

Regenwasserbehandlung in urban geprägten Einzugsgebieten kanalisierter Gewässer

Helmut Grüning (Steinfurt), Norbert Rönz (Erkrath), Uwe Teiche (Remscheid),
Bernard Arnold, Udo Laschet und Olaf Schlag (Wuppertal)

Zusammenfassung

Die Verdrängung offener Gewässerläufe unter die Erde ist das Resultat dynamischer städtebaulicher Entwicklungen im vergangenen Jahrhundert. Dadurch sind kanalisierte Gewässer auch heute noch häufig Bestandteil des Abwasserableitungssystems. Oft weisen diese „verrohrten Bäche“ eine Vielzahl an Einleitungen behandlungspflichtiger Oberflächenabflüsse auf. Exemplarische Möglichkeiten und daraus resultierende Kosten der Regenwasserbehandlung für solche Gewässersysteme werden in diesem Beitrag für vier exemplarische Behandlungs- und Bewirtschaftungskonzepte vorgestellt. Neben einer Vielzahl dezentraler Maßnahmen wird u. a. auch die Möglichkeit der qualitativen Abflusssteuerung mit kontinuierlichen Parametermessungen durch Photometersonden betrachtet.

Schlagwörter: kanalisierte Gewässer, dezentrale Regenwasserbehandlung, qualitative Kanalnetzsteuerung, Regenwasserbehandlungskosten

DOI: 10.3243/kwe2014.03.002

Abstract

Treatment of the Run-off in Regulated Bodies of Water in Urbanised Catchment Areas

The displacement of open water courses underground is the result of dynamic town planning developments in the past century. Through this, regulated bodies of water, even today, are still frequently a component part of wastewater discharge systems. Often these “piped streams” exhibit a multitude of discharges of surface run-offs subject to treatment. Examples of the possibilities and the resultant costs for run-off treatment of such water systems are presented in this paper for four exemplary treatment and management concepts. Alongside numerous decentralised measures, amongst others, the possibility of qualitative discharge control using continuous parameter measurements by means of photometric sensors is examined.

Key words: regulated waters, decentralised run-off treatment, qualitative sewer network control, costs for rainwater treatment

1 Einleitung und Zielsetzung

Kanalisierte Gewässer als Bestandteil des Abwasserableitungssystems sind das Resultat dynamischer städtebaulicher Entwicklungen. Im Verlauf des 20. Jahrhunderts waren den Stadtentwicklern natürliche Gewässerläufe im Weg oder lediglich zur Aufnahme von Abwässern nützlich. Offene Gewässerläufe wurden zu offenen Gerinnen ausgebaut oder in unterirdische Rohrleitungen gezwängt. Diese „verrohrten Bäche“ weisen nicht selten einen Gewässerstatus auf und führen teilweise auch einen nennenswerten natürlichen Basisabfluss. Häufig sind die natürliche Quelle und der daraus resultierende Zufluss nicht mehr eindeutig zu identifizieren. Die Entwicklung der urban geprägten Einzugsgebiete dieser Bachkanäle stellt eine große Herausforderung dar. Es gilt, einen Kompromiss aus folgenden teilweise konkurrierenden Anforderungen zu finden:

- Gewässerschutz und Gewässergestaltung
- Hochwasser- und Überflutungsschutz
- Abwasserableitung und Regenwasserbehandlung
- Städtebauliche Integration „erlebbarer Gewässer“ und Kosten

Nicht nur durch die EG-Wasserrahmenrichtlinie stellen Gewässer im Stadtgebiet inzwischen erfreulicherweise wieder einen Wert dar. Allerdings ist ein Rückbau in naturähnliche Gewässerstrukturen in stark überbauten Gebieten aufgrund technischer und monetärer Restriktionen nur eingeschränkt möglich. Wenngleich diese naturfernen Gewässerstrukturen vorerst teilweise akzeptiert werden müssen, so ist die gemeinsame Ableitung des natürlichen Bachabflusses mit behandlungspflichtigen Oberflächenabflüssen (Abwasser) nicht akzeptabel.

Im Rahmen eines Forschungs- und Entwicklungsvorhabens hat das Umweltministerium NRW für zwei exemplarische Gewässer das Spektrum an Möglichkeiten der Regenwasserbehandlung und der daraus resultierenden Kosten untersuchen lassen. Auslöser der Untersuchungen waren genehmigungsrechtliche Fragestellungen.

Für den Müggenbach in Remscheid war eine zentrale Behandlungsanlage am Ende des kanalisierten und in erster Linie abwasserführenden Gewässers vorgesehen. Die Behandlungsanlage hätte in diesem Fall den natürlichen Basisabfluss und das zu reinigende Abwasser aufgenommen. Im Briller Bach in Wuppertal misst eine im Abflussquerschnitt angeordnete Photometersonde kontinuierlich den Feststoffgehalt. Der natürliche Bachabfluss, der dem Trockenwetterabfluss entspricht, fließt in die Wupper. Wenn bei Regen zusätzlich verunreinigte Oberflächenabflüsse eingeleitet werden, detektiert die Photometersonde die Zunahme der Stoffkonzentrationen. Daraufhin wird ein Schieber geöffnet und der behandlungspflichtige Abflussanteil fließt zur Kläranlage. Das Prinzip wird von Grüning und Hoppe [1] sowie Grüning [2] beschrieben.

Beide Konzepte stellen eine genehmigungsrechtliche Herausforderung dar. Die qualitative Abflusssteuerung in Wuppertal wird inzwischen in unterschiedlichen Systemen erfolgreich eingesetzt und von den zuständigen Wasserbehörden (Bezirksregierung Düsseldorf und Untere Wasserbehörde Wuppertal) mit der Auflage eines Monitorings genehmigt.

2 Gewässersysteme

Wesentliche Kennzahlen der beiden Gewässersysteme sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Der Müggenbach weist lediglich im Quellbereich ($A_{Eo} = 0,07 \text{ km}^2$) annähernd natürliche Strukturen auf. Der obere Gewässerabschnitt verläuft über eine Strecke von 300 m offen. Anschließend folgt ein 2,2 km langer kanalisierter Abschnitt. Im weiteren Verlauf folgt ein Wechsel von offenen und profilierten Abschnitten. Das Gewässer fällt zeitweise trocken (Quellwasserabfluss ca. 1 l/s). Zum größten Teil verläuft der kanalisierte Bereich als Bestandteil der Kanalisation durch stark urban geprägte Bereiche unterhalb von Straßen und durch Privatgelände. Unterhalb des Siedlungsgebietes sind die offenen Abschnitte technisch ausgebaut (Abbildung 1). Der Müggenbach verläuft zu einem großen Teil durch private

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
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	28,2 ha	16,9 ha
Gesamtanzahl an Anschlüssen/Einleitungen	523	86
Einleitungen mit behandlungspflichtigen Flächen	435	60

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



Abb. 1: Austritt des kanalisierten Müggenbaches in den offenen Bereich



Abb. 2: Querschnitt des kanalisierten Briller Baches im Bereich der Abflussaufteilung

Grundstücksflächen. Insofern ist hier der Anteil an Privateinleitungen vergleichsweise hoch. Dadurch werden die Möglichkeiten der Systementflechtung durch Abkopplung der Einleitungen aufgrund erforderlicher Abstimmungen zusätzlich erschwert.

Das System des Briller Baches weist im Oberlauf abschnittsweise naturähnliche Strukturen auf. Es besteht aus dem Briller Bach und fünf kleineren Nebengewässern. Das Gewässer führt kontinuierlich einen natürlichen Abfluss. Der größte Teil des knapp 7,9 km langen Gewässerlaufes ist geschlossen mit wechselnden Profilen ausgebildet, die im Mittel 5 m tief liegen. Der gedrückte Maulquerschnitt vor der Mündung in die Wupper ist 2,6 m breit und 1,6 m hoch (Abbildung 2). Das Einzugsgebiet erstreckt sich über mehrere Wuppertaler Stadtteile. Im Verlauf des teilkanalisierten Gewässers werden an 523 Stellen Oberflächenabflüsse eingeleitet. 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.

3 Varianten

Da eine naturnahe Umgestaltung des Gewässers in überschaubaren Zeiträumen nicht möglich ist, wurden ausschließlich Möglichkeiten der Regenwasserbehandlung betrachtet und die jeweiligen Kosten vergleichend gegenüber gestellt. Vier Varianten wurden untersucht.

Variante 1: Ausschließlich dezentrale Behandlung im gesamten Einzugsgebiet

Aus dem Katalog der unterschiedlichen Verfahren zur dezentralen Regenwasserbehandlung wurden exemplarisch in Schachtbauwerke integrierte Filtersysteme (System FiltaPex, Pecher Technik GmbH) und Straßenablaufeinsätze (System Innolet, Fa. Funke) gewählt.

Variante 2: Kombinationslösung aus dezentraler und semizentraler bzw. zentraler Behandlung vor der Einleitung

Für Teileinzugsgebiete wurde die Behandlung der Abflüsse in Regenklärbecken ohne Dauerstau geplant. Wenn möglich, ist eine Vermischung von behandlungspflichtigen mit nicht behandlungspflichtigen Abflüssen vermieden worden. Dabei sind zur Ableitung der behandlungspflichtigen Abflüsse zusätzliche Kanäle erforderlich. Für vereinzelte Verkehrsflächen wurden Straßenablaufeinsätze vorgesehen, wenn sich eine Behandlung in einem konventionellen Regenklärbecken als unwirtschaftlich herausstellte.

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

Hier erfolgt die Regenwasserbehandlung in einem zentralen Regenklärbecken ohne Dauerstau am Ende des Einzugsgebietes. Diese Lösung erfordert eine separate Ableitung des natürlichen Basisabflusses in einem separaten Kanal. Aufgrund der dicht besiedelten Strukturen ist eine offene Gewässerführung in der Regel nicht möglich.

Variante 4a: Parameterspezifische Abflusssteuerung (Briller Bach)

Hierbei werden die verunreinigten Abflüsse mit einer Photometersonde detektiert. Durch die kontinuierliche Messung der als Indikatorparameter definierten Feststoffe wird der behandlungspflichtige Abflussanteil der Kläranlage zugeleitet. Die Kosten dieser qualitativen Abflusssteuerung berücksichtigen anteilig den vorhandenen Entlastungssammler Wupper zur Weiterleitung der verunreinigten Abflüsse und die anschließende Regenwasserbehandlung in der Kläranlage.

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

Vorgesehen ist hier die Behandlung des natürlichen Basisabflusses mit den Oberflächenabflüssen in einem Regenklärbecken mit Dauerstau für Abflüsse bis 25 l/s (Oberflächenbeschickung < 5 m/h). Abflüsse über 25 l/s werden in einem Regenklärbecken ohne Dauerstau behandelt. Die Anordnung der Be-

cken erfolgt am Ende des kanalisierten Abschnittes. Der Betrieb des ersten Beckens im Dauerstau ist erforderlich, weil ein dauerhafter Basisabfluss vorliegt.

In allen Varianten enthalten die Investitionskosten sämtliche Kosten von der Planung bis zur Inbetriebnahme aller erforderlichen Maßnahmen zur Regenwasserbehandlung. Basis der Kostenermittlung war das Ergebnis der durchgeführten Untersuchungen in einer zur Vorplanung vergleichbaren Planungstiefe. Das Projektziel war bewusst nicht die Ermittlung der günstigsten Variante, sondern der objektive Vergleich der unterschiedlichen Möglichkeiten.

Die Kostenermittlung erfolgte durch eine dynamische Kostenvergleichsrechnung gem. LAWA [3]. Für die Bauwerke wurde eine Nutzungsdauer von 60 Jahren und für die Maschinenteknik eine Nutzungsdauer von 15 Jahren angenommen. Für den baulichen Teil der Pumpwerke wurden 30 Jahre veranschlagt. Während des Betrachtungszeitraums von 60 Jahren wurde eine jährliche Verzinsung von drei Prozent angenommen. Preissteigerungsraten blieben unberücksichtigt (0 Prozent).

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.

Unser Expertentipp



Tagung
13. Regenwassertage
01./02.07.2014
in Dresden
€ 495,00/415,00

für DWA-Mitglieder







Kombipaket Regenwasser

Arbeitsblatt DWA-A 166
Bauwerke der zentralen Regenwasserbehandlung und -rückhaltung – Konstruktive Gestaltung und Ausrüstung
November 2013, 78 Seiten, DIN A4

Merkblatt DWA-M 176
Hinweise zur konstruktiven Gestaltung und Ausrüstung von Bauwerken der zentralen Regenwasserbehandlung und -rückhaltung
November 2013, 105 Seiten, DIN A4

DWA-Themen
Beispiele zur Gestaltung von Regenbecken
November 2013, 69 Seiten, DIN A4

Kombipreis € 149,00/€ 119,20*) anstatt Einzelpreis € 233,00/186,40

*) für fördernde DWA-Mitglieder

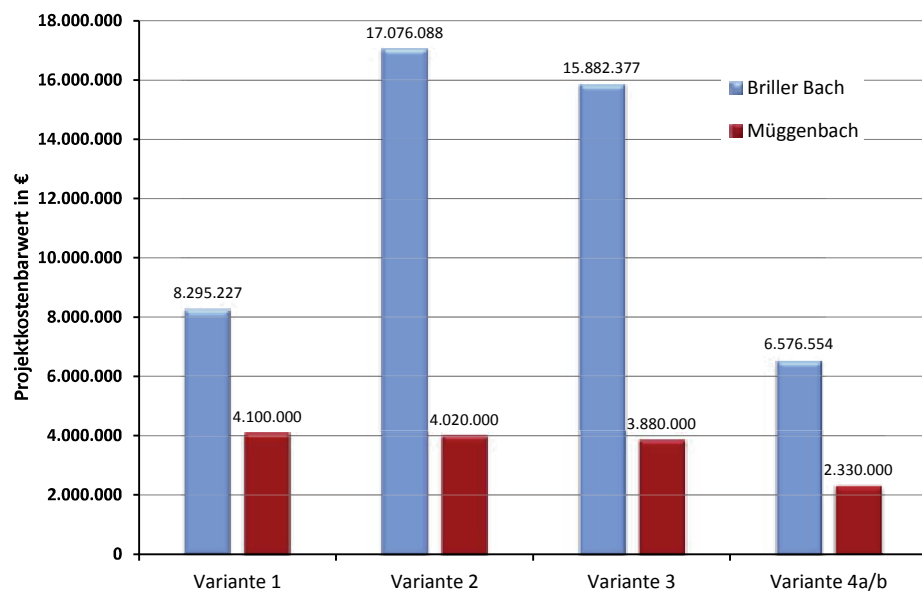


Abb. 3: Vergleichende Gegenüberstellung der Projektkostenbarwerte für die untersuchten Varianten

4 Ergebnisse

4.1 Ökonomische Wertung

Eine vergleichende Gegenüberstellung der monetären Aufwendungen ermöglichen die Projektkostenbarwerte der jeweiligen Varianten. Dabei zeigt sowohl der Vergleich der Varianten als auch der beiden Gewässersysteme deutliche Unterschiede (Abbildung 3).

- 1) Erwartungsgemäß sind für die flächendeckende dezentrale Behandlung die höchsten laufenden Kosten zu erwarten (Variante 1, Abbildung 4). Die vergleichsweise niedrigen Investitionskosten führen aber beim Briller Bach dazu, dass die Gesamtkosten mit 8,3 Mio. € deutlich günstiger ausfallen, als für herkömmliche Lösungen gemäß Variante 2. Die Ergebnisse zeigen, dass dezentrale Verfahren nicht generell die teuersten Konzepte darstellen. Den Einfluss gebietspezifischer Aspekte belegt jedoch das Ergebnis beim Muggenbach. Hier sind die dezentralen Lösungen vergleichsweise teuer.
- 2) Als teure Variante hat sich die Kombinationslösung aus Regenbecken für Teilgebiete und ergänzender dezentraler Behandlung herausgestellt (Variante 2). Dies liegt an den hohen Investitionskosten für die geschlossenen Becken und die erforderlichen Zuleitungen in dicht besiedelten innerstädtischen Bereichen. Die Kosten für ein Regenklärbecken können sogar bis zu 10.000 EUR/m³ ausmachen und weisen damit unrealistische Größenordnungen auf.

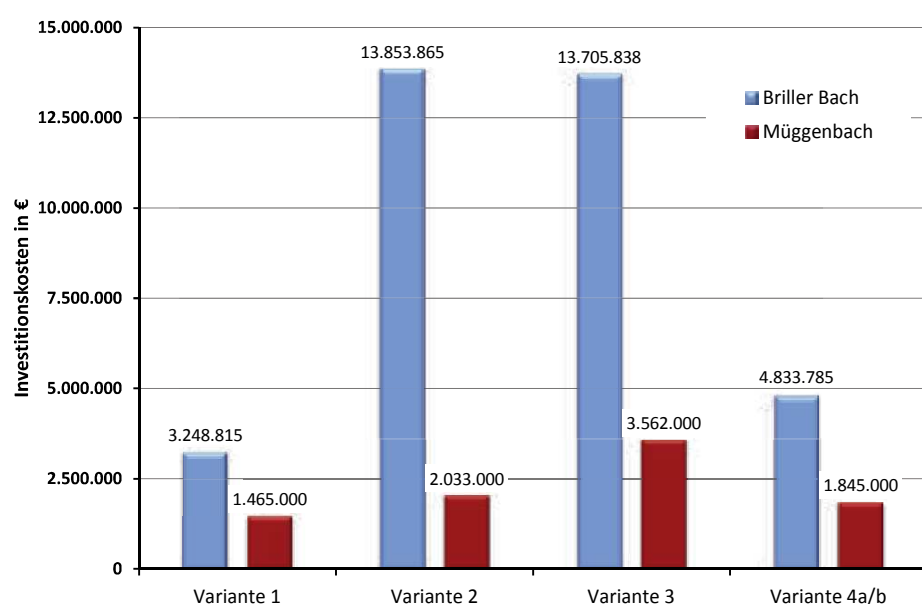


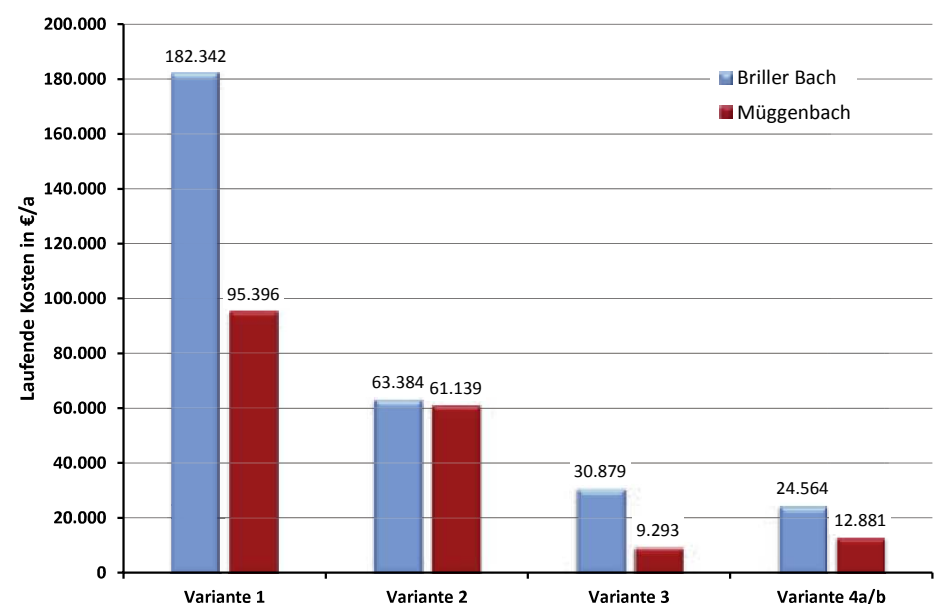
Abb. 4: Vergleichende Gegenüberstellung der Investitionskosten und der laufenden Kosten

- 3) Der Bau eines separaten Kanals und die Trennung der Abflüsse (Variante 3) rangiert im mittleren bis oberen Kostenpektrum. Allerdings berücksichtigen die reinen Kanalbaukosten nicht die Hemmnisse, die mit dieser Baumaßnahme verbunden wären. Die Verkehrsbeeinträchtigungen in beiden Stadtgebieten wären erheblich. In Remscheid wären von dieser Maßnahme zumeist private Flächen betroffen.
- 4) Die insgesamt günstigste Lösung repräsentiert Variante 4. Hier erfolgt keine Regenwasserbehandlung im Einzugsgebiet. In Wuppertal wird das Konzept der qualitativen Abflusssteuerung durch den vorhandenen Zuleitungssammler zur Kläranlage (Entlastungssammler Wupper) begünstigt, wobei die anteiligen Kosten des Systems aber berücksichtigt wurden. Das vorhandene Verzweigungsbauwerk zur Trennung des behandlungspflichtigen Abflussanteils ist unterhalb eines Hauptverkehrsknotenpunktes angeordnet. Die Investitionskosten liegen bei rund 1,8 Mio. EUR. Dabei machen die Kosten für die Photometersonde nur einen marginalen Anteil aus. Die Messtechnik erfordert aber entsprechende Betriebsaufwendungen. Auch für den Muggenbach hat sich das Konzept der Regenwasserbehandlung am Ende des Bachkanals als deutlich günstigste Variante herausgestellt.

Eine Auswertung der flächenspezifischen Kosten für die jeweiligen Varianten veranschaulicht Abbildung 5. Dabei fällt der maßgebliche Unterschied zwischen der Auswertung für die gesamte befestigte und kanalisierte Fläche als Bezugsgröße ($A_{E,b}^{gesamt}$) im Vergleich zur an die Behandlungssysteme angeschlossenen Fläche ($A_{E,b}^{angeschlossen}$) auf. Dieser Aspekt wirkt sich insbesondere bei der Betrachtung der dezentralen Behandlung (Variante 1) aus. Hier werden fast ausschließlich die als behandlungspflichtig definierten befestigten Flächen angeschlossen. Der Anteil der angeschlossenen aber nicht behandlungspflichtigen Flächen nimmt bei semizentraler und zentraler Behandlung systembedingt zu. Bei Variante 4 sind nur vereinzelt dezentrale Behandlungsanlagen installiert. Fast der komplette Anteil der befestigten Flächen ist hier an das Bachsystem angeschlossen.

4.2 Ökologische Wertung

Eine eindeutige ökologische Wertung der jeweiligen Varianten ist nicht möglich. Grundsätzlich stellen die strikte Vermeidung von Abwassereinleitungen (dezentrale Behandlung) und die



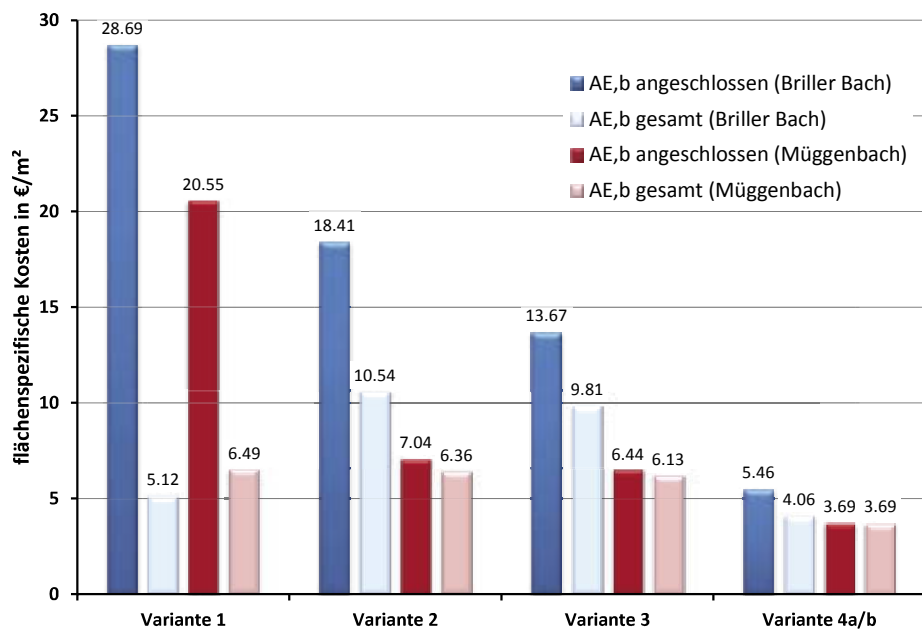


Abb. 5: Regenwasserbehandlungskosten bezogen auf die befestigte Fläche (Gesamtfläche und angeschlossene Fläche)

naturnahe Restrukturierung des Gewässers ein Optimum dar. Allerdings lässt sich die Wirkung der jeweiligen Behandlungssysteme nicht eindeutig quantifizieren. Das eingeschränkte Stoffrückhaltevermögen von dauergestauten Regenklärbecken ist bekannt. Die Wirkung dezentraler Systeme oder der Frachtrückhalt bei einer qualitativen Abflusssteuerung mit Photometersonden ist Gegenstand aktueller Forschungsvorhaben. Dezentrale Systeme mit Filterelementen weisen einen effektiven Stoffrückhalt auf. Wie bei allen Systemen sind systembedingte Wartungsmaßnahmen obligat.

Zusammenfassung und Fazit

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 hier in beiden Fällen die mit Abstand günstigste Lösung dar. Die Kostenentwicklungen für die Konzeption einer Abflussaufteilung in separaten Leitungen, der semizentralen Behandlung oder einer konsequenten dezentralen Behandlung sind nicht von vornherein prognostizierbar, sondern erfordern einen eingehenden Variantenvergleich. Dabei ist hervorzuheben, dass die in NRW geforderte Bevorzugung einer dezentralen Behandlung [4] nicht generell als teuerste Lösung zu werten ist (Variante 1). In Wuppertal war diese Variante vergleichsweise günstig. In Remscheid lag die dezentrale Variante mit anderen Lösungen in einem vergleichbaren Kostenrahmen. Die Gesamtkosten hängen maßgeblich von den jeweiligen Gebietsstrukturen ab.

Fördermittelgeber und Projektbeteiligte

Das Projekt wurde vom Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen gefördert. Die Autoren und Projektbeteiligten danken dem Fördermittelgeber. Ein besonderer Dank gilt Herrn Bernd Bürgel für die Projektinitiierung und die beratende Begleitung.

Die Bearbeitung erfolgte unter der Leitung der Dr. Pecher AG (Erkrath) und der Stadt Wuppertal. Die Untersuchungen

für das Müggenbacheinzugsgebiet führten das Ingenieurbüro Beck (Wuppertal) und die Remscheider Entsorgungsbetriebe durch.

Literatur

- [1] Grüning H. and Hoppe H. (2008) Spectrophotometric applications in wastewater and storm water sewers. 11th International Conference on Urban Drainage, Edinburgh, Scotland, UK 2008
- [2] Grüning H. (2009) Regenwassereinleitungen in kanalisierte Gewässer – Behandlungsmöglichkeiten und Kosten. Korrespondenz Abwasser (56) Nr. 2, S. 153-157
- [3] LAWA (Hrsg.) (2005) Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen (KVR-Leitlinien). Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), Berlin, 2005
- [4] 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

Autoren

Prof. Dr.-Ing. Helmut Grüning
 Fachhochschule Münster
 IWARU Institut für Wasser • Ressourcen • Umwelt
 Stegerwaldstraße 39
 48565 Steinfurt

E-Mail: gruening@fh-muenster.de

Dipl.-Ing. Bernard Arnold
 Stadt Wuppertal – Eigenbetrieb WAW
 Johannes-Rau-Platz 1, 42275 Wuppertal

E-Mail: bernard.arnold@waw.wuppertal.de

Dipl.-Ing. Norbert Rönz
 DR. PECHER AG
 Klinkerweg 5, 40699 Erkrath

E-Mail: norbert.roenz@pecher.de

Dipl.-Ing. Udo Laschet
 WSW Energie & Wasser AG
 Bromberger Straße 39–41, 42281 Wuppertal

E-Mail: udo.laschet@wsw-online.de

Dipl.-Ing. Olaf Schlag
 Ingenieurbüro Reinhard Beck GmbH & Co. KG
 Kocherstraße 27, 42369 Wuppertal

E-Mail: schlag@ibbeck.de

Dipl.-Ing. Uwe Teiche
 Remscheider Entsorgungsbetriebe
 Nordstraße 48, 42853 Remscheid

E-Mail: teiche@str.de

