Verkehr, hohe Abflussbelastungen vorliegen (Helmreich, 2009). Von Bedeutung ist weiterhin die Intensität der Straßenreinigung.

Tabelle 4 Verkehrsflächenspezifische Abflusskonzentrationen (Helmreich et al., 2005)

Parameter	Rad-/Fußweg, Hof	Parkplatz	Anliegerstraße	Hauptstraße	Städt. Ringstraße	Autobahn
	(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)
Blei	107	137	137	170	46	224
Nickel	-	-	14	11	35	27
Kupfer	23	80	86	97	177	65
Zink	585	400	400	407	896	345
Chrom	-	-	10	11	-	13
Cadmium	0,8	1,2	1,6	1,9	< 0,5	3,7
PAK	0,16	0,16	0,16	4,17	0,70	4,76

4.2.3 Ortsspezifische Definition von Regenwasserbehandlungsmaßnahmen

Die Regenwasserbehandlung kann grundsätzlich dezentral, semizentral oder zentral erfolgen. Kombinationen sind ebenfalls möglich. Dabei beschreiben die Begriffe nicht in erster Linie die Art, respektive das Verfahren zur Behandlung, sondern den Ort innerhalb des Entwässerungssystems.

Dezentrale Behandlung: Die Reinigung des Oberflächenabflusses erfolgt direkt am Ort des Abflussanfalls. Häufig handelt es sich hier um Privatgrundstücke. Klassisches Beispiel dafür ist die Behandlung von Parkplatzabflüssen in Schacht- oder Rinnensystemen. Eine Vermischung von klärpflichtigen und nicht klärpflichtigen Abflüssen wird vermieden.

Semizentrale Behandlung: Im Behandlungssystem wird der Abfluss aus einem Teilnetz behandelt. Hier können beispielsweise behandlungspflichtige Abflüsse von Dächern und Straßen gefasst und dem Behandlungssystem zugeführt werden. Die Behandlung könnte dabei klassisch in einem Regenklärbecken (RKB) oder beispielsweise in einem Filterschachtsystem erfolgen. Ziel ist auch hierbei, die Vermischung verschmutzter und unverschmutzter Abflüsse zu verhindern.

Zentrale Behandlung: Die Reinigung erfolgt vor der Einleitung in das Gewässer. Hierbei ist das zusammenhängende Kanalnetz angeschlossen, so dass in der Regel eine Vermischung der unterschiedlich verschmutzten Oberflächenabflüsse nicht vermeidbar ist. Die Reinigung erfolgt hier beispielsweise mit einem RKB. Dabei wird bei einem RKB_{oD} der Beckeninhalt zur Kläranlage weitergeleitet. Eine zentrale Lösung ist dabei allerdings auch mit einem Filterschachtsystem möglich, das den gesamten Abfluss des angeschlossenen (allerdings kleineren) Netzes vor der Einleitung in das Gewässer fasst und behandelt.

Der Trennerlass fordert den Vorrang ortsnaher Regenwasserbeseitigung gem. § 51a LWG und RdErl. vom 18. Mai 1998 (Niederschlagswasserbeseitigung gem. § 51a LWG) vor zentraler Regenwassersammlung, -ableitung, -behandlung und -einleitung. Maßnahmen zur Vermeidung, Verminderung und Versickerung des Regenwasserabflusses sind dabei einer Regenwasserbehandlung vorzuziehen. Die dezentrale Regenwasserbeseitigung hat dabei Vorrang gegenüber der semizentralen, die wiederum gegenüber der zentralen Anordnung einer Regenwasserbehandlungsanlage bevorzugt wird. Damit soll eine Vermischung von klärpflichtigem mit nicht klärpflichtigem Regenwasser weitgehend vermieden werden. Den Zusammenhang zwischen flächenspezifischen Erfordernissen und Möglichkeiten sowie Dimensionierungsansätzen zur Regenwasserbehandlung zeigt Bild 4. Für stark verunreinigte Abflüsse sieht der Trennerlass „biologisch wirksame“ Arten der Regenwasserbehandlung vor. Damit ist zumindest implizit für Flächen der Kategorie III eine biologische Behandlung vorgeschrieben. Ob dezentrale Verfahren hier eine ausreichende Behandlung garantieren ist bislang nicht geklärt.

Diese Aufstellung zeigt auch eine besondere Beurteilung der Wegeseitengräben. Diese klassische Art der Ableitung von Oberflächenabflüssen stellt eine besondere Bestandssituation dar, die auch bei stark belasteten Abflüssen von Verkehrswegen eine Behandlung über die belebte Bodenzone durch Versickerung zulässt.

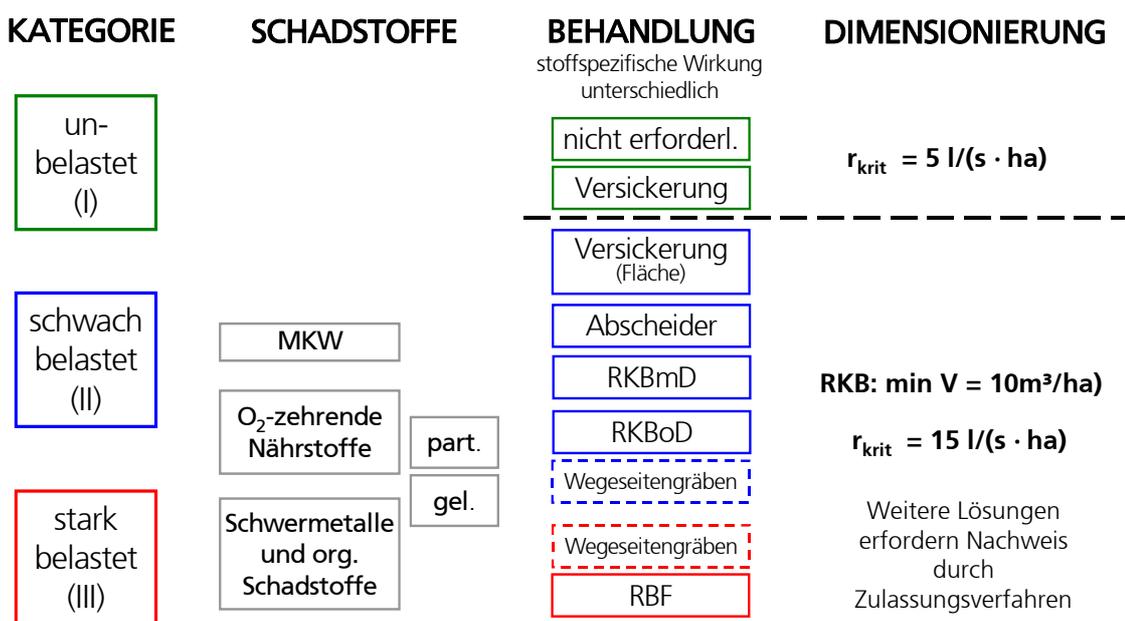


Bild 4 Übersicht der flächennutzungsspezifischen Behandlungsmöglichkeiten gemäß „Trennerlass“

4.3 Verfahrensübersicht und Präferenzen

4.3.1 Überblick

Fällt behandlungspflichtiges Regenwasser an, so bestehen derzeit folgende systemspezifische Möglichkeiten der Behandlung:

- Sedimentationssysteme (z. B. Regenüberlaufbecken, Regenklärbecken, Abscheider), die als herkömmliche Systeme aktuell den mit Abstand größten Anteil ausmachen;
- Filtersysteme (mechanische Filter oder Retentionsbodenfilter), wobei Retentionsbodenfiltersysteme aus einer ersten Sedimentationsstufe und dem anschließenden Filtersystem bestehen;
- Kompakte (dezentrale) Systeme, die derzeit von unterschiedlichen Herstellern angeboten werden, bei denen aber bislang Langzeiterfahrungen zur Wirkung und Betriebsweise fehlen;
- Ableitung zur Kläranlage durch An- bzw. Umschluss des Regenwasserkanals an die Schmutz- oder Mischwasserkanalisation;
- Versickerung über Flächenfilter in der belebten Bodenzone und über Wegeseitengräben neben Verkehrswegen.

Im Trennerlass sind die in Bild 4 aufgeführten technischen Lösungen zur Niederschlagswasserbehandlung gem. Trennerlass (Regenklärbecken mit und ohne Dauerstau, Bodenfilter, Regenüberläufe) aufgeführt. Bei weiteren Verfahren bzw. Neuentwicklungen, muss in einem Zulassungsverfahren nachgewiesen werden, dass hinsichtlich des Schadstoffrückhaltes und des dauerhaften Betriebs eine Vergleichbarkeit vorliegt. Diese Forderung betrifft derzeit vor allem die kompakten, in der Regel dezentralen Systeme zur Regenwasserbehandlung.

Bei der Behandlung von Oberflächenabflüssen resp. bei der Entwicklung und langfristigen Betrachtung der Wirksamkeit von Regenwasserbehandlungsanlagen sind folgende Kriterien zu berücksichtigen (Dierkes, 2006):

- Regenereignisse erzeugen teilweise hohe Abflussraten, die zu kurzen Aufenthaltszeiten in den Behandlungssystemen und bei Filtersystemen zu kurzen Kontaktzeiten mit der Filteroberfläche führen.
- Der hohe Feststoffanfall (vor allem bei Verkehrsflächen) führt in Filtersystemen zu einem Aufbau eines Filterkuchens und damit zur Reduktion der Wirkung und einer Steigerung des Wartungsaufwands.
- Ein nennenswerter Anteil an Stoffen im Oberflächenabfluss liegt in gelöster Form vor oder weist Partikelgrößen $< 50 \mu\text{m}$ auf. Absetzanlagen oder rein mechanisch wirkende Filteranlagen halten diese Stoffe nicht wirksam zurück.
- Überwachungseinrichtungen, die eine Überlastung oder Erschöpfung der Anlage rechtzeitig anzeigen, sind bisher unüblich.

4.3.2 Grenzen herkömmlicher Behandlungsverfahren

Als herkömmliche Maßnahmen zur Behandlung von Oberflächenabflüssen, insbesondere von Straßenabflüssen, werden bislang überwiegend Regenklärbecken und Versickerungsanlagen ausgeführt. Regenklärbecken sind Absetzbecken für leicht sedimentierbare Stoffe mit integriertem Leichtstoffabscheider. Die Rückhaltung erfolgt durch mechanische Abscheidung von absetzbaren Stoffen und Schwimmstoffen (Tauchwand). Entsprechend der Betriebsweise wird zwischen Regenklärbecken ohne Dauerstau (RKBoD) und Regenklärbecken mit Dauerstau (RKBmD) unterschieden. Regenklärbecken wurden zum größten Teil erst nach 1990 gebaut (Krauth und Stotz, 2001).

Für die Bemessung der Regenklärbecken ist der kritische Regenabfluss von $r_{\text{krit}} = 15 \text{ l/(s} \cdot \text{ha)}$ bezogen auf die angeschlossene abflusswirksame Fläche maßgebend. Der Abscheidegrad der Feststoffe hängt maßgeblich von der Beckenbeschickung, dem Absetzverhalten der Abwasserinhaltsstoffe und der Beckengestaltung ab. Die zulässige Oberflächenbeschickung beträgt in der Regel 9 oder 10 m/h. Die Wirkung der Regenklärbecken wird stark vom zeitlichen Verlauf der hydraulischen Belastung bestimmt. Vor allem bei Regenklärbecken im Dauerstau besteht die Gefahr von Remobilisierungs- und Verdrängungsprozessen.

Auswertungen von Krauth und Stotz (1994), zitiert in Krauth und Stotz (2001), von Kasting (2004) sowie Untersuchungen von Maus und Uhl (2010) ergaben, dass der Rückhalt kleiner und schlecht sedimentierbarer Feststofffraktionen in Regenklärbecken unbefriedigend ist. Abscheider nach RistWag (FGSV, 2002) entsprechen dem Prinzip von Regenklärbecken mit Dauerstau. Allerdings ist hier der Zufluss nicht auf den kritischen Abfluss begrenzt. Das Rückhaltevermögen für Abfiltrierbare Stoffe wird von Kasting (2002) eingeschränkt bewertet.

Generell liegen für die Bewertung der Wirkungsweise von Regenwasserbehandlungssystemen noch wenige Untersuchungen vor. Vergleichende Gegenüberstellungen zwischen Filtersystemen mit einem Regenklärbecken anhand einer kontinuierlichen Messdatenerfassung mit Photometersonden erfolgen derzeit in Wuppertal (Grüning und Hoppe, 2007).

4.4 Kompakte Systeme mit bevorzugtem Einsatz zur dezentralen Behandlung

4.4.1 Systemüberblick und Vergleichbarkeit

Die als dezentrale Verfahren der Regenwasserbehandlung bezeichneten Systeme lassen sich grob in drei Kategorien einteilen:

- Straßenablaufeinsätze
- Rinnensysteme
- Schachtsysteme

Die meisten verfügbaren Produkte bzw. Systeme enthalten Filtereinheiten, um eine möglichst weitgehende Behandlung bzw. einen möglichst hohen Stoffrückhalt zu gewährleisten. Unterschiedliche Anbieter liefern inzwischen Systeme mit verschiedenen Spezifikationen. So sind Systeme beispielsweise auf die Behandlung der Abflüsse von Metalldächern spezialisiert oder es erfolgt eine systembedingte Behandlung von Oberflächenabflüssen im Verkehrsbereich, wie es durch Straßenablaufeinsätze der Fall ist. Eine exemplarische Auswahl einiger Systeme enthält Tabelle 5. Eine umfassende aktuelle Übersicht über die derzeit verfügbaren dezentralen Systeme enthält Bennerscheidt (2010).

Die noch „jungen“, kompakten (dezentralen) Verfahren eignen sich in erster Linie für den ortsnahen Einsatz im unmittelbaren Bereich des Anfalls behandlungspflichtiger Oberflächenabflüsse. Mit man-

chen Systemen sind künftig aber auch semizentrale oder zentrale Anwendungen möglich. Bei kleineren Einzugsgebieten (bis etwa zu 1 bis 2 ha befestigter Einzugsfläche) können einzelne kompakte Reinigungssysteme vor der Gewässereinleitung den behandlungspflichtigen Gesamtabfluss aufnehmen sowie behandeln und stellen damit bereits eine semizentrale Behandlung dar (Grüning, 2009 sowie Grüning und Giga, 2009). Insbesondere der in Tabelle 5 ebenfalls aufgeführte Lamellenklärer der Fa. Mall stellt mit den Zuflüssen gemäß Herstellerangabe kein klassisches dezentrales System dar, sondern ist eher mit einem Regenklärbecken vergleichbar.

Tabelle 5 Exemplarische Zusammenstellung dezentraler Regenwasserbehandlungssysteme ohne Wertung der Aspekte „Wartung“ und „Wirkung“

Produkt und Hersteller resp. Vertrieb	Zufluss je Einheit ¹⁾	Fläche (A _{E,b}) in m ² je Systemeinheit	Art der Fläche/Eignung	maximale Abflussspende
Schachtsysteme mit Filtereinheiten				
3P Hydrosystem Fa. 3P-Technik	0,75 l/s	500 (DN 1000)	Dach und Verkehr	15 l/(s · ha)
FiltaPex® Fa. Pecher-Technik GmbH (mit WSW AG)	mind. 3 bis 7,5 l/s	bis 5.000 (Basissystem)	alle Flächen	15 l/(s · ha)
HydroFilt Fa. Huber AG	0,75 l/s 1,5 l/s	500 (DN 1000) 1000 (DN 1500)	Metалldach	15 l/(s · ha)
Kompaktsysteme ohne Filtereinheiten				
Sedi-pipe Sedi-substrator Fa. Fränkische	3,75 bis 9 l/s 0,5 bis 1,25 l/s	2.500 bis 6.000 340 bis 830	Dach und Verkehr	15 l/(s · ha)
Lamellenklärer Fa. MALL GmbH	vglb. mit RKB	575 bis 40.000	alle Flächen, keine Metалldächer	abhängig von q _A
Straßenablaufeinsätze				
Innolet® Filterpatrone Fa. Funke Kunststoffe GmbH	0,3 bis 0,5 l/s	400 267	Verkehrsfläche	10 l/(s · ha) 15 l/(s · ha)
AQUAFOEL™ Fa. Aqua Clean GmbH	bis zu 5 l/s	400	alle Flächen	15 l/(s · ha)
Rinnensysteme und Sickerbeet				
D-Rainclean® Fa. Funke Kunststoffe GmbH	0,15 l/(s · m)	30 m ² /m 10 bis 12 m ² /m	Verkehrsfläche	15 l/(s · ha) 100 l/(s · ha)
Innodrain Fa. Mall GmbH	abhängig vom k _f -Wert	25 m ² /m (4 % der Straßenfläche)	Verkehrsfläche	Komplettversickerung

¹⁾ Herstellerangaben

Üblicherweise enthalten die Systemdokumentationen der Hersteller Informationen zur Reinigungswirkung der Systeme sowie Angaben zur Wartungshäufigkeit. Angaben zur langfristigen hydraulischen Durchlässigkeit fehlen häufig. Hier wäre insbesondere eine Angabe zu Beginn und zum Ende des vorgegebenen Wartungsintervalls notwendig, die selbstverständlich von der Oberflächenverunreinigung abhängt.

Ein generelles Zulassungsverfahren für dezentrale Regenwasserbehandlungssysteme gibt es aktuell noch nicht. Eine Bauartzulassung des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) bezieht sich auf die Behandlung von mineralöhlhaltigen Niederschlagsabflüssen von Kfz-Verkehrsflächen. Diese Abflüsse sind so zu behandeln, dass anschließend eine Versickerung in Boden und Grundwasser möglich ist. Anforderungen für die anschließende direkte Einleitung in ein Oberflächengewässer sind bislang noch nicht formuliert. Hierzu fehlen bislang Grenzwertfestlegungen. Beim Nachweis der hydraulischen Wirksamkeit der Systeme ist hierbei beachten, dass eine Bemessung den Gesamtabfluss berücksichtigen muss und nicht lediglich den klärpflichtigen Abfluss, sofern kein Notüberlauf angeordnet wird.

Bislang weist das System D-Rainclean® der Firma Funke eine Zulassung des DIBt auf. Das System „3P Hydrosystem 1000 heavy traffic“ ist für eine Anschlussfläche von 500 m² ebenfalls positiv gemäß den bisherigen Testbedingungen des DIBt geprüft worden.

Maßgebliche Herausforderung der Systeme ist der Kompromiss zwischen dem erforderlichen Wartungsaufwand und der Wirksamkeit. Der Trennerlass fordert den Nachweis der Wirkung und des Betriebsverhaltens im Rahmen eines Zulassungsverfahrens, das die **Vergleichbarkeit** zu klassischen Verfahren der Regenwasserbehandlung belegt. Bislang ist für keines der marktverfügbaren Systeme diese Vergleichbarkeit offiziell nachgewiesen. Damit wird aber nicht die grundsätzliche Wirkung der Systeme in Frage gestellt. Bislang ist die Durchführung des Zulassungsverfahrens noch nicht explizit beschrieben.

Im Rahmen eines Forschungs- und Entwicklungsverfahrens im Auftrag der WSW Energie & Wasser AG (Wuppertal) führt die Dr. Pecher AG vergleichende Untersuchungen an Filterschachtsystemen im Bypassbetrieb zu einem RKB durch (Grüning und Hoppe, 2007 sowie Grüning et al., 2010). Dabei erfolgt erstmalig der Vergleich von Filtersystemen mit RKB. Der Stoffrückhalt in einem RKB basiert auf Sedimentationsprozessen und Auftrieb. Filtersysteme weisen hier zusätzliche Wirkmechanismen durch chemisch-physikalische Wechselwirkungen auf.

Der Vergleich mit einem Retentionsbodenfilter (RBF) ist derzeit noch nicht möglich. RBF wirken als kombiniertes Behandlungssystem mit einer Vorstufe für den Rückhalt partikulärer Stoffe und anschließender Filterstufe mit zusätzlicher biologischer Wirksamkeit zur Behandlung gelöster Abwasserinhaltsstoffe. Für dezentrale Systeme mit Filtereinheiten ist hier allerdings eine noch nicht quantifizierbare Wirksamkeit zu erwarten.

Für alle angebotenen dezentralen Systemlösungen sind somit folgende Einschränkungen zu berücksichtigen:

1. Bislang liegen noch keine Langzeiterfahrungen bezüglich der Wirkung und des Betriebsverhaltens der kompakten Systemeinheiten vor.
2. Bei Filteranlagen besteht grundsätzlich die Problematik einer nachlassenden Durchlässigkeit.
3. Die Dimensionierung (maximal anschließbare Fläche) ist aufgrund fehlender Langzeiterfahrungen noch unsicher.

4. Ein im Trennerlass geforderter direkter Vergleich mit den dort aufgeführten Systemen fehlt. Eine direkte großtechnische Gegenüberstellung erfolgt bislang ausschließlich im Rahmen eines Forschungs- und Entwicklungsvorhabens in Wuppertal (Grüning et al., 2010).
5. Der bisherige Einsatz beschränkt sich häufig auf Individualflächen (ausschließlich Dachflächen, Parkplatzflächen, Straßenflächen).

Das Land NRW hat durch aktuelle Untersuchungen dieser Systeme, u. a. im Rahmen folgender Vorhaben, die offenen Fragestellungen aufgegriffen:

- Köln (Stadtentwässerungsbetriebe Köln, AöR): Im Rahmen des Forschungsvorhabens „Dezentrale Regenwasserbehandlung in Trennsystemen – Umsetzung des Trennerlasses“ werden die hydraulische und die stoffliche Leistungsfähigkeit sowie die Dauerhaftigkeit und der Betrieb von dezentralen RW-Behandlungsanlagen untersucht und vergleichend gegenübergestellt. Dies erfolgt derzeit sowohl durch labortechnische als auch durch In-Situ-Versuche. Die Projektarbeit erfolgt u. a. in Kooperation mit der Bezirksregierung Köln, dem Institut für unterirdische Infrastruktur (IKT), der Kommunal und Abwasserberatung (KuA), den Ingenieurbüros Hydro-Ingenieure (Düsseldorf) und Grontmij/DPU (Köln), der Universität Kaiserslautern sowie unter Beteiligung der Stadtentwässerung Schwerte GmbH und der Stadtbetriebe Königswinter.
- Stadtentwässerung Hagen (SEH): Untersuchung zur Behandlung der Oberflächenabflüsse einer Durchgangsstraße mit den Straßenablaufeinsätzen Innolet® (Fa. Funke). Das System wird in 16 Straßenabläufen getestet.
- Hochschule Bochum: Untersuchungen zur Behandlung und anschließenden Versickerung des Niederschlagswassers eines Zinkdaches (Altenheim in Lohmar-Wahlscheid). Anordnung unterschiedlicher Schachtbauwerke vor einer Rigolen-Versickerung. Die Filterschächte entsprechen im Aufbau dem Filtersystem der Fa. HydroCon (Münster). Als Filtermaterial wurden u. a. Stoffkombinationen aus Zeolith bzw. Calcium-Silikat-Hydrat und Aktivkoks untersucht. Das Rückhaltevermögen für Zink liegt den Untersuchungen zufolge bei über 90 %.

Weiterhin erfolgt eine eigenfinanzierte Untersuchung der WSW Energie & Wasser AG (Wuppertal) und der Dr. Pecher AG (Erkrath) zur direkten vergleichenden Gegenüberstellung des Systems FiltaPex mit der Wirkung eines Regenklärbeckens. Dabei werden die Oberflächenabflüsse eines über 20 ha großen Einzugsgebietes in einem Regenklärbecken, das alternativ mit und ohne Dauerstau betrieben werden kann, behandelt. Das System FiltaPex wird im Bypassbetrieb zuflussproportional mit den Zuläufen des RKB beaufschlagt. Neben einer Probenahme für Einzelereignisse erfolgt eine kontinuierliche messtechnische Erfassung der Abfiltrierbaren Stoffe durch Photometersonden (Grüning und Hoppe, 2007 sowie Grüning, 2009).

4.4.2 Filterschachtsysteme

Filterschachtsysteme sind direkt in die bestehende Regenwasserkanalisation integrierbar. Entsprechende Schachtsysteme mit Filtereinheiten werden derzeit u. a. von der Firma 3P-Technik (Donzdorf), der Firma Hans Huber AG (Berching) und der Pecher-Technik GmbH (Erkrath) angeboten. In den Systemen 3P-Hydrosystem (3P-Technik) und HydroFilt (Huber) erfolgt die Behandlung in einem Schachtsystem. Der Filter wird dabei von unten nach oben durchströmt. Ein senkrechtes Überstaurohr ermöglicht den Abschlag bei Zuflüssen, die über die hydraulische Durchlässigkeit des Filtersystems hinausgehen. Die Behandlungskapazität ist begrenzt auf Flächen von 500 m² (Hydrosystem) und 1.000 m² (HydroFilt). Erweiterungen durch parallele Systemanordnungen sind möglich.

Das System FiltaPex® verfügt über zwei Verfahrensstufen in einem oder zwei Schächten. In der Vorstufe erfolgt eine mechanische Behandlung des Zuflusses vor der Überleitung in die Filterstufe. Die Reinigungselemente werden jeweils von unten nach oben durchströmt. Der Filter besteht aus einem mehrstufigen Aufbau poröser Adsorptionsgranulate. Die Basissysteme sind für die Behandlung von Flächen bis zu 5.000 m² ausgelegt. Abflüsse größerer Flächeneinheiten können durch erweiterte Systemeinheiten behandelt werden.

Die Systeme FiltaPex® (Pecher-Technik GmbH) und Hydrosystem (3P-Technik) werden bis 2010 in einem mehrmonatigen Untersuchungsprogramm zu Reinigungsleistung und hydraulischer Durchlässigkeit im Rahmen eines Forschungs- und Entwicklungsvorhabens in Wuppertal untersucht. Wie oben bereits beschrieben, erfolgt im Rahmen der Untersuchungen ein dauerhafter Vergleich mit der Reinigungsleistung eines Regenklärbeckens (Grüning und Giga, 2009 sowie Grüning et al., 2010).

4.4.3 Straßenablaufeinsätze

Straßenablaufeinsätze werden derzeit von unterschiedlichen Herstellern angeboten. Systeme, wie beispielsweise die Innolet®-Filterpatronen (Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker, Vertrieb durch Firma Funke), sind für den direkten Einsatz in vorhandene Straßenabläufe konzipiert. Andere Systeme ersetzen den vorhandenen Straßenablauf. Hier werden beispielsweise die Systeme CENTRIFOEL (Valperz-Scarabbaeus GmbH, Reichshof) und in veränderter Bauform das System AQUAFOEL (Aqua Clean GmbH, Reichshof) angeboten.

Generell zeichnet diese Systeme die vergleichsweise einfache Möglichkeit des Systemeinbaus aus. Im Idealfall erfolgt für den Systemeinbau lediglich ein Austausch des Schlammweimers herkömmlicher Straßenabläufe durch den Straßenablaufeinsatz, der in der Regel aus mehreren Modulen besteht. Allerdings gelingt dieser einfache Austausch nicht generell. Teilweise sind Umbaumaßnahmen an vorhandenen Systemen erforderlich, wie beispielsweise Praxistests in Hamburg zeigten (Sommer und Nikisch, 2009). Der Einbau der Innolet®-Filterpatrone konnte in Wuppertal ebenfalls aufgrund der erforderlichen Einbautiefe von 70 cm nur stellenweise erfolgen. In den dortigen Nassgullys war die erforderliche Einbautiefe nicht vorhanden.

Maßgebliche Einschränkungen der Systeme werden durch eine hohe Wartungsanfälligkeit (bedingt durch eine Vielzahl an Betriebspunkten) und die Gefahr von Aquaplaning oder Überflutung verursacht, wenn sich die Systeme zusetzen. Hier ist speziell im Frühjahr bei starker Pollenbildung sowie im Herbst während des Laubfalles eine gesteigerte Wartungshäufigkeit erforderlich. Die Reinigungsleistung wird mit 40 bis 50 % Rückhalt, bezogen auf Feststoffe und Schwermetalle, angegeben.

Der Einsatz von Filtervliesen in der Ausführung als Geotextilsäcke wurde u.a. in der Schweiz untersucht (Boller et al., 2006). Die Systeme zeichnen sich durch eine einfache Anwendung aus. Die Geotextilsäcke werden statt des Schlammweimers in den Straßenablauf eingehängt. Ein maßgebliches Kriterium sind dabei die Wartungsintervalle. Bei den Untersuchungen in Burgdorf (Schweiz) führte nach 55 Tagen die Kolmation zu einem Überlauf des Systems. Untersuchungen von Geotextilfiltersäcken (Fa. Schoellkopf AG) erfolgten ebenfalls im Rahmen des Forschungsvorhabens „Dezentrale Regenwasserbehandlung in Trennsystemen – Umsetzung des Trennerlasses“ (Werker et al. 2010).

Die Innolet®-Filterpatrone wird bereits an unterschiedlichen Stellen probeweise eingesetzt. Im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz NRW (MUNLV) erfolgt mitunter in Hagen eine Untersuchung zur Behandlung der Oberflächenabflüsse einer Durchgangsstraße. Das System wurde ebenfalls in 16 Straßenabläufen getestet. Die bisherigen Erfahrungen bestätigen den geringen Aufwand beim Einbau und die einfache betriebliche Handhabung. Aktuell werden 12 Entleerungen pro Jahr veranschlagt. Grenzen weist das System jedoch beispielsweise bei starkem Laubfall im Herbst oder während der Schneeschmelze im Winter auf (Sommer, 2009).

4.4.4 Sickerrinnen

Bei Sickerrinnen handelt es sich um oben offenen bzw. mit Gitterrosten abgedeckte Rinnensysteme, die mit einem reaktiven Substrat gefüllt sind. Ein entsprechendes Produkt wird u. a. durch die Firma Funke vertrieben (D-Rainclean®). Die Passage durch die Substratmischung entspricht gemäß Herstellerangabe der Funktion einer Muldenversickerung. Das Substratgemisch weist eine Durchlässigkeit von $k_f = 5 \cdot 10^{-4}$ m/s auf. In Abhängigkeit von der Oberflächenabflussverschmutzung wird eine Erschöpfung des Materials nach 20 bis 25 Jahren prognostiziert (Schriefer, 2005).

4.4.5 Versickerung

Eine Niederschlagswasserbehandlung in Versickerungsanlagen erfolgt durch ein verzögertes Durchströmen einer belebten Bodenzone. Eine Unterscheidung erfolgt dabei in Anlagen zur

- Flächenversickerung
- Muldenversickerung
- Mulden-Rigolenversickerung

Einen Ausnahmefall bilden sog. Wegeseitengräben, die im Randbereich von Straßen eine Entwässerung „über die Schulter“ ermöglichen. Bei sachgerechter Ausführung wird diese Form der Regenwasserbehandlung ebenfalls anerkannt.

In erster Linie sind Flächenversickerungen anzuwenden, um bei Punktversickerungen die Kolmationsgefahr zu vermeiden. In Wasserschutzzonen sind die Möglichkeiten der Regenwasserversickerung jedoch eingeschränkt. Häufig wird eine Behandlung vor der Versickerung gefordert. Einheitliche Regelungen sind hier nicht vorhanden. Die Möglichkeiten der Versickerung regeln hier die jeweiligen Wasserschutzzonenverordnungen.

5 Möglichkeiten der Abflussbewirtschaftung auf der Basis von Stoffäquivalenzmessungen

5.1 Stoffspezifisches Systemverhalten bei Regenwasserabfluss

Der Konzentrationsverlauf von gewässerverunreinigenden Stoffen in der Kanalisation folgt keinen allgemeingültig beschreibbaren Regeln. In Abhängigkeit von einer Fülle an Randbedingungen können ausgeprägte Spülstöße und Konzentrationsschwankungen auftreten oder auch nicht. Neben der Charakteristik des Einzugsgebietes (Geländestruktur, Flächennutzung etc.) beeinflusst die Kanalisation (Gefälle, Speicher- und Abschlagsbauwerke etc.) sowie das Niederschlagsgeschehen (Intensität, Trockenphasen, Gebietsvariabilität etc.) das Verhalten von Stoffakkumulation und Stoffabtrag. Die Erfassung dieser hochdynamischen Prozesse kann durch Probenahmegeräte bestenfalls zur nachträglichen Analyse eines zeitlichen Ausschnitts des Systemverhaltens dienen. Eine wirkliche Systemanalyse und eine Systembewirtschaftung erfordert neben der Definition von Indikatorparametern eine kontinuierliche messtechnische Erfassung der Stoffkonzentrationsverläufe. Die Untersuchung der Möglichkeiten einer verunreinigungsorientierten (qualitativen) Abflusssteuerung gehört zu den Zielen dieses Forschungs- und Entwicklungsvorhabens. Entsprechende Messungen und Betriebserfahrungen wurden u. a. im Briller Bachsystem durchgeführt.

5.2 Messtechnik: Möglichkeiten und Grundlagen

Das Konzept der „klassischen“ Abflusssteuerung sieht die Aktivierung von üblicherweise ungenutzten Retentionsräumen vor. Der verunreinigungsspezifische Rückhalt von Abflüssen basiert dabei bestenfalls auf empirischen Ansätzen (z. B. Spülstoßrückhalt). Die an sich simple, aber in der Ausführung hochkomplexe Steuerregel „Saubere Abflüsse zum Gewässer – verunreinigte Abflüsse zur Reinigung“ scheitert bislang vor allem an den rauen Betriebsbedingungen im Abwasserkanal und den daraus resultierenden mechanischen Anforderungen an die Messtechnik.

Zur kontinuierlichen Erfassung von Abwasserinhaltsstoffen sind Messgeräte erforderlich, die den rauen Betriebsbedingungen im Kanal standhalten und dadurch einen detaillierten Einblick in bislang nur eingeschränkt bekannte Prozesse des Stofftransportes in Kanalisationssystemen ermöglichen. Eine Methode zur kontinuierlichen Bestimmung der Abwasserzusammensetzung ist die messtechnische Erfassung der Durchlässigkeit des ultravioletten Lichtes durch das Medium als Stoffäquivalenzgröße zu bekannten Parametern der Wasseranalytik. Sogenannte chromophore Verbindungen sind in vielen organischen Substanzen enthalten. Es handelt sich dabei um Atomgruppen mit färbender Eigenschaft. Durch die Wechselwirkung der Elektronensysteme organischer Moleküle im ultravioletten und sichtbaren Strahlenbereich (UV/Vis) durch Absorption der elektromagnetischen Strahlung sind durch Photometermessungen Rückschlüsse zu Stoffkonzentrationen möglich. Das UV/Vis-Spektrum umfasst einen Wellenlängenbereich von 200 bis 750 nm. Für das Auge ist der Spektralbereich von 380 bis 780 nm sichtbar (Bild 5). In diesem Frequenzbereich sind mit entsprechenden Photometersonden Adsorptionsspektren zu erfassen, die u. a. im direkten Zusammenhang mit dem CSB, Nitrit und Nitrat stehen. Weiterhin besteht die Möglichkeit, durch Trübungsmessungen einen Zusammenhang zu den Feststoffen herzustellen.

Der Spektrale Absorptionskoeffizient (SAK 254) basiert auf einer rein physikalisch durchführbaren UV-Extinktionsmessung und registriert jene gelösten Inhaltsstoffe, die UV-Strahlung bei einer Wellenlänge von 254 nm absorbieren. In der DIN 38404 Teil 3 wird die Eigenschaft der UV-Absorption gelöster organischer Inhaltsstoffe einer wässrigen Probe wie folgt beschrieben: „Zahlreiche organische Stoffe haben Absorptionsbanden im Bereich des ultravioletten Lichtes. Diese Eigenschaft kann zur orientierenden Messung gelöster organischer Wasserverunreinigungen herangezogen werden, insbesondere dann, wenn deren qualitative Zusammensetzung keinem starken Wechsel unterworfen ist“.

Die Trübungsmessung mit entsprechenden Sonden erfolgt üblicherweise bei einer Wellenlänge von 860 nm im Infrarotbereich. Die Messwertermittlung erfolgt entweder durch Schwächung der durchgehenden Lichtstrahlung (Durchlicht) oder durch Erfassung der Seitwärtsstreuung der Lichtstrahlung (Streulicht). Bei der Streulichtmessung lassen sich leichte Trübungen und bei der Durchlichtmessung starke Trübungen am besten detektieren.

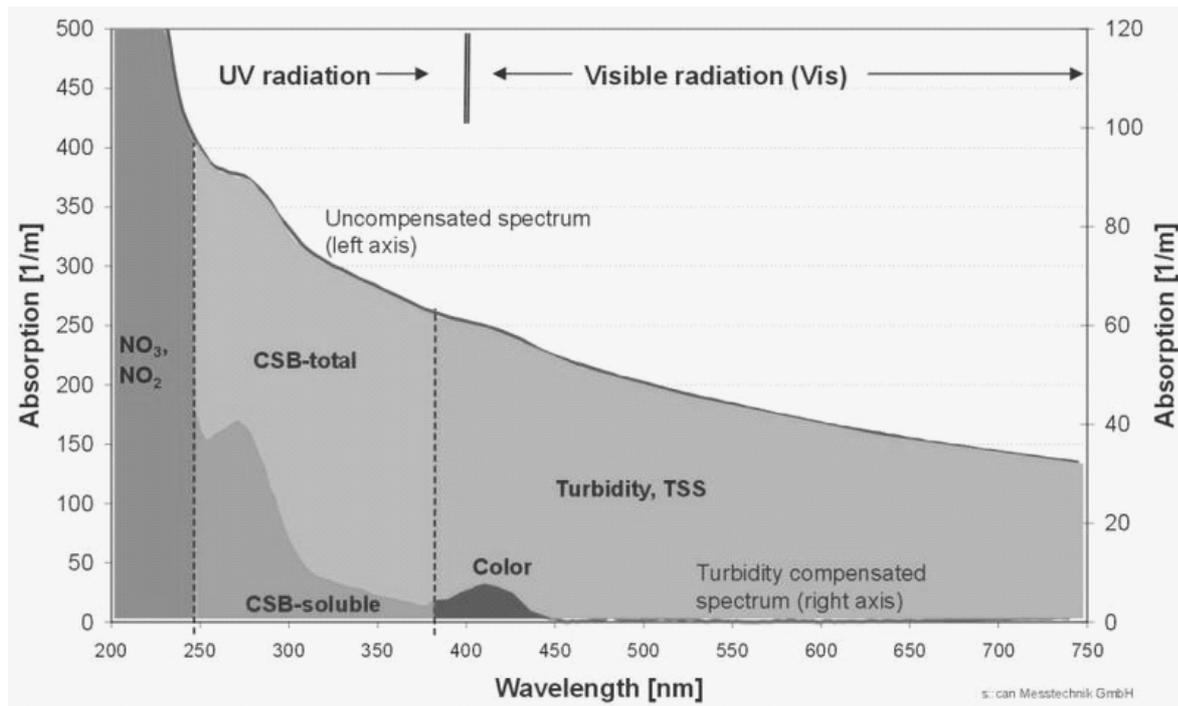


Bild 5 UV/Vis-Spektrum zur photometrischen Erfassung von Stoffäquivalenten im Wasser/Abwasser (Quelle: s::can Messtechnik GmbH)

Eine Kalibrierung von Photometersonden durch vergleichende Gegenüberstellung der Messdaten mit Laborwerten ermöglicht die indirekte, aber kontinuierliche Erfassung bekannter Kenngrößen zur Beurteilung der organischen Belastung (CSB, BSB₅, TOC, DOC). Die Spektrometrie weist den Vorteil auf, dass die Konzentration von organisch gebundenem Kohlenstoff nicht verzögert im Labor über die Sauerstoffzehrung, sondern u über die Lichtabsorption bestimmt werden kann. Die Messung direkt im Medium ohne zeitliche Verzögerungen, wie bei chemischen Analyseprozessen üblich, ermöglicht eine stoffspezifische (qualitative) Steuerung der unterschiedlich verschmutzten Abflüsse.

5.3 Anforderungen an die Messtechnik

Das Anwendungsspektrum von Photometermessungen reicht von Einleiterüberwachungen über den Nachweis der Wirkung von Behandlungsmaßnahmen bis zur Regelung/Steuerung von Abwasserentsorgungssystemen (Grüning und Hoppe, 2008 sowie Hoppe et al., 2008). Trotz dieses breiten Spektrums möglicher Anwendungen erfolgt die praktische Umsetzung bislang zögerlich. Maßgeblicher Grund dafür sind die rauen Betriebsbedingungen im Abwasserkanal, die bei der sensiblen Messtechnik eine hohe Störanfälligkeit hervorrufen. Der Einsatz von Photometersonden auch in Abwasserkanälen mit schwierigen hydraulischen, mechanischen sowie atmosphärischen Randbedingungen kann durch die Entwicklung robuster Messsysteme in Kombination mit Kenntnissen der Messtechnik in abwassertechnischen Anlagen optimiert werden.

Die Stadt Wuppertal (WSW Energie & Wasser AG) setzt an unterschiedlichen Stellen ihres 1.400 km langen Kanalnetzes Spektralphotometersonden ein. Bei den Messsonden handelt es sich um Multiparametersonden der Firma s::can (Vertrieb: Firma NIVUS). Maßgeblich für die Wahl dieser Geräte sind u. a. folgende Kriterien:

- Ex-Schutz-Zulassung gem. ATEX-Produktrichtlinie (94/9/EG)
- Vergleichsweise robuste und wartungsarme Reinigungstechnik des Messfensters (z. B. durch Druckluft)
- Die Erfassung eines Parameterspektrums nach Kalibrierung der Sonde

Die Sonde muss an einer Stelle innerhalb des Fließquerschnitts positioniert sein, die eine repräsentative Messwertaufnahme garantiert. Zudem ist eine sichere Fixierung des Messwertaufnehmers und der Kabelverbindungen Voraussetzung für eine dauerhafte Funktion der Messtechnik.

5.4 Indikatorparameter „Feststoffe“ zur qualitativen Abflusssteuerung

Ein möglicher Indikatorparameter zur Klassifizierung der gewässerschädigenden Einflüsse von Oberflächenabflüssen muss folgenden Anforderungen genügen:

- Der Parameter muss messtechnisch erfassbar sein.
- Die Messtechnik muss ausreichend robust sein, um einem dauerhaften Einsatz im Abwassermilieu standzuhalten.
- Der Parameter muss die maßgebliche Abflussverunreinigung in einem möglichst großen Spektrum repräsentieren.
- Der Parameter muss von den Aufsichtsbehörden anerkannt werden.

Einen adäquaten Indikatorparameter zur Bewertung sämtlicher Verschmutzungen von Oberflächenabflüssen gibt es nicht. Folglich muss ein Kompromiss zwischen einem messbaren und weitgehend repräsentativen Parameter gefunden werden. Für die Behandlung und Steuerung in der Regenwasserkanalisation bieten sich hier die Abfiltrierbaren Stoffe aufgrund folgender Überlegungen an:

- Der Parameter kann adäquat photometrisch ermittelt werden.
- Für die Abfiltrierbaren Stoffe gibt es bereits immissionspezifische Grenzbereiche (BWK M7).
- Ein vergleichsweise hoher Anteil an Schwermetallen ist an den Feststoffen adsorbiert, so dass indirekt eine maßgeblich schädigende Stoffgruppe erfassbar ist (Brombach, 2006).
- Die Wirkung von Regenwasserbehandlungsanlagen ist in erster Linie auf Sedimentation für Feststoffe beschränkt.

Eine weltweite Analyse des Spektrums von Stoffkonzentrationen in Misch- und Regenwasserkanalisationen umfasst die Auswertung von Brombach und Fuchs (2003). Tabelle 6 umfasst die Auswertung der Daten für die Abfiltrierbaren Stoffe.

Tabelle 6 Auswertung gemessener Verschmutzungskonzentrationen in Misch- und Trennkanalisationen nach Brombach und Fuchs (2003).

Ort der Probenahme		Anzahl	Bandbreite		Arithm. Mittel	Stand.- Abw.	Unteres Quartil	Median	Oberes Quartil
			Min.	Max.					
AFS-Konzentration in mg/l									
Weit	RW-Kanal TS	178	2	3.093	282	428	74	141	280
	TW-Abfluss MS	49	15	757	202	139	109	164	270
	MW in MS	70	54	1.440	347	240	197	286	439
	ÜW in MS	56	35	661	227	168	105	175	288
Zentraleuropa	RW-Kanal TS	51	29	1.535	319	403	78	153	284
	TW-Abfluss MS	28	108	757	249	136	136	155	301
	MW in MS	42	54	986	316	186	178	264	423
	ÜW in MS	38	35	661	229	170	114	175	278

(RW = Regenwasser, TW = Trockenwetterabfluss, MW = Mischwasser, ÜW = Überlauf/Entlastung)

5.5 Immissions- und emissionsbezogene Grenzwerte

Grundlage einer Steuerung ist die Festlegung des Grenzwertes für die Entscheidung der Klärpflicht. Als erster Ansatz könnte der Rechenwert für den CSB im Regenabfluss, gem. dem Arbeitsblatt ATV-A 128, von 107 mg/l eine Orientierungsgröße sein. Dabei muss die jeweilige Grenzwertfestlegung keinen starren Vorgaben unterworfen sein.

Abhängig vom Gewässertyp werden im detaillierten Nachweisverfahren zum BWK-M3 (BWK, 2004) Häufigkeits-Dauer-Grenzwerte für Großsalmoniden-Laichgewässer vorgeschlagen. Dabei erfolgt eine Einteilung in Dauer- und Häufigkeitsstufen (BWK, 2007). Beispielsweise werden die Grenzwerte bei häufigeren Ereignissen von 4 bis 25 Ereignissen pro Jahr auf 25 mg/l (> 6 h), 50 mg/l (1 bis 6 h) bzw. 100 mg/l (< 1 h) festgelegt. Bei mittlerer Häufigkeit sind auch Konzentrationen im Gewässer von 500 mg/l tolerabel (Bild 6).

Die Bewirtschaftung des Abflusses im Regenwasserkanal resp. im kanalisiertem Gewässer kann sich an diesen Größenordnungen orientieren. Zielsetzung ist die Ableitung von Abflüssen mit schädlicher Stoffkonzentration zur Behandlungsanlage und die Weiterleitung von Abflüssen mit unkritischer Stoffkonzentration. Die Steuerung selbst kann dabei nur abhängig von der Stoffkonzentration erfolgen. Eine Bewirtschaftung mit dem Ziel eines maximalen Frachtrückhaltes ist hierbei indirekt durch Anpassung der Stellgröße (z. B. AFS-Konzentration) möglich. Ein besonderer Vorteil ist dabei die Flexibilität eines solchen Steuerungssystems. Die Quantifizierung des Grenzwertes kann sich u. a. an folgenden Bedingungen orientieren:

- Die Oberflächenabflussverschmutzung: Bei hohen industriell- und verkehrsbelasteten Flächenanteilen (hoher Schadstoffanteil) kann ein geringerer Grenzwert festgelegt werden.
- Die Gewässercharakteristik: In Phasen sensibler Bedingungen (z. B. Laichzeiträume) kann der Wert auch temporär reduziert werden, um den höheren Anforderungen zu entsprechen.

Somit besteht grundsätzlich die Möglichkeit, die Wertebereiche in Abhängigkeit von der Verschmutzungscharakteristik (z. B. hoher Straßenflächenanteil) resp. von der möglichen Gewässerbelastung oder entsprechenden immissionsspezifischen Kriterien (Schutzstatus des Gewässers) zu definieren.

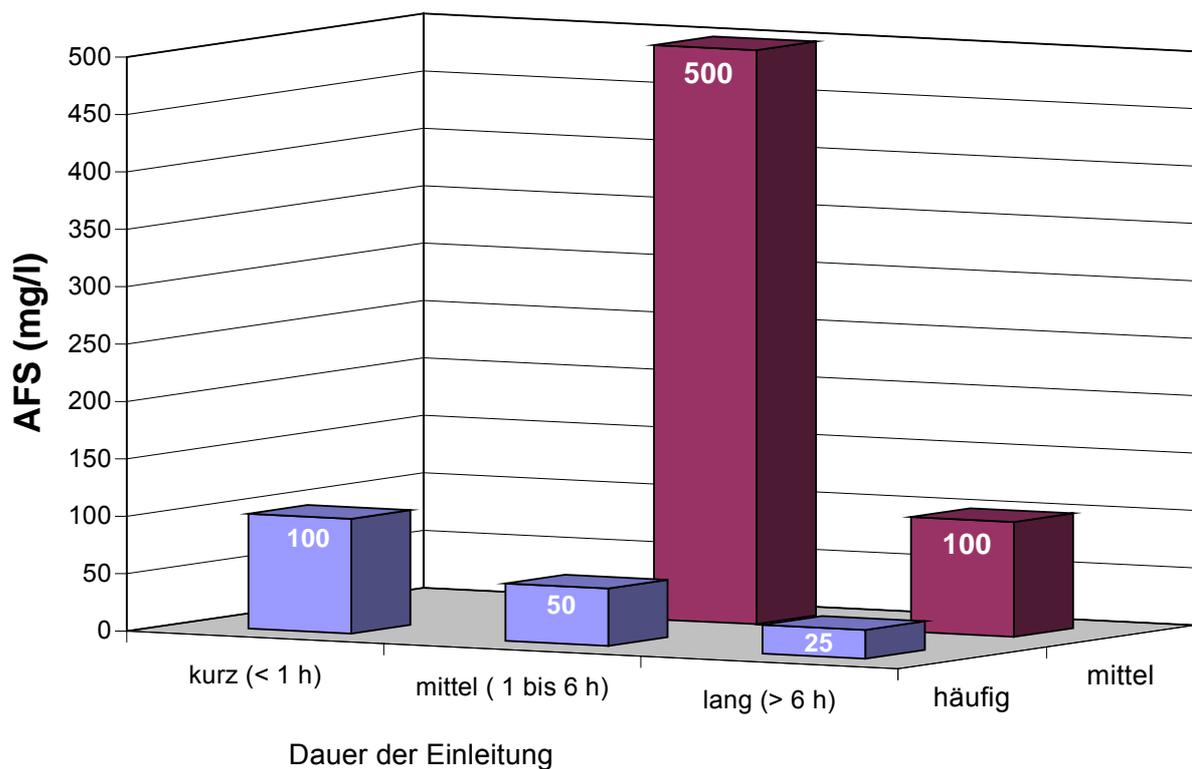


Bild 6 Häufigkeits-Dauer-Grenzwerte für AFS-Konzentrationen in einem Großsalmoniden-Laichgewässer (BWK, 2007)

5.6 Bewirtschaftungskonzept

Die in Kapitel 5.2 beschriebene Steuerregel „Saubere Abflüsse zum Gewässer – verunreinigte Abflüsse zur Reinigung“ wird mit Hilfe der beschriebenen Photometermesstechnik im Briller Bach vor der Einleitung in die Wupper praktiziert. Dieses Konzept repräsentiert eine der Varianten, die in diesem Forschungsvorhaben untersucht wurden. Bild 7 zeigt exemplarisch den vom Niederschlagsgeschehen abhängigen Verlauf der Abfiltrierbaren Stoffe im kanalisierten Briller Bach für ein Regenereignis am 26. Juni 2009. Mit der stationär im Abwasserstrom installierten Photometersonde kann der Grad der Verunreinigung kontinuierlich erfasst werden (Grüning und Hoppe, 2008 sowie Gruber et al., 2005). Bei Trockenwetter liegen die Konzentrationen unter 20 mg/l. Bei Niederschlagsbeginn (etwa um 18.40 Uhr) erfolgt die Zuleitung teilweise klärflichtiger Oberflächenabflüsse. Nach einer kurzzeitigen Konzentrationsspitze von 150 mg/l um ca. 18.45 Uhr steigt die Konzentration gegen 19.00 Uhr steil auf einen Spitzenwert von fast 800 mg/l an. Zu diesem Zeitpunkt hat der Niederschlag mit einer Intensität von etwa 8 mm/15 Minuten bereits aufgehört. Die AFS-Konzentration nimmt bei abklingendem Abfluss ebenfalls ab und erreicht Stunden später wieder die übliche Basiskonzentration. Speziell bei diesem Ereignis trat eine vergleichsweise hohe Maximalkonzentration für AFS von fast 800 mg/l auf. Deutlich wird hierbei ebenfalls, dass der erhöhte Abfluss zu Beginn nicht von der Konzentrationsspitze überlagert wird. Somit ist hier kein klassischer Spülstoß aufgetreten. Diese Charakteristik ist für das Gewässer- resp. Ableitungssystem jedoch nicht charakteristisch. Die Konzentrationsverläufe folgen keinen bestimmten Regeln. Dieser Sachverhalt belegt den besonderen Vorteil einer Steuerung auf der Basis kontinuierlich erfasster Konzentrationen.

Ziel der Steuerung ist die Umleitung zur Behandlungsanlage bei Überschreitung des für einen Indikatorparameter festgelegten Grenzwertes. Als Indikatorparameter dienen die partikulären Stoffe. Fließen unbelastetes Bachwasser und ggf. nicht behandlungspflichtige Oberflächenabflüsse im System, bleibt der Hydraulikschieber zum Kanalnetz geschlossen. Steigt die Feststoffkonzentration über einen gebietsspezifisch individuell festlegbaren Grenzwert an, wird der Schieber geöffnet und der verunreinigte Abflussanteil über den Entlastungssammler Wupper zur Kläranlage des Wupperverbandes abgeleitet. Der Grenzwert für die Feststoffe kann dabei individuell in Abhängigkeit von der Flächennutzung sowie von immissionsspezifischen Bedingungen festgelegt werden. Zur Bewirtschaftung der Abflüsse im Briller Bach wurde ein Grenzwert von 100 mg/l gewählt. Dieser Wert orientiert sich derzeit an den immissionsspezifischen Häufigkeits-Dauer-Betrachtungen des BWK M7.

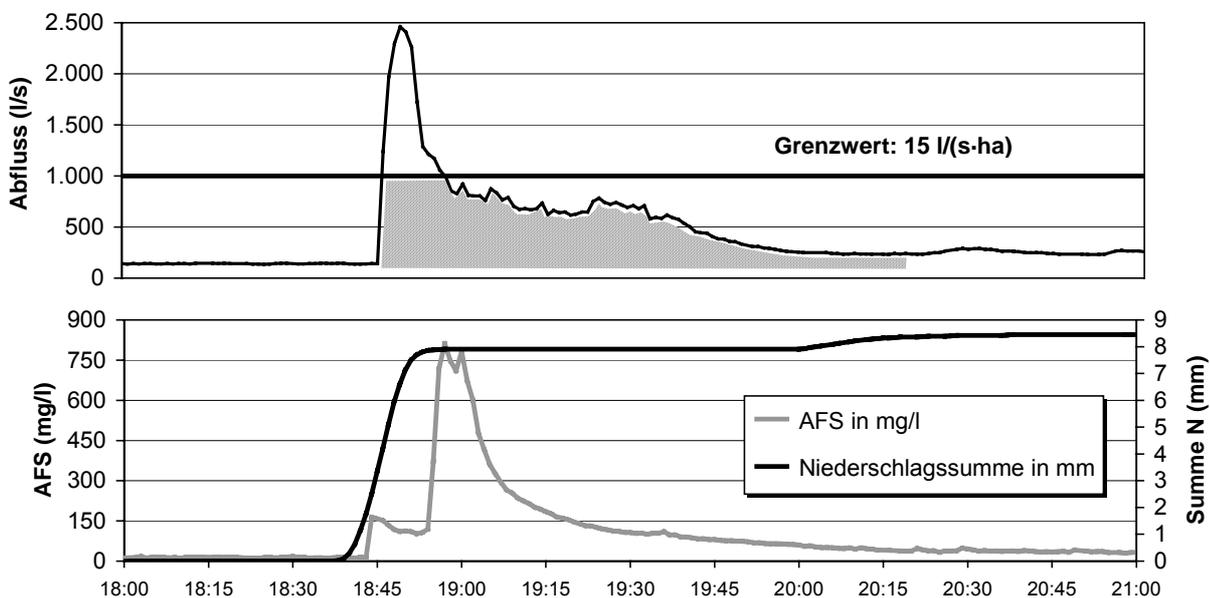


Bild 7 Überlagerung der Abflüsse (Bild oben) mit den Stoffkonzentrationen (AFS) (Bild unten) im Briller Bach für ein exemplarisches Ereignis (26. Juni 2009)

Den Ablauf des Steuerungsprozesses illustriert Bild 8. Der Niederschlag am 9. Juni 2009 (ca. 16.35 Uhr) führte zu einem Anstieg des Füllstands und der Feststoffkonzentration. Bei Überschreitung des „stellimpulsgebenden“ Schwellenwertes von 100 mg/l (etwa um 16.45 Uhr) wurde der zuvor geschlossene Hydraulikschieber innerhalb weniger Sekunden geöffnet und über die Bodenöffnung erfolgte die Ableitung des behandlungspflichtigen Abflusses über den Entlastungssammler Wupper zur Kläranlage (Bild unten). Bei einer Unterschreitung der Feststoffkonzentration von 75 mg/l wurde der Schieber wieder verschlossen (Bild oben). Der Abfluss erfolgt dann wieder ausschließlich in die Wupper. Im mittleren Bild ist der Füllstand und die Niederschlagssumme veranschaulicht. Der hier illustrierte Mindestwasserstand von 11,5 cm bewirkt eine Sohlschwelle, damit die Sonde ständig überspült wird.

Die Situation einer Vermischung unterschiedlich belasteter Oberflächenabflüsse tritt durch die flächenspezifische Behandlungspflicht im Trennverfahren generell auf. Wenn nicht eine dezentrale oder semizentrale Behandlung erfolgt, nehmen zentrale Behandlungsanlagen unbelastete Abflussanteile zusätzlich auf, die dann durch entsprechende Dimensionierungszuschläge zu berücksichtigen sind.

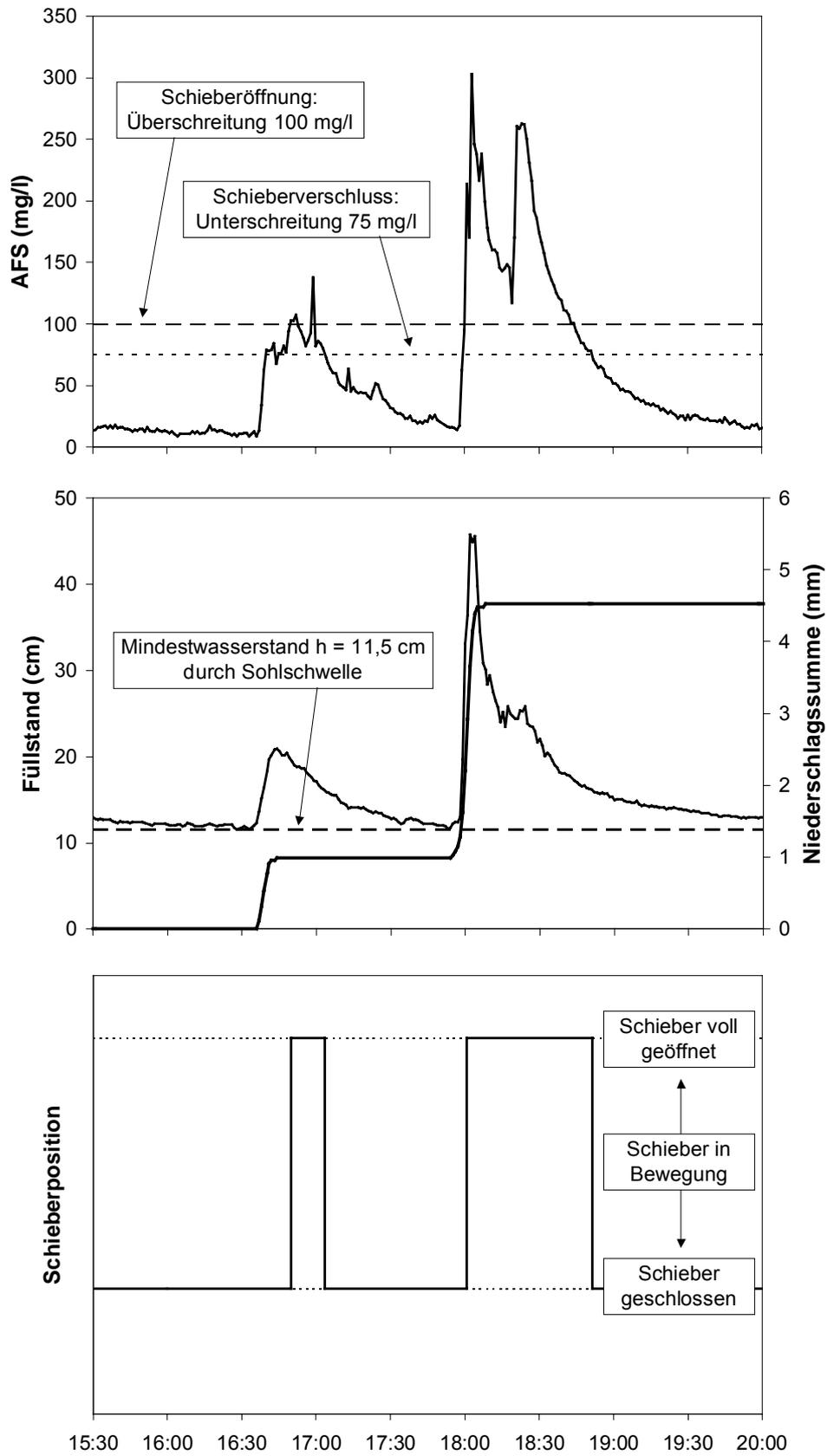


Bild 8 Verlauf der AFS-Konzentration (9. Juni 2009) im kanalisiertem Briller Bach mit korrespondierender Steuerung des Ablaufschiebers zur Kläranlage (Entlastungssammler Wupper)

5.7 Betriebliche Erfahrungen mit dem Einsatz von Photometersonden

Erfahrungen mit dem Einsatz von Photometersonden zur stoffbezogenen Bewirtschaftung von Oberflächenabflüssen beschränken sich auf Forschungs- und Entwicklungsvorhaben. Über Betriebserfahrungen und Systemoptimierungen berichten Grüning (2002), Gruber et al. (2005) sowie Grüning et al. (2009). In Wuppertal wurden bislang umfangreiche Erfahrungen mit der Photometermessung an Regenbecken und in kanalisiertem Bachläufen gewonnen (Grüning und Hoppe, 2007). Dabei wurden bereits unterschiedliche Sondenfabrikate getestet. Schwierigkeiten, die im Laufe der Untersuchungen zu Systemoptimierungen führten, waren beispielsweise:

- Hohe Fließgeschwindigkeiten und geringe Fließtiefe aufgrund der starken Neigungen. Teilweise wurden hinter der Sonde Sohlschwellen installiert, um einen Aufstau und dadurch eine Beruhigung des Abflusses zu erzeugen.
- Belag am Messfenster und Drift der Messungen des gelösten CSB. Der Indikatorparameter AFS wurde stabil gemessen.
- Schutz der Sonde vor mechanischer Beanspruchung. Dazu wurde ein Befestigungssystem entwickelt, mit dem die Sonde sicher im Bereich der Sohle installiert ist, aber auch ohne großen Aufwand für Wartungszwecke entnommen werden kann.
- Da die Messfenster der Sonde durch Druckluft gereinigt werden (Bild 9), ist ein Kompressor nötig. Im Wohnbereich können hier Geräuschbelästigungen auftreten, die entsprechende Dämmmaßnahmen erfordern.

Die Wartungsintervalle betragen derzeit etwa zwei bis drei Wochen. Im Querschnitt des Briller Baches ist außerdem ein Kamerasystem installiert, das neben der Online-Überwachung der Messdaten durch die Photometersonde zusätzlich eine kontinuierliche visuelle Überwachung des Messsystems ermöglicht. Die Systemapplikation wird seit Mitte 2009 störungsfrei betrieben.



Bild 9 Im Sohlbereich des Briller Baches fixierte Photometersonde während der Druckluftspülung

6 Variantenbetrachtung

6.1 Beschreibung des Konzeptes

Generell umfasst das Untersuchungsspektrum die vergleichende Gegenüberstellung folgender Lösungsvarianten:

Variante 1: Ausschließlich dezentrale Behandlung im gesamten Einzugsgebiet

Variante 2: Kombinationslösung dezentrale und semizentrale bzw. zentrale Behandlung vor der Einleitung

Variante 3: Zentrale Behandlung und separater Kanal („Bachentflechtung“)

Variante 4a: Parameterspezifische Abflusssteuerung (Briller Bach)

Variante 4b: Zentrales Behandlungssystem und Vermischung der Abflüsse (Müggenbach)

Die jeweiligen Varianten werden planerisch bis zur belastbaren Kostenberechnung zur vergleichenden Gegenüberstellung der unterschiedlichen Konzepte ausgearbeitet. Dabei stellt bewusst nicht die Ermittlung der wirtschaftlich günstigsten Variante, sondern der objektive Vergleich der unterschiedlichen Möglichkeiten das Projektziel dar.

Die Untersuchungen berücksichtigen insbesondere die Anforderungen des Trennerlasses (2004), der eine bevorzugte Anwendung der dezentralen Regenwasserbehandlung fordert, um eine Vermischung von klärflichtigem mit nicht klärflichtigem Regenwasser weitgehend zu vermeiden.

Für die jeweiligen Bachsysteme werden die vier aufgeführten Varianten detailliert untersucht. Die als Variante 4a bezeichnete Systemlösung ist in Wuppertal bereits realisiert worden. Seit Mitte 2009 erfolgt vor der Einleitung in die Wupper eine parameterspezifische Abflusssteuerung. Diese Lösung wurde eng mit der Bezirksregierung Düsseldorf abgestimmt und mit Auflagen genehmigt. Dabei enthalten die Auflagen im Wesentlichen die Dokumentation und den Nachweis der Systemfunktion. Die Maßnahme wird durch die Aufsichtsbehörde begleitet. Die Variante 4b für den Müggenbach ist im Rahmen der Genehmigungsphase vorgestellt worden. Bis zu den Ergebnissen dieses Vorhabens wurde eine abschließende Entscheidung zurückgestellt.

6.2 Beschreibung der untersuchten Varianten

6.2.1 Variante 1 „Dezentrale Behandlung“

Bei der Variante „Dezentrale Behandlung“ werden sämtliche klärflichtigen Oberflächenabflüsse mit kompakten Reinigungssystemen dezentral behandelt. Der Regenwasserkanal resp. das kanalisierte Gewässer leitet somit ausschließlich den natürlichen Basisabfluss und die nicht klärflichtigen Oberflächenabflüsse ab. Die dezentrale Behandlung erfolgt dabei exemplarisch durch die beiden Systeme Innolet® (Referenz für Straßenablaufeinsätze) und FiltaPex® (Referenz für Schachtsysteme). Mit dieser Auswahl erfolgt keine Wertung der Reinigungsleistung anderer Fabrikate.

Für das exemplarisch betrachtete System FiltaPex® (Bild 10) und das System Innolet® liegen allerdings bereits relativ sichere Erkenntnisse zur Wartung und Wirkung vor. Im Rahmen eines zeitgleich durchgeführten Untersuchungsvorhabens erfolgt der Nachweis zur hydraulischen Durchlässigkeit und zum Stoffrückhaltevermögen des Systems FiltaPex®. Das Filterschachtsystem ist zudem bereits im Untersuchungsgebiet installiert und wird derzeit kontinuierlich im Praxisbetrieb untersucht. Dazu

erfolgt eine temporäre oder kontinuierliche messtechnische Erfassung der Filterdurchlässigkeit (Grüning et al., 2010).

Der Lamellenklärer der Fa. Mall wurde im Rahmen dieser Variante nicht berücksichtigt, da die hier verfügbaren Größenordnungen (Fläche und Zuflussangaben) eher einem Regenklärbecken entsprechen.

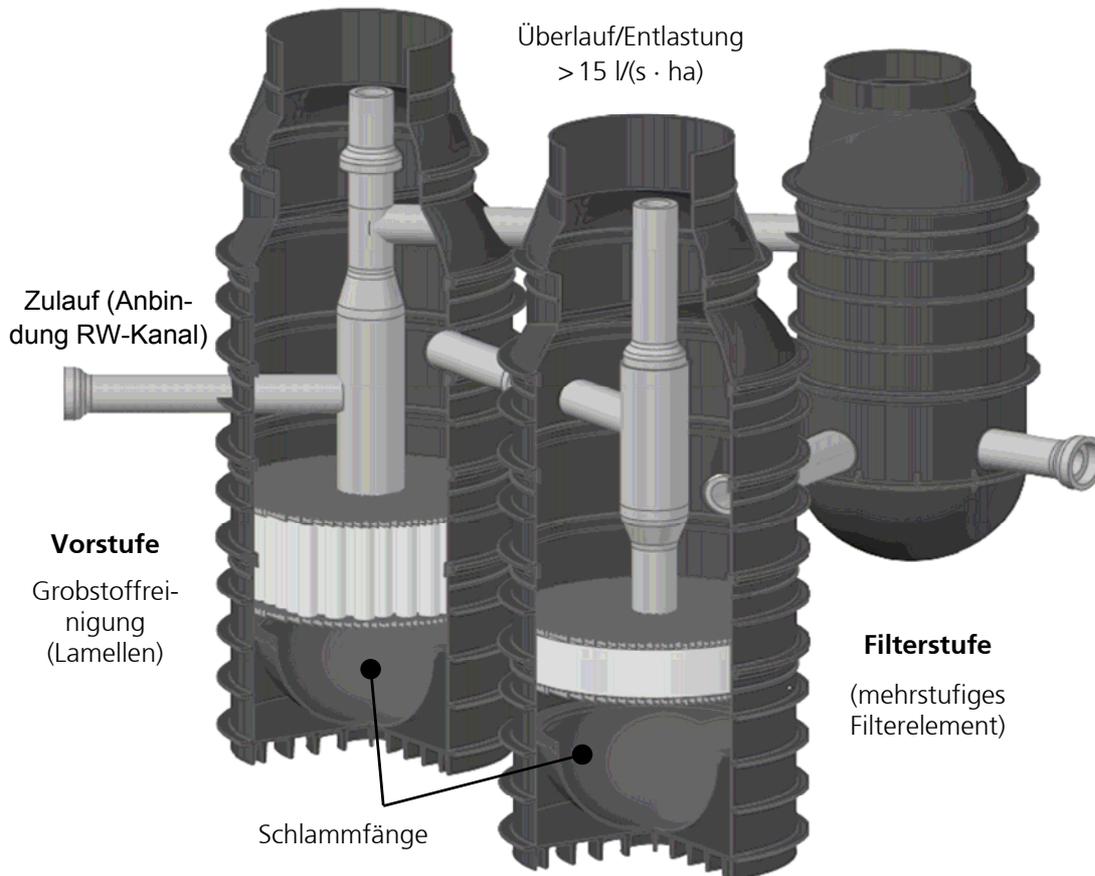


Bild 10 Möglichkeit einer dezentralen Regenwasserbehandlung – exemplarische Darstellung des Systems FilitaPex® (Pecher Technik GmbH und WSW AG)

Besonders schwierig ist die Behandlung von Straßenabflüssen. Straßenablaufeinsätze stellen eine Lösung dar, die mit vergleichsweise geringem Aufwand eine Regenwasserbehandlung ermöglicht. In die vorhandenen Abläufe werden hier nachträglich Filtereinsätze installiert. Die langgestreckte Liniengeometrie würde bei alternativen Verfahren, wie z. B. Filterschächten, eine Zusammenfassung von Straßenabläufen erfordern, wobei allerdings an manche Schachtsysteme wiederum Flächen von mehreren tausend m² angeschlossen werden können.

Straßenablaufeinsätze sind bislang noch durch Nachteile gekennzeichnet, die keine uneingeschränkte Anwendung ermöglichen. Die Systemeinsbauten in den bestehenden Abläufen beeinflussen das Abflussverhalten und damit das Überflutungsrisiko. Eine besondere Herausforderung stellt der Eintrag von Grob- und Feststoffen (Laub, Blütenpollen) dar. Nachweise der langfristigen hydraulischen Anforderungen können die bestehenden Systeme noch nicht erbringen.

Systembedingt weisen Straßenablaufeinsätze eine begrenzte hydraulische Behandlungskapazität auf. Erforderlich ist die Behandlung von $15 \text{ l/(s} \cdot \text{ha)}$. Im Mittel veranschlagen die Systemhersteller Flächenanteile von 400 m^2 pro Einlauf, so dass $0,6 \text{ l/s}$ dauerhaft zu behandeln wären. Der Nachweis einer entsprechenden Behandlungskapazität ist noch zu führen. Eine Auswertung der angeschlossenen Flächen je Schachteinlauf enthält Teilbericht 4 exemplarisch für das Einzugsgebiet des Briller Bachsystems.

6.2.2 Variante 2 „Kombinationslösung aus de- und semizentraler/zentraler Behandlung“

Die Variante „De- und semizentrale/zentrale Behandlung“ sieht vorzugsweise eine zusammenfassende Regenwasserbehandlung für Teileinzugsgebiete vor. In erster Linie erfolgt eine Behandlung dabei durch Regenklärbecken ohne Dauerstau. Wenn möglich, wird hier die Vermischung klärpflichtiger und nicht klärpflichtiger Abflüsse vermieden. Die klärpflichtigen Abflüsse werden in separaten Kanälen zu den Regenklärbecken abgeleitet. Das Gewässer wird somit von klärpflichtigen Zuflüssen freigehalten. In dieser Variante sind ebenfalls Straßenablaufeinsätze zur Behandlung der Oberflächenabflüsse für einzelne Straßenabschnitte vorgesehen. Diese Variante enthält neben den Kosten für die Regenwasserbehandlungsanlage zusätzliche Kosten für den Bau und Betrieb von Zu- und Ableitungskanälen.

6.2.3 Variante 3 „Zentrale Behandlung und separater Kanal“

Die im Rahmen der Variante 3 untersuchte zentrale Behandlung sieht ein Regenklärbecken vor der Einleitung in das Gewässer, am Ende des Einzugsgebietes vor. Erforderlich ist ein Regenklärbecken ohne Dauerstau mit entsprechendem Beckenvolumen. Diese „klassische“ Lösung erfordert im Gewässer eine getrennte Ableitung des natürlichen Basisabflusses und der klärpflichtigen Abflüsse. Dadurch ist der Bau eines separaten Reinwassersammlers oder Bachkanals nötig. Andererseits ist auch die Integration eines Ableitungskanals in den bestehenden Sammler („Rohr-im-Rohr-System“) denkbar, sofern eine ausreichende hydraulische Leistungsfähigkeit gewährleistet bleibt. In den Bachkanal können dann die nicht klärpflichtigen Oberflächenabflüsse (Kategorie I) eingeleitet werden. Abflussanteile von nicht klärpflichtigen Flächen im Regenwasserbehandlungssystem sind mit $5 \text{ l/(s} \cdot \text{ha)}$ bei der Dimensionierung zu berücksichtigen.

Die Untersuchungsgebiete sind so dicht bebaut, dass ausschließlich ein geschlossenes Betonbecken mit hohen spezifischen Kosten von mehr als 3.000 €/m^3 realisierbar ist. Der zusätzlich erforderliche separate Kanal im Bereich einer stark befahrenen Straße verursacht ebenfalls hohe spezifische Kosten die bis zu 5.000 €/m ausmachen können.

6.2.4 Variante 4a „Parameterspezifische Abflusssteuerung (Briller Bach)“

Variante 4a repräsentiert die bereits realisierte Lösung im Einzugsgebiet des Briller Bachs. Hier erfolgt eine Abflussaufteilung in einem Trennbauwerk kurz vor der Einleitung in die Wupper (Bild 11). Mit einer stationär im Abwasserstrom installierten Photometersonde wird der Grad der Verunreinigung kontinuierlich erfasst. Bei Überschreitung des für den Indikatorparameter AFS festgelegten Grenzwertes erfolgt die Umleitung zur Behandlungsanlage. Fließen unbelastetes Bachwasser und ggf. nicht behandlungspflichtige Oberflächenabflüsse im System, bleibt der Hydraulikschieber zum Kanalnetz geschlossen. Steigt die Feststoffkonzentration über einen gebietsspezifisch individuell festlegbaren Grenzwert an, wird der Schieber geöffnet und der verunreinigte Abflussanteil wird hier zur Kläranlage des Wupperverbandes abgeleitet. Der Grenzwert für die Feststoffe kann dabei individuell in Abhängigkeit von der Flächennutzung sowie von immissionsspezifischen Bedingungen festgelegt werden.

Die Kosten für die Regenwasserbehandlung werden dabei durch den Volumenanteil des fiktiven Regenklärbeckens (gemäß Variante 3) berücksichtigt. Dafür erfolgt eine Orientierung an den anteiligen Baukosten des Entlastungssammlers Wupper, in den der Abfluss eingeleitet wird.

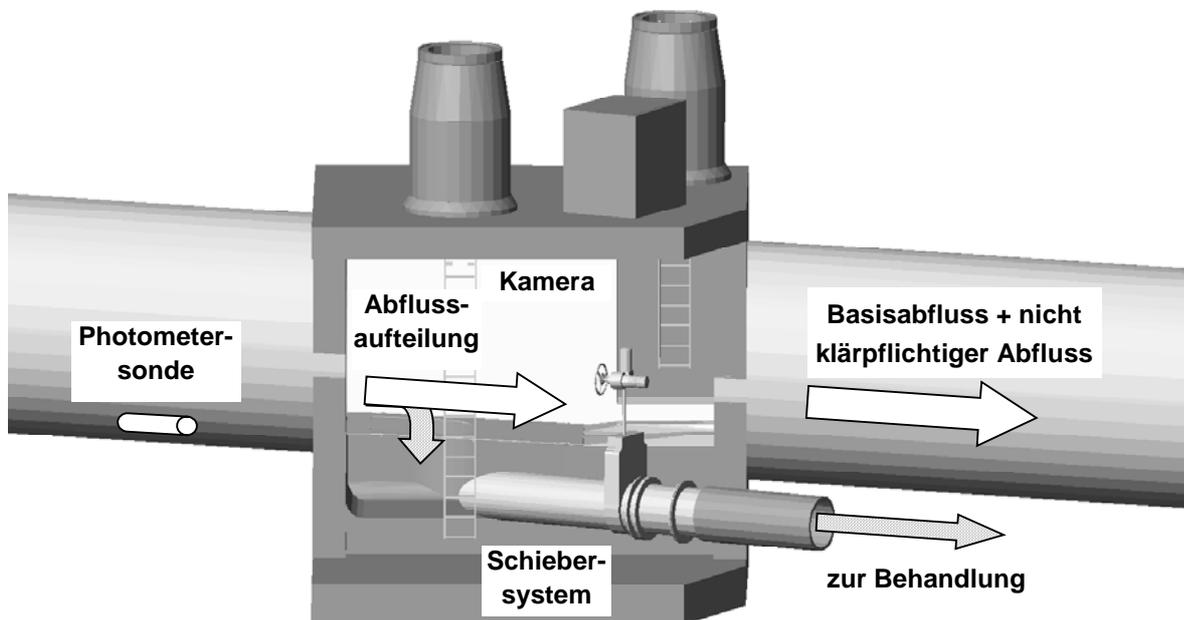


Bild 11 Prinzip der Abflussaufteilung in den Verzweigungsbauwerken innerhalb kanalisierte Bäche in Wuppertal

6.2.5 Variante 4b „Zentrale Behandlung (Müggenbach)“

Variante 4b repräsentiert die bereits geplante Lösung im Einzugsgebiet des Müggenbachs. Am Ende der Bachverrohrung im Bereich Haddenbacher Straße/Zum Brodtberg ist ein Bauwerk zur Teilung der Zuflüsse (Bachwasser/Niederschlagswasser) vorgesehen. Es ist geplant, den Bachabfluss auf $Q_{\max} = 25 \text{ l/s}$ zu drosseln. Dies entspricht ca. dem mittleren Abfluss von $MQ = 20 \text{ l/s}$. Dieser Abfluss kann dann durch ein nachgeschaltetes Sonderbauwerk gereinigt werden. Dies ist notwendig, da bei Regen eine Vermischung mit dem Bachwasser stattfindet. Durch den dauerhaften Zufluss ist das Regenklärbecken im Dauerstau projektiert. Da durch das Regenklärbecken der dauerhafte Abfluss des kanalisierten Bachsystems fließt und ein Dauerstau vorliegt, soll das Becken eine Oberflächenbeschickung von $q_A = 5 \text{ m/h}$ nicht überschreiten. Mit hoher Wahrscheinlichkeit wird die sommerliche Aufwärmung im Regenklärbecken nicht gravierend sein, da durch den dauerhaften Zufluss ein ständiger Austausch des Beckeninhaltes und der Temperatur vorliegt.

Beim Überschreiten des Abflusses von 25 l/s werden die Niederschlagswasserabflüsse über das Trennbauwerk und einen Regenwassersammler ($l = 230 \text{ m}$) zum Beckenüberlauf des Regenklärbeckens Müggenbach weiter geleitet. Die Dimensionierung dieses RKB erfolgte gemäß den Vorgaben des Trennerlasses. Das Regenklärbecken kann ohne Dauerstau betrieben werden, da der dauerhafte Abfluss über das vorgeschaltete RKB geführt wird.

7 Kosten zur Regenwasserbehandlung

7.1 Kostenermittlungen und Ansätze für die Kostenvergleichsrechnung

Im Rahmen des Untersuchungsvorhabens wurden die Kosten für die Regenwasserbehandlung resp. Regenwasserbewirtschaftung mit unterschiedlichen Systemen vergleichend gegenübergestellt. Die Kostenermittlung erfolgte dabei durch eine dynamische Kostenvergleichsrechnung gem. LAWA (2005). Der Kostenvergleich erfolgt mit den in Tabelle 7 dargestellten durchschnittlichen Nutzungsdauern. Der Betrachtungszeitraum beträgt 60 Jahre, bei einer jährlichen Verzinsung von 3 %. Preissteigerungsraten blieben unberücksichtigt (0 %). Gemäß LAWA (2005) muss die Umsatzsteuer bei gesamtwirtschaftlichen Kostenvergleichsrechnungen aus Praktikabilitätsgründen nicht ausgesondert werden. Hier wurde diese Aussonderung nicht vorgenommen, sondern mit Nettokosten kalkuliert.

Tabelle 7 Annahmen der durchschnittlichen Nutzungsdauer von abwassertechnischen Anlagen

Art der Anlage	Empfehlung gem. LAWA (a)	Gewählte Nutzungsdauer (a)
Kanäle (Neubau und Erneuerung)	50 bis 80	60
Kanalisationsschächte	50 bis 80	60
Regenüberlaufbauwerke		
▪ Baulicher Teil	50 bis 70	60
▪ Maschineller Teil	5 bis 20	15
Pump- und Hebewerke		
▪ Baulicher Teil	25 bis 40	30
▪ Maschineller Teil	8 bis 12	10
Grundstücksanschlusskanäle	50 bis 80	60
Straßenabläufe einschließlich Anschlusskanälen	40 bis 80	60

Die Investitionskosten enthalten sämtliche Kosten von der Planung bis zur Inbetriebnahme aller erforderlichen Maßnahmen zur Regenwasserbehandlung. Basis der Kostenermittlung ist das Ergebnis der durchgeführten Untersuchungen in einer zur Vorplanung vergleichbaren Planungstiefe. Bei der Kostenermittlung wird davon ausgegangen, dass die Genehmigung der Regenwasserbehandlungsmaßnahmen gemäß §58.2 LWG NRW bereits vorliegt.

Die laufenden Kosten hängen maßgeblich von den Stundensätzen des Betriebspersonals ab. Im Rahmen der durchgeführten Untersuchungen erfolgte eine grobe Orientierung an den Kosten der jeweiligen Kanalnetzbetreiber. Die Marktpreise von Kanalreinigungsfirmen liegen im Vergleich niedriger. In Wuppertal ist die WSW Energie & Wasser AG für den Betrieb verantwortlich und in Remscheid die Remscheider Entsorgungsbetriebe. Folgende mittlere Kosten liegen der Kalkulation zugrunde:

- Mitarbeiter Kanalbetrieb: 45 €/h
- Betriebsfahrzeug: 20 €/h
- Spülfahrzeug: 80 €/h

Eine besondere Situation stellt die vergleichende Betrachtung der Regenwasserbehandlung mit dezentralen Systemen dar. Hier sind eine Reihe unterschiedlicher Produkte verfügbar, so dass eine exemplarische Auswahl für die Gegenüberstellung der Kosten erforderlich war. Exemplarisch erfolgte hier die Behandlung mit Filterschachtsystemen oder mit Straßenablaufeinsätzen. Aufgrund der inzwischen weitgehenden Erfahrungen mit den Systemen FiltaPex® und Innolet® wurden diese Systeme als Referenzsysteme zur vergleichenden Kostenbetrachtung verwendet.

Für alle Systeme wurden die Verkehrssicherungs- und Wegekosten vernachlässigt. Die Ansätze dafür sind stark von individuellen Rahmenbedingungen abhängig, so dass belastbare Ansätze nicht quantifizierbar sind. Es ist allerdings davon auszugehen, dass dieser Kostenanteil die laufenden Kosten für die dezentralen Systeme im direkten Vergleich stärker beeinflusst. Andererseits wurden die Aufwendungen zur Abstimmung der Baumaßnahmen und die für den Beckenbau preissteigernd wirkenden Grunderwerbskosten nicht berücksichtigt.

7.2 Kosten für Verfahren zur dezentralen Regenwasserbehandlung

7.2.1 Kosten für Filterschachtsysteme

Aufgrund bisheriger Erfahrungen im Untersuchungsgebiet wurden an verschiedenen Stellen Filterschachtsysteme vorgesehen. Berücksichtigt werden dabei vor allem Erfahrungen mit dem Filterschachtsystem FiltaPex®, das im Untersuchungsgebiet bereits installiert ist und im Rahmen eines Forschungs- und Entwicklungsvorhabens in Wuppertal untersucht wird (Grüning und Hoppe, 2007a).

Tabelle 8 enthält die Investitionskosten für die Planung und den Bau eines Filterschachtsystems. Pauschale Werte sind dabei eingeschränkt repräsentativ, da der Planungsumfang und die Baukosten von vielfältigen Randbedingungen abhängen.

Folgende Einzelleistungen und Randbedingungen sind für die Planung zu berücksichtigen:

- Der Planungsaufwand orientiert sich an Leistungsphasen der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure HOAI (Grundlagenermittlung bis Ausschreibung und Bauleitung).
- Die wasserrechtliche Erlaubnis gem. §8 (vormals §7) WHG und §58.2 LWG NRW (Besondere Leistung gem. HOAI) liegt vor.
- Ein Regenwasserbehandlungskonzept ist durchgeführt worden, so dass die Flächenermittlung und Kategorisierung erfolgt sind.

Momentan ist von einem überdurchschnittlichen Abstimmungsaufwand mit den Wasserbehörden auszugehen, da die Systeme noch keine Standardlösung darstellen.

Für den Einbau der Systeme wurden folgende Bedingungen vorausgesetzt bzw. im Rahmen der Planungskonzepte ermittelt:

- Die Anschlussmöglichkeiten an das bestehende Kanalnetz sind gegeben (Längen der Anschlusskanäle und Größe der Baugrube liegen in gewöhnlicher Größenordnung).
- Die Systemkonstellation und -größe wird in Abhängigkeit von der Größe der anzuschließenden Fläche jeweils individuell ermittelt.
- Die Oberflächengestaltung (Verkehrsbereich, Befestigung) orientiert sich an den bestehenden Bedingungen.

Die bislang festgestellten Kosten für den Bau der Systeme sind vergleichsweise hoch, da die Realisierung ausschließlich unter schwierigen Bedingungen im innerstädtischen Bereich erfolgte. Davon betroffen sind vor allem die Kosten für die Baugrube und Oberflächengestaltung. Eine Aufstellung mit mittleren Kosten beinhaltet Tabelle 8.

Die in Tabelle 9 zusammengestellten Betriebskosten repräsentieren die aktuellen Erfahrungen mit den Systemen. Generell hängt das Wartungsintervall von der Belastung der Oberfläche ab. Speziell im Herbst (Laub) und Winter (Streumittel) ist von erhöhten Belastungen auszugehen. Im Frühjahr wurde bei Filtersystemen bereits eine erhöhte Belastung durch Pflanzenpollen beobachtet. Die angenommenen Intervalle repräsentieren eine mittlere Belastungssituation.

Die Kosten in Tabelle 8 und Tabelle 9 basieren auf einer Mischkalkulation und orientieren sich an der Anordnung einfacher Systemeinheiten. Für kleinere Flächenanteile (> 500 m² bis 1.000 m²) genügt in der Regel ein Kombinationsschacht (1-Schacht-System), bei befestigten Flächenanteilen von etwa 2.000 m² bis 5.000 m² werden ein Vorbehandlungsschacht und ein Filterschacht (2-Schacht-System) angeordnet. Bei größeren Flächen besteht die Möglichkeit, die Systeme zu kombinieren und zu erweitern. Die spezifischen Kosten werden dadurch entsprechend reduziert.

Tabelle 8 Investitionskosten für de- bzw. semizentrale Regenwasserbehandlungssysteme (Orientierung an Erfahrungswerten mit Filterschachtsystemen – System FiltaPex® mit einer Anschlussfläche von bis zu 5.000 m²)

Kostenart	Bereich (€)	Angenommene Mittelwerte (€)
Systemkosten	Systemausrüstung: 5.000	15.000
▪ Systemausrüstung	Schacht, Rohre, Fracht: 8.000 bis 12.500	
▪ Schacht und Rohrleitungen	Frachtkosten	
Baukosten ¹⁾	10.000 bis 20.000	15.000
▪ Baustelleneinrichtung und Verkehrssicherung		
▪ Bodenaushub und Einbau		
▪ Rohre: Anschluss und Verlegung		
▪ Verfüllung und Oberflächengestaltung		
Planung und Baubegleitung	3.000 bis 8.000	5.000
	Summe	35.000

¹⁾ Die Baukosten werden maßgeblich durch die örtlichen Bedingungen beeinflusst. Im innerstädtischen Bereich sind Kosten im oberen Spektrum üblich.

Das System FiltaPex® ist für kleinere Flächen ($\leq 500 \text{ m}^2$) problemlos anwendbar. Hier ist das System der Fa. 3P-Technik ebenfalls geeignet. Im Rahmen des Untersuchungsvorhabens wird für kleine Flächeneinheiten (Metalldächer, Auffahrten) der Einsatz des Hydrosystems der Fa. 3P-Technik vorgesehen. In Tabelle 10 sind die spezifischen Kosten in Abhängigkeit von der angeschlossenen Fläche für den Flächenbereich $\leq 500 \text{ m}^2$ bis 2 ha dargestellt. Die Begrenzung der maximalen Fläche erfolgt nach praktikablen Kriterien, für die noch keine Erfahrungswerte vorliegen. Theoretisch können durch Systemkombination und parallele Systemanordnung Flächen von mehreren Hektar angeschlossen werden.

Da ein Auslaufschacht möglicherweise bereits Teil des bestehenden Systems ist, werden in Tabelle 10 die Zusatzkosten für den Auslaufschacht vernachlässigt.

Tabelle 9 Betriebskostenermittlung für Filterschachtsysteme (Referenzsystem FiltaPex®)

Maßnahme	Häufigkeit	Material	Personal und Geräte	Dauer je Standort	Personal Fahrzeug	mittlere Gesamtkosten
Pos. 1 Inspektion	4 a ⁻¹	-	2 Pers. Fahrzeug	0,5 h 0,5 h	90 €/h 20 €/h	220 €/a
Pos. 2 Wartung/Reinigung	1 a ⁻¹	-	2 Pers. Spülwagen	2 h 2 h	90 €/h 80 €/h	340 €/a
Pos. 3 Elementaustausch (Filterwechsel)	1 a ⁻¹	800 € (500 bis 1.000 €)	2 Pers. Fahrzeug Spülwagen	4 h 4 h 1 h	90 €/h 20 €/h 80 €/h	1.320 €/a
Summe						1.880 €/a

Anmerkung: Die jeweiligen Arbeitsschritte (Pos. 1 bis 3) überlagern sich zeitlich, sodass die jeweiligen Kosten eine Mischkalkulation darstellen.

Tabelle 10 Ermittlung spezifischer Kosten in Abhängigkeit von der anschließbaren Fläche (Betriebskosten gerundet)

Fläche in m ²	System	Investitionskosten		Betriebskosten	spezif. Kosten
		Planung und Bau	System		
≤ 500	Kombi-Schacht ggf. Fa. 3P (DN 1000)	15.000 €	8.000 €	1.880 €/a	5,42 €/(m ² · a)
500 bis 1.000	Kombi-Schacht (DN 1250)	15.000 €	11.000 €	1.880 €/a	2,82 €/(m ² · a)
1.000 bis 2.000	Kombi-Schacht (DN 1250)	15.000 €	11.000 €	1.880 €/a	1,41 €/(m ² · a)
2.000 bis 5.000	1 VS + 1 FS	20.000 €	18.000 €	1.880 €/a	0,65 €/(m ² · a)
5.000 bis 10.000	1 VS + 2 FS	30.000 €	22.500 €	2.600 €/a	0,45 €/(m ² · a)
10.000 bis 15.000	2 VS + 3 FS	40.000 €	35.000 €	3.600 €/a	0,42 €/(m ² · a)
15.000 bis 20.000	2 VS + 4 FS	50.000 €	42.500 €	4.500 €/a	0,39 €/(m ² · a)

VS = Vorstufe (Grobstoffrückhalt), FS = Filterstufe

7.2.2 Kosten für Straßenablaufeinsätze

Generell stellen Straßenablaufeinsätze eine vergleichsweise günstige Lösung dar. Im Idealfall erfolgt der Einbau der Einsätze in bestehende Straßenabläufe. Der einfache Systemaustausch ist in folgenden Fällen allerdings nicht bzw. erst durch zusätzliche Baumaßnahmen möglich:

- Die Konstruktion der Straßenabläufe erfordert einen Umbau. Dies kann beispielsweise bei Nassgullys der Fall sein, da der Filter bei nicht ausreichender Tiefe ansonsten im Einstau- und Schlammammelraum eingetaucht wäre.
- Der individuelle Einzugsbereich des Straßenablaufes übersteigt die Aufnahmekapazität des Straßenablaufeinsatzes.

Gemäß RAS-Ew (FGSV, 2005) wird von einer mittleren Entwässerungsfläche je Straßenablauf von 400 m² bei Stadtstraßen ausgegangen. Dabei hängt die Abflussleistung eines Straßenablaufes wesentlich von der Quer- und Längsneigung des Gerinnes sowie der zulässigen Wasserspiegelbreite ab. Die Betrachtung der Einzugsflächen in den untersuchten Einzugsgebieten zeigte, dass auch Anschlussflächen von maximal 400 m² nicht generell gewährleistet werden können. Teilweise fließen einem Straßenablauf Oberflächenabflüsse von Einzugsflächen zu, die ein Vielfaches von 400 m² ausmachen. Untersuchungen am Beispiel des Gebietes Briller Bach enthält Teilbericht 4.

Für das System Innolet® wird eine hydraulische Durchlässigkeit von 10 l/(s · ha) für diese Fläche veranschlagt. Die im Trennerlass geforderten 15 l/(s · ha) können damit nur für eine Fläche von 267 m² behandelt werden. Teilweise müssen parallel, neben dem vorhandenen Straßenablauf, zusätzliche Straßenabläufe eingebaut werden. Dabei kann ggf. die Anschlussleitung an den Regenwasserkanal noch mitgenutzt werden. Andernfalls ist auch die Anordnung eines zusätzlichen separaten Straßenablaufes erforderlich. Eine Aufstellung der Kosten für die Ausrüstung von Straßenabläufen mit dem System Innolet® liefert Tabelle 11. Dabei wird zwischen folgenden drei Möglichkeiten unterschieden:

- Einbau der Straßenablaufeinsätze durch Austausch der Schlammeimer ohne nennenswerte Modifikation der vorhandenen Straßenablaufkonstruktion.
- Paralleler Einbau eines Straßenablaufes: Neben einem bestehenden Straßenablauf ist der Bau eines zusätzlichen kompletten Straßenablaufes erforderlich, der mit einem Ablaufeinsatz ausgerüstet wird, weil die Einzugsfläche über 267 m² liegt. Dabei wird davon ausgegangen, dass der Anschluss der Ablaufleitung an die vorhandene Leitung des vorhandenen Ablaufes angeschlossen werden kann.
- Zusätzlicher Einbau eines Straßenablaufes mit Ausrüstung eines Ablaufeinsatzes an einer erforderlichen Stelle, um die Abflussbehandlung von 15 l/(s · ha) zu gewährleisten.

Die Investitionskosten machen in diesen Fällen eine Spannweite von 1.300 bis 4.900 € aus. Über Erfahrungen und Kosten des Systems Innolet® berichten Sommer und Nikisch (2009). Die Autoren geben für den erforderlichen Umbau von Nassgullys (Hamburger Trumme) Kosten von 2.500 € an. Hier musste der Trummenablaufstutzen tiefer gelegt werden. Die Kosten sind abhängig von der Anzahl der Systeme. Werden ganze Straßenzüge ausgerüstet, können die Investitionskosten ggf. etwas sinken.

Tabelle 11 Investitionskosten für Straßenablaufeinsätze für das Referenzsystem Innolet®-Filterpatrone)

Kostenart	Bereich	Angenommene Mittelwerte
Austausch in bestehendem Ablauf		
Systemkosten	1.100 €	1.100 €
▪ Material (Einsatz, Grobfilter, Filterpatrone)		
▪ Einbau		
Planung und Baubegleitung ¹⁾	200 €	200 €
Summe		1.300 €
Paralleleinbau (zusätzlicher Einlauf)		
Systemkosten	1.100 €	1.100 €
▪ Material (Einsatz, Grobfilter, Filterpatrone)		
▪ Einbau		
Sinkkastensystem	1.500 bis 2.000 €	1.750 €
▪ Baustelleneinrichtung und Verkehrssicherung		
▪ Bodenaushub und Einbau		
▪ Verfüllung und Oberflächengestaltung		
Rohre: Anschluss und Verlegung (DN 200)	700 bis 1.000 €	700 €
Planung und Baubegleitung ¹⁾	600 €	600 €
Summe		4.150 €
Zusätzlicher Straßenablauf (Einzeleinlauf)		
Systemkosten	1.100 €	1.100 €
▪ Material (Einsatz, Grobfilter, Filterpatrone)		
▪ Einbau		
Sinkkastensystem	1.500 bis 2.000 €	2.000 €
▪ Baustelleneinrichtung und Verkehrssicherung		
▪ Bodenaushub und Einbau		
▪ Verfüllung und Oberflächengestaltung		
Leitung (DN 200, t = 1 bis 3 m)	700 bis 1000 €	1.000 €
Planung und Baubegleitung ¹⁾	800 €	800 €
Summe		4.900 €

¹⁾ werden pauschal mit rd. 20 % der Gesamtkosten veranschlagt

Tabelle 12 und Tabelle 13 quantifizieren die Betriebskosten für diese Systeme. Auch hier wirkt sich eine höhere Anzahl deutlich kostenmindernd auf die spezifischen Jahreskosten aus. Bei den ermittelten Werten ist die Ausrüstung eines Straßenzuges veranschlagt worden.

Tabelle 12 Betriebskostenermittlung für Straßeneinlaufeinsätze am Beispiel des Systems Innolet® (Einbau zusätzlicher Straßenabläufe – keine Systemergänzung)

Maßnahme	Häufigkeit	Materialkosten	Personal und Geräte	Dauer je Standort	Personal Fahrzeug	mittlere Gesamtkosten
<i>Pos. 1</i> Reinigung Grobschmutzfang/ Gitterrost	4 bis 6 a ⁻¹	-	2 Pers. + Fahrzeug	0,1 h	90 €/h + 20 €/h	66 €/a
Aufwand berücksichtigt die gleichzeitige turnusmäßige Reinigung Grobschmutzfang/Gitterrost: (+ Zusatzaufwand zu Pos. 1)						
<i>Pos. 2</i> Reinigung Filteroberfläche	2 a ⁻¹	-	2 Pers. + Spülwagen	Pos. 1 + 0,1 (= 0,2) h	90 €/h + 80 €/h	34 €/a
Wechsel der Filterpatrone erfolgt gleichzeitig mit Wartung der Filteroberfläche: (+ Zusatzaufwand zu Pos. 1 und 2)						
<i>Pos. 3</i> Wechsel der Filterpatrone	1 a ⁻¹	30 €	2 Pers. + Spülwagen	Pos. 1 + 2 + 0,1 (= 0,3) h	90 €/h + 80 €/h	47 €/a
Summe Jahreskosten						147 €/a

Da herkömmliche Straßenabläufe auch gewartet und kontrolliert werden müssen, wäre für Austauschsätze ein entsprechender Abzug vorzunehmen. Der in Tabelle 13 quantifizierte Abzug (-22 €/a) erfolgt gemäß den Angaben im Merkblatt DWA-M 174 (Tabelle A.2, Nr. 3.2.4 und 3.2.5). Für neu erstellte Straßenabläufe mit Filtereinsätzen gilt dieser Abzug nicht.

Tabelle 13 Betriebskosten für Straßeneinlaufeinsätze am Beispiel des Systems Innolet® (Nachrüstung bestehender Straßenabläufe) mit Berücksichtigung des Betriebsaufwands für bestehende herkömmliche Straßenabläufe gem. DWA-M 174

Maßnahme	Häufigkeit	Personal und Geräte	Materialkosten	Dauer je Standort	Personal Fahrzeug	mittlere Gesamtkosten
Abzug für die Reinigung vorhandener Straßenabläufe						
Reinigung der Eimer	2 a ⁻¹	2 Pers. + Fahrzeug	-	0,1 h	90 €/h + 20 €/h	- 22 €/a
Jährlicher Betriebsaufwand (Bezug auf Tabelle 12 - Pos. 1 bis 3)						147 €/a
Summe Jahreskosten						125 €/a

7.2.3 Exemplarische Auswertungen für derzeit verfügbare dezentrale Systeme

Die Kosten für dezentrale Regenwasserbehandlungsverfahren weisen ein großes Spektrum auf. Leisse (2008) ermittelte für unterschiedliche dezentrale Behandlungssysteme flächenspezifische Kosten von 0,4 bis 60 €/m². Diese Werte beinhalten die reinen Systemkosten, ohne Bau- und Betriebskosten. Beispiele sind in Tabelle 14 zusammengestellt.

Tabelle 14 Zusammenstellung spezifischer Systemkosten für eine Auswahl an Regenwasserbehandlungssysteme für dezentrale Standorte (ohne Baukosten)

Produkt/ Hersteller	Spezifische Kosten (€/m ²)			bevorzugte Fläche und anschließbare Flächengröße
	Leisse (2008)	Sommer und Post (2009)	Herstelleran- gabe	
Schachtsysteme mit Filtereinheit				
3P Hydrosystem 3P-Technik	ca. 3,06 bis 10,02	10,20 bis 12,20	10,66	bis 500 m ² /Systemeinheit (durch zusätzliche Module erweiterbar)
FiltaPex® Pecher Technik GmbH mit WSW AG	k.A.	3,00 bis 4,00	4,00 24,00	5.000 m ² (durch zusätzliche Module erweiter- bar) ≤ 500 m ²
HydroFilt Huber AG	9,50	8,00 bis 12,00	8,00 bis 12,00	500 m ² bei DN 1000 1.000 m ² bei DN 1500
Kompaktsysteme ohne Filtereinheiten				
Sedi®-pipe Sedi-substrator Fränkische	ca. 9,00 bis 17,00	1,50 bis 5,00	0,96 bis 1,22 6,02 bis 8,82	2.500 bis 6.000 m ² (Sedi-pipe) 340 bis 830 m ² (Sedi-substrator)
Lamellenklärer MALL GmbH	ca. 2,23 bis 7,45	3,50	ca. 1	für Ø 2,0 m und Q _{Zu} = 8,6 l/s bei q _A = 9 m/h
Straßenablaufeinsätze				
Innolet® Filterpatrone Funke Kunststoffe GmbH	3,50	2,50	2,75 4,12	400 m ² für 10 l/(s · ha) 267 m ² für 15 l/(s · ha)
CENTRIFOEL™ Aqua Clean GmbH	ca. 4,98 bis 5,37	7,50 bis 11,25	-	
Rinnensysteme				
D-Rainclean (offen/geschlossen) Funke Kunststoffe GmbH	ca. 8,50 bis 60,68	3,90 bis 9,00	13,14 bis 31,74 4,38 bis 10,58	10 m ² /m (Komplettabfluss) 30 m ² /m ²
Innodrain MALL GmbH	ca. 25,00 bis 35,00	12,50 bis 20,00	ca. 20,00	Sickerbeet, ca. 5 % der Straßen- fläche

7.3 Kosten für Regenklärbecken

Bei den Investitionskosten für Regenklärbecken ist zu berücksichtigen, dass es sich in den jeweiligen Einzugsgebieten um dicht besiedelte Bereiche handelt. Hier stehen im Prinzip keine Freiflächen zu Verfügung, so dass ausschließlich unterirdische Betonbecken realisierbar sind, die zudem einen überdurchschnittlich hohen bautechnischen Aufwand erfordern. Eine Kostenübersicht liefert Bild 12. Mit der Novellierung des Trennerlasses ist die Begrenzung des Beckenvolumens auf 50 m³ entfallen, so dass auch vergleichsweise kleine Becken möglich sind.

Die aktuelle Genehmigungspraxis in NRW lässt erfahrungsgemäß Regenklärbecken im Dauerstau nur in Ausnahmefällen zu. Insofern ist ein erhöhter Aufwand für Maschinen- und Elektrotechnik zur Beckenentleerung zu berücksichtigen. Zudem erfordern Regenklärbecken ohne Dauerstau eine Zuleitung zum Schmutz- oder Mischwassernetz. Weiterhin entstehen Kosten durch die Regenwasserbehandlung auf der Kläranlage. In Abstimmung mit dem Wupperverband betragen diese Kosten 0,1 €/m³. Der Ansatz für das abgeleitete Volumen (Füllung der RKBoD) erfolgte durch Auswertung einer langjährigen Niederschlagsreihe. Es wird davon ausgegangen, dass die Beckenentleerung nach dem Regenereignis erfolgt. Dieser Kostenanteil ist allerdings marginal.

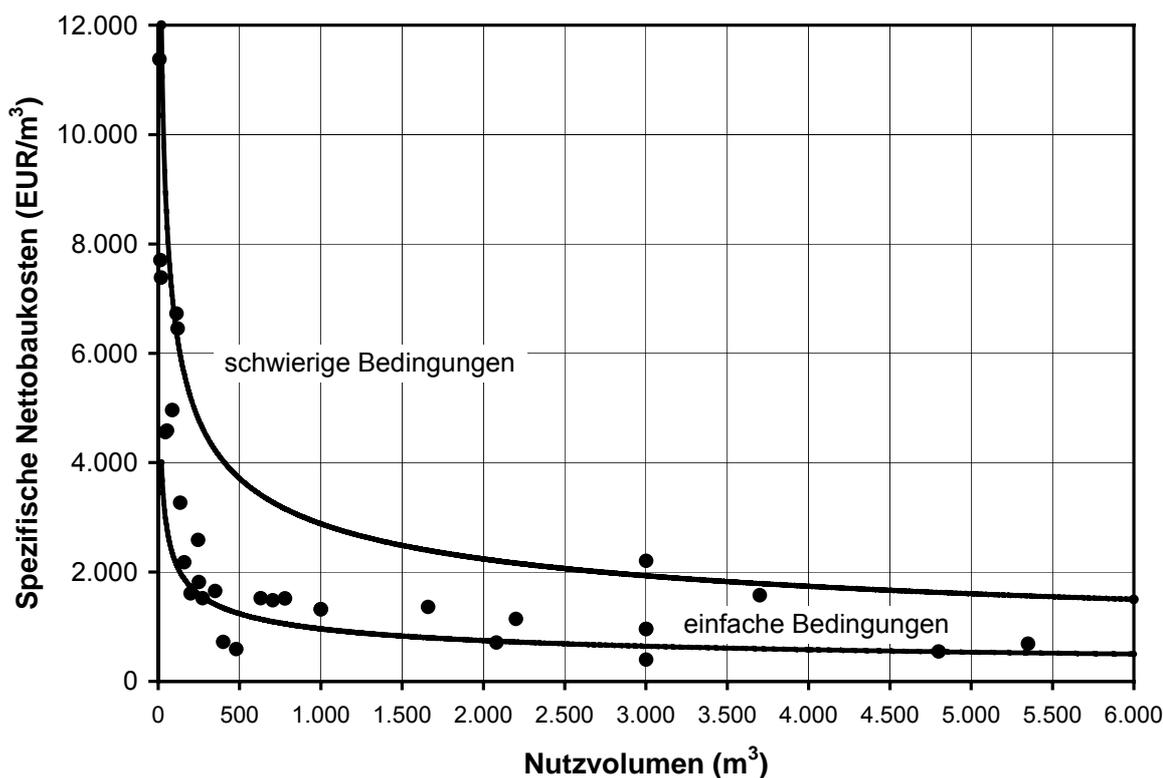


Bild 12 Spezifische Nettobaukosten für Regenklärbecken in Abhängigkeit von den Umfeldbedingungen (Auswertungen: Dr. Pecher AG und Ingenieurbüro Reinhard Beck GmbH & Co. KG)

Besonders für kleine Regenklärbecken sind die spezifischen Kosten sehr hoch. Kosten für Maschinen- und Elektrotechnik bleiben auch bei kleinen Becken verhältnismäßig konstant. Für Beckenvolumina unter 50 m³ sind spezifische Baukosten von bis zu 12.000 €/m³ möglich.

Die Betriebskosten für Regenklärbecken sind in Tabelle 15 und Tabelle 16 zusammengestellt. Da es sich bei den untersuchten Systemen in Wuppertal und Remscheid ausschließlich um geschlossene Becken handelt, sind i.d.R. drei Personen für die Inspektions- und Reinigungsmaßnahmen erforderlich. Untersuchungen von Baukloh (2007) für Regenklärbecken in Wuppertal belegen, dass Reinigungen bis zu 4-mal jährlich von drei bis sechs Personen durchgeführt werden.

Tabelle 15 Betriebskosten für geschlossene Regenklärbecken ($V \leq 100 \text{ m}^3$) unter Berücksichtigung der Anforderungen gem. SüwV Kan (u. a. mit Ansätze aus DWA-M 174, Tabelle A.1 und A.2)

Maßnahme	Häufigkeit	Personal und Geräte	Material/ Geräte	Dauer je Standort	mittlere Gesamtkosten
Betriebliche Inspektion	12 a ⁻¹	2 Pers. 45 €/h	Fahrzeug 20 €/h	1 h	1.320 €/a
Bauliche Inspektion	1 a ⁻¹	3 Pers. 45 €/h	1 Saug-/Sp. 80 €/h	2 h	430 €/a
Reinigung	1,5 a ⁻¹	3 Pers. 45 €/h	1 Saug-/Sp. 80 €/h	3 h	968 €/a
Drosselprüfung	0,2 a ⁻¹	pauschal			240 €/a
Energie und Datenkontrolle (Pumpe/Messung): pauschal 15 %					444 €/a
Summe Jahreskosten					3.402 €/a

Tabelle 16 Betriebskosten für geschlossene Regenklärbecken ($V > 100 \text{ m}^3$) unter Berücksichtigung der Anforderungen gem. SüwV Kan (u. a. mit Ansätzen aus DWA-M 174, Tabelle A.1 und A.2)

Maßnahme	Häufigkeit	Personal und Geräte	Material/ Geräte	Dauer je Standort	mittlere Gesamtkosten
Betriebliche Inspektion	12 a ⁻¹	2 Pers. 45 €/h	Fahrzeug 20 €/h	2 h	2.640 €/a
Bauliche Inspektion	1 a ⁻¹	3 Pers. 45 €/h	1 Saug-/Sp. 80 €/h	3 h	645 €/a
Reinigung	1,5 a ⁻¹	3 Pers. 45 €/h	1 Saug-/Sp. 80 €/h	4 h	1.290 €/a
Drosselprüfung	0,2 a ⁻¹	pauschal			240 €/a
Energie und Datenkontrolle (Pumpe/Messung): pauschal 10 %					482 €/a
Summe Jahreskosten					5.297 €/a

Die hier zugrunde gelegten Häufigkeiten und Aufwendungen für die Inspektion und Reinigung orientieren sich an den Vorgaben des Merkblattes DWA-M 174. Weiterhin regelt die SüwV Kan (NRW) den erforderlichen Überwachungsaufwand der Bauwerke. Über die monatlichen Inspektionen hinausgehend wird eine Inspektion nach jedem Regenereignis gefordert, das eine betrieblich bedeutsame

Beaufschlagung erwarten lässt, so dass die generelle Inspektionshäufigkeit von 12 a^{-1} noch überschritten wird. Ein erfahrungsgemäß häufig vernachlässigter Aspekt sind die ebenfalls geforderten und für einen ordnungsgemäßen Betrieb erforderlichen Datenerfassungen und -auswertungen. Regenklärbecken in Wuppertal sind teilweise mit mehreren Füllstandssonden für die Überwachung und den Betrieb der Becken ausgerüstet. Die dafür erforderlichen Kosten werden hier mit einem Zuschlag von 15 % berücksichtigt.

7.4 Kosten für Kanäle

Im Rahmen der Untersuchungen sind Kosten für den Bau eines zusätzlichen Sammlers zur separaten Ableitung des Bachwassers vom klärpflichtigen Niederschlagswasser zu ermitteln. Weiterhin erfordert die Anordnung von Regenklärbecken im Einzugsgebiet (Variante 2) den Bau von Sammlern für den Anschluss an die jeweiligen Behandlungsbauwerke. Die nennweitenabhängigen Baukosten illustriert Bild 13 exemplarisch. Dargestellt sind die spezifischen Kanalbaukosten für einfache bis zu erschwerten Bedingungen. Die Nennweiten bilden ein Spektrum von DN 150 (Leitung für den Anschluss von Straßenabläufen) bis DN 1600. Besonders im stark bebauten Bereich vor der Einleitung in die Wupper steigern sich die baulichen Aufwendungen erheblich (beengte Platzverhältnisse, Verkehrsführung, Verbau etc.). Die Kosten sind durch Ergebnisse realisierter Bauvorhaben in Wuppertal und Remscheid belegt.

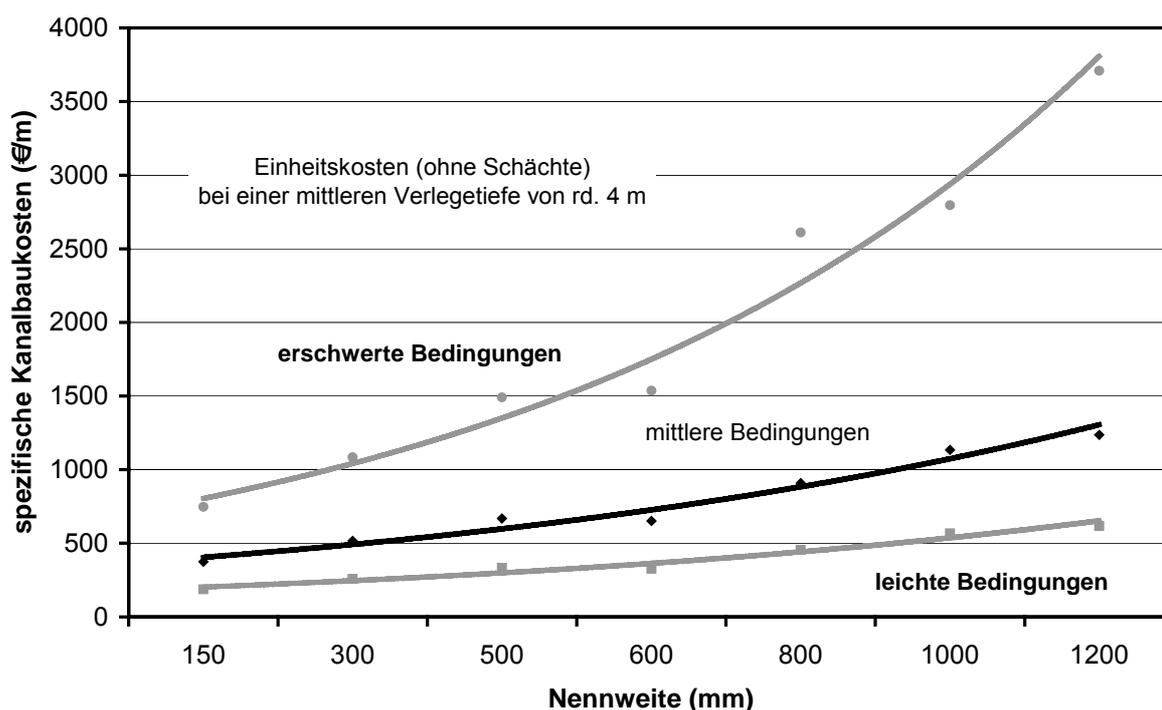


Bild 13 Spezifische Kanalbaukosten exklusive der Schachtbauwerke für den Nennweitenbereich der separaten Kanäle (Briller Bach und Müggenbach) sowie für Zuleitungs- und Anschlusskanäle an Sonderbauwerke

Für die Kostenberechnungen wurden die jeweiligen Kosten individuell ermittelt und nicht die mittleren Werte aus Bild 13 verwendet. Die zugrunde gelegten Kanalbaukosten enthalten folgende Kostenbereiche:

- Rohr inklusive Bettung
- Bodenaushub und -wiedereinbau
- Baugrubenverbau
- Schachtbauwerke
- Baustelleneinrichtung (5 %)
- Nebenkosten (15 %)

Die Betriebskosten für die Kanäle quantifizieren Tabelle 17 und Tabelle 18. Die Kostenermittlung entspricht den Ansätzen des Arbeitsblattes DWA-A 147 (DWA, 2005a) und des Merkblattes DWA-M 174 (DWA, 2005b).

Tabelle 17 Spezifische Betriebskosten für Kanalstrecken gemäß Merkblatt DWA-M 174

Maßnahme	Häufigkeit	Personal und Geräte	Dauer pro Einsatz	Personal-kosten	Geräte-kosten	Betriebs-kosten
Inspektion durch Begehung (> DN 1200)	0,1 a ⁻¹	4 Pers.+ Kol.- + Spülfzg.	0,02 h/m	0,31 €/a	0,17 €/a	0,43 €/(m · a)
Inspektion durch Kamerabefahrung (< DN 1200)	0,1 a ⁻¹	3 Pers.+ Spülfzg.	0,01 h/m	0,16 €/a	0,10 €/a	0,23 €/(m · a)
Reinigung	0,2 a ⁻¹	2 Pers.+ Spülfzg.	0,01 h/m	0,11 €/a	0,096 €/a	0,18 €/(m · a)
Summe (> DN 1200)						0,61 €/(m · a)
Summe(< DN 1200)						0,41 €/(m · a)

Tabelle 18 Spezifische Betriebskosten für Schächte

Maßnahme	Häufigkeit	Personal und Geräte	Dauer/ Einsatz	Personal-kosten	Geräte-kosten	Betriebs-kosten
Inspektion durch Sichtung/Begehung	0,1 a ⁻¹	2 Pers.+ Spülfzg.	0,25 h	2,25 €/a	2,00 €/a	4,25 €/a
Reinigung	0,2 a ⁻¹	2 Pers.+ Spülfzg.	0,25 h	4,5 €/a	4,00 €/a	8,50 €/a
Summe						12,75 €/a

7.5 Kosten für Steuerung auf der Basis von Stoffäquivalenzmessungen

Die Kosten für die stoffäquivalenzabhängige Steuerung beinhalten:

- **Investitionskosten:** Baukosten für das Trennbauwerk sowie Elektro- und Maschinenteknik, Kanalbaukosten für den Anschluss des Bauwerkes an die bestehende Kanalisation und Anordnung

eines fiktiven Regenklärbeckens als Kostenäquivalenz zum vorhandenen Entlastungssammler Wupper (Volumen wird anteilig gemäß Variante 3 veranschlagt)

- **Laufende Kosten:** Betriebskosten für das Trennbauwerk (Regenüberlaufbauwerk) sowie Kosten für die Systemwartung und Funktionskontrolle inklusive der Datenauswertung

Die Reinigungskosten des Regenwasserzuflusses zur Kläranlage sind derzeit nur eingeschränkt quantifizierbar. Durch die Steuerung und die Systematik des Entlastungssammlers Wupper inklusive des Behandlungsvolumens des Regenüberlaufbeckens Rutenbecker Weg ist bislang davon auszugehen, dass der Anteil des auf der Kläranlage behandelten Regenwassers unter $15 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{ha})$ liegt. In Abstimmung mit dem Wupperverband betragen diese Kosten $0,1 \text{ €/m}^3$. Der Ansatz für das abgeleitete Volumen erfolgte durch Auswertung einer langjährigen Niederschlagsreihe und wird hier vereinfachend entsprechend des Ansatzes für ein Regenklärbecken ohne Dauerstau angenommen.

Eine Orientierung zur Abschätzung der Baukosten eines Trennbauwerkes veranschaulicht Bild 14. Die Auswertung umfasst Kosten für zahlreiche vergleichbare Bauwerke in Wuppertal. Da es sich hierbei fast ausschließlich um Bauwerke in beengten innerstädtischen Bereichen handelt, sind die spezifischen Kosten bezogen auf den umbauten Raum vergleichsweise hoch. Die hier dargestellten Kosten sollen das Kostenspektrum exemplarisch veranschaulichen. Bei den angesetzten Kosten für das Referenzbauwerk in Wuppertal (siehe Teilbericht 2) handelt es sich um die wirklichen Baukosten des bereits erstellten Bauwerks (VZW 53 – Robert-Daum-Platz).

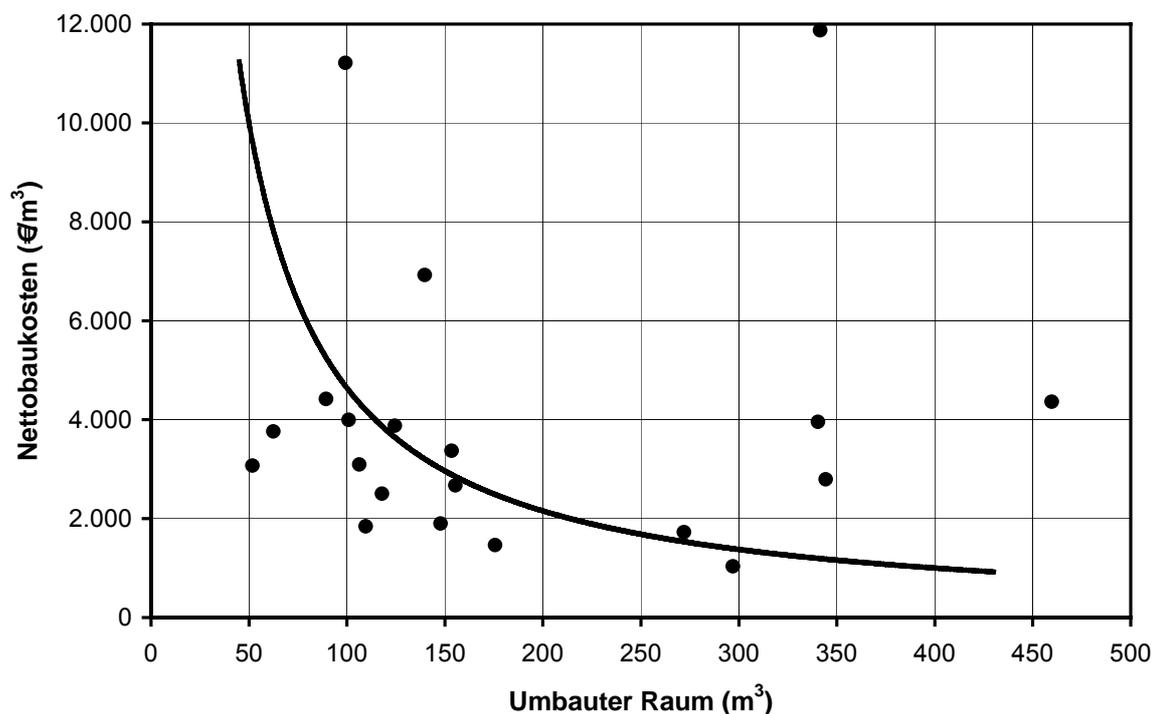


Bild 14 Grobes Spektrum spezifischer Nettokosten für Trennbauwerke und Regenüberläufe inklusive Drossel/Pumpe und Wehrschwelle (Auswertungen: Dr. Pecher AG)

Die Kosten für die Photometersonde betragen etwa 20.000 bis 30.000 €. Dazu addieren sich Kosten für den Systemeinsatz (Systemfixierung, Kabelverlegung, Verlegung der Druckrohrleitung und ggf. Einbau eines zusätzlichen Schaltschranks). Insgesamt betragen die Investitionskosten rd. 40.000 €. Nachrüstungen sind ggf. teurer. Bei direktem Einbau der Systeme werden Kabel- und Schlauchleitun-

gen in direkt vorgesehene Leerrohre eingebracht, so dass der Aufwand deutlich reduziert wird. Im Vergleich zu den Bauwerkskosten sind die Kosten für die Messtechnik marginal. Zu berücksichtigen sind zusätzliche Kosten für die Planung und Konzeption der Messapplikation sowie Kosten für die Entwicklung des Steuerkonzeptes inklusive der Abstimmung mit den Aufsichtsbehörden. Diese Kosten sind von den jeweiligen Randbedingungen abhängig.

Die laufenden Kosten für diese Bauwerke (Variante 4) berücksichtigen die üblichen Kosten für den Betrieb eines Regenüberlaufes im Trennsystem (Tabelle 19). Hierzu addieren sich die Kosten für die Steuerungsorgane (Maschinen und Elektrotechnik) und die besonderen Aufwendungen für die Wartung der Messtechnik. Dazu zählt im Wesentlichen die Betreuung der Photometersonde. Die veranschlagte Häufigkeit einer zweiwöchentlichen Wartung ist vergleichsweise hoch. Aktuelle Erfahrungen mit diesen Systemen lassen bei optimierter Konzeption der Messstelle bereits auch dreiwöchentliche Wartungsintervalle zu.

Tabelle 19 Betriebskosten für ein Trennbauwerk mit qualitativer Abflusssteuerung (Photometersonde) unter Berücksichtigung der Anforderungen gem. SüwV Kan (u. a. mit Ansätzen aus DWA-M 174, Tabelle A.1 und A.2)

Maßnahme	Häufigkeit	Personal und Geräte	Material/ Geräte	Dauer je Standort	mittlere Gesamtkosten
Betriebliche Inspektion Messtelle	16 a ⁻¹	2 Pers. 45 €/h	1 Fahrzeug 20 €/h	2 h	3.520 €/a
Bauliche Inspektion	1 a ⁻¹	3 Pers. 45 €/h	1 Fahrzeug 20 €/h	2 h	310 €/a
Reinigung Bauwerk	1 a ⁻¹	3 Pers. 45 €/h	1 Spülfahrzeug 80 €/h	1 h	215 €/a
Datenauswertung und Steuerkonzeption	12 a ⁻¹	1 Pers. 70 €/h	-	4 h	3.360 €/a
Drosselprüfung	0,2 a ⁻¹	pauschal			240 €/a
Energie (Stellorgane und Messung): pauschal 5 %					420 €/a
Summe Jahreskosten					8.065 €/a

8 Zusammenfassung

Am Beispiel der Gewässersysteme Briller Bach in Wuppertal und Müggenbach in Remscheid wurden technische Möglichkeiten und monetäre Aufwendungen für unterschiedliche Möglichkeiten der Regenwasserbehandlung untersucht. Das Untersuchungsspektrum umfasst die vergleichende Gegenüberstellung folgender Lösungsvarianten:

Variante 1: Ausschließlich dezentrale Behandlung im gesamten Einzugsgebiet

Variante 2: Kombinationslösung dezentrale und semizentrale bzw. zentrale Behandlung vor der Einleitung

Variante 3: Zentrale Behandlung und separater Kanal („Bachentflechtung“)

Variante 4a: Parameterspezifische Abflusssteuerung (Briller Bach)

Variante 4b: Zentrales Behandlungssystem und Vermischung der Abflüsse (Müggenbach)

Die jeweiligen Varianten wurden planerisch bis zur belastbaren Kostenberechnung zur vergleichenden Gegenüberstellung der unterschiedlichen Konzepte ausgearbeitet. Dabei stellt bewusst nicht die Ermittlung der wirtschaftlich günstigsten Variante, sondern der objektive Vergleich der unterschiedlichen Möglichkeiten das Projektziel dar. Das Ergebnis soll als Beurteilungskriterium für die „Zumutbarkeit“ wasserrechtlicher Anforderungen dienen.

In beiden Gewässereinzugsgebieten sind unterschiedlich genutzte Flächen (Kategorie I, II und III) gemäß Trennerlass vorhanden. Derzeit liegt für dezentrale Verfahren der Regenwasserbehandlung noch kein offiziell anerkannter messtechnischer Nachweis einer Vergleichbarkeit von Wirkung und Betriebsverhalten mit herkömmlichen Systemen vor. Im Rahmen der Untersuchungen sind zur Behandlung der Oberflächenabflüsse sämtlicher klärpflichtiger Flächen inzwischen weitgehend untersuchte Regenwasserbehandlungssysteme vorgesehen worden. Exemplarisch wurden dafür die Systeme FiltaPex® (Pecher-Technik GmbH) oder 3P Hydrosystem (3P-Technik) für Filterschachtanlagen und Innolet® für Straßenablaufeinsätze gewählt. Das System FiltaPex® wird derzeit in einem Forschungs- und Entwicklungsvorhaben sowohl in der praktischen Anwendung als auch im direkten Vergleich mit einem Regenklärbecken untersucht (Grüning, 2009 und Grüning et al., 2009).

Im Rahmen der Variante 2 wurden unterschiedliche Möglichkeiten der Regenwasserbehandlung geplant und monetär bewertet. Variante 3 sieht eine Trennung der kontinuierlichen Basisabflüsse von den behandlungspflichtigen Regenwasserabflüssen vor. Dazu wurde ein separater Kanal angeordnet und das behandlungspflichtige Regenwasser zentral in einem Regenklärbecken behandelt.

Variante 4a sieht eine parameterspezifische Steuerung vor. Dabei erfolgt eine Ableitung der verunreinigten Abflussanteile zur weiteren Behandlung in der Kläranlage. Zur Detektion der Abflussverunreinigung wird die Feststoffkonzentration im Sohlbereich des kanalisiertem Briller Bachs kontinuierlich mit einer Photometersonde gemessen. Zur Steuerung des Ablaufschiebers zur Einleitung in den Entlastungssammler Wupper kann der Grenzwert für die Feststoffe individuell festgelegt werden. Derzeit beträgt dieser Wert 100 mg/l. Im Rahmen der Variante 4b erfolgt ebenfalls eine Vermischung der jeweiligen Abflüsse. Am Ende des kanalisiertem Gewässerabschnittes ist die Behandlungsanlage vorgesehen. Dazu ist ein Regenklärbecken im Dauerstau mit einer geringen Oberflächenbeschickung für die dauerhaften und geringen Zuflüsse von 25 l/s projektiert. Höhere Zuflüsse sollen über ein Trennbauwerk zu einem zweiten Regenklärbecken ohne Dauerstau weiter geleitet werden.

Der vorliegende Teilbericht 1 enthält weiterhin die spezifischen Betriebs- und Investitionskosten zur weiteren Planung und Bewertung der Varianten in den Teilberichten 2 und 3.

9 Literatur

Baukloh M. (2007) Reinigungsleistung und Betriebsverhalten von Systemen zur dezentralen Regenwasserbehandlung. Diplomarbeit, Bergische Universität Wuppertal und Dr. Pecher AG (unveröffentlicht)

Bennerscheidt C. (2010) Dezentrale Regenwasserbehandlungssysteme – ein Marktüberblick. Seminar „Beseitigung von Niederschlagswasser“, Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes NRW, Seminarunterlagen der Veranstaltung am 8. Juli 2010 in Essen

Boller M., Steiner M., Langbein S., Kaufmann P. und Ochsenbein U. (2006) Schadstoffe im Straßenabwasser einer stark befahrenen Straße und deren Retention mit neuartigen Filterpaketen aus Geotextil und Adsorbiermaterial. Schlussbericht eines Verbundforschungsvorhabens der Eawag (Dübendorf), der Berner Fachhochschule (Burgdorf), der GSA (Bern), der ASTRA (Bern) und des BUWAL (Bern), Dübendorf, 2006

Brombach H. und Fuchs S. (2003) Datenpool gemessener Verschmutzungskonzentrationen in Misch- und Trennkanalisationen. KA Korrespondenz Abwasser, Abfall (50), Nr. 4, S. 441 bis 450

Brombach H. (2006) Wie verschmutzt ist Regenwasser wirklich? Seminar „Niederschlagswasser in Trennsystemen – gesteigerte Anforderungen und innovative Konzepte“. Tagungsunterlagen der Dr. Pecher AG, Seminar am 7. November 2006 in Bochum

Bürgel B. (2006) Der Trennerlass - Inhalt und Intention. Seminar „Niederschlagswasser in Trennsystemen – gesteigerte Anforderungen und innovative Konzepte“. Tagungsunterlagen der Dr. Pecher AG, Seminar am 7. November 2006 in Bochum

DWA (Hrsg.) (2005a) Betriebsaufwand für die Kanalisation – Betriebsaufgaben und Häufigkeiten. Arbeitsblatt DWA-A 147, DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef, April 2005

DWA (Hrsg.) (2005b) Betriebsaufwand für die Kanalisation – Hinweise zum Personal-, Fahrzeug- und Gerätebedarf. Merkblatt DWA-M 174, DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef, Oktober 2005

DWA (Hrsg.) (2007) Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser. Merkblatt DWA-M 153, DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef, August 2007

Dierkes C., Göbel P. und Coldewey W.G. (2005) Entwicklung und Optimierung eines kombinierten unterirdischen Reinigungs- und Versickerungssystems für Regenwasser. Abschlussbericht. Förderung durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt unter Az. 1862.

FGSV (2002) Richtlinien für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wassergewinnungsgebieten (RistWag). Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Ausgabe 2002, FGSV-Verlag, Köln

FGSV (2005) Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil: Entwässerung (RAS-Ew). Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Ausgabe 2005, FGSV-Verlag, Köln

Gruber G., Kainz H., Pressl A., Sprung W. und Flamisch N. (2005) Unterschiedliche Konzepte und Erfahrungen mit Kanal-Online-Messstationen. VDI/DWA-Fachtagung Mess- und Regelungstechnik in abwassertechnischen Anlagen, 22./23. November 2005 in Wuppertal

Grüning H. (2002) Ein Modell zur simultanen Bewirtschaftung von Kanalnetz und Kläranlage unter Berücksichtigung resultierender Gewässerbelastungen. Dissertationsschrift. Schriftenreihe Siedlungswasserwirtschaft der Ruhr-Universität Bochum, Bd. 42

Grüning H. und Hoppe H. (2007) Vergleichende Untersuchungen zu Regenklärbecken und Filtersystemen. Tagungsunterlagen der DWA – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Wasser und Abfall e.V., 6. Regenwassertage am 11./12. Juni 2007 in Passau

Grüning H. und Giga A. (2009) Möglichkeiten und Grenzen der dezentralen Regenwasserbehandlung: Straßeneinläufe – Rinnen – Schächte. Seminar „Regenrückhaltebecken und Retentionsbodenfilter – Gestaltung, Bemessung, Bau, Betrieb“, Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes NRW, Seminarunterlagen der Veranstaltung am 23. Juni 2009 in Essen

Grüning H., Arnold B., Lauersdorf U. und Laschet U. (2009) Technische und monetäre Bewertung unterschiedlicher Regenwasserbehandlungskonzepte im Einzugsgebiet teilkanalierter Gewässer. Schriftenreihe Siedlungswasserwirtschaft der Ruhr-Universität Bochum, Bd. 57, S. 105-118

Grüning H. und Hoppe H. (2007a) Vergleichende Untersuchungen zu Regenklärbecken und Filtersystemen. Tagungsunterlagen der DWA – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Wasser und Abfall e.V., 6. Regenwassertage am 11./12. Juni 2007 in Passau

Grüning H. und Hoppe H. (2007b) Anwendung der Spektralphotometrie in Schmutz- und Regenwasserkanälen. Fachtagung „Mess- und Regelungstechnik in abwassertechnischen Anlagen, Gemeinschaftstagung der DWA und VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA) am 20./21. November 2007 in Wuppertal, S. 1/1-1/8

Grüning H. (2009) Regenwassereinleitungen in kanalisierte Gewässer – Behandlungsmöglichkeiten und Kosten. Korrespondenz Abwasser (56) Nr. 2, S. 153-157

Grüning H., Hoppe H., Meßmann S. und Giga A. (2009) Strategien und Genehmigungsaspekte einer Abflusssteuerung auf der Basis von Stoffäquivalenzmessungen. Tagungsbeitrag VDI-Tagung „Mess- und Regelungstechnik in abwassertechnischen Anlagen“ am 17. November 2009 in Wuppertal.

Grüning H., Giga A. und Quarg-Vonscheidt J. (2010) Vergleichende Gegenüberstellung von Regenklärbecken und dezentralen Regenwasserbehandlungssystemen. Tagungsunterlagen der DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Wasser und Abfall e.V., 9. Regenwassertage am 8./9. Juni 2010 in Bremen

Helmreich B., Hilliges R., Schriewer A. und Athanasiadis K. (2005) Schadstoffe aus Niederschlagsabflüssen und deren Bewertung. Berichte aus Wassergüte- und Abfallwirtschaft Nr. 185, S. 35-48

Helmreich B. (2009) Stoffliche Betrachtung der dezentralen Niederschlagswasserbehandlung. Habilitationsschrift, Technische Universität München, im Druck

- Kasting U. (2002)** Reinigungsleistung von zentralen Anlagen zur Behandlung von Abflüssen stark befahrener Straßen. Dissertation am Fachbereich Architektur/Raum- und Umweltplanung/Bauingenieurwesen der Universität Kaiserslautern, Kaiserslautern
- Kasting U. (2004)** Reinigungsleistung von zentralen Anlagen zur Behandlung von Straßenabflüssen. KA Korrespondenz Abwasser, Abfall (51), Nr. 9, S. 948 bis 953
- Krauth K. und Stotz G. (1994)** Qualitativer und quantitativer Einfluss von Absetzanlagen auf den Betrieb von Versickerungsbecken. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 672, Bundesminister für Verkehr
- Krauth K. und Stotz G. (2001)** Wirkung von Regenklärbecken für die Reinigung von Niederschlagswasser. KA Korrespondenz Abwasser, Abfall (48), Nr. 5, S. 639 bis 650
- Lange, J. (2002)** Zur Geschichte des Gewässerschutzes am Ober- und Hochrhein. Inauguraldissertation zur Erlangung der Doktorwürde an der Fakultät für Biologie der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, August 2002
- LAWA (Hrsg.) (2005)** Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen (KVR-Leitlinien). Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), Berlin, 2005
- Leisse R. (2008)** Anlagen zur dezentralen Behandlung von Niederschlagswasser im Trennverfahren. Diplomarbeit an der Fachhochschule Köln
- Maus C. und Uhl M. (2010)** Effizienz von Regenbecken. Tagungsunterlagen der DWA – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Wasser und Abfall e.V., 9. Regenwassertage am 8./9. Juni 2010 in Bremen
- MUNLV (2004)** RdErl. d. Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz - IV-9 031 001 2104 - v. 26.05.2004) „Anforderungen an die Niederschlagsentwässerung in Trennsystemen“, vom 26. Mai 2004
- Muschak W. (1989)** Straßenoberflächenwasser – eine diffuse Quelle der Gewässerbelastung. Vom Wasser, 72, S. 267 - 282
- Schriefer T. (2005)** Niederschlagswasserbehandlung in vorgefertigten Sickermulden mit Substrat. Berichte aus Wassergüte- und Abfallwirtschaft Nr. 185, S. 71-96
- Sommer H. und Nikisch N. (2009)** Untersuchungen zur Funktion und Leistungsfähigkeit eines nachrüstbaren Straßenablauffilters. KA Korrespondenz Abwasser, Abfall (56), Nr. 2, S. 158 bis 163
- Sommer U. (2009)** E-Mail zur Anfrage der Erfahrungen mit dem System Innolet, Stadtentwässerung Hagen (SEH), 15. Dezember 2009
- Welker A. und Dittmer U. (2005)** Belastung von Verkehrsflächenabflüssen mit Schwermetallen und PAK – Ergebnisse einer Literaturstudie. GWF Wasser - Abwasser Nr. 4 (146), Seite 320-332
- Werker H., Alt K. und Neuhaus J. (2010)** Dezentrale Niederschlagswasserbehandlungsanlagen in Trennsystemen. 43. Essener Tagung für Wasser- und Abfallwirtschaft, in: Gewässerschutz – Wasser – Abwasser, Band 220, Seite 57/1 bis 57/14, Aachen, 2010

BERICHT

Gegenüberstellung der Möglichkeiten zentraler und dezentraler Regenwasserbehandlungsmaßnahmen für zwei Gewässereinzugsgebiete

Berichtsteil 2: Gebiet „Briller Bach“ (Wuppertal)

Im Auftrag der:



Stadt Wuppertal



Remscheider Entsorgungsbetriebe

Remscheider Entsorgungsbetriebe

Durchführung:



Dr. Pecher AG



Ingenieurbüro
Reinhard Beck



WSW Energie & Wasser
AG

Gefördert
durch:



Bezirksregierung Düsseldorf

Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und
Verbraucherschutz des Landes NRW

Projektleitung: Dr.-Ing. Helmut Grüning

Bearbeitung: Dipl.-Ing. Norbert Rönz und Dr.-Ing. Helmut Grüning (Teilbericht 2)

Inhaltsverzeichnis

1	Gebietsentwicklungen und Gewässerstrukturen in Wuppertal	4
2	Einzugsgebiet und Gewässersystem Briller Bach	8
2.1	Gebiets- und Flächenstruktur	8
2.2	Beschreibung der Gewässersysteme	10
2.2.1	Briller Bach und „Birkensiefen“	10
2.2.2	Bach am Luhnberg	15
2.2.3	Bach am Anschlag	15
2.2.4	Schmachtenberger Bach	16
2.2.5	Hasenbergbach	16
2.2.6	Hülsbecker Bach	17
3	Einleitungen und Gebiete: Datengrundlage und Systematisierung	18
3.1	Allgemeine Systematisierung von Einleitungen und Gebiete	18
3.2	Ermittlung der jeweiligen Einleitungen - Grundlegendaten	18
3.2.1	Kanaldatenbank	18
3.2.2	Deutsche Grundkarte (DGK)	18
3.2.3	Luftbilder	18
3.2.4	Gewässerinformationssystem	18
3.2.5	Einleitungskataster	19
3.2.6	Versiegelungskataster	19
3.2.7	Befahrungsdaten TV-Inspektion	19
3.2.8	Digitales Geländemodell (DGM)	19
3.2.9	Bodenabläufe - Straßenabläufe	19
3.3	Ermittlung der jeweiligen Einleitungen – Konzept und Ergebnisse	20
3.3.1	Arten von Einleitungen	20
3.3.2	Einleitungen städtischer Kanäle	21
3.3.3	Direkteinleitungen	22
3.4	Zusammenstellung der Einleitungssystematik für das Briller-Bach-System	23
4	Ermittlung behandlungspflichtiger Oberflächen - Flächenkategorisierung	25
4.1	Datengrundlagen und Flächenabgrenzung	25
4.2	Nutzungsabhängige Kategorisierung der jeweiligen Teilflächen	25
4.2.1	Allgemeine Teilflächenbetrachtung	25
4.2.2	Verkehrsflächen	26
4.2.3	Sonderflächenbetrachtung	26
4.3	Ergebnis der Flächenkategorisierung	27
5	Katalogisierung der Teileinzugsgebiete für die jeweiligen Einleitungsstellen	28
6	Planungskonzept der Varianten 1 bis 4 für das Gewässersystem Briller Bach	29
6.1	Variante 1 „Dezentrale Behandlung“	29
6.1.1	Systeme und Privatgrundstücke	29
6.1.2	Ausrüstung mit Filtereinsätzen in Straßenabläufen	30
6.1.3	Anordnung von Filterschächten	33
6.2	Variante 2 „Kombinationslösung aus de- und semizentraler Behandlung“	34
6.3	Variante 3 „Zentrale Behandlung und separater Kanal“	37

6.3.1	Planungsablauf und Randbedingungen	37
6.3.2	Planung und Trassierung des separaten Bachkanals sowie zusätzlicher Regenwasserkanäle	37
6.3.3	Bemessung des Regenklärbeckens mit Trennbauwerk	43
6.3.4	Hydraulische Überprüfung der Bachsysteme	44
6.4	Variante 4 „Parameterspezifische Abflusssteuerung“	46
7	Kosten der Varianten 1 bis 4 für das Gewässersystem Briller Bach	48
7.1	Variante 1 „Dezentrale Behandlung“	48
7.1.1	Investitionskosten Variante 1	48
7.1.2	Laufende Kosten Variante 1	49
7.2	Variante 2 „Kombinationslösung aus de- und semizentraler Behandlung“	50
7.2.1	Investitionskosten Variante 2	50
7.2.2	Laufende Kosten Variante 2	53
7.3	Variante 3 „Zentrale Behandlung und separater Kanal“	53
7.3.1	Investitionskosten Variante 3	53
7.3.2	Laufende Kosten Variante 3	55
7.4	Variante 4 „Parameterspezifische Abflusssteuerung“	56
7.4.1	Investitionskosten Variante 4	56
7.4.2	Laufende Kosten Variante 4	57
7.5	Zusammenfassende Darstellung der Kosten	58
8	Literatur	61

Anlagenverzeichnis

- Anlage 1: Dokumentation der städtischen Einleitungsstellen (Steckbrief)
Anlage 2: Dokumentation der nichtstädtischen Einleitungsstellen (Steckbrief)
Anlage 3: Variante 1 „Dezentrale Behandlung“
(Dimensionierung, Mengenermittlung, Investitions- und Betriebskosten)
Anlage 4: Variante 2 „Kombinationslösung aus de- und semizentraler/zentraler Behandlung“
(Dimensionierung, Mengenermittlung, Investitions- und Betriebskosten)
Anlage 5: Variante 3 „Zentrale Behandlung und separater Kanal“
(Dimensionierung, Mengenermittlung, Investitions- und Betriebskosten)
Anlage 6: Variante 4 „Parameterspezifische Abflusssteuerung“
(Dimensionierung, Mengenermittlung, Investitions- und Betriebskosten)

Planverzeichnis

- Blatt 01: Gewässer (mit Entwicklungszielen) i. M. 1:5000
Blatt 02: Gewässereinzugsgebiete i. M. 1:5000
Blatt 03: Einleitungsbezogene Flächen im M. 1:5000
Blatt 04: Klärpflichtige Flächen im M. 1:5000
Blatt 05: Natürliche und versiegelte Flächen, die der Versickerung zugeführt werden i. M. 1:5000
Blatt 06: Variante 1 „Dezentrale Behandlung“ i. M. 1:5000
Blatt 07: Variante 1 „Dezentrale Behandlung“, Süd i. M. 1:2500
Blatt 08: Variante 1 „Dezentrale Behandlung“, Nord i. M. 1:2500
Blatt 09: Variante 2 „Kombinationslösung aus de- und semizentraler/zentraler Behandlung“ i. M. 1:5000
Blatt 10: Variante 2 „Kombinationslösung aus de- und semizentraler/zentraler Behandlung“, Süd i. M. 1:2500
Blatt 11: Variante 2 „Kombinationslösung aus de- und semizentraler/zentraler Behandlung“, Nord i. M. 1:2500
Blatt 12: Variante 3 „Zentrale Behandlung und separater Kanal“ i. M. 1:5000
Blatt 13: Variante 3 „Zentrale Behandlung und separater Kanal“, Süd i. M. 1:2500
Blatt 14: Variante 3 „Zentrale Behandlung und separater Kanal“, Nord i. M. 1:2500
Blatt 15: Filterschachtsysteme in der Stadt Wuppertal i.M. 1:50
Blatt 16: Straßenabläufe in der Stadt Wuppertal mit Innolet-Einsatz i.M. 1: 20
Blatt 17: Regenklärbecken und Stauraumkanäle i. M. 1:100
Blatt 18: Detaillageplan zur Regenwasserbehandlung ohne Bachentflechtung i.M. 1:500
Blatt 19A: Detaillageplan zur Regenwasserbehandlung mit Bachentflechtung i.M. 1:500
Blatt 19B: Detaillageplan mit Bachentflechtung
Blatt 20: Trennbauwerk vor der Regenwasserbehandlung im Robert-Daum-Platz i. M. 1:100

1 Gebietsentwicklungen und Gewässerstrukturen in Wuppertal

Wuppertal wurde 1929 durch den Zusammenschluss der damals selbständigen Gemeinden Barmen, Elberfeld, Cronenberg, Ronsdorf, Vohwinkel und des Ortsteils Beyenburg der Gemeinde Lüttringhausen gegründet (Bild 1). Diese Gemeinden sind teilweise schon Jahrhunderte zuvor rechts und links der Wupper in der Talsohle und den steilen Hängen entstanden. Vor der Gründung der Stadt Wuppertal gab es bereits Gemeinsamkeiten zwischen den Gemeinden Barmen und Elberfeld, die auf das Jahr 1527 zurückreichen, in dem beide im Herzogtum Berg das Privileg der Garnnahrung erhielten. Dies bedeutete, dass sie das Monopol hatten, Garne zu bleichen und zu verkaufen. Die Garnbleichelei war der Ausgangspunkt für die Entwicklung der Textil- und Bekleidungsindustrie und aller anderen Industriezweige, die heute noch das Stadtbild prägen.



Bild 1 Entstehung der Stadt Wuppertal (Wikipedia, 2010)

Aufgrund der erheblichen Höhenunterschiede innerhalb des Stadtgebiets gibt es zahlreiche steile Straßen und viele Treppen. Wegen seiner zahlreichen steilen, geraden Straßen wird Wuppertal auch als „San Francisco“ Deutschlands bezeichnet. Die Höhendifferenz zwischen dem höchsten Punkt im Untersuchungsgebiet Brüller Bach und der Einmündung in die Wupper beträgt 146 m auf einer Länge von etwa 3,6 km. Dies entspricht einem Gefälle von 4 %. Innerhalb des Gebietes befinden sich aber auch rund 5 km Straßenabschnitte mit einem Längsgefälle von über 10 %.

Die Geschichte der Wuppertaler Stadtentwässerung beginnt im Jahr 1879, als die Stadt Elberfeld zur Sanierung der erheblichen Missstände bei der Entwässerung der besiedelten Flächen ein Gutachten

an William Lindley vergab. Ein großer Teil von Elberfeld wurde über den Briller Bach entwässert. Bei stärkeren Niederschlägen war auch dieser Bachlauf überlastet, da er das ohne wesentliche Verzögerung von den Hängen zufließende Wasser nicht fassen konnte. Einer Dokumentation von Born (1910) ist zu entnehmen, dass die Überschwemmungen besonders hoch waren, wenn ein Hochwasser der Wupper und stärkere Niederschläge gleichzeitig auftraten. Damals existierte noch keine Wuppertalsperre zum Hochwasserschutz der Unterlieger (u.a. Wuppertal). Durch den Ausbau von Bächen wurde das Risiko von Überschwemmungen vermindert. Hierzu diente ein System von Bachkanälen und Regenwasserleitungen. Diese Kanäle wurden im Bereich der Talsohle geschlossen bis zur Wupper geführt. Bei starken Niederschlägen und/oder hohem Wasserstand standen sie unter Innendruck. Exemplarisch für diese Bachkanäle sind auf der rechten Wupperseite der Mirker und der Briller Bach (Bild 2). Im Stadtgebiet Wuppertal befinden sich weiterhin zahlreiche Gewässer, die bei Regenwetter das Oberflächenwasser in die Wupper einleiten.

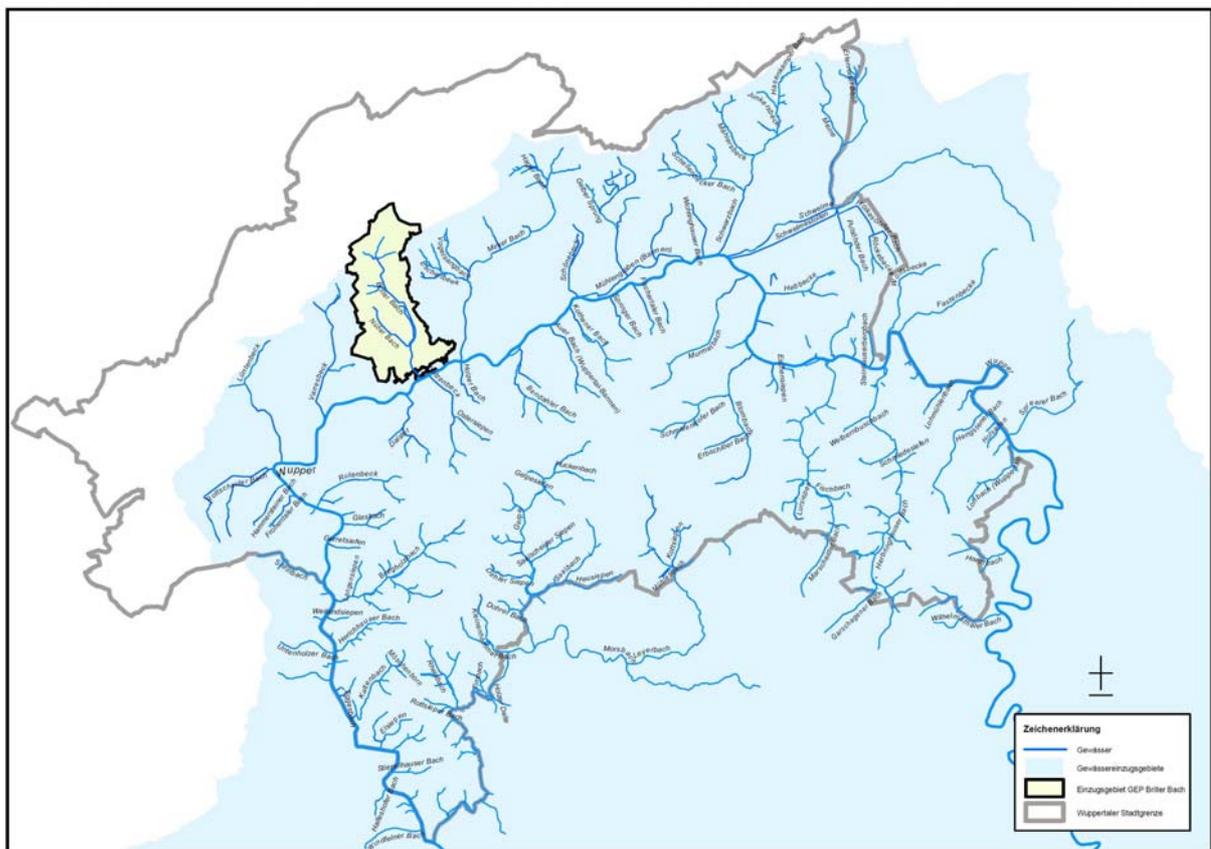


Bild 2 Teileinzugsgebiet Wupper (hellblau unterlegt) und Gewässersysteme sowie Grenzen der Stadt Wuppertal mit Darstellung des Einzugsgebietes „Briller Bach“

Zwischen 1889 bis 1905 wurde der sogenannte Hauptschmutzwasserkanal parallel zur Wupper in Barmen und Elberfeld bis zur Kläranlage Buchenhofen erstellt. Dieser Schmutzwasserkanal nimmt auch das anfallende Schmutzwasser aus dem Einzugsgebiet des Briller Bachs auf und leitet es dann über eine Entfernung von 4,8 km zur Abwasserreinigungsanlage Buchenhofen. Im Jahr 1910 waren rund 370 km des Abwasserkanalnetzes Wuppertal fertiggestellt. Heute umfasst das Wuppertaler Abwasserkanalnetz inklusiv kanalisierter Gewässerabschnitte rund 1.500 km. Davon leiten 7 % dieses Kanalnetzes das Schmutzwasser gemeinsam mit dem Regenwasser im Mischverfahren zur Abwas-

serbehandlung. Etwa 47 % entfallen auf Schmutzwasserkanäle und 46 % auf Regenwasserkanäle einschließlich kanalisierter Gewässer. Eine Übersicht liefert Tabelle 1.

Tabelle 1 Entwicklung des Abwasserkanalnetzes (inklusive kanalisierter Gewässer) in Wuppertal

Herstellungszeitraum	Mischwasserkanäle	Regenwasserkanäle	Schmutzwasserkanäle	Gesamtes Abwassernetz
1884 bis 1900	1 km	32 km	26 km	58 km
1901 bis 1919	19 km	155 km	215 km	389 km
1920 bis 1944	11 km	47 km	48 km	107 km
1945 bis heute	78 km	456 km	416 km	950 km
Summe	109 km	690 km	705 km	1.504 km

Im Einzugsgebiet des Briller Bachs wurde 1903/1904 mit der Erstellung des Abwasserkanalnetzes begonnen. Im Jahr 1919 waren fast 45 % des heutigen Abwasserkanalnetzes im Untersuchungsgebiet bereits fertiggestellt (Tabelle 2).

Tabelle 2 Entwicklung des Abwasserkanalnetzes (inklusive kanalisierter Gewässer) im Einzugsgebiet des Briller-Bach-Systems

Herstellungszeitraum	Regenwassernetz (inklusive Gewässer)	Schmutzwassernetz	Regen- und Schmutzwasser
1904 bis 1919	10 km	21 km	31 km
1920 bis 1944	2 km	2 km	4 km
1945 bis heute	19 km	16 km	35 km
Summe	31 km	39 km	70 km

Zu Beginn der 90er Jahre wurde der Entlastungssammler Wuppertal (ESW) geplant und in den Folgejahren (1992 bis 2001) gebaut. Der ESW nimmt einen Großteil der behandlungspflichtigen Oberflächenabflüsse im Wuppertaler Stadtgebiet auf. Bei dem Sammler handelt es sich um einen etwa 10 km langen Stauraumkanal, der weitgehend parallel zur Wupper, entlang der Wuppertaler Tallage bis zur Kläranlage Buchenhofen (Wupperverband) verläuft. Zur Aktivierung des Sammlervolumens von ca. 42.000 m³ erfolgte der Ausbau in Kaskadenform (6 Staustufen). Die Nennweiten liegen zwischen DN 2000 bis DN 2600. Das Sammlersystem besteht aus dem Rohrstrang selbst und einer Vielzahl an Zuleitungs- und Trennbauwerken sowie Steuerbauwerken zur Systembewirtschaftung. Vor der Kläranlage wird das System um das Regenüberlaufbecken „Am Rutenbecker Weg“ (4.000 m³) ergänzt.

Die jeweiligen Teilgebiete sind über sogenannte Verzweigungsbauwerke (Regenüberläufe im Trennsystem) an den Entlastungssammler oder an Schmutzwasserkanäle angeschlossen. Die letzten der insgesamt 75 Verzweigungsbauwerke sind in 2010 fertig gestellt worden. Dabei stellen die Anschlüsse der kanalisierten Bachkanäle, wie der Briller Bach, eine besondere Situation dar. Hier ist, wie in Variante 4 beschrieben, eine parameterbasierte Systemsteuerung vorgesehen. Dieses Konzept soll für rd. 10 Bachkanäle umgesetzt werden.

Der hier untersuchte Briller Bach war bereits im Jahr 1906 von der Straße Am Luhnberg, Haus Nr. 2, bis zur Einmündung in die Wupper verrohrt (rd. 3 km). Unterhalb der Einmündung Nützenberger Straße wurde der Bachkanal im Jahr 1964 bis 1966 im Zuge von Umbaumaßnahmen im Bereich des Robert-Daum-Platzes allerdings komplett neu erstellt.

Beim Briller Bach liegen die Hauptverkehrsachsen auch über dem Bachkanal. Rechts und links neben dem Bachkanal Briller Bach wurden die kleineren Schmutzwasserkanäle verlegt (Bild 3). In seinem Verlauf weist der Briller Bach unterschiedliche Profilformen auf. Beginnend mit einem Kreisprofil DN 600 ist der Bachkanal zum größten Teil als Sonderprofil (u. a. umgekehrter Eiquerschnitt, gedrückter Maulquerschnitt) ausgeführt. Der gedrückte Maulquerschnitt weist im Maximum eine Geometrie von 2560 mm/1600 mm (Breite/Höhe) auf.

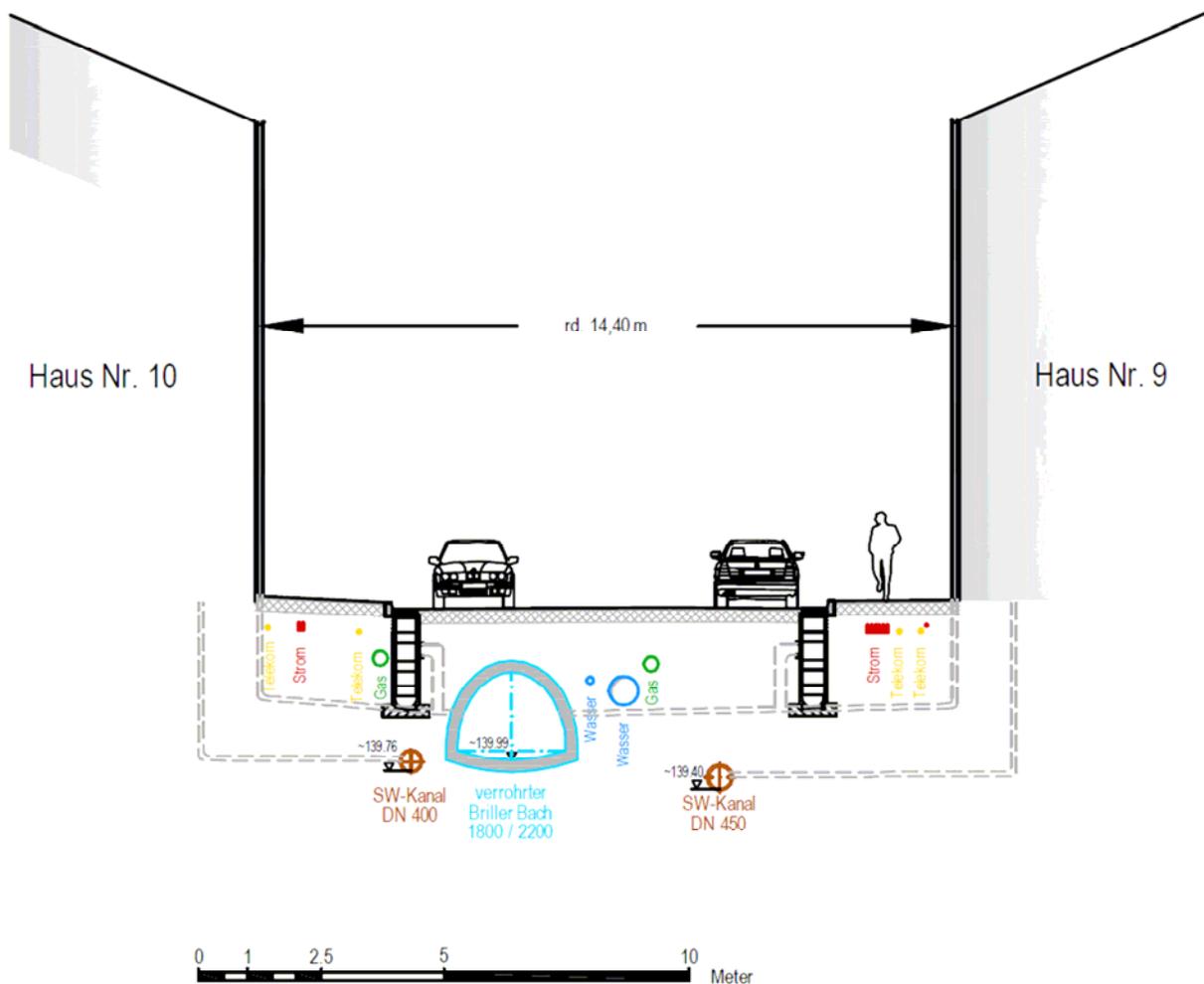


Bild 3 Straßenquerschnitt Briller Straße in Fließrichtung des Briller Bachs

2 Einzugsgebiet und Gewässersystem Briller Bach

2.1 Gebiets- und Flächenstruktur

Das Einzugsgebiet des Briller Bachs liegt nördlich der Wupper und erstreckt sich über die Wuppertaler Stadtbezirke Uellendahl-Katernberg und Elberfeld-West bzw. Elberfeld. Im Norden werden die Stadtteile Siebeneick und Eckbusch erfasst. Im weiteren Verlauf vor der Autobahn A46 befindet sich der Stadtteil Nevigeser Straße. Der vom Briller Bach erfasste Teilabschnitt der A 46 liegt im Stadtteil Beek. Südlich der A 46 liegen die Stadtteile Brill und Nordstadt (Bild 4).

Die Auswertung der vorbereitenden Bauleitplanung Wuppertal (Tabelle 3, Bild 4) Bachs weist rund 8 % Eisenbahn- und Straßenverkehrsflächen bezogen auf das Einzugsgebiet des Briller aus. Dies umfasst die stillgelegte Nordbahntrasse (zukünftig Rad- und Wanderweg), die Autobahn A 46 mit der Ausfahrt Katernberg und die Kreisstraße K11 (Am Elisabethheim), die Kreisstraße K16 (Westfalenweg und In der Beek), die Landstraße L427 (Nevigeser Straße und Briller Straße), die Kreisstraße K15 (Katernberger Straße) und die Nützenberger Straße. Der Verkehrsflächen am Robert-Daum-Platz werden zu einem sehr geringen Teil über den Briller Bach entwässert.

Tabelle 3 Flächennutzung im Einzugsgebiet des Briller Bachs (FNP Wuppertal)

Nutzung	Fläche	Anteil (%)
Bahnflächen und Verkehrsflächen (Straßenverkehr)	30 ha	7,9 %
Flächen für den Gemeinbedarf und Wohnbauflächen	222 ha	58,1 %
Flächen für Versorgungsanlagen (z. B. Elektrizität, Wasser)	1 ha	0,2 %
Gemischte Bauflächen und gewerbliche Bauflächen	21 ha	5,4 %
Wald, Wasserflächen, Grünflächen, Flächen für die Landwirtschaft	109 ha	28,4 %
Summe	383 ha	100 %

Rund 56 % des Einzugsgebietes Briller Bach sind als reine Wohnbauflächen ausgewiesen. Die Flächen für den Gemeinbedarf erfassen Bereiche für kirchliche, schulische, soziale und gesundheitliche Zwecke (rd. 2 %). Innerhalb des Einzugsgebietes sind rund 18.000 Einwohner gemeldet. Die gemischten und gewerblichen Flächen liegen entlang der Nevigeser Straße und Briller Straße. Außerdem entwässert das Gewerbegebiet Funkestraße/Bayreuther Straße südlich der Autobahn A 46 in den Briller Bach.

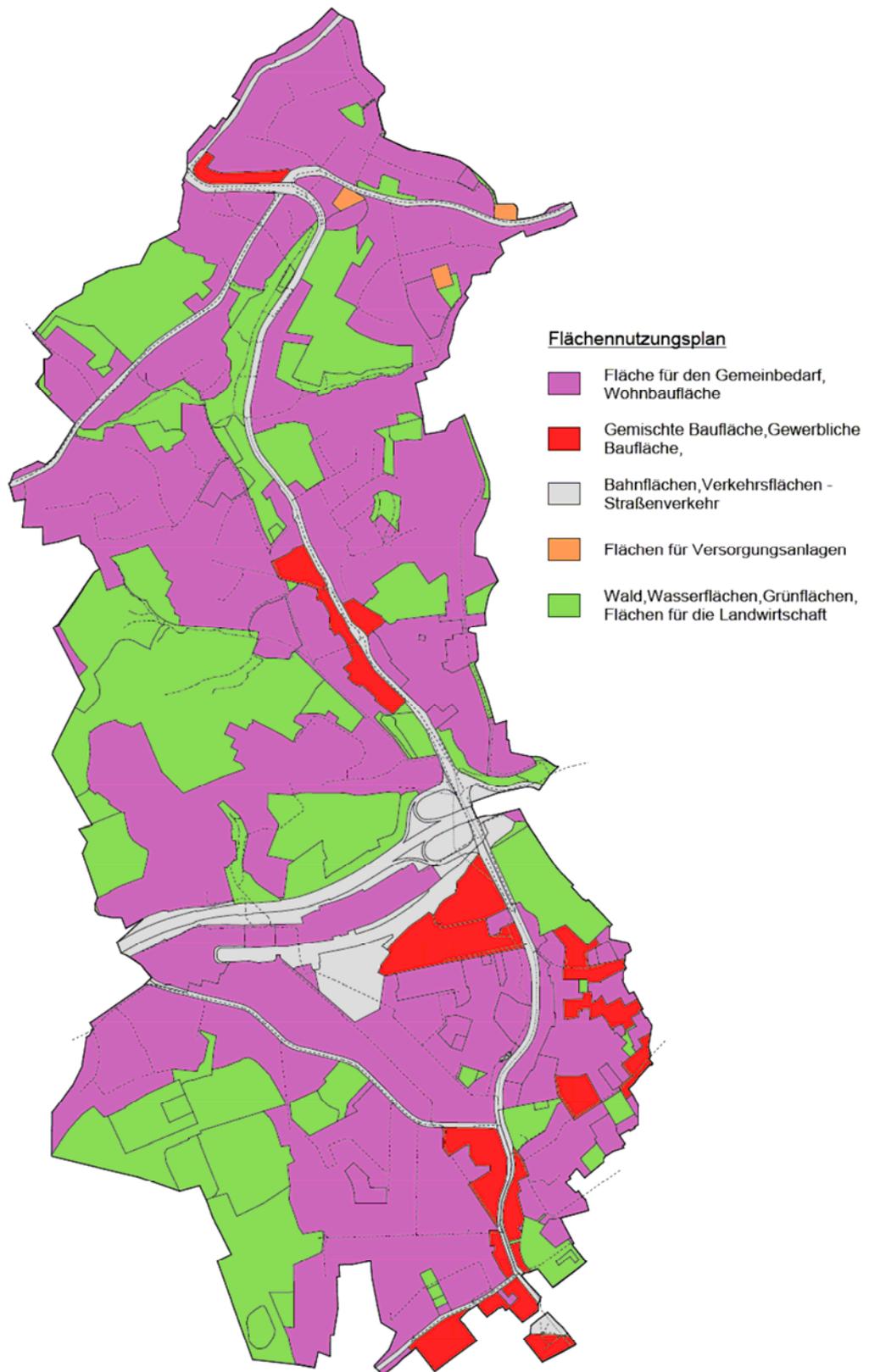


Bild 4 Flächennutzung im Einzugsgebiet des Briller Bachs (2005)

2.2 Beschreibung der Gewässersysteme

2.2.1 Briller Bach und „Birkensiefen“

Gemäß der historischen Unterlagen entspringt der Briller Bach am Westfalenweg im Bereich des Spielplatzes (Flurstück 1144, Elberfeld) gegenüber den Häuser 28 und 32. Er verläuft über eine Strecke von rund 3,9 km von der Quelle bis zur Mündung in die Wupper auf Höhe der Schwebebahnstation Robert-Daum-Platz (Stadt Wuppertal, 2008 u. 2009). Der natürliche Basisabfluss wird über einem Bachkanal in der Westfalenweg und der Nevigeser Straße geleitet. Bereits auf den ersten 530 m des kanalisiertes Bachlaufes erfolgen sieben Einleitungen aus der städtischen Regenwasserkanalisation. Ursprünglich verlief der Briller Bach von der Quelle über eine kürzere Strecke, der natürlichen Geländeneigung entsprechend, durch das Gelände des katholischen Kindergartens. Dieser Verlauf wurde aber mit dem Bau des o.g. Regenwasserkanals bzw. Bachkanals in der Westfalenweg unterbrochen. Untersuchungen der WSW Energie & Wasser AG aus dem Jahr 2009 ergaben, dass Reste des ehemaligen Bachkanals unterhalb des Kindergartens noch existieren (Bild 5).



Bild 5 Ergebnis der Untersuchung des Oberlaufes des Briller Bachs (Kanalfernaugenuntersuchung der WSW, 2009)

Nachdem der Briller Bach unter dem Westfalenweg und der Nevigeser Straße eine Strecke von 530 m zurückgelegt hat, durchläuft er ein offenes Erdbecken mit einer mittleren Beckentiefe von rund 10 m und einer Länge von rund 70 m (Bild 6 und Bild 7). Vermutlich ist die Form und die Tiefe des Ein-

schnitts bereits natürlich vorgegeben. Dieser Abschnitt ist das sogenannte Hochwasserrückhaltebecken Nevigeser Straße. Im Rahmen der Bewertung der Gewässer und Auen wurden auch Quellen innerhalb des Hochwasserrückhaltebeckens ausgemacht (WSW, 2000).

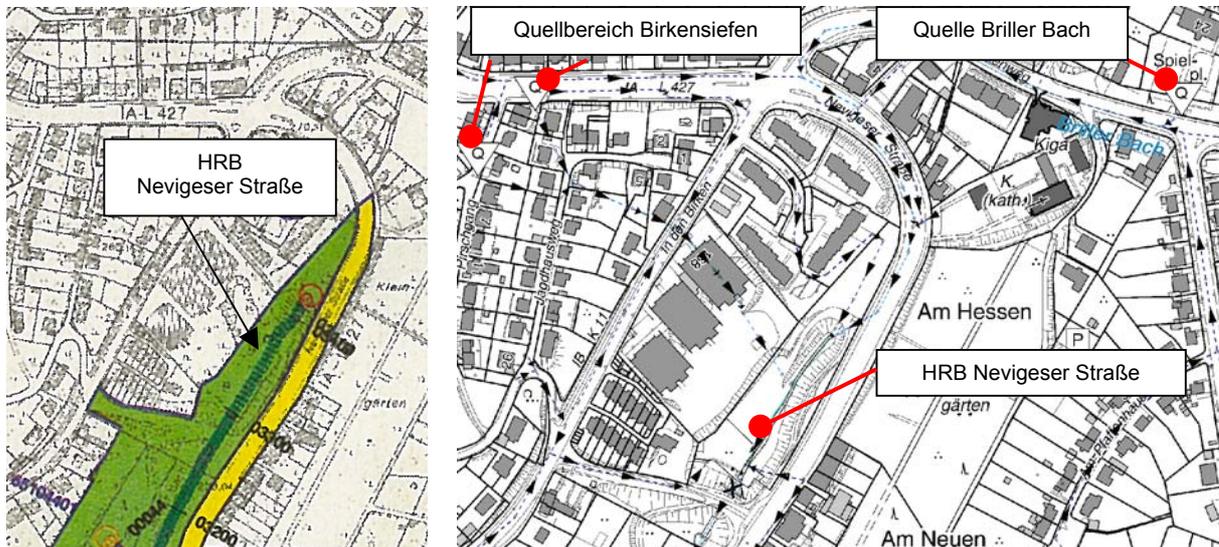


Bild 6 Oberlauf des Briller Bach mit dem Hochwasserrückhaltebecken Nevigeser Straße und den Quellen (links aus Fachbeitrag GEP Wuppertal (WSW, 2001) und rechts gemäß Gewässerinformation (Stadt Wuppertal, 2008))

Dem HRB fließt in Fließrichtung von rechts der Birkensiefen ($L = 324$ m) zu. Er besitzt zwei Quellen. Eine am Jagdhausweg (Haus Nr. 8) und eine am Pirschgang (Haus Nr. 3). Der Birkensiefen wird aus zwei weiteren Einleitungen aus der städtischen Regenwasserkanalisation in der Straße „In den Birken“ belastet. In dem Becken selbst befinden sich drei weitere städtischen Einleitungen aus der Regenwasserkanalisation in den Briller Bach.

Unterhalb des Auslaufes des Rückhaltebeckens liegt der letzte offene Abschnitt des Briller Bachs mit einer Länge von 278 m (Bild 8 und Bild 7). Dort befindet sich auch eine weitere Zulaufquelle aus einem unbekanntem Nebengewässer ($L = 50$ m). Der offene Abschnitt endet Am Luhnberg unmittelbar an den Häusern 1 und 2 (Bild 9).



Bild 7 Blick in das Hochwasserrückhaltebecken Nevigeser Straße (links) und in den offenen Abschnitt unterhalb der Hochwasserentlastungsanlage (rechts)



Bild 8 Offener Abschnitt des Briller Bachs zwischen Hochwasserrückhaltebecken und Am Luhnberg (Haus Nr. 2)



Bild 9 Einmündung des offenen Briller Bachs in den geschlossenen Abschnitt nahe Am Luhnberg (Haus Nr. 2)

Der weitere Abschnitt des Briller Bachs bis zur Einmündung in die Wupper, mit einer Länge von rund 3 km, ist geschlossen. Er verläuft entlang der Nevigeser Straße, der Boschstraße, der Kruppstraße, der Mannesmannstraße, wieder entlang der Nevigeser Straße und ab der Ausfahrt Katernberg in der Briller Straße und unter dem Robert-Daum-Platz in die Wupper (Bild 10).

Über 70 % des kanalisierten Bachabschnittes weisen eine Profilhöhe über 1400 mm auf. Die mittlere Tiefenlage beträgt 5 m. Die Unterquerung der Autobahn A 46 und der Nordbahntrasse erfolgt in einer Tiefenlage über 10 m.

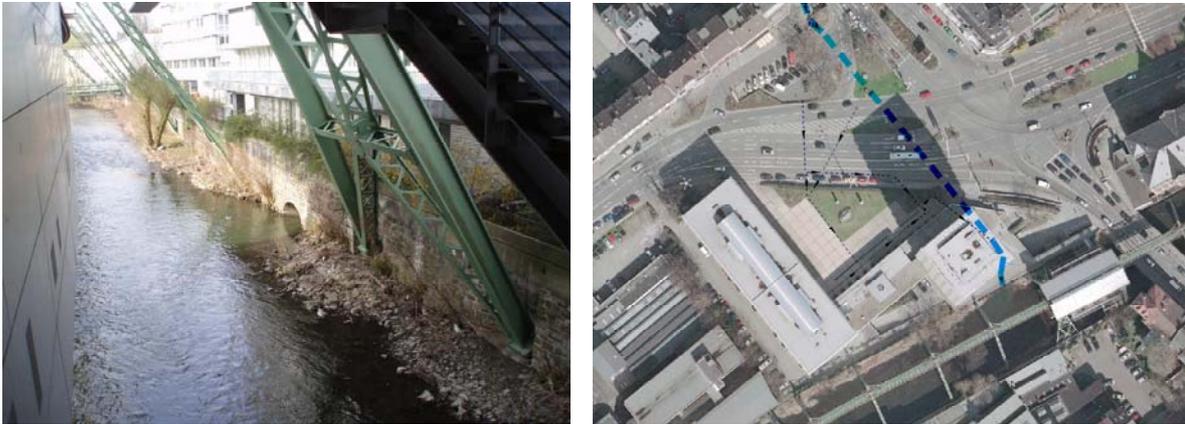


Bild 10 Einmündung des Briller Bachs in die Wupper

Tabelle 4 Kenngrößen des kanalisierten Briller Bachs von der Einmündung Am Luhnberg bis zur Einmündung in die Wupper

Straße	Kanallänge in m	Profil	Profilbreite in mm	Mittlere Tiefe in m
Westfalenweg	287	Kreis	200 bis 800	2,90
Westfalenweg/Navigeser Str.	226	Kreis	800	3,22
Navigeser Str. (Ablauf HRB)	45	Kreis	400	5,52
Navigeser Str.	69	Kreis	800	3,27
Navigeser Str.	516	Umgekehrtes Eiprofil	1050/1400	2,18
Kruppstraße	440	Umgekehrtes Eiprofil	1050/1400	5,30
Kruppstraße	369	Umgekehrtes breites Eiprofil	1300/1625	5,73
Mannesmannstraße	111	Umgekehrtes breites Eiprofil	1300/1625	7,26
Navigeser Str.	93	Umgekehrtes Eiprofil	1275/1625	7,29
Briller Str.	903	Umgekehrtes Eiprofil	1275/1625	3,55
Briller Str.	233	Lindley-Querschnitt	1400/1500	4,08
Briller Str.	139	Gestreckter Eiquerschnitt	1200/1500	3,80
Briller Str.	46	Lindley-Querschnitt	1400/1500	3,57
Briller Str.	79	Lindley-Querschnitt	2200/1800	2,94
Briller Str.	112	Gedrückter Maulquerschnitt	2400/1800	2,53
Robert-Daum-Platz	128	Gedrückter Maulquerschnitt	2560/1600	2,76

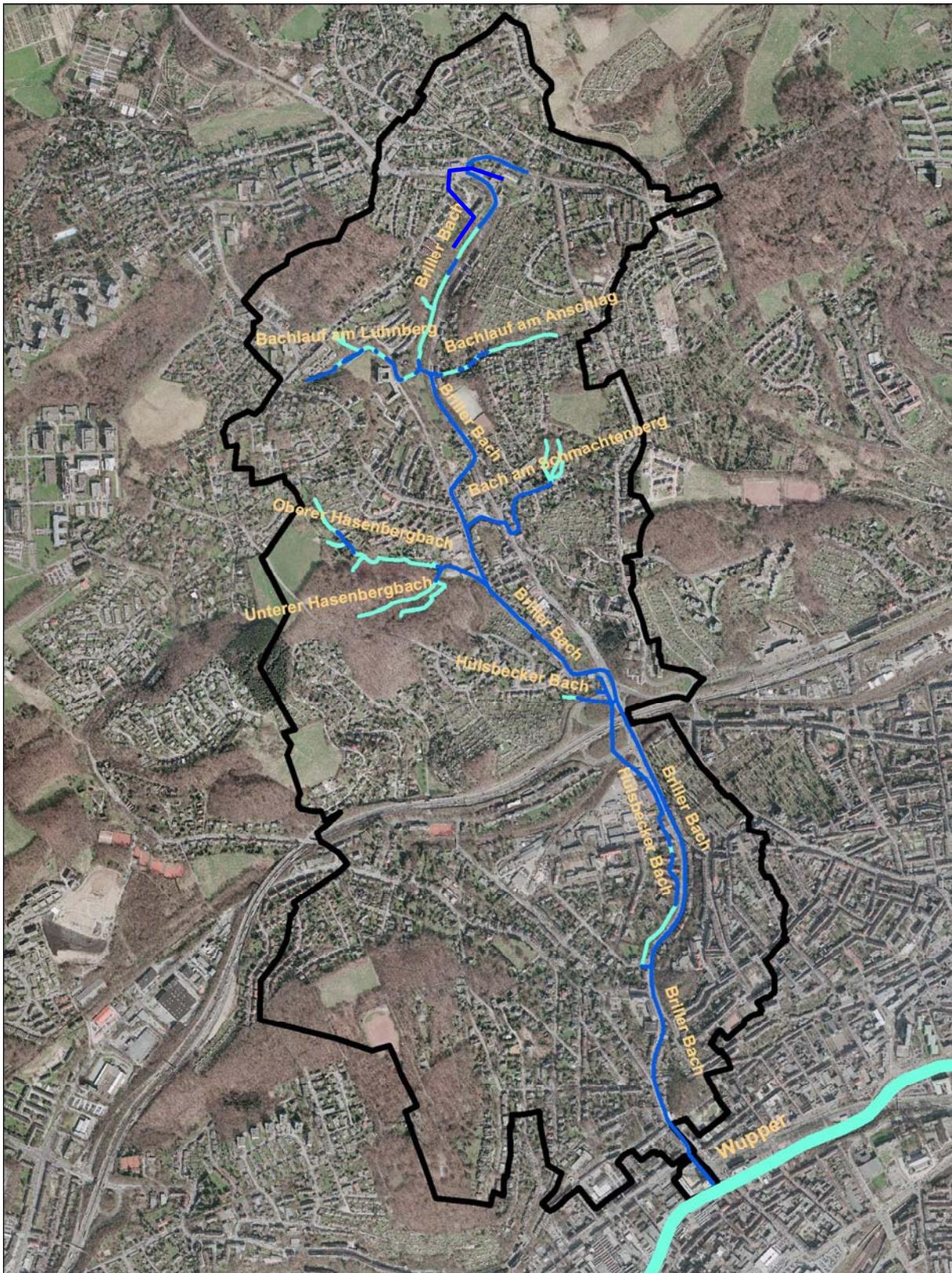


Bild 11 Luftbildaufnahme des Gewässersystems Briller Bach mit Nebengewässern (blau = kanalisierte Abschnitte)

Die wesentlichen Kenngrößen des Gewässersystems Briller Bach sind in Tabelle 5 zusammengefasst. Über eine Strecke von 5,4 km verläuft der Bach zu größten Teil geschlossen. Die offenen Abschnitte liegen oberhalb. Bild 11 illustriert die Gewässerläufe des Briller Bachsystems mit den fünf kleineren Nebengewässern, die nachfolgend näher beschrieben werden.

Tabelle 5 Kenngrößen des Briller Bachs inklusive Nebengewässern

Länge des Gewässersystems	7.859 m
davon offene Abschnitte	2.443m
davon kanalisierte Abschnitte	5.416 m
Einleitende Nebengewässer (Bestandteil des Gesamtsystems)	5
Einzugsfläche A_E	382,7 ha

2.2.2 Bach am Luhnberg

Die Quelle des Bachs am Luhnberg entspringt in einem Becken nördlich der Alfred-Nobel-Straße. Dieses Becken wird als HRB betrieben. Das Becken und der Bachlauf befinden sich in einer Grünanlage, in der auch der Luhnberger Siefen an die Oberfläche tritt und dem Bach zufließt. Der 597m lange Bach weist bei Trockenwetter nur einen geringen Basisabfluss auf. Etwa die Hälfte des Gewässerlaufes verläuft kanalisiert. Er durchfließt im weiteren Verlauf ein teichähnliches Becken und unterquert im Anschluss die Kruppstraße. Nach einer kurzen oberirdischen Strecke mündet er kanalisiert in den Briller Bach. Aus dem Einzugsgebiet wird kein klärpflichtiges Regenwasser in den Bachlauf geleitet (Tabelle 6).

Tabelle 6 Kenngrößen des Gewässersystems „Bach am Luhnberg“

Länge des Gewässersystems	597 m
davon offene Abschnitte	301 m
davon kanalisierte Abschnitte	296 m
Einleitende Nebengewässer (Bestandteil des Gesamtsystems)	1
Einzugsfläche A_E	4,3 ha

2.2.3 Bach am Anschlag

Der Bach am Anschlag entspringt in direkter Nähe der Kleingartenanlage „Am neuen Hessen“. Im unmittelbaren Quellbereich findet sich eine Einleitung aus der städtischen Kanalisation. Einen Großteil seines 507 m langen Verlaufs fließt der Bach offen in einem Gewässerbett mit befestigter Sohle (Tabelle 7). Hier finden sich unzählige diffuse Quellen aus Grundstücksentwässerungen und Dränaugen. Besonders im Bereich der Kleingartenanlage sind solche Einleitungen zu finden. Bevor der Bach am Anschlag unter der Nevigeser Straße in den Briller Bach einmündet, wird er kanalisiert.

Tabelle 7 Kenngrößen des Gewässersystems „Bach am Anschlag“

Länge des Gewässersystems	507 m
davon offene Abschnitte	425 m
davon kanalisierte Abschnitte	82 m
Einleitende Nebengewässer (Bestandteil des Gesamtsystems)	2
Einzugsfläche A_E	11,0 ha

2.2.4 Schmachtenberger Bach

Der Schmachtenberger Bach entspringt auf dem privaten Grundstück Schmachtenbergweg 27. Ein Teilstück des Oberlaufes verläuft als offener Querschnitt. Anschließend folgt ein kanalisierte Abschnitt bis zur Einleitung in den Briller Bach. In diesem Abschnitt befinden sich Einleitungen aus der Grundstücks- und Straßenentwässerung. Von den 742 m des Bachlaufes sind 387 m kanalisiert (Tabelle 8).

Tabelle 8 Kenngrößen des Gewässersystems „Schmachtenberger Bach“

Länge des Gewässersystems	742 m
davon offene Abschnitte	354 m
davon kanalisierte Abschnitte	387 m
Einleitende Nebengewässer (Bestandteil des Gesamtsystems)	2
Einzugsfläche A_E	13,2 ha

2.2.5 Hasenbergbach

Der Hasenbergbach besitzt einen oberen und unteren Arm. Der obere Hasenbergbach entspringt neben der Kleingartenanlage in der Egenstraße. Der untere Hasenbergbach verläuft ab der Hasenberg-Anlage offen. Die Hasenberg-Anlage ist ein waldähnliches Naherholungsgebiet im Stadtbezirk Uellendahl-Katernberg. Beide Bachläufe durchfließen die Anlage oberirdisch und treffen kanalisiert auf dem Grundstück der Grundschule „Kruppstraße“ zusammen. Mit 1.186 m verläuft dieses Gewässer zu einem hohen Anteil als offenes Profil (Tabelle 9).

Tabelle 9 Kenngrößen des Gewässersystems „Hasenbergbach“

Länge des Gewässersystems	1.479 m
davon offene Abschnitte	1.186 m
davon kanalisierte Abschnitte	293 m
Einleitende Nebengewässer (Bestandteil des Gesamtsystems)	5
Einzugsfläche A_E	17,6 ha

2.2.6 HÜLSBECKER BACH

Der HÜlsbecker Bach entspringt auf einem Privatgrundstück in der Straße „In der HÜlsbeck“. Er unterquert die Autobahn A 46 und fließt parallel zum Briller Bach in Richtung Süden. Innerhalb zweier Abschnitte fließt er über eine Strecke von 293 m oberirdisch (Tabelle 10). An der Einmündung Kirschbaumstraße/Briller Straße wird er in den Briller Bach eingeleitet.

Tabelle 10 Kenngrößen des Gewässersystems „HÜlsbecker Bach“

Länge des Gewässersystems	1.214 m
davon offene Abschnitte	293 m
davon kanalisierte Abschnitte	921 m
Einleitende Nebengewässer (Bestandteil des Gesamtsystems)	1
Einzugsfläche A_E	64 ha

3 Einleitungen und Gebiete: Datengrundlage und Systematisierung

3.1 Allgemeine Systematisierung von Einleitungen und Gebiete

Kanalisierte Gewässer weisen als Teil des Entwässerungssystems häufig eine Vielzahl unterschiedlicher Einleitungen auf. Dazu zählen Einleitungen

- durch Straßeneinläufe,
- durch Drainageanschlüsse,
- durch Grundstücksentwässerungen (privat und öffentlich),
- aus der städtischen Kanalisation,
- von Nebengewässern.

Dabei kann durch einzelne Straßeneinläufe eine Fläche von wenigen Quadratmetern entwässert werden. Andererseits ist bei einzelnen Einleitungen der städtischen Regenwasserkanalisation oder der einmündenden Nebengewässer möglich, dass Einzugsgebiete von mehreren Hektar Größe angeschlossen sind. Offene Gewässerabschnitte und auch undichte Kanalabschnitte bewirken zudem einen natürlichen Basisabfluss im Briller Bach.

3.2 Ermittlung der jeweiligen Einleitungen - Grundlagendaten

3.2.1 Kanaldatenbank

Wesentliche Informationen des Gewässer- und Ableitungssystems enthält die Kanaldatenbank des Kanalnetzbetreibers, der WSW Energie & Wasser AG (WSW). Die Datenbank beinhaltet u. a. die Systeminformationen zu den Schächten, Haltungen und Sonderbauwerken des Kanalnetzes. Aus dieser Datenbank wurde ein Kanalnetzmodell für das Gesamteinzugsgebiet des Briller Bachs erstellt. Für die Bearbeitung und Auswertung wurde das geowissenschaftliche Kanalnetzdateninformationssystem Kanal++ in der Version 8.3.42 (tandler.com) verwendet.

3.2.2 Deutsche Grundkarte (DGK)

Für die Bearbeitung stand die Deutsche Grundkarte (DGK) aus dem Jahr 2007 zur Verfügung. Die DGK enthält alle wichtigen topographischen Objekte in lagerichtiger und grundrisstreuer Form. In der DGK sind die Flurstücksgrenzen und Dachflächen der Bebauung erkenntlich. Auch Straßen und wichtige Punkte sind eingezeichnet.

3.2.3 Luftbilder

Die für das Projekt zur Verfügung stehenden Luftbilder wurden im Jahr 2005 aufgenommen. Die Luftbilder setzten sich aus quadratischen Kacheln mit einer Kantenlänge von 500 m zusammen. Ein Pixel entspricht einer Fläche von 10 × 10 cm.

3.2.4 Gewässerinformationssystem

Das Gewässerinformationssystem der Stadt Wuppertal, enthält sämtliche Gewässer im Einzugsgebiet des Briller Bachs. Neben deren Verlauf und den Einzugsgebieten sind die Namen der Gewässer ebenfalls als Attribut gespeichert.

3.2.5 Einleitungskataster

Jede Einleitung in ein Gewässer erfordert gemäß Wasserhaushaltsgesetz (WHG) eine Erlaubnis. Aus diesem Grund unterhält die WSW ein Einleitungskataster, in dem alle städtischen Einleitungen in die Gewässer verzeichnet sind. Jede städtische Einleitung wird durch eine 10-stellige Nummer und eine dazugehörige Einzugsgebietsgrenze dargestellt. Nicht erfasst sind die Direkteinleiter, die nicht über die städtische Kanalisation, sondern direkt in die Gewässer einleiten.

3.2.6 Versiegelungskataster

Die Stadt Wuppertal unterhält ein digitales Versiegelungskataster. Hier sind sämtliche befestigten Flächen im Stadtgebiet erfasst und in folgende Flächenarten unterteilt:

- städtische Straßenflächen
- Dachflächen
- Gründachflächen
- Flächen mit Ökopflaster
- „sonstige“ versiegelte Flächen

Diese Flächen sind abhängig vom Verbleib des anfallenden Niederschlagswassers in folgende Untergruppen eingeordnet:

- am Kanal angeschlossen
- Direkteinleitung
- Versickerungsanlage mit Notüberlauf
- versickernd

Im Versiegelungskataster (Stand: Januar 2006) sind die befestigten Flächen mit einer Gesamtfläche von ungefähr 43 km² enthalten, die ca. 25,5 % des Stadtgebietes ausmachen.

3.2.7 Befahrungsdaten TV-Inspektion

Von der WSW wurden die Befahrungsdaten der Bachkanäle im Einzugsgebiet des Briller Bachs geliefert. Aufgrund der schwierigen Zugänglichkeit einiger Teilbereiche standen in Ausnahmefällen nur eingeschränkte Informationen zur Verfügung.

3.2.8 Digitales Geländemodell (DGM)

Für das Einzugsgebiet lag ein digitales Geländemodell (DGM) vor. Ein DGM enthält im Gegensatz zu einem digitalen Höhenmodell (DHM) nur die Z-Koordinaten des Geländes. Gebäude oder andere Objekte werden nicht erfasst.

3.2.9 Bodenabläufe - Straßenabläufe

In einer Datenbank der Stadt Wuppertal sind alle Bodenabläufe im Wuppertaler Stadtgebiet mit den dazugehörigen Gauss-Krüger-Koordinaten aufgelistet. Mit Hilfe der Einzugsgebietsgrenzen des Untersuchungsraums wurden die für das Briller-Bach-Gebiet relevanten Abläufe ermittelt. Demnach sind in diesem Gebiet 1.237 Bodenabläufe vorhanden. Dabei handelt es sich sowohl um Straßenabläufe (insgesamt 1.045) als auch um Einläufe von Hofflächen oder Plätzen (insgesamt 192). In 512 Straßenabläufe werden behandlungspflichtige Oberflächenabflüsse eingeleitet (Tabelle 11). Den restlichen 533 Straßenabläufen fließen nicht behandlungspflichtige Oberflächenabflüsse zu.

Tabelle 11 enthält das Ergebnis der Auswertung der jeweils angeschlossenen Flächen. Eine weitergehende statistische Auswertung der Flächen je Straßenablauf erfolgt in Teilbericht 4.

Tabelle 11 Auswertung der Straßenabläufe mit Anschluss behandlungspflichtiger Flächen für die jeweiligen Straßen im Gebiet des Briller-Bach-Systems

Straße	Straßeneinläufe	Fläche	
		gesamt Kat. II/III (ha)	i.M. je Straßenablauf (m ²)
A 46	25	2,71	1.083
A 46 Auf/Abfahrt	5	0,80	1.602
Am Elisabethheim	7	0,11	155
Bayreuther Str.	7	0,68	969
Birkenhöhe	13	0,32	242
Briller Str.	86	3,10	360
Charlottenstr.	3	0,15	486
Funckstr.	2	0,08	420
Hainstr.	73	3,28	450
Hainstraße	4	0,11	267
Hochstr.	18	0,53	296
Hufschmiedstraße	1	0,06	556
In den Birken	55	1,54	280
Katernberger Schulweg	13	0,60	458
Katernberger Str.	27	1,25	463
Kirschbaumstr.	5	0,17	349
Marienstr.	6	0,31	516
Mozartstr.	2	0,09	465
Navigeser Str.	75	3,85	513
Nützenberger Str.	21	0,50	240
Ottenbrucher Str.	19	0,49	258
Sterntalerweg	2	0,03	169
Viktoriastr.	5	0,11	211
Westfalenweg	30	1,16	386
Robert-Daum-Platz	8	0,30	370
Summe/Mittelwert	Σ 512	Σ 22,31	Mittelwert 436

3.3 Ermittlung der jeweiligen Einleitungen – Konzept und Ergebnisse

1.1.1 Arten von Einleitungen

Bei der Erfassung der Regenwassereinleitstellen und deren Einzugsgebieten wurde zwischen vier Arten von Einleitungen unterschieden:

- Einleitungen aus der städtischen Kanalisation in geschlossene Gewässerabschnitte
- Einleitungen aus der städtischen Kanalisation in offene Gewässerabschnitte

- Direkteinleitungen in offene Gewässerabschnitte
- Direkteinleitungen in geschlossene Gewässerabschnitte

Bild 12 und Bild 13 zeigen exemplarische Beispiele für die Ausbildung der Einleitungen.



Bild 12 Einleitung aus der städtischen Kanalisation in den Briller Bach (links: offener Abschnitt, rechts: kanalisierter Abschnitt)



Bild 13 Beispiele für Direkteinleitung (links: Einleitung in den Hasenbergbach, rechts: Einleitung in den kanalisierten Briller Bach)

3.3.2 Einleitungen städtischer Kanäle

Die Einleitstellen der städtischen Kanalisation in das Gewässersystem sind durch die Kanaldatenbank bzw. das Kanalnetzmodell erfasst. Die zugehörigen jeweiligen Einzugsgebietsflächen wurden auf der Grundlage des Einleitungskatasters bestimmt. Mit Hilfe des DGM und des Kanalnetzmodells wurde die Plausibilität der Einzugsgebietsgrenzen der einzelnen Einleitungen und des Gesamteinzugsgebietes des Gewässersystems Briller Bach geprüft und ggf. verändert. Im Einleitungskataster fanden sich Einzugsgebiete, die keine oder eine fehlerhafte Einleitungsnummer aufwiesen. Diesen Bereichen wurde eine Nummer zugewiesen bzw. die Nummer wurde korrigiert. Tabelle 12 zeigt die Flächen, denen eine Einleitungsnummer zugeordnet wurde, vor und nach der Bearbeitung der Einzugsgebiets-

flächen. Insgesamt sind 40 städtische Einleitungen bekannt. Die Größe der angeschlossenen Flächen hat sich von 344 auf ca. 315 ha um 8,56 % verringert.

Tabelle 12 Übersicht der 40 Einleitungen aus der städtischen Kanalisation mit den ursprünglichen und korrigierten Einzugsgebietsgrößen

Einleitungsnummer	Fläche (ha)		Veränderung (%)	Einleitungsnummer	Fläche (ha)		Veränderung (%)
	vorher	nachher			vorher	nachher	
6510 4401	38,49	38,73	0,61	6510 4422	5,18	5,25	1,31
6510 4402	keine	1,07	-	6510 4423	keine	0,63	-
6510 4404	5,25	5,16	-1,59	6510 4425	13,56	13,60	0,29
6510 4405	0,34	0,29	-14,97	6510 4426	0,93	0,93	0,00
6510 4406	21,15	18,31	-13,42	6510 4427	1,84	0,45	-75,52
6510 4407	0,83	0,78	-4,97	6510 4429	2,16	2,16	0,00
6510 4408	16,71	18,15	8,66	6510 4430	48,18	48,20	0,04
6510 4409	4,42	4,18	-5,46	6510 4432	24,56	24,55	-0,07
6510 4410	5,02	5,02	0,00	6510 4434	8,13	8,13	0,00
6510 4411	4,27	4,27	0,00	6510 4436	0,76	0,76	0,00
6510 4412	0,74	0,97	31,04	6510 4604	54,51	54,19	-0,58
6510 4413	5,82	5,85	0,56	6510 4701	4,00	4,00	0,00
6510 4414	29,85	1,21	-95,94	6510 8102	1,18	0,69	-41,71
6510 4415	13,66	13,66	0,00	6510 8205	keine	0,06	-
6510 4416	6,42	6,15	-4,15	6510 9001	1,48	1,58	7,00
6510 4417	6,93	6,93	0,00	6510 9002	6,60	6,49	-1,67
6510 4418	0,37	0,70	91,21	6510 9003	keine	0,44	-
6510 4419	0,22	0,22	0,00	6510 9004	1,43	1,43	0,00
6510 4420	2,83	2,83	0,00	6510 9006	keine	0,02	-
6510 4421	6,28	6,26	-0,35	6515 2822	keine	0,31	-

3.3.3 Direkteinleitungen

Die Ermittlung der direkt an die Gewässer angeschlossenen Einleitungen gestaltete sich aufwändig. Diese Einleitungen sind bislang nur teilweise erfasst worden. Die Ermittlung der Einleitstellen in die kanalisiertem Abschnitte der Gewässer erfolgte durch Auswertung der TV-Inspektionsdaten der WSW Energie & Wasser AG. Die Befahrungsdaten enthalten Informationen zu Haltungsanfang und -ende, zu Schadstellen, Querschnitts- und Materialänderungen sowie Anschlussstutzen. Jeder einzelnen Information ist eine Länge, bezogen auf den Startschacht, zugeordnet. Ebenso ist für jede Befahrung der obere und untere Schacht sowie die dazugehörige Inspektionsrichtung (in oder gegen Fließrichtung) hinterlegt. Jede Befahrungsinformation ist durch ein Kürzel definiert (Merkblatt ATV-M 143, Teil 2, 1999). Anhand dieser Kürzel war die Identifikation der Anschlussstutzen der Direkteinleiter möglich. Einleitungen in offene Bereiche wurden durch Ortsbegehungen überprüft und ermittelt. Einige Bereiche waren nicht öffentlich zugänglich und konnten so nicht betrachtet werden.

Die Auswertung der Befahrungsdaten und der Ortsbegehungen ergab 483 Direkteinleitungen in das Gewässersystem Briller Bach (Tabelle 13). Von den insgesamt 483 Einleitungen entfallen allein 379 auf den Briller Bach. Für die Direkteinleiter im Gesamtgewässersystem Briller Bach ergibt sich eine Gesamtfläche von 67,93 ha. Für insgesamt 52 Einleitungen (Anschlussstutzen) war eine Definition

des Anschluss nicht möglich. Hier konnte beispielsweise nicht festgestellt werden, ob an den Anschluss ein Straßenablauf, eine Drainage, eine zweite Grundstücksleitung oder eine inzwischen stillgelegte Leitung angeschlossen ist.

Tabelle 13 Anzahl und Flächen der Anschlüsse mit Direkteinleitungen in das Briller-Bach-System

Gewässer	Einleitungen/Anschlüsse				Fläche der Einleitungen (ha)		
	Straßenabläufe	Grundstücksentw.	ohne Zuordnung ¹⁾	Σ Einleitungen	kana-lisiert	offen	Σ Flächen
Briller Bach	95	232	52	379	23,69	3,46	27,15
Bach am Luhnberg	0	1	0	1	0	4,28	4,28
Bach am Anschlag	2	15	0	17	1,57	5,41	6,98
Schmachtenberger Bach	14	38	0	52	2,27	1,02	3,29
Oberer Hasenbergbach	1	0	0	1	0	10,92	10,92
Unterer Hasenbergbach	0	0	0	0	0	5,51	5,51
Hasenbergbach	2	6	0	8	0,43	0	0,43
Unbekanntes Gewässer	4	1	0	5	0,44	0	0,44
Hülsbecker Bach	6	14	0	20	4,93	4,00	8,93
Summe	124	307	52	483	33,33	34,60	67,93

¹⁾ Dem vorhandenen Anschlussstutzen konnte keine Art der Einleitung zugeordnet werden

Bei vielen Haltungen war die Anzahl der ermittelten Anschlussstutzen so hoch, dass eine genaue Abgrenzung der Einzugsgebiete für jede einzelne Direkteinleitung nicht möglich war. Aus diesem Grund wurden die Einzugsgebiete der Direkteinleiter zusammengefasst und der Übersichtlichkeit halber in Abschnitte unterteilt. Nach jeder städtischen Einleitung wurde hier ein neuer Abschnitt definiert.

Eine exakte Zuordnung von Anschlüssen durch die TV-Daten oder eine örtliche Aufnahme war für 387 der insgesamt erhobenen 483 Einleitungen möglich. Für einzelne geschlossene Abschnitte lagen jedoch keine TV-Befahrungen vor. In diesem Fall wurde die Anzahl der Einleitungen durch Aufnahme der Grundstücksnutzung (Bebauung) und der vorhandenen Straßenabläufe abgeschätzt. Somit sind 96 Einleitungen fiktiv angenommen worden. Abschließend erfolgte die manuelle Überführung aller Stutzen in das Kanalnetzmodell.

3.4 Zusammenstellung der Einleitungssystematik für das Briller-Bach-System

Tabelle 14 liefert einen Überblick über sämtliche Einleitungen in das rd. 7,9 km lange Gewässersystem. Einen maßgeblichen Anteil an den Einleitungen haben die Straßeneinläufe. Allerdings ist eine exakte Zuordnung der jeweiligen Einleitungen, die durch eine Erhebung der Anschlussstutzen aus der Kanalzustandsuntersuchung ermittelt wurden, nicht immer möglich. Von den 523 Einleitungen erfolgen 29 in offene Gewässerabschnitte und 494 in das kanalisierte Gewässer. Somit bestehen durchschnittlich 66 Einleitungen auf 1 km Länge.

Tabelle 14 Systematik der Einleitungen in das teilkanalisierte Briller Bachsystem

Teilgebietsanschlüsse durch (kommunale) Regenwasserkanäle	40
<i>Wasserrechtliche Erlaubnis gem. § 8 WHG erforderlich</i>	
davon in offene Abschnitte	8
davon in kanalisierte Abschnitte	32
Direktanschlüsse von Privatflächen und Straßeneinläufen	483
davon in offene Abschnitte	21
davon in kanalisierte Abschnitte	462
Gesamtanzahl an Anschlüssen/Einleitungen	523

4 Ermittlung behandlungspflichtiger Oberflächen - Flächenkategorisierung

4.1 Datengrundlagen und Flächenabgrenzung

Die Beschreibung der flächennutzungsabhängigen Definition der Oberflächenabflüsse in NRW erfolgt im Teilbericht 1. Sämtliche abflusswirksamen Flächen sind demnach einer von drei möglichen Kategorien zuzuordnen. Oberflächenabflüsse von Flächen der Kategorie I gelten als „unbelastet“ und sind grundsätzlich nicht behandlungspflichtig. Bei Abflüssen von Flächen der Kategorie II „schwach belastet“ ist eine Behandlung erforderlich – hier sind allerdings Ausnahmen möglich. Abflüsse von Flächen der Kategorie III „stark belastet“ sind grundsätzlich behandlungspflichtig. Eine Ausnahmeregelung ist für die Flächenkategorie II möglich. Durch Unterscheidung der Kategorie II in die Unterkategorien IIa (schwach belastet, aber noch nicht behandlungspflichtig) und IIb (schwach belastet – behandlungspflichtig). Die Unterteilung in diese Unterkategorien IIa und IIb ist im Erlass nicht explizit aufgeführt, sondern das Ergebnis individueller Abstimmungen.

In 2007 erfolgte eine Schmutzfrachtberechnung für das Einzugsgebiet der Kläranlage Buchenhofen (Dr. Pecher AG, 2007). Der Bereich des Briller Baches ist Teilgebiet dieses Kläranlageneinzugsgebietes. Im Rahmen dieser Ausarbeitung sind die Teilflächen bereits erfasst und kategorisiert worden. Auf der Basis dieser vorliegenden Daten erfolgten ergänzende Erhebungen resp. eine exaktere Flächenbetrachtung für die hier entwickelten Detailkonzepte.

Das digitale Versiegelungskataster der Stadt bildete die Basis für Lage und Art der befestigten Flächen (Abschnitt 3.2.6). Für die Kategorisierung der befestigten Flächen im Stadtgebiet wurde auf den Flächennutzungsplan (FNP) vom 17.01.2005 zurückgegriffen. Der FNP umfasst insgesamt 54 Klassen von Nutzungsarten. Hierzu gehören u. a.:

- Wohnbauflächen
- gemischte Bauflächen
- gewerbliche Bauflächen
- Verkehrsflächen
- Flächen für Ver- und Entsorgung
- landwirtschaftliche Flächen

Weiterhin wurden Datenbanken mit Standorten zur Viehhaltung, Modelle zur Bestimmung der Verkehrsdichte und unterschiedliche Karten und Luftbilder ausgewertet. Fehlende Angaben wurden im Rahmen einer Ortsbegehung erhoben.

4.2 Nutzungsabhängige Kategorisierung der jeweiligen Teilflächen

4.2.1 Allgemeine Teilflächenbetrachtung

Auf der Grundlage des FNP wurde jede Fläche nutzungsspezifisch in einem ersten Schritt grob kategorisiert. Eine Betrachtung der befestigten Flächen auf der Basis des Flächennutzungsplans ergab einige falsch kategorisierte Flächen. In manchen Fällen wies der FNP eine Flächennutzung aus, die zum heutigen Zeitpunkt nicht mehr aktuell ist. So wird z. B. das Industriegebiet „Funckstraße“ im FNP noch als Bahnanlage geführt. Außerdem wurde im Rahmen einer Ersteinschätzung die dazugehörige Bahnstrecke, die seit 1999 stillgelegt ist, der Kategorie III zugewiesen. In anderen Fällen wurde die Art der Flächennutzung falsch angegeben. Das HRB im Quellbereich des Briller Bachs wurde der Kategorie III zugeordnet, da der Bereich im FNP als Fläche für die Entsorgung gekennzeichnet war.

Bei der Betrachtung von befestigten Teilflächen aus dem Versiegelungskataster entlang der Grenzen des FNP kam es in einigen Fällen zu Überschneidungen. So konnte es vorkommen, dass eine kleine Ecke einer Dachfläche, die fast ausschließlich im Wohngebiet lag, durch die angrenzende viel befahrene Straße, in Kategorie III eingeordnet wurde. Diese Flächen wurden durch die gezielte Untersuchung der klärpflichtigen Flächen gefunden und korrigiert.

4.2.2 Verkehrsflächen

Für die Kategorisierung der Straßenflächen wurde ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen Verkehrsbelastung, gemessen als durchschnittlicher werktäglicher Verkehr (DTV_w), und Verschmutzungsgrad unterstellt. Der DTV_w lag für die meisten Straßen in Form eines digitalen Verkehrsmodells vor. Die Kategorisierung in Abhängigkeit vom DTV kann nach unterschiedlichen Ansätzen erfolgen. Die möglichen Ansätze sind im Teilbericht 1 beschrieben. Die Grenzwertfestlegung zwischen den Kategorien I und II ist häufig Gegenstand der Diskussion. Im Rahmen dieser Ausarbeitung erfolgte eine Orientierung an den Richtlinien für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wasserschutzgebieten RiStWag (FGSV, 2002). Aufgrund der Orientierung an die RiStWag werden Straßenflächen erst ab einem DTV von 2.000 Fahrzeugen in Kategorie IIb eingeordnet. Die Wahl des Ansatzes sollte immer in Abstimmung mit der zuständigen Genehmigungsbehörde erfolgen (Grüning, 2007). Ab einer täglichen Verkehrsbelastung von 15.000 Fahrzeugen erfolgt eine Zuordnung in die Kategorie III.

Das Einzugsgebiet des Briller Bachs erfasst insgesamt 42 ha versiegelte Verkehrsfläche verteilt auf 116 Straßen und Wegen. Die 116 Straßen und Wege wurden im Verkehrsmodell der Stadt Wuppertal in 371 Berechnungsabschnitte unterteilt. Die Verkehrsbelastung in diesen Abschnitten ist die Grundlage zur Ermittlung der Verschmutzungskategorie gemäß Trennerlass. Tabelle 15 fasst die Ergebnisse der Auswertung und Kategorisierung zusammen.

Tabelle 15 Verteilung der Verkehrsflächen nach Kategorisierung für das Gebiet Briller Bach

Mittlere tägliche Verkehrsbelastung DTV_w	Anzahl der Abschnitte im Verkehrsmodell	Länge der Straßen im Verkehrsmodell	$A_{E,b}$	$A_{E,b}$ am Kanal/Gewässer angeschlossen
< 2.000 KFZ	251	29,9 km	25,7 ha	22,0 ha
2.000 bis 15.000 KFZ	75	8,0 km	8,4 ha	8,1 ha
> 15.000 KFZ	45	5,8 km	14,4 ha	14,2 ha
Summe	371	43,7 km	45,7 ha	41,5 ha

4.2.3 Sonderflächenbetrachtung

Die endgültige Kategorisierung der Flächen erfordert neben der Auswertung verfügbarer Datenbanken und Bildauswertungen eine ergänzende Ortsbegehung. Neben öffentlichen Wegen und Plätzen sowie den Verkehrsflächen erfolgte eine nutzungsabhängige Auswertung folgender Flächentypen:

- Flächen mit intensiver landwirtschaftlicher Nutzung

Im Einzugsgebiet des Briller Bachs liegen derzeit keine Flächen mit intensiver landwirtschaftlicher Nutzung vor.

- Hof- und Dachflächen (Metaldächer)

Die Erhebung von Metalldächern erfolgte auf Grundlage einer Diplomarbeit (Bartkowiak, 2005). In einem ersten Schritt erfolgte eine Analyse der Metalldächer im Einzugsgebiet des Briller Baches mit Orthofotos. Da Metalldächern in den verfügbaren Datenbanken kein Attribut zugewiesen ist, mussten die Dachflächen auf Metalldächer hin überprüft werden. Hierbei wurde festgestellt, dass eine eindeutige Unterscheidung von Metalldächern und Dächern, die ihnen von der Struktur her ähneln, anhand von Luftbildern äußerst schwierig ist. Durch eine Ortsbegehung ist jedoch bei Flachdächern, im Gegensatz zu Satteldächern, eine problemlose Inaugenscheinnahme des Dachmaterials nicht immer möglich. Durch die Auswertung der Diplomarbeit von Bartkowiak (2005) konnten sieben Dachflächen im Einzugsgebiet als Metalldachflächen identifiziert werden. Bei den Ortsbegehungen konnte ein zusätzliches Metalldach ausgemacht werden, das erst in den letzten Jahren errichtet wurde.

4.3 Ergebnis der Flächenkategorisierung

Durch die detaillierte Betrachtung der jeweiligen Flächen für das Einzugsgebiet des Briller Baches erfolgte eine Korrektur der kategorisierten Flächenanteile (Tabelle 16). Im Ergebnis hat sich die behandlungspflichtige Fläche um 0,6 ha verringert. Die gewässerspezifische Verteilung der jeweiligen Flächenanteile enthält Tabelle 17.

Tabelle 16 Ergebnis der detaillierten Flächenkategorisierung für das Einzugsgebiet im Vergleich zum Schmutzfrachtnachweis für das Einzugsgebiet der Kläranlage Buchenhofen (2007)

Briller Bach – Art der Flächenerhebung	Befestigte Flächen in ha (inklusive Versickerungsanteil)				
	Kategorie I	Kategorie II		Kategorie III	Summe Kategorie IIb/III
		Ila	Ilb		
Detaillierte Betrachtung (FuE-Vorhaben)	130,55	2,26	18,20	12,83	31,03
Pauschalierte Betrachtung (Schmutzfrachtnachweis)	129,70		15,30	16,33	31,63

Tabelle 17 Flächenkenngrößen der Gewässer des Briller-Bach-Systems

Gewässer	Flächen in ha (ohne Versickerungsanteil)		
	Einzugsfläche A_E	$A_{E,b}$ (gesamt)	$A_{E,b}$ (Kategorie IIb + III)
Briller Bach und Birkensiefen	245,4	97,2	21,9
Bach Am Luhnberg	4,3	0,3	0,0
Bach Am Anschlag	11,0	1,7	0,4
Schmachtenberger Bach	13,2	3,8	0,7
Hasenbergbach	17,6	0,3	0,0
Hülsbecker Bach	64,0	17,0	5,2
Gesamtsystem	382,7	120,4	28,2

5 Katalogisierung der Teileinzugsgebiete für die jeweiligen Einleitungsstellen

Zur Ermittlung der Regenwasserbehandlungskonzepte der Varianten 1 (dezentrale Regenwasserbehandlung) und 2 (semizentrale Regenwasserbehandlung) erfolgte eine detaillierte Flächenzuordnung für die jeweiligen Einleitungsstellen. Dazu wurde das gesamte Gewässer bzw. die jeweiligen Einleitungen im Rahmen vor Ort besichtigt und überprüft.

Nach Ermittlung der Einleitungen und der zugehörigen Einzugsgebietsgrenzen erfolgte die Überlagerung der Flächen mit den Ergebnissen der Flächenkategorisierung. Die jeweiligen Flächeninformationen wurden mit dem Programmsystem KANAL++ bearbeitet.

Die Darstellung von Flächenstrukturen und Einleitungsarten erfolgte separat für „städtische Einleitungen“ und „Direkteinleitungen“.

Für jede der 40 städtischen Einleitungen wurde außerdem ein „Steckbrief“ erstellt. Dieser Steckbrief enthält folgende spezifische Information für jede Einleitung:

- Foto mit der Einleitstelle
- Tabelle mit Kenndaten zur Einleitung (z. B. Flächen, kritischer Regenabfluss)
- Ausschnitt aus der DGK zur Darstellung des Umfeldes der Einleitungsstelle
- Luftbild mit Darstellung des Einzugsgebietes
- Ausschnitt aus der DGK mit Darstellung des Einzugsgebietes
- Darstellung der Flächenkategorien für das Einzugsgebiet
- Darstellung von versickernden Flächen und Straßenflächen im Einzugsgebiet

Die Steckbriefe und die betreffenden Karten sind in Anlage 1 enthalten.

Ähnlich wie bei den städtischen Einleitungen erfolgte eine Katalogisierung der 483 Direkteinleitungen. Hier erfolgte die Darstellung jedoch nicht für jede einzelne Einleitung sondern für Gewässerabschnitte. Die Festlegung der Gewässerabschnitte orientiert sich beispielsweise am Wechsel offener oder geschlossener Abschnitte oder an seitlichen Einleitungen von Nebengewässern. Den entsprechenden Katalog enthält Anlage 2.

6 Planungskonzept der Varianten 1 bis 4 für das Gewässersystem Briller Bach

6.1 Variante 1 „Dezentrale Behandlung“

6.1.1 Systeme und Privatgrundstücke

In Variante 1 „Dezentrale Behandlung“ erfolgt die Behandlung klärpflichtiger Oberflächenabflüsse ausschließlich dezentral durch kompakte Reinigungssysteme. In der Regenwasserkanalisation resp. im kanalisiertem Gewässer werden somit ausschließlich der natürlichen Basisabfluss und die nicht klärpflichtigen bzw. die behandelten Oberflächenabflüsse abgeleitet. Zur dezentralen Behandlung sind dabei exemplarisch die beiden Systeme Innolet® (Referenz für Straßenablaufeinsätze) und Filtapex® (Referenz für Schachtsysteme) vorgesehen. Diese Auswahl ist keinesfalls als Wertung der Reinigungsleistung anderer Fabrikate zu interpretieren. Eine Darstellung der Behandlungssysteme zeigen die Blätter 15 und 16 im Anhang.

Die dezentrale Behandlung von Oberflächenabflüssen erfolgt systembedingt häufig im Bereich privater Grundstücke. Eine konsequente Umsetzung dieses Konzeptes ist ggf. mit einer entsprechenden Anpassung der Satzung und mit einem nennenswerten Aufwand zur Information und Abstimmung mit den Grundstückseigentümern verbunden. Gemäß § 9 (1) der Abwasserbeseitigungssatzung der Stadt Wuppertal (Wuppertal, 2009) ist „jedes anzuschließende Grundstück ... mit einer eigenen Anschlussleitung ... an die öffentlichen Abwasseranlagen anzuschließen.“ Es existieren aber auch Flurstücke im Einzugsgebiet, bei denen die Stadt gemäß § 9 (9) gestattet hat, „... dass zwei oder mehrere Grundstücke durch eine gemeinsame Anschlussleitung entwässert werden“. Die Grundstückseigentümer sind satzungsgemäß für die Herstellung der Grundstücksentwässerung und für die betriebliche Unterhaltung wie Reinigung und Inspektion der Grundstücksentwässerung und der Anschlussleitung zuständig. Die Herstellung, Veränderung, Beseitigung und Unterhaltung der Anschlussleitung erfolgt aber durch die WSW Energie & Wasser AG. Bild 14 zeigt exemplarisch einen Schnitt durch eine Grundstücksentwässerung bis zum Anschluss an die öffentliche Abwasserkanalisation.

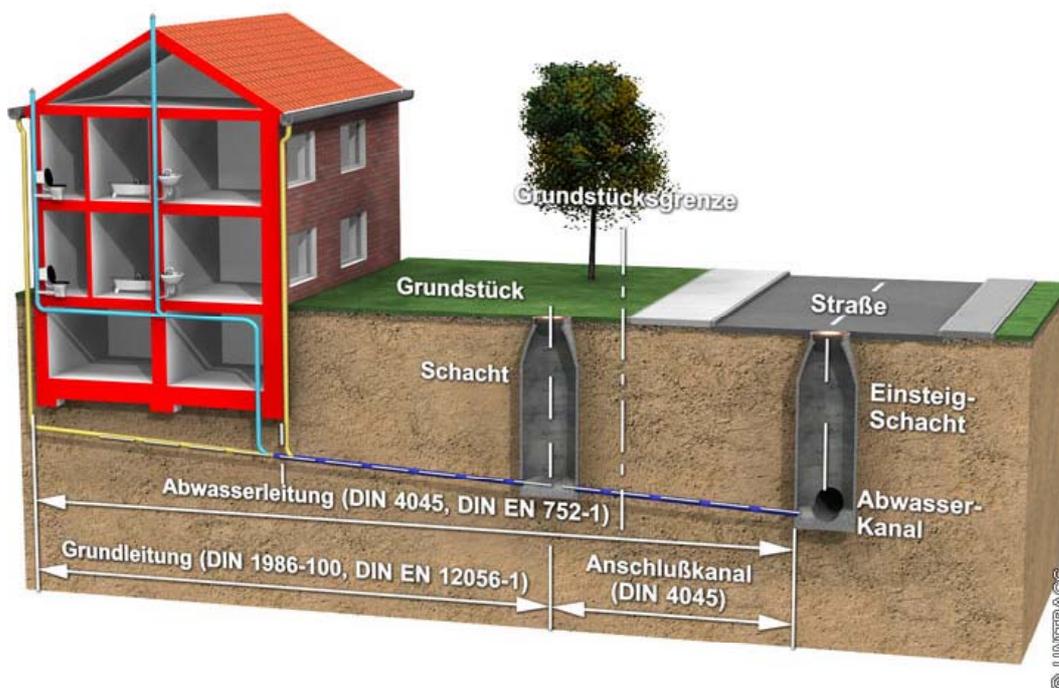


Bild 14 Exemplarische Darstellung der Entwässerungssystematik einer Grundstücksentwässerung (UNITRACC, 2009)

In der Abwassersatzung der Stadt Wuppertal fehlt eine entsprechende Regelung zum Umgang von Regenwasserbehandlungsanlagen vor der Einleitung in das öffentliche Abwasserkanalnetz. Eine Übertragung der Regeln für Grundstückskläranlagen ist nicht möglich, da wesentliche Unterschiede zu Regenwasserbehandlungsanlagen bestehen. Es wird aber davon ausgegangen, dass die Planung, Herstellung und der Betrieb (Reinigung, Inspektion, Wartung etc.) der Regenwasserbehandlungsanlagen – unabhängig davon, ob die Regenwasserbehandlungsanlage innerhalb oder außerhalb von Grundstücksgrenzen erstellt wird – durch den Kanalnetzbetreiber erfolgt.

6.1.2 Ausrüstung mit Filtereinsätzen in Straßenabläufen

In Variante 1 wird weitgehend die Möglichkeit der Behandlung der Oberflächenabflüsse von Straßen durch Straßenablaufzeinsätze angenommen. Die Abflüsse des Robert-Daum-Platzes und der Abschnitte der Autobahn A 46 werden in Filterschachtsystemen behandelt. Eine Übersicht über die jeweiligen Verkehrsflächen liefert Tabelle 18.

Tabelle 18 Verkehrsflächen je Straßenzug mit behandlungspflichtigen Flächenanteilen und Art der Behandlung

Straße	Behandlungssystem	Fläche in m²	
Sterntalerweg	Straßenablaufzeinsatz	338	
Hufschmiedstraße		556	
Funckstraße		840	
Mozartstr.		931	
Viktoriastr.		1.053	
Hainstraße		1.067	
Am Elisabethheim		1.087	
Charlottenstraße		1.458	
Kirschbaumstraße		1.746	
Marienstraße		3.096	
Birkenhöhe		3.151	
Ottenbrucher Straße		4.902	
Nützenberger Straße		Innolet	5.046
Hochstraße			5.325
Katernberger Schulweg			5.960
Bayreuther Straße			6.786
A 46 Auf/Abfahrt			8.011
Westfalenweg			11.571
Katernberger Straße			12.488
In den Birken			15.376
Briller Straße	30.956		
Hainstraße	32.830		
Navigeser Straße	38.499		
A46	FiltaPex	27.066	
Robert-Daum-Platz		2.959	
Summe		223.097	

Entsprechend den Vorgaben des Trennerlasses sind für behandlungspflichtige Abflüsse ein Anteil von 15 l/(s · ha) und für ebenfalls zufließende nicht behandlungspflichtige Abflussanteile ein Bemessungszuschlag von 5 l/(s · ha) zu berücksichtigen. Von den betrachteten Straßenabschnitten ist ein Flächenanteil von 22,3 ha der Kategorie II (behandlungspflichtig) zugeordnet. Über diese Fläche verteilen sich 512 Straßenabläufe. Gemäß RAS-EW (FGSV, 2005) werden im Mittel 400 m² als Anschlussfläche je Straßenablauf angenommen. Für das Einzugsgebiet erfolgte eine Auswertung der Einzugsflächen für die jeweiligen Straßenabläufe. Demnach wird für 339 Straßenabläufe dieser Bemessungswert eingehalten. An 173 Straßenabläufe sind größere Flächen angeschlossen.

Tabelle 19 Verteilung der angeschlossenen Flächen an die Straßenabläufe

Angeschlossene Straßenfläche in m ²	Absolute Anzahl der Straßenabläufe	Relative Anzahl der Straßenabläufe
< 200	100	19,53 %
200 bis 400	239	46,68 %
400 bis 450	29	5,66 %
450 bis 500	26	5,08 %
500 bis 600	31	6,05 %
600 bis 700	19	3,71 %
700 bis 800	9	1,76 %
800 bis 1000	17	3,32 %
1000 bis 1200	11	2,15 %
1200 bis 1600	18	3,52 %
1600 bis 2000	8	1,56 %
2000 bis 2910	5	0,98 %
Summe	512	100 %

Das System Innolet gewährleistet für eine Fläche von 400 m² eine Behandlung für 10 l/(s · ha). Um die Anforderungen an den behandlungspflichtigen Oberflächenabflussanteil zu gewährleisten, kann somit nur eine Fläche bis zu 267 m² an einen Straßenablauf angeschlossen werden. Für größere Flächen sind zusätzliche Straßenabläufe erforderlich. Dabei werden folgende Fallunterscheidungen getroffen:

Fall 1: Das Filtersystem ist ohne zusätzliche bauliche Maßnahme in den bestehenden Straßenablauf installierbar. Die Anschlussfläche ist ≤ 267 m². Es sind keine Umbaumaßnahmen erforderlich.

Fall 2: Neben dem bestehenden Straßenablauf wird ein zusätzlicher Straßenablauf eingebaut. Dabei kann die Ablaufleitung an den bereits bestehenden Ablauf angeschlossen werden, sodass kein Anschluss bis an den vorhandenen Regenwasserkanal erfolgen muss. Die Anschlussfläche ist in diesem Fall ≤ 534 m².

Fall 3: Neben dem bestehenden Straßenablauf werden zwei zusätzliche Straßenabläufe eingebaut. Dabei kann die Ablaufleitung an den bereits bestehenden Ablauf angeschlossen werden, sodass kein Anschluss bis an den vorhandenen Regenwasserkanal erfolgen muss. Die Anschlussfläche ist in diesem Fall ≤ 801 m².

Fall 4: Neben den beiden bereits parallel angeordneten Straßenabläufen muss zusätzlich ein separater Straßenablauf eingebaut werden. Die Straßenabläufe entwässern eine Fläche von über 801 m².

Tabelle 20 liefert eine Zusammenstellung der jeweiligen Maßnahmen. Demnach kann an 190 Stellen direkt eine Umrüstung vorgenommen werden. Im Bereich der angeschlossenen Fläche von 267 bis 534 m² sind 204 vorhandene Straßenabläufe auszurüsten und 62 parallele Straßenabläufe vorzusehen. An 52 Stellen sind zusätzlich zwei parallele Straßenabläufe erforderlich, um sicherzustellen, dass im Bereich der angeschlossenen Flächen von 534 bis 801 m² der behandlungspflichtige Abfluss aufgenommen wird. Im Flächenbereich über 801 m² erfolgt in 42 Fällen eine parallele Anordnung zum vorhandenen Straßenablauf und an 123 Stellen sind zusätzliche Straßenabläufe mit eigenem Anschluss an das Kanalnetz erforderlich. Hier sind grundsätzlich nicht genügend Straßenabläufe vorhanden, so dass diese 123 Abläufe im Bereich der Straßenfläche verteilt anzuordnen sind, die einen separaten Anschluss benötigen.

Tabelle 20 Verteilung der angeschlossenen Flächen an Straßenabläufe und erforderliche bauliche Zusatzmaßnahmen

Fläche in m ²	vorhandene Straßenabläufe	zusätzliche Straßenabläufe	Maßnahme
≤ 267	190	0	Filtereinsatz ohne Umbaumaßnahme
267 bis 534	204	62	Ein paralleler Straßenablauf
534 bis 801	43	52	Zwei parallele Straßenabläufe
> 801	42	42 + 123	Parallele und zusätzliche Straßenabläufe

Es ist nicht generell davon auszugehen, dass der Filtereinsatz ohne zusätzliche bauliche Maßnahme installiert werden kann. In Wuppertal liegen fast ausschließlich Nassgullies vor. Der Filtereinsatz des Systems Innolet darf jedoch nicht dauerhaft eingetaucht sein. In den meisten Fällen wird hier dennoch von Bedingungen ausgegangen, die einen direkten Einbau ermöglichen. Entsprechend den Angaben des Herstellers kann in jedem Straßenablauf gemäß DIN 4052 der Austausch erfolgen. Zusatzmaßnahmen sind allerdings bei älteren Straßenabläufen bzw. bei konstruktiven Abweichungen von der DIN erforderlich. Da eine Untersuchung der einzelnen Straßenabläufe im Rahmen dieses Vorhabens nicht möglich war, wurde ein pauschalierter Ansatz für zusätzliche konstruktive Maßnahmen gewählt. Dieser sieht vereinfachend vor, dass für 10 % der Straßenabläufe bauliche Zusatzmaßnahmen erforderlich sind.

Insgesamt werden zur Behandlung einer verschmutzten Straßenfläche von insgesamt 19,3 ha im Einzugsgebiet des Briller Bachs 758 Straßenablaufeinsätze vorgesehen, die sich folgendermaßen verteilen:

- 479 Filtereinsätze zur Nachrüstung in vorhandene Straßenabläufe (190 + 204 + 43 + 42)
- 156 Straßenabläufe mit Filtereinsatz parallel zum vorhandenen System (62 + 52 + 42)
- 123 zusätzliche Straßenabläufe mit Filtereinsatz und Anschlusskanal an das Kanalnetz

In Anlage 3 sind die Dimensionierung, die Mengenermittlung sowie die Investitions- und Betriebskosten dokumentiert. Auf dem Übersichtsplan, Blatt 5, und den Lageplänen, Blatt 7 und 8, sind die behandlungspflichtigen Straßenflächen und die Lage der betroffenen Straßenabläufe ersichtlich. Auf Blatt 16 sind beispielhaft die Straßenabläufe mit Filtereinsatz dargestellt.

6.1.3 Anordnung von Filterschächten

In Abhängigkeit von der anzuschließenden Flächengröße sind unterschiedliche Systemkonfigurationen für die Filterschachtsysteme FiltaPex möglich. Eine Systembeschreibung enthält Teilbericht 1. Für Flächen unter 2.000 m² sind Einschachtsysteme möglich. Bei größeren Flächen werden Kombinationslösungen aus einer oder mehreren Vorstufen und anschließenden Filterstufe vorgesehen. Durch die Möglichkeit der Systemkombination können Flächen von mehreren Hektar angeschlossen werden. Die Anordnung von Filterschächten erfolgt im Einzugsgebiet des Briller Baches für eine Gesamtfläche von 9,3 ha. In Tabelle 21 sind die jeweiligen Maßnahmen aufgelistet.

Tabelle 21 Anzahl der Maßnahmen mit dem Spektrum der angeschlossenen Flächen

System		mittlere anschließbare Fläche (m ²) ¹⁾	Σ Versiegelte Grundstücksfläche (m ²)	Minimum (m ²)	Maximum (m ²)	Erforderliche Anzahl der Maßnahmen
Kombi-Schacht (DN 1000)		bis 500	4.511	93	471	19
Kombi-Schacht (DN 1250)		bis 2.000	6.174	532	1.079	8
DN 1250	1 VS + 1 FS	bis 5.000	4.750	2.175	2.575	2
	1 VS + 2 FS	bis 10.000	21.177	6.135	8.338	3
	2 VS + 3 FS	bis 15.000	29.473	10.258	11.550	2
	2 VS + 4 FS	bis 20.000	34.731	16.808	17.923	2

¹⁾standort- und systemspezifische Abweichungen möglich

VS = Vorstufe (Grobstoffrückhalt) FS = Filterstufe

An folgenden Standorten ist eine Behandlung mit dem System FiltaPex im Konzept der Variante 1 vorgesehen:

- Robert-Daum-Platz: Hier sind 6.704 m² behandlungspflichtige Fläche angeschlossen. Für diese Fläche erfolgt die Behandlung durch ein Schachtsystem mit einer Vorstufe und einer Filterstufe (1 VS + 1 FS) DN 1500. Das System ist bereits seit 2008 in Betrieb. Es handelt sich vornehmlich um den stark frequentierten Robert-Daum-Platz (Kreuzung B7).
- Gewerbegebiet Funckstraße/Bayreuther Straße: Die Behandlung erfolgt hier an drei Standorten. Für ein System bestehend aus einer zweifachen Vorstufe mit drei- und vierfacher Filterstufe sind 11.550 m² und einmal 17.923 m² angeschlossen. An ein System aus einer Vorstufe mit zweifacher Filterstufe sind 8.338 m² angeschlossen. Hier sind private Grundstücksflächen klärpflichtig.
- BAB A 46: An zwei Systemen aus einer zweifachen Vorstufe und einer drei- und einer vierfachen Filterstufe sind jeweils 10.258 m² und 16.808 m² angeschlossen. Behandelt werden die Autobahzubringer und Abschnitte der A 46.
- Zwei kleinere Anlagen mit einer Vorstufe und einer Filterstufe sind zur Grundstücksentwässerung im Bereich der Nevigeser Straße und der Friedrich-Ebert-Straße (Nr. 178 a und b) vorgesehen.

6.2 Variante 2 „Kombinationslösung aus de- und semizentraler Behandlung“

Die Variante „de- und semizentrale/zentrale Behandlung“ sieht vorzugsweise eine zusammenfassende Regenwasserbehandlung für Teileinzugsgebiete von städtischen Einleitungen vor. Im Untersuchungsgebiet Briller Bach werden in dieser Variante ausschließlich Regenklärbecken bzw. Stauraumkanäle mit Entleerung zur Kläranlage bzw. Ableitungen über die Schmutzwasserkanalisation vorgesehen.

Neben den Bauwerken sind hierbei erhebliche Maßnahmen für die Anschlussleitungen zur Integration der Maßnahmen in die bestehenden Ableitungssysteme erforderlich. Die jeweiligen Leitungen weisen Nennweiten bis zu DN 500 auf. Bei der Wahl der Lage der Verbindungs- und Sammelleitungen sind die im Straßenraum untergebrachten Leitungen zu berücksichtigen. Die zusätzliche Verlegung von Entwässerungsleitungen in einer Tiefenlage von bis zu zwei Metern ist deshalb nur mit erheblichem Aufwand umzusetzen.

In Variante 2 wird das Regenwasser in insgesamt 11 semizentralen Regenklärbecken ohne Dauerstau im städtischen Kanalnetz zwischengespeichert und nach dem Regenereignis über die Schmutzwasserkanalisation zur Kläranlage geleitet. Darüber hinaus sind noch drei kleine Regenklärbecken als Fertigteilsysteme mit einem Volumen von 790 l vorgesehen. Behandelt werden die Abflüsse von Metalldächern zwischen 93 und 185 m².

Vier der o. g. semizentralen Regenklärbecken werden an Regenüberläufen vorentlastet. Dadurch können Anschlussleitungen mit geringen Profildurchmessern unter DN 500 eingesetzt werden. In den überwiegenden Fällen reichen Verbindungskanäle mit einem Kreisprofil DN 300 aus. Die wesentlichen Kenngrößen zur Bemessung der Regenwasserbehandlung sind in Anlage 4 zusammengestellt. Auf den Lageplänen zur semizentralen Regenwasserbehandlung, Blatt 9 bis 11, sind das Einzugsgebiet, die bestehende Regenwasser- und Schmutzwasserkanalisation, die geplanten Bauwerke und die erforderlichen Verbindungskanäle dargestellt.

Folgende Maßnahmen wurden ausgearbeitet:

- RKB01 in der Straße „In den Birken“: Stauraumkanal mit untenliegender Entlastung (SKU) und einem Volumen von 13 m³, nahe der Häuser Nr. 165, 168 und 169. In diesem SKU wird das klärpflichtige Regenwasser im Einzugsgebiet der Einleitungen 65104404 gespeichert und über eine Pumpe in den Schmutzwasserkanal entleert. Die Entlastung erfolgt in den Birkensiefen.
- RKB02 in der Straße „In den Birken“: Stauraumkanal DN 1000 mit untenliegender Entlastung (SKU) und einem Volumen von 45 m³ in der Straßen „In den Birken“ unterhalb der Einmündung Jagdhausweg. Die Entlastung erfolgt in den Briller Bach. In diesem SKU wird das klärpflichtige Regenwasser im Einzugsgebiet der Einleitungen 65104406 gespeichert und nach dem Regenereignis in die Schmutzwasserkanalisation entleert. Hierzu ist ein füllstandsgesteuerter Elektroschieber erforderlich.
- RKB03 in der Hainstraße: Rechteckiges Fangbecken mit einem Volumen von 8 m³ im Einzugsgebiet des „Bachs am Anschlag“ am Schacht 78822018 an der Hainstraße 171. Die Entleerung des Fangbeckens erfolgt mit einer Abwasserpumpe in den Schmutzwasserkanal. Die Entlastung erfolgt in den „Bach am Anschlag“.
- RKB04 im Bereich Westfalenweg und Nevigeser Straße: Durchlaufbecken mit einem Volumen von 112 m³ mit Entlastung in den Briller Bachkanal. Die Beckenentleerung erfolgt über einen Elektroschieber in den Schmutzwasserkanal. Die Maßnahme erfasst das klärpflichtige Regenwasser der Einzugsgebiet der Einleitungen 6510 4401 (a bis c), 4402, 4405, 4423, 4427 im Westfa-

lenweg und der Nevigeser Straße. Außerdem soll das klärpflichtige Regenwasser von der Nevigeser Straße entlang Haus Nr. 214 bis Haus Nr. 134/139 einleiten. Hierzu ist der „historische“ Quellverlauf des Briller Bachs zu reaktivieren. Zunächst ist die Anbindung DN 300 zwischen der Quelle im Spielplatz entlang der Verkehrsfläche bis zum Grundstück Westfalenweg 30 zu erstellen. Das weiterführende Gerinne orientiert sich an dem historischen Verlauf und verläuft demnach entlang der Flurstücksgrenzen der Grundstücke Westfalenweg 30 und Nevigeser Straße 302 bzw. 306. Anschließend werden das Bachwasser und das nichtklärpflichtige Oberflächenwasser aus der direkten Grundstücksentwässerung über eine rd. 77 m lange Leitung DN 300 an den bestehenden Gewässerkanal DN 800 angeschlossen. Das klärpflichtige Regenwasser wird über zwei hintereinandergeschaltete Regenüberläufe und Verbindungskanäle DN 400 (insgesamt 800 m) zum Regenklärbecken RKB04 geleitet. Diese Verbindungsleitung nimmt auch das klärpflichtige Regenwasser aus der Nevigeser Straße auf. Die Regenüberläufe werden als Springüberläufe dimensioniert.

- RKB05 im Bereich Katernberger Schulweg: Stauraumkanal als SKU mit einem Volumen von 17 m³ und einer Entleerung durch eine Pumpe zum Schmutzwasserkanal sowie mit Entlastung in den Briller Bach. Erfasst wird die Einleitung 65104410 in den Briller Bach.
- RKB06 in der Borsigstraße: Durchlaufbecken mit Springüberlauf und einem Volumen von 18 m³ mit Entlastung in den Briller Bach. Behandelt wird das klärpflichtige Regenwasser in den Einzugsgebieten der Einleitung 65109004 (Nevigeser Straße zwischen Boschstraße und Katernberger Schulweg) und der Einleitung 65104411 (Nevigeser Straße zwischen Einmündung Katernberger Schulweg bis zur Borsigstraße). Zur Erfassung des klärpflichtigen Regenwasser an der Kruppstraße (ab Haus 130) bis zur Einmündung Katernberger Schulweg muss eine Sammelleitung für Straßenabläufe (rd. 167 m) erstellt werden. Außerdem ist eine Verbindungsleitung von rund 122 m zwischen RÜ03 und RKB06 erforderlich, in der ebenfalls die Straßenabläufe angeschlossen werden. Die Entleerung erfolgt in den Schmutzwasserkanal über ein Drosselorgan mit Elektroschieber.
- RKB07 im Bereich der Briller Straße an der Autobahn A 46: Durchlaufbecken mit Springüberlauf und einem Volumen von 120 m³ mit Entlastung in den Briller Bach. Erfasst werden die klärpflichtigen Abflüsse der Einleitungen 65104413 (Nevigeser Straße von Borsigstraße bis Mannesmannstraße), 65104415 (Hochstraße und Hainstraße), 65104417 (Autobahnabschnitt der A46 im Einzugsgebiet inklusiv Ausfahrt Katernberg) und 65104418. Außerdem werden sämtliche klärpflichtigen Flächen im Einzugsbereich, die über nichtstädtische Einleitungen in den Briller Bach und Hülsenbecker Bach abfließen, an die Regenwasserbehandlung RKB07 angeschlossen. Die Entleerung des Beckens kann über einen Elektroschieber im freien Gefälle in den Schmutzwasserkanal erfolgen.
- RKB08 in der Bayreuther Straße: Fangbecken mit einem Volumen von 44 m³ und Entlastung in den Briller Bach. Angeschlossen wird das Regenwasser aus den Einzugsgebieten vor den Einleitungen 65104419 (vorhandener Schleppkanal in der westlichen Fahrbahnseite in den Briller Bach) und 65104622 (Bayreuther Straße). Um auch das klärpflichtige Regenwasser aus den direkten Einzugsgebieten des Hülsbecker Bachs und des Briller Bachs der Regenwasserbehandlung zuzuführen, muss eine Sammelleitung für Straßenabläufe von rund 250 m bis zum Fangbecken erstellt werden. Die Entleerung erfolgt über einen füllstandsgesteuerten Elektroschieber in den Schmutzwasserkanal.
- RKB09 im Bereich der Kirschbaumstraße: Fangbecken mit einem Volumen von 96 m³ und Entlastung in den Hülsbecker Bach. Angeschlossen ist das Regenwasser aus dem Einzugsgebiet vor der Einleitungen 65104604 (Kirschbaumstraße) in den Hülsbecker Bach. Die Entleerung erfolgt über eine Pumpe in den Schmutzwasserkanal.

- RKB10 im Bereich der Marienstraße: Fangbecken mit einem Volumen von 64 m³ und Entlastung in den Briller Bach. Die Entleerung erfolgt über einen füllstandsgesteuerten Elektroschieber in den Schmutzwasserkanal. Erfasst wird das Regenwasser aus den Einzugsgebieten vor den Einleitungen 65104420 (vorhandener Schleppkanal in der östlichen Fahrbahnseite in den Briller Bach) und 65104425 (Marienstraße, Ottenbrucher Straße). Um auch das klärflichtige Regenwasser aus den direkten Einzugsgebieten des Briller Bachs unterhalb der Einleitung 65104420 der Regenwasserbehandlung zuzuführen, muss die vorhandene Sammelleitung für Straßenabläufe um rund 700 m bis zum Fangbecken RKB10 verlängert werden. Diese Leitung erfasst nur die Straßenwässer der östlichen Fahrbahnseite des Briller Bachs.
- RKB11 im Robert-Daum-Platz: Durchlaufbecken mit einem Volumen von 200 m³ und Entlastung in den Briller Bach. Diese Lösung umfasst folgende Maßnahmen: Ab der Bayreuther Straße Nr. 3 wird in die westlichen Fahrbahnseite der Briller Straße eine Leitung verlegt. Diese leitet die Oberflächenabflüsse der westlichen Hälfte der Briller Straße bis zur Einmündung Ottenbrucher Straße ab. In diesem Verlauf übernimmt die Leitung auch die Regenwässer aus der Einleitung 65104426 (Katernberger Straße). Im weiteren Verlauf bis zum Robert-Daum-Platz dient die Leitung zur Weiterleitung des klärflichtigen Regenwassers entlang der Briller Straße. Unmittelbar nach Übernahme der Einleitung 65104430 (Platzhoffstraße, Katernberger Straße) wird ein Regenüberlauf erstellt, der die weitere Leitung nur mit dem kritischen Niederschlagsabfluss belastet. Die Länge der Schleppleitung bis zum RÜ06 beträgt 805 m. Der Regenüberlauf kann als Springüberlauf erstellt werden. Der Regenüberlauf wird über eine weitere Leitung (1.130 m) mit dem Regenklärbecken RKB11 verbunden. Dieser Regenwasserkanal leitet neben dem kritischen Regenabfluss aus RÜ06 auch das Regenwasser aus den Einzugsgebieten der Einleitungen 65104434 (Nützenberger Straße) und 65104436 (Robert-Daum-Platz) und das klärflichtige Regenwasser auf und entlang der Briller Straße in das Regenklärbecken RKB11.

Eine Übersicht mit den Informationen zum Volumen und zur technischen Ausstattung der Regenklärbecken liefert Tabelle 22.

Tabelle 22 Regenklärbecken der Variante 2

Regenklärbecken	Typ	Drosselorgan/ Entleerung	erf. V in m³	gew. V. in m³ (Zuschlag für SK oder Geometrie)
RKB01	SKU DN 800	Pumpe	9	13
RKB02	SKU DN 1000	E-Schieber	30	45
RKB03	FB	Pumpe	7	8
RKB04	DB	E-Schieber	90	112
RKB05	SKU DN 1000	E-Schieber	11	17
RKB06	DB	E-Schieber	18	18
RKB07	DB	Pumpe	86	120
RKB08	FB	E-Schieber	29	30
RKB09	FB	Pumpe	92	96
RKB10	FB	E-Schieber	62	64
RKB11	DB	Pumpe	124	200

In den Einzugsgebieten der Einleitungen 65104408, 4432 und 9001 befinden sich innerhalb von ansonsten unverschmutzten Wohngebieten insgesamt drei klärpflichtige Metalldächer. Hier erfolgt die Regenwasserbehandlung in Schmutzfangzellen. Der Beckeninhalt wird über eine Pumpe in den Schmutzwasserkanal gefördert. Hier bieten sich Fertigteilsysteme an. Die Maßnahmen sind in Tabelle 23 zusammen gefasst.

Tabelle 23 Behandlungsmaßnahmen in Wohngebieten für Metalldachabflüsse

Ortslage	Dachfläche	Maßnahme (Bauwerk als Schachtausführung)
Briller Höhe 25	129 m ²	Schacht DN 1000, t = 1,57 m, mit Entleerungspumpe und Anschluss an SWK
Schmachtenbergweg 29a	93 m ²	Schacht DN 1000, t = 1,18 m, mit Entleerungspumpe und Anschluss an SWK
Am Acker 19	185 m ²	Schacht DN 1000, t = 1,89 m, mit Entleerungspumpe und Anschluss an SWK

6.3 Variante 3 „Zentrale Behandlung und separater Kanal“

6.3.1 Planungsablauf und Randbedingungen

Die im Rahmen der Variante 3 untersuchte zentrale Behandlung sieht ein Regenklärbecken vor der Einleitung in das Gewässer, am Ende des Einzugsgebietes vor. Vorgesehen ist ein Regenklärbecken ohne Dauerstau mit entsprechendem Beckenvolumen. Diese „klassische“ Lösung erfordert im Gewässer eine getrennte Ableitung des natürlichen Basisabflusses und der nicht behandlungspflichtigen Oberflächenabflüsse von den verunreinigten Abflüssen. Dadurch ist der Bau eines separaten Reinwassersammlers oder Bachkanals nötig. Andererseits ist auch die Integration eines Ableitungskanals in den bestehenden Sammler („Rohr-im-Rohr-System“) denkbar, sofern eine ausreichende hydraulische Leistungsfähigkeit gewährleistet bleibt.

Folgende Planungsschritte sind Bestandteil des Variantenkonzeptes:

- Hydraulische Überprüfung der (kanalisierten) Bachsysteme
- Planung und Trassierung des separaten Bachkanals
- Planung und Trassierung der zusätzlichen Regenwasserkanäle
- Bemessung des Regenklärbeckens mit Trennbauwerk

6.3.2 Planung und Trassierung des separaten Bachkanals sowie zusätzlicher Regenwasserkanäle

Die Trennung der stark miteinander verflochtenen Systeme ist aufwändig. Vor allem im Bereich naturähnlicher Strukturen soll die Gewässercharakteristik erhalten bleiben. Aktuell erfolgen in diese Abschnitte Einleitungen von behandlungspflichtigen Oberflächenabflüssen. Für diese Abschnitte sind separate Leitungen zu verlegen, um dass verunreinigte Wasser weiter unterhalb in den Regenwasserkanal zu leiten.

Weiterhin ist die Neuverlegung eines Sammlers bis zur Wupper mit erheblichem Aufwand verbunden. Neben den Schwierigkeiten der Trassenfestlegung unter Berücksichtigung bestehender Bebauung und vorhandener Leitungssysteme stellen die Beeinträchtigungen durch die Baumaßnahme im Wuppertaler Zentralbereich ein Hindernis mit gesellschaftlich/politischen Auswirkungen dar. Die Briller Straße (L 427) zählt zu den Hauptverkehrsachsen in Wuppertal. Sie verbindet die Autobahn A 46 mit der Bundesstraße B7 am Verkehrsknotenpunkt Robert-Daum-Platz. Das Verkehrsmodell der Stadt Wuppertal quantifiziert die tägliche Verkehrsbelastung in diesem Bereich mit bis zu 31.000 KFZ/d.

Die enge Platzsituation illustriert Bild 15. Die Tiefenlage der Kanäle erfordert zudem eine offene Bauweise, die mit entsprechenden störenden Eingriffen für das Umfeld verbunden ist.

Die erforderliche Gesamtmaßnahme zur separaten Ableitung der jeweiligen Abflüsse ist in 8 Maßnahmen unterteilt. Folgende Maßnahmen bzw. Bauwerke sind erforderlich:

- Separates Gewässer – abschnittsweise kanalisiert oder als offenes Profil ausgebildet
- Kanalbaumaßnahmen zur separaten Ableitung behandlungspflichtiger Abflüsse
- 4 Regenüberläufe zur Trennung behandlungspflichtiger Abflüsse vor der Einleitung in das HRB Nevigeser Straße
- 4 Notüberläufe zur Ableitung natürlicher Hochwasserabflüsse im hydraulisch leistungsfähigen bisherigen Profil des Briller Bachkanals
- Ein Regenklärbecken zur Behandlung der verunreinigten Oberflächenabflüsse vor der Einleitung in die Wupper.

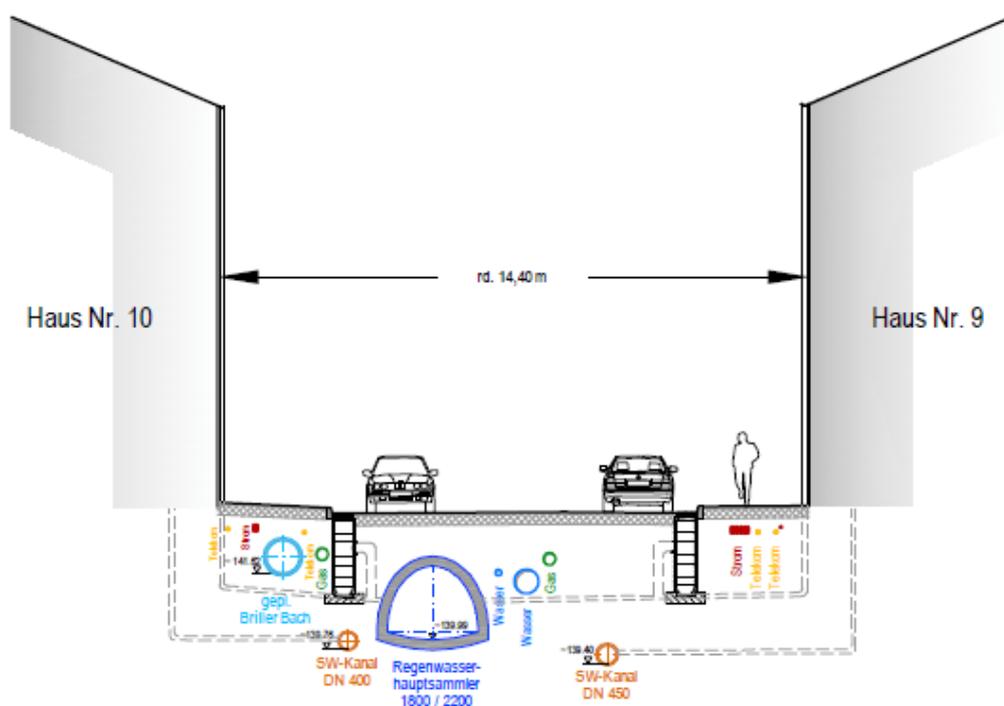


Bild 15 Straßenquerschnitt mit dem Briller Bachkanal zur Entwässerung der Oberflächenabflüsse sowie dem neuen Bachkanal zur Ableitung des Basisabflusses und der nicht behandlungspflichtigen Abflussanteile

Bild 16 zeigt einen offenen Abschnitt des Briller Baches. Abschnittsweise wurde versucht, trotz der stark urbanisierten Strukturen das neue Gewässer als offenes Profil zu verlegen (Bild 17). Eine Darstellung dieser Bachabschnitte erfolgt in Lageplänen der Anlage 5.



Bild 16 Offener Abschnitt des Briller Baches vor der Einleitung in den kanalisiertem Abschnitt (Schacht 78827010)

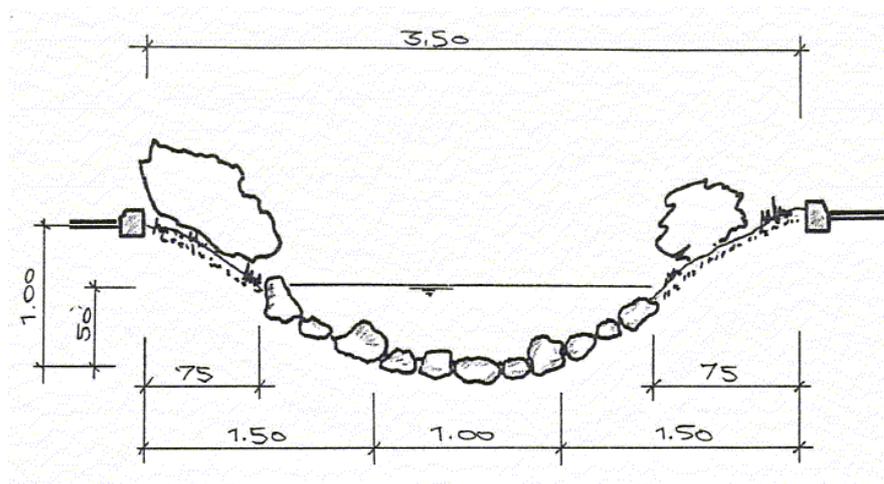


Bild 17 Beispiel für ein offenes Gewässerprofil – Studie zur Entflechtung des Briller Baches, Ingenieurbüro P. Gillisen (Gillisen, 1990)

Die jeweiligen Baumaßnahmen sind in Tabelle 24, Tabelle 25 und Tabelle 26 vor der Beschreibung der jeweiligen Maßnahmen dargestellt.

Tabelle 24 Regenüberläufe und Kenngrößen

Bauwerk/ Standort	Kenngröße Drosselabfluss (l/s)	System	Funktion
RÜ 1	93	Springüberlauf	Trennung des behandlungspflichtigen Regenwassers vor Einleitung in das HRB Nevigeser Straße
RÜ 2	11	Streichwehr und Pumpe	
RÜ 3	48	Springüberlauf	
RÜ 4	8	Springüberlauf	

Tabelle 25 Notüberläufe zur Ableitung natürlicher Hochwasserabflüsse

Bauwerk/ Standort	Überleitung Gewässer	Funktion
NÜ 1	Bach am Anschlag/Bach am Luhnberg/Briller Bach	Überleitung der natürlichen Hochwasserabflüsse aus dem Gewässersystem in das Profil des ehemaligen Briller Bachkanals
NÜ 2	Hasenbergbach/Briller Bach	
NÜ 3	Briller Bach (vor Hülsbecker Bach)	
NÜ 4	Bach am Schmachtenberg	

Tabelle 26 Art und Länge der Profile für das separate Gewässer

Typ/Profil	Länge (m)	Abschnitt
DN 300 (Kanal)	293	Briller Bach oberhalb des HRB
offenes Profil	455	Briller Bach vor Boschstraße
DN 500/600 (Kanal)	562	Briller Bach in der Kruppstraße
offenes Profil	203	Briller Bach im Park vor der Mannesmannstraße
DN 300 (Kanal)	167	Bach am Schmachtenberg
DN 600 bis 1200 (Kanal)	691	Hülsbecker Bach und Briller Bach bis Robert-Daum-Platz

Hier erfolgt eine kurze Beschreibung der jeweiligen Maßnahmen. Die Reihenfolge orientiert sich dabei an der Fließrichtung des Briller Baches. Anlage 5 enthält ein Fließschema, das Dimensionierungskonzept des Regenklärbeckens sowie Lagepläne mit den offenen Bachabschnitten.

Maßnahme 1 „Gewässer bzw. Bachkanal“

Bau eines kanalisierten Gewässerabschnittes vom Westfalenweg bis zum HRB Nevigeser Straße. In dem Kanal DN 300 erfolgt über eine Länge von 293 m die Ableitung des Quellzuflusses sowie der direkt angrenzenden nicht klärpflichtigen Flächen.

Maßnahme 2 „Kanalbaumaßnahme – Ableitung behandlungspflichtiger Oberflächenabflüsse“

Zur Ableitung der behandlungspflichtigen Oberflächenabflüsse vor den Einleitungen 65104401 (Westfalenstraße und Nevigeser Straße) und 65104406 werden die Regenüberläufe RÜ01 und RÜ03 sowie ein Regenwasserkanal (DN 300 bis DN 800) mit einer Länge von rund 560 m erstellt. Dieser neue Regenwasserkanal erfasst auch den behandlungspflichtigen Abfluss aus der Nevigeser Straße unterhalb des RÜ01 bis zum Bach am Anschlag in Bereich der Nevigeser Straße Haus Nummer 186.

Maßnahme 3 „Kanalbaumaßnahme – Ableitung behandlungspflichtiger Oberflächenabflüsse“

Um die Einleitung behandlungspflichtiger Oberflächenabflüsse durch die Einleitung 65104404 in den Birkensiefen zu vermeiden, wird in der Straße In den Birken der Regenüberlauf RÜ02 erstellt. Bislang erfolgen hier Einleitungen in den Briller Bach im Bereich des HRB Nevigeser Straße. Der behandlungspflichtige Anteil wird vom RÜ aus über eine 146 m lange Druckleitung zum Schacht 78831010-1018 (In den Birken zwischen Haus 152 und 146) gepumpt.

Maßnahme 4 „Kanalbaumaßnahme – Ableitung behandlungspflichtiger Oberflächenabflüsse“

Vor der Einleitung 65104701 (Straße Am Anschlag, Haus Nummer 20) wird das RÜ04 erstellt. Hier werden die behandlungspflichtigen Oberflächenabflüsse über einen 436 m langen Verbindungskanal (DN 300), der parallel zum Bach am Anschlag verläuft, in den neuen Regenwasserkanal weitergeleitet. Der größte Teil dieser Maßnahme muss in privat genutzten Bereichen umgesetzt werden.

Maßnahme 5 „Gewässer bzw. Bachkanal“

Diese Maßnahme umfasst die Erstellung eines separaten Bachsystems, beginnend in der (Nevigeser Straße Hausnummer 186) bis zum Anschluss an den vorhandenen Hülsbecker Bach zwischen der Mannesmannstraße und der Autobahnausfahrt Katernberg. Es handelt sich um folgende Einzelmaßnahmen:

- Notüberlauf 1 zur Drosselung des Zuflusses aus dem Briller Bach, dem Bach am Anschlag und dem Bach am Luhnberg auf $0,9 \text{ m}^3/\text{s}$ sowie Anbindung des Briller Bachs an den Notüberlauf (Bild 18, Anlage 5.2.1 bzw. Anlage 5.2.2).
- Ein 493 m langer offener Abschnitt, mit Unterquerung der Egenstraße, bis zur Boschstraße.
- Ein 542 m langer kanalisierte Abschnitt von der Boschstraße in der Kruppstraße bis zum Park vor der Mannesmannstraße (DN 600 bis DN 800) mit Übernahme des Bachwassers aus dem Bach am Schmachtenberg (Siemensstraße, siehe Maßnahme 6) und dem Hasenberger Bach (Borsigstraße) sowie der Erstellung des Notüberlauf 2 in der Borsigstraße zur Drosselung auf rund $1,3 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Ein 218 m langer offener Abschnitt im Park vor der Mannesmannstraße und Bau des Notüberlaufs 3 zur Drosselung auf $1,0 \text{ m}^3/\text{s}$.

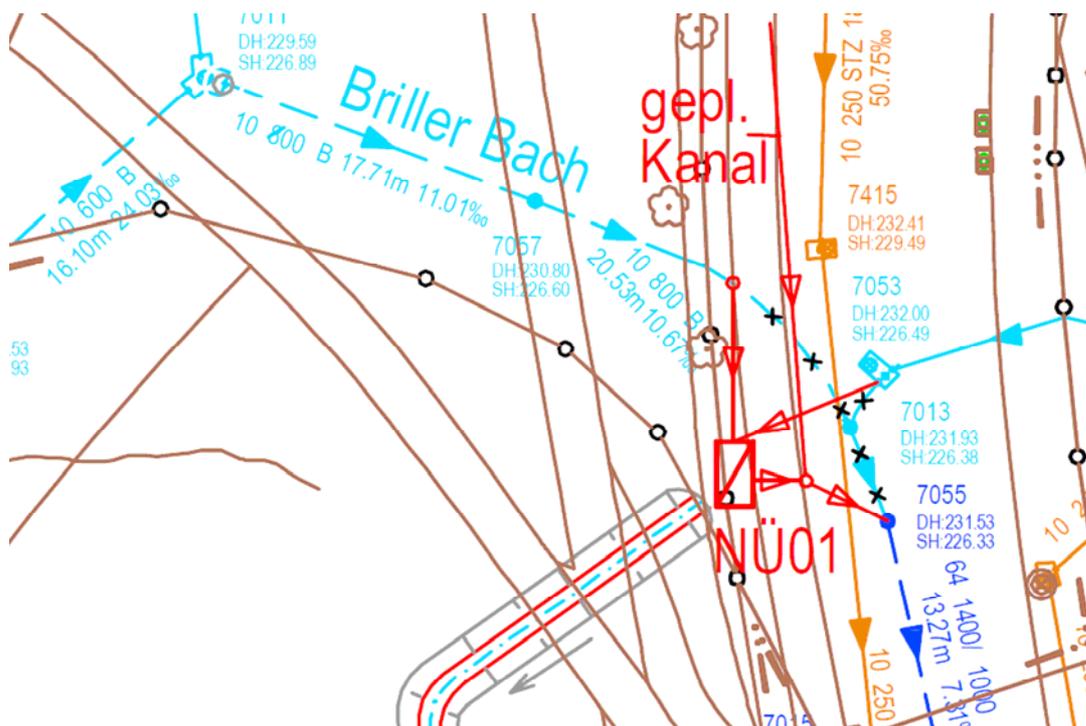


Bild 18 Notüberlauf und Anbindung des Briller Bachs und des Bachs am Anschlag (rot)

Maßnahme 6 „Gewässer bzw. Bachkanal“

Der Anschluss des Bachs am Schmachtenberg an das neue Gewässer erfolgt über einen neuen 167 m langen Bachkanal (DN 500) ab Schacht 78824013 (Einnündung Nevigeser Straße/Schmachtenbergweg) unter der Siemensstraße bis zur Kruppstraße. Vor dem Bachkanal wird der Notüberlauf NÜ04 mit Abschlag in den hydraulisch leistungsfähigen parallelen Regenwasserkanal (ehemaliger Briller Bach) erstellt.

Maßnahme 7 „Kanalbaumaßnahme – Ableitung behandlungspflichtiger Oberflächenabflüsse“

Über den Hülsbecker Bach erfolgt bislang die Ableitung des behandlungspflichtigen Regenwassers von der Autobahn A 46. Somit muss in dieser Variante das gesamte behandlungspflichtige Regenwasser in den hydraulisch leistungsfähigen Regenwasserkanal in der Briller Straße geleitet werden. Dieses Profil leitet üblicherweise nach Umsetzung der Maßnahmen 1 bis 8 keine natürlichen Abflüsse mehr ab.

Maßnahme 8 „Gewässer bzw. Bachkanal“

Diese Maßnahme bildet den Abschluss zur Bachentflechtung. Hierzu wird ein 29 m langer Anschlusskanal DN 600 unter der Mannesmannstraße bis zum vorhandenen Schacht 78818066 gelegt, um das am Notüberlauf 3 gedrosselte Bachwasser in den Hülsbecker Bach zu leiten. Dieser kann aber nur zur Weiterleitung des Bemessungsabflusses von rund 1,0 m³/s genutzt werden, wenn zwischen Autobahnausfahrt Katernberg und Kirschbaumweg zwei Abschnitte mit einer Länge von 356 m durch ein ausreichend leistungsfähiges Profil DN 800 ausgetauscht werden.

Weiterhin wird über einen 681 m langen Abschnitt ein Bachkanal in der Briller Straße von der Einnündung Kirschbaumweg bis zum Robert-Daum-Platz (DN 600 bis DN 1200) hergestellt. Dieser

Bachkanal dient zur Weiterleitung des Bachwassers aus dem entflochtenen Oberlauf. Bei dieser Lösung wird vorausgesetzt, dass der rund 1.000 m lange bestehende Hülsbecker Bach, zwischen dem Notüberlauf NÜ3 und Kirschbaumweg, ausreichend hydraulisch leistungsfähig ist und sich in einem baulich gutem Zustand befindet.

Zur Erfassung des klärfpflichtigen Regenwassers am Robert-Daum-Platz (Einleitung 6510 4436) muss zusätzlich ein 54 m langer Regenwasserkanal (DN 300) gebaut werden.

Die Maßnahme 8 umfasst auch die Erstellung der Regenwasserbehandlungsanlage im Robert-Daum-Platz. Dieses abschließende Regenklärbecken im Robert-Daum-Platz ist im Lageplan in Anlage 5.2.8 dargestellt. Vor dem Regenklärbecken ist ein Trennbauwerk vorgeschaltet, damit in die Regenwasserbehandlungsanlage nicht mehr als der kritische Regenwasserabfluss eingeleitet wird. Die Maßnahmenbeschreibung erfolgt im Abschnitt 6.3.3.

6.3.3 Bemessung des Regenklärbeckens mit Trennbauwerk

Der behandlungspflichtige Oberflächenabfluss vor der Einleitung in die Wupper beträgt 863 l/s. Dabei werden die Abflüsse von Flächen der Kategorie I und IIa zu einem Anteil von 5 l/(s · ha) und Flächen der Kategorie IIb und III zu einem Anteil von 15 l/(s · ha) behandelt. Für die angeschlossenen Flächen der Kategorie I und IIa von 87,96 ha und die Flächen der Kategorie IIb und II von 28,23 ha ist ein Behandlungsvolumen von 722 m³ erforderlich.

Für die Regenwasserbehandlung wurde ein rechteckiges RKB_{oD} als Durchlaufbecken mit einem Volumen von 1.050 m³ (H/B/L = 3/10/35 m) dimensioniert. Das zusätzliche Volumen resultiert durch eine geometrische Optimierung des Beckens, entsprechend den Vorgaben des Arbeitsblattes ATV-A 166.

Die Entleerung des Beckens erfolgt über den Hauptschmutzwasserkanal oder den parallelen Mischwasserkanal. Dazu ist eine Hebeanlage erforderlich. Bei einer Förderleistung von 25 l/s wird das volle Becken in rund 12 h leergepumpt.

Neben dem Becken muss ein Trennbauwerk zur Aufteilung der Abflüsse über 15 l/(s · ha) angeordnet werden. Dieser Regenüberlauf entspricht etwa dem bereits vorhandenen Verzweigungsbauwerk 53 unterhalb des Robert-Daum-Platzes. Das Bauwerk ist Bestandteil der Variante 4 und wird dort näher beschrieben. Der Regenüberlauf muss in das vorhandene Profil des Briller Baches (gedrückter Maulquerschnitt: 1,50 m hoch und 2,40 m breit) eingepasst werden.

Beide Bauwerke stellen einen maßgeblichen Eingriff in die bestehende Infrastruktur dar. Die näheren Zusammenhänge illustriert Bild 19 und Blatt 19A im Anhang. Bereits die durchgeführte Baumaßnahme des vorhandenen Trennbauwerks VZW 53 war nur mit erheblichem Aufwand realisierbar (Anhang: Blatt 18 und 19B). Das hier vorgesehene RKB inklusive eines Trennbauwerkes als Beckenüberlauf erfordert deutlich mehr Platz.



Bild 19 Darstellung der Bedingungen im Bereich des Robert-Daum-Platz als Standort für das Regenklärbecken zur Behandlung der Oberflächenabflüsse

6.3.4 Hydraulische Überprüfung der Bachsysteme

In einem ersten Schritt erfolgte die Überprüfung der hydraulischen Leistungsfähigkeit des vorhandenen Briller Bachkanals. Im Briller Bach beträgt der mittlere Niedrigwasserabfluss MNQ gemäß Angabe des Wupperverbands (2010) näherungsweise

$$\text{MNQ} = 3,83 \text{ km}^2 \cdot 2,5 \text{ l/(s} \cdot \text{km}^2) = \text{rund } 10 \text{ l/s.}$$

Dieser Abfluss resultiert aus den 20 Punktquellen innerhalb des Gewässereinzugsgebietes (Anhang, Blatt 1, 2 und 5) sowie aus diffusen Quellen.

Die Ermittlung des mittleren potenziell natürlichen Hochwasserabflusses erfolgt mit folgendem Ansatz:

$$\text{HQ}_{\text{pnat}}(T) = 3,83 \text{ km}^2 \cdot \text{Hq}_{\text{pnat}}(T) \text{ l/(s} \cdot \text{km}^2)$$

Die Abflüsse in Abhängigkeit von der Wiederkehrzeit enthält Tabelle 27.

Tabelle 27 Potenziell natürlicher Hochwasserabflüsse HQ_{pnat} des Briller Bachs

Wiederkehrzeit T	$Hq_{pnat}(T)$	$HQ_{pnat}(T)$
1 a	600 l/(s · km ²)	2.296 l/s
2 a	800 l/(s · km ²)	3.061 l/s
10 a	1.300 l/(s · km ²)	4.975 l/s
100 a	2.100 l/(s · km ²)	8.036 l/s

Am Notüberlauf NÜ01 (Variante 3, Maßnahme 5) wird ein Abfluss von

$$Q = A_{E,Gew.(ohne EZG des HRB)} \cdot Hq_{pnat}(100) + \max. Q_{Dr}(HRB) \\ = 20,1 \cdot 21 + 500 = 923 \text{ l/s}$$

weitergeleitet. Dies entspricht dem Bemessungsabfluss für den geplanten Bachabschnitt unterhalb des Notüberlaufes NÜ1 bis zur projektierten Einmündung des „Bach am Schmachtenberg“ (Varianten 3, Maßnahme 5). Am Notüberlauf NÜ04 im „Bach am Schmachtenberg“ (Variante 3, Maßnahme 6) wird ein Abfluss von

$$Q = A_{E,Gew.} \cdot Hq_{pnat}(10) \\ = 21,8 \cdot 13 = 283 \text{ l/s}$$

weitergeleitet. Dies entspricht dem Bemessungsabfluss des projektierten Bachkanals bis zur Einmündung in den neuen Briller Bachkanal. Der Bemessungsabfluss für den folgenden Briller Bachkanal bis zum geplanten Notüberlauf NÜ02 (Variante 3, Maßnahme 5) beträgt:

$$Q = Q_{DR,NÜ1} + Q_{DR,NÜ4} \\ = 923 + 283 = 1.206 \text{ l/s}$$

Der Notüberlauf NÜ02 leitet einen Volumenstrom von

$$Q = A_{E,Gew.(ohne EZG des HRB)} \cdot Hq_{pnat}(10) + \max. Q_{Dr}(HRB) \\ = 62,2 \cdot 13 + 500 = 1.309 \text{ l/s}$$

weiter. Dies ist auch der Bemessungsabfluss für den folgenden Bachabschnitt bis Notüberlauf NÜ03.

Am Notüberlauf NÜ03 wird ein Abfluss von

$$Q = A_{E,Gew.} \cdot Hq_{pnat}(2) + \max. Q_{Dr}(HRB) = 1.010 \text{ l/s}$$

weitergeleitet. Dies ist auch der Bemessungsabfluss für den folgenden Bachabschnitt zuzüglich einer direkt angeschlossenen nichtversiegelten Fläche entlang des Bachabschnitts Hülsbecker Bach/Briller Bach.

Der Bemessungsabfluss des projektierten Bachkanals (siehe Blatt 19) vom Kirschbaumweg bis zum Robert-Daum-Platz beträgt:

$$Q = A_{E,Gew.(ohne EZG des HRB)} \cdot Hq_{pnat}(2) + \max. Q_{Dr}(HRB) = 1.026 \text{ l/s}$$

Anhang 5 stellt ein Fließschema dar, dass diese Situation verdeutlicht. Tabelle 28 enthält die Abflüsse in den jeweiligen Gewässerabschnitten und die Überleitungen bei Hochwasserabfluss durch die Notüberläufe in das Profil des vormals kanalisierten Briller Baches. Das Einzugsgebiet des HRB Nevigeser Straße umfasst rund 64 ha. Der potenziell natürliche Abfluss erreicht einmal jährlich einen rechnerischen Wert von 385 l/s. Ein potenziell natürlicher Abfluss mit einer Auftretswahrscheinlichkeit von 100 a beträgt 1.346 l/s. Der Drosselabfluss des rund 6.000 m³ großen Beckens ist auf 500 l/s begrenzt. Dies entspricht etwa dem potenziell natürlichen Abfluss mit einer Auftretswahrscheinlichkeit von T = 2 a.

Tabelle 28 Potenziell natürliche Abflüsse entlang des Briller Bachs (vom Bach am Schmachtenberg und vom Hasenbergbach im entflochtenen System) – die Werte in Klammern berücksichtigen die Drossel des Hochwasserrückhaltebeckens)

Gewässerabschnitt	A _{E,Gew} nach	HQ _{pnat}	HQ _{pnat}	HQ _{pnat}	HQ _{pnat}
	Entflechtung	(T = 1)	(T = 2)	(T = 10)	(T = 100)
		6 l/(s · ha)	8 l/(s · ha)	13 l/(s · ha)	21 l/(s · ha)
	ha	l/s	l/s	l/s	l/s
Briller Bach: Oberlauf (HRB Nevigeser Straße mit (Q _{Dr} = 500 l/s)	64,1 (HRB)	385 (500)	513 (500)	833 (500)	1.346 (500)
Briller Bach mit Bach am Anschlag und Bach am Luhnberg	84,2 (20,1)	505 (621)	674 (661)	1.095 (761)	1.768 (923)
Bach am Schmachtenberg	21,8	131	174	283	458
Briller Bach mit Bach am Anschlag, Bach am Luhnberg und Bach am Schmachtenberg	108,8 (44,7)	653 (768)	870 (858)	1.414 (1.081)	2.285 (1.439)
Hasenbergbach	17,6	106	141	229	370
Briller Bach mit Bach am Anschlag, Bach am Luhnberg, Bach am Schmachtenberg und Hasenbergbach	126,3 (62,2)	758 (873)	1010 (998)	1.642 (1.309)	2.652 (1.809)
Briller Bach mit Bach am Anschlag, Bach am Luhnberg, Bach am Schmachtenberg, Hasenbergbach und Hülsbecker Bach	129,8 (65,7)	779 (894)	1.038 (1.026)	1.687 (1.354)	2.726 (1.880)

6.4 Variante 4 „Parameterspezifische Abflusssteuerung“

Die Maßnahmen dieser Variante bestehen aus einem Trenn- bzw. Steuerbauwerk im Bereich des Robert-Daum-Platzes und einer Regenwasserbehandlungsanlage (Anlage Blatt 18 und 20). Variante 4 repräsentiert damit die bereits realisierte Lösung im Einzugsgebiet des Briller Bachs. Hier erfolgt eine Abflussaufteilung in einem Trennbauwerk (Verzweigungsbauwerk 53) kurz vor der Einleitung in die Wupper. Mit einer stationär im Abwasserstrom installierten Photometersonde wird der Grad der Verunreinigung kontinuierlich erfasst. Bei Überschreitung des für den Indikatorparameter AFS festgelegten Grenzwertes von derzeit 100 mg/l erfolgt die Umleitung des kritischen Regenwasserabflusses zur Behandlungsanlage. Der kritische Regenwasserabfluss am Trennbauwerk in Höhe von 884 l/s entspricht der flächennutzungsspezifischen Bemessungsvorgabe des Trennerlasses von 5 l/(s · ha) bzw. 15 l/(s · ha). Das Trennbauwerk entspricht dem bereits realisierten Verzweigungsbauwerk 53 im Robert-Daum-Platz. Das Bauwerk ist im Querschnitt des Briller Bachkanals (gedrückter Maulquerschnitt: 1,50 m hoch und 2,40 m breit) angeordnet.

Es besteht aus einem Absturz im Sohlbereich des Briller-Bachkanals. Von dort wird der behandlungspflichtige Abfluss über eine Strecke von 6 m zu einem Wirbelfallschacht geleitet. Hier erfolgt die Ableitung in den Entlastungssammler Wupper.

Das bereits im Teilbericht 1 erläuterte Steuerkonzept folgt folgender Regelung:

Fließen unbelastetes Bachwasser und ggf. nicht behandlungspflichtige Oberflächenabflüsse im System, bleibt der Hydraulikschieber zum Kanalnetz geschlossen. Die Steuerung zur Ableitung der behandlungspflichtigen Abflussanteile bewirkt der Sondenimpuls, der die Öffnung bzw. das Schließen eines Hydraulikschiebers veranlasst. Zusätzlich ist ein Regelschiebersystem mit einem MID angeordnet, um bedarfsweise den Abfluss in den Entlastungssammler zusätzlich zu regeln. Steigt die Feststoffkonzentration über einen gebietsspezifisch individuell festlegbaren Grenzwert an, wird der Schieber geöffnet und der verunreinigte Abflussanteil wird zur Kläranlage des Wupperverbandes abgeleitet. Nach Unterschreitung der Grenzkonzentration für die Feststoffe wird der Hydraulikschieber wieder verschlossen. Der Briller Bach fließt dann wieder komplett der Wupper zu.

Der behandlungspflichtige Abflussanteil wird bei dieser bereits realisierten Variante in den ESW abgeleitet. Für die Kostenberechnung wurde äquivalent zu Variante 3 das Volumen für ein Regenklärbecken angenommen. Die Volumenermittlung erfolgt dabei mit einem Volumenzuschlag für einen SKU von 50 %.

Für die angeschlossenen Flächen der Kategorie I und IIa von 92,14 ha und die Flächen der Kategorie IIb und III von 28,24 ha folgt ein erforderliches Behandlungsvolumen von 743 m³. Multipliziert mit dem Faktor 1,5 resultiert daraus das Behandlungsvolumen im SKU von 1.115 m³.

7 Kosten der Varianten 1 bis 4 für das Gewässersystem Briller Bach

7.1 Variante 1 „Dezentrale Behandlung“

7.1.1 Investitionskosten Variante 1

Die grundlegenden Ansätze für die Investitionskostenermittlung enthält Teilbericht 1. Die jeweiligen Maßnahmen zur Regenwasserbehandlung der Variante 1 bestehen aus der Ausrüstung bzw. dem Neu- und Umbau von Straßenablaufeinsätzen des Systems Innolet oder aus der Anordnung von Filterschachtsystemen des Systems FiltaPex.

Wie in Teilbericht 1 beschrieben, wird für die Schachtbauwerke, die Straßenablaufeinsätze und die jeweiligen Zuleitungskanäle eine durchschnittliche Nutzungsdauer von 60 Jahren angenommen. Da keine maschinentechnischen Bauteile für die dezentralen Anlagen mit kürzeren Nutzungsdauern erforderlich sind, fallen keine Reinvestitionen innerhalb der Nutzungsdauer von 60 Jahren an.

Die Kosten für die Ausrüstung bestehender Straßenabläufe bzw. den Um- und Neubau sind Tabelle 29 zu entnehmen. Für die 479 Straßenabläufe mit einer angeschlossenen Fläche unter 267 m² ist im einfachsten Fall lediglich der Einbau des Systems Innolet erforderlich. Erfahrungsgemäß sind an bestehenden System jedoch Umbauten erforderlich. Um dies zu berücksichtigen, wird pauschal für 10 % der Straßenabläufe ein Umbau kalkuliert. Die mittleren Kosten von 1.585 €/Straßenablauf resultieren aus folgendem Ansatz:

$$0,9 \cdot 1.300 + 0,1 \cdot 4.150 = 1.585 \text{ €}.$$

An 156 Stellen ist neben den vorhandenen Straßenabläufen ein weiterer Parallelablauf zu bauen (4.150 €). Die Anordnung eines zusätzlichen Straßenablaufes (4.900 €) ist an 123 Standorten erforderlich. Die Investitionskosten für die Ausrüstung von 758 Straßenablaufeinsätzen betragen rund 2 Mio. €.

Tabelle 29 Investitionskosten für Straßenabläufe und Straßenablaufeinsätze des Systems Innolet im Einzugsgebiet Briller Bach

Maßnahmentyp	Anzahl	Einzelkosten in €/Straßenablauf	Gesamtkosten in €
Ausrüstung	479 (90 %)	90 % Ausrüstung: 1.300	759.215
Nachrüstung	479 (10 %)	10 % Nachrüstung: 4.150	
Umbau	156	4.150	647.400
Ergänzung/Neubau	123	4.900	602.700
Summe			2.009.315

Für die Anordnung der Systeme FiltaPex an 36 Standorten sind Baukosten in Höhe von rund 1,24 Mio. € erforderlich. Eine Zusammenstellung liefert Tabelle 30. Die Kosten sind von der Wahl des Schachtmaterials abhängig. Betonschächte sind dabei günstiger als Kunststoffschächte. Letztere weisen den Vorteil deutlich erleichterter Einbaubedingungen auf. Die aufgeführten Kosten repräsentieren einen mittleren Kostenansatz und berücksichtigen nicht das Erfordernis einer längeren Leitungsverlegung zum Anschluss der Systeme. Üblicherweise sind die Schachtbauwerke auch direkt in das bestehende Regenwasserkanalnetz integrierbar. Abhängig von den örtlichen Bedingungen kann ein

zusätzlicher Schacht vor der Weiterleitung zum Gewässer erforderlich sein. Die Baukosten sind von den Einbaubedingungen abhängig. Bei aufwändigen Oberflächenarbeiten und schwierigen Einbaubedingungen aufgrund der vorhandenen Infrastruktur (kreuzende Leitungen etc.) sind ebenfalls zusätzliche Kosten möglich.

Tabelle 30 Investitionskosten für Schachtsysteme im Einzugsgebiet Briller Bach

Systemkonfiguration FiltaPex	Anzahl	Einzelkosten in €	Gesamtkosten in €
Kombi-Schacht (DN 1000)	19	23.000	437.000
Kombi-Schacht (DN 1250)	8	26.000	234.000
1 VS + 1 FS	2	38.000	76.000
1 VS + 2 FS	3	52.500	157.500
2 VS + 3 FS	2	75.000	150.000
2 VS + 4 FS	2	95.500	185.000
Summe			1.239.500

Die Investitionskosten und die entsprechenden Projektkostenbarwerte für Variante 1, bestehend aus den Baukosten und den Systemkosten für Filterschächte und die Straßenablaufeinsätze, betragen für einen Betrachtungszeitraum von 60 Jahren

3.248.815 €.

7.1.2 Laufende Kosten Variante 1

In Teilbericht 1 sind die allgemeinen Betriebskosten für die Filtereinsätze in Straßenabläufe für das System Innolet und für die Filterschächte System FiltaPex beschrieben. Für die Reinigung und den jährlichen Austausch der Filterpatrone des Straßenablaufeinsatzes Innolet werden 147 €/a veranschlagt. Bei einer Ausrüstung eines bestehenden Straßenablaufes müssen die bereits erforderlichen Kosten für die Reinigung des Straßenablaufes abgezogen werden. Dann betragen die Jahreskosten 125 €/a. Eine Zusammenstellung der laufenden Kosten für Wartung und Reinigung sowie den Filteraustausch für die Straßenablaufeinsätze Innolet liefert Tabelle 31.

Tabelle 31 Laufende Kosten für Straßenabläufe und Straßenablaufeinsätze im Einzugsgebiet Briller Bach (Variante 1)

Maßnahmentyp	Einzelkosten in €/a je Straßenablauf	Anzahl	Gesamtkosten in €/a
Ausrüstung/Nachrüstung	125	479	59.875
Umbau (zusätzliches System)	147	156	22.932
Ergänzung/Neubau	147	123	18.081
Summe		758	100.888

Die laufenden Kosten für die Unterhaltung der Filterschachtsysteme FiltePex betragen für das Basissystem 1.880 €/a. Durch Systemkombinationen bei Anschluss größerer Flächen fallen entsprechend höhere Kosten an (Tabelle 10, in Teilbericht 1). Die Zusammenstellung der Betriebskosten für die Schachtsysteme enthält Tabelle 32.

Tabelle 32 Laufende Kosten für Filterschachtsysteme im Einzugsgebiet Briller Bach (Variante 1)

Systemkonfiguration FiltaPex	Einzelkosten in €/a	Anzahl	Gesamtkosten in €/a
Kombi-Schacht (DN 1000)	1.880	19	35.720
Kombi-Schacht (DN 1250)	1.880	8	16.920
1 VS + 1 FS	1.880	2	3.760
1 VS + 2 FS	2.600	3	7.800
2 VS + 3 FS	3.600	2	7.200
2 VS + 4 FS	4.500	2	9.000
Summe		36	80.400

Die laufenden Kosten für die Maßnahmen der dezentralen Regenwasserbehandlung (Variante 1) betragen insgesamt:

182.342 €/a.

Die Projektkostenbarwerte für die laufenden Kosten betragen (Bewertungszeitraum von 60 Jahren):

8.295.227 €.

7.2 Variante 2 „Kombinationslösung aus de- und semizentraler Behandlung“

7.2.1 Investitionskosten Variante 2

Die Kosten für die Variante 2 entstehen für den Bau von 11 Regenklärbecken und drei kompakten Systemen (Schmutzfangzellen) zur dezentralen Behandlung von Metalldachabflüssen. Die Becken werden in der Planungstiefe einer Vorplanung dimensioniert. Zusätzlich zu den Baukosten addieren sich die Kosten für die Planung (Nebenkosten) und die Baustelleneinrichtung. Diese werden pauschal mit jeweils 15 und 5 % der Nettobaukosten veranschlagt. Die Kosten sind das Ergebnis einer Masenermittlung mit einem volumenspezifischen Kostenansatz durch Auswertung vergleichbarer Maßnahmen (Tabelle 33). Weiterhin sind die Kosten für die Einbindung der Bauwerke in das Regenwasserkanalnetz zu berücksichtigen (Tabelle 34). Die dafür erforderlichen Kanalbaukosten von rund 7,9 Mio. € übersteigen die Investitionen von rund 6,0 Mio. € für den eigentlichen Bau der Regenklärbecken. Hierbei sind insbesondere die erschwerten Bedingungen im stark beengten Raum des Wuppertaler Stadtgebietes zu berücksichtigen.

Tabelle 33 Investitionskosten (in €) für die Regenwasserbehandlung (Variante 2)

Regenklär- becken	Investitionskosten in €					spezifische Kosten in €/m ³
	Bau- technik	Maschinen- technik	Kanal (bei SKU)	Baustellenein- richtung und Nebenkosten	Gesamt- kosten	
RKB01 V = 13 m ³	8.524	6.279	68.142	17.211	100.157	7.704
RKB02 V = 45 m ³	14.913	2.237	152.732	35.250	205.132	4.558
RKB03 V = 8 m ³	61.205	14.181		15.643	91.028	11.379
RKB04 V = 112 m ³	542.365	81.355		129.422	753.142	6.724
RKB05 V = 17 m ³	45.197	6.780	51.978	21.571	125.525	7.384
RKB06 V = 18 m ³	166.012	29.902		40.652	236.565	13.143
RKB07 V = 120 m ³	557.619	83.643		133.062	774.323	6.453
RKB08 V = 30 m ³	246.827	37.024		58.899	342.750	11.425
RKB09 V = 96 m ³	552.313	92.847		133.871	779.031	8.115
RKB10 V = 64 m ³	538.140	80.721		128.414	747.275	11.676
RKB11 V = 200 m ³	1.482.040	242.306		357.802	2.082.148	10.411
Summe und Mittelwert	4.215.155	677.273	272.852	1.071.796	6.237.076	MW 9.026
Schmutzfangzellen zur Behandlung von Metaldachabflüssen						
Schmachten- bergweg 29a	10.000	3.500		2.801	16.301	20.755
Briller Höhe 25	10.000	3.500		2.801	16.301	20.755
Am Acker 19	10.000	3.500		2.801	16.301	20.755
Summe und Mittelwert	30.000	10.500		8.404	48.904	MW 20.755

Tabelle 34 Investitionskosten für Kanalbaumaßnahmen inklusive der Überlaufbauwerke (RÜ) mit zugehöriger M+E-Technik für den Anschluss bzw. die Integration der Regenwasserbehandlungsanlagen in das bestehende Kanalnetz (Variante 2)

Regenklär- becken	Maßnahme und Nennweite	Investitionskosten in €			Gesamt- kosten
		Erdbau und Rohrverlegung	Über- läufe/ Schächte	Baustellenein- richtung und Nebenkosten	
RKB01	DN 800 (Kanalstau- raum für SKU)	60.242	7.900	14.140	82.282
RKB02	DN 1000 (Kanalstau- raum für SKU)	141.132	11.600	31.692	184.424
RKB03	kein Kanal erforderlich	0	0	0	0
RKB04	DN 400	1.123.375	301.124	295.584	1.702.082
RKB05	DN1000 (Kanalstau- raum für SKU)	45.628	6.350	10.785	62.763
RKB06	DN 300 (und DN 1200)	372.987	152.139	108.964	634.089
RKB07	DN 300 bis DN 400	286.197	154.355	91.415	531.967
RKB08	DN 300	399.551	15.616	86.147	501.314
RKB09	kein Kanal erforderlich	0	0	0	0
RKB10	DN 300 bis DN 400	1.199.190	29.009	254.851	1.483.050
RKB11	DN 200 bis DN 500	1.749.062	201.296	404.699	2.355.057
Maßnahme Gewässer	DN 300	266.302	17.197	58.826	342.325
Summe		5.643.667	896.584	1.357.102	7.897.354

Die Investitionskosten der Variante 2 umfassen die Kosten für den Bau von 11 Regenklärbecken mit den entsprechenden Zuleitungssammlern und den Bau von 3 Schmutzfangzellen zur Behandlung von Metaldachabflüssen. Dabei sind Kanalbaukosten der als Stauraumkanal ausgebildeten RKB01, RKB02 und RKB05 von 272.852 € (zzgl. Baustelleneinrichtung und Nebenkosten: 329.469 €) sowohl in Tabelle 33 als auch in Tabelle 34 enthalten.

Die Investitionskosten der Variante 2 betragen insgesamt

13.853.865 €.

Die Projektkostenbarwerte „Investition“ der Variante 2 betragen (Betrachtungszeitraum von 60 Jahren):

15.321.894 €.

7.2.2 Laufende Kosten Variante 2

Bei dieser Variante fallen Betriebskosten für den Kanal und die Regenklärbecken an. Die Ermittlung der spezifischen Kosten der Regenklärbecken und Kanäle ist im Teilbericht 1 beschrieben. Laufende Kosten für den Betrieb von Regenüberläufen orientieren sich an den Angaben des Merkblattes DWA-M 174 (2005) und werden hier mit 1.250 €/a veranschlagt. Die Kostenermittlung für die Regenwasserbehandlung auf der Kläranlage erfolgt auf der Basis einer Abschätzung des Behandlungsvolumens multipliziert mit Einheitskosten nach Vorgabe des Wupperverbandes.

Tabelle 35 Laufende Kosten für Becken und Kanäle der Variante 2

System	Anzahl Länge Volumen	spezifische Betriebskosten	Betriebs- kosten
RKB ($V \leq 100 \text{ m}^3$)	8	3.402 €/a	27.216 €/a
RKB ($V > 100 \text{ m}^3$)	3	5.297 €/a	15.891 €/a
Kompaktanlagen/Schmutzfangzelle ca. 1 m^3	3	1.880 €/a	5.640 €/a
Energie für Schieber + Pumpen	8	-	169 €/a
Regenüberläufe	5	1.250 €/a	6.250 €/a
Schächte	87	12,75 €/a	1.109 €/a
Kanal DN (< DN 1200)	3.742 m	0,41 €/(m · a)	1.535 €/a
Kanal DN (\geq DN 1200)	0 m	0,61 €/(m · a)	0 €/a
Betriebskosten Kläranlage	55.732 m^3	0,1 €/($\text{m}^3 \cdot \text{a}$)	5.573 €/a
Summe			63.384 €/a

Die laufenden Kosten für die Maßnahmen der Kombinationslösung (Variante 2) betragen insgesamt:

63.384 €/a.

Die Projektkostenbarwerte für die laufenden Kosten betragen (Bewertungszeitraum von 60 Jahren):

1.754.194 €.

7.3 Variante 3 „Zentrale Behandlung und separater Kanal“

7.3.1 Investitionskosten Variante 3

Innerhalb der Variante 3 erfolgt eine Unterteilung in 8 Maßnahmen. Diese enthalten die erforderlichen Bauwerke (Kanalabschnitte, offene Profile und Überleitungsbauwerke) zur separaten Ableitung des natürlichen Gewässerabflusses „Gewässer“ sowie der Ableitung und Behandlung der verunreinigten Oberflächenabflüsse „Kanalbau“. Zusätzlich erfolgt der Bau des Regenklärbeckens mit einem Volumen von 1.050 m^3 . Tabelle 36 enthält die Investitionskosten für den Leitungsbau, für die offenen Gewässerabschnitte und die jeweiligen Bauwerke. In Tabelle 37 sind die Investitionskosten für das Regenklärbecken separat aufgeschlüsselt.

Tabelle 36 Investitionen für den Bau der Leitungen zur Regenwasserbehandlung „Kanalbau“ sowie des separaten Gewässers (offen und geschlossene Abschnitte) „Gewässer“ (Variante 3)

System/Maßnahme	Investitionskosten in €			
	Baukosten	M+E- Technik	Baustellenein- richtung und Nebenkosten	Gesamt- kosten
Kanalbau: Leitungen und Regelschächte	1.740.433		361.140	2.101.573
Kanalbau: 4 Regenüberläufe	455.107	93.012	113.735	661.854
Gewässer: geschlossene Abschnitte inklusive Regelschächte	4.477.264		929.032	5.406.296
Gewässer: offene Abschnitte	432.793		89.805	522.598
Gewässer: 4 Notüberläufe	169.716		35.216	204.932
Kompaktanlage: 1	10.000	3.500	2.801	16.301
Zentrales Regenklärbecken	3.332.573	596.192	819.369	4.768.134
Summe	10.617.886	692.704	2.147.921	13.681.688

Das Regenklärbecken mit einem Volumen von 1.050 m³ muss im Bereich des Robert-Daum-Platzes vor der Einleitung in die Wupper errichtet werden. Der Beckeninhalte wird mit einer Pumpe entleert. Die Realisierung des dazu erforderlichen Platzbedarfes ist theoretisch. Bereits der Bau des Verzweigungsbauwerkes 53 (Variante 4) wurde mit erheblichen Schwierigkeiten durchgeführt. Die spezifischen Kosten für dieses Becken mit Trennbauwerk (Überlauf) betragen inklusive Baustelleneinrichtung und Nebenkosten 4.541 €/m³.

Tabelle 37 Investitionskosten Regenklärbecken (Variante 3)

Trennbauwerk und Becken	Investitionskosten in €
Trennbauwerk vor RKB	632.573
M+E Technik (Drosselbauwerk für Q_{krit})	211.192
Bauwerk mit Klärüberlauf	700.000
M+E Technik mit Entleerungspumpe	405.000
Baugrube: Verbau, Bodenaushub- und Wiedereinbau unter erschwerten Bedingungen	2.000.000
Zwischensumme gesamt	3.948.765
Baustelleneinrichtung (5 %)	197.438
Nebenkosten (15 %)	621.931
Summe	4.768.134

Die Investitionskosten der Variante 3 betragen insgesamt

13.705.838 €.

Die Projektkostenbarwerte „Investition“ der Variante 3 betragen (Bewertungszeitraum von 60 Jahren):

15.027.792 €.

7.3.2 Laufende Kosten Variante 3

Zu den laufenden Kosten der Variante 3 zählen die Unterhaltungsmaßnahmen für die Kanalisation. Dabei ist zu berücksichtigen, dass bei der Umwandlung eines Bachkanals in einen Regenwasserkanal zusätzliche Kosten auf den Kanalnetzbetreiber zukommen. Weiterhin fallen Kosten für den Betrieb des Regenklärbeckens und für die Regenwasserbehandlung in der Kläranlage des Wupperverbandes an. Die laufenden Kosten betragen rund 40.000 €/a (Tabelle 38).

Tabelle 38 Laufende Kosten für Becken und Kanäle der Variante 3

System	Anzahl Länge Volumen	spezifische Betriebskosten	Betriebs- kosten
Kanal DN (\geq DN 1200) und offene Abschnitte	43 m + 363 m	0,61 €/m · a)	415 €/a
Kanal DN (< DN 1200)	3.489 m	0,41 €/m · a)	1.430 €/a
Schächte	65	12,75 €/a	829 €/a
Regen- und Notüberläufe	4 + 4	1.250 €/a	10.000 €/a
Kompaktanlagen/Schmutzfangzelle ca. 1 m ³	1	1.880 €/a	1.880 €/a
Energie für Schieber + Pumpen	2		528 €/a
RKB (V = 1.050 m ³)	1	5.297 €/a	5.297 €/a
Betriebskosten Kläranlage	105.000 m ³	0,1 €/m ³ · a)	10.500 €/a
Summe			30.879 €/a

Die laufenden Kosten für die Maßnahmen der dezentralen Regenwasserbehandlung (Variante 1) betragen insgesamt:

30.879 €/a

Die Projektkostenbarwerte für die laufenden Kosten betragen (Bewertungszeitraum von 60 Jahren)

854.585 €

7.4 Variante 4 „Parameterspezifische Abflusssteuerung“

7.4.1 Investitionskosten Variante 4

Die Kosten dieser Variante bestehen in erster Linie aus den Baukosten für das Trenn- bzw. Steuerbauwerk im Bereich des Robert-Daum-Platzes und den Kosten für die Regenwasserbehandlungsanlage. Die Kosten für das fiktive Regenwasserbehandlungsbauwerk wurde durch einen äquivalenten Volumenanteil des ESW ermittelt. Dafür erfolgt eine Orientierung an den anteiligen Baukosten des Entlastungssammlers Wupper, in den der behandlungspflichtige Abfluss eingeleitet wird. Der Entlastungssammler Wupper ist ein 9.678 m langer kaskadierter Stauraumkanal (DN 2000 bis DN 2600) mit einem Gesamtvolumen von über 42.000 m³. Am Ende des Sammlers ist das Regenüberlaufbecken Rutenbecker Weg angeordnet. Die Kostenfeststellung für den ESW inklusive der Baukosten für das RÜB umfassen rund 88 Mio. €.

Investitionskosten Trennbauwerk – VZW 53 (Robert-Daum-Platz)

Hierbei handelt es sich um die tatsächlichen Kosten für das bereits realisierte Bauwerk. Diese bestehen aus folgenden Anteilen:

- Baustelleneinrichtung
- Oberflächen- und Vorarbeiten
- Baugrube
- Bauwerkskosten
- Kosten für technische Ausrüstung
- Baunebenkosten

Die Kosten sind das Ergebnis der Kostenfeststellung (Schlussrechnung). Nach der Herstellung des Bauwerkes erfolgte die maschinen- und elektrotechnische Ausrüstung und die Beschaffung der Photometersonde durch die WSW Energie & Wasser AG. Eine Zusammenstellung der Kosten liefert Tabelle 39. Die Kosten für das Bauwerk betragen insgesamt

1.864.828 €

Investitionskosten Regenwasserbehandlung

Das Volumen für den Stauraumkanal beträgt 1.115 m³. Die spezifischen Kosten für den ESW betragen rund 2.530 €/m³. Daraus resultieren Baukosten für die Regenwasserbehandlung von

2.820.629 €

Diese Kosten enthalten keine Kosten zur Regenwasserbehandlung des Robert-Daum-Platzes, da dort tatsächlich ein Filterschachtsystem eingebaut worden ist. Deshalb sind hier zusätzlich 148.328 € für einen Kanal (DN 300) zur Ableitung der Oberflächenabflüsse des Robert-Daum-Platzes erfasst.

Weiterhin fallen die Kosten für das Trennbauwerk an. Diese entsprechen den Investitionskosten für das Trennbauwerk mit qualitativer Abflusssteuerung durch eine Photometersonde (VZW 53). In Tabelle 39 sind diese festgestellten Kosten zusammengestellt.

Tabelle 39 Investitionskosten für das Trennbauwerk mit qualitativer Abflusssteuerung durch eine Photometersonde (VZW 53) vor der Einleitung in die Wupper (Variante 4)

VZW 53 Robert-Daum Platz	Kosten in €
Baustelleneinrichtung (5 %)	77.229
Oberflächen- und Vorarbeiten	191.314
Sicherung und Erkundung	62.341
Baugruben	643.233
Bauwerk VZW 53	398.000
Technische Ausrüstung	171.192
Arbeiten zum Nachweis	8.290
Zwischensumme (Abrechnung Bauunternehmung)	1.551.599
Nachträgliche technische Ausrüstung:	
▶ Installation durch WSW Energie & Wasser AG	40.000
▶ Photometersonde	30.000
Zwischensumme	1.621.599
Baunebenkosten (15 % der Baukosten)	243.238
Investitionskosten (Variante 4)	1.864.828

Die Investitionskosten für Variante 4 betragen insgesamt

4.833.785 €

Die Projektkostenbarwerte „Investition“ der Variante 4 betragen (Betrachtungszeitraum von 60 Jahren)

5.869.728 €

7.4.2 Laufende Kosten Variante 4

Die laufenden Kosten für Variante 4 umfassen folgende Bereiche:

- Betrieb des Briller Bachkanals
- Betrieb des Trennbauwerks inkl. MSR-Technik für parameterspezifische Abflusssteuerung
- Betrieb des ESW – Regenwasserbehandlung im ESW
- Kosten für die Regenwasserbehandlung auf der Kläranlage Buchenhofen (Wupperverband)

Für die Kanäle fallen dabei die üblichen Wartungs- und Reinigungskosten an. Betriebskosten für geschlossene Regenklärbecken sind in Teilbericht 1 beschrieben. Weiterhin entstehen Kosten für die zusätzliche Behandlung der verunreinigten Oberflächenabflüsse die zur Kläranlage Buchenhofen geleitet werden. Hier wurden die Kosten durch Abschätzung eines jährliches Abflussvolumen multipliziert mit spezifischen Kosten für die Behandlung von Regenwasser gemäß Vorgabe des Wupperverbandes ermittelt.

Die Betriebskosten für das Trennbauwerk mit qualitativer Abflusssteuerung enthält ebenfalls Teilbereich 1 (Tabelle 19). Die Kostenermittlung basiert auf den bisherigen Betriebserfahrungen. Für das Bauwerk fallen derzeit 8.065 €/a an Betriebskosten an. In Tabelle 40 sind die laufenden Kosten zusammengefasst.

Tabelle 40 Laufende Kosten der Variante 4

System	Anzahl Länge	Einheitspreis	Betriebskosten
Kanal DN (\geq DN 1200)	0 m	0,61 €/m·a)	0 €/a
Kanal DN ($<$ DN 1200)	65 m	0,41 €/m·a)	27 €/a
Schächte	2	12,75 €/a	26 €/a
Trennbauwerk (VZW 53) mit Photometer- sonde und Hydraulikschieber	1	8.065 €/a	8.065 €/a
RKB ($V = 1.115 \text{ m}^3$) = Volumenanteil ESW			
▶ Bauwerk	1	5.297 €/a	5.297 €/a
▶ Pumpwerkskosten	1	-	430 €/a
Behandlung KA	111.500	€/m ³	11.150 €/a
Summe			24.994 €/a

Die laufenden Kosten für die Maßnahmen der dezentralen Regenwasserbehandlung (Variante 1) betragen insgesamt:

24.994 €

Die Projektkostenbarwerte über den Bewertungszeitraum von 60 Jahren für die laufenden Kosten betragen

679.826 €.

7.5 Zusammenfassende Darstellung der Kosten

Eine vergleichende Gegenüberstellung der unterschiedlichen Kosten für die jeweiligen Varianten enthält Tabelle 41. Die Gegenüberstellung der Investitionskosten und der laufenden Kosten für die jeweiligen Varianten erfolgt in Bild 20. In Bild 21 erfolgt die Darstellung der Projektkostenbarwerte.

Die zusammenfassende Gegenüberstellung der Projektkostenbarwerte für die jeweiligen Varianten zeigt, dass die durch Variante 4 repräsentierte und inzwischen realisierte Lösung mit rund 6,6 Mio. € preisgünstiger ist, als die drei Alternativkonzepte. Dieser Vorteil resultiert aus der Zentralisierung der Maßnahme. Bei dieser Lösung könnten künftig noch dezentrale Maßnahmen für Einleitungen in die offenen Gewässerabschnitte der Oberläufe erforderlich sein. Dazu sind immissionsorientierte Untersuchungen (BWK-Merkblätter) erforderlich, die nicht Bestandteil dieses Vorhabens waren. Nach wie vor stellt diese Form der Abflussbewirtschaftung aber noch hohe Anforderungen an den Kanalnetzbetreiber. Jede Messstelle erfordert individuelle Systemkonzepte und Erfahrungen im Umgang mit dieser Messtechnik. Derzeit reduzieren sich die laufenden Kosten, da durch Fernwirktechnik und zunehmende Betriebserfahrungen die Wartungsintervalle aufwandsabhängig und zeitlich gestreckt vorgenommen werden können.

Die dezentralen Konzepte, repräsentiert durch Variante 1, stellen mit rund 8,3 Mio. € für das Briller Bachsystem die zweitgünstigste Lösung dar. Bei dieser Variante dominieren die laufenden Kosten von über 180.000 €/a, die aus der Vielzahl an Betriebspunkten resultieren. Zu berücksichtigen ist dabei, dass in erheblichem Umfang preisgünstige Straßenablaufeinsätze verwendet wurden. Ob diese in der Praxis so günstig sein werden wie derzeit angenommen, muss der praktische Betrieb zeigen.

Als teuerste Variante hat sich die Kombinationslösung mit vorwiegend semizentraler Behandlung erwiesen. Diese innerhalb der Variante 2 untersuchten Maßnahmen kosten über 17 Mio. €. Die hohen Kosten resultieren hierbei aus zahlreichen Baumaßnahmen innerhalb des engen städtebaulichen Umfeldes. Neben der Problematik der Anordnung von Regenbecken sind hierbei aufwändige Kanalbaumaßnahmen für den Anschluss und die Ableitung der jeweiligen Abflüsse erforderlich.

Mit fast 16 Mio. € stellt Variante 3 eine Lösung dar, die erheblich über den Kosten der Varianten 1 und 4 liegt. Diese Kosten resultieren aus den hohen Baukosten für Kanäle innerhalb des engen städtebaulichen Umfeldes in Wuppertal. Außerdem ist der in dieser Variante vorgesehene Bau des zentralen Regenklärbeckens aufgrund der vorhandenen Zwänge als theoretische Alternative zu werten. Diesen Maßnahmen stehen erhebliche gesellschaftspolitische Widerstände entgegen. Die Möglichkeiten der Umsetzung sind in diesem Fall bereits aufgrund organisatorischer und logistischer Hemmnisse stark eingeschränkt.

Tabelle 41 Zusammenstellung der Investitionskosten und der laufenden Kosten mit den daraus resultierenden Projektkostenbarwerten

Variante	Investitionskosten		laufende Kosten		PKBW gesamt
	Herstellung in €	PKBW in €	Betrieb in €/a	PKBW in €	in €
Dezentrale Behandlung (Variante 1)	3.248.815	3.248.815	182.342	5.046.412	8.295.227
De- und semizentrale Behand- lung (Variante 2)	13.853.865	15.321.894	63.384	1.754.194	17.076.088
Zentrale Behandlung und separater Kanal (Variante 3)	13.705.838	15.027.792	30.879	854.585	15.882.377
Parameterspezifische Abfluss- steuerung (Variante 4)	4.833.785	5.869.728	24.564	679.826	6.576.554

Für alle Systeme wurden die Kosten für Verkehrssicherung sowie die Wegekosten vernachlässigt. Die Ansätze dafür sind stark von individuellen Rahmenbedingungen abhängig, so dass belastbare Ansätze nicht quantifizierbar sind. Es ist allerdings davon auszugehen, dass dieser Kostenanteil die laufenden Kosten für die dezentralen Systeme im direkten Vergleich stärker beeinflusst. Andererseits blieben die Aufwendungen für Abstimmungen der Baumaßnahmen und des Grunderwerbs von Privatflächen unberücksichtigt. Hier sind vor allem für Variante 3 zusätzliche Aufwendungen zu erwarten.

Eine abschließende vergleichende und wertende ökonomische und ökologische Gegenüberstellung der Varianten sowie der eingesetzten Verfahren zur Regenwasserbehandlung erfolgt im Teilbericht 4.

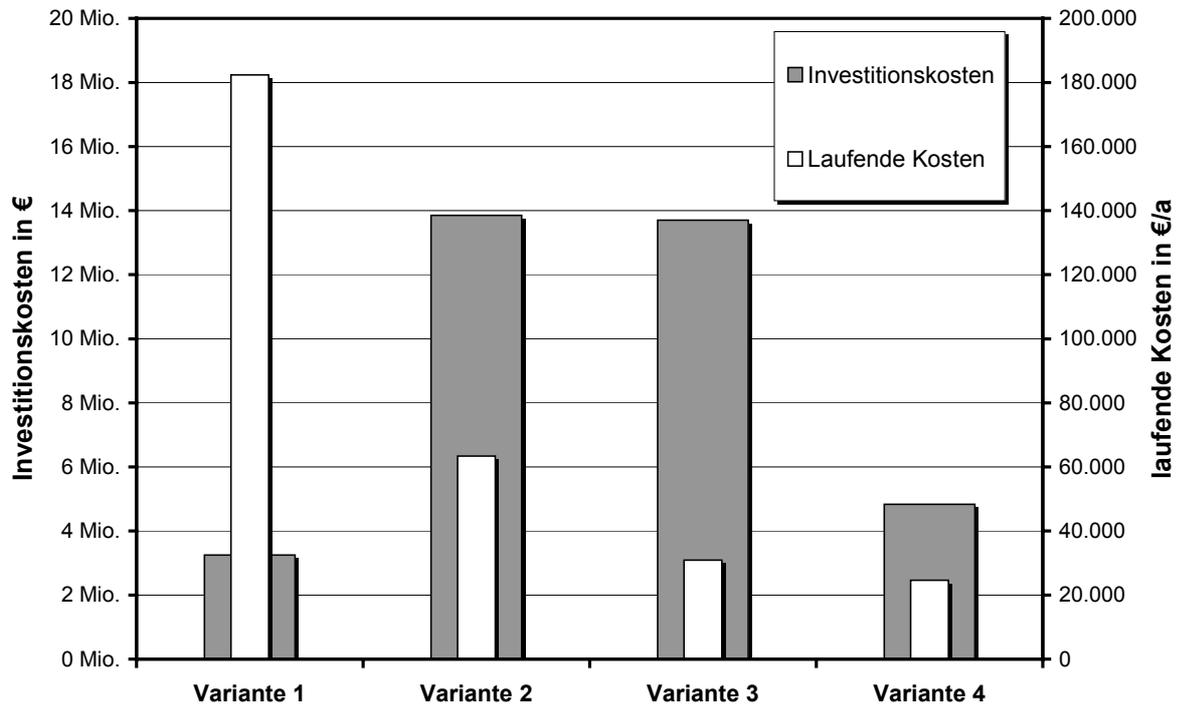


Bild 20 Vergleichende Gegenüberstellung der Investitionskosten und der laufenden Kosten (€/a) für die unterschiedlichen Varianten des Gewässersystems Briller Bach

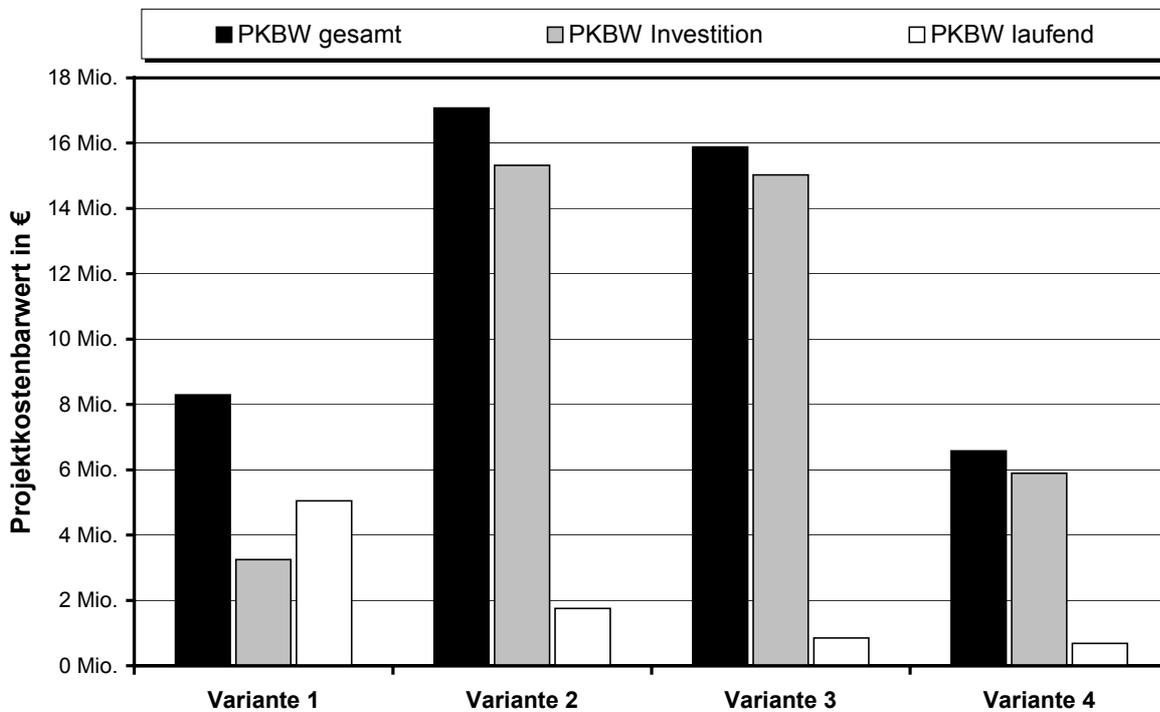


Bild 21 Vergleichende Gegenüberstellung der Projektkostenbarwerte für die unterschiedlichen Varianten des Gewässersystems Briller Bach

8 Literatur

Bartkowiak, A. (2005) Entwicklung weitergehender Konzepte zur Regenwasserbewirtschaftung in trennentwässerten Gebieten - am Beispiel der Stadt Wuppertal. Diplomarbeit Ruhr-Universität Bochum (unveröffentlicht)

BWK (2001) Merkblatt 3: Ableitung von immisionsorientierten Anforderungen an Misch- und Niederschlagswassereinleitungen unter Berücksichtigung örtlicher Verhältnisse, Bund für Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau e.V., April 2001

Born, H. (1910) Die Stadt Elberfeld, Festschrift zur Dreihundert-Jahrfeier 1910, Herausgegeben mit Unterstützung der städtischen Behörde, Elberfeld im Juni 1910

DWA (Hrsg.) (2005) Betriebsaufwand für die Kanalisation – Hinweise zum Personal-, Fahrzeug- und Gerätebedarf. Merkblatt DWA-M 174, DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef, Oktober 2005

Dr. Pecher AG (2007) Erläuterungsbericht zum Schmutzfrachtnachweis für das Einzugsgebiet der Kläranlage Buchenhofen im Auftrag der WSW Energie & Wasser AG im April 2007

Gillisen P. (1990) Entflechtung Briller Bach. Studie des Ingenieurbüros P. Gillisen, im Auftrag der Stadt Wuppertal, im April 1990

Grüning H. (2007) Niederschlagsentwässerung im Trennverfahren – Kategorisierung der Verkehrsflächen. ABWASSERREPORT 3.07, Seite 4-7

FGSV (2002) Richtlinien für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wasserschutzgebieten. RistWag, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau), Ausgabe 2002

Stadt Wuppertal (2008) Digitales georeferenzierte Gewässerinformation als Shape, Email vom Ressort Umweltschutz (R 106) Gewässerentwicklung, Umweltinformationssystem am 06.03.2008.

Stadt Wuppertal (2009) Information über Quellen im Oberlauf des Briller Bachs, Email vom Ressort Umweltschutz (R 106) Gewässerentwicklung, Umweltinformationssystem am 21.04.2009.

UNITRACC (2009) Underground Infrastructure Training and Competence Center Webbasierte Informations-, Lehr-, Lern- und Arbeitsplattform für den Kanal- und Rohrleitungsbau www.unitracc.de besucht im April 2009

WSW (2001) Generalentwässerungsplan Wuppertal, Fachbetrag „Bewertung der Gewässer und Auen“ Schnittstelle Ökologie, Bochum im Auftrag der WSW

Wikipedia (2010) aus http://de.wikipedia.org/wiki/Wuppertal#Geschichte_Elberfelds, aufgerufen im März 2010

BERICHT

Gegenüberstellung der Möglichkeiten zentraler und dezentraler Regenwasserbehandlungsmaßnahmen für zwei Gewässereinzugsgebiete

Berichtsteil 3: Müggenbach

Im Auftrag der:



Stadt Wuppertal



Remscheider Entsorgungsbetriebe

Remscheider Entsorgungsbetriebe

Durchführung:



Dr. Pecher AG



Ingenieurbüro
Reinhard Beck



WSW Energie & Wasser
AG

Gefördert
durch:



Bezirksregierung Düsseldorf

Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und
Verbraucherschutz des Landes NRW

Projektleitung: Dr.-Ing. Helmut Grüning

Bearbeitung: Dipl.-Ing. Olaf Schlag (Teilbericht 3)

Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung	2
2	Beschreibung Müggenbach	3
2.1	Einzugsgebiet	3
2.2	Gewässerverlauf	4
2.2.1	Teufelsbach	7
2.2.2	Glassiepen	7
2.3	Entwicklungspotenzial	7
2.4	Zuflüsse verrohrter Müggenbach	8
2.5	Betrachteter Gewässerbereich	8
2.6	Ermittlung der Einleitungsstellen	9
2.7	Einleitungen	9
2.8	Ermittlung der angeschlossenen Flächen	9
2.9	Klärpflichtige Flächen	10
2.9.1	Öffentlicher Bereich	11
2.9.2	Privater Bereich	11
2.9.3	Zusammenfassung klärpflichtige Flächen	12
3	Varianten	13
3.1	Variante 1: dezentrale Behandlung	13
3.2	Variante 2: semizentrale Behandlung	14
3.3	Variante 3: zentrale Behandlung mit Bachentflechtung	15
3.3.1	Trennung Bachwasser durch ein Rohr im Rohr	15
3.3.2	Bau einer neuen Gewässerverrohrung	16
3.3.3	Bau eines neuen Regenwasserkanals	17
3.4	Variante 4: zentrale Behandlung	17
3.4.1	Zentrale Behandlung mit Photometersonde	19
3.5	Zusammenfassung Varianten	19
4	Kosten	20
4.1	Investitionskosten dezentrale Behandlung	20
4.2	Investitionskosten semizentrale Behandlung	21
4.3	Investitionskosten zentrale Behandlung mit Bachentflechtung	23
4.4	Investitionskosten zentrale Behandlung	25
4.5	Variantevergleich Investitionskosten	26
4.6	Betriebskosten dezentrale Behandlung	27
4.7	Betriebskosten semizentrale Behandlung	27
4.8	Betriebskosten zentrale Behandlung mit Bachentflechtung	28
4.9	Betriebskosten zentrale Behandlung	29
4.10	Variantevergleich Betriebskosten	30
4.11	Kostenvergleichsberechnung	31
4.12	Ergebnisse Kostenvergleichsberechnung	34
5	Beurteilung der Genehmigungsfähigkeit	36
6	Kosten-/Nutzenvergleich	37
7	Zusammenfassung	38

1 Veranlassung

Der Müggenbach stellt sich aufgrund von städtebaulichen Entwicklungen als eng vernetztes Ableitungssystem von Bach-, Drainage- und hauptsächlich Niederschlagswasser dar. Der Quellwasserabfluss ist im Vergleich zu den abgeleiteten Regenwasserabflüssen auch bei kleineren bis mittleren Regenereignissen vernachlässigbar gering.

Das untersuchte Gebiet liegt im Nordosten des Stadtzentrums von Remscheid. Entlang der Bundesstraße B 229 haben sich vor allem kleine bis mittlere Gewerbe- und Industriegebiete angesiedelt. Das Regenwasser der im Trennverfahren erschlossenen Teileinzugsgebiete wird ungedrosselt und ohne Klärung in den verrohrten Müggenbach eingeleitet. Das Gewässer ist einer der hydraulisch am stärksten belasteten Vorfluter im Remscheider Stadtgebiet. Die direkte angeschlossene Fläche beträgt ca. $A_u = 79$ ha, so dass selbst bei mittleren Regenereignissen $Q = 1.000$ l/s bis 3.000 l/s zum Hauptgewässer Morsbach weitergeleitet werden. Bei starken Niederschlägen können bis zu $Q_{\max} = 13,7$ m³/s zum Abfluss kommen.

Damit stellt der Müggenbach eine exemplarische Gewässerstruktur mit folgenden Merkmalen dar: Lediglich im Quellbereich ($A_{Eo} = 0,07$ km²) sind annähernd natürliche Strukturen vorzufinden, der weitere Gewässerverlauf ist kanalisiert. Der Regen-/Bachwasserkanal geht nach 2,2 km Länge wieder in ein offenes Gewässer über.

Für den kanalisierten Bach ist eine Entwicklung der Biozönose nicht möglich, so dass aus gewässerökologischer Sicht keine Veränderung zu erwarten ist. Aus wasserwirtschaftlicher Sicht ist für die bestehende Kanalisation eine Abkopplung der geringen Bachwassermengen nicht von Bedeutung, da die Leistungsfähigkeit des Sammlers dadurch nicht verbessert wird und ein naturnaher Gewässerausbau an den vorhandenen Randbedingungen scheitert. Vor diesem Hintergrund ist eine Kanalnetzanzeige nach § 58.1 LWG für eine zentrale Behandlung am Ende der Verrohrung bei der Bezirksregie- rung eingereicht worden. Hierin wurden auch Alternativen wie:

- Abkopplung des Quellwassers
- Versickerung/Nutzung des Quellwassers
- Trennung von Regen-/Bachwasser durch neuen Bachsammler
- Trennung Regen-/Bachwasser durch Rohr im Rohr
- Trennung Regen-/Bachwasser durch neuen RW-Sammler

betrachtet. Eine überschlägige Kosten-/Nutzenanalyse zeigte, dass die zentrale Behandlung die zu favorisierende Variante ist.

Die Dringlichkeit der Untersuchung wird am Beispiel der genehmigungsrechtlichen Situation des Müggenbachsystems deutlich. Trotz der aufgeführten umfangreichen Variantenbetrachtungen liegt keine genehmigungsfähige Lösung vor, da behandlungspflichtige Oberflächenabflüsse in das Gewässersystem gelangen. Das Genehmigungsverfahren gemäß § 58.1 LWG ruht aufgrund eines nicht entschiedenen Widerspruchsverfahrens der Stadt Remscheid. Die Anzeige nach § 58.1 LWG wurde aufgrund der fehlenden wasserrechtlichen Grundlagen zunächst nicht beschieden. Aus diesem Grund sind die Vor- und Nachteile der Varianten detailliert miteinander zu vergleichen.

2 Beschreibung Müggenbach

2.1 Einzugsgebiet

Das Einzugsgebiet liegt nordöstlich des Stadtzentrums von Remscheid und erstreckt sich von der Neuenkamper Straße (B 229) entlang der Haddenbacher Straße bis zum Morsbach.

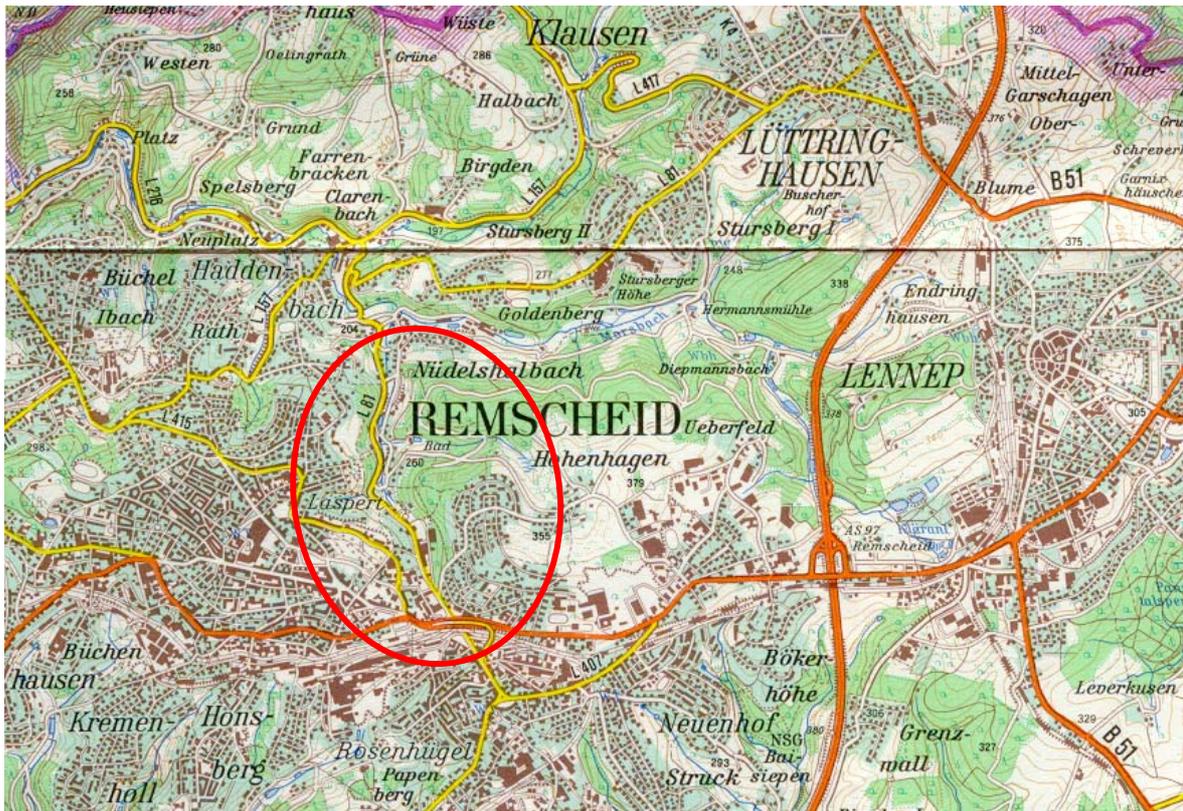


Bild 1 Übersichtskarte

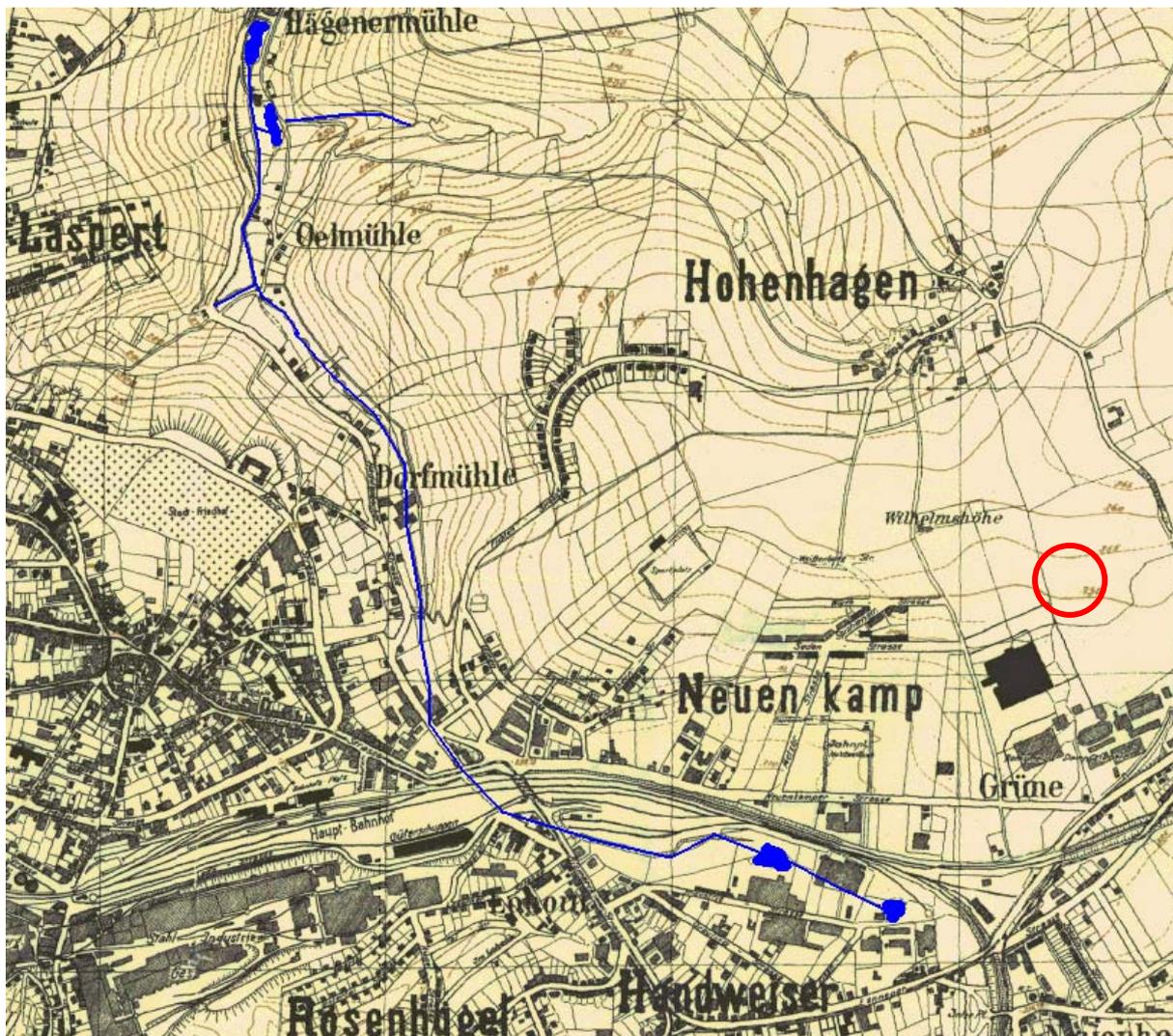
Das oberirdische Einzugsgebiet des Müggenbachs (273.66) weist eine Fläche von $A_{E0} = 3,5 \text{ km}^2$ auf. Aufgrund von anthropogenen Eingriffen und städtebaulichen Entwicklungen (Bahnstrecke, B 229, ...) durchquert das verrohrte Gewässer im Bereich der B 229 das Einzugsgebiet Eschbach (273.672) und das Einzugsgebiet Lobach (273.6722), um dann Richtung Norden in das Einzugsgebiet Morsbach abzufließen. Das Entwässerungssystem ist in diesem Teilgebiet mit der Bachverrohrung so vermascht, dass Teile aus angrenzenden Einzugsgebieten bei der Bestimmung der Einzugsgebietsgrenze des Müggenbaches mitberücksichtigt werden mussten. Die kanalisierte Fläche beträgt $A_{E,k} = 153,7 \text{ ha}$ ($A_u = 79,2 \text{ ha}$). Der Großteil des Gebietes wird im Trennverfahren entwässert. Lediglich das Einzugsgebiet RÜB/RRB Oelmühle ($A_{E,k} = 16,1 \text{ ha}$, $A_u = 5,5 \text{ ha}$) ist im Mischverfahren erschlossen. Die Flächen die nur den verrohrten Bereich betreffen, sind unter Kapitel 2.8 beschrieben.

Tabelle 1 Flächendaten

Müggelbach	$A_{E,k}$ [ha]	$A_{E,b}$ [ha]	A_u [ha]
Trennverfahren	137,6	88,3	73,7
Mischverfahren	16,1	7,3	5,5
Summe	153,4	95,6	79,2

2.2 Gewässerverlauf

Der Müggelbach ist ein Nebengewässer des Morsbaches (Gewässer-Nr. 273.66). Die Quelle ist im Bereich Hohenhagen an der Abbruchkante einer ehemaligen Tongrube festgelegt worden (Privatgelände). Aus historischen Karten ist jedoch zu erkennen, dass die ursprüngliche Quelle im Bereich des heutigen Lagerplatzes der Stadtwerke Remscheid an der Neuenkamper Straße lag.



○ heute festgelegte Quelle

Bild 2 Historische Karte 1930

Der obere Verlauf im Bereich des Betriebsgrundstückes der Stadtwerke Remscheid ist auf einer Länge von ca. 300 m als offenes Gewässer gestaltet. Anschließend ist der Bach auf einer Länge von ca. 2.200 m verrohrt. Die Verrohrung kreuzt die Bundesstraße B 229 (Neuenkamper Straße) sowie die Bahntrasse in Höhe des Bauhofs der Stadtwerke Remscheid. Bis zum Bauhof (L = 233 m) hat die Bachverrohrung wechselnde Durchmesser von DN 300 bis DN 500. Danach liegen bis zur Industriestraße (L = 323 m) wechselnde Querschnitte von DN 700, Ei 700/1050 und Maul 900/800 vor. An der Industriestraße liegen im oberen Bereich (L = 361 m) Durchmesser von DN 600-DN 800 vor. Im unteren Bereich bis zur Bismarckstraße (L = 263 m) wurden in die alte Verrohrung zwei Leitungen übereinander eingezogen. Ein Kanal besteht aus einem Durchmesser DN 600 der andere aus dem Durchmesser DN 300 oder DN 600. Nach Durchquerung des Gewerbegebietes an der Industriestraße und der Bahnanlage Ostbahnhof kreuzt die Verrohrung die Hauptverkehrskreuzung Neuenkamper Straße/Bismarckstraße. In der Bismarckstraße (L = 100 m) hat die Verrohrung einen Durchmesser DN 1200. Ab der Neuenkamper Straße hat der Kanal ein Ei-Profil 1400/2100 (L = 410 m) und führt über die Kipperstraße in Richtung Haddenbacher Straße. In diesem Bereich dient die Bachverrohrung als Vorflut für die Regenwasserkanalisation der stark besiedelten Einzugsgebietsflächen (Wohn- und Gewerbegebiete). Von der Haddenbacher Straße führt die Verrohrung (Ei 1200/1800) über L = 280 m durch den Gewerbepark. Ab hier finden wir einen Gewölbekanal (L = 240 m) mit waagerechter Sohle vor. An der Haddenbacher Straße/Zum Brodtberg endet die Verrohrung.

Der offene Teil des Müggenbaches bis zur Einmündung in den Morsbach beträgt ca. $l = 1.380$ m. Hier ist das Gewässer technisch ausgebaut. Im Wesentlichen ist der Bachverlauf durch Verrohrungen, Abstürze und Befestigung von Sohle und Ufer geprägt.

Bis auf die Kreuzungen der B 229 und dem Bereich der Kipperstraße liegt die Verrohrung auf Privatgelände. Das heißt, dass die Verrohrung über 1.700 m auf privatem Gelände verlegt ist.



Bild 3 Angelegter Quellbereich Tongrube



Bild 4 Austritt Bachverrohrung



Bild 5 Hägener Mühle

In der Ortslage Hägener Mühle durchfließt der Bach den im Hauptschluss liegenden Sedimentfang und das Regenrückhaltebecken. Das mittlere Gefälle des offenen Müggenbachs liegt bei $I = 70 ‰$.

2.2.1 Teufelsbach

Der Teufelsbach ($A_{E0} = 0,75 \text{ km}^2$) entspringt in der Ortschaft Hohenhagen und mündet im Bereich des RÜB/RRB Oelmühle in den Müggenbach.

Das Gewässer durchquert die im Schutzgebiet liegenden Auenwiesen in der Ortschaft Hohenhagen, um dann das Waldgebiet bis zum Müggenbach zu durchfließen. Der Teufelsbach weist eine naturnahe Gestaltung und ein gutes Entwicklungspotenzial auf. Das mittlere Gefälle beträgt $I = 80 \text{ ‰}$.

2.2.2 Glassiepen

Der Glassiepen ($A_{E0} = 0,35 \text{ km}^2$) entspringt in dem Ortsteil Laspert nördlich des Stadtzentrums und mündet nach kurzem Fließweg in Höhe der Ortschaft Oelmühle in den Müggenbach. Bis zur Unterquerung der Haddenbacher Straße ist der Glassiepen als offenes Gewässer gestaltet. Anschließend ist das Gewässer verrohrt und technisch ausgebaut.

2.3 Entwicklungspotenzial

Der verrohrte Oberlauf des Müggenbachs weist bis zum Auslaufbauwerk an der Haddenbacher Straße kein Entwicklungspotential auf. Der geringe Quellwasserabfluss beträgt ca. $Q = 1 \text{ l/s}$. Zusätzlich ist aufgrund der Lage der Bachverrohrung und der städtebaulichen Entwicklung im oberen Teileinzugsgebiet eine Verbesserung für diesen Bachabschnitt nicht realisierbar.

Vom Auslaufbauwerk bis zum Absturzbauwerk in der Ortslage Nüdelshalbach ist das Gewässer durch anthropogene Eingriffe technisch ausgebaut und stark eingeschränkt. Das Gewässer durchfließt in diesem Abschnitt mehrere Verrohrungen, Absturzbauwerke sowie das im Hauptschluss liegende Becken Hägener Mühle. Diese technischen Bauwerke stellen ein unüberwindbares Auf- und Abwanderungshindernis dar, so dass auch für diesen Gewässerabschnitt ein geringes bis mäßiges Entwicklungspotential festgestellt wurde. Durch die entsprechenden Maßnahmen kann jedoch der Gewässerzustand dieses Abschnittes deutlich verbessert und naturnah gestaltet werden. Ein höheres Entwicklungspotenzial ist erst im Morsbach gegeben.



Bild 6 Kaskade Bereich RRB Hägener Mühle

Vom Kaskadenbauwerk (siehe Bild 6) bis zur Einmündung in den Morsbach sind bei der Gewässerbegehung beim unteren Bachabschnitt verschiedene Substrattypen sowie mehrere Sohlstrukturen festgestellt worden. Von der Gewässerseite wurde somit hier ein mäßiges bis gutes Entwicklungspotential bestimmt.

2.4 Zuflüsse verrohrter Müggenbach

Im offenen Oberlauf ist nur nach längeren Regenereignissen ein Abfluss vorhanden. Dies liegt daran, dass die ehemalige Tongrube nicht das ursprüngliche Quellgebiet ist. Einen ersten sichtbaren Zufluss sieht man aus der Drainageleitung der Stadtwerke. Hier fließen etwa $Q = 0,1-0,3$ l/s zu. Bis zum Schacht 392200 am alten Güterbahnhof sind keine dauerhaften Zuflüsse bekannt. An diesen Schacht schließt ein Kanal DN 1200 an (Zulauf 136), der einen Drainageabfluss vom Bahngelände abführt. Hier waren vor dem Bau der Bahn mehrere Teichanlagen. Kleinere dauerhafte Zulaufmengen kommen aus den Regenwasserkanälen in der Neuenkamper Straße (Zulauf 91 und 102). Aus der alten Verrohrung Müggenbach (Zulauf 89) kommt ein ständiger Zulauf von $Q = 1-5$ l/s. Weitere dauerhafte Zuläufe waren am Zulauf 45 (alter Gewölbekanal), Kanalzulauf 43 und an dem Zulauf 21 (alte Bachverrohrung Gewerbepark) zu erkennen. Die Stützen im Gewölbekanal unterhalb des Gewerbeparks führten alle Wasser. Hier kann man davon ausgehen, dass beim Bau der Verrohrung Drainagen aus der Baugrube angeschlossen wurden. Der Gesamtabfluss lag am Ende der Gewässerrohrung am 20.03.2009 bei etwa $Q = 20$ l/s. Im Jahresmittel dürfte der Abfluss aus Drainagen bei etwa $MQ = 15$ l/s liegen.

2.5 Betrachteter Gewässerbereich

Der betrachtete Gewässerbereich führt von der Quelle (km 3,87) bis zum Ende der Verrohrung (km 1,38). Unterhalb liegende Einleitungen sind vom eigentlichen Gewässer so entflichtet, dass vor der

Einleitung Behandlungsmöglichkeiten bestehen. Zudem liegen in dem $L = 1.380$ m offenen Abschnitt nur fünf Einleitungen vor.

2.6 Ermittlung der Einleitungsstellen

Für einen $L = 900$ m langen Teilbereich lag eine Kamerabefahrung vor. Hier konnten die Auswertungen übernommen werden. Die Schächte mussten gesondert überprüft werden, da die TV-Untersuchung hierüber keine Auskunft gab.

Über einen $L = 340$ m langen Abschnitt wurde eine Kamerabefahrung veranlasst und eine Ortsbegehung der Schächte durchgeführt.

Auf dem restlichen Abschnitt von $L = 1.000$ m wurde der Kanal begangen. Hierbei wurden gleichzeitig die Schächte auf Einleitungen überprüft.

Alle Einleitungen oder Stutzen wurden im Plan dargestellt (s. Lagepläne Einleitungen).

2.7 Einleitungen

Im oberen Bereich des Müggenbachs liegen 86 Regenwassereinleitungen vor. Diese teilen sich in private und öffentliche Einleitungen auf.

- Private Einleitungen: 53
- Öffentliche Einleitungen: 33

Von den 33 öffentlichen Einleitungen erfolgen 21 Einleitungen über Sinkkästen bzw. SK-Schleppleitungen und zwölf Einleitungen über Kanalnetze.

Von den 86 Einleitungen liegen zwei im offenen Bereich (km 3,59 – 3,87). Alle anderen liegen im verrohrten Bereich.

Da oft Unstimmigkeiten zwischen dem Status Gewässer und Regenwasserkanal vorlagen, liegen nur fünf Erlaubnisse nach § 7 WHG aus den 53 privaten Einleitungen vor. Die erlaubte Einleitungsmenge beträgt insgesamt $Q = 158$ l/s.

2.8 Ermittlung der angeschlossenen Flächen

Für die zwölf Regenwassernetze konnte die angeschlossene Fläche relativ gut ermittelt und dargestellt werden. Die 21 direkt angeschlossenen Sinkkästen und Straßeneinläufe wurden vor Ort überprüft, so dass die Fläche anhand des Straßenverlaufs und der Gefällesituation festgelegt wurde. So konnten alle öffentlichen Flächen eindeutig zugeordnet werden.

Für die privaten Leitungen wurden die Haus- und Gebäudeakten gesichtet. Hiernach wurden für viele Gebäude die Flächen zugeordnet. Diese wurden bei einer Ortsbegehung überprüft. Bei den Einleitungen, wo keine Zuordnung aus den Hausakten getroffen werden konnte, erfolgte eine detaillierte Ortsbegehung. Da auch hier nicht immer eindeutig die Flächen den Stutzen zugeordnet werden konnten, sind sinnvolle Annahmen getroffen worden. Eine grundstücksbezogene Zuordnung konnte aber getroffen werden.

Folgende Flächengrößen liegen für das betrachtete Gebiet vor:

- $A_{E,k} = 93,7$ ha
- $A_{E,b} = 63,2$ ha
- $A_u = 53,5$ ha

Die Flächengrößen variieren stark. An einigen Einleitungen ist nur ein Sinkkasten angeschlossen an anderen Einleitungen wiederum ein größeres Regenwassernetz. Folgende Tabelle gibt einen Überblick über die angeschlossenen Flächengrößen.

Tabelle 2 angeschlossene Flächengrößen

Fläche	Anzahl Einleitungen
< 400 m ²	29
< 1.000 m ²	18
< 5.000 m ²	23
< 10.000 m ²	9
> 10.000 m ²	7

2.9 Klärpflichtige Flächen

Nach dem Ministerialerlass vom 26.05.2004, wird das Niederschlagswasser in drei Kategorien eingeteilt:

- unbelastetes (=unverschmutztes) Niederschlagswasser (Kategorie I)
- schwach belastetes (= gering verschmutztes) Niederschlagswasser (Kategorie II)
- stark belastetes (=verschmutztes) Niederschlagswasser (Kategorie III)

Niederschlagswasser der Kategorie I bedarf grundsätzlich keiner Behandlung.

Niederschlagswasser der Kategorie III bedarf grundsätzlich einer Behandlung.

Niederschlagswasser der Kategorie II bedarf grundsätzlich einer Behandlung. Von einer zentralen Behandlung dieses Niederschlagswassers kann im Einzelfall abgesehen werden, wenn aufgrund der Flächennutzung nur mit einer unerheblichen Belastung durch sauerstoffzehrende Substanzen und Nährstoffe und einer geringen Belastung durch Schwermetalle und organische Schadstoffe gerechnet werden muss oder wenn eine vergleichbare dezentrale Behandlung erfolgt. Dies gilt im Allgemeinen für

- Dachflächen in Gewerbe- und Industriegebieten
- befestigte Flächen mit schwachem Kfz-Verkehr (fließend oder ruhend), z.B. Wohnstraßen mit Park- und Stellplätzen; Zufahrten zu Sammelgaragen; sonstige Parkplätze, soweit nicht die Voraussetzung der Kategorie III der Anlage 1 vorliegen,
- zwischengemeindliche Straßen- und Wegeverbindungen mit geringem Verkehrsaufkommen sowie

- Hof- und Verkehrsflächen in Misch-, Gewerbe- und Industriegebieten
 - Mit geringem Kfz-Verkehr (fließend oder ruhend)
 - Mit geringen LKW-Anteil
 - Ohne abflusswirksame LKW-Parkplätze
 - Ohne abflusswirksame Lagerflächen
 - Ohne abflusswirksame Flächen der Kategorie III der Anlage 1
 - Ohne Produktionsbetriebe
 - Ohne Umgang mit wassergefährdenden Stoffen
 - Ohne sonstige Beeinträchtigungen der Niederschlagswasserqualität

Aus diesem Grund wurde eine Unterteilung der Kategorie II in behandlungspflichtig (IIb) und nicht behandlungspflichtig (IIa) vorgenommen.

2.9.1 Öffentlicher Bereich

Bei den öffentlichen Bereichen handelt es sich um die zwölf Trennsysteme und die direkt angeschlossenen Sinkkästen an der Bismarckstraße/B 229 und Kipperstraße.

Von der Stadt Remscheid liegen für die meisten Straßen Daten aus Verkehrszählungen vor. Hierüber wurde eine erste Festlegung getroffen. Zudem wurde geprüft, ob es sich um eine Straße im Gewerbe- oder Industriegebiet handelt.

Die B 229 und der Knotenpunkt B 229/Bismarckstraße/Haddenbacher Straße wurden der Kategorie III zugeordnet.

Straßen mit einer Verkehrsbelastung über ca. 2.500 Kfz/d und Straßen im Gewerbe- oder Industriegebiet wurden der Kategorie IIb (klärflichtig) zugewiesen.

Für die Gewerbe- und Industriegebiete, die an den öffentlichen Kanal angeschlossen sind, wurde eine Ortsbegehung durchgeführt. Hiernach wurden die klärflichtigen Flächen der Kategorie IIb zugeordnet.

Aufgrund der Belastung sind alle 33 Einleitungen klärflichtig. Die Flächen der öffentlichen Einleitungen teilen sich folgendermaßen auf:

Tabelle 3 Klärflichtige Flächen öffentlicher Bereich

Belastung	A _u [ha]
klärflichtig	13,4
nicht klärflichtig	27,9

2.9.2 Privater Bereich

Bei den privaten Flächen handelt es sich um die Gebiete

- im Quellbereich
- an der Industriestraße
- an der Kipperstraße und

- am Gewerbepark

Für diese Gebiete wurde eine Ortsbegehung durchgeführt. Hier wurde zwischen Hof-, Dach-, Lager- und Parkflächen unterschieden. Von den 53 Einleitungsstellen sind 27 Einleitungen klärpflichtig. Davon liegen bei zwei Einleitungen schon Behandlungen vor (Nr. 250 Versickerung, Nr. 82 Ölabscheider). Die 27 klärpflichtigen Flächen haben eine Größe von $A_{E,k} = 17,0$ ha, $A_{E,b} = 14,3$ ha und $A_u = 12,2$ ha.

Die Flächen der privaten Einleitungen teilen sich folgendermaßen auf:

Tabelle 4 klärpflichtige Flächen privater Bereich

Belastung	A_u [ha]
klärpflichtig	3,5
nicht klärpflichtig	8,7

2.9.3 Zusammenfassung klärpflichtige Flächen

Von den 86 Einleitungen sind 60 Einleitungen klärpflichtig. Diese teilen sich in 33 öffentliche und 27 private Einleitungen auf.

Nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick der Einleitungsstellen mit Flächengrößen und Klärpflicht.

Tabelle 5 klärpflichtige Einleitungen

Fläche	Anzahl Einleitungen	davon klärpfl. Einleitungen
< 400 m ²	29	19
< 1.000 m ²	18	10
< 5.000 m ²	23	17
< 10.000 m ²	9	7
> 10.000 m ²	7	7
Summe	!Syntaxfehler,)	!Syntaxfehler,)

Die Gesamtfläche von $A_u = 53,5$ ha teilt sich in eine klärpflichtige Fläche von $A_u = 16,9$ ha und eine nicht klärpflichtige Fläche von $A_u = 36,6$ ha auf.

3 Varianten

Für den Müggenbach wurden folgende Lösungsvarianten betrachtet.

- Variante 1: dezentrale Behandlung
- Variante 2: semizentrale Behandlung (Behandlung vor der Einleitung)
- Variante 3: zentrale Behandlung mit Bachentflechtung
- Variante 4: zentrale Behandlung

3.1 Variante 1: dezentrale Behandlung

Neben der Behandlung mit Reinigungssystemen ist eine Behandlung mit Versickerung über die belebte Bodenzone möglich. Bezogen auf das Einzugsgebiet Müggenbach ist eine Versickerung bzw. Abkopplung nicht möglich. Dies resultiert hauptsächlich aus der Flächenverfügbarkeit im innerstädtischen Bereich und den möglichen Altlasten, die an den über 100 Jahren bestehenden Gewerbeflächen anzutreffen sind. Zudem ist hier eine Behandlung der stark belasteten Flächen (Kategorie III), die nur über die belebte Bodenzone erfolgt, nicht möglich.

Die einzige Fläche, bei der eine Versickerung erfolgen kann, ist eine Parkplatzfläche im Bereich der Quelle.

Daher kann am Müggenbach nur die dezentrale Behandlung am Entstehungsort als Vergleichsvariante erarbeitet werden. Bei dieser Variante erfolgt die Behandlung der klärpflichtigen Privatgrundstücke auf dem jeweiligen Grundstück, also vor dem Anschluss an den Regenwasserkanal oder dem Müggenbach. Alle 27 direkt angeschlossenen klärpflichtigen Flächen werden über Filterschächte oder in besonderen Fällen über Straßenablaufeinsätze behandelt.

Die 21 öffentlichen Sinkkästen, die direkt an den Müggenbach angeschlossen sind, werden über Straßenablaufeinsätze behandelt. Bei den zwölf Regenwassernetzen kann bei acht Netzen nur die Behandlung durch Straßenablaufeinsätze erfolgen, da bei diesen Gebieten auch große nicht klärpflichtige Flächen bzw. Einleitungen in den Regenwasserkanal vorliegen. Bei vier Gebieten liegt nur eine Straßenentwässerung vor oder es sind nur kleine nicht klärpflichtige Flächen mit angeschlossen, so dass hier ein Filterschacht erstellt werden kann. Für die zwölf Regenwassernetze sind alleine 324 Sinkkasteneinsätze und 10 Filterschächte erforderlich.

Insgesamt gibt es im Bestand 356 Sinkkästen. Es wurde angenommen, dass davon bei 28 Sinkkästen ein Einbau des Einsatzes nicht möglich ist und der Sinkkasten ausgetauscht werden muss. D. h., dass bei jedem 13. Sinkkasten bzw. bei 8% der Einbau nicht funktioniert. Diese Werte können bei alten Straßenentwässerungen höher und bei neueren Straßenentwässerungen tiefer liegen. Zusätzlich wurden die Flächengrößen, die an einen Sinkkasten angeschlossen sind, überprüft. Bei Flächen über $A = 270\text{-}300\text{ m}^2$ wurde ein zusätzlicher Sinkkasten mit Straßenablaufeinsatz vorgesehen. Dies ist an 40 Standorten der Fall.

Neben den 396 Straßenablaufeinsätzen sind 24 Filterschächte erforderlich. Die Standorte der Filterschächte und Straßenablaufeinsätze sind in den Anlagen 7 bis 9 dargestellt. Bei den sechs großen Trennsystemen wurde auf die Darstellung der Sinkkästen verzichtet.

3.2 Variante 2: semizentrale Behandlung

Bei der semizentralen Behandlung erfolgt die Behandlung vor der Einleitung in den verrohrten Müggenbach. Für die direkten Anschlüsse an den Müggenbach liegt keine Änderung gegenüber der dezentralen Behandlung vor. Diese können nicht wie beim Briller Bach zu einer zentralen Einleitung geführt werden, da der Müggenbach über Privatgrundstücke verläuft und die Zusammenlegung sehr aufwändig wäre. Daher bleibt die Entwässerung für die 27 klärflichtigen, privaten und 21 öffentlichen Anschlüsse gleich. Ausnahme ist das Trennsystem der Stadtwerke ($A_u = 1,0$ ha) für das ein RKB dimensioniert wurde. Bei den zwölf Trennsystemen wurde eine Unterteilung gemacht. Bei vier Gebieten ist aufgrund der Größe ein Filterschacht vor der Einleitung sinnvoll. Bei drei Flächen ist es aufgrund der Lage besser mehrere Straßenablaufeinsätze einzubauen. Für die sechs größten Trennsysteme wurden Regenklärbecken vor der Einleitung in den verrohrten Müggenbach dimensioniert und geplant (siehe Anlagenheft Anlage 4). Dabei handelt es sich um folgende Becken.

Tabelle 6 Regenklärbecken semizentrale Behandlung

Bauwerk	Einleitungsnummer	Volumen [m ³]	Q_{krit} [l/s]	$Q_{r15,n=1}$ [l/s]
Neuenkamper Straße Ost	230	30	32	470
Lenneper Straße	214	20	21	270
Neuenkamper Straße	102	50	51	560
Eichenstraße/Hohenhagen	91	100	103	1.780
Fichtenstraße	43	55	57	1.150
Stadtwerke Ost (privat)	234	10	8	110

Bei den Regenklärbecken ist zu berücksichtigen, dass diese mit Dauerstau ausgeführt werden müssen, da in den Regenwasserkanälen ein dauerhafter Abfluss vorliegt. Auch wenn dies nicht vorliegen würde, hätte man spätestens bei der Fremdwassersanierung des Schmutzwassernetzes mit den Grundstücksentwässerungsanlagen einen Zufluss im Regenwasserkanal. Für Regenklärbecken ohne Dauerstau müsste daher eine neue Vorflut für das Drainagewasser, also ein dritter Kanal, gebaut werden. Dies ist bautechnisch fast unmöglich und finanziell nicht tragbar. Daher muss bei der Reinigungsleistung berücksichtigt werden, dass die Regenklärbecken mit Dauerstau sind.

Bei dieser Variante müssen neben 6 Regenklärbecken, 17 Filterschächte und 81 Straßenablaufeinsätze erstellt werden. In den 81 Sinkkästen sind acht Sinkkästen aus hydraulischen und drei Sinkkästen aus baulichen Gründen enthalten, die zum Einbau von Einsätzen nicht geeignet sind (siehe dezentrale Behandlung), so dass ein einfacher Einsatz bei 70 Sinkkästen vorgenommen werden kann.

Die Standorte aller Behandlungselemente sind in der Anlage 10 dargestellt.

3.3 Variante 3: zentrale Behandlung mit Bachentflechtung

Neben einer Bachentflechtung des Müggenbachs wurde bereits in der abgelehnten Kanalnetzanzeige untersucht, ob eine Umleitung der anfallenden Bachwassermengen zum nahe liegenden Baisiepen möglich ist. Aufgrund der topographischen Gegebenheiten ist die Ableitung im freien Gefälle kostenintensiv. Die geplante Verrohrung ($l = 650$ m) muss bis zu einer Tiefe von ca. 10 m verlegt werden. Die geschätzten Kosten liegen bei netto 1.300.000,00 €.

Eine weitere Möglichkeit wäre mittels Pumpen und Druckleitungen das anfallende Bachwasser bis zum Hochpunkt zu fördern und dann im freien Gefälle zum Baisiepen weiterzuleiten. Die Gesamtkosten für diese Maßnahme liegen bei netto 550.000,00 €. Hinzu müssen bei beiden Varianten noch die Kosten für die Regenwasserbehandlung von 1.550.000 € gerechnet werden.

Aus landschaftlichen sowie gewässerökologischen Gründen sind für diese Abkopplungsmaßnahme negative Auswirkungen zu erwarten, da Bachwasser in ein „fremdes“ Einzugsgebiet eingeleitet und eine „Einleitungsstelle“ im Quellbereich des Baisiepen hergestellt wird. Dies würde auch der Feststellung entgegenstehen, dass am Müggenbach eine Niedrigwasseraufhöhung erfolgen sollte. Aufgrund der komplizierten Randbedingungen ist ggf. mit höheren Kosten für die Ausführung dieser Maßnahme zu rechnen. Aus wasserwirtschaftlicher Sicht sind zudem keine Veränderungen zu erwarten.

Außerdem wurde die Möglichkeit einer Versickerung der anfallenden Wassermengen im Bereich des vorhandenen Teiches (Ende offener Gewässerbereich/Beginn Verrohrung) überprüft. Eine Bodenuntersuchung wurde zwar nicht durchgeführt, man kann aber annehmen, dass aufgrund der früheren Nutzung des Gebietes als Tonabbaugrube die Bodeneigenschaften eine Versickerung nicht zulassen.

Eine Nutzung der Quellwassermengen ist nur möglich, wenn ein Wasserverbraucher mit kontinuierlichem Bedarf zur Verfügung steht. Gleichzeitig muss die notwendige Infrastruktur für diese Betriebsart vorhanden sein.

Diese Variante wird aus Kostengründen aber auch aus landschaftlicher Sicht als nicht empfehlenswert eingestuft. Aus gewässerökologischer Sicht sind zudem keine Veränderungen zu erwarten.

Bei dieser Variante muss berücksichtigt werden, dass die Drainagen weiterhin der Verrohrung zufließen und nur die natürliche Fläche von $A_{E0} = 0,07$ km² abgekoppelt wird.

3.3.1 Trennung Bachwasser durch ein Rohr im Rohr

Bei dieser Maßnahme wird vorgeschlagen im vorhandenen RW-Kanal eine neue Bachverrohrung als „Inliner“ bis zum offenen Teil des Müggenbaches ($L = 2.200$ m) zu verlegen.

Aus gewässerökologischer, wasserwirtschaftlicher sowie landschaftlicher Sicht sind keine Veränderungen zu erwarten, da durch ein Rohr im Rohr im Oberlauf keine Verbesserung der Gewässerstruktur erzielt wird.

Aus baulichen Gründen kann diese Maßnahme an der Industriestraße nicht durchgeführt werden, da der Durchmesser nur bei DN 600 liegt. Außerdem würde die hydraulische Leistungsfähigkeit deutlich reduziert. Eine Begehung oder Unterhaltung des Kanals wird deutlich schwieriger. Daher wird auch diese Variante nicht weiter untersucht.

3.3.2 Bau einer neuen Gewässerverrohrung

Um den Abfluss des natürlichen Einzugsgebietes ($A_{E0} = 0,07 \text{ km}^2$) separat ableiten zu können, wurde eine Neuverlegung der Bachverrohrung geplant (siehe Anlage 11). Eine Offenlegung ist aufgrund der Bebauung in einem erlebbaren Zeitraum nicht möglich. Der Kanal (DN 400) beginnt am RRB Stadtwerke an der Neuenkamper Straße (B 229). Nach Kreuzung der Bahnlinie liegt die neue Verrohrung neben der Bahnlinie. Eine Verlegung neben die vorhandene Verrohrung ist nicht möglich, da die bestehende Verrohrung Gebäude und Grundstücke quert. Am Ostbahnhof kann der Sammler durch einen Weg gelegt werden. Hier können die Drainagezuflüsse aus diesem Bereich aufgenommen werden. Daher wechselt der Sammlerquerschnitt auf DN 500. Die Kreuzung der Bismarckstraße, der Bahn, der Neuenkamper Straße mit den Brückenbauwerken und der Haddenbacher Straße kann nur mittels Vortrieb ($L = 377 \text{ m}$) durchgeführt werden. Im Gewerbepark liegt der Kanal parallel zur vorhandenen Verrohrung. Über die Straße Zum Brodtberg führt die Verrohrung zum offenen Müggenbach. Die gesamte Bachverrohrung hat eine Länge von $L = 2.130 \text{ m}$.

Durch die Trennung des Bachwassers vom Regenwassersammler kann am Ende der Verrohrung ein RKB erstellt werden. Nach der vorab durchgeführten Standortuntersuchung steht ein Standort 230 m unterhalb des Anschlusses der Bachverrohrung an der Straße Ölmühle zur Verfügung. Der Zulaufsammler, der Beckenüberlauf und das RKB wurden dimensioniert und von der Lage und der Tiefe vorgeplant (siehe Anlage 12). Der Zulaufsammler hat ein mittleres Gefälle von $I = 85\text{‰}$. Als Durchmesser ist ein Querschnitt DN 1600 erforderlich. Trotz der Trennung des Regenwassers vom Bachwasser ist das Regenklärbecken als RKB mit Dauerstau auszuführen. Dies ist notwendig, da aus den Regenwassernetzen ein dauerhafter Drainageabfluss vorliegt und eine Abkopplung nicht möglich ist. Das RKB hat folgende Kenngrößen.

Tabelle 7 Kenngrößen RKB Müggenbach Variante 3

Volumen	500 m ³
Oberfläche	180 m ²
kanalisiertes Einzugsgebiet	93,7 ha
abflusswirksame Fläche	53,5 ha
kritischer Zufluss	390 l/s
einjähriger Zufluss	3.500 l/s
Bemessungsabfluss (Überflutung $T_n = 20a$)	13,7 m ³ /s

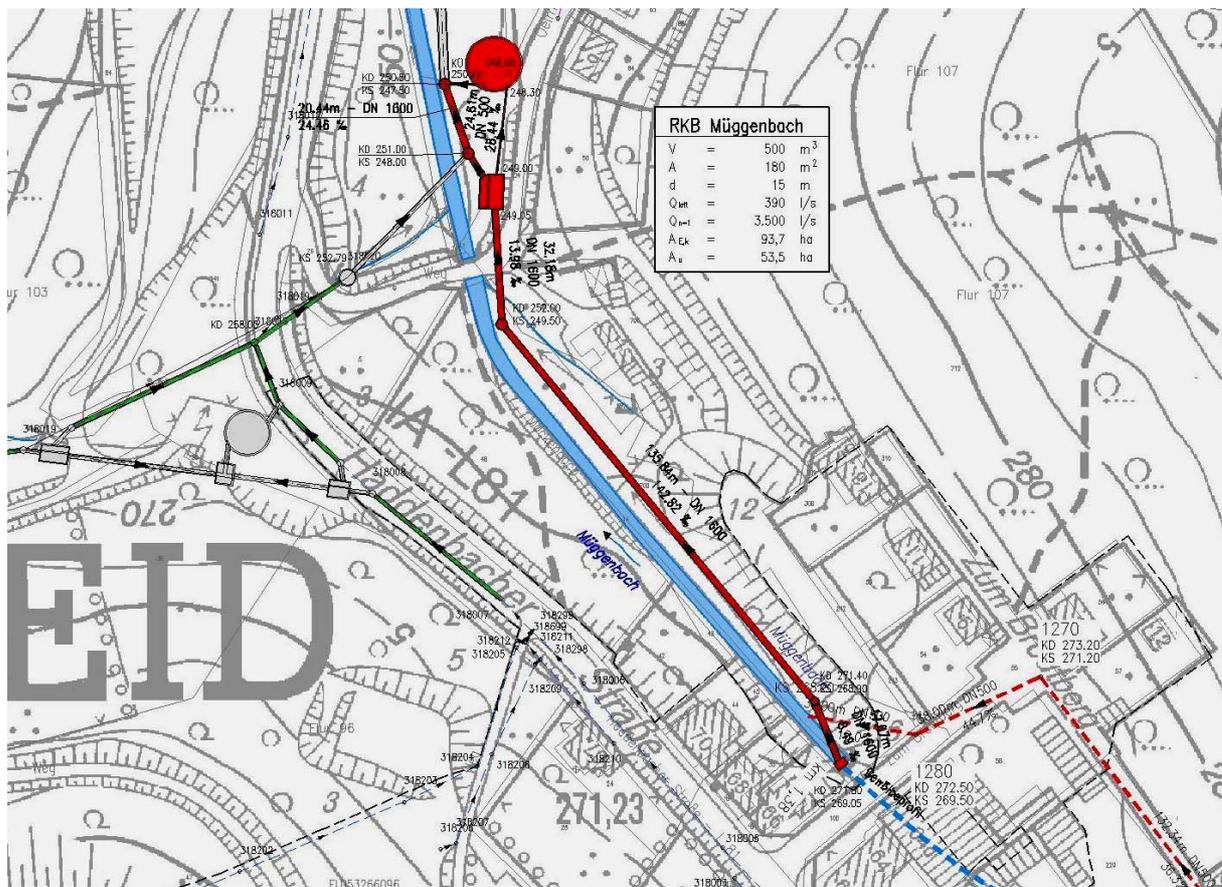


Bild 7 Planungsbereich RKB

Aufgrund der großen Einleitungsmenge ist hinter der Entlastung ein Regenrückhaltebecken notwendig. Da dies unabhängig von der Klärpflicht ist, wird es bei dieser Variante nicht berücksichtigt.

3.3.3 Bau eines neuen Regenwasserkanals

Neben dem Bau eines neuen Bachwasserkanals ist auch der Bau eines neuen Regenwasserkanals möglich. Der Vorteil wäre, dass der Bachsammler schon alle tiefliegenden Drainagezuflüsse aufnimmt. Der neue Regenwasserkanal würde in der gleichen Trasse liegen, wie ein neuer Bachwassersammler (siehe 3.3.2). Allerdings liegen hier die Dimensionen zwischen DN 600 und DN 1600, so dass die Kosten deutlich über denen der Variante „neue Gewässerverrohrung“ liegen. Zudem sind die Umbindarbeiten der privaten Regenentwässerung kaum kalkulierbar. Daher wird diese Variante nicht weiter verfolgt.

3.4 Variante 4: zentrale Behandlung

Am Ende der Bachverrohrung im Bereich Haddenbacher Straße/Zum Brodtberg ist ein Bauwerk zur Teilung der Zuflüsse (Bachwasser/Niederschlagswasser) vorgesehen. Es ist geplant, den Bachabfluss auf $Q_{\max} = 25 \text{ l/s}$ zu drosseln. Dies liegt etwas über dem mittleren Abfluss von $MQ = 15 \text{ l/s}$. Diese Abflussmenge kann dann durch ein nachgeschaltetes Sonderbauwerk gereinigt werden. Dies ist notwendig, da bei Regen eine Vermischung mit dem Bachwasser stattfindet. Durch den dauerhaften Zufluss ist das Regenklärbecken als RKB mit Dauerstau zu erstellen. Da durch das RKB der dauerhafte Abfluss der Verrohrung führt und ein Dauerstau vorliegt, soll das Becken eine Oberflächenbe-

schickung von $q_A = 5 \text{ m/h}$ nicht überschreiten. Die sommerliche Aufwärmung im RKB dürfte nicht gravierend sein, da durch den dauerhaften Zufluss ein ständiger Austausch vorliegt. Das RKB hat folgende Kenngrößen:

Tabelle 8 Kenngrößen RKB 1 Müggenbach Variante 4

Volumen	50 m ³
Oberfläche	23 m ²
$Q_{KÜ}$	25 l/s
q_A (bei 25 l/s)	4 m/h

Beim Überschreiten dieses MQ-Abflusses werden die Niederschlagswassermengen über das Trennbauwerk und einen RW-Sammler (l = 230 m) zum Beckenüberlauf des RKB Müggenbach weiter geleitet. Die Dimensionierung und Größe des RKB entspricht den Werten der Variante 3, da hier die gleichen Zuflüsse vorliegen. Der Unterschied ist allerdings, dass das Regenklärbecken ohne Dauerstau betrieben werden kann, da der dauerhafte Abfluss über das RKB 1 geführt wird.

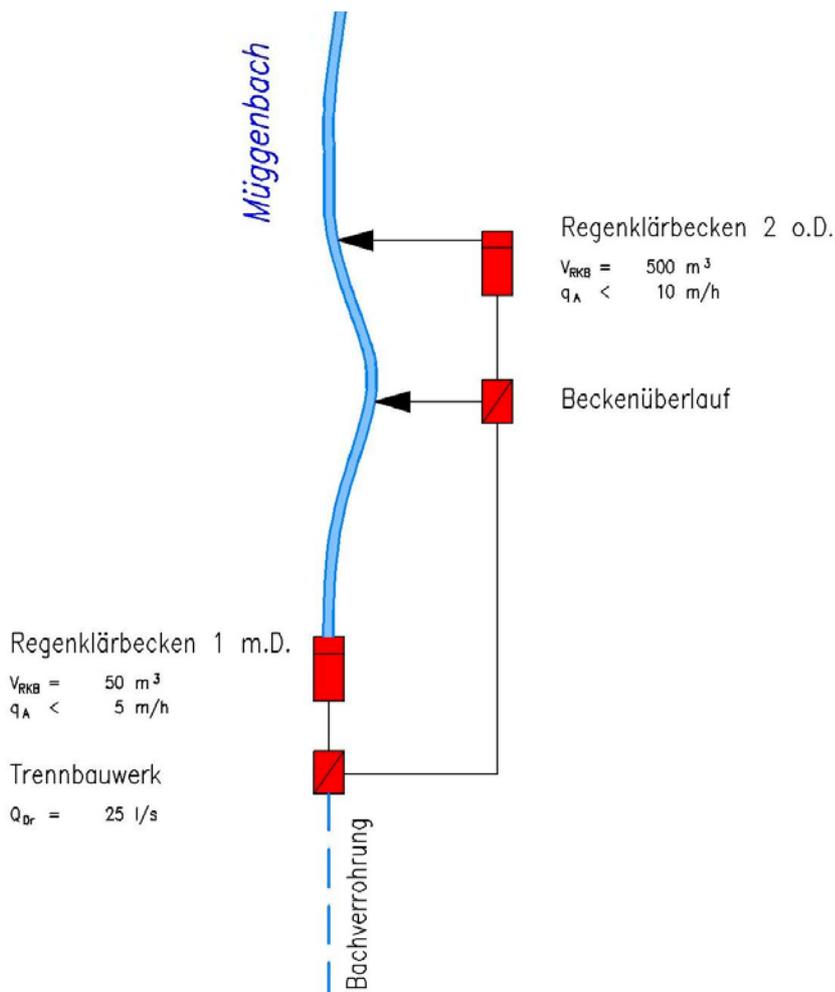


Bild 8 Schema Variante 4

Das RKB hat folgende Kenngrößen.

Tabelle 9 Kenngrößen RKB 2 Muggenbach Variante 4

Volumen	500 m ³
Oberfläche	180 m ²
kanalisiertes Einzugsgebiet	93,7 ha
abflusswirksame Fläche	53,5 ha
kritischer Zufluss	390 l/s
einjähriger Zufluss	3.500 l/s
Bemessungsabfluss (Überflutung $T_n = 20a$)	13,7 m ³ /s

3.4.1 Zentrale Behandlung mit Photometersonde

An Stelle des RKB 1 besteht die Option, hier entsprechend des Systems Briller Bach, ein Verzweigungsbauwerk mit Photometersonde zu bauen. Aufgrund der deutlich höheren Kosten für das Verzweigungsbauwerk ($Q_{n=0,05} = 13,7 \text{ m}^3/\text{s}$) gegenüber dem RKB 1 ($V = 50 \text{ m}^3$) wurde diese Variante nicht weiter untersucht.

3.5 Zusammenfassung Varianten

In den Varianten

- dezentrale Behandlung (Variante 1)
- semizentrale Behandlung (Variante 2)
- zentrale Behandlung mit Bachentflechtung (Variante 3)
- zentrale Behandlung (Variante 4)

sind verschiedene Untervarianten möglich. Aus den zuvor beschriebenen Gründen werden folgende Varianten miteinander verglichen.

Dezentrale Behandlung :	Behandlung am Entstehungsort
Semizentrale Behandlung :	Behandlung vor der Einleitung in die Verrohrung
Zentrale Behandlung mit Bachentflechtung :	Neubau eines Bachsammlers und zentrale Reinigung der Regenwässer
Zentrale Behandlung :	Reinigung der Regenwässer mit den Drainage-/ Bachwässern

4 Kosten

Für die dynamische Kostenvergleichsberechnung wurden einheitliche Kosten für Investition und Unterhaltung/Betrieb und für die Nutzungsdauer gemäß dem Teilbericht 1 festgelegt. Alle Kosten beziehen sich auf Nettokosten.

4.1 Investitionskosten dezentrale Behandlung

Bei dieser Variante kommen nur dezentrale Behandlungsmaßnahmen zum Einsatz. Von den 356 vorhandenen Sinkkästen kann in 328 Sinkkästen ein Behandlungssystem eingebaut werden. In 28 Sinkkästen ist ein Einbau aus bautechnischen Gründen nicht möglich, so dass diese komplett neu gebaut werden müssen. Aus hydraulischen Gründen sind 40 Sinkkästen zusätzlich zu erstellen. Die Investitionskosten für die Sinkkästen sind der Tabelle 11 (Teilbereich 1) zu entnehmen.

Bei den größeren Flächen bzw. den Gewerbegrundstücken ($A = 2.000-5.000 \text{ m}^2$) sind 12 Filterschächte erforderlich. Zusätzlich sind 6 Doppelfilterschächte (12 Filterschächte) bei den Flächen $A = 5.000-10.000 \text{ m}^2$ notwendig. Die Investitionskosten können der Tabelle 10 (Teilbericht 1) entnommen werden.

Nachfolgende Tabelle zeigt die Investitionskosten der dezentralen Behandlung.

Tabelle 10 Investitionskosten dezentrale Behandlung

Maßnahme	Menge	Einheitspreis	Kosten
Sinkkastensystem	328 Stk	1.100 €/Stk	360.800 €
Planung + Baubegleitung	328 Stk	200 €/Stk	65.600 €
Sinkkastensystem parallel neu	40 Stk	1.100 €/Stk	44.000 €
Sinkkasten neu	40 Stk	2.450 €/Stk	98.000 €
Planung + Baubegleitung	40 Stk	600 €/Stk	24.000 €
Sinkkastensystem neu	28 Stk	1.100 €/Stk	30.800 €
Sinkkasten neu	28 Stk	3.000 €/Stk	84.000 €
Planung + Baubegleitung	28 Stk	800 €/Stk	22.400 €
Filterschacht	12 Stk	30.000 €/Stk	360.000 €
Planung + Baubegleitung	12 Stk	5.000 €/Stk	60.000 €
Filterschacht (6 Doppelfilterschächte)	12 Stk	22.500 €/Stk	270.000 €
Planung + Baubegleitung	12 Stk	3.750 €/Stk	45.000 €
Summe			1.464.600 €

Die Investitionskosten betragen für die dezentrale Behandlung (Variante 1) 1.464.600,00 €.

4.2 Investitionskosten semizentrale Behandlung

Bei der semizentralen Behandlung bleibt die Entwässerung der direkt angeschlossenen Sinkkästen gleich der dezentralen Behandlung. Lediglich bei den 6 großen Trennsystemen wird ein Regenklärbecken vor der Einleitung in die Bachverrohrung vorgesehen.

Bei dieser Variante kann in 70 Sinkkästen von 73 Sinkkästen ein Straßenablaufsystem eingebaut werden. Drei Sinkkästen müssen neu gebaut werden. Aus hydraulischen Gründen muss an 8 Standorten ein paralleler Sinkkasten erstellt werden. Bei den größeren Flächen sind 9 Einzelfilterschächte und 4 Doppelfilterschächte (8 Filterschächte) notwendig.

Für die 6 Regenklärbecken wurde eine Dimensionierung und Vorplanung erstellt. Darauf aufbauend wurde eine Massenermittlung und Kostenberechnung durchgeführt (siehe Anlagenheft Anlage 6). Nachfolgende Tabelle zeigt die Kosten der einzelnen Regenklärbecken gegliedert nach den Hauptpositionen. Erschwernisse wie z.B. Bau unterhalb von Brücken oder in den Hauptverkehrsstraßen wurden berücksichtigt.

Tabelle 11 Kosten Regenklärbecken

Maßnahme	Stadtwerke Ost	Neuenkamper Str. Ost	Lenneper Str.	Neuenkamper Str.	Eichenstr./Hohenh.	Fichtenstr.
Baustelleneinrichtung	8.000 €	12.000 €	8.000 €	25.000 €	22.000 €	15.000 €
vorbereitende Maßnahm.	4.000 €	7.000 €	5.000 €	12.000 €	10.000 €	10.000 €
Erdarbeiten	23.360 €	27.338 €	14.896 €	40.667 €	64.232 €	25.590 €
Rohrverlegearbeiten	23.200 €	39.000 €	8.500 €	75.450 €	51.400 €	51.000 €
Stahlbetonarbeiten	15.453 €	25.165 €	20.520 €	35.277 €	47.848 €	32.795 €
Betonarbeiten	3.000 €	5.000 €	4.000 €	5.000 €	8.000 €	5.000 €
Einbauteile/Schlosserarb.	20.000 €	20.000 €	20.000 €	40.000 €	45.000 €	40.000 €
M + E - Technik	35.000 €	35.000 €	35.000 €	40.000 €	40.000 €	40.000 €
Oberflächenarbeiten	2.987 €	4.497 €	4.084 €	11.606 €	11.520 €	10.615 €
Summe	135.000 €	175.000 €	120.000 €	285.000 €	300.000 €	230.000 €

Für die 6 Regenklärbecken betragen die Investitionskosten für die Bautechnik 1.020.000,00 € und für die M+E-Technik 225.000,00 €.

Nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die spezifischen Kosten der Regenklärbecken.

Tabelle 12 Spezifische Kosten Regenklärbecken

Regenklärbecken	Volumen [m³]	Kosten [€]	Spezifische Kosten [€/m³]
Stadtwerke Ost	10	135.000	13.500
Neuenkamper Straße Ost	30	175.000	5.833
Lenneper Straße	20	120.000	6.000
Neuenkamper Straße	50	285.000	5.700
Eichenstraße/Hohenhagen	100	300.000	3.000
Fichtenstraße	55	230.000	4.182

Mit den errechneten spezifischen Kosten liegt man im Bereich der spezifischen Nettobaukosten für Regenklärbecken, die im Teilbericht 1 Bild 11 dargestellt werden. Es sollte dabei beachtet werden, dass spezifische Kosten für die sehr kleinen Regenklärbecken schwer einzuordnen sind.

Bei den Investitionskosten ist die Baustelleneinrichtung der RKB bereits eingerechnet. Daher müssen nur noch die Nebenkosten zusätzlich berücksichtigt werden.

Durch die 6 Regenklärbecken konnten die Straßenablaufsysteme von 396 auf 81 und die Filterschächte von 24 auf 17 reduziert werden. Dagegen sind 6 Regenklärbecken erforderlich. Die nachfolgende Tabelle zeigt die Investitionskosten der semizentralen Behandlung.

Tabelle 13 Investitionskosten semizentrale Behandlung

Maßnahme	Menge	Einheitspreis	Kosten
Sinkkastensystem	70 Stk	1.100 €/Stk	77.000 €
Planung + Baubegleitung	70 Stk	200 €/Stk	14.000 €
Sinkkastensystem parallel neu	8 Stk	1.100 €/Stk	8.800 €
Sinkkasten neu	8 Stk	2.450 €/Stk	19.600 €
Planung + Baubegleitung	8 Stk	600 €/Stk	4.800 €
Sinkkastensystem neu	3 Stk	1.100 €/Stk	3.300 €
Sinkkasten neu	3 Stk	3.000 €/Stk	9.000 €
Planung + Baubegleitung	3 Stk	800 €/Stk	2.400 €
Filterschacht	9 Stk	30.000 €/Stk	270.000 €
Planung + Baubegleitung	9 Stk	5.000 €/Stk	45.000 €
Filterschacht (4 Doppelfilterschächte)	8 Stk	22.500 €/Stk	180.000 €
Planung + Baubegleitung	8 Stk	3.750 €/Stk	30.000 €
Regenklärbecken			1.020.000 €
M+E-Technik RKB			225.000 €
Nebenkosten RKB	10%		124.500 €
Summe			2.033.400 €

Die Investitionskosten betragen für die semizentrale Behandlung (Variante 2) 2.033.400,00 €

4.3 Investitionskosten zentrale Behandlung mit Bachentflechtung

Für den neuen Bachwasserkanal wurde ein Konzept erarbeitet, welches vom Verrohrungsbeginn bei den Stadtwerken bis zum Bachauslass Zum Brodtberg führt. Für den Bach (L = 2.130 m) sind die Durchmesser DN 400 und DN 500 erforderlich. Anhand der Kanaltiefe wurden die Bodenmassen und der Verbau ermittelt. Die vier Vortriebsstrecken wurden gesondert ausgewiesen und sind mit Einheitspreisen für DN 400 und DN 500 berechnet worden. Die 28 Schächte für den Bachwasserkanal sind ebenfalls gesondert ausgewiesen.

Für den Regenwasserkanal DN 1600, der vom heutigen Verrohrungsaustritt bis zum RKB gebaut werden muss (L = 212 m), wurde ebenfalls eine Massenermittlung durchgeführt (siehe Anlage). Für diesen Kanalabschnitt sind 5 Schächte erforderlich. Bei den Investitionskosten wurden für den Kanalbau 5% für Baustelleneinrichtung und 10% für Nebenkosten hinzugerechnet. Die Investitionskosten für den Beckenüberlauf (BÜ) wurden anhand von Bild 13 (Teilbereich 1) und den spezifischen Ortsbedingungen (Wiese) ermittelt. Die Kosten für das RKB wurden dem Bild 11 (Teilbereich 1)

entnommen und entsprechen den überschlägig ermittelten Massen und Kosten. Da die Baustelleneinrichtung beim BÜ und RKB enthalten ist, werden nur noch Nebenkosten hinzugerechnet.

Nachfolgende Tabelle zeigt die Investitionskosten der zentralen Behandlung mit Bachentflechtung.

Tabelle 14 Investitionskosten zentrale Behandlung mit Bachentflechtung

Maßnahme	Menge	Einheitspreis	Kosten
Kanal DN400	722 m	180 €/m	129.960 €
Bodenaushub, -einbau, -abfuhr	3.175 m ³	20 €/m ³	63.500 €
Verbau	3.920 m ²	30 €/m ²	117.600 €
Vortrieb Kanal DN400	60 m	2.000 €/m	120.000 €
Kanal DN500	971 m	190 €/m	184.490 €
Bodenaushub, -einbau, -abfuhr	5.135 m ³	20 €/m ³	102.700 €
Verbau	5.965 m ²	30 €/m ²	178.950 €
Vortrieb Kanal DN500	377 m	2.200 €/m ²	829.400 €
Kanal DN1600	212 m	700 €/m	148.400 €
Bodenaushub, -einbau, -abfuhr	2.150 m ³	20 €/m ³	43.000 €
Verbau	1.300 m ²	30 €/m ²	39.000 €
Schächte DN1000, Steigleiter, Ring	91 m	550 €/m	50.050 €
Schachtunterteil, Konus, Abdeckung	28 Stk	1.200 €/Stk	33.600 €
Schächte DN2000, Steigleiter, Ring	13 m	800 €/m	10.400 €
Schachtunterteil, Konus, Abdeckung	5 Stk	2.200 €/Stk	11.000 €
Baustelleneinrichtung Kanal	5%		103.103 €
Nebenkosten Kanal	10%		206.205 €
Beckenüberlauf (umbauter Raum)	140 m ³	1.800 €/m ³	252.000 €
RKB V = 500 m ³	500 m ³	1.500 €/m ³	750.000 €
M+E-Technik	1 psch	80.000 €	80.000 €
Nebenkosten RKB	10%		108.200 €
Summe			3.561.558 €

Die Investitionskosten betragen für die zentrale Behandlung mit Bachentflechtung (Variante 3) 3.561.558,00 €.

4.4 Investitionskoten zentrale Behandlung

Entsprechend der Variante 3 ist der gleiche Zulaufsammler zum RKB erforderlich. Auch entspricht der Beckenüberlauf und das Regenklärbecken dem der Variante 3. Zusätzlich ist am heutigen Beckenauslauf ein Trennbauwerk erforderlich. Der gedrosselte Abfluss führt über ein RKB ($V = 50 \text{ m}^3$). Für das Trennbauwerk und das RKB wurden ebenfalls die Kosten entsprechend den Bildern 11 und 13 (Teilbericht 1) mit den spezifischen örtlichen Gegebenheiten ermittelt.

Nachfolgende Tabelle zeigt die Investitionskoten der zentralen Behandlung.

Tabelle 15 Investitionskosten für zentrale Behandlung

Maßnahme	Menge	Einheitspreis	Kosten
Kanal DN1600	212 m	700 €/m	148.400 €
Bodenaushub, -einbau, -abfuhr	2.150 m ³	20 €/m ³	43.000 €
Verbau	1.300 m ²	30 €/m ²	39.000 €
Schächte DN2000, Steigleiter, Ring	13 m	800 €/m	10.400 €
Schachtunterteil, Konus, Abdeckung	5 Stk	2.200 €/Stk	11.000 €
Baustelleneinrichtung	5%		12.590 €
Nebenkosten Kanal	10%		25.180 €
Trennbauwerk/BÜ (umbauter Raum)	60 m ³	2.200 €/m ³	132.000 €
RKB $V = 50 \text{ m}^3$	50 m ³	3.000 €/m ³	150.000 €
M+E-Technik	1 psch	50.000 €	50.000 €
Beckenüberlauf (umbauter Raum)	140 m ³	1.800 €/m ³	252.000 €
RKB $V = 500 \text{ m}^3$	500 m ³	1.500 €/m ³	750.000 €
M+E-Technik	1 psch	80.000 €	80.000 €
Nebenkosten RKB	10%		141.400 €
Summe			1.844.970 €

Die Investitionskosten betragen für die zentrale Behandlung (Variante 4) 1.844.970,00 €

4.5 Variantenvergleich Investitionskosten

Das nachstehende Diagramm zeigt die erstmaligen Investitionskosten (netto) der vier Hauptvarianten. In dem festgelegten Zeitraum von 60 Jahren wird dabei nur einmal in die Bautechnik und viermal in die M+E-Technik investiert.

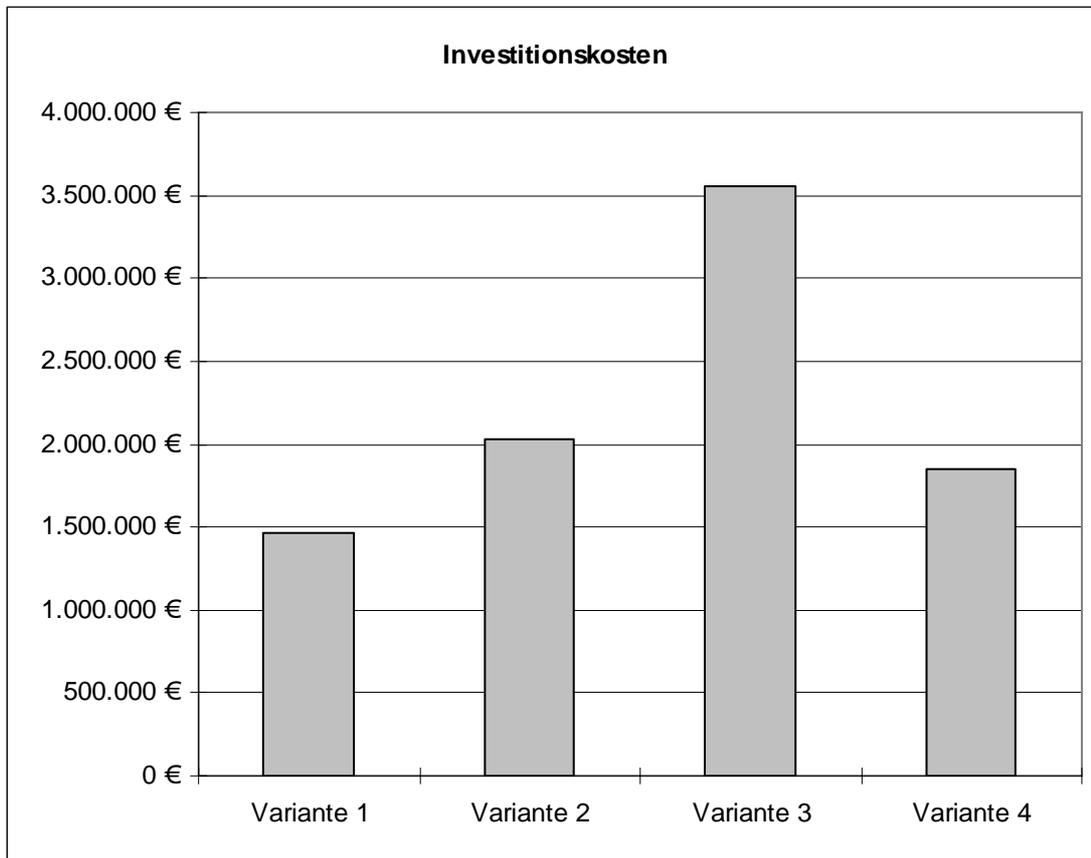


Bild 9 Investitionskosten Varianten

4.6 Betriebskosten dezentrale Behandlung

Die Betriebskosten für die dezentrale Behandlung, also für die Straßenablaufsysteme und die Filterschächte, sind im Teilbericht 1 aufgeführt.

Für die dezentrale Behandlung liegen folgende Betriebskosten pro Jahr vor.

Tabelle 16 Jahresbetriebskosten dezentrale Behandlung

Maßnahme	Menge	Einheitspreis	Kosten
Sinkkastensystem	328 Stk	125 €/Stk	41.000 €
Sinkkastensystem parallel neu	40 Stk	147 €/Stk	5.880 €
Sinkkastensystem neu	28 Stk	147 €/Stk	4.116 €
Filterschacht	12 Stk	2.200 €/Stk	26.400 €
Filterschacht (6 Doppelfilterschächte)	12 Stk	1.500 €/Stk	18.000 €
Summe			95.396 €

Die Jahresbetriebskosten betragen für die dezentrale Behandlung (Variante 1) 95.396,00 €/a.

4.7 Betriebskosten semizentrale Behandlung

Neben den Betriebskosten für die 81 Straßenabläufe und den 17 Filterschächten kommen die Betriebskosten der sechs Regenklärbecken hinzu. Diese sind in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt. Da es sich bei den 6 Regenklärbecken um relativ kleine Becken handelt und diese örtlich nah beieinander liegen, wurden die im Teilbereich 1 (Tabelle 16) dargestellten Kosten angesetzt. Da an den Regenklärbecken keine Drosseln vorgesehen sind, erfolgt keine Drosselkalibrierung.

Tabelle 17 Jahresbetriebskosten semizentrale Behandlung

Maßnahme	Menge	Einheitspreis	Kosten
Sinkkastensystem	70 Stk	125 €/Stk	8.750 €
Sinkkastensystem parallel neu	8 Stk	147 €/Stk	1.176 €
Sinkkastensystem neu	3 Stk	147 €/Stk	441 €
Filterschacht	9 Stk	2.200 €/Stk	19.800 €
Filterschacht (4 Doppelfilterschächte)	8 Stk	1.500 €/Stk	12.000 €
Regenklärbecken	6 Stk	2.718 €/Stk	16.308 €
M+E-Technik RKB	6 Stk	444 €/Stk	2.664 €
Summe			61.139,00 €

Die Jahresbetriebskosten betragen für die semizentrale Behandlung (Variante 2) 61.139 €/a.

4.8 Betriebskosten zentrale Behandlung mit Bachentflechtung

Bei dieser Variante fallen Betriebskosten für den Kanal und das Regenklärbecken an. Beim Beckenüberlauf wird davon ausgegangen, dass dieser mit dem RKB gewartet und gereinigt wird. Hier werden 0,5 Stunden zusätzlich angesetzt. Gemäß Tabelle 16 (Teilbericht 1) ermitteln sich daraus Betriebskosten von etwa 1.410 €/a.

Danach liegen folgende Betriebskosten vor.

Tabelle 18 Jahresbetriebskosten zentrale Behandlung mit Bachentflechtung.

Maßnahme	Menge	Einheitspreis	Kosten
Kanal DN400	782 m	0,41 €/m	321 €
Kanal DN500	1.348 m	0,41 €/m	553 €
Kanal DN1600	212 m	0,61 €/m	129 €
Schächte	33 Stk	12,50 €/Stk	413 €
Beckenüberlauf	1 Stk	1.410 €/Stk	1.410 €
RKB V = 500 m ³	1 Stk	5.985 €/Stk	5.985 €
M+E-Technik RKB	1 Stk	482 €/Stk	482 €
Summe			9.293 €

Die Jahresbetriebskosten für die zentrale Behandlung mit Bachentflechtung (Variante 3) betragen aufgrund der wenigen Reinigungsanlagen 9.293 €/a.

4.9 Betriebskosten zentrale Behandlung

Zusätzlich zur Variante 3 muss das RKB und Trennbauwerk mit dem dauerhaften Zufluss betrieben werden. Die Betriebskosten des Trennbauwerks entsprechen denen des Beckenüberlaufs, da dieses Trennbauwerk funktionsähnlich eines Beckenüberlaufs ist.

Tabelle 19 Jahresbetriebskosten zentrale Behandlung

Maßnahme	Menge	Einheitspreis	Kosten
Kanal DN1600	212 m	0,61 €/m	129 €
Schächte	5 Stk	12,5 €/Stk	63 €
Trennbauwerk/BÜ	1 Stk	1.410 €/Stk	1.410 €
RKB V = 50 m ³	1 Stk	2.718 €/Stk	2.718 €
M+E-Technik	1 Stk	684 €/Stk	684 €
Beckenüberlauf	1 Stk	1.410 €/Stk	1.410 €
RKB V = 500 m ³	1 Stk	5.985 €/Stk	5.985 €
M+E-Technik	1 Stk	482 €/Stk	482 €
Summe			12.881 €

Daher liegen die Jahresbetriebskosten für die zentrale Behandlung (Variante 4) mit 12.881 €/a geringfügig über denen der Variante 3.

4.10 Variantenvergleich Betriebskosten

Das nachfolgende Diagramm zeigt die Betriebskosten der vier Varianten im Vergleich. Danach ist deutlich zu erkennen, dass der betriebliche Aufwand bei den vielen Betriebspunkten der Varianten 1 und 2 deutlich höher ist.

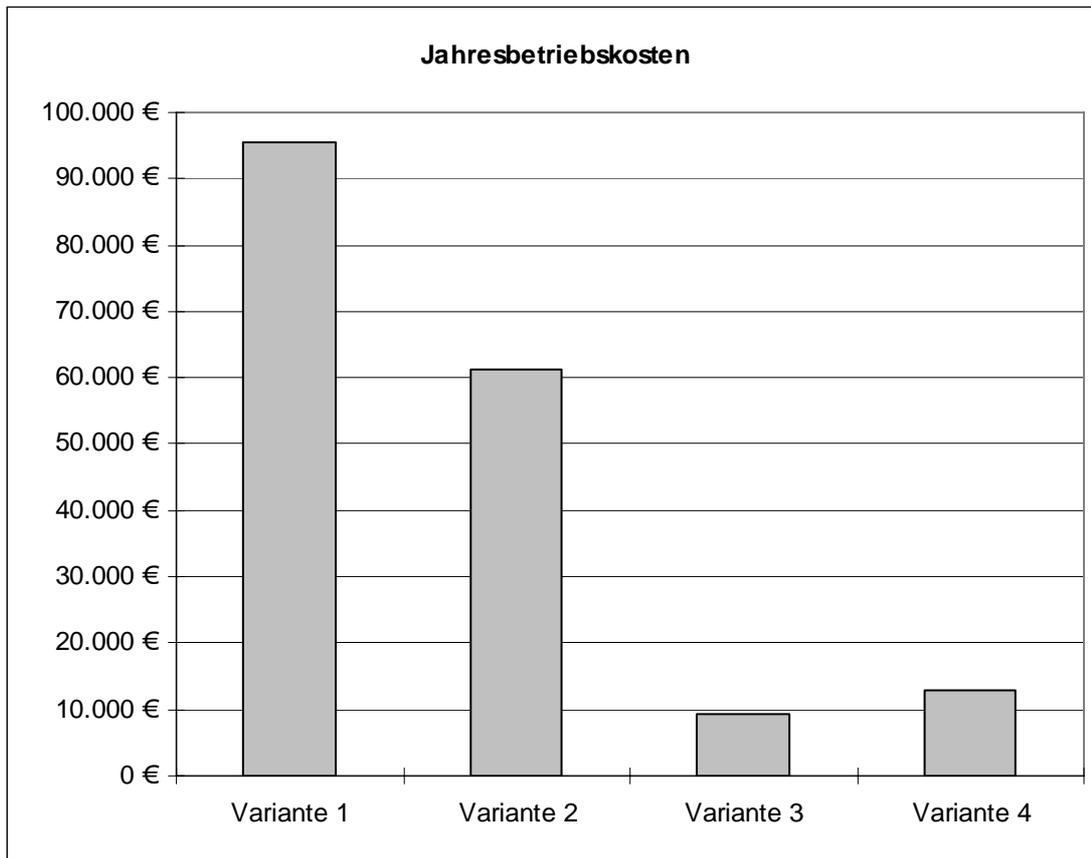


Bild 10 Jahresbetriebskosten Varianten

4.11 Kostenvergleichsberechnung

Auf Grundlage der Investitions- und Betriebskosten, einem realen Zinssatz von 3% p.a. und dem Untersuchungszeitraum von 60 Jahren wurde eine dynamische Kostenvergleichsrechnung durchgeführt.

Die nachfolgenden Graphiken zeigen die Kostenumrechnungen über die 60 Jahre.

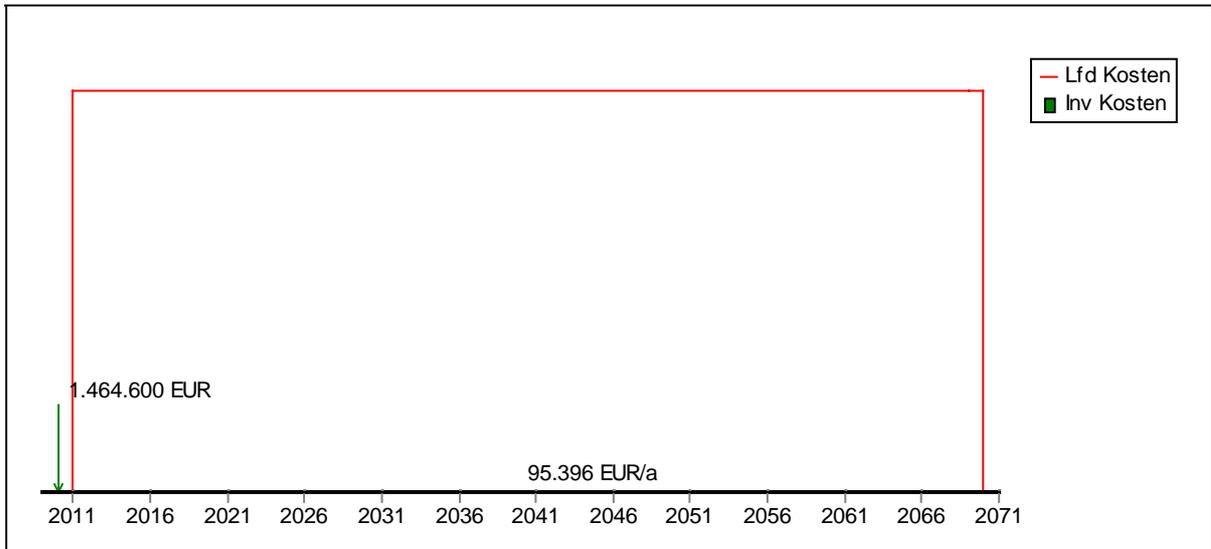


Bild 11 Dezentrale Behandlung

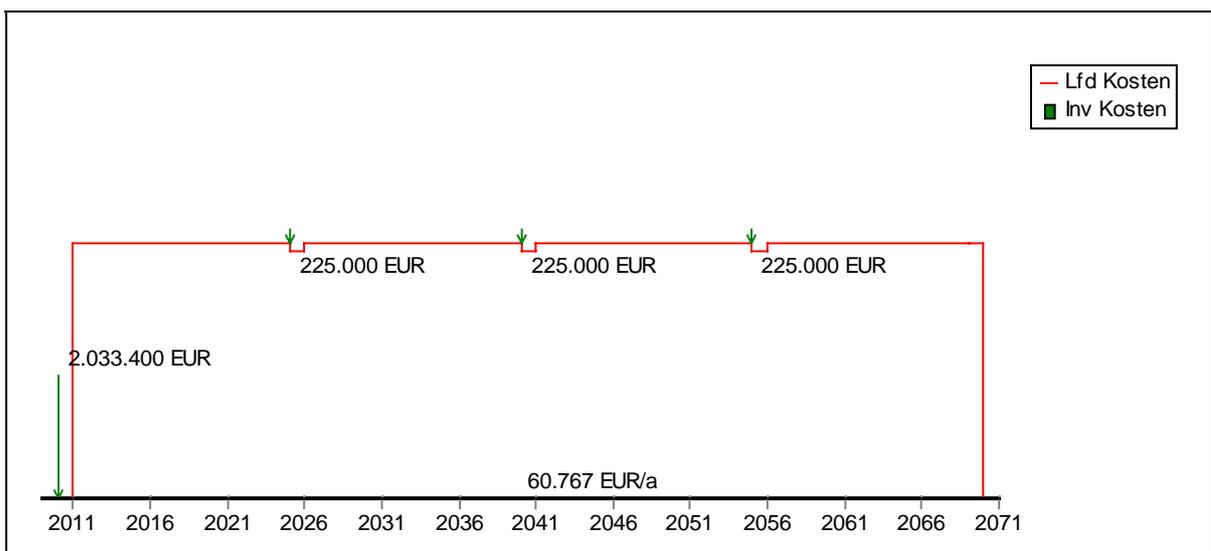


Bild 12 Semizentrale Behandlung

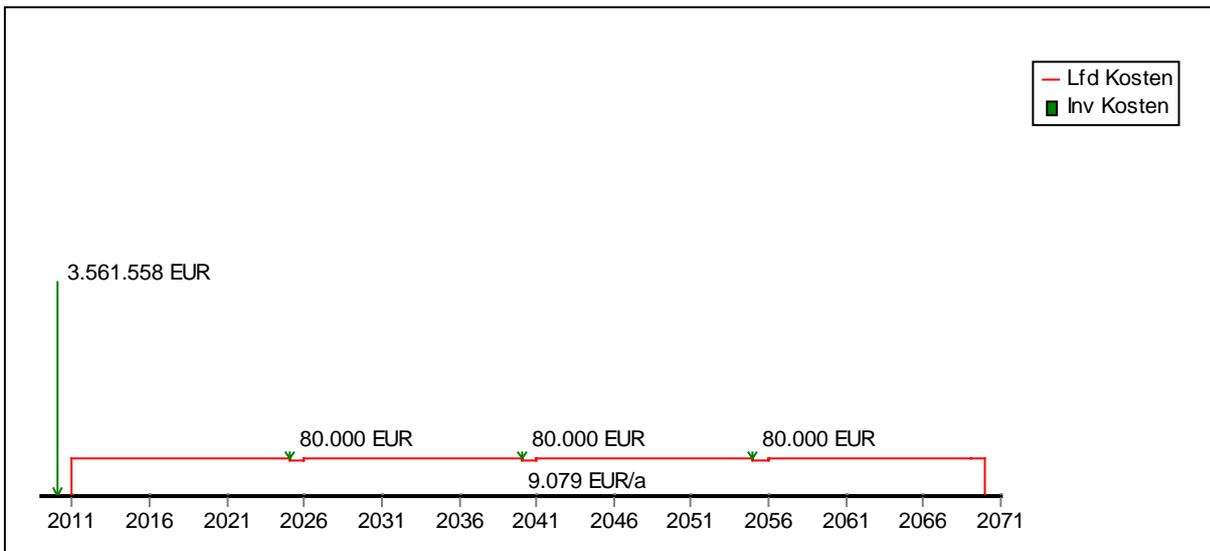


Bild 13 Zentrale Behandlung mit Bachentflechtung

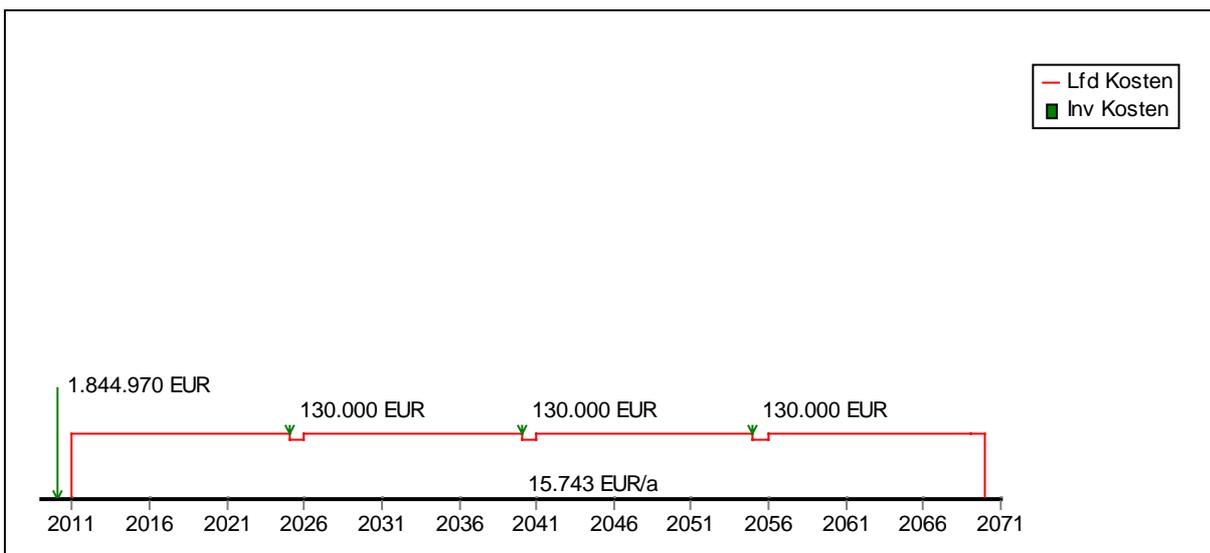


Bild 14 Zentrale Behandlung

Über den Untersuchungszeitraum von 60 Jahren ergeben sich folgende Kostenbarwerte und Jahreskosten.

Tabelle 20 Kostenbarwerte und Jahreskosten der Varianten

Variante	Kostenbarwert [€]	Jahreskosten [€/a]
Dezentrale Behandlung (Variante 1)	4.100.000	148.000
Semizentrale Behandlung (Variante 2)	4.020.000	145.000
Zentrale Behandlung mit Bachentflechtung (Variante 3)	3.880.000	140.000
Zentrale Behandlung (Variante 4)	2.330.000	84.000

Betrachtet man die Kostenbarwertentwicklung so ergibt sich folgendes Bild.

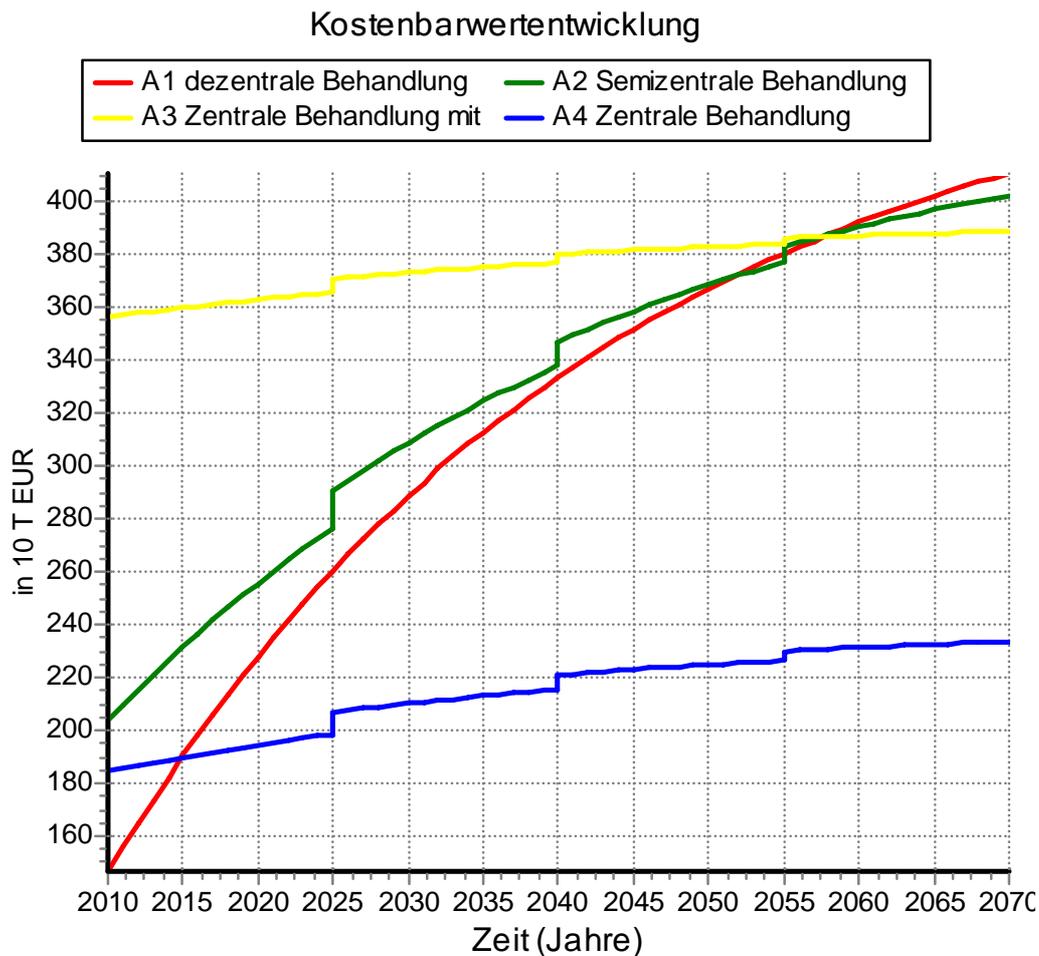


Bild 15 Kostenbarwertentwicklung der Varianten

4.12 Ergebnisse Kostenvergleichsberechnung

Die Kostenvergleichsberechnung zeigt, dass die zentrale Behandlung eindeutig die wirtschaftlichste Variante ist.

Der **Vergleich der Projektkostenbarwerte** der restlichen Varianten zur Variante Zentrale Behandlung ergibt folgende kapitalisierte Kostenersparnisse:

Variante 1 Dezentrale Behandlung - Variante 4 Zentrale Behandlung

$$= 4.100.000 - 2.330.000 = \mathbf{1.770.000 \text{ EUR}}$$

Variante 2 Semizentrale Behandlung - Variante 4 Zentrale Behandlung

$$= 4.020.000 - 2.330.000 = \mathbf{1.690.000 \text{ EUR}}$$

Variante 3 Zentrale Behandlung mit Bachentflechtung - Variante 4 Zentrale Behandlung

$$= 3.880.000 - 2.330.000 = \mathbf{1.550.000 \text{ EUR}}$$

Der **Vergleich der Jahreskosten** ergibt folgende **durchschnittliche jährliche Ersparnisse** der restlichen Varianten zu Variante 4 Zentrale Behandlung:

Variante 1 Dezentrale Behandlung - Variante 4 Zentrale Behandlung

$$= 148.000 - 84.000 = \mathbf{64.000 \text{ EUR/a}}$$

Variante 2 Semizentrale Behandlung - Variante 4 Zentrale Behandlung

$$= 145.000 - 84.000 = \mathbf{61.000 \text{ EUR/a}}$$

Variante 3 Zentrale Behandlung mit Bachentflechtung - Variante 4 Zentrale Behandlung

$$= 140.000 - 84.000 = \mathbf{56.000 \text{ EUR/a}}$$

Nachfolgendes Diagramm veranschaulicht die deutlichen Unterschiede

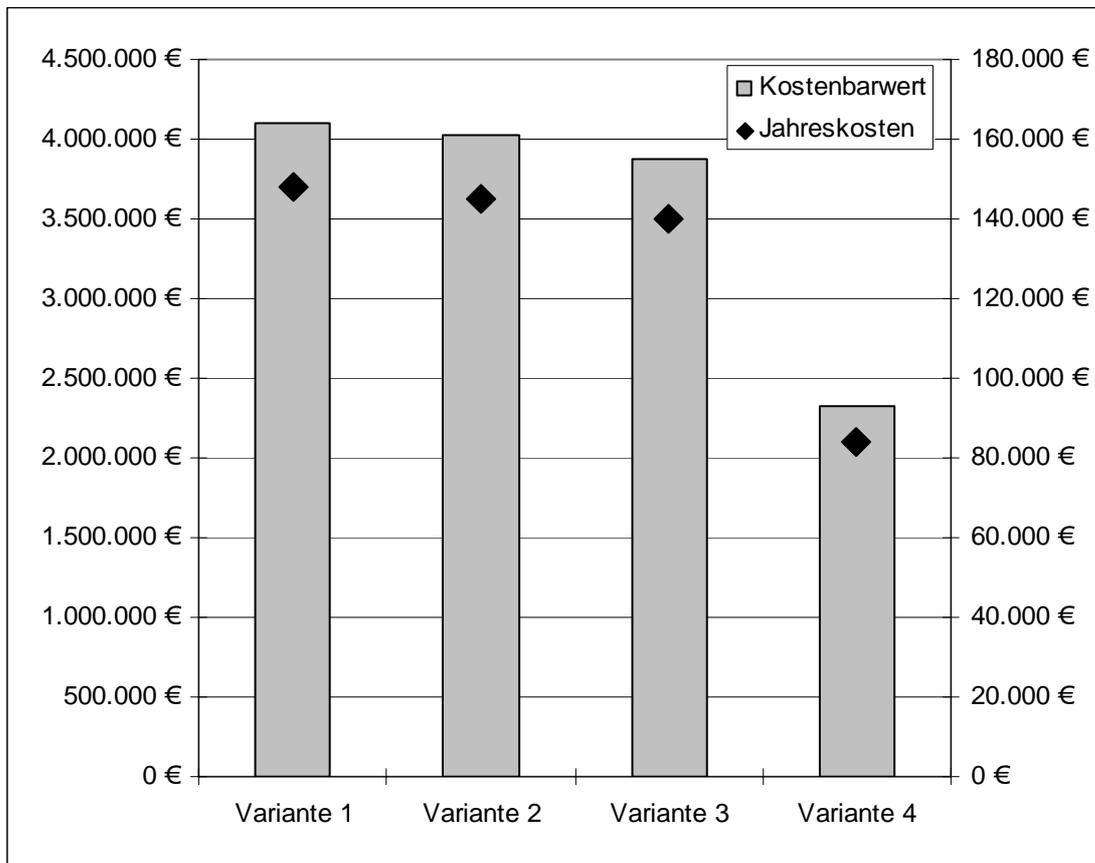


Bild 16 Variantenvergleich Kostenbarwerte und Jahreskosten

5 Beurteilung der Genehmigungsfähigkeit

Für die vier Varianten wurde eine Beurteilung der Genehmigungsfähigkeit durchgeführt. Hier konnten allerdings nur die Aspekte für die Einleitungserlaubnis betrachtet werden, da Maßnahmen wie z.B. eine neue Gewässerverrohrung (§ 31 WHG) hier rechtlich nicht betrachtet werden können. Außerdem kann im Rahmen dieses Forschungsvorhabens eine Beurteilung nur aus stofflicher Sicht (Behandlung) und nicht aus hydraulischer Sicht erfolgen.

Bei der dezentralen Behandlung (Variante 1) muss man davon ausgehen, dass bei einer bauartlichen Zulassung der Straßenablaufsysteme und der Filterschächte eine Erlaubnis für die Einleitung in den verrohrten Müggenbach erteilt wird. Hierbei muss man allerdings berücksichtigen, dass 86 Erlaubnisse erteilt werden müssen. Davon entfallen 53 Erlaubnisse auf private Einleiter. Inwieweit eine Genehmigung für die 420 Behandlungsanlagen (§ 58.2 LWG) erteilt werden muss, ist hier noch nicht vorherzusehen.

Bei der semizentralen Behandlung (Variante 2) kann man ebenfalls davon ausgehen, dass eine Erlaubnis für alle Einleitungen aus stofflicher Sicht erteilt werden kann. Auch bei dieser Variante müssen 86 Erlaubnisse erteilt werden. Die Behandlungsanlagen reduzieren sich auf 106. Darin sind allerdings 6 Regenklärbecken enthalten, für die auf jeden Fall eine Genehmigung zu beantragen ist.

Bei der zentralen Behandlung mit Bachentflechtung (Variante 3) kann die Bachumlegung genehmigungsrechtlich nicht beurteilt werden. Bei dieser Variante ist nur für das zentrale Regenklärbecken, welches im Dauerstau betrieben werden muss, eine Erlaubnis erforderlich. Diese kann gemäß Trennerlass aus stofflicher Sicht auch erteilt werden. Zudem ist eine Genehmigung für die Behandlungsanlage nach § 58.2 LWG notwendig.

Bei der zentralen Behandlung (Variante 4) erfolgt im eigentlichen Sinn keine Einleitung in ein Gewässer, da das Gewässer mit den klärpflichtigen Regenwässern abgeleitet wird. Daher müsste an jeder Einleitung in die Verrohrung eine Erlaubnis beantragt werden, wobei die Erlaubnis nach dem Ministerialerlass aus stofflichen Gründen verweigert werden müsste. Bei der Beurteilung, der mit Abstand kostengünstigsten Variante 4, muss berücksichtigt werden, dass die genehmigungsfähigen Varianten 1 bis 3 trotz erhöhter Kosten gewässerökologisch für das Gewässer keinen Vorteil bieten. Bei stark urban überformten Gewässern, wie dem Müggenbach, ist eine gewässerökologische Aufwertung in absehbare Zeit nicht möglich. Die Ziele der WRRL sind im vorgegebenen Zeitraum auf keinen Fall zu erreichen. Somit ist zu überprüfen, ob mit den geplanten Maßnahmen die Ziele der WRRL im aufnehmenden Gewässer – im Falle des Müggenbachs ist dies der Morsbach - erreicht werden können. Im betrachteten Beispiel des Müggenbachs ist dies die Variante 4, die auch die mit Abstand kosteneffizienteste Variante darstellt, der Fall.

Nach den Vorgaben des WRRL soll die kosteneffizienteste Maßnahme zur Erreichung der Ziele der WRRL vorrangig gewählt werden. Hierzu bedarf es einer zusätzlichen wasserrechtlichen Regelung, um solche sinnvollen Planungsvarianten einer wasserrechtlichen Genehmigungsfähigkeit zuzuführen.

Daher wurden in diesem Forschungsvorhaben die verschiedenen Varianten verglichen. Ein verrohrtes Gewässer, welches hauptsächlich der Ableitung von Regenwasser dient muss unserer Meinung nach, anders beurteilt werden als ein Bachlauf in den nur einzelne Einleitungen stattfinden. Es könnten diese Gewässer aus Erlaubnissicht ebenso wie aus Gebührensicht betrachtet werden, da hier auch die Möglichkeit besteht, für ein Gewässer, welches hauptsächlich der Ableitung von Regenwasser dient, Gebühren zu erheben.

Lässt man die zentrale Behandlung nicht zu und genehmigt bzw. erlaubt die dezentralen Lösungen, so muss beachtet werden, dass 27 klärpflichtige private Einleitungen überwacht werden müssen.

6 Kosten-/Nutzenvergleich

Ein Kostenvergleich ist für die verschiedenen Varianten relativ gut durchzuführen (s. Kapitel 4.12). Ein Nutzenvergleich ist hier schon deutlich schwieriger. Der Müggenbach ist über die ersten 2,2 km verrohrt und kann in einem erlebbaren Zeitraum nicht naturnah oder naturähnlich gestaltet werden. Daher erfolgt die Einstufung in die Gruppe Heavy modified waterbody (HMWB). Vom offenen Bereich bis zum Morsbach wird der Müggenbach vorläufig als erheblich veränderter Wasserkörper (HMWB) ausgewiesen. Der Müggenbach stellt somit kein besonderes Schutzgut dar. Daher stellt sich die Frage: Wieviel Regenwasserklärung ist notwendig bzw. angemessen, um den Morsbach, die Wupper, den Rhein und die Nordsee zu schützen? Die Klärung des Regenwassers an jeder Einleitungsstelle hat keinen positiven Einfluss auf die eigentlichen Defizite (Struktur, Abflussmengen,...) des Müggenbachs. Es muss in Frage gestellt werden, ob eine der Varianten 1-3 durchgeführt werden muss, weil diese zurzeit genehmigungsfähig sind, obwohl die Randbedingungen kein Entwicklungspotenzial für den Müggenbach zulassen.

Ein weiterer Vergleich kann hier ebenfalls nicht geführt werden, da Regenklärbecken und Filteranlagen nicht zu vergleichen sind. Bei Regenklärbecken handelt es sich um Sedimentationsanlagen, die nur einen gewissen Anteil an AFS zurückhalten. Je nach hydraulischer Belastung bzw. Auslegung und bei optimalem Strömungsverhalten ist ein Rückhalt von bis zu 50% möglich. Dieser Wert dürfte bei Filteranlagen deutlich höher liegen. Absetzanlagen stellen aber die Mindestanforderungen dar und sind daher mit Filteranlagen hier nicht zu vergleichen. Inwieweit eine Behandlung für den Müggenbach bzw. Morsbach/Wupper erforderlich ist, wurde schon angesprochen. Eine bessere Reinigungsleistung durch die Filter bei den dezentralen Varianten bringt somit keinen höheren Nutzen.

Aufgrund der oben aufgeführten Gründe hat daher die Variante 4 mit Abstand das beste Kosten-/Nutzenverhältnis.

7 Zusammenfassung

Der Müggenbach stellt sich aufgrund von städtebaulichen Entwicklungen als eng vernetztes Ableitungssystem von Bach-, Drainage- und hauptsächlich Niederschlagswasser dar. Der Quellwasserabfluss ist im Vergleich zu den abgeleiteten Regenwasserabflüssen auch bei kleineren bis mittleren Regenereignissen vernachlässigbar gering.

Für den kanalisiertem Bach ist eine Entwicklung der Biozönose nicht möglich, so dass aus gewässerökologischer Sicht bei allen Varianten keine Veränderung zu erwarten ist. Aus wasserwirtschaftlicher Sicht ist für die bestehende Kanalisation eine Abkopplung der geringen Bachwassermengen nicht von Bedeutung, da die Leistungsfähigkeit des Sammlers dadurch nicht verbessert wird und ein naturnaher Gewässerausbau an den vorhandenen Randbedingungen scheitert. Vor diesem Hintergrund ist eine Kanalnetzanzeige nach § 58.1 LWG für eine zentrale Behandlung am Ende der Verrohrung bei der Bezirksregierung eingereicht worden. Hierin wurden auch Alternativen wie:

- Abkopplung des Quellwassers
- Versickerung/Nutzung des Quellwassers
- Trennung von Regen-/Bachwasser durch neuen Bachsammler
- Trennung Regen-/Bachwasser durch Rohr im Rohr
- Trennung Regen-/Bachwasser durch neuen RW-Sammler

betrachtet. Eine überschlägige Kosten-/Nutzenanalyse zeigte, dass die zentrale Behandlung die zu favorisierende Variante ist.

Die Dringlichkeit der Untersuchung wird am Beispiel der genehmigungsrechtlichen Situation des Müggenbachsystems deutlich. Trotz der aufgeführten umfangreichen Variantenbetrachtungen liegt keine genehmigungsfähige Lösung vor, da behandlungspflichtige Oberflächenabflüsse in das Gewässersystem gelangen. Das Genehmigungsverfahren gemäß § 58. 1 LWG ruht aufgrund eines nicht entschiedenen Widerspruchsverfahrens der Stadt Remscheid. Die Anzeige nach § 58.1 LWG wurde aufgrund der fehlenden wasserrechtlichen Grundlagen zunächst nicht beschieden. Aus diesem Grund sind die Vor- und Nachteile der Varianten detailliert miteinander zu vergleichen.

Bei dieser Untersuchung wurden für den verrohrten Müggenbach folgende Lösungsvarianten betrachtet.

- Variante 1: dezentrale Behandlung
- Variante 2: semizentrale Behandlung (Behandlung vor der Einleitung)
- Variante 3: zentrale Behandlung mit Bachentflechtung
- Variante 4: zentrale Behandlung

Grundlage dafür war die Ermittlung aller Einleitungsstellen (86 Stück), der klärpflichtigen und der nicht klärpflichtigen Flächen. Die Gesamtfläche von $A_u = 53,5$ ha teilt sich in eine klärpflichtige Fläche von $A_u = 16,9$ ha und eine nicht klärpflichtige Fläche von $A_u = 46,6$ ha auf.

Bei Variante 1 erfolgt die Behandlung am Entstehungsort. Bei dieser Variante sind 396 Straßenablaufeinsätze und 24 Filterschächte erforderlich. Die Investitionskosten betragen 1,46 Mio. € und die Jahresbetriebskosten 95.400 €/a.

Bei Variante 2 erfolgt die Behandlung vor der Einleitung in den verrohrten Müggenbach. Für die direkten Anschlüsse (Sinkkästen, Privatflächen) liegt keine Änderung gegenüber der dezentralen Behandlung vor. Bei den Trennsystemen wurden Behandlungsanlagen vor der Einleitungsstelle

geplant. Hierbei sind 6 Regenklärbecken, 17 Filterschächte und 81 Straßenablaufeinsätze notwendig. Die Investitionskosten betragen 2,03 Mio. € und die Jahresbetriebskosten 61.100 €/a.

Die Variante 3 geht von einer Bachentflechtung aus. Hier wäre die günstigste Lösung einen neuen Bachwassersammler über $l = 2.130$ m zu bauen. Die heutige Bachverrohrung würde dann zum Regenwasserkanal umfunktioniert. An deren Ende müsste ein Kanal zum Regenklärbeckenstandort geführt werden. Das erforderliche RKB kann nur mit Dauerstau errichtet werden (Drainagen im RW-Netz) und hat ein Volumen von $V_{\text{RKB}} = 500$ m³. Die Investitionskosten betragen 3,56 Mio. € und die Jahresbetriebskosten 9.300 €/a.

Bei Variante 4 wird die Entwässerung bis zum Ende der Bachverrohrung so belassen. Dort schließt ein RKB mit Dauerstau ($V_{\text{RKB}} = 50$ m³) an. In diesem werden Wassermengen bis $Q = 25$ l/s ($MQ = 15$ l/s) behandelt. Bei größeren Zuflüssen wird das Regenwasser zu einem RKB ohne Dauerstau geleitet. Das RKB hat ein Volumen von $V_{\text{RKB}} = 500$ m³. Die Investitionskosten betragen 1,84 Mio. € und die Jahresbetriebskosten 12.900 €/a.

Nach der Kostenvergleichsrechnung nach LAWA über einen Untersuchungszeitraum von 60 Jahren ergibt sich folgendes Ergebnis.

Tabelle 21 Ergebnisse Kostenvergleichsrechnung

Variante	Kostenbarwert [€]	Jahreskosten [€/a]
Dezentrale Behandlung (Variante 1)	4.100.000	148.000
Semizentrale Behandlung (Variante 2)	4.020.000	145.000
Zentrale Behandlung mit Bachentflechtung (Variante 3)	3.880.000	140.000
Zentrale Behandlung (Variante 4)	2.330.000	84.000

Im Kostenvergleich ist die Variante 4 eindeutig die günstigste Variante.

Da der Müggenbach ein erheblich veränderter Wasserkörper ist, ist es für den Müggenbach selbst irrelevant, ob und wie eine Regenwasserbehandlung erfolgt. Für das nachfolgende Gewässer, den Morsbach, ist eine Behandlung über ein RKB ausreichend. Eine dezentrale Behandlung über Filter wäre daher nicht notwendig.

Aus Kostengründen ist die Variante 4 eindeutig den anderen Varianten vorzuziehen. Inwieweit die Variante 4 auch genehmigt werden kann, ist vom Gesetzgeber zu entscheiden, da der aktuelle Ministerialerlass für Anforderungen an die Niederschlagsentwässerung im Trennverfahren (26.05.2004) die zentrale Behandlung bei einer gemeinsamen Ableitung von Bach- und klärpflichtigem Niederschlagswasser nicht vorsieht. Die rechtlichen Rahmenbedingungen sollten so angepasst werden, dass eine wasserbehördliche Genehmigung erteilt werden kann.

BERICHT

Gegenüberstellung der Möglichkeiten zentraler und dezentraler Regenwasserbehandlungsmaßnahmen für zwei Gewässereinzugsgebiete

Teilbericht 4: Zusammenfassende Darstellung und Interpretation der Ergebnisse

Im Auftrag der:



Stadt Wuppertal



Remscheider Entsorgungsbetriebe

Remscheider Entsorgungsbetriebe

Durchführung:



Dr. Pecher AG



Ingenieurbüro
Reinhard Beck



WSW Energie & Wasser
AG

Gefördert
durch:



Bezirksregierung Düsseldorf

Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und
Verbraucherschutz des Landes NRW

Projektleitung: Dr.-Ing. Helmut Grüning

Bearbeitung: Dr.-Ing. Helmut Grüning (Teilbericht 4)

Inhaltsverzeichnis

1	Untersuchungskonzept und Gewässersysteme	1
2	Ökonomische Bewertung der Konzepte und der Realisierbarkeit	3
2.1	Bezugsgrößen für die Investitionen und die laufende Kosten	3
2.2	Investitionen und laufende Kosten für das System Briller Bach	3
2.3	Investitionen und laufende Kosten für das System Müggenbach	5
2.4	Kosten- und Machbarkeitsvergleich für die unterschiedlichen Verfahren und Maßnahmen	8
3	Ökologische Bewertung der Konzepte und Beurteilung der Entwässerungssicherheit	12
3.1	Dezentrale und herkömmliche Verfahren sowie wirkungsspezifischer Gesamtvergleich der Varianten	12
3.2	Zentrale Behandlung und separater Kanal	14
3.3	Parameterspezifische Abflusssteuerung (Briller Bach)	15
3.4	Zentrale Behandlung (Müggenbach)	16
4	Vergleichende Gegenüberstellung	17
5	Genehmigung und Übertragbarkeit der Ergebnisse auf NRW	19
6	Zusammenfassung	21
7	Literatur	23

1 Untersuchungskonzept und Gewässersysteme

In diesem abschließenden Teilbericht erfolgt eine vergleichende Gegenüberstellung der untersuchten Varianten zu Möglichkeiten der Regenwasserbewirtschaftung in den jeweiligen Gewässereinzugsgebieten und die zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse. Neben einer Gesamtdarstellung der jeweiligen Kosten erfolgt die Analyse und Bewertung der Wirkungen unterschiedlicher Behandlungskonzepte und Behandlungsverfahren. Neben diesen ökologischen und ökonomischen Wertungen folgt eine Beurteilung der Realisierbarkeit der untersuchten Konzepte und eine Einschätzung der Genehmigungsfähigkeit. Detaillierergebnisse sind den jeweiligen Teilberichten zu entnehmen. Allerdings sind die wesentlichen Ergebnisse in diesem Bericht noch einmal dargestellt, so dass auch eine isolierte Durchsicht einen Überblick liefert.

Die Kenndaten der beiden Gewässersysteme enthält Tabelle 1. Es handelt sich um Gewässersysteme, deren Trassen zum größten Teil kanalisiert in stark urban geprägten Strukturen verlaufen. In beide Gewässer werden derzeit behandlungspflichtige Abflüsse eingeleitet. Somit erfolgt eine Vermischung von behandlungspflichtigen und nicht behandlungspflichtigen Oberflächenabflüssen mit dem natürlichen Basisabfluss. Im Müggenbach ist der natürliche Basisabfluss marginal und zeitweise auch nicht vorhanden. Im Briller Bach liegt ein dauerhafter natürlicher Abfluss vor.

Tabelle 1 Kenndaten der untersuchten Gewässersysteme Briller Bach (Wuppertal) und Müggenbach (Remscheid)

Systembeschreibende Charakteristika	Briller Bach	Müggenbach
Länge des Gewässersystems	7.859 m	3.870 m
davon offene Abschnitte	2.443 m	1.660 m
davon kanalisierte Abschnitte	5.416 m	2.210 m
Quellbereich	definiert dauerhafte Wasserführung	diffus teilweise trocken fallend
Einleitende Nebengewässer	6	2
Einzugsfläche A_E bzw. $A_{E,k}$	382,7 ha	153,7 ha
davon befestigt und angeschlossen $A_{E,b}$	120,4 ha	88,3 ha
davon behandlungspflichtig (Kategorie IIb + III)	28,2 ha	16,9 ha
Teilgebietsanschlüsse durch (kommunale) Regenwasserkanäle	40	12
davon in offene Abschnitte	8	0
davon in kanalisierte Abschnitte	32	12
Direktanschlüsse von Privatflächen und Straßeneinläufen	483	74
davon in offene Abschnitte	22	2
davon in kanalisierte Abschnitte	461	72
Gesamtanzahl an Anschlüssen/Einleitungen	523	86
Einleitungen mit behandlungspflichtigen Flächen	435	60

Die Art der angeschlossenen Gebiete an den teilkanalisierten Briller Bach weist ein breites Spektrum auf. Dieses reicht von Verkehrswegen und Plätzen über den Anschluss durch Straßeneinläufe bis zu Einleitungen durch die städtische Regenwasserkanalisation und Einleitungen von Nebengewässern mit jeweils großflächigen zusammenhängenden Einzugsgebieten. Der Müggenbach verläuft zu einem großen Teil durch private Grundstücksflächen. Insofern ist hier der Anteil an Privateinleitungen vergleichsweise hoch. Dadurch sind Möglichkeiten der Systementflechtung durch Abkopplung der Einleitungen aufgrund erforderlicher Abstimmungen hier wesentlich komplizierter zu realisieren.

Im Rahmen der Untersuchungen wurden generelle Möglichkeiten der Regenwasserbehandlung durch folgende Variantenuntersuchungen vergleichend gegenübergestellt.

Variante 1: Ausschließlich dezentrale Behandlung im gesamten Einzugsgebiet

Variante 2: Kombinationslösung dezentrale und semizentrale bzw. zentrale Behandlung vor der Einleitung

Variante 3: Zentrale Behandlung und separater Kanal („Bachentflechtung“)

Variante 4a: Parameterspezifische Abflusssteuerung (Briller Bach)

Variante 4b: Zentrales Behandlungssystem und Vermischung der Abflüsse (Müggenbach)

Die Investitionskosten enthalten sämtliche Kosten von der Planung bis zur Inbetriebnahme aller erforderlichen Maßnahmen zur Regenwasserbehandlung. Basis der Kostenermittlung ist das Ergebnis der durchgeführten Untersuchungen in einer zur Vorplanung vergleichbaren Planungstiefe. Dabei stellte bewusst nicht die Ermittlung der günstigsten Variante, sondern der objektive Vergleich der unterschiedlichen Möglichkeiten das Projektziel dar.

Im Rahmen der Variante 1 wurden ausschließlich dezentrale Regenwasserbehandlungsverfahren vorgesehen. In Variante 2 erfolgte eine kombinierte Betrachtung durch Einsatz von dezentralen Regenwasserbehandlungsverfahren mit der Anordnung von Regenklärbecken. Derzeit sind unterschiedliche Verfahren zur dezentralen Regenwasserbehandlung verfügbar. Der Nachweis einer im Trennerlass geforderten Vergleichbarkeit mit herkömmlichen Verfahren im Rahmen eines Zulassungsverfahrens fehlt bislang. Aus dem Katalog der verfügbaren Verfahren bzw. Systeme wurden exemplarisch in Schachtbauwerken integrierte Filtersysteme sowie Straßenablaufeinsätze ausgewählt. Dabei handelt es sich um das System FiltaPex® (Pecher Technik GmbH) bzw. 3P-Hydrosystem (3P Technik Filtersysteme GmbH) und das System Innolet® (Fa. Funke). Die Systeme repräsentieren das Spektrum verfügbarer Verfahren und sind zudem auch durch die Projektbearbeiter in Praxiseinsätzen getestet worden. Das System FiltaPex® wird im Rahmen eines Forschungs- und Entwicklungsverfahrens der WSW Energie & Wasser AG (Wuppertal) und der Dr. Pecher AG parallel zu einem Regenklärbecken betrieben und umfangreich messtechnisch untersucht. Insofern lagen neben Wirknachweisen auch detaillierte Informationen zum Wartungsaufwand vor.

Praktische Langzeiterfahrungen fehlen bislang jedoch für alle dezentralen Regenwasserbehandlungsverfahren. Allerdings ist auch die Wirkung von Regenklärbecken nur eingeschränkt bekannt.

2 Ökonomische Bewertung der Konzepte und der Realisierbarkeit

2.1 Bezugsgrößen für die Investitionen und die laufende Kosten

Im Rahmen des Untersuchungsvorhabens wurden die Kosten für die Regenwasserbehandlung resp. Regenwasserbewirtschaftung mit unterschiedlichen Systemen vergleichend gegenübergestellt. Die Kostenermittlung erfolgte dabei durch eine dynamische Kostenvergleichsrechnung gem. LAWA (2005). Der Kostenvergleich erfolgt mit den in Teilbericht 1 (Tabelle 7) dargestellten durchschnittlichen Nutzungsdauern. Die gewählte Nutzungsdauer für die Bauwerke beträgt 60 Jahre. Für die Maschinenteknik wurde eine Nutzungsdauer von 15 Jahren angenommen und für den baulichen Teil der Pumpwerke wurden 30 Jahre veranschlagt. Die jährliche Verzinsung beträgt 3 %, Preissteigerungsraten blieben unberücksichtigt (0 %). Der Betrachtungszeitraum beträgt 60 Jahre.

Die Kosten sind durch die beengten städtebaulichen Strukturen der Gewässereinzugsgebiete in Wuppertal und Remscheid geprägt. Daraus resultieren vergleichsweise hohe spezifische Kosten für den Bau von Kanälen und Regenbecken.

2.2 Investitionen und laufende Kosten für das System Briller Bach

Die vergleichende Gegenüberstellung der Projektkostenbarwerte für die jeweiligen Varianten illustriert Bild 1. Als teuerste Variante für das Gewässersystem Briller Bach hat sich die Kombinationslösung (Variante 2) mit über 16 Mio. € erwiesen. Hier haben hohe Investitionskosten für die unterirdischen Becken einen maßgeblichen Einfluss. Um diese Bauwerke zudem in die bestehenden Systeme zu integrieren, sind zusätzlich aufwändige Kanalbaumaßnahmen im Umfang von fast 8 Mio. € erforderlich. Die insgesamt günstigste Lösung repräsentiert Variante 4. Hier erfolgt keine Regenwasserbehandlung im Einzugsgebiet. Die verunreinigten Abflüsse werden zur Behandlung in den Entlastungssammler Wupper bzw. zur Kläranlage geleitet.

Erwartungsgemäß sind für die flächendeckende dezentrale Behandlung die höchsten laufenden Kosten zu erwarten. Dies bestätigt die Darstellung der laufenden Kosten in Bild 2. Die vergleichsweise niedrigen Investitionskosten führen dazu, dass die Gesamtkosten im Einzugsbereich des Briller Baches mit rund 8,3 Mio. € wesentlich günstiger ausfallen als herkömmliche Lösungen der Varianten 2 und 3. Allerdings wurden Kosten für Information und Abstimmung dezentraler Regenwasserbehandlungsmaßnahmen im Bereich privater Flächen nicht quantifiziert.

Für alle Systeme wurden die Kosten für Verkehrssicherung sowie die Wegekosten vernachlässigt. Die Ansätze dafür sind stark von individuellen Rahmenbedingungen abhängig, so dass belastbare Ansätze nicht quantifizierbar sind. Es ist allerdings davon auszugehen, dass dieser Kostenanteil die laufenden Kosten für die dezentralen Systeme im direkten Vergleich stärker beeinflusst. Andererseits blieben die Aufwendungen für Abstimmungen der Baumaßnahmen und den Grunderwerb von Privatflächen unberücksichtigt. Hier sind vor allem für Variante 3 zusätzliche Aufwendungen zu erwarten.

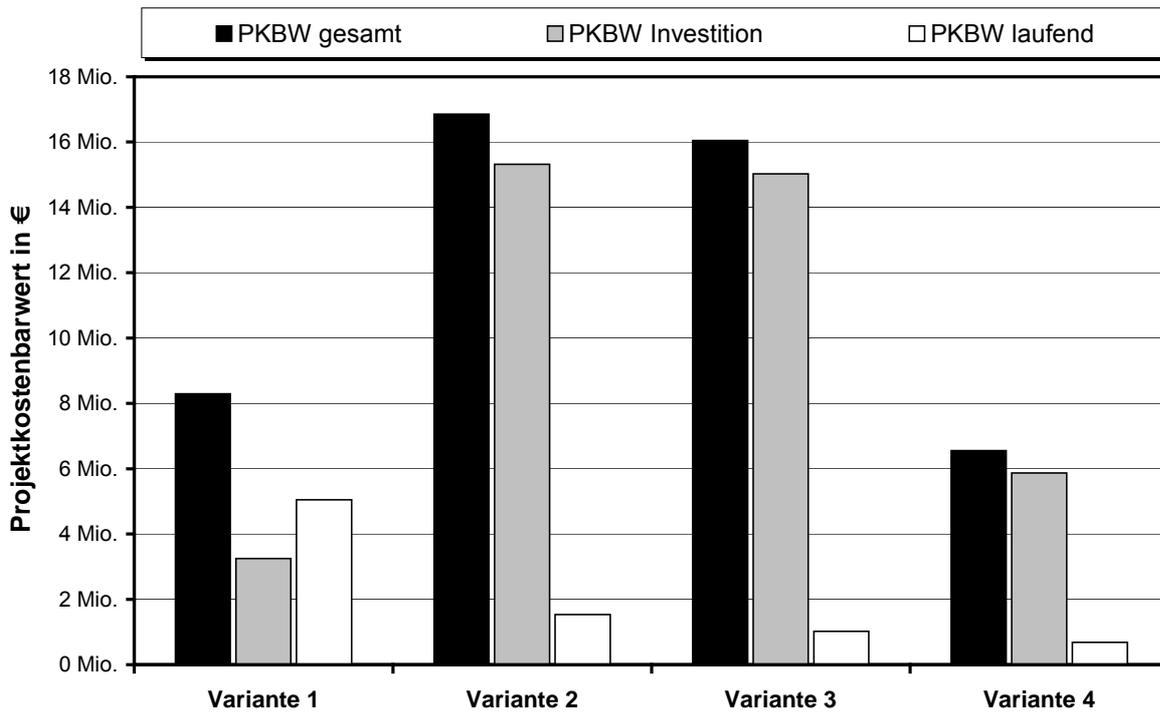


Bild 1 Vergleichende Gegenüberstellung der Projektkostenbarwerte für die unterschiedlichen Varianten des Gewässersystems Briller Bach

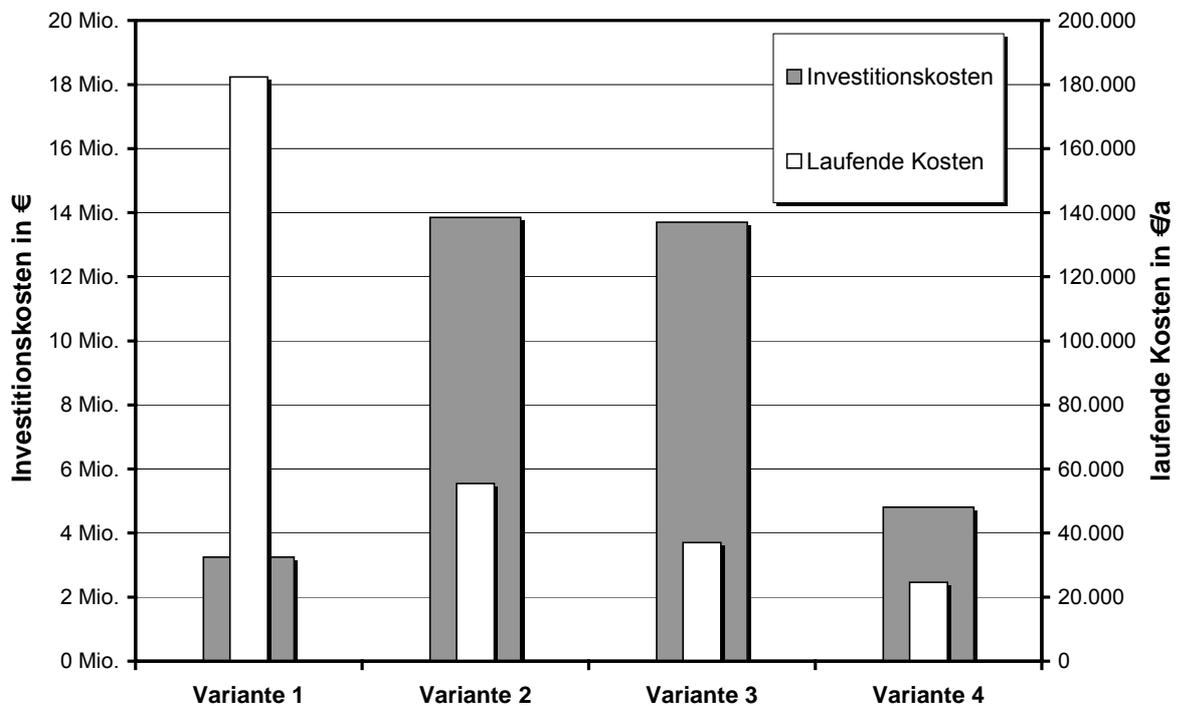


Bild 2 Vergleichende Gegenüberstellung der Investitionskosten und der laufenden Kosten (€/a) für die unterschiedlichen Varianten des Gewässersystems Briller Bach

2.3 Investitionen und laufende Kosten für das System Müggenbach

Die Kosten für die jeweiligen Variantenkonzepte für den Müggenbach folgen einer anderen Verteilung als die Kosten der Varianten des Gewässersystems Briller Bach. Einen vergleichenden Überblick über die variantenspezifischen Projektkostenbarwerte illustriert Bild 3. Hier ist die Variante 1 mit ausschließlicher Anordnung dezentraler Systeme mit rund 4,1 Mio. € die teuerste Lösung. Die Kombinationslösungen aus dezentraler und semizentraler Behandlung ist mit etwa 4,0 Mio. € etwas günstiger. Geringfügig günstiger stellt sich die Variante 3 mit etwa 3,9 Mio. € dar, die den Bau eines separaten Kanals und einer zentralen Behandlung vorsieht. Unter Berücksichtigung der Genauigkeit bei der Kostenermittlung, sind diese Varianten hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit als gleichwertig zu bewerten.

Das mit Abstand günstigste Lösungskonzept ist durch die Umsetzung der Variante 4 zu erreichen. Die zentrale Behandlung des gesamten Abflusses am Ende des Gewässersystems wäre mit rund 2,3 Mio. € etwa um ein Drittel günstiger als die Varianten 1 bis 3.

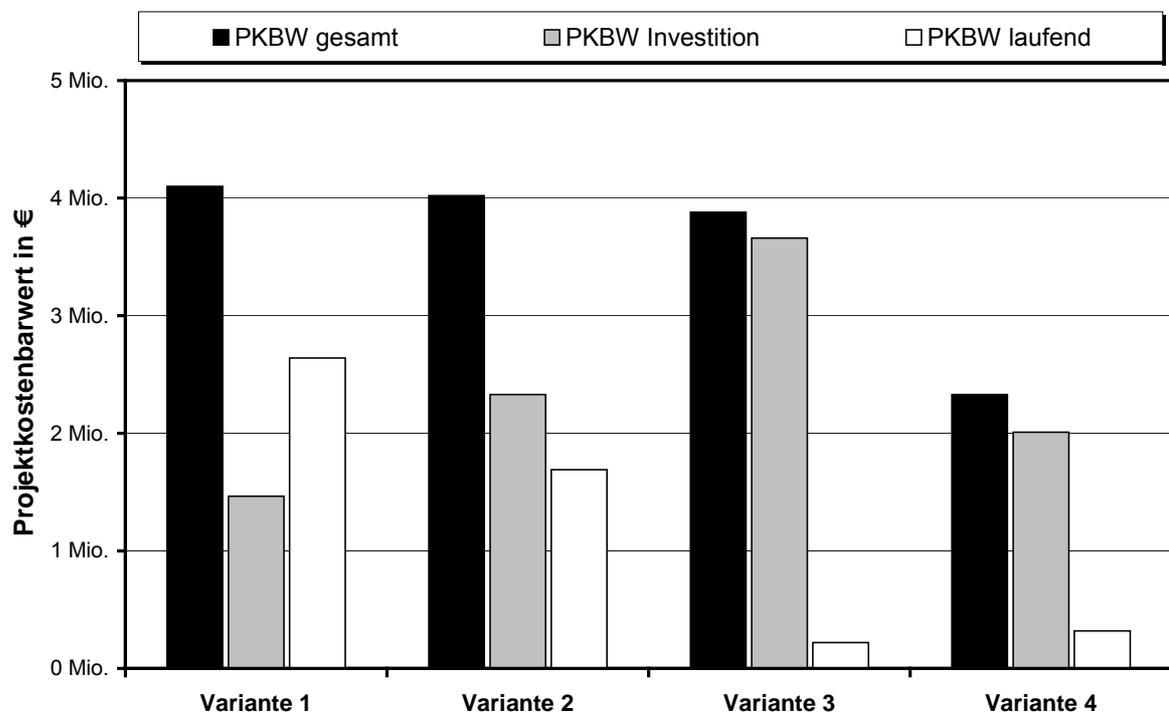


Bild 3 Vergleichende Gegenüberstellung der Projektkostenbarwerte für die unterschiedlichen Varianten des Gewässersystems Müggenbach

Bild 4 liefert eine Darstellung der laufenden Kosten und der Investitionskosten. Wie für das Gebiet Briller Bach fallen auch im Bereich des Müggenbaches für die flächendeckende dezentrale Behandlung die höchsten laufenden Kosten an. Die jährlichen Kosten von über 95.000 €/a sind maßgeblich für die hohen Gesamtkosten der Variante 1. Bei Variante 3 sind die geringen laufenden Kosten im Vergleich zu den hohen Investitionskosten auffällig.

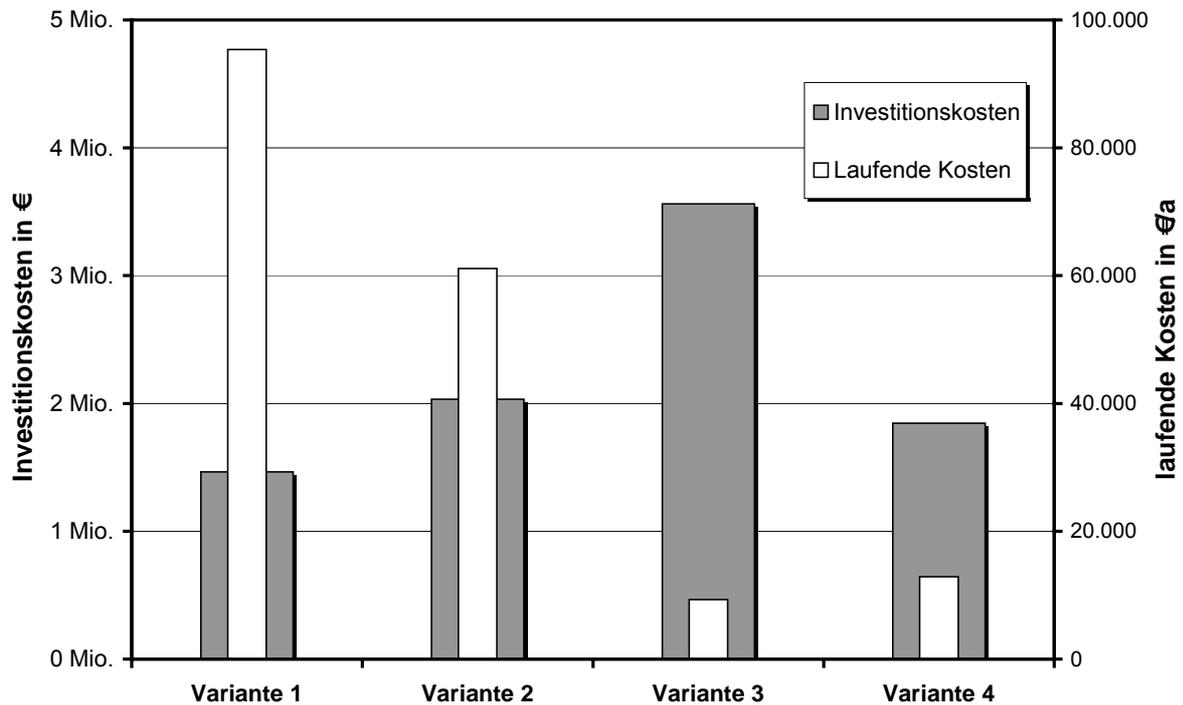


Bild 4 Vergleichende Gegenüberstellung der Investitionskosten und der laufenden Kosten (€/a) für die unterschiedlichen Varianten des Gewässersystems Müggenbach

Ein Auswertung der flächenspezifischen Kosten für die jeweiligen Varianten veranschaulicht Bild 5 für das Einzugsgebiet des Briller Baches. Dabei fällt der maßgebliche Unterschied zwischen der Auswertung für die gesamte befestigte Fläche als Bezugsgröße ($A_{E,b} = 162 \text{ ha}$) im Vergleich zur an die Behandlungssysteme angeschlossene Fläche auf. Dieser Aspekt wirkt sich insbesondere bei der Betrachtung der dezentralen Behandlung (Variante 1) aus. Dabei werden systembedingt an die dezentral wirksamen Systeme fast ausschließlich die als klärfähig definierten Flächen angeschlossen. Im Gebiet des Briller Baches sind das 29,90 ha. Bei der Variante 4 sind über 120 ha angeschlossen. Die Wirkung im direkten Vergleich kann hier differenziert beurteilt werden. Der Anschluss einer größeren Fläche stellt sicher, dass auch hiervon abgeleitete Abflüsse der Behandlung zugeführt werden. Andererseits liegt der besondere Vorzug der dezentralen Systeme darin, die Vermischung unterschiedlich verunreinigter Abflussanteile zu vermeiden.

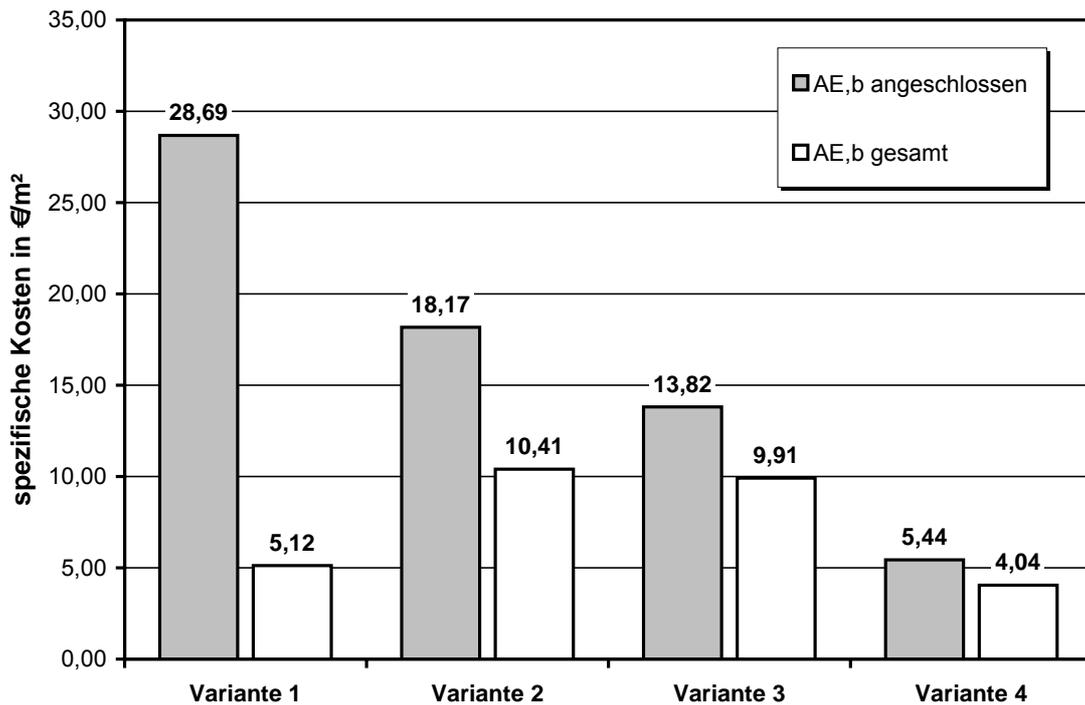


Bild 5 Flächenbezogene Kosten (Projektkostenbarwerte bezogen auf $A_{E,b}$) für die Regenwasserbehandlung als Ergebnis der Variantenuntersuchung für den Briller Bach

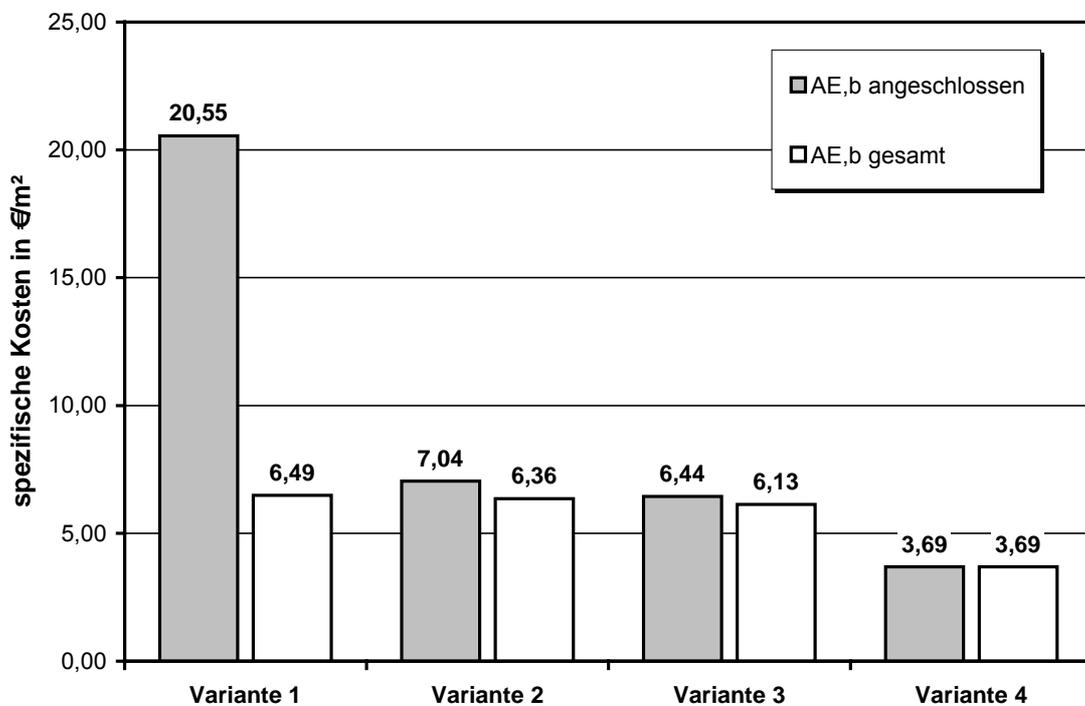


Bild 6 Flächenbezogene Kosten (Projektkostenbarwerte bezogen auf $A_{E,b}$) für die Regenwasserbehandlung als Ergebnis der Variantenuntersuchung für den Müggenbach

2.4 Kosten- und Machbarkeitsvergleich für die unterschiedlichen Verfahren und Maßnahmen

Die Auswertungen haben gezeigt, dass die Kosten für Lösungen zur Regenwasserbehandlung im kausalen Zusammenhang mit den individuellen Strukturen des Einzugsgebietes stehen. Die zentrale Lösung (Variante 4) stellte für beide Gewässersysteme die mit Abstand günstigste Lösung dar. Die Kostenentwicklungen für die Konzeption einer Systemtrennung, der semizentralen Behandlung oder einer konsequenten dezentralen Behandlung sind nicht von vornherein prognostizierbar, sondern erfordern einen eingehenden Variantenvergleich. Dabei ist hervorzuheben, dass die im Trennerlass geforderte Bevorzugung einer dezentralen Behandlung (Variante 1) nicht generell als teuerste Lösung zu werten ist. Diesen Zusammenhang belegen die Untersuchungen für das Gewässereinzugsgebiet des Briller Baches. Für das Müggenbachgebiet stellt die konsequente dezentrale Behandlung allerdings die teuerste Variante dar, obwohl auch hier im Straßenbereich bevorzugt die vergleichsweise günstig kalkulierte Lösung der Straßenablaufeinsätze vorgesehen wurde. Der Nachweis der langfristigen Wirkung und Wartungsaufwendungen für diese Systeme liegt bislang nicht uneingeschränkt vor. Ob die vergleichsweise günstigen Betriebskosten, besonders bei stark verunreinigten Flächen langfristig zu realisieren sind, ist derzeit nicht sicher prognostizierbar. Hier fehlen bislang langfristige Erfahrungen.

Die vergleichsweise geringen Kosten für den Einbau von Straßenablaufeinsätzen repräsentiert den Idealfall. Da beispielsweise in Wuppertal vielfach Nassgullies vorhanden sind, wäre vor dem Einbau des Systems Innolet® ein Umbau des gesamten Straßenablaufes erforderlich. Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass an einem Straßenablauf mit Filtereinsatz rund 300 m² befestigte Fläche angeschlossen werden können, damit die geforderten 15 l/(s · ha) behandelt werden. Ein Aufschlag für diesen erforderlichen Umbau ist bei der Kostenermittlung allerdings berücksichtigt worden. In diesem Zusammenhang wurde eine exemplarische Auswertung für die aktuell an jeden Straßenablauf angeschlossenen behandlungspflichtigen Flächenanteile durchgeführt (Bild 7).

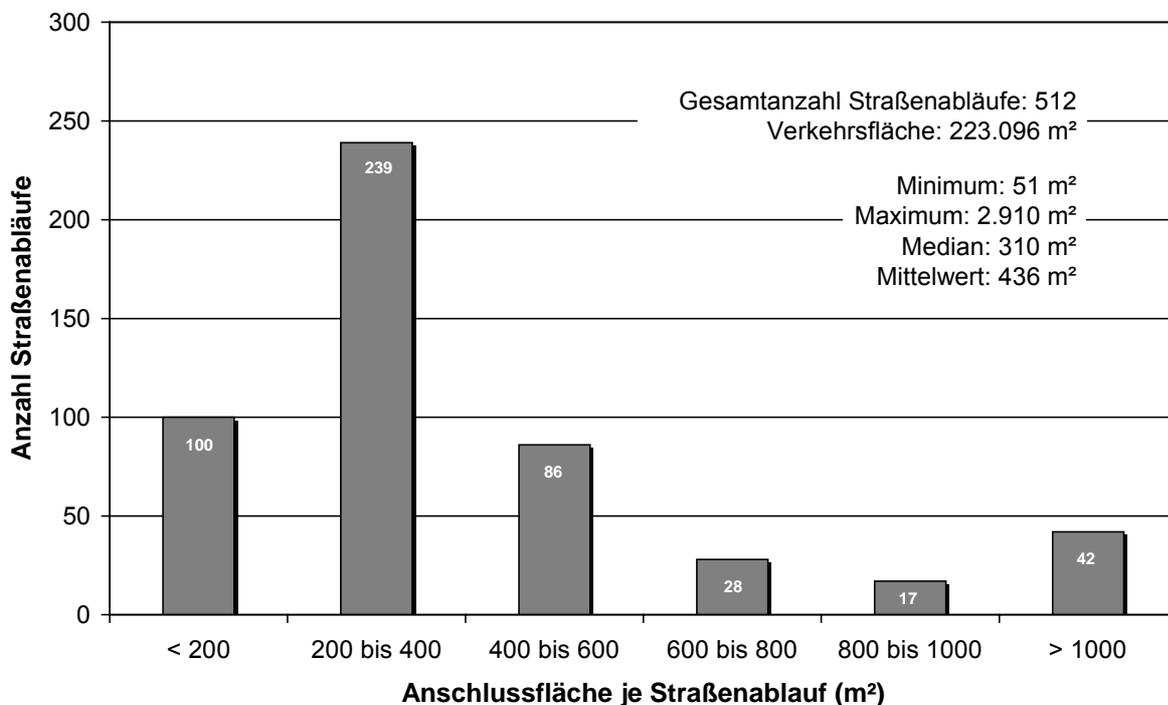


Bild 7 Verteilung der jeweiligen behandlungspflichtigen Anschlussflächen je Straßenablauf für das Einzugsgebiet des Briller-Bach-Systems ($A_{E,b} = 120$ ha)

Von den über 512 vorhandenen Straßenabläufen entwässern 339 Einzugsflächen weniger als 400 m². Der Mittelwert liegt bei 436 m² und der Median weist eine Flächengröße von 310 m² auf. Somit liegt die Größenordnung der Entwässerungsfläche von rund 400 m² je Straßenablauf gemäß RAS-Ew (FGSV, 2005) in der Mehrzahl der Fälle vor. Allerdings weisen 173 Straßenabläufe Entwässerungsflächen von über 400 m² auf. Im Extremfall wurden 2.910 m² ermittelt. Eine angeschlossene Fläche unterhalb von 267 m² haben 194 Straßenabläufe. Somit wäre in über 300 Fällen eine Systemerweiterung erforderlich, um das System Innolet® anzuordnen.

Generell ist zu berücksichtigen, ob bereits aufgrund hydraulischer Anforderungen teilweise weitere Straßenabläufe erforderlich sind. Bei genauer Betrachtung wäre hier ggf. eine gegenseitige Verrechnung durchzuführen, vor allem, wenn in der Vergangenheit eine lokal unzureichende Abflusssituation beobachtet worden ist.

Der Betriebsaufwand für eine Vielzahl von dezentralen Betriebspunkten ist vergleichsweise hoch. Auch dann, wenn der punktuelle Aufwand der Reinigung in wenigen Minuten durchführbar ist. Bei den Betriebskosten ist berücksichtigt, dass die Schlammeimer in den üblichen Straßenablaufeinsätzen ebenfalls regelmäßig (üblicherweise zweimal jährlich) gereinigt werden müssen. Mit erhöhtem Aufwand ist in Zeiträumen starken Laubfalls oder auch bei hohem Anfall von Pollen zu rechnen. Diese Situation hängt von den Bedingungen im Straßenumfeld (Bepflanzung, Baumbestand, Häufigkeit der Straßenreinigung) ab. Hier sind künftig weitere Betriebserfahrungen abzuwarten.

Für das System FiltaPex ist der Platzbedarf ebenfalls gering. Die Schachtsysteme werden in die bestehende Regenwasserkanalisation integriert. An einzelnen Schachtsystemeinheiten können Flächen von bis zu 5.000 m² angeschlossen werden. Damit liegt dieses System bereits auch im Anwendungsbereich einer semizentralen Behandlung. Bei der Reinigung von Straßenabflüssen erfordert die linienförmigen Struktur allerdings eine Bündelung der Straßenabläufe zur Reinigungsanlage, so dass hier zusätzliche Leitungen verlegt werden müssen. Die laufenden Kosten sind auf der Basis bereits im Praxistest bewährter Anlagen ermittelt worden. Die Systeme können auch mit einer einfachen Messtechnik ausgestattet werden, die kontinuierliche Informationen zur aktuellen Filterwirkung liefert. Da ein Versagen von Filtersystemen erfahrungsgemäß keinem stetigem Verlauf folgt, sondern fast unmittelbar eintritt, bietet diese Möglichkeit eine kontinuierliche Systemüberwachung zur Sicherstellung der dauerhaften Wirkung. Es ist davon auszugehen, dass diese über Fernwirktechnik abzurufenden Informationen die Wartungsaufwendungen reduzieren.

Die Investitionskosten für Regenklärbecken sind vergleichsweise hoch. Ursache dafür sind hohe spezifische Kosten in innerstädtischen Bereichen, so dass ausschließlich geschlossene Becken gebaut werden können. Die Betriebskosten der Regenbecken sind bei ordnungsgemäßigem Betrieb entsprechend den Vorgaben der Selbstüberwachungsverordnung (SüwV Kan) und bei adäquaten Reinigungsintervallen durchaus vergleichbar oder sogar höher als bei dezentralen Reinigungssystemen. Durch Anschluss einer größeren Fläche relativieren sich bei größeren Regenklärbecken die spezifischen Kosten, so dass dann die Betriebskosten für dezentrale Systeme insgesamt höher ausfallen.

Die Kosten für die qualitative Abflusssteuerung stellt im direkten Vergleich der Systeme die günstigste Lösung dar. Dieser Vorteil resultiert aus der Zentralisierung der Maßnahme. Die Durchführung einer qualitativen Abflusssteuerung mit einer Photometersonde ist machbar, wie die aktuell positiven Erfahrungen am gesteuerten Trennbauwerk in Wuppertal zeigen. Nach wie vor stellt diese Form der Abflussbewirtschaftung aber noch hohe Anforderungen an den Kanalnetzbetreiber. Jede Messstelle erfordert individuelle Systemkonzepte und Erfahrungen im Umgang mit dieser Messtechnik. Derzeit reduzieren sich die laufenden Kosten, da durch Fernwirktechnik und zunehmende Betriebserfahrungen die Wartungsintervalle aufwandsabhängig und zeitlich gestreckt vorgenommen werden können.

Eine vergleichende und wertende Gegenüberstellung der Kosten und Aufwendungen der eingesetzten Verfahren resp. Systeme zur Regenwasserbehandlung zeigt die Wertungsmatrix der Tabelle 2. Für die qualitative Steuerung sind die Betriebskosten vergleichsweise gering, weil es sich hier um eine zentrale Einzelmaßnahme handelt.

Tabelle 2 Bewertungsmatrix „Aufwand und Kosten“ für die untersuchten Systeme zur Niederschlagswasserbehandlung

System	Platzbedarf	Betriebsaufwand	Kosten	
			laufend	Investition
Straßenablauf-einsätze Innolet®	+ gering	- hoch	- hoch	+ gering
Filterschacht-systeme FiltaPex®	+/o durchschnittlich ¹⁾	o durchschnittlich	- hoch	+ gering
RKBmD	- hoch	- hoch	o durchschnittlich	- hoch ²⁾
RKBoD	- hoch	- hoch	o durchschnittlich	- hoch ²⁾
Qualitative Steuerung	o durchschnittlich	- hoch	+ gering ³⁾	o durchschnittlich

¹⁾ Am Einzelstandort gering – insgesamt im Einzugsgebiet entsprechend umfangreicher

²⁾ Unter Berücksichtigung der gebietsspezifischen Bedingungen

³⁾ Als zentrale (Einzel-)Maßnahme vergleichsweise gering

Die Ermittlung der spezifischen Kosten, bezogen auf einen Quadratmeter angeschlossener befestigter Fläche, erfolgt anhand der dynamischen Gestehungskosten gemäß LAWA (2005). Die Untersuchung wurde am Beispiel der Regenwasserbehandlungssysteme:

- FiltaPex® (exemplarisch für dezentrale Filtersysteme in Schachtbauwerken)
- Innolet® (exemplarisch für Straßenablaufeinsätze)
- Regenklärbecken (exemplarisch für herkömmliche Systeme)

durchgeführt. Bild 8 veranschaulicht den Verlauf der dynamischen Gestehungskosten. Die Auswertung erfolgt für 500, 1000, 2.000, 5.000, 10.000, 15.000 und 20.000 m².

Für das System Innolet® wird dabei berücksichtigt, dass bei einer Fläche von 500 m² bereits zwei Straßenabläufe mit Filtereinsätzen erforderlich sind. Es wird der günstigste Fall angenommen, dass ausschließlich ein direkter Systemeinsatz ohne Anpassungs- oder Umbaumaßnahme möglich ist. Mit Investitionskosten von 1.300 € und laufenden Kosten von rund 150 €/a je Straßenablaufeinsatz sind

die Innolet-Systeme für kleinere Flächen die günstigste Lösung. Die hohen Kosten für die Regenklärbecken berücksichtigen hier die schwierigen Bedingungen enger Platzverhältnisse in dicht besiedelten Räumen. Bei Flächen ab 5.000 m² gleichen sich die Kosten für das Innolet- und FiltaPex-System an.

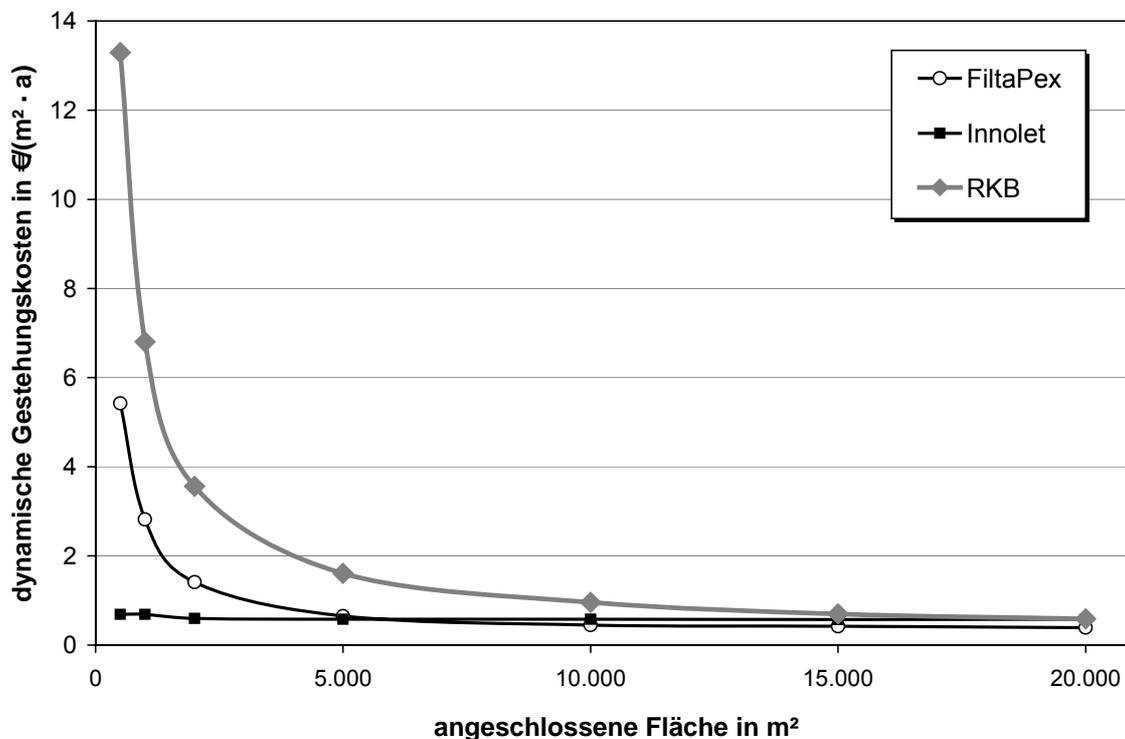


Bild 8 Spezifische Kostenentwicklung für die untersuchten Regenwasserbehandlungssysteme

Die Auswertung belegt, dass die Behandlung mit dem System Innolet® bei klassischen Größenordnungen für eine dezentrale Behandlung von Straßenabflüssen die günstigste Alternative darstellt. Nachteilig bei diesen Systemen ist das Gefährdungspotenzial durch Verstopfung und das fehlende Rückhaltevolumen von Leichtstoffen. Der Einbau der Systeme führt zu einer hohen Anzahl an Betriebspunkten, hat andererseits aber den Vorteil, im Idealfall mit sehr geringem Aufwand eine Behandlung der Abflüsse von Verkehrsflächen zu ermöglichen.

Die spezifischen Kosten für das System FiltaPex® sind für kleine Flächen deutlich teurer als für das System Innolet®, aber auch wesentlich günstiger als Regenklärbecken. Dabei sind bei dieser Auswertung keine Kosten für Grundstückszukäufe bei Regenklärbecken berücksichtigt. Das System ist durch parallele Anordnung von Systemeinheiten auch für Flächengrößen im Hektarbereich geeignet. Durch Tauchwände erfolgt ein Rückhalt von Leichtstoffen in den Schächten.

Die bisherige Systembewertung berücksichtigt bislang nicht den Bau eines separaten Kanals. Hierbei handelt es sich nicht um eine Reinigungsanlage, sondern um ein zusätzliches Ableitungssystem. Bei dieser, im Rahmen der Variante 3 durchgeführten Untersuchung sind die Auswirkungen resp. Hindernisse dieser Baumaßnahme nicht monetär zu quantifizieren. Der Bau eines separaten Kanals innerhalb der Briller Straße würde in Wuppertal zu erheblichen Beeinträchtigungen führen. Auch wenn diese Variante technisch geplant und monetär bewertet wurde, ist eine Trassierung in diesem eng bebauten Bereich äußerst schwierig. Es ist davon auszugehen, dass Störungen, die mit dieser Maßnahme verbunden sind, wenig Akzeptanz im öffentlichen Umfeld finden werden.

3 Ökologische Bewertung der Konzepte und Beurteilung der Entwässerungssicherheit

3.1 Dezentrale und herkömmliche Verfahren sowie wirkungsspezifischer Gesamtvergleich der Varianten

Die Wirkung der unterschiedlichen dezentralen Niederschlagswasserbehandlungssysteme ist noch nicht umfassend untersucht. Grundsätzlich besteht gemäß des Trennerlasses die Forderung einer Vergleichbarkeit dezentraler Systeme zu herkömmlichen Regenwasserbehandlungssystemen.

Bei den exemplarisch betrachteten Systemen Innolet® und FiltaPex® zur dezentralen Regenwasserbehandlung handelt es sich um Filteranlagen, die bei entsprechender Wartung erfahrungsgemäß ein mit Regenklärbecken mindestens vergleichbares Stoffrückhaltevermögen für Feststoffe aufweisen. Die Systeme wirken chemisch und physikalisch durch Filterelemente, deren Stoffrückhaltekapazität durch den erforderlichen Kompromiss zwischen der Wirksamkeit und dem Wartungsaufwand konzipiert sind. Ein Regenklärbecken wirkt ausschließlich durch Sedimentation oder Aufschwimmen. Für das System Innolet® wird ein Stoffrückhaltevermögen für Feststoffe von rund 50 % veranschlagt. Das System FiltaPex® ist für einen Stoffrückhalt von etwa 70 bis 80 % ausgelegt. Dabei ist der Austausch der Filterelemente auf eine Häufigkeit von 1 bis 2 a⁻¹ begrenzt. Die individuelle Verunreinigung der Oberfläche und die Intensität der Straßenreinigung beeinflussen dabei den Wartungsaufwand.

Ein abschließender und direkter Vergleich von dezentralen Systemen mit Regenklärbecken ist schwierig, da gesicherte messtechnische Nachweise auch zur Wirkung von Regenklärbecken bislang selten sind. Eine vergleichende Gegenüberstellung dieser Systeme erfolgt im Rahmen eines Forschungs- und Entwicklungsvorhaben in Wuppertal (Dr. Pecher AG und WSW Energie & Wasser AG). Hier wird der Stoffrückhalt u. a. durch Photometermessungen im Zulauf und in den jeweiligen Ablaufbereichen untersucht. Das Konzept und ausgewählte Ergebnisse dieses Vorhabens sind nachfolgend kurz dargestellt. Weitere Ergebnisse beschreiben Grüning et al. (2010).

Als Referenzsystem wurde ein Regenklärbecken, das wahlweise mit und ohne Dauerstau betrieben werden kann. Das Regenklärbecken wurde während der bisherigen und hier dargestellten Messphase im Dauerstau betrieben. Es handelt sich um ein rechteckiges Durchlaufbecken im Hauptschluss. Das Einzugsgebiet umfasst 19,3 ha, davon sind rund 12 ha befestigt. Das Becken entlastet über einen Klärüberlauf und ein Trennbauwerk in ein Regenrückhaltebecken (RRB). Bei einem Beckenvolumen von 118 m³ beträgt der behandlungspflichtige Zufluss (Q_{krit}) 127 l/s. Die Wirkung des Beckens wird durch einen vorgelagerten Stauraumkanal zusätzlich positiv beeinflusst. Über eine Länge von 65,25 m verläuft ein Kreisprofil (DN 1000), das in Kombination mit dem RKB über diesen Haltungsabschnitt wie ein Stauraumkanal mit unten liegender Entlastung (SKU) wirkt. Bei starken Niederschlagsereignissen oder bei dem Betrieb des RKB mit Dauerstau beträgt das durch den Einstau des Stauraumkanals erweiterte statische Kanalvolumen 51,25 m³ und macht damit zusätzlich über 40 % des eigentlichen Beckenvolumens aus. Das RKB selbst hat eine Oberflächenbeschickung von 6,4 m/h für die kritische Regenabflussspende von 15 l/(s · ha). Die Oberflächenbeschickung (q_A) für das kombinierte Bauwerk von 3,7 m/h liegt deutlich unter der Maximalvorgabe von 10 m/h.

Das Ergebnis einer vergleichenden Gegenüberstellung des Filterschachtsystems FiltaPex® mit dem RKB illustriert Bild 9. Dargestellt ist der Verlauf des Zuflusses und die Konzentrationsganglinie, gemessen im Zuflussbereich des RKB (einige Meter vor dem Beckenüberlauf) für ein Regenereignis am 25.12.2009. Das RKB wurde zu dieser Zeit im Dauerstau betrieben. Mit Beginn des Regenwasserzuflusses steigt die AFS-Konzentration im Zufluss auf 170 mg/l an. Kurze Zeit später wird der Klärüberlauf aktiviert. Die Spitzenkonzentration des Klärüberlaufes liegt bei 110 mg/l (3.30 Uhr) und nimmt im weiteren Verlauf sukzessive ab. Eine messbare Konzentrationssteigerung im Ablauf des Filterschachtsystems setzt etwa um 3.30 Uhr ein. Die Spitzenwerte liegen etwas über 30 mg/l. Die Kon-

zentrationen im Abfluss des Filterschachtsystems übersteigen die Werte des Klärüberlauf zu keinem Zeitpunkt.

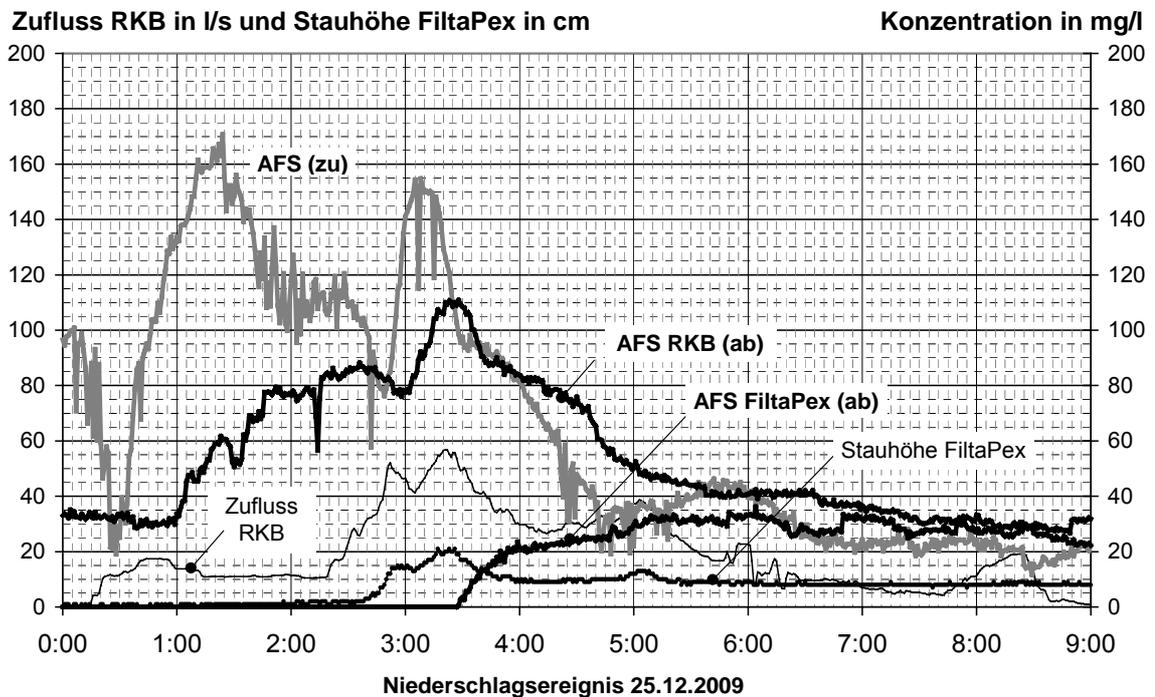


Bild 9 Vergleich der Zu- und Ablaufkonzentrationen an Abfiltrierbaren Stoffen (AFS) des Regenklärbeckens (Klärüberlauf) sowie im Ablauf des FiltaPex-Systems nach einem Niederschlagsereignis am 25. Dezember 2009

Die Wirkung von Regenklärbecken ist messtechnisch selten untersucht worden. Unbestritten ist die eingeschränkte Wirksamkeit dieser Systeme (Krauth und Stotz, 2001 sowie Grotehusmann, 2009). Besonders die Wirkung von Regenklärbecken im Dauerstau ist kritisch zu beurteilen, da Remobilisierungsprozesse bei hohen Zuflüssen gemeinsam mit der Verdrängung des erwärmten Beckeninhaltes in Extremsituationen eher schädigend als schützend auf das Gewässer wirken können. Bei kanalisierten Gewässern oder Regenwasserkanälen mit ständigem Abfluss (Fremdwasser), wäre ein dauerhafter Beckendurchfluss möglicherweise zu akzeptieren. Ein ständiger Trockenwetterzufluss ist für Regenklärbecken ohne Dauerstau dagegen nicht praktikabel. Hier könnte alternativ eine Umleitung des Basisabflusses durch einen Bypass erfolgen. Der variable Basisabfluss ist dabei jedoch nur eingeschränkt fassbar und zudem ist eine eindeutige Trennung verunreinigter Abflüsse nicht garantiert.

Im Einzugsbereich des Müggelbaches sind für fünf im Trennsystem entwässernde Teilgebiete Regenklärbecken im Dauerstau mit einem Volumen von 10 bis 100 m³ vorgesehen worden. Diese wären im Dauerstau zu betreiben, da in den Regenwasserkanälen ein dauerhafter Abfluss vorliegt. Der Anschluss oder Umschluss von Fremdwasserquellen an die Regenwasserkanalisation kann sich bei konsequenter Sanierung der Schmutzwasserkanalisation möglicherweise steigern.

Eine qualitative Wertung der untersuchten Verfahren erfolgt durch eine Bewertungsmatrix (Tabelle 3). Neben Wertungen des Stoffrückhaltes wird eine mögliche hydraulische Gefährdung beurteilt. In diesem Fall kann das System Innolet® ggf. eine Begrenzung des hydraulischen Ableitungsvermögens darstellen. Der Rückhalt von Schwimmstoffen ist bei dem System FiltaPex® und den Regenklärbecken gewährleistet. Bei größeren Einleitungen nach Havarien o. ä. ist die Aufnahmekapazität in Filter-

schächten durch das begrenzte Volumen allerdings stark eingeschränkt. Bei der qualitativen Steuerung kann bei rechtzeitiger Information entsprechend reagiert werden. Die Photometersonde detektiert derzeit jedoch keine Kraftstoffe mit ausreichender Zuverlässigkeit.

Tabelle 3 Bewertungsmatrix „Wirkung“ für die untersuchten Systeme zur Niederschlagswasserbehandlung

System	Hydraulische Gefährdung durch Überstau	Schwimmstoffrückhalt	Reinigungswirkung	
			partikulär	gelöst
Straßenablauf-einsätze <i>Innolet®</i>	- hoch	- gering	o durchschnittlich	- gering
Filterschacht-systeme <i>FiltaPex®</i>	+ keine	+ gewährleistet	+ hoch	-/o gering ¹⁾
RKBmD	+ keine	+ gewährleistet	-/o durchschnittlich	- gering
RKBoD	+ keine	+ gewährleistet	o durchschnittlich	-/o durchschnittlich ²⁾
Qualitative Steuerung	+ keine	o durchschnittlich	o durchschnittlich ²⁾	o durchschnittlich ²⁾

¹⁾ Rückhalt gelöster Stoffe durch chemisch/physikalische Prozesse noch nicht abschließend nachgewiesen

²⁾ Behandlung erfolgt auf der Kläranlage oder in einer zentralen Regenwasserbehandlungsanlage

Der langgestreckte Verlauf von Straßen stellt häufig ein Problem dar. Vor allem, wenn die Verkehrsfläche allein behandlungspflichtige Abflüsse liefert. Besonders hohe Stoffkonzentrationen fallen erfahrungsgemäß im Bereich von Verkehrsknotenpunkten (stop-and-go-Verkehr) und weniger in Bereichen mit ständigem Verkehrsfluss an. Hier wäre zu überlegen, ob die Behandlung nicht insbesondere auf das weiträumige Umfeld des Kreuzungsbereiches begrenzt werden kann.

3.2 Zentrale Behandlung und separater Kanal

Die Trennung der unterschiedlichen Abflüsse in separaten Kanälen ist teuer. Nicht monetär zu berücksichtigen sind die technischen und politischen Hindernisse. Der Bau eines separaten Kanals innerhalb der Briller Straße würde in Wuppertal zu erheblichen Beeinträchtigungen führen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Alternative kein naturnah gestaltetes Gewässer darstellt, sondern lediglich eine separate Kanalisierung des Gewässers. Für den Mückenbach würde eine Umgestaltung des Gewässers zusätzlich erschwert, da hier zumeist private Flächen durchschnitten werden müssten.

Der separate Bachkanal nimmt ausschließlich den Basisabfluss des Gewässers auf. Eine Einleitung der nicht klärflichtigen Oberflächenabflüsse erfolgt nicht in den Bachkanal. Diese werden weiterhin in den „ehemals“ kanalisierten Bachkanal eingeleitet. Der Aufwand dieses zusätzlichen Umschlusses

wäre inakzeptabel hoch und wurde hier deshalb auch nicht weiter untersucht. Der ökologische Wert dieser Maßnahme ist eingeschränkt.

3.3 Parameterspezifische Abflusssteuerung (Briller Bach)

Die Möglichkeit der unmittelbaren Detektion der Abflussverunreinigung (AFS-Äquivalent) mit anschließender Abflussaufteilung erfolgt bereits im Trennbauwerk VZW 53 in Wuppertal. Bild 10 zeigt die Abflussaufteilung während der Ableitung von klärflichtigen Oberflächenabflüssen.

Die Frage nach der dabei in Kauf zu nehmende Vermischung unterschiedlich belasteter Oberflächenabflüsse stellt sich durch die flächenspezifische Behandlungspflicht im Trennverfahren generell. Entweder es wird dezentral behandelt oder semi-zentrale resp. zentrale Behandlungsanlagen nehmen unbelastete Abflussanteile zusätzlich auf, die dann durch entsprechende Dimensionierungszuschläge zu berücksichtigen sind. Die Behandlung des klärflichtigen Abflussanteils erfolgt bis auf das Entlastungsvolumen, das ggf. vor der Kläranlage abgeschlagen wird, bei dieser Lösung in der Kläranlage.

Wie hoch in diesem Fall die Reinigungswirkung bzw. der Frachtrückhalt und die Wirkung auf das Gewässer letztlich ist, hängt von vielen Faktoren ab. Dazu zählen:

- In welcher Höhe wird der zur Steuerung definierte Indikatorparameter (vorzugsweise AFS) begrenzt?
- Wie hoch ist der Abflussanteil, der letztlich auf der Kläranlage behandelt wird? Dieser wird durch die hydraulische Aufnahmekapazität der Kläranlage beeinflusst.

Wie hoch letztlich der Frachtrückhalt dieser verunreinigungsabhängigen Steuerung im Vergleich zur stringenten Abflussaufteilung von $15 \text{ l/(s} \cdot \text{ha)}$ ist, wird im Rahmen des weiteren Anlagenbetriebs derzeit untersucht.



Bild 10 Ableitung des als klärflichtig definierten Abflusses im Zeitraum der Regenwasserableitung am Trennbauwerk VZW 53 im Briller Bach

Eine Quantifizierung der Gewässerbelastung für die jeweiligen Varianten war im Rahmen der durchgeführten Untersuchungen nicht möglich. Dazu ist künftig noch erheblicher Forschungsbedarf gegeben. Die Beurteilung der Maßnahmen beschränken sich hier im Wesentlichen durch Gegenüberstellung der technischen und monetären Aufwendungen.

Maßgeblich für die Wirkung aller Systeme ist letztlich die zuverlässige Wartung. Werden hier Überwachungsaufgaben und die jeweilige Verantwortung der Betreiber vernachlässigt, sind die Systeme teilweise völlig wirkungslos.

3.4 Zentrale Behandlung (Müggenbach)

Die Wirkung des zentralen Behandlungssystems für den Müggenbach kann hier nicht umfassend quantifiziert werden. Die großzügige Bemessung des Regenklärbeckens führt mit hoher Wahrscheinlichkeit zu einem nennenswerten Stoffrückhalt. Eine zentrale Behandlung bei hohen Basisabflüssen durch Fremdwasser oder den Abfluss eines kanalisiertes Gewässers kann derzeit lediglich in dauergestauten Regenklärbecken erfolgen. Letztlich wäre hier ggf. ein Messprogramm für eine abschließende Beurteilung erforderlich. Möglicherweise kann bei besonders stark verunreinigten Teilflächen zusätzlich eine dezentrale Behandlungsanlage angeordnet werden.

4 Vergleichende Gegenüberstellung

Eine absolute wertende Quantifizierung der untersuchten Varianten ist in erster Linie für die Kosten und den Aufwand der technischen Umsetzung möglich. Die Wirkung auf das Gewässer ist durch eine empirische Wertung und auch durch Systemmodellierungen nur eingeschränkt zu quantifizieren resp. zu werten. Im Rahmen weiterer Untersuchungen ist eine Frachtbilanzierung für die jeweiligen Varianten und Konzepte zu empfehlen. So erfordert auch die Bewertung des Behandlungsumfangs und der Wirkung auf das Gewässer weitere Untersuchungen. Vor diesem Hintergrund ist die Wertungsmatrix (Tabelle 4) nur als qualitative Einschätzung zu sehen. Bei der Wertung der Kosten ist zu berücksichtigen, dass ausschließlich die Varianten der jeweiligen Gewässersysteme gegeneinander zu werten sind.

Eine weitgehend positive Wertung erfolgt für Variante 1 (dezentrale Behandlung). Hier schränken allerdings die hohen Kosten die Umsetzbarkeit ein. Allerdings zeigt der Vergleich mit der Variante 2 (Kombinationslösung „de- und semizentrale/zentrale Behandlung vor der Einleitung“) und für den Müggenbach auch mit Variante 3 (Zentrale Behandlung und separater Kanal), dass eine konsequente Anordnung dezentraler Behandlungsanlagen nicht generell die teuerste Lösung darstellen muss. Einschränkend ist derzeit die offene Genehmigungsfähigkeit dezentraler Behandlungsverfahren. Hier fehlt zumeist der Nachweis der Vergleichbarkeit gemäß des Trennerlasses, weil vergleichende messtechnische Untersuchungen häufig nicht vorliegen. Langfristige Betriebserfahrungen fehlen für alle dezentralen Verfahren.

Für Variante 2 überwiegt eine durchschnittliche Wertung. Die hier zumindest im Gebiet Müggenbach erforderlichen Regenklärbecken mit Dauerstau weisen erfahrungsgemäß allerdings eine eingeschränkte Wirkung auf. Damit sind auch eingeschränkte Möglichkeiten der Genehmigung verbunden. Die momentanen Hindernisse bei der Genehmigung dezentraler Verfahren gelten hier wie für Variante 1.

Bei Variante 3 wird die Trennung des Basisabflusses aus dem bisherigen Trennsystem vollzogen. Das Gewässer wird in einem separaten Kanal abgeleitet. Ein ökologischer Wert für das Gewässer ist damit nicht zu erzielen. Selbst wenn diese Variante nicht die teuerste Lösung darstellt, ist eine Umsetzung dieser Baumaßnahme kritisch zu werten. Eine derart umfassende Baumaßnahme hat maßgebliche verkehrliche Einschränkungen und logistische Aufwendungen zur Folge. Eindeutig ist in diesem Fall die Genehmigungssituation.

Variante 4a ist für das Briller-Bach-System bereits genehmigt und wird seit Mitte 2009 betrieben. Die Genehmigung erfolgte mit Auflagen, die u. a. eine kontinuierliche Dokumentation und Überprüfung der Messdaten umfasst. Eine allgemeine Möglichkeit der Genehmigung ist für diese Technik bislang nicht etabliert. Es handelt sich somit um eine Ausnahmesituation, so dass eine generelle Einschätzung der Genehmigungsfähigkeit hier nicht möglich ist. Das Konzept stellt die mit Abstand monetär günstigste Lösung dar. Die Behandlung des klärpflichtigen Abflusses erfolgt bei dieser Lösung auf der Kläranlage. Eine Bilanzierung der Frachtanteile wird im Rahmen des weiteren Betriebs durchgeführt. Die weiteren Untersuchungen können damit zur allgemeinen Genehmigungsfähigkeit vergleichbarer Systeme beitragen.

Variante 4b für das Müggenbachsystem wird bislang nicht genehmigt. Auch dieses Konzept ist mit Abstand die kostengünstigste Lösung. Eine verbindliche Wertung der Wirkungen auf das Gewässer im Vergleich mit den anderen Varianten ist spekulativ. Der ständige Abfluss lässt als zentrale Behandlung hier ausschließlich ein Regenklärbecken im Dauerstau zu.

Tabelle 4 Vergleichende Gesamtbeurteilung „Bewertungsmatrix“ (BrBa = Briller Bach, MüBa = Muggenbach)

Wertungskriterien	Variante 1 Dezentrale Behandlung		Variante 2 Kombinationslösung		Variante 3 Zentrale Behandlung und separater Kanal		Variante 4a Parametersteuerung	Variante 4b Zentrale Behandlung und Vermischung
	BrBa	MüBa	BrBa	MüBa	BrBa	MüBa	BrBa	MüBa
Kosten (Projektkostenbarwerte)	8,3 Mio.	4,1 Mio.	17,1 Mio.	4,0 Mio.	15,9 Mio.	3,9 Mio.	6,6 Mio.	2,3 Mio.
	o	-	-	-	o	-	+	+
Vermeidung der Vermischung	Oberflächenabflüsse (Kat. I/II/III)	ja	teilweise		nein		nein	nein
		+	o		-		-	-
	Oberflächen- und Gewässerabfluss	ja	ja		ja		nein	nein
		+	+		+		-	-
Realisierbarkeit (technisch/politisch)	möglich		möglich		schwierig		bereits realisiert	möglich
	+		+		-		+	+
Behandlung/Gewässer	Einschätzung - kein Nachweis möglich (Wirkung der Verfahren noch nicht abschließend untersucht)							
	vglw. hoch		durchschnittlich		durchschnittlich		variabel	durchschnittlich
	+		o		o		o	o
Genehmigungsfähigkeit	durchschnittlich		durchschnittlich		unproblematisch		generell schwierig (hier aber bereits genehmigt)	schwierig
	+		o		+		- (+)	-

Anmerkung: Der wertende Vergleich der Kosten erfolgt separat für die jeweiligen Bachsysteme

5 Genehmigung und Übertragbarkeit der Ergebnisse auf NRW

Kanalisierte Gewässer als Bestandteil der Regenwasserkanalisation stellen eine in NRW häufig vorzufindende Situation dar. Diese „verrohrten Bäche“ weisen häufig einen Gewässerstatus auf und führen teilweise auch einen nennenswerten natürlichen Basisabfluss, bei anderen wiederum sind die natürliche Quelle und der daraus resultierende Zufluss nicht mehr zu identifizieren. Die Bewirtschaftung dieser Gewässer rückt u. a. durch die Zielvorgaben der EG-WRRL vermehrt in den Fokus der Entwicklungskonzepte von Kommunen und Wasserverbänden. Die Aktivierung des Entwicklungspotentials in Richtung des ursprünglichen und naturnahen Zustands ist oft ein eher mittel- bis langfristiger Prozess. Wie mit der Genehmigung von Oberflächenabflusseinleitungen umzugehen ist, stellt häufig allerdings ein aktuelles Problem dar. Dabei ist die Identifikation kanalisierter und stark veränderter Gewässersysteme nicht immer einfach. Folgende Aspekte beschreiben eine Extremsituation (Grüning, 2009):

- Liegt ein natürlicher Zufluss vor? Oft sind Quellbereiche überbaut und der eigentliche Gewässersprung ist kaum auffindbar.
- Ist die Trasse rekonstruierbar? Der begradigte Verlauf hat häufig nicht mehr viel mit dem ursprünglichen mäandrierenden Gewässerverlauf zu tun. Möglicherweise enthalten historische Karten Informationen zur Ursprungscharakteristik.
- Wo verläuft die bestehende Trasse? Der Kanal verläuft streckenweise unterhalb von Gebäuden und stark befahrenen Straßen.
- Wie setzt sich der Abfluss zusammen? Der Basisabfluss resultiert häufig aus Drainagezuflüssen und Grundwasserinfiltration.

Die für den Kanalnetzbetreiber einfachste (und billigste) Lösung wäre in solchen Fällen zumeist eine Aufhebung des Gewässerstatus. Die EG-WRRL schreibt für Gewässer die Rückführung in den naturnahen resp. naturähnlichen Zustand bis zum Jahr 2015 vor, mit Verlängerungsoptionen bis zum Jahr 2027. Entscheidend für den Umgang mit dem Gewässer ist letztlich das Entwicklungspotential. Die oben dargestellten Extrembedingungen liegen häufig nur abschnittsweise vor. Eine vollständige Freilegung überbauter Gewässerläufe ist allerdings in überschaubaren Zeiträumen oft nicht möglich, bestenfalls können Abschnitte kurz- bis mittelfristig wieder rekonstruiert werden.

Die Anforderungen an die Niederschlagswasserbehandlung in NRW sind durch den Runderlass vom 26. Mai 2004 „Anforderungen an die Niederschlagsentwässerung im Trennverfahren“ (so genannter „Trennerlass“, 2004) als allgemein anerkannte Regel der Technik festgelegt. Rechtsgrundlage ist der § 57 (1) LWG. Der Erlass berücksichtigt verschiedene bei der Bestandsaufnahme gem. EG-Wasserrahmenrichtlinie gewonnene Erkenntnisse sowie die Vorgaben des novellierten Landeswassergesetzes und neuere untergesetzliche Regelungen (Bürgel, 2006). Dabei räumt der Trennerlass der Abflussvermeidung und Verminderung höchste Priorität vor der dezentralen, semizentralen und zentralen Behandlung ein.

Bislang war die einzige Möglichkeit der Niederschlagswasserbehandlung bei dauerhaftem Abfluss, entweder durch Fremdwasser oder bei natürlichem Gewässerabfluss, die Anordnung eines Regenklärbeckens mit Dauerstau. Diese Form der Regenwasserbehandlung wird in NRW im Rahmen der Genehmigungspraxis zumeist kritisch gesehen. Grund ist die eingeschränkte Reinigungswirkung dieser Becken. Mögliche Belastungssituationen für das Gewässer können durch Austrag des hochbelasteten Beckeninhaltes und durch Remobilisierung bei hohen Zuflüssen, besonders nach längeren Trockenperioden auftreten.

Die Situation des Mückenbaches zeigt, dass für den kanalisierten Bach eine Entwicklung der Biozönose und Morphologie nicht möglich ist. Somit ist aus gewässerökologischer Sicht keine Veränderung zu erwarten. Aus wasserwirtschaftlicher Sicht ist für die bestehende Kanalisation eine Abkopplung der geringen Bachwasserabflüsse nicht von Bedeutung, da die Leistungsfähigkeit des Ableitungssammlers dadurch nicht verbessert wird. Vor diesem Hintergrund ist eine Kanalnetzsanzeige nach § 58.1 LWG für eine zentrale Behandlung am Ende der Verrohrung eingereicht worden. Hierin wurden auch Alternativen wie:

- Abkopplung des Quellwassers,
- Versickerung bzw. Nutzung des Quellwassers,
- Trennung von Regen- und Bachwasser durch neuen Bachsammler,
- Trennung von Regen- und Bachwasser durch „Rohr-in-Rohr“ und
- Trennung von Regen- und Bachwasser durch einen neuen RW-Sammler

betrachtet. Trotz der aufgeführten umfangreichen Variantenbetrachtungen liegt bisher keine genehmigungsfähige Lösung vor, da behandlungspflichtige Oberflächenabflüsse in das Gewässersystem erfolgen. Das Genehmigungsverfahren gemäß § 58.1 LWG wurde aufgrund der fehlenden wasserrechtlichen Grundlagen nicht beschieden und ruht aufgrund eines nicht entschiedenen Widerspruchsverfahrens der Stadt Remscheid.

Die Möglichkeit der Beibehaltung des kanalisierten Briller Baches mit einer qualitativen Abflusssteuerung ist von der Bezirksregierung Düsseldorf genehmigt worden. An das Genehmigungsverfahren ist ein kontinuierliches Monitoring verknüpft. Das Konzept selbst kann durch die Variabilität der Steuergröße an veränderte Kenntnisse und Bedingungen angepasst werden. Die weiteren Untersuchungen sollen dazu beitragen, Grundlagen für die Genehmigungsfähigkeit vergleichbarer Systeme zu schaffen.

6 Zusammenfassung

Kanalisierte Gewässer mit natürlichen Basisabflüssen und Regenwasserkanäle mit dauerhaften Abflüssen sind in NRW häufig. Diese „verrohrten Bäche“ weisen oftmals einen Gewässerstatus auf und führen teilweise auch einen nennenswerten natürlichen Basisabfluss. Bei anderen Bachkanälen wiederum sind die natürliche Quelle und der daraus resultierende Zufluss nicht mehr zu identifizieren. Im Rahmen der Genehmigungspraxis von Behandlungsanlagen und Einleitungen ist die Definition der Systeme eine maßgebliche Fragestellung. Handelt es sich um ein kanalisiertes Gewässer oder um einen Regenwasserkanal mit Fremdwassereinleitung? Dabei sind komplexe Rahmenbedingungen zu berücksichtigen, die oft keine eindeutigen und genehmigungsrechtlich einwandfreien Lösungen ermöglichen.

Die hier durchgeführte Systemanalyse und -bewertung erfolgt in erster Linie durch vergleichende Gegenüberstellung der Kosten für verschiedene Lösungskonzepte und stellt eine Grundlagen für künftige Entscheidungsfindungen dar. Neben einer ökologischen Beurteilung erfolgte ein ökonomischer Vergleich folgender Varianten:

Variante 1: Ausschließlich dezentrale Behandlung im gesamten Einzugsgebiet

Variante 2: Kombinationslösung dezentrale und semizentrale bzw. zentrale Behandlung vor der Einleitung

Variante 3: Zentrale Behandlung und separater Kanal („Bachentflechtung“)

Variante 4a: Parameterspezifische Abflusssteuerung (Briller Bach)

Variante 4b: Zentrales Behandlungssystem und Vermischung der Abflüsse (Müggenbach)

Die jeweiligen Varianten wurden planerisch bis zur Kostenermittlung mit einer Planungstiefe im Bereich der Vorplanung ausgearbeitet. Dabei stellte bewusst nicht die Ermittlung der wirtschaftlich günstigsten Variante, sondern der objektive Vergleich der unterschiedlichen Möglichkeiten das Projektziel dar. Zusätzlich erfolgte eine Bewertung des Einflusses auf die Entwässerungssicherheit durch die eingesetzten Systeme.

Die Untersuchungen wurden am Beispiel eines kanalisierten Gewässersystems in Wuppertal (Briller Bach) und einer Bachverrohrung in Remscheid (Müggenbach) ermittelt.

Es stellte sich heraus, dass für beide Gewässersysteme eine zentrale Lösung die geringsten Kosten hervorruft. Für den Müggenbach wird diese Variante durch ein Regenklärbeckensystem repräsentiert, das den gesamten Abfluss (Basisabfluss und Oberflächenabfluss) aufnimmt und behandelt. Für den Briller Bach stellt die inzwischen realisierte und betriebsstabil betriebene parameterspezifische Abflusssteuerung die günstigste Lösung dar.

Die EG-WRRL gibt zudem vor, dass die kosteneffizienteste Maßnahme zur Erreichung der Ziele (guter ökologischer Zustand oder gutes ökologisches Potenzial) der EG-WRRL vorrangig gewählt werden. Hierzu bedarf es einer zusätzlichen wasserrechtlichen Regelung, um auch nicht konventionelle Konzepte, einer wasserrechtlichen Genehmigungsfähigkeit zuzuführen.

Bei der kontroversen Diskussion der hohen Kosten für dezentrale Regenwasserbehandlungssysteme durch den Trennerlass (2004) ermöglichen die Ergebnisse dieser Untersuchung eine zusätzliche Möglichkeit der sachlichen Bewertung. Es zeigte sich, dass eine flächendeckende Niederschlagswasserbehandlung mit dezentralen Systemen nicht zwangsläufig die teuerste Möglichkeit darstellen muss.

Eine verbindliche ökologische Wertung ist im Vergleich zur ökonomischen Quantifizierung nicht möglich. Über die Wirkung der jeweiligen Systeme ist derzeit noch zu wenig bekannt. Hier sind weitergehende Untersuchungen erforderlich.

Letztlich erfordert die Gewährleistung wirksamer Systeme ein hohes Maß an Verantwortung bei den Betreibern, die der Wartungsverpflichtung nachkommen müssen. Erfahrungsgemäß wird ein gesicherter Betrieb ohne qualifizierte Überwachung durch Aufsichtsbehörden nur eingeschränkt realisiert. Der Wert und die damit verbundenen Kosten für eine Wartung zur Sicherstellung stabiler Betriebsbedingungen wird vor allem im Bereich der Regenwasserbehandlung häufig konträr betrachtet. Die Anforderungen an den Betrieb sind in der Vergangenheit allein durch komplexe Überwachungs- und Steuerungssysteme deutlich gestiegen. Bereits damit ist eine zeitnahe Auswertung und Interpretation von Messdaten obligat. Die Bereitschaft zu investieren, um Überwachungsabläufe sicherzustellen, hat auch im Bereich der Behörden in der Vergangenheit abgenommen. Letztlich stellt jede Anlage zur Regenwasserbehandlung einen Kompromiss zwischen „Wartung und Wirkung“ dar. Neben der kurzfristigen Investition wird dem langfristigen Betrieb erfahrungsgemäß leider nicht die nötige Bedeutung beigemessen.

7 Literatur

Bürgel B. (2006) Der Trennerlass - Inhalt und Intention. Seminar „Niederschlagswasser in Trennsystemen – gesteigerte Anforderungen und innovative Konzepte“. Tagungsunterlagen der Dr. Pecher AG, Seminar am 7. November 2006 in Bochum

FGSV (2005) Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil: Entwässerung (RAS-Ew). Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Ausgabe 2005, FGSV-Verlag, Köln

Grotehusmann D. (2009) Behandlungsanlagen für Straßenabflüsse. Tagungsunterlagen des DWA-Seminars „Straßenentwässerung“ am 19. November 2009 in Lehrte, S. 1/21 bis 21/21

Grüning H. (2009) Regenwassereinleitungen in kanalisierte Gewässer – Behandlungsmöglichkeiten und Kosten. Korrespondenz Abwasser (56) Nr. 2, S. 153-157

Grüning H., Giga A. und Quarg-Vonscheidt J. (2010) Vergleichende Gegenüberstellung von Regenklärbecken und dezentralen Regenwasserbehandlungssystemen. Tagungsunterlagen der DWA – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Wasser und Abfall e.V., 9. Regenwassertage am 8./9. Juni 2010 in Bremen

Krauth K. und Stotz G. (2001) Wirkung von Regenklärbecken für die Reinigung von Niederschlagswasser. KA Korrespondenz Abwasser, Abfall (48), Nr. 5, S. 639 bis 650

LAWA (Hrsg.) (2005) Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen (KVR-Leitlinien). Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), Berlin, 2005