



Journal

**Zeitschrift für wasserbezogene
Forschung von Studierenden**



*Wasser im urbanen Raum –
eine sozio-hydrologische Betrachtung*

e.Wa Journal - Zeitschrift für wasserbezogene Forschung von Studierenden

e.Wa Journal ist eine Zeitschrift für wasserbezogene Forschung von Studierenden. Ziel ist es, die im Rahmen von Seminaren erbrachten Leistungen und damit die gewonnenen Erkenntnisse für alle Seminarteilnehmerinnen und Seminarteilnehmer sowie für interessierte Kommilitoninnen und Kommilitonen als Quelle von Inspiration und Wissensvermittlung verfügbar zu machen. Das Spektrum der geographischen Beiträge reicht dabei von einer sozialwissenschaftlichen bis zu einer naturwissenschaftlichen Herangehensweise.

e.Wa – e.laboratory for inter- and transdisciplinary water research and education

e.Wa dient als Wissens- und Austauschplattform (<http://www.ewa.uni-bonn.de/e.wa/>) mit dem Fokus auf inter- und transdisziplinäre Forschung und Lehre zu Wasserthemen. e.Wa stellt unter anderem eine Methodenbibliothek, Datenübersichten, e-learning Materialien und ein (virtuelles) Trainingszentrum für die Anwendung von sozio-technischen Tools bereit.

Redaktion

Britta Höllermann

Layout und Satz

Arne Claßen

Titelbild

© Stockfoto www.colourbox.de

Hinweis

Namentlich gekennzeichnete Artikel geben nicht unbedingt die Meinung der Redaktion und des Herausgebers wieder. Alle Artikel wurden unkorrigiert übernommen und lediglich hinsichtlich des Layouts und der konsistenten Beschriftung angepasst.

Herausgeberin

AG Ökohydrologie und Wasserressourcenmanagement- Prof. Evers
Geographisches Institut
Universität Bonn
Meckenheimer Allee 166
53115 Bonn

Herausgeberin des Themenheftes

Britta Höllermann
AG Ökohydrologie und Wasserressourcenmanagement
Geographisches Institut
Universität Bonn
Meckenheimer Allee 166
53115 Bonn

Inhalt

Vorwort <i>Britta Höllermann</i>	5
1 Der Rhein als Imagegeber– Ein Vergleich der Städte Köln und Bonn (<i>Leon Heese und Lucas Schmidt</i>).....	7
2 Wie können Freiräume als Ökosystemleistungen zur Verbesserung der Lebensqualität in der Stadt beitragen? (<i>Aline Krumreihn und Katrin Krüger</i>)	16
3 Eine Potentialanalyse Grüner Infrastruktur am Beispiel von Gründächern in Bonn (<i>Katrin Manteufel und Sabine Kroschel</i>).....	24
4 „Renaturiert vs. Natürlich“ – Welcher Bach bringt den größten Nutzen? (<i>Sarah Güsgen und Deborah Funnemann</i>).....	32
5 Gewässerökologische und ökosystemare Untersuchung des Rheindorfer Bachs in Bonn (<i>Marcel Baum und Jan Claren</i>).....	42
6 Analyse der Ökosystemleistungen in Teilabschnitten des Mehlemer Baches (<i>Lea Helmling und Michael Mertens</i>)	51
7 Urbane Sturzfluten – Anpassungen an eine stetige Gefahr (<i>Anna Hellings und Christian Heidtmann</i>).....	60
8 Der Vilicher Bach und die Stadtbahnhaltestelle - Vulnerabilität und Maßnahmen zum Hochwasserschutz (<i>Daria Ernst, Ines Klitschke und Theresa Remmel</i>)	71



e.laboratory for inter- and transdisciplinary
water research and education



Vorwort

Willkommen zur ersten Ausgabe des e.Wa Journals, der Zeitschrift für wasserbezogene Forschung, von Studierenden zum Thema *Wasser im urbanen Raum – eine sozio-hydrologische Betrachtung*.

Aufgrund von Starkregenereignissen und ihren Folgen in den letzten Jahren verändert sich der Umgang mit Wasser im urbanen Raum. Es findet ein Paradigmenwechsel statt. Anstelle von (infrastrukturellen) Maßnahmen das Regenwasser möglichst schnell abzuleiten hin zu einem integrierten Ansatz, der dieses Regenwasser als wertvolle Ressource und aufwertenden Teil des Stadtbilds betrachtet.

Wie die Ressource Wasser im urbanen Raum wahrgenommen wird und bewertet werden kann ist der gemeinsame Forschungshintergrund der Beiträge in diesem Band. Es werden Fallbeispiele im Bonner Stadtgebiet und Köln vorgestellt. Im Beitrag zum Rhein als Imageträger untersuchen *Schmidt & Heese* in einem vergleichenden Ansatz die unterschiedliche Wahrnehmung von der Rhein-Präsenz und Freizeitgestaltung am Rhein in Köln und Bonn. Die höher wahrgenommene Präsenz des Rheins in Köln und seine Funktion als sozialer Treffpunkt steht einer stärker erholungssuchenden Funktion in Bonn gegenüber. Hierzu konnten *Krumreihn & Krüger* jedoch zeigen, dass die Ansiedlung von Gastronomie aus Sicht der Befragten eine Aufwertung der linksrheinischen Bonner Promenade darstellt. Die Untersuchung der Wahrnehmung von Bonner Bächen zeigt, dass diese je nach Bach und Bachabschnitt variieren. Während *Funnemann & Güsgen* im Bonner Norden am renaturierten Abschnitt des Rheindorfer Bachs feststellen, dass die Erholungsfunktion eine hohe Bedeutung darstellt, aber die Hochwasserschutzfunktion nebensächlich wahrgenommen wird, stellen *Heidtmann & Hellings* am Mehlemer Bach

eine hohe Risikowahrnehmung gegenüber Hochwasser aufgrund von Starkregenereignissen fest. Die Erfassung der Vulnerabilität sowie der sozial-ökologischen Resilienz stehen in diesem Beitrag im Vordergrund. Unter Nutzung des Vulnerabilitätskonzepts zeigen *Ernst, Klitschke & Rimmel* in ihrem Beitrag welche Akteure, Interessen und Zielkonflikte an Bäche im urbanen Raum ent- und bestehen. Hierzu zeigt auch die aktuelle Presse, dass zwar technischer Hochwasserschutz, wie beispielsweise der Bau eines Entlastungskanals in Mehlem eine (Sonder-)Lösungsmöglichkeit darstellt (Bonner GA Artikel 9.6.2016 Entlastungskanal als Sonderlösung), aber generell mehr Raum für Bäche und damit Retentionsflächen gefordert werden. Dass aus dem Konzept „mehr Raum für Bäche“ Synergieeffekte entstehen, zeigen *Baum & Claren* in ihrer vergleichenden Studie an einem renaturierten und anthropogen stark verändernden Bachabschnitt mittels gewässerökologischer und ökosystemarer Analyse und Bewertung mit Hilfe des Ökosystemleistungsansatzes. Ebenso untersuchen und bewerten auch *Helmling & Mertens* den Mehlemer Bach. *Manteuffel & Kroschel* nutzen den Ökosystemleistungsansatz für die Bewertung des Potentials grüner Infrastruktur auf innerstädtischen ungenutzten Flachdächern als regulierende und kulturelle Ökosystemdienstleistungen.

Die Beiträge zeigen, dass für das Verständnis über den Umgang mit Wasser im urbanen Raum eine sozio-hydrologische Sichtweise erforderlich ist und dass Konzepte wie Vulnerabilität und Ökosystemleistungen eine Bewertung aus unterschiedlichen Perspektiven ermöglichen. *Ernst, Klitschke & Rimmel* zeigen hierzu deutlich die Problematik der Flächen- und Nutzungskonflikte in einem hochverdichteten städtischen Raum. Worauf *Helmling & Mertens* die monetäre Bewertung von Ökosystem-



dienstleistungen als Argumentationshilfe gegenüber technischen Maßnahmen (Kosteneffizienz) aber auch Raumplanung vorschlagen. *Krumreihn & Krüger* reflektieren, dass Ökosystemleistungen ein gutes Bewertungsschema für den städtischen Erholungsraum darstellen, dass es aber einer Weiterentwicklung von kulturellen Ökosystemleistungen und Indikatoren bedarf. Es besteht also weiterer Forschungsbedarf gerade hinsichtlich einer integrierten Stadtplanung mit dem Fokus auf Wasser als eine wertvolle Ressource und aufwertenden Teil des Stadtlebens und -bilds.

Die hier präsentierten Forschungsarbeiten sind im Rahmen des Bachelor Projektseminars zum Thema

„Urbane Fließgewässer und wassersensible Freiraumgestaltung“ während des Wintersemesters 2016/2017 entstanden. Die Forschungsarbeiten zeichnen sich durch eine selbständige Wahl von Forschungsfragen und -design sowie die eigenverantwortliche Durchführung, Analyse und Aufbereitung der Forschungsergebnisse aus. In meiner Rolle als Seminarleiterin durfte ich diese Prozesse unterstützend begleiten.

Ich wünsche Ihnen eine gute Lektüre und inspirierende Einsichten auch für Ihre eigenen Forschungsarbeiten.

Birna Jölkemann

Bonn, den 31.März 2017

1 Der Rhein als Imagegeber– Ein Vergleich der Städte Köln und Bonn

Leon Heese und Lucas Schmidt

Abstract

Das Ökosystem Rhein stellt einen der wichtigsten Schifffahrtswege Europas dar, der angrenzende Städte im geschichtlichen Verlauf maßgeblich geprägt hat. Neben seinen wirtschaftlichen und ökologischen Funktionen liefert der Fluss auch nicht-materielle kulturelle Vorteile, die es sich aus stadtgestalterischer Sicht lohnt, auszuschöpfen. Die Art und Weise wie der Rhein dabei im Stadtbild und im Stadtleben verankert ist, kann sich zwischen den angrenzenden Städten stark unterscheiden, wie man es am Beispiel von Köln und Bonn festmachen kann. Die beiden Städte unterscheiden sich dabei unter anderem durch den historischen Kontext, das Nutzungsverhalten der Bewohner und die stadtplanerische Einbindung in den Innenstadtbereich. Diese drei Aspekte werden im Hintergrund des Konzepts der Ökosystemleistungen beleuchtet, dabei wird sich auf den kulturellen Einfluss des Rheins hinsichtlich Stadtimage und Identifikation konzentriert.

Keywords: *Ökosystemleistungen, Stadtimage, Rhein, Mensch-Wasser-Beziehungen*

Einleitung

Der Rhein stellt für die Menschen in Europa seit mehr als 2000 Jahren die zentrale Wasserstraße zwischen dem südlichen Europa und den Regionen der Nordsee dar. Von dem Verständnis als natürliche Grenze und dem politischen Tauziehen zwischen der nationalen Zugehörigkeit des Flusses, hin zu militärische Truppenbewegungen, stellte und stellt der Rhein seit seiner Nutzung als Transportweg den Grundstein für beachtlichen Wohlstand durch Handel für seine ufernahen Städte. Durch die Bedeutung als historische Wasserstraße wurde der Rhein 2002, stellvertretend durch die Ernennung des Oberen Mittelrheintals, von der UNESCO als Welterbe ausgezeichnet. Flüsse selbst fungieren in urbanen Räumen seit jeher als imageprägendes Element des Stadtbildes und besitzen somit nicht nur rein wirtschaftlichen und funktionalen Nutzen, sondern ebenfalls einen symbolischen Wert. Das Zusammentreffen vom Ökosystem Fluss und dem menschlich überprägten urbanen Raum stellt zu-

nächst zwei sich gegenüberstehende Systeme dar. Eine Verschmelzung der beiden Systeme im Stadtbild erscheint hinsichtlich der potentiellen städtischen Attraktivitätssteigerung und der Verankerung des Flusses im gesellschaftlichen Bewusstsein lohnenswert. Flüsse können somit maßgebliche Ankerpunkte in dem Image einer Stadt darstellen und die Identifikation der Bevölkerung steigern (Gunzelmann 2009: 11). Ein solches Potential stellt der Rhein als längster Fluss Deutschlands und der meist befahrensten Wasserstraße weltweit dar. Seit den Gründungen der am Rhein liegenden Städte kommt dem Fluss eine immense wirtschaftliche Bedeutung zuteil, die die Grundlage für Wohlstand und Wachstum der Städte bereitstellte. Seit jeher übt der Rhein auch in kultureller Hinsicht durch Sagen und Mythen auf die Menschen eine gewisse Faszination aus. Schlösser und Burgen säumen bis heute die Flussufer des Rheins und sind Zeugen der schon seit Jahrhunderten vom Fluss ausgehenden Attraktivität. Aus historisch-kultureller Betrachtung

bietet der Rhein Potential gesellschaftlicher Identifikation. Der Stadt Bonn ist durch den Rhein eben dieses Potential gegeben, welches nach Ansicht der Verantwortlichen der Stadt Bonn unzureichend für den innerstädtischen Raum ausgeschöpft wird. Um eben diesem Bewusstsein in der Bevölkerung und zur Steigerung der Attraktivität Bonns beizutragen, wurde 2013 der Grundsatzbeschluss zum Gestaltungskonzept „Masterplan“ gefasst (Stadt Bonn 2015). Als Gegenbeispiel dafür lässt sich Köln anführen, das den Rhein fest in der städtischen Wahrnehmung verankert hat. Im nachfolgenden Bericht gehen wir auf den Vergleich der Städte Köln und Bonn hinsichtlich der Imageprägung durch den Rhein, sowie möglichen Unterschieden und die Verankerung des Flusses im jeweiligen städtischen Bewusstsein, ein. Grundlegend soll der Rhein hinsichtlich seiner Identifikationseinflüsse auf Köln und Bonn untersucht werden.

Wie sind die kulturellen Potentiale des Ökosystems Rhein im städtischen Bewusstsein Kölns und Bonns verankert?

Stadtimage als kulturelle Ökosystemleistung

Den Rahmen bezüglich des Identifikationseinflusses wird durch den Begriff des Images und durch das Konzept der Ökosystemleistungen gegeben. In Hinsicht auf die Ökosystemleistungen beschränken wir uns im Nachfolgenden lediglich auf die kulturellen Leistungen, die der Rhein beiden Städten erbringt und stellen mit Hilfe dieser Potentiale Verknüpfungen zum Imagebegriff her und wie dieser das städtische Bewusstsein Kölns und Bonns beeinflusst.

Generell werden unter dem Konzept der Ökosystemleistungen Vorteile beziehungsweise der Nutzen verstanden, die der Mensch von Ökosystemen bezieht, welche in vier Unterkategorien eingeteilt sind:

Unterstützende Leistungen stellen notwendige Vorteile für alle Ökosysteme dar, die im Gesamtbild alle Kreisläufe und Prozesse miteinander verbinden und sich gegenseitig erhalten. Unter diesem Abschnitt der Ökosystemleistungen sind unter anderem Bodenbildungsprozesse und Nährstoffkreisläufe zu verstehen. Im Kontext der *Bereitstellenden Leistungen* sind Erzeugnisse zu verstehen, die durch das entsprechende Ökosystem bereitgestellt werden. Der Rhein stellt beispielsweise Was-

ser für die Menschen bereit.

Regulierende Leistungen sind Vorteile die sich aus dem Abstimmungsprozess des Ökosystems ergeben. Hierbei sind die Klima- und Wasserregulation im Zusammenhang mit dem Rhein zu nennen (LEEMANS, R. u DE GROOT, R. 2003: 56ff.).

Der vierte Teil aus dem sich letztlich das vollständige Konzept zusammensetzt, sind die nicht-materiellen *Kulturellen Leistungen*, mit welchen wir uns im Zuge des Projekts auseinandergesetzt haben. In Bezug auf das Forschungsobjekt Rhein fügen sich Aspekte wie Erholung, Heimatgefühl und das Verständnis den Rhein als Ort der Begegnung und Kommunikation zu verstehen, zusammen (KIRCHHOFF, T. 2012: 3146). Aus den kulturellen Potentialen des Rheins heraus, haben wir im Zuge unserer Forschungsfrage den Drei-Komponenten-Ansatz gewählt, um so das Image des Rheins sensitiv und im Zusammenhang mit Identifikationseinflüssen zu untersuchen. Der Begriff des Images erscheint zunächst als ein schwer greifbarer Untersuchungsgegenstand. Etwas, das man sich subjektiv bzw. gefühlt erklären kann, wenn es jedoch darum geht, genauere Aussagen über den Kern des Begriffs zu treffen oder gar eine genaue Definition abzugeben, erscheint der Ausdruck als undurchsichtig. Die persönliche Entwicklung von Vorstellungsbildern steht auch immer eng in Zusammenhang mit dem sozio-demographischen Hintergrund, dem Vorwissen, sowie den Einstellungen und Bedürfnissen des Einzelnen (KNABE 2007: 4). In der Theorie des Drei-Komponenten-Ansatzes lässt sich der Imagebegriff durch die individuelle Einstellung aus drei Quellen herleiten: *affektive*, *konative* und *kognitive* Komponenten. Unter der *affektiven* Ebene kann die Einstellung durch individuelle Geschmäcker und beispielsweise ästhetische Vorlieben geprägt sein. Grundlegend versteht man darunter, welche Gefühle man gegenüber dem Einstellungsobjekt hat. Weiterer Baustein des Drei-Komponenten-Ansatzes ist die *konative* Ebene, die mit der Bereitschaft Aktivitäten gegenüber dem Imageträger auszuüben, einhergeht. Aktivitäten, die bezogen auf den Rhein durchgeführt werden, können das Bild, dass wir von dem Fluss haben, sowohl positiv als auch negativ prägen. Die *kognitive* Ebene als dritter Ansatz beruht auf den objektiven Informationen, die man über das Einstellungsobjekt besitzt. (AJZEN, I. 2001: 33f.)

Untersuchungsgebiet

Das Projektgebiet teilt sich in zwei zu untersuchende Standorte auf: Köln und Bonn, die im Süden Nordrhein-Westfalens liegen und zu beiden Ufern des Rheins am selbigen Projektobjekt liegen. Die quantitative Methode selbst wurde in beiden Städten im Bereich der Innenstadt durchgeführt. In Köln im Gebiet zwischen Heumarkt und Neumarkt, während in der Bonner Innenstadt auf dem Münsterplatz und Hofgarten Passanten befragt wurden. Bei der Auswertung werden von den in den Innenstädten gewonnenen Erkenntnissen Rückschlüsse auf die Gesamtbedeutung für die Städte gezogen.

Traditionell findet der Rhein nahe des Thomasees im Gotthardgebiet seinen Ursprung. Im Schweizer Kanton Graubünden verbinden sich in Reichenau Vorder- und Hinterrhein zum Alpenrhein, von wo aus dieser in den Bodensee mündet und in Konstanz wieder verlässt. Von dort fließt der Rhein weiter bis Basel in westliche Richtung, bis der so genannte Hochrhein Richtung Norden nach Mainz fließt. Dieser Abschnitt wird als Oberrhein bezeichnet. Anschließend durchbricht der Rhein in nordwestlicher Richtung das Rheinische Schiefergebirge und heißt auf dem Streckenabschnitt bis Bonn Mittelrhein. Ab dort beginnt der Abschnitt des Niederrheins und bildet ab Emmerich ein breit gefächertes Mündungsdelta mit der Maas, bis der Rhein in die Nordsee mündet. Auf der gesamten Länge des Flusses von 1232,7 Kilometern werden die Staaten Schweiz, Österreich, Deutschland und die Niederlande durchflossen, während er für Liechtenstein und Frankreich Grenzfluss ist (BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT 2017).

Methoden

Kernmethode der Untersuchung stellen Passantenbefragungen dar, die mit Hilfe von standardisierten Fragebögen in den Kölner und Bonner Innenstadtbereichen durchgeführt worden sind. Dabei wurden nur Personen befragt, die in Bonn bzw. in Köln wohnhaft sind. Passantenbefragungen werden vorrangig in der Marktforschung durchgeführt, in der wissenschaftlichen (Sozial-) Forschung spielen sie eine eher untergeordnete Rolle. Ein Vorteil dieser quantitativen Art der Befragung ist die örtliche Verknüpfung von Interviewsituation und Untersuchungsobjekt (FRIEDRICHS u. WOLF 1990:

46). Durch die Nähe zum Rhein wird sich eine verstärkte Aussagekraft seitens der Probanden erhofft, da sich die Wahrnehmung des Rheins in der Innenstadt unmittelbar beurteilen lässt. Die Stichproben wurden in beiden Städten im selben Umfang genommen (N=50), sodass letztendlich 100 Fragebögen die Basis unserer Auswertungen darstellen, die mit Hilfe deskriptiver Statistik erfolgt sind. Die Fragebögen sind dabei inhaltlich zweigeteilt: Einerseits wurden die Interviewpartner hinsichtlich der Art und des Umfangs ihrer freizeittlichen Rheinnutzung befragt (konative Imagekomponente), sowie nach ihrer Zufriedenheit mit der Freizeit- und Gastronomieausstattung des Rheins. Andererseits stellte die subjektive Wahrnehmung des Rheins in der Innenstadt die übergeordnete Rolle im zweiten Teil der Befragungen (affektive Komponente). Hierbei wurden die Passanten nach der Präsenz des Rheins im inneren Stadtbereich und nach seiner Zugänglichkeit befragt. Die dabei gesammelten Eindrücke sollen mit Hilfe der Auswertung von topographischen Karten überprüft und erklärt werden. Neben der Auswertung der Fragebögen hinsichtlich affektiven und konativen Beziehungen, soll durch die Betrachtung historischer Literatur und Quellen die jeweilige Bedeutung des Rheins für Köln und Bonn aus geschichtlicher Sicht verdeutlicht werden (kognitive Ebene).

Wirtschaftshistorische Bedeutung des Rheins für Köln und Bonn

Seit der Gründung der Städte Köln und Bonn zu Zeiten der Römer, stellt der Rhein als Wasserstraße bezüglich seiner Funktionalität als Verkehrs- und Handelsweg, eine bedeutsame Verbindung zwischen beiden Siedlungen dar. Einst als Grenze zwischen Römern und Germanen und einem über ein Jahrtausend langem anhaltenden Ringen um die Vorherrschaft zwischen links- und rechtsrheinischen Verbänden und Nationen, versteht man den Rhein heute durch den Transport von Gütern und Waren als großen Wirtschaftsraum in Europa, von dem übergreifend Städte, Regionen und ganze Staaten profitieren (WEGNER, H. 2001: 70ff.).

Bereits die Römer verstanden den Rhein nicht nur als Grenze, sondern transportierten über den Wasserweg Waren von Süden nach Norden zu Siedlungen und Lagern, was eine schnelle und sichere Versorgung gewährleistete. Erste Anhaltspunkte

bezüglich des Schiffsverkehrs auf dem Rhein und insbesondere in Köln und der weiteren Umgebung, liefern Aufzeichnungen über die Konstantinbrücke, die beide Ufer erstmals 310 n. Chr. über eine stabile aus Stein und Holz gefertigte Konstruktion miteinander verband. Die Brückenmitte soll bedingt durch die Schifffahrt täglich bis zu dreißigmal geöffnet worden sein und lässt bereits zu Zeiten der Römer eine beginnende und stetig steigende Frequenz des Schiffsverkehrs auf dem Rhein und im Kölner Stadtbereich erahnen (CARL, H. 1968: 180). Im engeren Kölner Raum bestand schon seit der Gründung der Stadt, im Vergleich zu Bonn, generell ein intensiveres wirtschaftliches Geflecht, bedingt durch die Größe und die Bevölkerungsanzahl und bezog seit jeher Material und Nahrung über den Schifffahrtsweg. Des Weiteren forderten die Römer im Bereich der linksrheinischen Siedlungen Abgaben für den Transitverkehr und Waren ein und begünstigten dadurch zusätzlich das Wachstum der Stadt. Über den Landweg wurde Köln im 1. Jahrhundert n. Chr. durch den Bau und Anschluss an die Römische Rheintalstraße angebunden, was für die expandierende Stadt endgültig zum städtischen Aufblühen beitrug. Als größter Vorteil für Köln hinsichtlich der Schifffahrt zu dieser Zeit zeigte sich durch naturräumliche Gegebenheiten, die Unterteilung des befahrbaren Flusses in den Bereich des niederrheinischen Abschnitts in Richtung Nordsee und den oberrheinischen Teil rheinaufwärts exakt in Köln. Rheinabwärts war es bedingt durch ein breiteres und weniger felsigeres Flussbett möglich mit größeren und bauchigeren Schiffen den Fluss zu befahren, während rheinaufwärts ab Köln nur flachere und kleinere Schiffe den Rhein befahren konnten. Durch das Be- und Entladen der Schiffe, für das die Stadt entsprechende Infrastruktur in Form von Ladezonen und Kränen zur Verfügung stellte, verfestigte sich der Rhein für Köln durch Handel und Transport von internen und externen Waren als wichtigster Wirtschaftspunkt (LOOZ-CORSWAREM, C. 1996: 2)

Im Gegensatz zum Aufstieg Kölns, was durch die Anbindung an den Rhein stark profitierte – von einem ehemaligen Legionslager zur Bewachung und Sicherung der Grenze hin zu einer wirtschaftlich aufsteigenden und autonomen Stadt die über den Rhein und die Römische Rheintalstraße neben materiellen Gütern auch durch Innovationen aus dem Süden bereichert wurde – war Bonn bis ins Mittelalter in vielen Hinsichten benachteiligt, da

Köln als wirtschaftliches Zentrum im Raum des Ober- und Mittelrheins dominierte. Mit Einführung des Kölner Stapels im 12. Jahrhundert wandelten sich die wirtschaftlichen Gegebenheiten der Stadt abermals signifikant zum Positiven. Unter dem erlassenen Stapelrecht sind Zollrechte und Privilegien einzig für Köln zu verstehen, bei denen unter anderem Abgaben für Waren zu zahlen waren, die die Stadt passierten und nicht dort verkauft wurden. 1203 wurden Auflagen für durchreisende Händler erlassen, dass diese keine Abgaben zu zahlen hätten, wenn sie ihre Waren in Köln verkaufen würden. Gleichzeitig verschaffte die Stadt ihren eigenen Bürgern durch ein Vorverkaufsrecht einen Vorteil im Handel mit durchreisenden Kaufleuten. Hierbei standen in erster Linie nicht Privathaushalte im Mittelpunkt, sondern der Kölner Großhandel und Handwerker, die sich mit den am Hafen gestapelten und zum Verkauf angebotenen Waren eindeckten. Durch diese Zollprivilegien zwangen die Kölner Herrscher alle den Rhein passierenden Schiffe in den eigenen Hafen der Stadt und verhalf dieser dadurch zu einer umfangreichen Versorgung von Waren und Gütern sowie Einnahmen für die Stadtkasse. Das Stapelrecht der Kölner umfasste insgesamt 70-80 Kilometer rheinabwärts und 30 Kilometer rheinaufwärts und schränkte den Handelsverkehr auf dem Rhein in diesem Umkreis maßgeblich ein. Aufgrund dessen entwickelte sich in Bonn zu dieser Zeit abermals kein nennenswerter Rheinhandel. Dem Stapelrecht kommt hinsichtlich der Kölner Wirtschaftsgeschichte und der grundlegenden Verbindung und Nutzung des Rheins somit eine nicht zu unterschätzende Bedeutung zuteil (KUSKE B. 1937, 303ff.).

Der Rhein als Wirtschafts- und Handelsweg hat in dem Zeitraum vom 12. bis 19. Jahrhundert der Stadt Köln zu einem Aufschwung von Wirtschaft und Handwerk verholfen und einen wesentlichen Beitrag zu den steigenden städtischen Finanzen beigetragen. Erst mit Ende des Stapelrechts wurde in Bonn ein Hafen Anfang des 20. Jahrhunderts errichtet, der 2011 eine Umschlagleistung von 795.000 Tonnen erbrachte (BONNER HAFENBETRIEBE GMBH 2017). Der Kölner Hafen, der auf eine 2000-jährige Geschichte zurückblickt, erbrachte zum Vergleich im selben Jahr eine Umschlagleistung von 12,4 Millionen Tonnen (BINDER, F. 2016: 3). Zusammenfassend und der kognitiven Komponente zuführend, weist die Kölner Stadtgeschichte eine

eindeutig längere und intensivere Verbindung zum Rhein auf. Auf Basis dieses Wissens kann der Rhein als Imagegeber bewusst durch rationale Objektbewertung hinsichtlich der Historie stärker mit Köln assoziiert werden als mit Bonn.

Ergebnisse

Diese inhaltliche Unterteilung nach den verschiedenen Imagekomponenten wird auch im Folgenden bei der Darstellung der Ergebnisse der Befragungen vorgenommen, ehe sie in der Diskussion tiefergehend ausgewertet und miteinander verknüpft werden. Aus konativer Sicht lässt sich sagen, dass der Rhein in beiden Städten einen wichtigen und stark frequentierten Anlaufpunkt in der freizeitlichen Gestaltung darstellt. Sowohl in Köln als auch in Bonn (jeweils

92 Prozent) verbringt der Großteil der Befragten einen Teil ihrer Freizeit am Rhein. Die konative Imageebene, also die Bereitschaft des Ausübens von Aktivitäten bezogen auf den jeweiligen Ort, ist demnach gleich stark ausgeprägt. Wie bzw. wozu der Rhein dabei genutzt wird, stellt sich in den beiden Städten teils sehr unterschiedlich dar (vgl. Abb. 1). In Bonn besitzt der Rhein vor allem die Funktion als Naherholungsgebiet und zum Ausüben von sportlichen Aktivitäten. Zusammengekommen nutzen knapp 73 Prozent der Befragten den Rhein aus diesen beiden

Absichten. Der Rhein als Ort sozialer Interaktion, sei es durch die Nutzung als Treffpunkt oder als Gastronomiestandort, spielt eine untergeordnete Rolle. In Köln stellt sich die Nutzungsverteilung nicht gegensätzlich, jedoch anders gewichtet dar.

Zwar nehmen auch hier die Sport- (ca. 19 Prozent) und Erholungsfunktionen (30 Prozent) einen wesentlichen Teil der freizeitlichen Nutzung ein, jedoch gestaltet sich die Nutzung als sozialer Treffpunkt (ca. 31 Prozent) und Gastronomiestandort (20 Prozent) deutlich umfangreicher. Daran anknüpfend gestaltet sich auch die Aufenthaltsdauer der Befragten. In Bonn verbringen fast zwei Drittel (63 Prozent) der Befragten weniger als eine Stunde wöchentlich am Rhein, in Köln gestaltet sich die durchschnittliche Aufenthaltsdauer deutlich höher, mehr als die Hälfte (56 Prozent) gaben an, bis zu drei Stunden wöchentlich am Rhein zu verbringen.

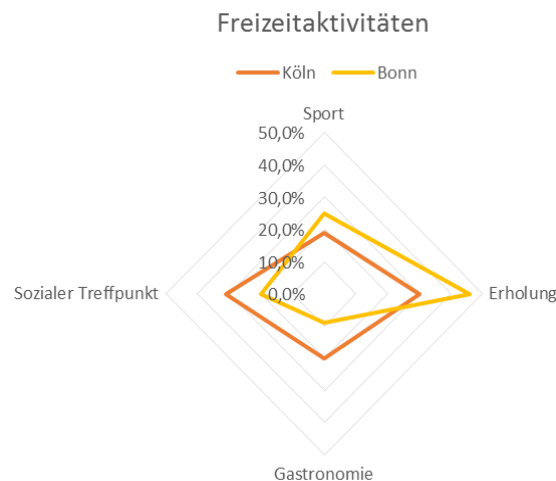


Abbildung 1: Die freizeitliche Nutzungsverteilung des Rheins in Köln und Bonn

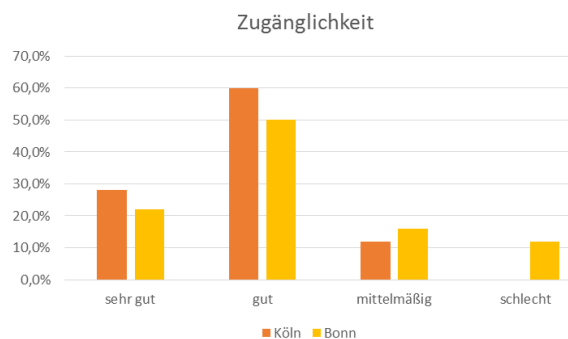


Abbildung 2: Die Zugänglichkeit der Kölner und Bonner Innenstädte zum Rhein

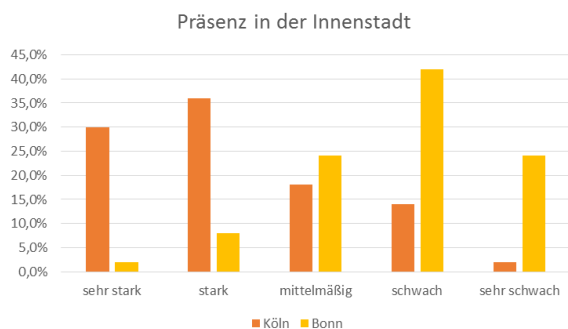


Abbildung 3: Die Präsenz des Rheins in den Kölner und Bonner Innenstädten

Blickt man von der Aktivitätsebene auf die Wahrnehmungsebene, in diesem Fall die Präsenz und Zugänglichkeit des Rheins in bzw. von der Innenstadt, ergeben sich im Städtevergleich erneut Gemeinsamkeiten und Unterschiede. Betrachtet man zunächst die Bewertung der Zugänglichkeit der Kölner und Bonner Innenstädte zum Rhein, lässt sich ein ähnlicher Trend erkennen. In beiden Städten befindet der Großteil der Befragten die Zugänglichkeit als sehr gut bzw. gut. In Köln (88 Prozent) bewerten die Zugänglichkeit als sehr gut bzw.

gut) prägt sich dieser Trend noch deutlicher als in Bonn aus, wo zwar $\frac{3}{4}$ der Interviewpartner die Zugänglichkeit als sehr gut bzw. gut auffassen, jedoch gleichzeitig die restlichen 25 Prozent diese als schlecht bzw. sehr schlecht beurteilen.

Den Begriff der Zugänglichkeit würde man vorab eng mit der allgemeinen Präsenz innerhalb der Stadt verbunden, sprich ist der Rhein einfach von der Innenstadt aus zu erreichen, schlägt sich dies positiv auf die Erscheinung im Stadtbild und somit auf die Präsenz aus. Nach Auswertung der Fragebögen lässt sich diese Hypothese jedoch nur auf eine der beiden Städte übertragen (vgl. Abb. 3). In Köln, den Umfragen zu Folge mit einer enorm guten innerstädtischen Rheinanbindung, wird der Fluss sehr stark bzw. stark in der Innenstadt wahrgenommen. Diese Ansicht vertreten zwei Drittel der Interviewpartner (30 Prozent sehr stark/ 36 Prozent stark). Lediglich 16 Prozent beurteilen die Präsenz des Rheins als schwach oder sehr schwach. In Bonn, den Umfragen zu Folge mit einer ähnlich guten innerstädtischen Rheinanbindung, dreht sich der in Köln bestätigte Zusammenhang von Zugänglichkeit und Präsenz um. *Abbildung 3: Die Präsenz des Rheins in den Kölner und Bonner Innenstädten*

Zwei Drittel der Befragten nehmen den Rhein in der Innenstadt nur schwach oder sehr schwach wahr, das Verhältnis von starker und schwacher Wahrnehmung wendet sich im Vergleich zu Köln somit. Nur 10 Prozent der Befragten Bonner Bürger nehmen den Rhein sehr stark oder stark im innerstädtischen Bereich wahr.

Interessant gestaltet sich auch die differenzierte Wahrnehmung der Präsenz in Abhängigkeit zum Wohnstandort (Klassifizierung in innenstadtnah und innenstadtfern), die sich in Bonn niederschlägt. Während in Köln keine besondere Korrelation zwischen Wohnstandort und Wahrnehmung ergibt, ist es in Bonn der Fall, dass die Menschen aus innenstadtfernen Stadtteilen den Rhein tendenziell stärker in der Innenstadt wahrnehmen, als diejenigen aus innenstadtnahen Bereichen. Eine Differenzierung zwischen „Innen- und Außenansicht“ scheint erkennbar zu sein.

Diskussion

Die im vorherigen Abschnitt dargestellten Ergebnisse der Befragungen werden im Folgenden ge- deutet und miteinander in Zusammenhang ge- bracht. Durch den Einbezug von Fachliteratur und topographischen Karten sollen die quantitativ gewonnenen Daten auch qualitativ beleuchtet und in den thematischen Gesamtkontext eingeordnet werden. Zunächst wird der Blick auf die konative Imagekomponente gerichtet, die wie bereits er- wähnt in beiden Städten sehr stark ausgeprägt ist, der Rhein jedoch unterschiedlich genutzt wird. In Bonn übernimmt der Rhein vorrangig eine Naher- holungsfunktion, d.h. der Rhein wird sehr bewusst und vor allem aufgrund seiner ökologischen Attrak- tivität aufgesucht. Vereinfacht gesagt: Der Bonner Bürger geht zum Rhein, um am Rhein zu sein. Der Fluss stellt dabei weniger einen Ort sozialer Inter- aktion dar, u.a. auch aufgrund von nur spärlich vorhandener Gastronomie. In Köln nimmt der Rhein zwar auch eine nicht unwesentliche Erho- lungsfunktion ein, jedoch übernimmt er gleichzeitig auch noch eine andere wesentliche Aufgabe, die er in Bonn nicht in gleichem Maße einnimmt: ein Ort gesellschaftlichen Miteinanders. Durch diesen Nutzen als Standort sozialer Interaktion lässt sich der Rhein in Köln als Erinnerungsort interpretieren. Ein Erinnerungsort stellt nicht nur einen Punkt dar, der sich durch geographische Koordinaten be- schreiben lässt, sondern darüber hinaus einen Ort, der mit bestimmten Erlebnissen und Ereignissen verbunden wird (Institut für Geschichte Oldenburg 2016). Diese basieren dabei nicht auf individuellen Erfahrungen, viel mehr entstehen Erinnerungsorte durch soziales Miteinander. Diese gemeinsamen Erinnerungen schlagen sich dabei in einem kol- lektiven Gedächtnis nieder, weshalb aus einer Örtlichkeit ein Ort der Identifikation wird (Berger 2013: 1). Erinnerungsorte werden in der Regel auf nationaler oder gar internationaler Ebene ausge- macht, dies ist im Falle des Rheins ohne Frage nicht gegeben, viel mehr kann er als lokaler Erinne- rungsort Kölns interpretiert werden. Auf Basis der durchgeführten Befragungen lässt sich dies zwar nicht zweifelsohne, dazu müssten weitere qualita- tiv ausgerichtete Untersuchungen durchgeführt werden, jedoch zeigen die Ergebnisse, dass der Kölner Rhein die „Voraussetzungen“ dazu mit- bringt. In Bonn sind diese nur begrenzt gegeben, da soziale Interaktion häufig ausbleibt und nach

dem Konzept der Erinnerungsort auch die Identifikation mit dem Rhein nur limitiert stattfindet.

Ein weiterer Punkt der eng mit dem Image einer Stadt verbunden wird, stellt das Stadtbild dar, das sich aus städtebaulichen bzw. visuellen Gesichtspunkten ergibt (Beucker u. Schlömer 2003: 9). Einen der wichtigsten Einflussfaktoren nimmt dabei das innerstädtische Wegesystem ein. Nach Lynch verstärkt jede sichtbare Betonung des Weges bzw. seines Endziels das Image der Stadt. Vor allem einfache und stringente Wegesysteme prägen sich beim Menschen ein und spiegeln sich folglich im Image wider (Lynch 2001: 117f.). Die Präsenz des „Endziels Rhein“ im Stadtbild schlägt sich folglich auch im Image der jeweiligen Stadt nieder. Die schwach wahrgenommene Präsenz des Rheins in Bonn bzw. die stark wahrgenommene Vergleicht man nun das innerstädtische Wegenetz Kölns mit dem Bonns, ergeben sich Gründe dafür, warum die Befragten die Präsenz des Rheins in Bonn deutlich schwächer wahrgenommen haben. Blickt man zunächst ans Rheinufer wird deutlich, dass es weniger Wege gibt, die am Fluss münden als in Köln. Auch die Form des Wegenetzes unterscheidet sich grundlegend. Es gestaltet sich deutlich diffuser als in Köln, eine Vielzahl der Wege verläuft von Südwest in Nordost Richtung, die sich am Marktplatz bündeln und von denen nur ein Teil weiter in Rhein Richtung laufen. Die Präsenz des

Präsenz des Rheins in Köln lässt sich mit Hilfe von topographischen Karten (vgl. Abb. 4), die das Wegenetz veranschaulichen, untermauern. In Köln findet man ein sehr geordnetes Wegesystem vor, das an das Schachbrettmuster nach amerikanischem Vorbild erinnert. Ein Großteil der Straßen und Wege verlaufen stringent von Nord nach Süd bzw. von West nach Ost. Die West-Ost-Wege sind auf den Rhein ausgerichtet und begünstigen dadurch sowohl die Zugänglichkeit als auch die Präsenz im Stadtbild, da der Rhein aus stadtplanerischer Sicht einen Brennpunkt darstellt. Brennpunkte sind Ausgangspunkte des bildlichen Erfassens einer Stadt, auf die Verkehrs- und Wegelinien ausgerichtet sind und die somit in das kollektive Gedächtnis und damit auch in das Image einer Stadt einfließen (Beucker u. Schlömer 2003: 10).

Rheins wird im Bonner Innenstadtbereich durch das Wegenetz somit nicht begünstigt, im Gegenteil, sie wird vermindert. Ebenfalls stellt die zwischen Innenstadt und Rhein verlaufende Bundesstraße B9 zwar keine Trennung, jedoch eine Art Fremdkörper dar, der das Wachsen eines homogenen Stadt-Fluss-Bereiches erschwert. Die gegensätzliche Wahrnehmung von Zugänglichkeit und Präsenz lässt sich ein Stück weit dadurch erklären bzw. relativieren, da Bonn eine Stadt der kurzen Wege ist. Der Innenstadtbereich ist deutlich kompakter als in Köln, weshalb der Rhein zwar in

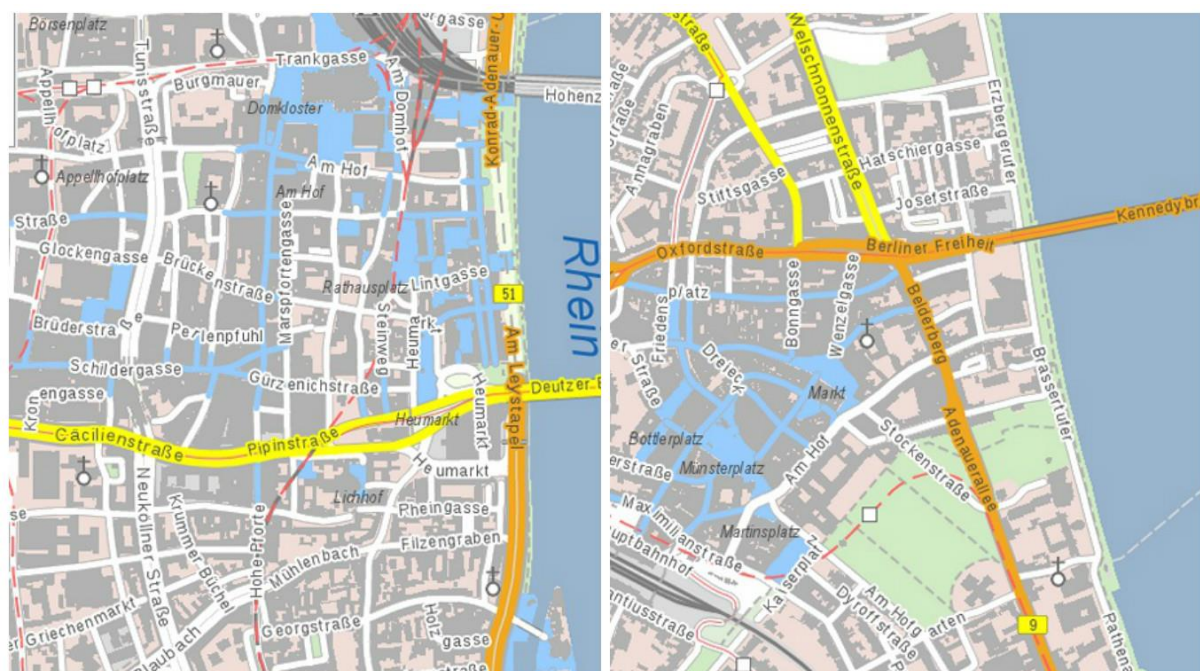


Abbildung 4: Die innerstädtischen Wegenetze Kölns (links) und Bonns (rechts) (Quelle: www.tim-online.nrw.de)

kurzer Zeit zu erreichen ist, die Präsenz jedoch gleichzeitig durch erläuterte Strukturen gegenteilig wahrgenommen wird.

Die geschilderten Nutzungs- und Wahrnehmungsunterschiede lassen auf eine differenzierte Verankerung des Rheins in den jeweiligen Images Kölns und Bonns schließen.

Fazit

Basierend auf der vorangegangenen Darstellung und Auswertung unserer Ergebnisse lässt sich sagen, dass sich der Rhein hinsichtlich seines Identifikationseinflusses aus kognitiver, affektiver und konativer Perspektive in den Städten Köln und Bonn deutlich unterscheidet. Köln verbindet mit dem Rhein eine lange Wirtschaftshistorie, die bis zur Römerzeit zurückgeht und auf die Köln sein (wirtschaftliches) Wachstum aufgebaut hat. Das Profitieren Kölns bedeutete gleichzeitig eine Behinderung des wirtschaftlichen Wachstums Bonns. Bezogen auf die Art und Weise wie der Rhein heutzutage von den Bewohnern Kölns und Bonns genutzt wird, ergeben sich ebenfalls deutliche Unterschiede. Zwar stellt der Fluss in beiden Orten einen wichtigen Anlaufpunkt in der Freizeit dar, jedoch fungiert er in Köln eher als Ort sozialer Interaktion, die das Potential zum Erinnerungsort und somit auch zur festen Verankerung in der Städteidentität mitbringt. In Bonn hingegen wird der Rhein vorwiegend als Naherholungsgebiet genutzt, der aus individuellen Absichten aufgesucht wird. Ebenfalls gestaltet sich die Einbindung im innerstädtischen Stadtbild differenziert: Ein klar strukturiertes und stringentes Wegesystem Kölns begünstigt die Präsenz des Rheins in der Innenstadt, die von den Befragten stark wahrgenommen wird. Ein weniger klares Wegesystem in der Bonner Innenstadt ist einer der Gründe für eine schwächere Präsenz im Stadtbild. Eine Maßnahme, um die gestörte Verbindung von Rhein und Innenstadt zu verbessern, hat die Stadt Bonn in Form des Masterplans getroffen, der die Stadt zum Rhein öffnen soll. Menschen sollten jedoch nicht nur an den Rhein gelockt werden, sondern auch dort gehalten werden, weshalb ein Ausbau der gastronomischen und freizeithlichen Infrastruktur als notwendig erscheint, um ein alltägliches Miteinander zu fördern. Abschließend lässt sich sagen, dass die gewonnenen Erkenntnisse auf vorwiegend quantitativer Ebene Schlussfolgerungen zulassen, jedoch eine qualitative Vertiefung

sinnvoll erscheint, um den Einfluss des Rheins auf die Städte weiter zu konkretisieren. Das Konzept der Ökosystemleistungen, unter Einbezug des Images als kulturelle Leistung, hat hierbei einen hilfreichen Rahmen geboten, um die Ergebnisse kontextuell zu hinterfragen und den Forschungsprozess zu strukturieren.

Literaturverzeichnis

- AJZEN, I. (2001): Nature and operation of attitudes. In: Annual review of psychology, 52. S. 27-58.
- BERGER, S. (2013): Zwischen Gedächtnis, Geschichte und Identitätskonstruktion: Was ist ein Erinnerungsort und wie entsteht er? Bochum.
- BEUCKER, N. u. SCHLÖMER, N. (2003): Urbane Identität von StadtOrten. Duisburg/ Essen.
- BINDER, F. (2016): Hamburg hat Köln abgelöst. Abrufbar unter: <http://www.thb.info/rubriken/single-view/news/hamburg-hat-koeln-abgeloest.html> (zuletzt aufgerufen am: 28.02.2017)
- BONNER HAFENBETRIEBE GMBH (2017): Umschlagsleistung Bonner Hafen. Abrufbar unter: www.bonn-hafen.de (zuletzt aufgerufen am: 28.02.17)
- BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT (2017): Hydrologischer Atlas von Deutschland. Abrufbar unter: <http://had.bafg.de/iksr-zt/auswahl.asp?S=0> (zuletzt aufgerufen am 28.02.17)
- CARL, H. (1968): Kunstchronik. Nürnberg.
- FRIEDRICH, J. u. WOLF, C. (1990): Die Methode der Passantenbefragung. In: Zeitschrift für Soziologie 19, 1. S. 46-56.
- GUNZELMANN, T. (2009): Bamberg als Stadt im Fluss im mitteleuropäischen Kontext. Bamberg.
- INSTITUT FÜR GESCHICHTE OLDENBURG (2016): Was ist ein Erinnerungsort? Abrufbar unter: <https://www.uni-oldenburg.de/geschichte/studium-und-lehre/lehre/projektlehre/regionale-erinnerungsorte/was-ist-ein-erinnerungsort/> (zuletzt aufgerufen am: 28.02.17)
- KIRCHOFF, T. (2012): Pivotal cultural values of nature cannot be integrated into the ecosystem services framework. In: PNAS 109, 46. S. 3146.
- KNABE, S. (2007): Images großstädtischer Quartierstypen. Empirische Befunde aus Halle/S. und Leipzig. In: Hallesche Diskussionsbeiträge zur Wirtschafts- und Sozialgeographie, 11. Halle/S.
- KUSKE, B. (1937): Zur Rohstoff- und Stapelpolitik der Reichsstadt Köln. In: Jahrbuch des Kölnischen Geschichtsvereins. S. 302-311.
- LEEMANS, R. u. DE GROOT, R. (2003): Millennium Ecosystem Assessment: Ecosystems and human well-being: a framework for assessment. Washington.
- LOOZ-CORSWAREM, C. (1996): Zur Entwicklung der Rheinschifffahrt vom Mittelalter bis ins 19. Jahrhundert. Düsseldorf.

LYNCH, K. (2001): Das Bild der Stadt. 16.Aufl. Wiesbaden/
Braunschweig.

STADT BONN (2015): Masterplan Innere Stadt Bonn. Abruf-
bar unter:
[https://www.bonn.de/umwelt_gesundheit_pla
nen_bauen_wohnen/stadtplanung/masterplan](https://www.bonn.de/umwelt_gesundheit_pla
nen_bauen_wohnen/stadtplanung/masterplan)

[_innere_stadt/index.html](#) (zuletzt aufgerufen
am: 01.03.17)

WEGNER, H. (2001): Besiedlung des Rheintals von den
ersten Anfängen bis zum Ende der Frankenzzeit.
In: SCHÜLER-BEIGANG, C. (Hrsg.): Das Rheintal von
Bingen und Rüdesheim bis Koblenz. Mainz. S.
67-87.

2 Wie können Freiräume als Ökosystemleistungen zur Verbesserung der Lebensqualität in der Stadt beitragen?

Aline Krumreihn und Katrin Krüger

Abstract

Dieser Artikel befasst sich mit der Wahrnehmung von Stadtnatur und urbanen Ökosystemleistungen der Bewohner der Stadt Bonn am Beispiel der Beethovenhalle. Die Untersuchungen wurden mithilfe der geplanten Aufwertungen durch den Masterplan „Innere Stadt“ Bonn durchgeführt. Die Ergebnisse des Projektes zeigen, dass die Befragten im größten Teil eine positive Einstellung zur Stadtnatur und den urbanen Fließgewässern besitzen. Des Weiteren lässt sich feststellen, dass eine Wahrnehmung von urbanen Ökosystemleistungen bei den meisten Befragten vorhanden ist, diese jedoch nicht klar ausgedrückt wird. Das Beispiel der Beethovenhalle lässt deutlich erkennen, dass Ökosystemleistungen weitestgehend ein gutes Bewertungsschema zur Untersuchung von städtischen Erholungsräumen sind.

Keywords: *Urbane Ökosystemleistungen, Indikatoren, Stadtnatur, Erholung in der Stadt, Rhein als Imageträger*

Einleitung

Städte müssen in der heutigen Zeit alltäglich den Herausforderungen, im Hinblick auf das Ziel eine hohe Lebensqualität innerhalb der Stadt zu gewährleisten, begegnen. Die Stadtnatur und ihre regulierenden Ökosystemleistungen können einen Beitrag dazu leisten die Umweltbelastungen einer Stadt zu reduzieren und somit auch die gesundheitlichen Belastungen zu verringern, um dadurch die Lebensqualität der Städte zu verbessern. Studien zu Folge gibt es einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Wohlbefinden der Stadtbewohner und der Erreichbarkeit zu Grün- und Freiraumflächen (KOWARIK ET AL. 2016). Unter Ökosystemleistungen versteht man „direkte und indirekte Beiträge von Ökosystemen zum menschlichen Wohlergehen [...] die an einen Nutzen des Ökosystems für den Menschen gebunden sind“ (NATURKAPITAL DEUTSCHLAND – TEEB DE 2012).

Im städtischen Kontext sind Ökosystemleistungen an der Schnittstelle von Stadtnatur und Gesell-

schaft anzusiedeln. Stadtnatur kommt in allen städtischen Flächennutzungen vor, darunter fallen zum Beispiel Stadtwälder, Parks, begrünte Dächer, Brachflächen. Sie sind räumlich strukturiert und durch ökologische Prozesse funktional organisiert (KOWARIK ET AL. 2016). Im Rahmen der Regionale 2010 wurde für die Stadt Bonn das Projekt „Stadt zum Rhein Bonn“ vorgestellt. Im Vordergrund steht dabei die Aufwertung des Rheinuferes von der Beethovenhalle bis hin zum Bereich der Oper. Zudem sollen die Verbindungen zur Innenstadt verbessert werden, sodass die Nähe zum Rhein auch innerhalb der Innenstadt spürbar wird. Interessant dabei ist die Aufwertung des Areals an der Beethovenhalle, insbesondere auch in Bezugnahme des Denkmalschutzes und der Verbesserung der Verbindung zum Bereich des Stiftplatzes. Eingebunden ist das Projekt in das Leitbild „Urbanes C“ (BUNDESSTADT BONN STADTPLANUNGSAMT 2012: 31).

Unter der Fragestellung „Wie können Freiräume als Ökosystemleistungen zur Verbesserung der Lebensqualität in der Stadt beitragen?“ sollen die

Projekte der Stadt Bonn, die im Bezug zur Öffnung der Stadt zum Rhein stehen, näher untersucht werden. Inwiefern trägt die Aufwertung des Areals an der Beethovenhalle zu einer verbesserten Lebensqualität bei? Bei der Fragestellung soll insbesondere auf die Wahrnehmung der Bürger*innen, die das Areal nutzen, eingegangen werden.

Untersuchungsgebiet

Bonn galt schon immer als Ziel des Rheintourismus. Die Wahrnehmung der Stadt ist durch die Lage am Rhein geprägt. Allerdings ist die Verbindung zum Rhein im Innenstadtbereich kaum wahrnehmbar. Als Gründe dafür gelten der markante topografische Höhenunterschied, die vielen Verkehrsstraßen, die eine unmittelbare Verbindung von Uferpromenade und Innenstadt verhindern, sowie die Tatsache, dass die ohnehin schon wenigen Wege in Richtung Rhein nicht eindeutig ausgebildet bzw. markiert sind. Das Rheinufer hat eine hohe stadträumliche Qualität, weist allerdings hohe funktionale Schwächen auf. Man findet wichtige Solitärebauten entlang der Rheinpromenade, vom UN-Campus bis hin zum Beethovenareal, worunter auch die Beethovenhalle fällt. Geprägt ist dieser Rheinabschnitt auch durch eine Unterpräsentation von Gastronomie und Wohnen. Aus den zuvor genannten Gründen wurde im Masterplan „Innere Stadt“ Bonn das Teilprojekt „Stadt zum Rhein – Bonn“ verankert. Dieses wurde im Rahmen der Regionale 2010 entwickelt. Zielsetzung des Projektes ist die funktionale und gestalterische Aufwertung des Innenstadtuferes sowie eine stärkere Verknüpfung von Innenstadt und Rhein zu schaffen (BUNDESSTADT BONN STADTPLANUNGSAMT 2012; REGION KÖLN/BONN E.V. 2010). Allerdings erfolgt keine Realisierung der Gesamtmaßnahme, wie sie im Rahmen der Regionale 2010 entwickelt wurde. Mithilfe eines entwickelten Gestaltungshandbuchs wird versucht, in gewissen zeitlichen Abschnitten Gestaltungsideen zu realisieren. Als Impulsprojekt gilt die Aufwertung des Bereiches am Alten Zoll (REGION KÖLN/BONN E.V. 2010).

Die Umgestaltung des Bereichs „Beethovenareal“ war bei der Planung eng verbunden mit dem Umbau der Beethovenhalle zur Festspielhalle. Da diese allerdings nun nicht mehr verwirklicht wird und die Beethovenhalle derzeit nur saniert wird, gibt es

nach Auskunft der Stadt keine konkreten Planungen für die Aufwertung des Beethovenareals. Dennoch ist das Projekt weiterhin im Masterplan „Innere Stadt“ Bonn und dem Leitbild „Urbanes C“ verankert. Im Zuge dessen werden die Maßnahmen durch die Aufwertung und die Gestaltung des Rheinuferes und der Rheinpromenade dargestellt. Im Uferbereich der Beethovenhalle bestehen hohe Gestaltungsdefizite und damit wird der Bereich seiner repräsentativen Funktion nicht mehr gerecht. Ziel soll es sein, die Flächen im Sinne ihres denkmalwürdigen Charakters aufzuwerten und die Verknüpfungswirkung durch eine bessere Verbindung der Beethovenhalle und des Stiftsplatzes aufzubessern (BUNDESSTADT BONN STADTPLANUNGSAMT 2012). Dabei sind verschiedene Aufwertungsmaßnahmen geplant. Darunter fallen folgende Maßnahmen:

- zur besseren Orientierung und Zugänglichkeit (Hinweise in der Innenstadt zum Rheinufer, Verbindung zum Stiftsplatz schaffen)
- zur Verbesserung der Gestaltung und Aufenthaltsqualität (durchgehendes Gestaltungsschema, Reduzierung des fahrenden und ruhenden Verkehrs, Aufwertung der Grünflächen)
- sowie zur Verbesserung des Bauzustandes (OBERBÜRGERMEISTER DER BUNDESSTADT BONN 2010).

Methoden

Konzept der Ökosystemleistungen

Ökosystemleistungen sind Leistungen, die den Menschen „einen direkten oder indirekten wirtschaftlichen, materiellen, gesundheitlichen oder psychischen Nutzen bringen.“ (NATURKAPITAL DEUTSCHLAND – TEEB DE 2012). Sie sind an der Schnittstelle von Stadtnatur und Gesellschaft angesiedelt und stellen somit einen Ansatz der Mensch-Umwelt-Verknüpfung dar. Da der Mensch auf unterschiedlichste Weise von den Leistungen der Natur profitieren kann, sollen durch diese Verknüpfungen die Beiträge der Natur dargestellt werden (KOWARIK ET AL. 2016). Das Konzept der Ökosystemleistungen ist in hohem Maße kontextabhängig, da es durch die natürlichen, ökonomischen und soziokulturellen Faktoren definiert wird (PLIENINGER ET AL. 2013).

Die ersten Ansätze des Konzeptes finden ihren Ursprung in den späten 1990er Jahre, wo dieser als wissenschaftlich galt und sich mit den Leistungs- und Nutzenpotenzialen von Ökosystemen für den Menschen auseinandersetzte. Die wissenschafts-politischen „Science-Policy-Interface“-Initiativen

und Organisationen, die sich im letzten Jahrzehnt entwickelten, haben sich mit der Einführung, der weiteren Verbreitung und der Institutionalisierung des Konzeptes beschäftigt (BREUSTE ET AL. 2016: 130).

Table 1: *Urbane Ökosystemleistungen*

Versorgend <i>Güter von Ökosystemen</i>	Regulierend <i>Nutzen von ökosystemaren Prozessen</i>	Kulturell <i>Intangible Güter von Ökosystemen</i>
<ul style="list-style-type: none"> - Nahrung - Frischwasser - Holz - Medizin 	<ul style="list-style-type: none"> - Klimaregulation - Wasserreinhaltung - Bestäubung - Erosionskontrolle 	<ul style="list-style-type: none"> - Tourismus - Naherholung - Landschaft - Spiritualität
<p>Unterstützend <i>Ökologische Funktionen, welche Ökosystemdienstleistungen ermöglichen</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Habitat für Arten - Erhalt der genetischen Diversität 		

Ökosystemleistungen werden in vier Gruppen unterteilt (siehe Tab. 1). Die unterstützenden, welche als Grundvoraussetzung für andere Leistungen der Ökosysteme dienen, sowie die versorgenden Ökosystemleistungen, die als Güter zu verstehen sind, welche von Ökosystem hergestellt wurden. Die kulturellen, welche besonders durch die Funktion von Grünflächen gekennzeichnet sind, und die regulierenden Ökosystemleistungen, die einen indirekten Nutzen für Menschen erbringen und sich auf bestimmte Bereiche und Prozesse in Ökosystemen auswirken (BREUSTE ET AL. 2016: 131).

Bei den urbanen Ökosystemleistungen handelt es sich um Leistungen, die von Stadtökosystemen erbracht und von den Stadtbewohnern genutzt werden (GRUNEWALD U. BASTIAN 2012: 232). Im vorliegenden Projekt handelt es sich dabei hauptsächlich um die kulturellen, zu einem geringen Anteil aber auch um die regulierenden Ökosystemleistungen. Sie sind allgemein in der Stadt von großer Bedeutung, da sie als einzige direkt das menschliche Wohlbefinden und die Gesundheit beeinflussen (BREUSTE ET AL. 2016: 131). Ohne diese Ökosystemleistungen wäre die geforderte Lebensqualität der Menschen in der Stadt nicht möglich. Dies spiegelt sich in dem Zusammenhang von urbanen

Ökosystemleistungen mit dem Konzept der Lebensqualität in Städten, dem Happiness Index, wider. Die Stadtbewohner benötigen zur Befriedigung ihrer Bedürfnisse des alltäglichen Lebens einen Bedarf an Leistungen, welcher durch die Ökosystemfunktionen gedeckt wird (BREUSTE ET AL. 2016: 132). Durch die Nachfrage an Ökosystemfunktionen durch die Bewohner der Stadt, entwickeln sich diese Funktionen zu Ökosystemleistungen (BREUSTE ET AL. 2016: 133).

Betrachtet man die nachfolgenden Funktionen der urbanen Fließgewässer und der Stadtnatur, lässt sich feststellen, dass diese bedeutend für die städtischen Ökosystemleistungen sind. Wasserflächen zeigen dabei eine hohe Bedeutung als Ressourcen für die Naturerfahrung und Erholung auf, welche wiederum die Gesundheit und die Lebensqualität in Städten fördert. Des Weiteren sorgt die Verdunstung von Wasser aus den Oberflächengewässern zu einer verbesserten gesundheitlichen Situation in überwärmten Siedlungsbereichen. Die Stadtnatur dient hingegen als eine Art Katalysator zur Aufwertung von Stadtquartieren, was ebenfalls die Lebensqualität in Städten steigert (KOWARIK ET AL. 2016).

Fragebogen

Als eine Methode wurden Fragebögen erstellt und Besucher um das Untersuchungsgebiet der Beethovenhalle herum befragt. Es wurden 24 Personen befragt.

Die ersten beiden Fragen wurden gestellt um einen allgemeinen Überblick zu bekommen wie gut die befragte Person die Umgebung um die Beethovenhalle kennt (siehe Abb. 1). Die dritte Frage beschäftigte sich mit dem Hintergedanken ob eine bewusste Begehung der Umgebung stattfindet, bspw. durch Spaziergänge, oder ob sie lediglich einem Zweck dient wie z.B. dem Arbeitsweg (siehe Abb. 1). Frage 4 ging auf das Empfinden der Person gegenüber der Gestaltung der Nähe zum Rhein ein. Dadurch soll auf ein mögliches Bewusstsein für Stadtnatur und urbane Fließgewässer hingewiesen werden (siehe Abb. 1).

Die fünfte Frage diente dazu sich vorab einen Überblick zu verschaffen, inwieweit der Masterplan „Innere Stadt“ Bonn bekannt ist. Des Weiteren

sollte herausgefiltert werden was der zu Befragende von den geplanten Aufwertungen hält (siehe Abb. 1). Frage 6 und 7 zielten darauf ab der befragten Person die Möglichkeit zu geben, eigene Aufwertungsvorschläge nach ihrem Ermessen einzubringen oder auf die schon vorhandenen Vorschläge einzugehen. Danach soll untersucht werden ob die Person sich durch die Aufwertungen sowohl länger als auch öfters in der Umgebung um die Beethovenhalle herum aufhalten würde. Eingehend auf Frage 5, 6 und 7 soll bei der Auswertung festgestellt werden ob die geplanten Aufwertungen durch den Masterplan den Wünschen bzw. Vorstellungen der Bewohner entsprechen (siehe Abb. 1).

Die achte und neunte Frage beschäftigten sich näher mit der Rolle des Rheins. Dabei sollte untersucht werden wie die Wahrnehmung der Befragten des Rheines ist. Nehmen sie diesen bei dem Thema „Leben in der Stadt“ und beim Besuch der Beethovenhalle bewusst wahr? Ebenfalls wurden Merkmale zur Rolle des Rheins im Alltag erfragt um

FRAGEBOGEN

1. Wie oft halten Sie sich an der Beethovenhalle auf?

←—————→
Täglich 1x pro Woche 1x pro Monat 1x pro Jahr

2. Wie lange halten Sie sich an der Beethovenhalle auf?

←—————→
Mehrere Stunden Weniger als 1h Weniger als 30 Min. Paar Minuten

3. Aus welchem Grund besuchen Sie die Beethovenhalle?

- Spaziergang Konzertbesuch
 Arbeitsweg Mittagspause

4. Wie empfinden Sie die Gestaltung der Umgebung / die Umgebung?

←—————→
Gefällt mir sehr Gefällt mir Gefällt mir weniger Gefällt mir nicht

Wie empfinden Sie die Nähe zum Rhein?

←—————→
Gefällt mir sehr Gefällt mir Gefällt mir weniger Gefällt mir nicht

5. Ist der Masterplan „Innere Stadt Bonn“ bekannt?

- ja nein

Was halten Sie von der geplanten Umgebungsaufwertung durch den Masterplan „Innere Stadt Bonn“?

←—————→
Sehr gut Gut Eher schlecht Schlecht

6. Welche Aufwertung der Umgebung würden Sie vornehmen?

- Ausbau der Verbindung zwischen Stiftsplatz und Beethovenhalle
 Einheitliche Ausstattungselemente am gesamten Rhein
 Reduzierung des fahrenden & ruhenden Verkehrs
 Aufwertung der Grünflächen

7. Wenn die Umgebungsaufwertung in Ihrem Sinne (Frage 6) vorgenommen werden würde, wie oft würden Sie sich dann an der Beethovenhalle aufhalten?

←—————→
Täglich 1x pro Woche 1x pro Monat 1x pro Jahr

Wenn die Umgebungsaufwertung in Ihrem Sinne (Frage 6) vorgenommen werden würde, wie lange würden Sie sich dann an der Beethovenhalle aufhalten?

←—————→
Mehrere Stunden Weniger als 1h Weniger als 30 Min. Paar Minuten

8. Spielt der Rhein beim Thema „Leben in der Stadt“ für Sie eine Rolle?

←—————→
Sehr stark Gar nicht

Welche Rolle spielt der Rhein für Ihren Besuch an der Beethovenhalle?

←—————→
Zentral Irrelevant

9. Welche Rolle spielt der Rhein für Sie persönlich im Alltag?

- Verbesserung des Stadtklimas sozialer Aspekt
 Erholung Ästhetik Lebensqualität

10. Wie stehen Sie zu den derzeit laufenden Veränderungen am Alten Zoll?

←—————→
Sehr gut Gut Eher schlecht Schlecht

11. Wenn Sie den Aufenthalt am Alten Zoll mit dem der Beethovenhalle vergleichen müssten: Wo halten Sie sich länger und öfter auf?

Häufigkeit: ←—————→
Häufiger Gleich Weniger am Alten Zoll

Dauer: ←—————→
Länger Gleich Kürzer am Alten Zoll

Abbildung 1: Fragebogen

mögliche Verknüpfungen zu Ökosystemleistungen schließen zu können (siehe Abb. 1). Bei den letzten beiden Fragen wurde eine Verknüpfung zum Aufenthalt am Alten Zoll hergestellt. Es sollte herausgefunden werden inwieweit die Veränderungen dort wahrgenommen werden. Des Weiteren sollte durch den Aufenthaltsvergleich die Wirkung der Veränderungen aufgegriffen werden (siehe Abb. 1). Abschließend wurden noch zwei demographische Fragen gestellt. Zum einen wurde das schon zuvor gruppierte Alter erfragt um mögliche Vergleiche zwischen Altersklassen ziehen zu können. Zum anderen wurde nach dem Wohnort gefragt um auf die Wahrnehmung zwischen den Bewohnern der Stadt Bonn und den Besuchern eingehen zu können.

Indikatoren

Die Entwicklung von Indikatoren dient zur bundesweiten Erfassung und Bewertung von Ökosystemleistungen. Hintergrund ist dabei die Maßnahme 5 der EU-Biodiversitätsstrategie, die vorsieht, dass alle Mitgliedstaaten den Zustand und die Leistungen ihrer Ökosysteme bis 2020 kartieren und bewerten. Im Rahmen eines Forschungsprojektes von 2014 bis 2016 sollten Indikatoren zum flächendeckenden Monitoring von Ökosystemen und ihren Leistungen entwickelt werden (WALZ ET AL 2015: 279), dies geschah in enger Zusammenarbeit des Bundesamtes für Naturschutz (BfN) mit dem Schweizerischen Bundesamt für Umwelt (BAFU) und dem Österreichischen Umweltbundesamt (UBA), die beide zuvor schon Indikatoren entwickelt hatten (BfN 2015: 5). Da die Entwicklung von Indikatoren noch nicht sehr weit fortgeschritten und die ersten Forschungsprojekte überwiegend vom Bundesamt für Naturschutz geleitet wurden, wurde sich während des Projektes überwiegend auf diese bezogen.

Im Rahmen des Projektes waren insbesondere die kulturellen Ökosystemleistungen, die durch das Beethovenareal erbracht werden können interessant. Nach der internationalen Klassifikation werden kulturelle Leistungen in verschiedene Teilleistungen gegliedert. Allerdings gibt es bei diesen Teilleistungen häufig das Problem der unterschiedlichen Definition. Daher wurde sich vorläufig auf die Leistung „Erholung in Verbindung mit Naturerleben und Ästhetik“ konzentriert (BfN 2015: 35).

Das Bundesamt für Naturschutz entwickelte im Rahmen der kulturellen Ökosystemleistung „Erholung in der Stadt“ Vorschläge für Indikatoren. Darunter fallen zum einen die „Erreichbarkeit von Grünflächen in Stadt“ sowie der „Anteil von Grünflächen am Gemeindegebiet und ergänzend deren Erreichbarkeit“ (BfN 2015: 40). Der Indikator der Grünversorgung bezieht die erholungswirksamen Grünflächen mit ein, welche der Bevölkerung in fußläufiger Entfernung, etwa 500m Luftliniendistanz, zur Verfügung stehen. „Nach Möglichkeit sollte auf 100 Prozent des Stadtgebietes eine fußläufige Erreichbarkeit von öffentlich zugänglichen Grünflächen gegeben sein“ (WALZ ET AL 2015: 286). Sowohl die grüne Infrastruktur, die naturnahen Flächen und Wälder, als auch Parks und Grünflächen übernehmen in den Städten die Funktion der „Erholung in Verbindung mit Naturerleben und Ästhetik“. Sie tragen zudem insbesondere zur psychischen und physischen Regeneration der Bewohner bei. Neben der Betrachtung der Versorgung mit Erholungsflächen im Sinne von Anteil und Qualität ist auch deren Erreichbarkeit und öffentliche Zugänglichkeit von Bedeutung (WALZ ET AL 2015: 284). Neben den messbaren Indikatoren spielen aber auch immer individuelle Faktoren der Wahrnehmung eine Rolle. Stadtnatur und deren Erholungsfunktion sind dabei ein wichtiger Punkt (KOWARIK ET AL. 2016). Außerdem steht im Zusammenhang mit der kulturellen Bedeutung von Landschaft auch immer die identitätsstiftende Form als Teil der Heimat im Vordergrund (BfN 2015: 35). Diese subjektiven Aspekte der Wahrnehmung von kulturellen Ökosystemleistungen sollten durch eine Besucherbefragung vor Ort aufgenommen werden.

Ergebnisse

Um mit Hilfe von Indikatoren unser Untersuchungsgebiet einschätzen zu können, haben wir mit unterschiedlichen Karten gearbeitet, die das Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung auf seiner Homepage „Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung (IÖR-MONITOR©LEIBNIZ-INSTITUT FÜR ÖKOLOGISCHE RAUMENTWICKLUNG)“ zur Verfügung stellt. Es werden interaktive Karten zur Verfügung gestellt, die unter anderem die Thematik Ökosystemleistungen aufgreifen und anhand von unterschiedlichen Indikatoren diese grafisch darstellen, unter anderem anhand des Indikators „Erreichbarkeit naher städtischer Grünflächen“, der in Verbindung mit dem Beethovenareal am

passendsten erachten ist. Allerdings sind diese Daten nur allgemein für die gesamte Stadt Bonn erhoben worden und somit liegen keine kleinräumigen Daten vor. Als räumliche Ausdehnung zur Darstellung der Karte wurde daher das Bundesland NRW gewählt, um vielleicht auch noch einen Vergleich zu anderen Städten ziehen zu können. Es lässt sich festhalten, dass Bonn mit etwa 76,6 % eher im schlechteren Bereich liegt, was die Erreichbarkeit naher städtischer Grünflächen betrifft. Der in Abbildung 2 dargestellte Indikator der „Erreichbarkeit naher städtischer Grünflächen stellt „die Erreichbarkeit sowohl naher als auch größerer öffentlicher Grünflächen, gemessen an der in fußläufiger Entfernung wohnenden Bevölkerung im Verhältnis zur Gesamtbevölkerung der jeweiligen Stadt (Mittel- und Großstädte ab 50.000 Einwohnern) [dar]. Mit dem Indikator wird der Anteil der Bevölkerung ermittelt, der wohnungs- und quartiersnah fußläufig erreichbare öffentliche Grünflächen vorfindet“ (IÖR-MONITOR©LEIBNIZ-INSTITUT FÜR ÖKOLOGISCHE RAUMENTWICKLUNG).

Diese Bedeutung der Erreichbarkeit hat sich auch in der Befragung widerspiegelt. Von den Befragten, die aus Bonn stammten (16), kamen insgesamt zehn aus den Stadtteilen Zentrum, Altstadt oder Nordstadt, die in Nähe zur Beethovenhalle gelegen sind. Neben der Erreichbarkeit von Grünflächen spielt, wie bereits erwähnt aber auch die Qualität und Wahrnehmung der für die Erholung genutzten

Flächen eine besondere Rolle. In Bonn gilt der Rhein ganz klar als Imageträger der Stadt und mit dem Projekt „Stadt zum Rhein – Bonn“ soll das Image gestärkt werden. So kann man davon sprechen, dass der Rhein die identitätsstiftende Funktion als Teil der Heimat im Sinne einer kulturellen Dienstleistung einnimmt. Die Ergebnisse der Befragungen spiegeln diese Annahmen ganz klar wieder. 100 % der Befragten gaben an, dass ihnen die Nähe zum Rhein „sehr gut“ gefällt. Auch die Rolle des Rheins beim Besuch der Beethovenhalle ist für 75% der Befragten „zentral“. Lediglich 16,7% gaben an, dass der Rhein für den Besuch „irrelevant“ sei. Auch beim Leben in der Stadt spielt der Rhein für 75% der Befragten eine „zentrale“ Rolle. Für 20,8% ist dieser immer noch „halbwegs zentral“ und für gerade einmal 4,2% spielt er keine Rolle. Bei den Befragungen wurde auch nach der persönlichen Rolle des Rheins im Alltag gefragt. Eine Vielzahl der Befragten gab an, dass der Rhein zur persönlichen Lebensqualität beiträgt (13 von 24) und noch mehr gaben den Rhein als Erholungsfunktion an (21). Als Grund des Besuches der Beethovenhalle wird von über 70% der Befragten ein Spaziergang angegeben, was die Erholungsfunktion noch einmal herausstellt. Die Qualität der Grün- bzw. Freiflächen spielt allerdings bei der Erholungsfunktion von Stadtnatur auch immer eine große Rolle. So wird die Umgebung der Beethovenhalle weniger positiv wahrgenommen. 70,8 % der Befragten gefällt die

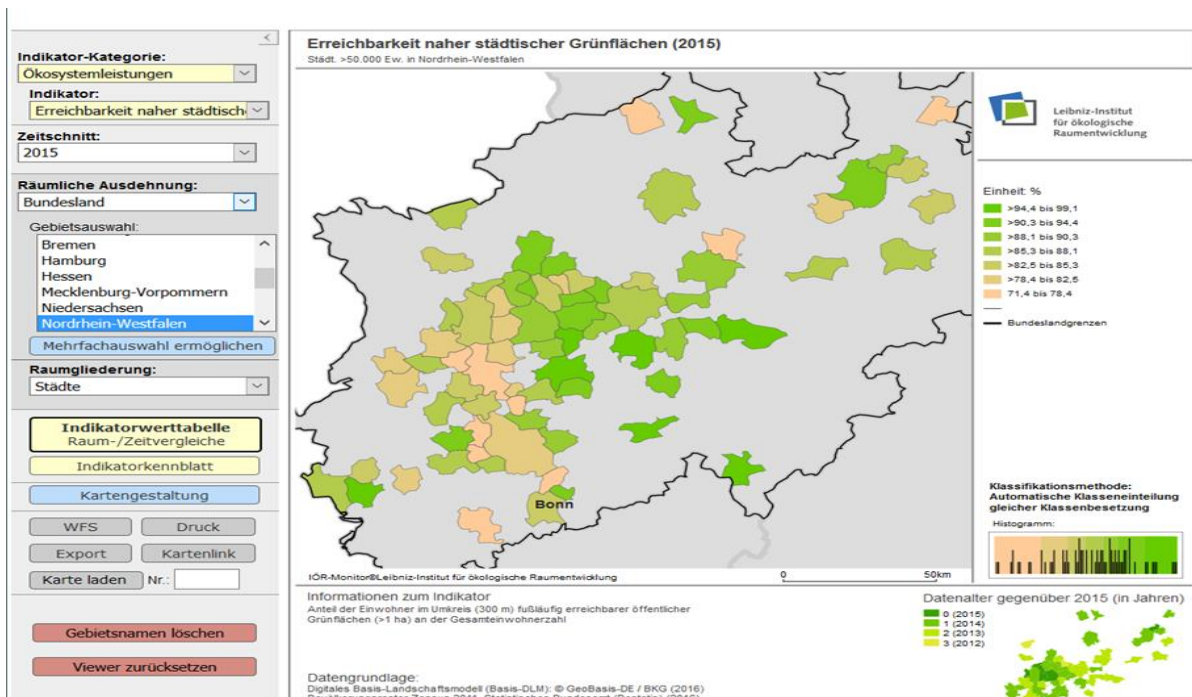


Abbildung 2: Erreichbarkeit von Grünflächen (Quelle: IÖR-Monitor© Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung)

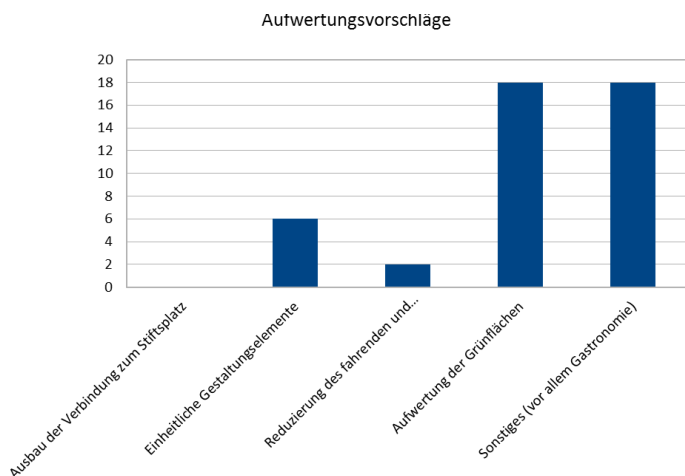


Abbildung 3: Aufwertungsvorschläge der Befragten

Gestaltung der Umgebung „nicht bis gar nicht“. Dies spiegelt sich auch an der Aufenthaltsdauer des Besuches wieder. 62,5% geben an sich nur wenige Minuten an der Beethovenhalle aufzuhalten. Sie passieren diese quasi nur während ihres Spaziergangs. Auffällig ist ebenfalls, dass sich am alten Zoll, an dem bereits Aufwertungsmaßnahmen in Form der Sanierung des alten Gemäuers vorgenommen wurden, deutlich länger und öfter aufgehalten wird (62,5% häufiger, 58,3% länger). Zudem werden die geplanten Umgebungsaufwertungen insgesamt positiv eingeschätzt und deren Umsetzung könnte zu einem längeren und häufigeren Aufenthalt führen. Bei den Aufwertungsvorschlägen wird vor allem auf die Aufwertung der Grünflächen sowie auf das Schaffen von gastronomischem Angebot Wert gelegt (jeweils 18 der 24 Befragten) (siehe Abbildung 3). Dies ist ebenfalls wieder auf die Bedeutung der Erholungsfunktion zurückzuführen.

Diskussion (Reflektion ÖSL)

Es ist festzuhalten, dass das Konzept der Ökosystemleistungen allgemein ein gutes Bewertungsschema für den städtischen Erholungsraum ist, da sie direkte und erhebliche Beiträge zur Lebensqualität in der Stadt beitragen. Es unterstützt die Schärfung des gesellschaftlichen und politischen Bewusstseins für den Wert von Ökosystemen und Landschaften.

Weiterhin ist festzustellen, dass die kulturellen ÖSL schwer ersetzbar sind. Sie müssen jedoch einer möglichen Weiterentwicklung unterzogen werden, da sie bis zum jetzigen Zeitpunkt in der Forschung im Vergleich zu den anderen ÖSL vernachlässigt

worden sind. Ein weiterer Kritikpunkt ist, dass die kulturellen Ökosystemdienstleistungen entscheidend von den menschlichen Wahrnehmungs- und Bewertungsmustern abhängen. Somit erweist sich eine Verallgemeinerung der Bedürfnisse aufgrund der subjektiven Einflüsse als schwierig.

Möglicherweise hätte man mit dem bereits erwähnten Konzept der Lebensqualität in Städten noch genauer auf die vorhandenen kulturellen Ökosystemleistungen und deren Indikatoren eingehen können. Dies hätte zwar eine leichtere Erstellung von Indikatoren ermöglicht, jedoch eine Verallgemeinerung nicht vereinfacht.

Fazit

Das Ökosystemleistungskonzept soll die Schärfung des gesellschaftlichen und politischen Bewusstseins der Menschen gegenüber von Ökosystem stärken. Es soll ihnen verdeutlichen, dass sie auf die Funktionen der Natur angewiesen sind. Einen Fortschritt dieser Schärfung kann man im Verlauf der letzten Jahre erkennen, wo die Bedeutung der Ökosystemleistungen von naturnahen Gewässern, bspw. dem Rhein, besonders für die Lebensqualität in urbanen Gebieten zugenommen hat.

Des Weiteren geht aus dem Projekt hervor, dass der Rhein eine wichtige Bedeutung im Leben der Befragten spielt, besonders im Bereich der Erholung. Er ist entscheidend für den Umgebungsbesuch der Beethovenhalle, nicht die Umgebung selbst. Jedoch ist auch zu erwähnen, dass sich die Aufenthaltsdauer durch die Umgebungsaufwertung bei vielen der Befragten verlängern würde, obwohl die Umgebung einen zweitrangigen Grund des Besuches spielt. In der großen Bedeutung des Rheins spiegelt sich auch die Akzeptanz der befragten Personen für das Konzept „Stadt zum Rhein – Bonn“ durch den Masterplan „Innere Stadt“ Bonn wider.

Jedoch darf man nicht außer Acht lassen, dass die entstandenen Ergebnisse nicht grundsätzlich als allgemein gültig anerkannt werden können, da nur 24 Personen befragt worden sind. Dies verdeutlicht wiederum die Schwierigkeit der Verallgemeinerung zu den Bedürfnissen aller Stadtbewohner.

Eingehend auf die Forschungsfrage „Wie können Freiräume als Ökosystemleistungen zur Verbesserung der Lebensqualität in der Stadt beitragen?“

zeigen die Auswertungen auf, dass urbane Freiräume den Bewohnern zur Erholung dienen. Ebenfalls verändern sie die Wahrnehmung der Stadtnatur positiv indem sie den Menschen ein Naturerlebnis bieten. Aber auch die Verbesserung des Stadtklimas durch Freiräume ist deutlich zu verzeichnen. Somit ist zu erkennen, dass die Freiräume sowohl als regulierende als auch als kulturelle Ökosystemleistungen zur Verbesserung der urbanen Lebensqualität beitragen.

Literaturverzeichnis

- BREUSTE, J., PAULEIT, S., HAASE, D. u. M. SAUERWEIN (2016): *Stadtökosysteme. Funktion, Management und Entwicklung.* (Springer Verlag) Berlin, Heidelberg. S. 130 – 146.
- BUNDESSTADT BONN STADTPLANUNGSAMT (Hrsg.) (2012): *Masterplan „Innere Stadt“* Bonn. Bonn, Dortmund, Schwerte
- BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (Hrsg.) (2015): *Empfehlungen zu Entwicklung bundesweiter Indikatoren zur Erfassung von Ökosystemleistungen. Diskussionspapier.* (Druckerei des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB)). Bonn.
- GRUNEWALD, K. u. O. BASTIAN (2012): *Ökosystemdienstleistungen. Konzepte, Methoden und Fallbeispiele.* (Springer Verlag) Berlin, Heidelberg. S. 232
- IÖR-MONITOR@LEIBNIZ-INSTITUT FÜR ÖKOLOGISCHE RAUMENTWICKLUNG (o.J.): *Erreichbarkeit naher städtischer Grünflächen.* Abrufbar unter: <http://www.ioer-monitor.de/index.php?id=8&SetReset=1&Kategorie=O&Indikator=O01RG&RaumebeneGewaeahlt=Deutschland> (letzter Abruf: 28.02.2017)
- IÖR-MONITOR@LEIBNIZ-INSTITUT FÜR ÖKOLOGISCHE RAUMENTWICKLUNG (o.J.): *Indikatorenkennblatt. Erreichbarkeit naher städtischer Grünflächen.* Abrufbar unter: <http://www.ioer-monitor.de/karten/karten/kennblatt/?L=0> (letzter Abruf: 28.02.2017)
- KOWARIK, I., BARTZ, R. u. M. BRENCK (Hrsg.) (2016): *Ökosystemleistungen in der Stadt. Gesundheit schützen und Lebensqualität erhöhen. Naturkapital Deutschland – TEEB DE.* (Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ) Berlin, Leipzig.
- OBERBÜRGERMEISTER DER BUNDESSTADT BONN (Hrsg.) (2010): *Bonn: Stadt zum Rhein. Gestaltungshandbuch.*
- PLIENINGER, T., BIELING, C., DINTER, Y., GERDES, H., OHNESORGE, B., SCHAICH, H., SCHLEYER, C., TROMMLER, K. u. F. WOLFF (2013): *Politikpapier: Kulturlandschaften entwickeln - Ökosystemleistungen stärken.* (Natur und Landschaft) Berlin.
- REGION KÖLN/BONN E.V. (Hrsg.) (2010): *Regionale 2010. #14 Stadt zum Rhein Bonn.* Abrufbar unter: http://www.regionale2010.de/fileadmin/_migrated/content_uploads/_14-Stadt-zum-Rhein-Bonn-Steckbrief.pdf
- WALZ, U., GRUNEWALD K., HENDRIK, H., RICHTER, B., SYBRE, R., MEINEL, G. u. S. MARZELLI (2015): *Bundesweite Indikatoren zur Ökosystemleistungen.* In: MEINEL, G., SCHUHMACHER U., BEHNISCH, M. u. T. KRÜGER (Hrsg.): *Flächennutzungsmonitoring VII. Boden – Flächenmanagement – Analysen und Szenarien.* (Rhombos-Verlag). Berlin. IÖR-Schriften, 67. S.279-288

3 Eine Potentialanalyse Grüner Infrastruktur am Beispiel von Gründächern in Bonn

Katrin Manteufel und Sabine Kroschel

Abstract

In der Bonner Innenstadt kommt es v.a. im Sommer häufig zu extremem Stadtklima, das eine gesundheitliche Belastung für die Bevölkerung darstellen kann. Es wurden Planungshinweise erarbeitet, die eine Entsiegelung der Flächen, sowie eine Erhöhung des Begrünungsgrades vorsehen. Die Innenstadt ist jedoch durch eine dichte Bebauung gekennzeichnet, sodass eine Umsetzung der Planungshinweise als schwierig erscheint. Allerdings stellen die größtenteils ungenutzten Flachdächer der Stadt, Potenzialflächen für den Einsatz von Grüner Infrastruktur zur nachhaltigen Verbesserung des Stadtklimas dar. Die positiven Auswirkungen von Gründächern werden im Kontext des Ökosystemansatzes vorgestellt. Diese sind durch eine Multifunktionalität gekennzeichnet und bieten darüber hinaus diverse Anwendungsmöglichkeiten, die in der Diskussion betrachtet werden sollen. Das Ergebnis der Analyse bestätigt, dass durch den Einsatz von Grüner Infrastruktur, hier am Beispiel von Gründächern, viele positive Effekte herbeigeführt werden könnten, die den Kulturraum Stadt sowohl ökologisch als auch kulturell nachhaltig verbessern könnten.

Keywords: *Gründächer, grüne Infrastruktur, Stadtklima, Hitzestress, Bonn*

Einleitung

Durch die globalen Klimaveränderungen nehmen extreme Wetterereignisse deutlich an Häufigkeit zu. In Sommermonaten führen langanhaltend hohe Temperaturen zu Smogentwicklungen oder Hitzestaus auf städtischem Gebiet. Die somit negativ beeinflusste Luftqualität führt immer häufiger zu gesundheitlicher Belastung der Bevölkerung (UMWELTBUNDESAMT 2017). Auch gegensätzliche Extrema, wie Starkregenereignisse können auf städtischem Gebiet schnell problematisch werden, wenn anstehende Wassermassen nicht schnell genug von der Kanalisation aufgenommen und abgeführt werden können.

Eine Verbesserung dieser unterschiedlichen Problematiken ist mit Hilfe von Grüner Infrastruktur herbei zu führen. Unter dem Begriff Grüner Infra-

struktur versteht man allgemein die „nachhaltige[n] Verbesserung der natürlichen Umwelt und der Klima- und Umweltbedingungen zugunsten der Biodiversität und der Menschen in Quartieren, Städten und Stadtumlandgebieten (...)“ (GRÜNE INFRASTRUKTUREN NRW 2014). Dank der Integration von Grünflächen, wie z.B. Gründächer und Grünfassaden, in den städtischen Raum wird die Natur der urbanen Bevölkerung näher gebracht und erfüllt unterschiedliche Dienstleistungen für diese. Positive Effekte der Grünen Infrastruktur, lassen sich an Hand des Konzeptes der Ökosystemdienstleistungen verdeutlichen, die sich aus bereitstellenden, regulierenden, unterstützenden und kulturellen Dienstleistungen zusammen setzen.

Die genannten Problematiken machen sich in Bonn speziell im Sommer in Form von Hitzestress in der Innenstadt bemerkbar (STADTPLAN.BONN.DE 2016).

Dieser wird durch den hohen Versiegelungsgrad und die geographische Lage am südlichen Ende der Niederrheinischen Bucht und der damit verbundenen Kessellage bedingt. Die Relevanz des Themas ist somit in Bonn gegeben und rechtfertigt eine Potenzialanalyse für den Einsatz von Grüner Infrastruktur. Im Folgenden werden besonders Gründächer als eine Art der Grünen Infrastruktur beleuchtet. Hierbei wurden im Forschungsprozess die Frage behandelt welche Dächer im Untersuchungsgebiet, Bonner Innenstadt, als ein mögliches Potenzial für eine Begrünung besitzen. Außerdem wird der Frage nachgegangen welche positiven Auswirkungen Gründächer auf die klimatischen Problematiken haben und welcher Nutzen für die urbane Bevölkerung besteht.

Von *extremem Stadtklima* wird gesprochen, wenn v.a. im Sommer eine hohe Wärmebelastung gegeben ist, die negative Auswirkungen auf den menschlichen Organismus haben kann. Hierbei fällt oftmals der Begriff *Schwüle*, der die Auswirkungen allerdings nur unzureichend charakterisiert (STADTENTWICKLUNGSPLANUNG BONN 1990). Thermische Belastungen in Form von *Hitzestress*, können negative Auswirkungen auf die Arbeitseffizienz, das Wohlbefinden und die Gesundheit der Bevölkerung ausüben (Fröhlich, D., Matzarakis, A. 2011). Die

Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet liegt innerhalb der Bonner Innenstadt und wird durch einen Bereich mit *extremem Stadtklima* definiert. Die Abgrenzung orientiert sich an der Analyse eines Klimagutachtens aus dem Jahr 1990 und wird im Stadtplan der Bundesstadt Bonn (STADTPLAN.BONN.DE 2016) visualisiert. Der in Abb. 1 kräftig rot eingefärbte Bereich zeigt die Fläche mit *extremem Stadtklima*, die eine gute Untersuchungsgrundlage für das Projekt darstellt (BUNDESSTADT BONN 2017).

Wärmebelastung wird häufig durch Wärmespeicherung von Gebäuden durch solare Einstrahlung ausgelöst und kann in der Bonner Innenstadt durch schlechte Durchlüftungsverhältnisse, aufgrund niedriger Windgeschwindigkeiten, verstärkt werden. Zudem ist der Innenstadtbereich durch eine geringe nächtliche Abkühlung gekennzeichnet (Stadtentwicklungsplanung Bonn 1990).

Das Untersuchungsgebiet erstreckt sich von nördlich des Bertha-von-Suttner-Platzes bis etwas nördlich des Hauptbahnhofes, sowie vom Stadthaus bis

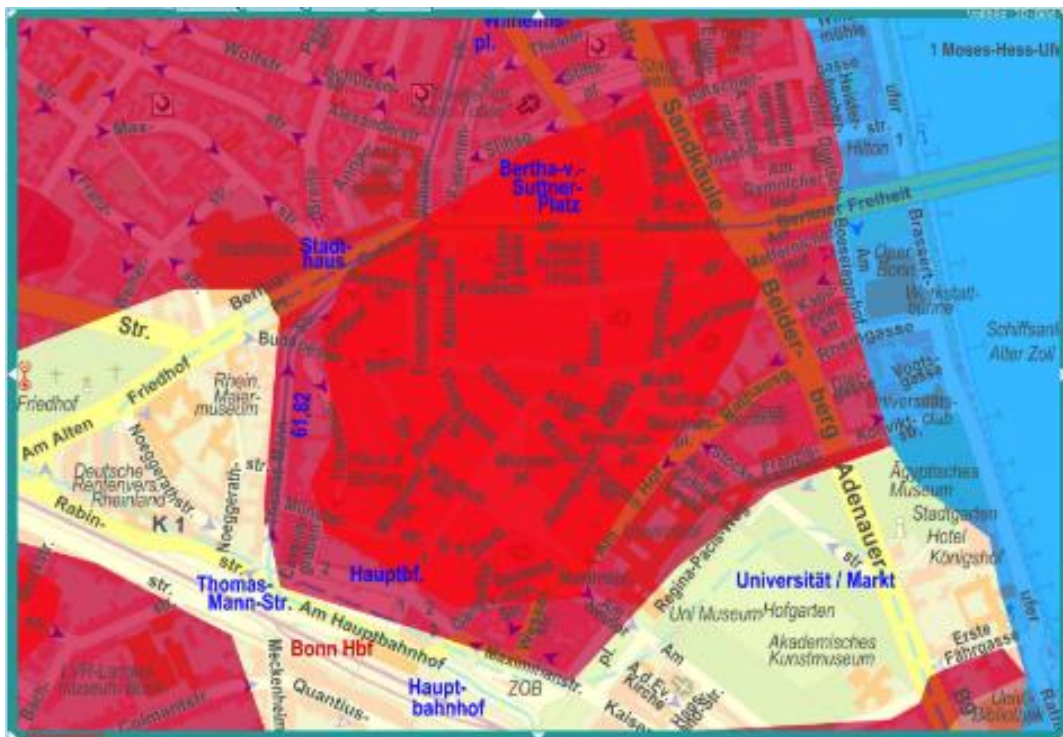


Abbildung 1: Kräftig rot gefärbter Bereich in der Bonner Innenstadt mit *extremem Stadtklima*. Lilarot = ausgeprägtes Stadtklima; Blau = Klima der gewässernahen Bereiche. (Quelle: STADTPLAN.BONN.DE 2016)

zur Universität und deckt somit den größten Teil der Bonner Innenstadt, sowie der Fußgängerzonen, ab. Das Gebiet ist v.a. durch eine dichte Bebauung, sowie durch eine starke Bodenversiegelung gekennzeichnet (STADTENTWICKLUNGSPLANUNG BONN 1990). Die Fläche wird überwiegend von Einzelhandelsstandorten, sowie Wohnflächen genutzt.

Für den Bereich des Untersuchungsgebietes wurden im Auftrag der Stadt Bonn, von der Gesellschaft für angewandte Geowissenschaften (GefaG), Planungshinweise erarbeitet. Diese sind ebenfalls im Stadtplan Bonn visualisiert und lauten für das Untersuchungsgebiet: „Entsiegeln und Begrünungsgrad erhöhen“. Nun stellt sich jedoch die Frage, inwiefern eine Umsetzung in der dicht bebauten Innenstadt möglich ist. Dies bildet die Grundlage des Projektes, indem versucht wird, eine Möglichkeit zur Umsetzung der Planungshinweise aufzuzeigen, um die Situation des extremen Stadtklimas zu verbessern.

Methoden

Nach der Abgrenzung des Untersuchungsgebiets wurden folgende methodische Herangehensweisen gewählt um das Gebiet entsprechend erforschen zu können. Neben der empirischen Vorgehensweise wird auch ein theoretisches Konzept vorgestellt, dem die Arbeit zu Grunde liegt.

Theoretische Grundlage des Ökosystemansatzes

Der Ökosystemansatz ist ein Konzept, welches sich mit natürlichen Dienstleistungen auseinandersetzt, die von der Natur zur Verbesserung der Lebensbedingungen des Menschen bereitgestellt werden kann (NATURKAPITAL DEUTSCHLAND 2015). Hierbei geht es über die reine Bereitstellung von Ressourcen (z.B. Wasser) hinaus und beinhaltet die aktive Mitwirkung an der Verbesserung der Lage des Menschen (z.B. natürliche Filterung des Wassers durch den Boden). Der Ökosystemansatz unterscheidet unterstützende, bereitstellende, regulierende und kulturelle Dienstleistungen (GRUNEWALD, K., BASTIAN, K. 2012). Der Anwendungsbereich des Konzepts beschränkt sich, bei den Potenzialflächen von Gründächern, weitestgehend auf die regulierenden und die kulturellen Dienstleistungen. Eine regulierende Dienstleistung haben die Gründächer im Bezug auf ihren positiven Effekt auf

das Stadtklima. Sie tragen zur Minderung des Hitzestresses bei und verbessern die Luftqualität. Darüber hinaus verfügen Gründächer, sobald sie für Menschen zugänglich sind, außerdem über eine kulturelle Funktion als Aufenthalt-, Treff- oder Veranstaltungsort.

Empirische Feldarbeit

Die Erhebung des Ist-Zustandes an Stadtgrün im Untersuchungsgebiet erfolgte durch eine Kartierung. Bei der empirischen Feldarbeit wurden auf einzelnen Kartenblättern im Maßstab 1:1500 (ESRI 2017) die einzelnen Baumstandorte und vorhandenen Grünflächen kartiert. Auch weitere Vertreter von Grünen Infrastrukturen, wie einzelne Grünfassaden und bestehende Gründächer, wurden in die Kartierung mit aufgenommen. In einem weiteren Schritt dienten hohe Gebäude in der Innenstadt als Aussichtspunkte, von denen aus bereits einige Dächer überschaut werden konnten. Auf diesen Wegen wurden Potentialflächen für Grünbedachung ebenfalls kartiert.

Satellitenbildauswertung

Die empirisch begonnene Analyse der Potentialflächen für Grünbedachung wurde im Anschluss durch eine Auswertung von Satellitenbildern fortgeführt. Hierfür wurde das Geoportal NRW (GEOPORTAL.NRW.DE 2017) genutzt, um Flachdächer innerhalb des Untersuchungsgebietes zu erkennen. Die Auswahl erfolgte generell nach dem Kriterium ob ein Dach flach ist und eine ebene Oberfläche aufweist. Dächer mit großen Entlüftungsanlagen oder Fenstern wurden außen vor gelassen. Zudem wurden nur Flachdächer ab einer ungefähren, geschätzten Größe von 30 m² als Potenzialflächen aufgenommen, da sich der Effekt sonst meistens nicht mit dem zu leistendem Aufwand vereinbaren lässt. Dennoch können gerade auch kleinere Dachflächen (oft in Privatbesitz) ebenfalls als Grünfläche in Form von angelegten Gärten erschlossen werden.

ArcGIS

Die Auswertung der empirischen Feldarbeit und der Satellitenbildauswertung wurde mit Hilfe des Programmes ArcGIS vorgenommen. Als Grundlage diente eine Karte von ESRI, die aufgrund ihrer ge-

nauen Abbildung von allen einzelnen Gebäuden ausgewählt wurde (ESRI 2017). In folgenden Schritten wurden jeweils einzelne Layer für die gewünschten Inhalte der Karte erstellt. Die Abgrenzung des Untersuchungsgebietes, die Stadtbäume, sowie vorhandene Grünflächen und Gründächer wurden von der empirischen Feldarbeit übernommen und als Punkte bzw. Polygone dargestellt. Die Potenzialflächen wurden von der Satellitenbildauswertung übertragen und durch nachzeichnen der einzelnen Dachflächen, mit Polygonen gekennzeichnet. Die Kartierungsergebnisse sind durch unterschiedliche Farbgebung klar voneinander zu unterscheiden und es kann ein schneller Überblick über den Ist-Zustand und die ermittelten Potenzialflächen gewonnen werden.

Expertengespräch

Methodisch wurde neben der empirischen Arbeit und der Auswertung von Satellitenbildern auch ein Expertengespräch zur ausführlichen Informationsbeschaffung geführt. Im Bonner Stadthaus stand Herr Michels, vom Amt für Stadtgrün, für ein Expertengespräch bereit. Thematisch wurde über die Umsetzung von Projekten der Blauen und Grünen Infrastrukturen in der Bonner Innenstadt gesprochen. Hierbei wurde schnell deutlich, dass innerhalb des Untersuchungsgebietes aus Platzmangel kein Anwendungsbereich für Blaue Infrastruktur besteht.

Im Laufe des Gespräches wurde ebenfalls der Masterplan Innerer Stadt Bonn zur Sprache gebracht. Dieser Plan sieht unter anderem eine Erhöhung des Begrünungsgrades mit Hilfe der drei Leitmotive Urbanes C, grüne Trittsteine und der Bonner Promenade vor. Die in diesem Zusammenhang erstellte Liste zur Städtebauförderung, beinhaltet jedoch keine Projekte, die sich im Näheren mit Grüner Infrastruktur beschäftigen. Auf dieser Datengrund-

lage ist eine Potenzialanalyse für die Nutzung von Grüner Infrastruktur ein bisher nicht bearbeiteter Ansatz und rechtfertigt somit eine Untersuchung.

Ergebnisse

Mit Hilfe der angewandten Methoden, konnte eine Übersicht der in der Bonner Innenstadt vorhandenen Grünen Infrastruktur erstellt werden. Wie in Abb. 2 erkennbar, setzt sich diese aus Bäumen, Grünflächen und bereits vorhandenen Gründächern zusammen. Der Anteil dieser Grünen Infrastruktur ist im Vergleich zum versiegelten Flächenanteil in der Bonner Innenstadt jedoch sehr gering. Um das Stadtklima nachhaltig zu verbessern und die Planungshinweise der Stadt „Entsiegeln und Begrünungsgrad erhöhen“ umzusetzen, sollte ein Ausbau der Grünen Infrastruktur gefördert werden. Eine Umsetzung der Planungshinweise ist jedoch nicht einfach, denn durch die sehr dichte Bebauung und die starke Flächennutzung, mangelt es scheinbar an potenziellen Flächen.

Auf der Suche nach alternativen Flächen sind die vielen vorhandenen Flachdächer aufgefallen, die größtenteils ungenutzt sind und somit Potenzialflächen für eine Umsetzung der Planungshinweise darstellen. Diese sind in Abb. 2 als orangene Flächen gekennzeichnet.

Gründächer stellen eine multifunktionale Möglichkeit dar, Flachdächer im Kontext des Ökosystemansatzes nutzbar zu machen. Sie können im Sinne der *regulierenden Dienstleistungen* positive Auswirkungen z.B. auf das Stadtklima, das Niederschlagswassermanagement, oder die Biodiversität ausüben (ANSEL, W. 2016). Im Folgenden sollen die Vorteile von Gründächern genauer betrachtet werden.

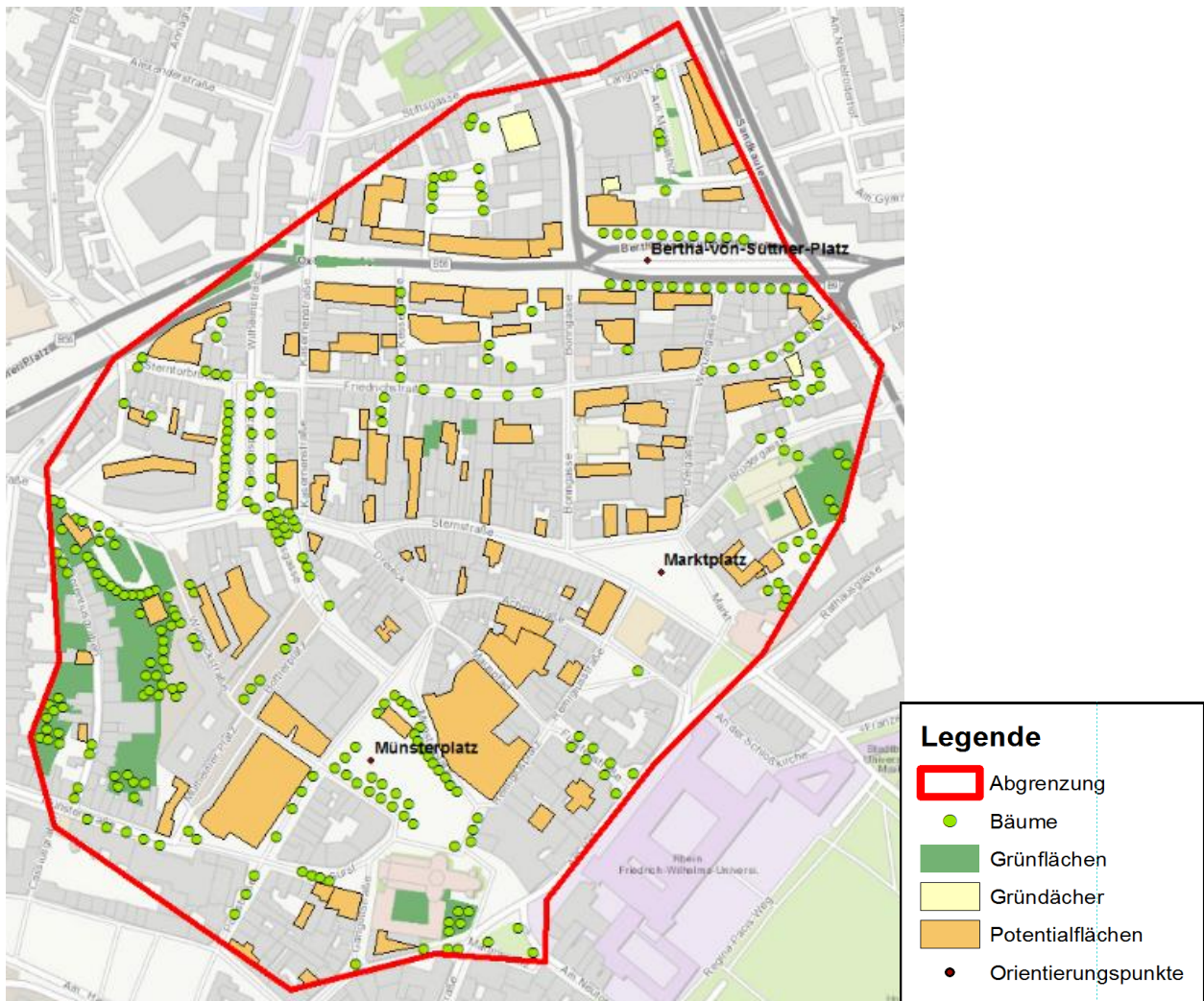


Abbildung 2: Kartierter Ist-Zustand des Untersuchungsgebietes in der Bonner Innenstadt, durch rote Linie abgegrenzt. (Quelle: Eigene Darstellung auf Kartengrundlage von ESRI 2017)

Klima und Lufthygiene

Gründächer können eine Minderung der Extremwerte von Dachoberflächen herbeiführen. An heißen Sommertagen heizen sich bepflanzte Dächer auf etwa 20 bis 25°C auf, während die Temperaturen bei Kiesdächern oder dunklen Bitumenpappen auf etwa 50 bis 80°C ansteigen können. Auch im Winter lässt sich dieser Trend beobachten, denn unbepflanzte Dächer können in kalten Winternächten auf bis zu -20 °C abkühlen, während die Temperatur bei Gründächern meist nur wenige Grad unter Null liegt. Dies hat nicht nur positive Auswirkungen auf die Haltbarkeit des Daches, sowie verbundene Kostenersparnisse, sondern kann auch erheblich zur Verbesserung des Stadtklimas beitragen (LHS 2010). Die Luft wird abgekühlt und be-

feuchtet, sodass ein Schutz vor Sommerhitze entstehen kann (LHS 2010; ANSEL, W. 2016).

Zudem sind die positiven Effekte aufzuführen, die Gründächer auf die Lufthygiene ausüben können. Wie alle Vegetationsflächen können sie zur Staubbindung beitragen, sodass es zur Reduzierung sommerlicher Feinstaubbelastungen und Smogentwicklungen kommen kann (LHS 2010).

Wasserhaushalt

Gründächer können außerdem wichtige Retentionsflächen darstellen, indem sie, je nach Bauart, um bis zu 50 bis 90% der Niederschläge zurückhalten können. Somit werden Abflussspitzen bei Starkregenereignissen reduziert und wichtige Beiträge zum Hochwasserschutz geleistet (ANSEL,

W. 2016). Ein großer Teil des gespeicherten Wassers kann schließlich durch Evapotranspiration abgeleitet werden und hat somit eine ausgleichende Wirkung auf den Wasserhaushalt (BENGTSSON ET AL. 2004).

Biodiversität

Neben klimatischen Vorteilen, können durch Dachbegrünungen auch positive Effekte für die Biodiversität von Pflanzen- und Tierarten entstehen (LHS 2010). So können Ersatzlebensräume geschaffen werden, die durch die zunehmende Flächenversiegelung in Städten eine immer größere Bedeutung bekommen (ANSEL, W. 2016). „Aktuelle Untersuchungen bestätigen, dass die Biodiversität auch Einfluss auf die weiteren Wohlfahrtswirkungen begrünter Dächer (Luftverschmutzung, Regenwasserrückhalt, Stadtklima) nehmen kann (ANSEL, W. 2016: 11).

Des Weiteren können Gründächer im Sinne der *kulturellen Dienstleistungen* vielfältige Anwendungsbereiche abdecken und somit positive Effekte auf die Lebensqualität der Stadtbewohner ausüben (ANSEL, W. 2016). Bei entsprechender Gestaltung können Gründächer einen Erholungsraum für z.B. Anwohner, Kunden oder Angestellte bieten. Somit können Wohlbefinden und Lebensqualität der Menschen in der Stadt verbessert werden. Es ist denkbar, dass Gründächer als Veranstaltungsorte erschlossen werden oder einen sozialen Treffpunkt in der Stadt darstellen.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass die Anwendung Grüner Infrastrukturen, hier im Speziellen Gründächer, viele positive Auswirkungen mit sich bringen würde. Es könnten nicht nur die extremen klimatischen Bedingungen in der Innenstadt verbessert werden, sondern auch gleichzeitig kulturelle Möglichkeiten zur Optimierung des Wohlbefindens der Menschen in der Stadt geschaffen werden. Weitere mögliche Anwendungsbereiche werden im folgenden Kapitel vorgestellt.

Diskussion

Der Anwendungsbereich von Gründächern ist vielfältig und kann je nach Vorliebe des Eigentümers gestaltet werden und somit auch unterschiedliche Funktionen erfüllen. Im Untersuchungsgebiet ist davon auszugehen, dass besonders große zusammenhängende Dachflächen nicht in privater Hand sind, sondern einzelnen Unternehmen gehören. Die Anlegung eines Gründaches auf einem Kaufhaus, würde sich für Betreiber aufgrund der zusätzlichen erschlossenen Fläche rentieren. Hierbei ist eine Nutzung in Form von einem Café oder einer Bar in Verbindung mit einer Ruhezone für Kunden und Angestellte sehr lukrativ (BMUB 2015). Besonders im Sommer ist dieser Bereich besonders attraktiv und lädt Kunden zu einer längeren Verweildauer oder erst zum Besuch des Kaufhauses ein. Es entsteht somit ein Ort der sowohl kulturelle, als auch regulierende Dienstleistung erfüllt. Die Grünfläche lädt zur Begegnung und zum Miteinanders ein und gleichzeitig wird die Luftqualität in der Stadt verbessert. Durch die Bepflanzung mit mehrjährigen Pflanzen können Kosten minimiert und auch Wintermonate ohne anstehende Pflege überdauert werden (ebd.).

Die Innenstadt ist ein wichtiger Wirtschaftsstandort und Sitz einiger großer Firmen. Die Entstehung eines Gründaches auf einem Bürogebäude führt zu einer Verbesserung der sog. weichen Standortfaktoren und steigert somit die Attraktivität des Ortes und dadurch den Marktwert. Das Unternehmen präsentiert sich fortschrittlich, umweltbewusst und kann durch die Einrichtung einer Entspannungs- oder Kreativzone für Mitarbeiter die Zufriedenheit am Arbeitsplatz steigern (RÖBLER, S. 2014). Die kulturellen Dienstleistungen der Natur in Form von Erholung, Entspannung und neuem Energiegewinn in einem naturnahem, grünen Umfeld, können hier auf einer bereits firmeninternen Fläche erschlossen werden (HANSJUERGENS, B., BRECK, M. 2014).

Das Ergebnis der Potenzialanalyse ergab, dass teil auch kleine Flachdachflächen im Untersuchungsgebiet anzutreffen sind. Hierbei liegt der Schluss nahe, dass es sich bei diesen Dächern um privaten Besitz handelt, der ebenfalls für eine Begrünung geeignet ist. Eine mögliche Anwendungsform wäre hierbei die Aufwertung der Fläche durch die Anlegung eines kleinen Gartens (ANSEL, W. 2016). Öko-

nomisch gesehen ist es sehr sinnvoll, sich mit dem Anbau von Gemüse, Obst, Kräutern und ähnlichem zumindest teilweise selbst zu versorgen. Der Zeitaufwand ist höher als ohne Nutzung dieser Fläche doch kommt es somit zu einer sensibleren Wahrnehmung der Natur und zum nachhaltigen Umgang mit ihr. Neben den bereitstellenden Dienstleistungen der Natur, durch die angebauten Nahrungsmittel, ist so eine Steigerung des Wohlbefindens und der Lebensqualität zu erwarten. Die eigene Bewirtschaftung und Pflege sorgt zudem für eine engere Bindung an den Wohnort und bestenfalls zu einer Aufwertung des Viertels (HANSJUERGENS, B., BRECK, M. 2014).

Die variablen Nutzungsmöglichkeiten von Gründächern lassen sich auch auf öffentliche Gebäude übertragen. Eine Integration von Grünflächen kann auch hier eine gelungene Inwertsetzung durch die Leistungen der Natur erbringen. Denkbar ist beispielsweise eine Schule mit einem Gründach, welches zum Erfahrungsgewinn auf dem Gebiet der Natur- und Umweltbildung genutzt werden könnte (HANSJUERGENS, B., BRECK, M. 2014). Gerade im urbanen Raum haben viele Familien keinen eigenen Garten und die Kinder dadurch oftmals keinen intensiven Kontakt mit der Natur. Wenn diese junge Generation schon durch den Erkenntnisgewinn in der Schule für die Natur und ihre nachhaltige Nutzung sensibilisiert werden kann, ist für sie eine entsprechende Wertschätzung als Erwachsene selbstverständlich (ebd.).

Die nachhaltige Nutzung von Flächen spielt eine immer größere Rolle zu Zeiten der anhaltenden Urbanisierung und Flächenverdichtung. Es werden innovative Wege gesucht um nachhaltig die positiven Dienstleistungen von innerstädtischen Grünflächen nutzen zu können (BUNDESVERBAND GARTEN-, LANDSCHAFTS- UND SPORTPLATZBAU E. V. 2014). Dies gelingt durch den Einsatz von Grünen Infrastrukturen, die über den Bau von Gründächern hinaus gehen. Denkbar ist in diesem Zusammenhang auch die Revitalisierung von innerstädtischen Brachflächen und ihre Erschließung als Park, Spiel- oder Sportplatz, sowie ähnliche Grünflächen, die sowohl zum kulturellen Austausch anregen, als auch urbane Problematiken wie Hitzestress, Smog und Überflutungsgefahr durch ihre natürlichen Dienstleistungen dezimieren können (KOLB, W., SCHWARZ, T. 1999). Eine weitere Nutzungsmöglichkeit ist es,

durch den Einsatz von Grüner Infrastruktur für Ausgleichsflächen zu sorgen, die bei Bauvorhaben oftmals gefordert werden. Die Bedingung des möglichst ortsnahe Flächenausgleichs kann bestenfalls direkt bei der Planung berücksichtigt werden, um den Neubau mit einer Grünfassade und einem Gründach zu versehen. Die natürliche Biodiversität kann somit auch innerstädtisch, zumindest in Teilen, erhalten werden und ihre positive Wirkungen entfalten, die von den Bewohnern in Form der unterschiedlichen Dienstleistungen entgegen genommen werden (HANSJUERGENS, B., BRECK, M. 2014).

Fazit

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die klimatische Situation in der Bonner Innenstadt, mit einem extremen Stadtklima, als suboptimal anzusehen ist. Das Projekt zeigt die vielfältigen Möglichkeiten der Anwendung von Grüner Infrastruktur, hier am Beispiel von Gründächern, auf und stellt deren positive Auswirkungen vor. Besonders im Kontext des globalen Klimawandels und damit verbundenen extremeren, sowie häufigeren Wetterereignissen, scheint eine nachhaltige Optimierung des Stadtklimas unumgänglich. Die Planungshinweise der Stadt „Entsiegeln und Begrünungsgrad erhöhen“, könnten durch den Einsatz von Gründächern umgesetzt werden und zur nachhaltigen Verbesserung des Stadtklimas beitragen. Zudem könnten im Sinne des Ökosystemansatzes nicht nur regulierende, sondern auch kulturelle Dienstleistungen erbracht werden, die somit auch einen Mehrwert für das Wohlbefinden der Bevölkerung darstellen würden.

In diesem Projekt wurde, mit dem Fokus auf Gründächer, nur ein kleiner Teil der Grünen Infrastruktur betrachtet. Allein dieser Teilbereich verfügt jedoch über vielseitige positive Effekte, die durch die Anwendung weiterer Grüner oder Blauer Infrastrukturen effektiv verstärkt werden könnten. Die Möglichkeiten von Grüner, sowie Blauer Infrastruktur könnten somit in Zukunft in der modernen und nachhaltigen Stadtplanung immer wichtiger werden.

Danksagung

Wir danken Herrn Michels für das Gespräch, sowie für alle, in diesem Rahmen bereitgestellten Informationen. Ebenfalls geht unser Dank an die Leiterin des Seminars, Frau Höllermann, für die fachliche Unterstützung während des Forschungsprozesses und auch an die Kommilitonen des Kurses, für Anregungen und Verbesserungsvorschläge.

Literaturverzeichnis

- ANSEL, W., Deutscher Dachgärtner Verband e.V. (DDV) (Hrsg.) (2016): Kommunale Gründach-Strategien. Inventarisierung, Potenzialanalyse, Praxisbeispiele. Abrufbar unter: www.dachgaertnerverband.de/dachbegruenung_literatur/images/DDV%20Kommunale%20Grueendach%20Strategien.pdf (letzter Abruf: 24.02.17)
- BMUB (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit) (Hrsg.) (2015): Grün in der Stadt - Für eine lebenswerte Zukunft. Grünbuch Stadtgrün. Abrufbar unter: www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Tools/Broschueren/gruenbuch_stadtgruen_broschuere_bf.pdf (letzter Abruf: 27.02.17)
- BUNDESSTADT BONN, Amt 56 - Amt für Umwelt, Verbraucherschutz und Lokale Agenda (2017): Stadtplan der Bundesstadt Bonn. Klimaanalyse. Abrufbar unter: stadtplan.bonn.de/cms/cms.pl?Amt=Stadtplan&set=0_0_0_0&act=0 (letzter Abruf: 20.02.17)
- BUNDESVERBAND GARTEN-, LANDSCHAFTS- UND SPORTPLATZBAU E. V. (Bgl) Stiftung die grüne Stadt (2014): Charta Zukunft Stadt und grün. Abrufbar unter: www.die-gruene-stadt.de/charta-zukunft-stadt-und-gruen.aspx (letzter Abruf: 20.02.17)
- FRÖHLICH, D., MATZARAKIS, A. (2011): Hitzestress und Stadtplanung. Am Beispiel „Platz der Alten Synagoge“ in Freiburg im Breisgau. Abrufbar unter: http://www.urbanclimate.net/matzarakis/papers/GFR_2011_FroehlichMatzarakis.pdf (letzter Abruf: 24.02.17)
- GEOPORTAL.NRW. Abrufbar unter: www.geoportal.nrw.de (letzter Abruf: 25.02.17)
- GRÜNE INFRASTRUKTUR NRW - Erläuterung zum Projektaufruf (2014) Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen..... Abrufbar unter: www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/PDFs/naturschutz/gruene_infrastruktur_erlaeuterungen_nrw.pdf (letzter Abruf: 25.02.17)
- GRUNEWALD, K., BASTIAN, K. (Hrsg.) (2012): Ökosystemdienstleistungen. Konzept, Methoden und Fallbeispiele. Springer, Berlin Heidelberg.
- HANSJUERGENS, B., BRECK, M. (2014): Ökosystemleistungen und Grüne Infrastruktur in urbanen Räumen: Wie Kommunen vom Naturschutz profitieren. Naturkapital Deutschland – TEEB DE. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
- KOLB, W., SCHWARZ, T. (1999): Dachbegrünung intensiv und extensiv. Ulmer Verlag, Stuttgart
- (LHS) LANDESHAUPTSTADT STUTTGART (Hrsg.) (2010): Der Klimawandel - Herausforderung für die Stadtklimatologie. In: Schriftenreihe des Amtes für Umweltschutz, 3, S. 69 - 75. Abrufbar unter: http://www.stadtklima-stuttgart.de/stadtklima_filestorage/download/AfU-Heft-3-2010-Web.pdf (letzter Abruf: 24.02.17)
- NATURKAPITAL DEUTSCHLAND - TEEB DE (2015): Naturkapital und Klimapolitik. Synergien und Konflikte. Abrufbar unter: www.bfn.de/fileadmin/BfN/oekonomie/Dokumente/teeb_de_klimabericht_langfassung.pdf (letzter Abruf: 27.02.17)
- RÖBLER, S. (2014): Klimawandelgerechte Stadtentwicklung durch grüne Infrastruktur. Raumforschung und Raumordnung (2015) 73: 123. doi:10.1007/s13147-014-0310-y
- STADT BONN.DE. (2016): Masterplan Innere Stadt Bonn. Abrufbar unter: stadtplan.bonn.de/cms/cms.pl?Amt=Stadtplan&TheMa=Planen-Bau-en&Subthema=Masterplan%20Innere%20Stadt&act=0 (letzter Abruf: 22.02.17)
- STADTENTWICKLUNGSPLANUNG BONN (1990): Klimagutachten des Deutschen Wetterdienstes. Abrufbar unter: stadtplan.bonn.de/mapbender/daten/images/Klimaanalyse/Stadtentwicklung_Klimagutachten.pdf (letzter Abruf: 20.02.17)
- Umweltbundesamt (2017): Luftschadstoffe. Abrufbar unter: www.umweltbundesamt.de/themen/luft/luftschadstoffe (letzter Abruf: 20.02.17)

4 „Renaturiert vs. Natürlich“ – Welcher Bach bringt den größten Nutzen?

Ein Vergleich zweier Bachabschnitte vor dem Hintergrund der Ökosystemleistungen

Sarah Güsgen und Deborah Funnemann

Abstract

The following article deals with the comparison of two streams, one *recultivated* and one natural section, also compared to the *perception* of visitors on-site. The purpose of this article is to find out if the visitors on-site perceive the natural section differently than the recultivated and if the water quality and the structure of the water body differ at both sections. The study operated against the background of the concept of *ecosystem services* and the main question is which of these two sections brings a higher benefit for the visitors and the residents in this area. A field mapping of the structure of the water body, a test of the water quality and a questioning of 50 visitors on-site were realized to find results to answer this question.

Keywords: *Ökosystemleistungen, Renaturierung, Wahrnehmung*

Einleitung

Wasser ist eine der Grundlagen für alles Leben auf der Erde. Nicht nur dient es den Menschen als Trinkwasser, sondern es ist auch nötig um Nahrung zu erlangen. Mittlerweile dient Wasser der Energiegewinnung und ist Transportmedium für die Schifffahrt. Die Menschen haben schon sehr früh angefangen Gewässer zu ihrem Nutzen zu machen und in ihrer Nähe zu siedeln. Man baute „Nutz- und Schutzbauten“ (KONOLD 2005: 47) wie zum Beispiel Kanäle, Leitungen und Schutzmauern. Viele Fließgewässer, vor allem die urban gelegenen, wurden begradigt, verrohrt oder anderweitig verbaut, sodass von ihren natürlichen Merkmalen kaum noch etwas zu erkennen war. Dabei wurden die Auswirkungen auf den Zustand der Gewässer und für die Umwelt zum großen Teil in Kauf genommen. Mittlerweile jedoch hat man erkannt, dass Fließgewässer noch viel mehr sein können und dass sie viele wichtige Vorteile mit sich bringen (LÜDERITZ u. JÜPNER 2009: 95). Diese können anhand

des Konzepts der Ökosystemleistungen erfasst werden, wie es auch in dieser Arbeit der Fall ist. Ökosystemleistungen werden hierbei als „direkte und indirekte Beiträge von Ökosystemen zum menschlichen Wohlergehen« verstanden, also Leistungen, die den Menschen »einen direkten oder indirekten wirtschaftlichen, materiellen, gesundheitlichen oder psychischen Nutzen bringen« (KOWARIK u. BARTZ 2016: 24). Das Millennium Ecosystem Assessment (MEA) hat die Ökosystemleistungen in vier verschiedenen Klassen eingeteilt. Diese umfassen Versorgungsleistungen (z.B. Holz, Trinkwasser, Essen), Regulationsleistungen (z.B. Hochwasserschutz und Luftreinhaltung), kulturelle Leistungen (z.B. Erholungsleistungen) und unterstützende Leistungen. Diese sind Prozesse, welche die Existenz der Ökosysteme sicherstellen (BASTIAN, GRUNEWALD u. SYRBE 2013: 48). Diese Arbeit soll sich vor allem mit den regulierenden und kulturellen Leistungen beschäftigen. Es soll auf die Frage nach dem Unterschied zwischen renaturierten Bachab-

schnitten und natürlichen Bachabschnitten anhand zweier Beispiele eingegangen werden. Größtenteils wird sich auf die Gewässerstruktur und die Wasserqualität sowie die Wahrnehmung der Besucher vor Ort konzentriert. Um diese Faktoren zu untersuchen und zu erfassen, wurden verschiedene Methoden durchgeführt, welche später noch genauer erläutert werden. Anschließend wurden diese Methoden im Hinblick auf die vorher konzipierte Forschungsfrage und das Konzept der Ökosystemleistungen ausgewertet und analysiert, um letztendlich herauszufinden, welcher der beiden Bachabschnitte den Besuchern einen höheren Nutzen bringt.

Untersuchungsgebiet

Die beiden untersuchten Bachabschnitte befinden sich in Bonn, jedoch an zwei vollkommen unterschiedlichen Standorten (Abbildung 1). Als erstes wurde der Rheindorfer Bach untersucht, hier vor allem ein renaturierter Abschnitt des Baches im Norden Bonns, im Stadtteil Graurheindorf. Dieser Abschnitt liegt relativ zentral und ist von Siedlungsraum und anderer städtischer Nutzung umgeben. Es gibt nur wenige Waldflächen rund um den Bach. Der Bach, welcher südlich von Buschhoven entspringt, ist an anderen Abschnitten zum Teil massiv verbaut, verrohrt und begradigt. Der Rheindorfer

Bach ist insgesamt 12,63 km lang und hat ein Einzugsgebiet von 85,6 km². Über die gesamte Strecke hat der Bach einige Zuflüsse, bevor er schließlich in den Rhein mündet (Bundesstadt Bonn, Tiefbauamt 2008: 36). Am untersuchten Abschnitt wurde im Jahre 2001 mit der Durchführung von Renaturierungsmaßnahmen begonnen, um eine „ökologische Aufwertung des Bachabschnittes“ (Bundesstadt Bonn, Stadtbauamt 2002: 1) und mehr Rückhaltevolumen für Hochwasserereignisse zu schaffen (Bundesstadt Bonn, Stadtbauamt 2002: 1).

Der zweite untersuchte Bachabschnitt befindet sich im südlichen Teil Bonns am Katzenlochbach. Das Quellgebiet des Baches liegt südlich von Röttgen. Der Bach ist insgesamt 10,63 km lang mit einem Einzugsgebiet von 38,7 km². Der Großteil des Baches befindet sich in einem natürlichen oder naturnahen Zustand. Lediglich in nördliche Richtung fließt der Bach durch besiedeltes Gebiet „und weist nur noch wenig Naturnähe auf“ (BUNDESSTADT BONN, TIEFBAUAMT 2008: 38) und ist teilweise sogar verrohrt. Das Einzugsgebiet des Baches besteht hauptsächlich aus Waldflächen (BUNDESSTADT BONN, TIEFBAUAMT 2008: 38) sowie auch der für diese Arbeit untersuchte Abschnitt, welcher sich in einem Naturschutzgebiet befindet (WILLCKE 2007).

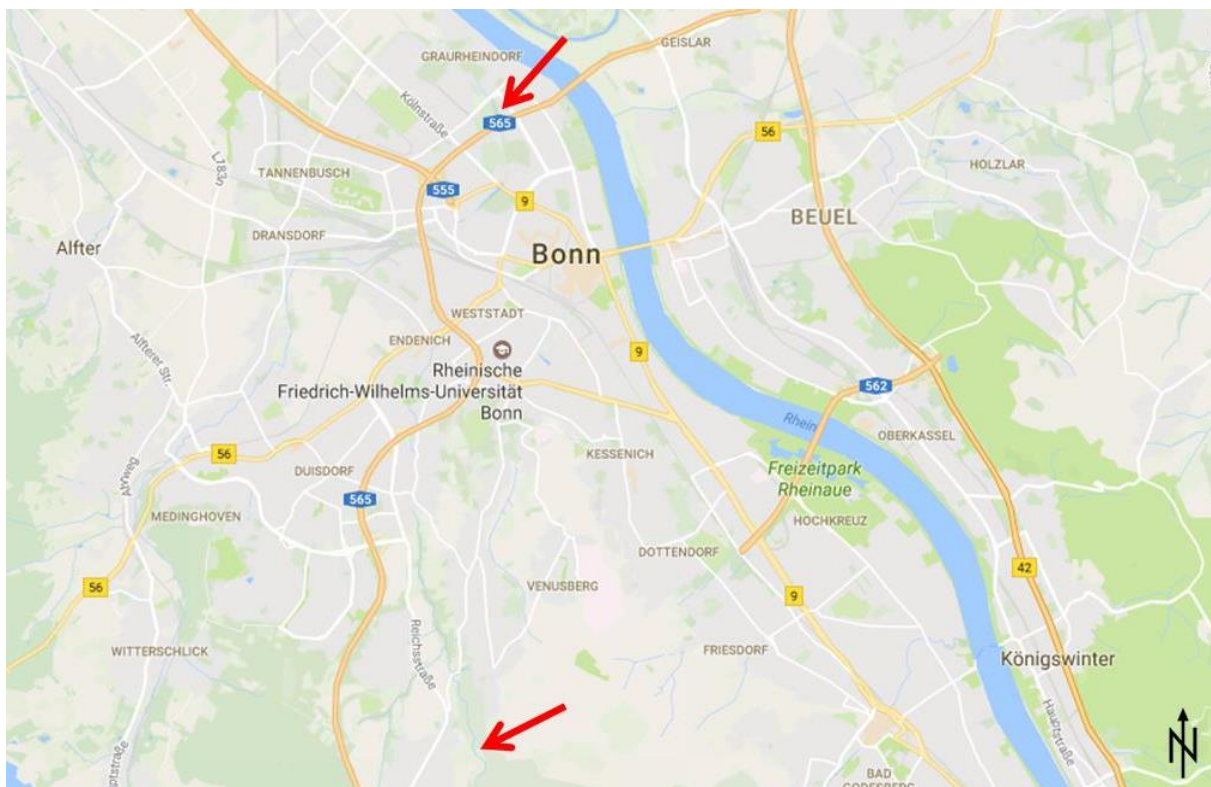


Abbildung 1:: Lage der beiden Untersuchungsgebiete in Bonn. (Eigene Darstellung nach maps.google.com)

Methoden

Die erste für diese Forschung durchgeführte Methode ist eine Strukturgütekartierung nach LANUV-Kriterien, welche durchgeführt wurde um einige Regulierungs- und Erhaltungsleistungen der Gewässer an den Bachabschnitten festzustellen. Die Wasserqualität wurde anhand von chemischen und physikalischen Gewässerparametern untersucht. Um auch die kulturellen Leistungen der Bäche abdecken zu können, wurde letztendlich noch eine quantitative Besucherbefragung mittels eines Fragebogens an beiden Bachabschnitten durchgeführt.

Die Strukturgütekartierung ist ein für Fließgewässer entwickeltes Verfahren des Landesamts für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz in Nordrhein-Westfalen (kurz: LANUV NRW), welches an natürlichen und künstlichen Fließgewässern angewandt werden kann. Es ist ausgelegt für alle Gewässergrößen und dient der „Erfassung und Dokumentation des vorhandenen Gewässerstrukturzustands“ (LANUV NRW 2012: 7) sowie der „Erfolgskontrolle von ausgeführten Gewässerentwicklungs- und Gewässerrückbaumaßnahmen“ (LANUV NRW 2012: 7). Für diese Arbeit dient es deshalb vor allem als Vergleichswert für die beiden untersuchten Bachabschnitte und als Bezugsgröße für eine im Fragebogen aufgenommene Antwortmöglichkeit der Besucher. Die Kartierung wurde an beiden Bachabschnitten durchgeführt. Dabei wurden zwei jeweils 100 m lange Abschnitte kartiert, also auf die Strukturen des Gewässerumfeldes und des Gewässerbettes untersucht und anschließend mithilfe des LANUV-Arbeitsblattes 18 ausgewertet. Die Auswertung besteht aus zwei Teilen, einmal der „indexgestützten Einzelparameterbewertung“, welche rein rechnerisch abläuft und der „Bewertung der funktionalen Einheiten“, die sich auf die Beurteilungen der Kartierenden im Gelände stützt (LANUV NRW 2012: 8).

Die chemischen und physikalischen Parameter wurden an den beiden Bachabschnitten mithilfe von Temperatur- und Sauerstoffmessgeräten sowie Nährstofftests untersucht. Die genommenen Wasserproben wurden auf Nitrit, Nitrat, Phosphat und Ammonium getestet und anschließend mit den

Sollwerten für Süßgewässer in Deutschland verglichen.

Anschließend wurde eine quantitative Befragung anhand eines standardisierten Fragebogens durchgeführt, um so auf die Wahrnehmung der Menschen an den jeweiligen Bachabschnitten einzugehen. Der Vorteil einer solchen Befragung ist, dass sie komplexe Hintergründe, Ziele, Meinungen und Rahmenbedingungen von Handlungen und Kommunikationsprozessen erhebbar macht (MATTISSEK, PFAFFENBACH u. REUBER 2013: 70). Im Hinblick auf die Fragestellung lässt sich so herausfinden, wie Menschen in der Umgebung den Bachabschnitt wahrnehmen, wie sie die Qualität des Baches einschätzen und ob sie im Hinblick auf das angewendete Konzept der Ökosystemleistungen, Nutzen aus diesem Bachabschnitt ziehen. Zunächst einmal geht es um die Planung und Vorbereitung der Erhebung. Diese Aufgabe besteht darin, das Erhebungsinstrument zu bestimmen und das Stichprobenverfahren festzulegen. Zum Schluss der Planung und Vorbereitung der Erhebung wird der Pretest durchgeführt. Dabei wird das Erhebungsinstrument an zufällig ausgewählten Probanden getestet, um die Zeit der Befragung herauszufinden und mögliche Fehler korrigieren zu können (DIEKMANN 2012: 192). Der Stichprobenumfang der Befragung dieser Arbeit beträgt 50 Probanden, 25 an jedem Bachabschnitt, da mehr im Rahmen des Projektseminars nicht möglich war. Somit ist die Umfrage nicht repräsentativ, da der Stichprobenumfang zu gering ist, um auf die Allgemeinheit zu schließen. Der Fragebogen besteht vornehmlich aus geschlossenen Fragen. Dabei kann die zu befragende Person zwischen verschiedenen Antwortmöglichkeiten wählen.

Die vorliegenden Daten stammen aus der Befragung „Gewässerwahrnehmung in Bonn“, die im Rahmen des Projektseminars „Urbane Fließgewässer und wassersensible Freiraumgestaltung“ der Universität Bonn im Dezember 2016 und Januar 2017 durchgeführt wurde. Der Analysegegenstand beschränkt sich auf Besucher der beiden Bachabschnitte sowie unmittelbare Anwohner.

Ergebnisse

Im folgenden Abschnitt werden die Ergebnisse der eben genannten Methoden vorgestellt, welche sich anhand des Konzepts der Ökosystemleistungen gliedern lassen. Die Ergebnisse der Strukturgütekartierung ergeben für beide Bachabschnitte jeweils eine Strukturklasse, die sich zwischen 1 und 7 befindet und den „Grad der Veränderung“ des Gewässers angibt.

Der Bachabschnitt am Rheindorfer Bach befindet sich in einem durch Menschenhand geschaffenen Auenal in einer Ortslage. Diese Auen sind während den dort durchgeführten Renaturierungsmaßnahmen entstanden und sind vor allem für den Hochwasserschutz der umliegenden Siedlungen von großer Bedeutung. Auch zu dieser regulierenden Leistung des Gewässers zählt das Hochwasserrückhaltebecken auf der Seite des Bachabschnittes, welches auch im Zuge der Renaturierung entstanden ist. Der Bach verläuft im kartierten Abschnitt schwach geschwungen und Totholzverkläuerungen, Laufverengungen und -weitungen prägen die Laufstruktur des Baches. Ein anderes auffälliges Merkmal dieses Bachabschnittes sind die Belastungen des Baches durch Hausmüll. Der Uferbewuchs besteht auf der sich in Fließrichtung befindenden linken Seite zum größten Teil aus einem „teilweise bodenständigen Wald oder Galerie“ (LANUV 2012) und auf der rechten Seite hauptsächlich aus Rasen. Auch schon diese, durch die Renaturierungsmaßnahmen entstandenen bewachsenen Flächen, können zur Gesundheit und vor allem zum Wohlbefinden der Bewohner und

Besucher des Bachabschnittes beitragen (ENDLICHER 2012: 253). Zudem stellen die Retentionsflächen rund um den Bach einen Lebensraum für verschiedene Pflanzen- und Tierarten dar, was sich wiederum positiv auf die Gewässerqualität auswirkt (VON KEITZ et al. 2016: 217f). Insgesamt kommt man so an dem untersuchten Abschnitt am Rheindorfer Bach auf das Ergebnis der Strukturklasse 3, was bedeutet, dass der kartierte Abschnitt „mäßig verändert“ ist (LANUV 2012).

Auch die chemischen und physikalischen Tests zeigen, dass die Renaturierungsmaßnahmen an diesem Bachabschnitt schon einiges für die Wasserqualität vor Ort getan haben. Die gemessenen Nitrit-, Nitrat-, Ammonium- und Phosphat-Werte befinden sich alle im Soll-Zustand für Süßgewässer, genau wie der Sauerstoffgehalt. Lediglich der pH-Wert weist eine leichte Erhöhung auf (JBL).

Der untersuchte Bachabschnitt am Katzenlochbach befindet sich in einem Sohlenkerbtal und der Bach verläuft in diesem Teil mäßig geschwungen. Auch an diesem Abschnitt gibt es Totholzverkläuerungen, Laufverengungen und -weitungen und der Bach weist eine große Substratdiversität auf. Es sind keine besonderen Belastungen des Gewässers zu erkennen und auf beiden Seiten des Baches ist der Uferbewuchs durch bodenständigen Wald gekennzeichnet. Diese natürlichen Faktoren des Baches sowie des Bachumfeldes stellen einen idealen Lebensraum für viele Organismen dar. Zudem kommt es durch dieses Gebiet zu einer Frischluftzufuhr und anderen klimatischen Ausgleichsfunktionen für die umliegenden Siedlungen. Für diesen

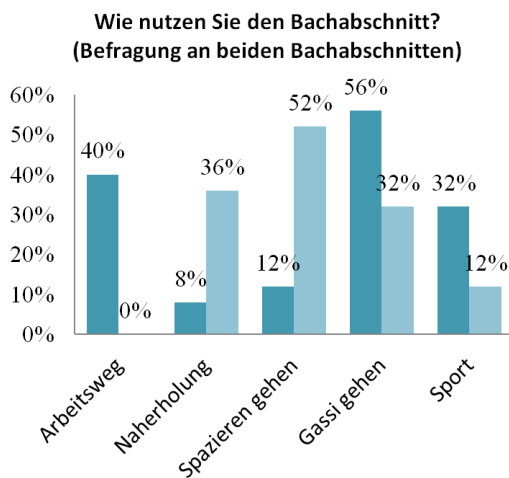


Abbildung 2: Nutzung der beiden Bachabschnitte (eigene Erhebung).

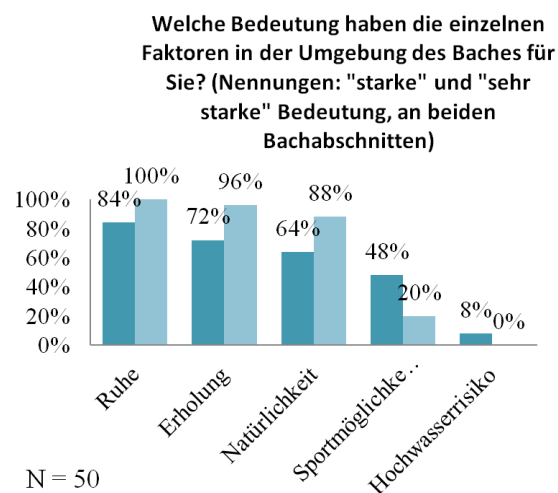


Abbildung 3: Bedeutung einzelner Faktoren in der Umgebung des Baches (eigene Erhebung)



Abbildung 4: Die drei Bachabschnitte im Vergleich. Links: Rheindorfer Bach vor der Renaturierung. Mitte: Rheindorfer Bach nach der Renaturierung (beide: http://www.zumbroich.com/beispiele_gewaesserumgestaltung.htm, letzter Aufruf: 21.01.2017). Rechts: Katzenlochbach (Eigene Aufnahme)

Bachabschnitt ergibt sich aufgrund der Untersuchungsergebnisse der Kartierung die Strukturklasse 1, was bedeutet, dass der Bach dort unverändert ist (LANUV 2012). Auch die chemischen und physikalischen Parameter befinden sich am untersuchten Abschnitt des Katzenlochbachs alle im Soll-Zustand und deuten darauf hin, dass der Bach eine sehr gute Wasserqualität hat (JBL).

Bei der Befragung wird überwiegend auf die kulturellen Ökosystemleistungen eingegangen. Dabei geht es vor allem um physische und erlebnisbasierte Erfahrungen von Lebensräumen und Landschaften sowie um kognitive und emotionale Interaktion (Schrüter-Schlaack et al. 2016: 30). Wichtige kulturelle Ökosystemleistungen sind die positiven Wirkungen einer ästhetischen Bachlandschaft und der Nutzen dieser durch Aktivitäten wie Spazieren gehen, Rad fahren oder Gassi gehen (Von Keitz et al. 2016: 219). Auf die Frage nach der Nutzung des Bachabschnittes wurde am Rheindorfer Bach vor allem der „Arbeitsweg“ und das „Gassi gehen“ genannt. Am Katzenlochbach hingegen meistens das „Spazieren gehen“ und die „Naherholung“ (Abbildung. 2). Auf die Frage, ob sich die Besucher gerne an den beiden Bachabschnitten aufhalten, fielen die Antworten ähnlich aus. Am Rheindorfer Bach gaben 68 Prozent der Befragten an, sich gerne oder sehr gerne an dem Bachabschnitt aufzuhalten. Am Katzenlochbach sind es sogar 84 Prozent. Keiner der Befragten gab an, sich ungerne an dem Bach aufzuhalten. Bei der nächsten Frage wurde auf verschiedene Faktoren der kulturellen

Ökosystemleistungen eingegangen, um herauszufinden, welche Bedeutung die einzelnen Faktoren für die Befragten haben. Am Rheindorfer Bach haben 88 Prozent angegeben, dass die naturnahe Umgebung eine große oder sehr große Bedeutung für sie hat. Dort hat die Erholung eine sehr starke Bedeutung für 40 Prozent der Befragten Leute und 44 Prozent empfinden die Sportmöglichkeiten als sehr wichtig. Am Katzenlochbach haben mehr als 88 Prozent der Befragten angegeben, dass die Natürlichkeit des Baches für sie eine hohe Bedeutung hat, am Rheindorfer Bach waren es nur 64 Prozent der Befragten. Zudem haben am Katzenlochbach fast alle Befragten (96 Prozent) angegeben, dass die Erholung für sie eine starke oder sehr starke Bedeutung hat, ebenso die Ruhe am Bach. Das Hochwasserrisiko hat an beiden Bächen für die Befragten kaum eine Bedeutung (Abbildung 3). Im nächsten Schritt sollten die Besucher den Bach in verschiedene Kategorien einordnen, dabei gab es fünf Kategorien zur Auswahl. Am Rheindorfer Bach haben 12 Prozent der Befragten angegeben, dass sie den Bach als natürlich einordnen würden, 40 Prozent der Befragten empfinden den Bach als naturnah und 28 Prozent der Befragten haben ihn als, vom Menschen verändert, eingeordnet. Am Katzenlochbach fiel das Ergebnis anders aus, denn dort ordnen 92 Prozent den Bachabschnitt in die Kategorie „natürlich“ oder „naturnah“ ein. Auch die Wasserqualität wird von den Befragten am Katzenlochbach wesentlich positiver wahrgenommen als am Rheindorfer Bach. Niemand spricht dem Rheindorfer Bach eine „sehr gute“ Wasser-

qualität zu, während am Katzenlochbach 68 Prozent die Kategorie „sehr gut“ und „gut“ wählen. Im letzten Teil der Befragung wird auf den Aspekt der Renaturierung eingegangen. Die Besucher wurden anhand zweier Fotos von den Renaturierungsmaßnahmen am Rheindorfer Bach (Abbildung 4) gefragt, ob sie die durchgeführten Maßnahmen für sinnvoll halten und ob ihnen der Begriff bekannt ist. Nachdem den Befragten der Begriff Renaturie-

rung erläutert und ihnen die Bilder gezeigt wurden, empfinden jedoch an beiden Bächen fast alle Befragten die Renaturierungsmaßnahme als sinnvoll (Abbildung 6). Im folgenden Abschnitt wird die Bedeutung dieser Ergebnisse diskutiert. Am Rheindorfer Bach haben 38 Prozent der Befragten von den Renaturierungsmaßnahmen gewusst, am Katzenlochbach nur 24 Prozent. (Abbildung 5).

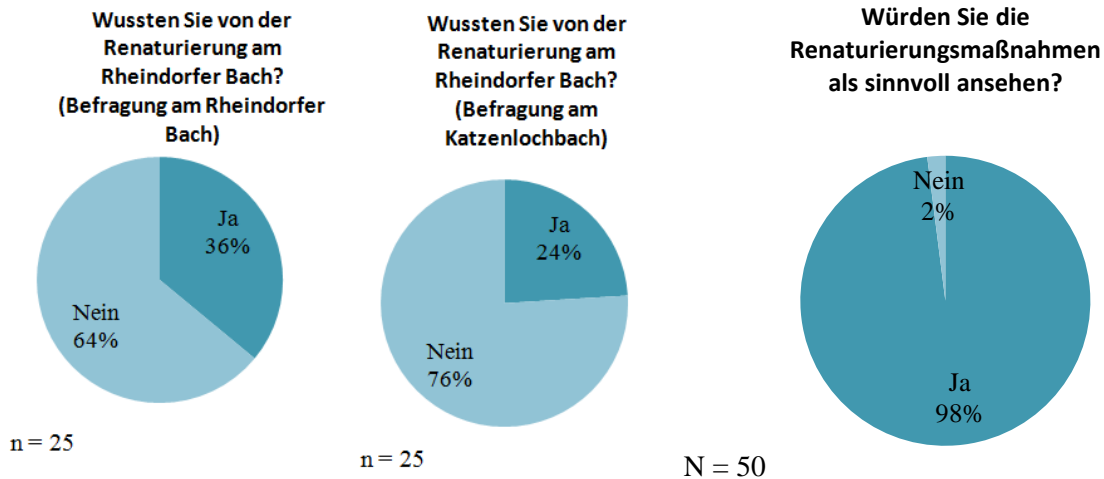


Abbildung 5: Wissen der Besucher über die Renaturierungsmaßnahmen am Rheindorfer Bach, Befragung an beiden Bächen (eigene Erhebung)

Abbildung 6: Bewertung der Renaturierungsmaßnahmen durch die Besucher beider Bäche (eigene Erhebung).

Diskussion

Die Ergebnisse der Untersuchungen, welche für diese Arbeit durchgeführt wurden, lassen sich anhand des Konzepts der Ökosystemleistungen analysieren und gliedern. Ökosystemleistungen werden hierbei wie in der Einleitung beschrieben definiert.

Die erste regulierende Leistung, welche nun in Bezug auf die beiden untersuchten Gewässerabschnitte angeschaut werden soll, ist die der Klimaregulierung. Beide Bachabschnitte sind umgeben von Vegetation. Der Katzenlochbach, etwas außerhalb der Innenstadt, liegt in einem sich über 7 km erstreckenden Naturschutzgebiet. Die dort stattfindende Verdunstung und Frischluftbildung führen zu einer erhöhten Luftfeuchtigkeit und somit vor allem an heißen Sommertagen zu einer „Kühlung der Umgebungstemperatur“ (ENDLICHER et al. 2016: 91). Dies ist vor allem heutzutage ein sehr wichtiges Thema im urbanen Umfeld, da der Klimawandel auch regionale Auswirkungen hat. Der fünfte Sachstandsbericht des Intergovernmental Panel on

Climate Change (IPCC), welcher im Jahre 2013 erschienen ist, spricht von einer Zunahme von Hitzewellen in großen Teilen Europas.

Zudem soll es auch in Zukunft häufiger und länger zu Hitzeextremereignissen kommen aufgrund der Erhöhung der globalen Temperatur (IPCC 2013: 20). Vegetation und Gewässer in Städten können bei Hitzewellen die Wärmebelastung durch Schattenwurf und Verdunstungskühlung reduzieren und tragen somit zur Gesundheit der Bevölkerung bei (ENDLICHER et al. 2016: 55ff). Durch die Ergebnisse der Strukturgütekartierung lässt sich darauf schließen, dass dies auch am Rheindorfer Bach eine große Rolle spielt, da dieser noch wesentlich zentraler liegt als der untersuchte Abschnitt des Katzenlochbachs. Durch das Gewässer und die Vegetation an den Ufern des Rheindorfer Baches kommt es auch hier „zu einer verbesserten gesundheitlichen Situation in [den] überwärmten Siedlungsbereichen“ (ENDLICHER et al. 2016: 91).

Eine weitere Ökosystemleistung ist die Bewahrung der biologischen Vielfalt. Am Katzenlochbach sind

die Uferbereiche von natürlicher Vegetation gekennzeichnet und bodenständiger Wald nimmt den größten Teil dieses Naturschutzgebietes ein. Der Bach sichert sowohl Wasser- als auch Nährstoffversorgung der umliegenden Pflanzen. Diese Pflanzen sind oftmals wiederum Nahrungsgrundlage für eine Vielzahl von Tieren, welche sich deshalb in den Gebieten um den Bachlauf ansiedeln (VON KEITZ et al. 2016: 209). Auch am Rheindorfer Bach wurde durch die Renaturierungsmaßnahmen wieder eine gewisse biologische Vielfalt hergestellt, welche trotzdem am Katzenlochbach wesentlich ausgeprägter ist. Durch die Wiederanlegung der Grünflächen und Vegetation an den Ufern des Bachabschnittes am Rheindorfer Bach haben jedoch wieder mehr Lebewesen die Möglichkeit sich dort anzusiedeln und zudem das Gewässer zu nutzen und sich bei Trockenheit in dessen Nähe zurückzuziehen (ENDLICHER et al. 2016: 86 und VON KEITZ et al. 2016: 207). Wie die Strukturgütekartierung zeigt, sind beide Gewässer geprägt durch Totholzansammlungen und andere organische Substrate. Für Fließgewässer ergibt sich eine große Bedeutung durch diese organischen Ansammlungen, da sie Lebensräume und Nahrungsgrundlage einiger Organismen darstellen und diese Organismen wiederum zur Selbstreinigung der Gewässer beitragen (PATT, JÜRGING U. KRAUS 2009: 113ff).

Die Wasserqualitätsanalyse anhand der physikalischen und chemischen Parameter ist für beide Bachabschnitte positiv ausgefallen, da die gemessenen Werte fast alle im Sollbereich für Süßgewässer liegen. Dies lässt sich gut mit einer Frage des quantitativen Fragebogens vergleichen, da dort nach der Wahrnehmung der Wasserqualität der Besucher gefragt wurde. Am Katzenlochbach stimmt die Einschätzung der Befragten mit den tatsächlichen Werten überein, da 68 Prozent der Befragten die Wasserqualität dort als „gut“ oder „sehr gut“ einschätzen. Am Rheindorfer Bach hingegen schätzen die Besucher die Wasserqualität eher schlechter ein und nur 12 Prozent sehen diese dort als „gut“ an, niemand jedoch als „sehr gut“. Dies macht deutlich, dass die Befragten die Wasserqualität am Abschnitt des Katzenlochbachs insgesamt positiver wahrnehmen, die Ergebnisse der Wasserqualitätsanalyse jedoch gar nicht so einen eindeutigen Unterschied feststellen lassen.

Die durch die Renaturierung entstandenen Retentionsflächen am Bachabschnitt des Rheindorfer Bachs sind in unserer heutigen verdichterten Umgebung von großer Relevanz. Durch die immer mehr verdichteten und versiegelten Böden kommt es „zu einer Störung des natürlichen Wasserkreislaufs“ (ENDLICHER et al. 2016: 87). Folgen davon sind nicht nur höhere Reinigungskosten für Wasser, sondern vor allem auch ein erhöhtes Hochwasserrisiko (ENDLICHER et al. 2016: 87). So ist auch der Rheindorfer Bach häufig von Hochwasser betroffen, da er durch weitgehend versiegeltes Gebiet „innerhalb der Stadt fließt und bei Starkregen die Wassermassen nicht aufnehmen kann“ (BUND). Durch die Renaturierung wurden neue Überschwemmungsflächen geschaffen, welche nun für mehr Sicherheit der anliegenden Siedlungen sorgen sollen.

Passend zu diesem Thema wurde auch eine Frage im standardisierten Fragebogen konzipiert. Es ist anzunehmen, dass die Bewohner der Gebiete rund um den Rheindorfer Bach für Hochwasserereignisse sensibilisiert sind und demnach wurde im Fragebogen nach der Bedeutung des Hochwasserrisikos für die Besucher des Baches gefragt. Obwohl ein Großteil der Besucher (72 Prozent) in der unmittelbaren Nähe des Baches lebt (Auerberg oder Graurheindorf), wurde dem Hochwasserrisiko nur von 8 Prozent eine „starke“ oder „sehr starke“ Bedeutung zugewiesen. Am Bachabschnitt des Katzenlochbachs sind die Bewohner seltener von Hochwasser betroffen, da die natürlichen Überschwemmungsflächen dieses auffangen. Auch die Befragung ergab, dass die Besucher dieses Bachabschnittes dem Hochwasserrisiko größtenteils keine Bedeutung zuweisen (84 Prozent).

Auch Freizeit- und Erholungsnutzungen sind an Fließgewässern weit verbreitet. Kleine Fließgewässer, wie Bäche eignen sich mit ihrer landschaftlichen Kulisse vor allem für ruhige, landgebundene Erholungsformen wie dem Spaziergehen (JÜRGING 2005: 84). Nach BERTRAM und REHDANZ (2015) werden die kulturellen Ökosystemleistungen, vor allem der Aspekt der Erholung, anhand verschiedener Indikatoren bestimmt. Zum einen nennen sie den Indikator der Erreichbarkeit der Grünfläche (die Distanz zur Grünfläche). Bei der vorliegenden Befragung bezieht sich dieser Indikator auf den jeweiligen Bachabschnitt und die Er-

reichbarkeit wird anhand des Wohnortes bestimmt. Zum anderen nennen sie den Indikator der Wahrnehmung, anhand dessen die qualitative Einschätzung und die ordinalen Werte bestimmt werden. Zwei weitere Indikatoren, die BERTRAM und REHDANZ (2015) nennen, sind die Nutzung des Bachabschnittes und die Häufigkeit der Nutzung. Darauf geht die Befragung ebenfalls ein. Die erste kulturelle Leistung, die in Bezug auf die beiden Bachabschnitte untersucht werden soll, ist die Erholungsfunktion. Dabei geht um das Erleben von Tieren, Pflanzen und Landschaften, um die Nutzung des Gewässerabschnittes und um das allgemeine Wohlbefinden des Menschen (ALBERT et al. 2016: 30). Bei diesem Thema haben am renaturierten Bachabschnitt 40 Prozent der Befragten angegeben, dass die Erholung für sie von sehr großer Bedeutung ist. Am Katzenlochbach hingegen haben fast alle der Befragten angegeben, dass die Erholungsfunktion für sie eine große bis sehr große Bedeutung hat (Abbildung 3). Daraus lässt sich schließen, dass die Menschen die zwei unterschiedlichen Bachabschnitte anders wahrnehmen und die Befragten aus dem natürlichen Bach einen größeren Nutzen ziehen und somit die kulturelle Ökosystemleistung „Erholung“ dort stärker ausgeprägt ist. Diese These kann auch mit der Befragung nach der Natürlichkeit belegt werden, wobei am Rheindorfer Bach nur 64 Prozent angegeben haben, dass für sie die Natürlichkeit von sehr großer oder großer Bedeutung ist, am Katzenlochbach hingegen 88 Prozent (Abbildung 3). Auch der umliegende Wald des Katzenlochbachs unterstützt die These, dass die Ökosystemleistung der Erholung dort stärker ausgeprägt ist, denn Wälder haben einen unschätzbaren Wert für die Nah- und Fernerholung (BMELV 2009: 50).

Damit eine Landschaftserscheinung überhaupt eine Freizeit- und Erholungsfunktion darbieten kann, bedarf es an Wegen, Beschilderungen und Möglichkeiten den Landschaftsabschnitt zu nutzen und zu erreichen (SCHRÖTER-SCHLAACK et al. 2016: 46). Um diese Funktion des Ökosystems zu analysieren, wurden die Menschen vor Ort gefragt, wie sie den Bachabschnitt nutzen. Es lässt sich sagen, dass am Rheindorfer Bach viele Besucher den Bach als reinen Arbeitsweg nutzen, am Katzenlochbach hingegen niemand (Abbildung 2). Es ist festzustellen, dass die Menschen den Abschnitt des Rheindorfer Bachs nutzen, weil es für sie den kürzesten Weg

darstellt und die Menschen am Katzenlochbach sich eher in ihrer Freizeit dort aufhalten. Dieses Ergebnis unterstützt die These, dass der Katzenlochbach eine stärkere Erholungsfunktion bietet. Obwohl sich der Rheindorfer Bach zentraler in der Stadt befindet, bietet er einen Lebensraum für zahlreiche Pflanzen und Tiere und zugleich einen Ort des kulturellen Naturerlebnisses für Stadtbewohner (KNAPP et al. 2016: 147). Zur Renaturierung am Rheindorfer Bach ist zu sagen, dass alle Befragten angegeben, dass sie die Maßnahme als sinnvoll sehen und viele der Befragten waren mit dem Begriff der „Renaturierung“ vertraut. Die Befragung macht also deutlich, dass die Einstellung und Bewertung der Besucher der Bachabschnitte gegenüber Renaturierungsmaßnahmen von großer Akzeptanz und Befürwortung geprägt sind. Sie werden sowohl als Nutzen für die Gesellschaft als auch für die Natur wahrgenommen.

Zum Abschluss der Diskussion lässt sich sagen, dass das Konzept der Ökosystemleistung eine Hilfe für die Gliederung und Analyse war. Die angewandten Methoden waren zur Überprüfung der Forschungsfrage geeignet, so konnte zum Beispiel durch die quantitative Befragung herausgefunden werden, wie die Leute die Bäche nutzen und wie sie die beiden Bachabschnitte einordnen und bewerten. Diese Aspekte sind im Hinblick auf die Forschungsfrage unerlässlich. Am Katzenlochbach war es schwierig eine große Anzahl von Personen anzutreffen, da er außerhalb Bonns liegt und deshalb auch Personen befragt werden mussten, die sich nicht unmittelbar am Bach aufgehalten haben, sondern in der Umgebung wohnen oder dort einkaufen gegangen sind. Voraussetzung war jedoch, dass der Bach den Befragten bekannt ist.

Fazit

Im Rahmen des Projektseminars wurden zwei Bachabschnitte vor dem Hintergrund der Ökosystemleistungen untersucht. Dabei stellt sich die Frage, aus welchen Bachabschnitt die Besucher einen größeren Nutzen ziehen können und ob die Besucher den Bachabschnitt dementsprechend auch anders bewerten und wahrnehmen. Die Analyse der Strukturgütekartierung und der Untersuchung der Wasserqualität hat ergeben, dass beide Bäche große regulierende Funktionen haben. Die umliegende Vegetation und die Verdunstung der Gewässer führen zu einer Frischluftherzeugung und

damit zu einer Kühlung der Umgebungstemperatur. Vor allem im Hinblick auf immer wärmer werdende Sommer kann dies von großer Bedeutung sein. Außerdem lässt sich an beiden Bachabschnitten die Bewahrung der biologischen Vielfalt feststellen. Beide Bachabschnitte befinden sich in einem guten Zustand, der Katzenlochbach noch einmal besser als der Rheindorfer Bach. Im Hinblick auf die Wahrnehmung der Besucher vor Ort gab es jedoch Unterschiede bei den beiden Bachabschnitten. Es konnte festgestellt werden, dass die Menschen den natürlichen Bachabschnitt im Katzenlochbachtal besser bewerten und wahrnehmen als den renaturierten Bachabschnitt am Rheindorfer Bach. Sie haben sowohl die Wasserqualität besser bewertet, als auch den Bachabschnitt selbst und die Umgebung des Baches. Im Hinblick auf die kulturellen Ökosystemleistungen, vor allem auf den Aspekt der Erholungsfunktion und der damit verbundenen Ruhe vor Ort sowie der Natürlichkeit haben die Besucher den Katzenlochbach ebenfalls besser bewertet. Der Aspekt der Erholung war dort von viel größerer Bedeutung als am Rheindorfer Bach.

Letztendlich lässt sich sagen, dass der natürliche Bachabschnitt im Hinblick auf die kulturellen Ökosystemleistungen einen größeren Nutzen für die Besucher bringt und dies auch mit der Wahrnehmung übereinstimmt. Dies ist auch damit verbunden, dass der Rheindorfer Bach in zentraler Lage liegt und die Besucher ihn somit zum Beispiel als Arbeitsweg nutzen und der Katzenlochbach, welcher sich eher außerhalb befindet, zu Freizeitaktivitäten genutzt wird. Im Gegensatz dazu fällt die regulierende Ökosystemleistung bei beiden Bachabschnitten ähnlich aus. Dies ist damit zu erklären, dass durch die Renaturierung der Bach wieder in einen naturnahen Zustand rückversetzt wurde und somit der natürliche Ablauf wieder stattfinden kann. Im Hinblick auf die Zukunft wäre es interessant zu untersuchen, ob dieses Ergebnis auch auf andere Bäche übertragen werden kann. Werden andere renaturierte Bachabschnitte ebenfalls als schlechter bewertet und wahrgenommen und gibt es auch bei anderen Bächen keine Unterschiede im Hinblick auf die Wasserqualität? Außerdem stellt sich die Frage, ob das Ergebnis anders ausgefallen wäre, wenn beide Bäche in zentraler Lage oder außerhalb liegen würden.

Literaturverzeichnis

- BASTIAN, O., GRUNEWALD, K. u. R. SYRBE (2013): Klassifikation von Ökosystemdienstleistungen. In: GRUNEWALD, K. u. O. BASTIAN (Hrsg.): Ökosystemdienstleistungen. Konzept, Methoden, Fallbeispiele. (Springer) Berlin, Heidelberg. S. 48-56.
- BETRAM, C. u. K. REHDANZ (2015). Preferences for cultural urban ecosystem services. The role of urban parks in four European cities. *Ecosystem Service*, Vol. 12. S. 187-199.
- BMELV (Hrsg.) (2009): Waldbericht der Bundesregierung 2009. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. Berlin.
- BUND: 7. Station: Rheindorfer Bach bei Auerberg/Graurheindorf. Abrufbar unter: http://www.bonn.bund.net/themen_und_projekte/geocaching/tour_nord/7_rheindorfer_bach/ (letzter Abruf: 20.02.2017)
- BUNDESSTADT BONN, STADTBAUAMT (Hrsg.) (2002): Gewässerschutz in Bonn. Die Umgestaltung des Rheindorfer Baches in Auerberg und Graurheindorf. Bonn. Abrufbar unter: http://www.bonn.de/rat_verwaltung_buergerdienste/buergerdienste_online/buergerservice_a_z/01131/index.html?lang=de (letzter Abruf: 16.02.2017)
- BUNDESSTADT BONN, TIEFBAUAMT (Hrsg.) (2008): Bachentwicklungsplan 2008. Überarbeitung und Fortschreibung des BEP 1988. Bonn.
- DIEKMANN, A. (2014⁶): Empirische Sozialforschung. Grundlagen Methoden Anwendungen. (Rowohlt's Enzyklopädie) Reinbek bei Hamburg.
- ENDLICHER, W. (2012): Einführung in die Stadtökologie. (Eugen Ulmer) Stuttgart.
- ENDLICHER, W. et al. (2016): Stadtnatur fördert gute Lebensbedingungen. In: KOWARIK, I., BARTZ, R. u. M. BRECK (Hrsg.): Ökosystemleistungen in der Stadt. Gesundheit schützen und Lebensqualität erhöhen. (Naturkapital Deutschland – TEEB DE) Berlin, Leipzig. S. 51-96.
- IPCC (2013): Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. (Cambridge University Press) Cambridge, New York.
- JBL (o.J.): Professionelle Wasseranalyse mit JBL. Abrufbar unter: <https://www.jbl.de/?lang=de&mod=files&func=show&id=11174> (letzter Abruf: 16.02.2017).
- JÜRGING, P. (2005): Mensch und Fließgewässer. In: JÜRGING, P. (Hrsg.): Fließgewässer- und Auenentwicklung. Grundlagen und Erfahrungen. (Springer) Heidelberg, Berlin. S. 62-88.
- KNAPP, S. et al. (2016): Naturerleben, Naturerfahrung und Umweltbildung in der Stadt. In: KOWARIK, I., BARTZ, R. u. M. BRECK (Hrsg.): Ökosystemleistungen in der Stadt. Gesundheit schützen und Lebensqualität erhöhen. (Naturkapital Deutschland – TEEB DE) Berlin, Leipzig. S. 148-167.

- KONOLD, W. (2005): Mensch und Fließgewässer. In: JÜRGING, P. (Hrsg.): Fließgewässer- und Auenentwicklung. Grundlagen und Erfahrungen. (Springer) Heidelberg, Berlin. S. 47-62.
- KOWARIK, I. u. R. BARTZ (2016): Städtische Ökosystemleistungen und ihre Bewertung. In: KOWARIK, I., BARTZ, R. u. M. BRECK (Hrsg.): Ökosystemleistungen in der Stadt. Gesundheit schützen und Lebensqualität erhöhen. (Naturkapital Deutschland – TEEB DE) Berlin, Leipzig. S. 23-45.
- LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NORDRHEIN-WESTFALEN (LANUV) (Hrsg.) (2012): Gewässerstruktur in Nordrhein-Westfalen. Kartieranleitung für die kleinen bis großen Fließgewässer. LANUV-Arbeitsblatt 18. Recklinghausen.
- LÜDERITZ, V. u. R. JÜPNER (2009): Renaturierung von Fließgewässern. In: ZERBE, S. u. G. WIEGLEB (Hrsg.): Renaturierung von Ökosystemen in Mitteleuropa. (Spektrum Akademischer Verlag) Heidelberg. S. 95-122.
- MATTISSEK, A., C. PFAFFENBACH u. P. REUBER (2013): Methoden der empirischen Humangeographie. (Westermann) Braunschweig.
- PATT, J., JÜRGING, P. u. W. KRAUS (2009³): Naturnaher Wasserbau. Entwicklung und Gestaltung von Fließgewässern. (Springer) Berlin, Heidelberg.
- SCHRÖTER-SCHLAACK, C. et al. (2016): Ökosystemleistungen identifizieren, erfassen und in Wert setzen. In: VON HAAREN, C. u. C. ALBERT (Hrsg.): Ökosystemleistungen in ländlichen Räumen. Hannover, Leipzig. S. 26-69.
- VON KEITZ, S. et al. (2016): Ökosystemleistungen von Gewässern und Auen. In: VON HAAREN, C. u. C. ALBERT (Hrsg.): Ökosystemleistungen in ländlichen Räumen. Hannover, Leipzig. S. 206-239.
- WILLCKE, H. (2007): Katzenlochbach fließt durch unberührte Wildnis. In: General Anzeiger. Bonn. Abrufbar unter: <http://www.general-anzeiger-bonn.de/bonn/Katzenlochbach-flie%C3%9Ft-durch-unber%C3%BChrte-Wildnis-article139084.html> (letzter Abruf: 16.02.2017).

5 Gewässerökologische und ökosystemare Untersuchung des Rheindorfer Bachs in Bonn

Marcel Baum und. Jan Claren

Abstract

Viele urbane Fließgewässer befinden sich in einem schlechten ökologischen Gesamtzustand und haben nur noch vereinzelt Ähnlichkeit mit natürlichen Gewässern. Dabei haben diese bei richtiger Bewirtschaftung ein großes Potential und können viele wichtige Funktionen übernehmen, sowie essentielle Leistungen für die Natur und den Menschen bereitstellen. Im Zuge der Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie wurden im Bonner Stadtgebiet mehrere Untersuchungen der Fließgewässer mit Konzentration auf die natürlichen Umweltfaktoren durchgeführt. Diese Arbeit soll einen neuen Blickwinkel urbaner Fließgewässer vor dem Hintergrund des Konzepts der Ökosystemleistungen aufzeigen. Deshalb wurde an zwei Bereichen des Rheindorfer Bachs der ökologische Zustand untersucht und die daraus resultierenden Ergebnisse verknüpft, um aufzuzeigen, wie die Gestaltung und Nutzung eines Fließgewässers und die von ihm erbrachten Ökosystemdienstleistungen miteinander verbunden sind. Dazu wurden die drei Qualitätskomponenten Hydromorphologie, Chemie und Biologie mit den Methoden einer Gewässerstrukturkartierung, der Analyse der allgemeinen chemisch-physikalischen Parameter und einer einfachen Form der Bestimmung der biologischen Gewässergüte anhand des Makrozoobenthos erhoben. Die erzeugten Daten zeigten, dass signifikante Unterschiede hinsichtlich des ökologischen Zustandes der beiden Abschnitte bestehen, vor allem bei der hydromorphologischen und biologischen Komponente. Auf Basis der Ergebnisse ließ sich weiterhin feststellen, dass ein schlechterer ökologischer Zustand des Gewässers auch eine geringere Vielfalt an zur Verfügung gestellten Ökosystemdienstleistungen mit sich bringt. Durch effiziente Renaturierungsmaßnahmen besteht jedoch die Möglichkeit den Zustand der urbanen Fließgewässer zu verbessern und deren Wirksamkeit bezüglich ihrer erbrachten Ökosystemleistungen zu erhöhen. Im Hinblick auf zukünftige urbane Entwicklungen und den steigenden Bedarf an einer Verbesserung des Stadtklimas, besteht somit ein großes Potential in der Wiederherstellung der ökologischen Funktionsfähigkeit von urbanen Fließgewässern.

Keywords: *Rheindorfer Bach, Ökologischer Zustand, Ökosystemleistungen, EG-Wasserrahmenrichtlinie, Renaturierung*

Einleitung

Natürliche Ökosysteme „[...] sind zentral für menschliches Wohlergehen und wirtschaftliche Entwicklung: als Versorger mit Nahrungsmitteln, Holz, Wasser, Rohstoffen und Energie; als Orte der

Erholung; zum Schutz des Klimas und für die Erhaltung der biologischen Vielfalt.“ (VON HAAREN ET AL. 2016, 12). Eines dieser Ökosysteme sind Fließgewässer mit ihren Auen, welche eine Vielzahl von Leistungen für den Menschen erfüllen.

Als eine Reaktion auf den schlechten ökologischen Zustand der Fließgewässer in Europa verabschiedete das Europäische Parlament am 23. Oktober 2000 die EG-Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL). Diese stellt einen verpflichtenden Bezugsrahmen, mit einheitlichen Zielen zum Gewässerschutz innerhalb der Europäischen Union dar (BEZIRKSREGIERUNG KÖLN). Der Fokus liegt dabei in der Erhebung des Status Quo, darauf aufbauend in der Entwicklung eines geeigneten Maßnahmenkatalogs und schließlich dessen Umsetzung mit der Intention einen guten ökologischen Zustand der Gewässer zu erreichen. Mit dem Ende von 2015 wurde der erste Bewirtschaftungszyklus im Rahmen der Umsetzung der EG-WRRL abgeschlossen. Seit Beginn des zweiten Zyklus von 2016 bis 2021 wurden noch keine umfassenden amtlichen Untersuchungen des ökologischen Zustandes der Fließgewässer im Bonner Stadtgebiet unternommen. Die bisherigen Untersuchungen nutzten als theoretisches Rahmenkonzept das „Strahlwirkungs- oder Trittsteinprinzip“, um ihre umweltpolitischen Entscheidungen im Rahmen der Umsetzung der EG-WRRL durch wissenschaftlich fundierte Ansätze zu untermauern (ZUMBROICH 2012).

Mit unserer Forschungsarbeit möchten wir uns von dieser Betrachtungsweise des Ökosystems der Fließgewässer und Auen distanzieren und stattdessen das System vor dem Konzept der Ökosystemleistungen betrachten. Dieses stellt einen ganzheitlicheren Ansatz dar, der sowohl die natürlichen Aspekte des Gewässers beachtet, als auch den Menschen als einen Teil des Ökosystems ansieht und die Wechselwirkungen zwischen Natur und Mensch mit einbezieht. Vor diesem theoretischen Hintergrund ist es das Ziel der Forschungsarbeit anhand zweier Teilabschnitte des Rheindorfer Bach festzustellen, in welchem ökologischen Zustand sich dieser befindet, sowohl bezüglich der hydro-morphologischen, als auch der chemischen und biologischen Qualitätskomponente, und in vergleichender Perspektive festzustellen, welche Unterschiede sich hinsichtlich der Ökosystemleistungen zeigen.

Untersuchungsgebiet

Die Fallstudie wurde an zwei Teilabschnitten des Rheindorfer Bachs durchgeführt, der den nordöstlichsten Abschnitt des Hardtbachs bildet und durch die Niederterrasse des Rheins verläuft. Dieser ist

ein Nebenfluss des Rheins mit einem Einzugsgebiet von etwa 85,57 km². Der Hardtbach hat seinen Ursprung südwestlich von Bonn-Volmershofen (Alfter) und mündet nach 17,09 km bei Bonn-Graurheindorf in den Rhein. Für den Hardtbach existieren bis zu sechs verschiedene Namen, die jeweils für einen Teilabschnitt stehen. So wie der Name, ändert sich je nach Abschnitt auch die Art des Fließgewässers. Er verändert sich von einem kiesgeprägten Tieflandbach zu einem löss-lehmgeprägten Tieflandbach und wird schließlich zu einem kleinen Niederungsfließgewässer in Fluss- und Stromtälern (ZUMBROICH 2012).



Abbildung 1: Hardtbach

Wie auf der Abbildung 1 zu erkennen ist, fließt der Hardtbach fast ausschließlich durch städtisches Gebiet, weshalb er im Laufe der Zeit immer wieder starken anthropogenen Einflüssen ausgesetzt war. Aufgrund der massiven Eingriffe in den Bodenwasserhaushalt unterscheidet sich der heutige Hardtbach deutlich vom ursprünglichen Zustand und wird daher als erheblich veränderter Oberflächenwasserkörper (heavily modified water body) eingestuft. Als besonders stark verändert gilt der Teilabschnitt des Hardtbachs, der als Rheindorfer Bach bezeichnet wird. Wegen des schlechten ökologischen Zustands und der Hochwassergefahr in diesem Bereich, wurden im Zuge des Bachentwicklungsplans von 1988 und des Hochwasserschutzkonzepts von 1997 Renaturierungsmaßnahmen an einem Teilabschnitt des Rheindorfer Bachs geplant und 2001 schließlich umgesetzt (STADTBAUAMT BONN). Der etwa 100 m lange renaturierte Bereich befindet sich an der Josefshöhe im Stadtteil Bonn-Auerberg und stellt im Zuge der durchgeführten Fallstudie den ersten Untersuchungsabschnitt dar.

Die Zielsetzung der Renaturierung, welche neben der Entstehung eines Erholungsgebiets, auch die ökologische Aufwertung und die Schaffung von Rückhaltevolumen beinhaltet, sind in der optischen Gestaltung erkennbar. Neben einer Parkanlage mit Sitzgelegenheiten und Grünflächen, die als Rückhalteflächen bei Hochwasser dienen sollen, ist ein breites Bachbett mit Auen zu erkennen. Unmittelbar bachaufwärts befindet sich der zweite Untersuchungsabschnitt am Sportpark Nord. Dieser weist deutliche anthropogene Veränderungen auf



Abbildung 2: Rheindorfer Bach an der Josefshöhe

und unterscheidet sich stark hinsichtlich seiner Gewässerstruktur vom ersten Untersuchungsgebiet, wie auf den Abbildungen 2 und 3 zu erkennen ist. An der linken Uferseite befindet sich ein Wohngebiet. Auf der rechten Uferseite ist ebenfalls eine Parkanlage vorzufinden.

Methoden

Zur umfassenden Feststellung des ökologischen Zustandes der beiden Teilabschnitte des Rheindorfer Bach wurden drei verschiedene Qualitätskomponenten untersucht: die hydro-morphologische, die chemische und die biologische Komponente.



Abbildung 3: Rheindorfer Bach am Sportpark Nord

Die Auswahl der dafür genutzten Methoden orientiert sich an den Verfahren, die für die Bestandsaufnahme der Oberflächen-wasserkörper im Rahmen der Umsetzung der EG-WRRL entwickelt wurden. (MKULNV NRW 2015).

Die hydromorphologische Qualitätskomponente wurde mit einer Kartierung der Gewässerstrukturen untersucht. Dieses Verfahren der Gewässerstrukturkartierung eignet sich zur Erfassung und Dokumentation des aktuell vorhandenen Gewässerstrukturzustands, sowie zum Effizienznachweise von bereits ausgeführten Gewässerentwicklungsbaumaßnahmen (LANUV NRW 2012). Die Erhebung der Daten erfolgte vor Ort am Gewässer mit Hilfe von standardisierten Erfassungsbögen in denen die Strukturen des Gewässerbettes und des Gewässerumfeldes festgehalten wurden. Die Erfassungsbögen enthalten die sechs Hauptparameter: Laufentwicklung, Längsprofil, Sohlstruktur, Querprofil, Uferstruktur und Gewässerumfeld. Ihnen sind weitere Einzelparameter (Strukturelemente) zugeordnet, welche möglichst objektiv und intersubjektiv nachvollziehbar erhoben wurden. Nach der Bestandserhebung der Gewässerstruktur durch die Feststellung von Zustandsmerkmalen der Einzelparameter erfolgte die Bewertung. Als Maßstab dafür dienten „so genannte naturraumspezifische Leitbilder oder Referenzbedingungen“ (LANUV NRW 2012). Die Bewertung selbst setzte sich aus zwei Teilen zusammen, einer indexgestützten Einzelparameterbewertung und einer Bewertung der funktionalen Einheiten. Bei der indexgestützten Bewertung wurden den erhobenen Einzelparametern Indexziffern zwischen 1 und 7 zugeordnet, und ein Wert errechnet, der für die Güte der Gewässerstruktur steht. Die Bewertung anhand funktionaler Einheiten erfolgte durch die subjektive Beurteilung der kartierenden Personen im Gelände, welche auf Basis der naturraumspezifischen Leitbilder und ihres individuellen Eindrucks die funktionalen Einheiten in eine siebenstufige Skala einordneten und daraus über Mittelwertbildung ebenfalls einen Indexwert berechneten. Die errechneten Indexwerte wurden schließlich in eine siebenstufige Strukturklassen-Skala eingeordnet, wobei ein Wert von 1 eine unveränderte Gewässerstruktur bedeutet und ein Wert von 7 einen vollständig veränderten Oberflächenwasserkörper kennzeichnet. (LANUV NRW 2012)

Zur Untersuchung der chemischen Qualitätskomponente wurde an jeweils drei Stellen der beiden Bachabschnitte die allgemein chemisch-physikalischen Parameter gemessen. Zu diesen Parametern gehören die Wassertemperatur, der Sauerstoffgehalt (O_2), der Versauerungszustand (pH-Wert), sowie die Nährstoffverhältnisse von Phosphat (PO_4), Nitrat (NO_3), Nitrit (NO_2) und Ammonium (NH_4). Für beide Untersuchungsgebiete wurden dann aus den erhobenen Daten die Mittelwerte der jeweiligen Parameter ermittelt und diese mit den Orientierungs- bzw. Hintergrundwerten nach Anlage 7 der Oberflächengewässerverordnung verglichen (BUNDESMINISTERIUM DER JUSTIZ UND FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ 2016). Auf Basis dessen ließen sich die erhobenen Parameterwerte schließlich in die drei Kategorien „eingehalten sehr gut“, „eingehalten gut“ und „nicht eingehalten“ einordnen. (MKULNV NRW 2015)

Für die Erhebung der biologischen Qualitätskomponente wurde eine Gütebestimmung anhand des Makrozoobenthos durchgeführt. Das Makrozoobenthos umfasst die wirbellosen tierischen Organismen, die den Gewässerboden besiedeln (MKULNV NRW 2015). Diese Organismen sind einer der wichtigsten Bioindikatoren zur Bestimmung der Gewässergüte und zeigen selbst über Zeiträume von Wochen bis Monaten noch organische Belastungen und strukturelle Defizite an. Je nach Zusammensetzung der Lebensgemeinschaft des Makrozoobenthos, der Häufigkeit des Auftretens bestimmter Organismen und dem Fehlen mancher Lebewesen, lassen sich Rückschlüsse über die allgemeine Degradierung des Fließgewässers ableiten. Im Rahmen unserer Forschungsarbeit war es aufgrund der Komplexität und des erforderlichen Equipments nicht möglich den Saprobienindex als gängigen Indikator für die biologische Gewässerqualität zu ermitteln. Stattdessen wurde eine stark vereinfachte Methode angewendet, welche sich an den Grundprinzipien des Saprobienindex orientiert, im Gegensatz zu diesem jedoch lediglich Hinweise über den Grad der organischen Belastung des Gewässers liefert und keine exakte Bewertung im Sinne einer Gewässergütekategorie zulässt. Bei diesem vereinfachten Verfahren wurde an jeweils einer Probestelle der beiden Bachabschnitte die unterschiedlichen Substrate „Feinsediment, Schlamm, Totholz, Falllaub und Steine“ hinsichtlich der dort anzutreffenden Organismen untersucht. Die vorge-

fundenen Lebewesen wurden dann unter Zunahme des „Bestimmungsschlüssel der häufigsten Wirbellosen“ (WELLINGHORST 2002⁵) identifiziert und mit Hilfe der Publikation „Ökologische Bewertung der Fließgewässer“ (GRAW 2003²) ihre Indikatoreigenschaft festgestellt. Auf Basis der Häufigkeit, der Anzahl unterscheidbarer Formen und der Indikatoreigenschaften ließen sich dann Tendenzen hinsichtlich der Güte der biologischen Qualitätskomponente ableiten. (FFW BOCHOLTER AA-EUREGIO)

Ergebnisse

Bei der Untersuchung der beiden Bachabschnitte zeigte sich, dass zwischen dem renaturierten Bereich an der Josefshöhe und dem anthropogen überprägten Gebiet am Sportpark Nord große Unterschiede hinsichtlich des ökologischen Zustands bestehen. Entgegen der Erwartungen bestanden diese jedoch nicht bei allen drei erhobenen Qualitätskomponenten gleichermaßen, sondern waren besonders stark bei der hydromorphologischen und biologischen Komponente feststellbar.

Die bei der Gewässerstrukturkartierung erhobenen Daten zur hydromorphologischen Qualitätskomponente variieren zwischen den Untersuchungsgebieten deutlich. Der Bereich an der Josefshöhe zeichnete sich durch eine stark geschwungene und fast natürliche Laufentwicklung mit vielfältigen Strukturen wie Längsbänke, Krümmungserosion, Totholzverklammerung, Sturzbäume, Inselbildung und Laufgabelungen aus. Die mäßige Strömungsdiversität sowie das sandige und mit vielen organischen Materialien durchsetzte Sohlsubstrat waren charakteristisch. Der Profiltyp war annähernd naturgemäß mit einer flachen Profiltiefe und einer mäßigen Breitenvarianz aber schwachen Breitenerosion. Der Uferbewuchs und das Gewässerumfeld zeichneten sich durch bodenständiges Gebüsch, Rasenflächen und einer angrenzenden Parkanlage, sowie Freiflächen mit Bebauung aus. Was im negativen Sinne besonders auffiel war die Verschmutzung des Gewässerumfeldes und der Sohlstruktur durch Hausmüll. Die Indexbewertung hatte schließlich unter Einbezug aller Parameter für den Bereich an der Josefshöhe einen Wert von 3,3 zum Ergebnis, sodass der Abschnitt in die Strukturklasse 3 einzuordnen ist und somit als mäßig verändert gilt. Bei

der parallelen Bewertung anhand der funktionalen Einheiten wurde ebenfalls die Strukturklasse 3 festgestellt, aber mit einem leicht besseren Wert von 2,7.

Der untersuchte Bachabschnitt am Sportpark Nord hingegen war durch seine anthropogene Überprägung charakterisiert. Durch seine offene Kanalisierung, seine geradlinige Laufentwicklung und keinerlei besondere Laufstrukturen war dieser Bereich nicht annähernd natürlich. Bei dem Hauptparameter Längsprofil war die geringe Strömungsdiversität und Tiefenvarianz besonders auffällig. Die Sohlstruktur war durch die Massivsohle mit Steinschüttung, sowie den dominierenden Substraten Schotter und Kies, und geringer Substratdiversität geprägt. Ein technisches Regelprofil und geringe Breitereosion und -varianz aufgrund der Massivsohle kennzeichneten das Querprofil des Fließgewässers. Der Uferbewuchs bestand hauptsächlich aus Böschungsrasen und Einzelgehölzen, und das Gewässerumfeld zeichnete sich durch einen Park



Abbildung 5: Ergebnisse der Gewässerstrukturkartierung

bzw. eine Grünanlage, sowie Bebauung aus. Auch hier war die Uferbelastung durch Hausmüll besonders auffällig. Auf Basis der erhobenen Parameter konnte hier ein Indexwert von 6,0 berechnet werden und bei der Bewertung anhand der funktionalen Einheiten ergab sich ein leicht besserer Wert von 5,8. Somit ist der Bereich am Sportpark Nord in die Strukturklasse 6 einzuordnen und gilt damit als sehr stark verändert. Abschließend lässt sich sagen, dass der renaturierte Bereich an der Josefshöhe in einem wesentlich besseren hydromorphologischen Zustand ist als das Gebiet am Sportpark Nord (siehe Abb. 4).

Im Gegensatz zu der hydromorphologischen Qualitätskomponente sind bei der Auswertung des allgemeinen chemischen Zustands keine bedeutsamen

Unterschiede zwischen den beiden Gewässerabschnitten festzustellen. Dies verdeutlicht die

Tabelle 1: Ergebnisse der chemischen Untersuchungen

Parameter	Ø Wert Josefshöhe	Ø Wert Sportpark	Einstufung nach WRRL
pH-Wert	8,02	7,86	Gut
O ₂	7,4 mg/l	7,1 mg/l	Gut
PO ₄	<0,02 mg/l	<0,02 mg/l	Sehr gut
NO ₂	<50 µ/l	<50 µ/l	Gut
NH ₄	<0,04 mg/l	<0,04 mg/l	Sehr gut
NO ₃	<0,05 mg/l	<0,05 mg/l	Gut

folgende Tabelle, die neben den gemessenen Parametern auch die Einstufung der Ergebnisse in Bezug auf die Orientierungswerte der Wasserrahmenrichtlinie zeigt (siehe Tabelle 1).

So gibt es lediglich messbare Abweichungen zwischen den beiden Untersuchungsgebieten bei den Parametern pH-Wert und Sauerstoffgehalt. Diese sind jedoch sehr gering und stellen somit keine signifikanten Unterschiede dar. Hinsichtlich der Einstufung nach der Wasserrahmenrichtlinie lässt sich sagen, dass die gemessenen Durchschnittswerte alle oberhalb der Grenzwerte

liegen, die auf eine mögliche chemische Verunreinigung hinweisen. Die Messergebnisse in Bezug auf den Ammonium- und Nitratgehalt sind sogar als sehr gut einzustufen. Als gut zu werten, sind sowohl die Ergebnisse der Sauerstoff- und pH-Wert Messungen, als auch die Resultate der Stickstoff und Nitrit Bestimmungen. Somit lässt sich zusammenfassend für die beiden Untersuchungsabschnitte am Rheindorfer Bach sagen, dass diese sich bezüglich der gemessenen Parameter in einem guten chemischen Zustand befinden.

Bei der Untersuchung des Makrozoobenthos für die biologische Qualitätskomponente zeigten sich deutliche Unterschiede zwischen den Untersuchungsgebieten. An der Josefshöhe ließen sich mehrere Steinfliegenlarven finden, welche ein Indikator für eine geringe organische Belastung sind. Des Weiteren konnten hier Köcher- und Eintagsfliegenlarven, sowie Flohkrebse nachgewiesen werden, was pauschal als positives Zeichen für den Gewässerzustand zu sehen ist. Bei den untersuchten Substraten am Sportpark Nord ließen sich insgesamt weniger Organismen feststellen. Ebenfalls gab es hier Köcher- und Eintagsfliegenlarven, jedoch wurden keine Flohkrebse gefunden, was normalerweise auf einen Missstand hindeutet. Aus Basis der gefundenen Organismen und deren Häufigkeit, lässt sich sagen, dass der Bereich an der Josefshöhe wahrscheinlich in einem guten biologischen Zustand ist, das Gebiet am Sportpark Nord hingegen leichte Defizite aufweist und hier ein eher mäßiger bis unbefriedigender biologischer Gewässerzustand herrscht.

Diskussion

Die vorgestellten Ergebnisse veranschaulichen deutliche Unterschiede zwischen den beiden Untersuchungsgebieten, besonders hinsichtlich der hydromorphologischen und biologischen Komponente. So zeigte sich bei der Bestimmung der biologischen Gewässergüte, dass der renaturierte Bachabschnitt, dessen Gewässerstrukturgüte als mäßig verändert eingestuft wurde, ein wesentlich vielfältigeres Makrozoobenthos aufweist. Dies ist vor allem auf die deutlich besseren Lebensbedingungen in diesem Untersuchungsgebiet zurückzuführen. Das vergleichsweise breite und unbefestigte Bachbett und die natürliche Gewässersohle bieten einen guten Lebensraum für Kleinstlebewesen. Auch die Existenz von Auen und Tothölzern, die auf natürliche Weise die Strömungsverhältnisse beeinflussen, wirken sich positiv auf die biologische Gewässergüte aus. Darüber hinaus dient das vorhandene Totholz nicht nur als wichtiges Besiedlungssubstrat, sondern auch als Lebensraum für das Makrozoobenthos (KAIL 2004). Der zweite Untersuchungsabschnitt, der in Bezug auf seine Gewässerstrukturgüte als sehr stark veränderter Gewässerabschnitt eingestuft wurde, bietet aufgrund seiner starken hydromorphologischen Belastun-

gen, wie z. B. die Begradigung des Bachbetts, kein gutes Habitat für Lebewesen. Dies bestätigten unter anderem die Ergebnisse der biologischen Gewässergüte. Auch wenn die durchgeführte Untersuchung der biologischen Qualitätskomponente nur vereinfacht vollzogen werden konnte, zeigen die Ergebnisse einen positiven Effekt auf das Vorkommen von Makrozoobenthos durch möglichst naturnahes Oberflächengewässer. Somit haben sich die Renaturierungsmaßnahmen eindeutig begünstigend hinsichtlich des Makrozoobenthos ausgewirkt, da durch die Wiederherstellung eines naturnahen Fließgewässers zahlreiche Mikrohabitate, z. B. in den Auen oder am Uferstrand, entstanden sind. Aufgrund der größeren Artenvielfalt und der Anzahl der beobachteten Organismen, kann von einem potentiell guten biologischen Zustand im ersten Untersuchungsabschnitt ausgegangen werden. Dagegen lässt sich der biologische Zustand des nicht renaturierten Gewässerbereichs nur als mäßig bzw. unbefriedigend beschreiben (BAUR 2013).

Die chemische Untersuchung der Gewässerabschnitte am Rheindorfer Bach zeigte, dass alle gemessenen Werte als „gut“, teilweise sogar als „sehr gut“ einzustufen sind. Die gemessenen Parameter lassen daher auf einen allgemeinen guten chemischen Zustand der beiden Untersuchungsabschnitte schließen. Das Vorkommen von Steinfliegenlarven, die im Zuge der Untersuchung des Makrozoobenthos identifiziert wurden, ist ebenfalls ein Indikator für eine gute Wasserqualität und bestärkt somit das Ergebnis des guten chemischen Zustands. Wichtig in diesem Zusammenhang zu erwähnen ist schließlich, dass im Zuge der durchgeführten Untersuchung nicht alle chemischen Parameter bestimmt werden konnten, die Hinweise über den chemischen Zustand des Fließgewässers liefern. Zudem wurde die Wasserqualität nicht auf ubiquitäre Stoffe untersucht. Dennoch konnten wichtige Parameter bestimmt werden, die Aufschlüsse über der Gewässerqualität liefern. Zudem wurden in den Zeiträumen 2012-2014 hinsichtlich der Umsetzung der Zielsetzungen aus der Wasserrahmenrichtlinie der chemische Zustand des Rheindorfer Bachs umfangreich kontrolliert. Bei der Auswertung dieser Untersuchungen wurde ebenfalls ein guter chemischer Zustand festgestellt (ELWAS-WEB). Die gute Wasserqualität ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass nur noch

wenige Abwässer in den Rheindorfer Bach geleitet werden dürfen (STADTBAUAMT BONN).

Bei den Ergebnissen der Gewässerstrukturgütekartierung werden besonders die unterschiedlichen Perspektiven in Bezug auf die Funktionalität von Fließgewässern deutlich. So zeigen die Ergebnisse, dass der stark veränderte Bereich am Sportpark Nord überwiegend eine Entwässerungsfunktion einnimmt. Dies verdeutlichen die zahlreichen anthropogenen Umgestaltungen. Der Teilbereich an der Josefs Höhe ist dagegen als mäßig verändert eingestuft worden und somit deutlich naturnäher. Dieser Bachabschnitt kann als Beispiel für das Leitbild, was in Bonn in den 80 Jahren aufkam, betrachtet werden. So wurden Fließgewässer ab diesem Zeitraum als wichtige „Naturelemente“ einer Stadt gesehen, die neben einer Entwässerungsfunktion noch weitere Eigenschaften aufweisen (STADTBAUAMT BONN, 2). Auf diese wird im weiteren Teil dieses Berichts bei der Erläuterung der Ökosystemdienstleistungen noch genauer eingegangen. Insgesamt zeigen die Ergebnisse signifikante Unterschiede zwischen den beiden Abschnitten des Rheindorfer Bachs. Die Forschungsfrage hinsichtlich des ökologischen Zustands des Fließgewässers muss folglich differenziert beantwortet werden. Während der renaturierte Bereich einen guten ökologischen Zustand aufweist, ist die Verfassung des Teilabschnitts am Sportpark Nord aufgrund der vorgestellten Ergebnisse als unbefriedigend zu bewerten. Im Folgenden werden die beiden Untersuchungsgebiete hinsichtlich ihrer Ökosystemleistungen analysiert.

„Das Konzept der Ökosystemleistungen zielt darauf ab, die vielfältigen Leistungen der Natur für den Menschen aufzuzeigen und greifbar zu machen“ (VON HAAREN ET AL. 2016, 27). Dabei werden vier grundlegende Typen von Ökosystemleistungen unterschieden. Neben Basisleistungen werden auch noch Versorgungsleistungen, Regulationsleistungen, sowie Kulturelle Leistungen betrachtet. In der folgenden Analyse werden die beiden Gewässerabschnitte, die die Ökosysteme darstellen, in vergleichender Perspektive bezüglich ihrer Ökosystemleistungen untersucht. Zunächst einmal werden die Basisleistungen der Gewässerabschnitte betrachtet. Diese sind zwar „nicht direkt mit dem Menschlichen Wohlbefinden verknüpft [...], stellen aber essentielle Grundlage für die Entstehung

anderer Ökosystemleistungen dar“ (VON HAAREN ET AL. 2016, 28). Bereits bei der Betrachtung der Basisleistungen werden signifikante Unterschiede, die aus den unterschiedlichen hydromorphologischen Bedingungen zwischen den beiden Bachabschnitten resultieren, deutlich. So weist der renaturierte Bereich neben bodenbildenden Prozessen, die u. a. aus den Vorgängen der Erosion und Sedimentation resultieren, auch noch weitere Leistungen, wie die Primärproduktion von Sauerstoff auf. Diese findet vor allem in den vorhandenen Auengebieten statt (BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ 2015). Außerdem stellt der Untersuchungsabschnitt, wie bereits erläutert, ein Habitat für Tiere und Pflanzen dar. Diese sind wichtige Voraussetzungen für den Nährstoffkreislauf, der als eine weitere Basisleistung gesehen werden kann. Aufgrund der anthropogenen Eingriffe in die Gewässerstruktur am Sportpark Nord sind diese Leistungen, wenn dann nur schwach gegeben. Wegen der vergleichsweise geringen Größe des Fließgewässers und der daraus resultierenden schwachen Bedeutsamkeit hinsichtlich der Versorgungsleistungen, werden diese nur kurz erläutert. So könnten beide Gewässerabschnitte Holz sowie Nahrungsmittel in Form von Pflanzen und Fischen bereitstellen. Außerdem könnten beide Gewässerabschnitte zur Wasserversorgung genutzt werden. Dies sind nur theoretische Annahmen, die zum jetzigen Zeitpunkt einen niedrigeren Stellenwert haben. Dennoch zeigt sich auch bei diesen Leistungen, dass der renaturierte Bereich aufgrund seiner ausgeprägteren Flora und Fauna mehr Versorgungsleistungen zur Verfügung stellt. Wesentlich bedeutsamer für die Thematik dieses Berichts sind die Regulierungsleistungen des Fließgewässers. In diesem Zusammenhang ist vor allem der Hochwasserschutz zu nennen. So sorgen die vorhandenen Auen, das breite Bachbett und das Totholzvorkommen für eine Verringerung der Fließgeschwindigkeit, was sich positiv auf den Hochwasserschutz auswirkt. Zudem dienen die vorhandenen Grünflächen als Retentionsgebiete, was ebenfalls positive Auswirkungen auf den Hochwasserschutz hat (STADTBAUAMT BONN). Dagegen stellt der anthropogen veränderte Abschnitt viel mehr eine Verstärkung der Hochwassergefahr dar. So tragen die Begradigung und die offene Kanalisierung zu einer Erhöhung der Fließgeschwindigkeit bei, was die Hochwassergefahr zusätzlich steigern kann. Eine weitere regulierende Leistung wird in der natürlichen Verbesserung der Wasserqualität gesehen.

Dieser Selbstreinigungsprozess findet vermehrt in den Auen von Gewässern statt, in denen zahlreiche Mikroorganismen und Pflanzen wie natürliche Filter zur Verbesserung der Gewässerqualität beitragen, was wiederum positive Auswirkungen auf den gesamten Nährstoffkreislauf hat. Somit kann der Bereich an der Josefshöhe im Gegensatz zum Untersuchungsgebiet am Sportpark Nord als natürlicher Schadstofffilter gesehen werden. Als eine weitere positive Leistung von Fließgewässern ist die klimatische Ausgleichsfunktion, welche besonders in urbanen Räumen bedeutsam ist. Neben Verdunstungskälte dienen Fließgewässer in städtischen Gebieten auch als Frischluftschneisen und tragen somit zu einem verbesserten Stadtklima bei (VON HAAREN ET AL. 2016). Auch in diesem Zusammenhang bietet der naturnähere Bereich mit seinem breiten Bachbett und der vielseitigeren Flora und Fauna mehr regulierende Leistungen. Allerdings sind diese Leistungen auch vom sehr stark veränderten Abschnitt zu erwarten, jedoch in einem geringeren Ausmaß. Hinsichtlich der kulturellen Leistungen ist besonders der Naherholungsfaktor zu nennen. So können die beiden Bachabschnitte mit den vorhandenen Grünflächen beispielsweise als Ort für Sport und Erholung genutzt werden. Zudem kann der Untersuchungsabschnitt an der Josefshöhe als Ort zur Umweltbildung gesehen werden. Informationstafeln über die Renaturierungsmaßnahmen und den Zustand des Gewässerabschnitts tragen dazu zusätzlich bei. Die vorangegangene Analyse hat gezeigt, dass die Ökosystemdienstleistungen des naturnahen Bereichs in allen vorgestellten Kategorien im Vergleich zum stark anthropogen veränderten Abschnitt deutlich ausgeprägter und vielfältiger sind.

Fazit

In Bezug auf die beiden Forschungsfragen lässt sich zusammenfassend sagen, dass die durchgeführten Untersuchungen eindeutige Tendenzen zeigen. So werden signifikante Unterschiede zwischen den beiden Abschnitten sowohl hinsichtlich des ökologischen Zustands, als auch in Bezug auf die jeweiligen Ökosystemleistungen der Gewässerabschnitte deutlich. Während der stark anthropogen veränderte Bereich am Sportpark Nord insgesamt in einem schlechten ökologischen Zustand ist, hat sich die Renaturierung positiv auf alle untersuch-

ten Bereiche ausgewirkt. Auch die von den Untersuchungsgebieten ausgehenden Ökosystemleistungen offenbaren große Unterschiede zwischen den beiden Abschnitten. So zeigte sich, dass der naturnahe Bereich ein multifunktionales Ökosystem darstellt. Gerade in Zeiten des Klimawandels, wo vermehrt Extremwetterereignisse zu erwarten sind, kann er wichtige regulierende Funktionen einnehmen. Das Untersuchungsgebiet am Sportpark Nord bietet zwar auch Ökosystemleistungen, allerdings sind diese deutlich geringer im Vergleich zum renaturierten Abschnitt. Die Analyse hat auch gezeigt, dass die starken anthropogenen Eingriffe in den Gewässerhaushalt teilweise sogar negative Einflüsse mit sich bringen, z. B. in Bezug auf Hochwasser. Die vorgestellten Ergebnisse verdeutlichen somit, dass Renaturierungsmaßnahmen sowohl positive Effekte auf den ökologischen Zustand haben, als auch auf die Ökosystemleistungen. Diese Tatsache kann folglich als Argument für weitere Renaturierungsmaßnahmen angesehen werden und zu einem möglichen Umdenken hinsichtlich der Gewässergestaltung führen.

Literaturverzeichnis

- BAUR, W. H. (2013). Renaturierung kleiner Fließgewässer mit ökologischen Methoden: Anleitung zum konkreten Handeln. (LFVBW-Verlag), Stuttgart.
- BEZIRKSREGIERUNG KÖLN: EG-Wasserrahmenrichtlinie.
Abrufbar unter: http://www.bezreg-koeln.nrw.de/brk_internet/leistungen/abteilung05/54/eg_wasserrahmenrichtlinie/index.html (letzter Abruf: 20.11.2016)
- BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (Hrsg.) (2015): Gewässer und Auen – Nutzen für die Gesellschaft. Abrufbar unter: https://www.bfn.de/fileadmin/BfN/wasser/Dokument/BR-gepr-Gesell_Nutz_Gewaes_Auen_barrirefre.pdf (letzter Abruf: 03.03.2017)
- BUNDESMINISTERIUM DER JUSTIZ UND FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ (Hrsg.) (2016): Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (Oberflächengewässerverordnung – OgewV). Anlage 7.
Abrufbar unter: https://www.gesetze-im-internet.de/ogewv_2016/anlage_7.html (letzter Abruf: 01.03.2017)
- ELWAS-WEB
Aufrufbar unter: <http://www.elwasweb.nrw.de/elwas-web/index.jsf#> (letzter Abruf am 01.03.2017)
- FFW BOCHOLTER AA-EUREGIO (Hrsg.): Gütebestimmung anhand des Makrozoobenthos.
Abrufbar unter: <http://ffw-aa.eu/gewaesserschutz/gewaesseruntersuchung/saprobienindex/> (letzter Abruf: 05.12.2016)

- GRAU, M. (2003²): Ökologische Bewertung von Fließgewässern. Schriftenreihe der Vereinigung Deutscher Gewässerschutz 64. (VDG), Frankfurt a. M.
- KAIL, J. (2004): Die ökologische Bedeutung von Totholz im Fließgewässern.
- Abrufbar unter: <https://www.uni-due.de/~iwb010/docs/18.WB-Kurz-Kail12-02-2004.pdf> (letzter Abruf: 03.03.2017)
- LANUV NRW (Hrsg.) (2012): Gewässerstruktur in Nordrhein-Westfalen. Kartieranleitung für die kleinen bis großen Fließgewässer. Recklinghausen.
- MKULNV NRW (Hrsg.) (2015): Bewirtschaftungsplan 2016-2021 – Steckbriefe der Planungseinheiten im Teileinzugsgebiet Rhein/Rheingraben Nord.
- Abrufbar unter: http://www.flussgebiete.nrw.de/img_auth.php/a/a5/PE-Stb_2016-2021_RheingrabenNord_final.pdf (letzter Abruf: 05.12.2016)
- STADTBAUAMT BONN (Hrsg.) (2002): Gewässerschutz in Bonn. Die Umgestaltung des Rheindorfer Baches in Auerberg und Graurheindorf.
- Abrufbar unter: https://www.bonn.de/umwelt_gesundheit_planen_bauen_wohnen/hochwasser/hochwasser-schutz/15284/index.html?lang=de&download=M3wBUQCu%2F8ulmKDu36WenojQ1NTTjaXZnqWfVpzLhmfhnapmmc7Zi6rZnqCkklN1f3d9bKbXrZ2lhtTN34al3p6YrY7P1oah162apo3X1cjYh2%2BhoJRn6w%3D%3D (letzter Abruf: 07.12.2016)
- VON HAAREN, C., SCHRÖTER-SCHLAACK, C., ALBERT, C., HANSJÜRGENS, B., KRÄTZIG, S. U. I. ALBERT (2016): Ökosystemleistungen in ländlichen Räumen. Grundlage für menschliches Wohlergehen und nachhaltige wirtschaftliche Entwicklung. Leipzig.
- WELLINGHORST, R. (2002⁵): Wirbellose Tiere des Süßwassers. Arbeitsheft und Bestimmungsschlüssel zur Untersuchung der Gewässergüte. (Friedrich Verlag), Seelze.
- ZUMBROICH, T. (2012): Umsetzungsfahrplan Kooperation Bonn/Rhein-Sieg Kreis.
- Abrufbar unter: http://www.rheingraben-nord.nrw.de/img_auth.php/c/cc/RHE_1400_UFP_2012_KOE_51_Bericht.pdf (letzter Abruf: 20.11.2016)

6 Analyse der Ökosystemleistungen in Teilabschnitten des Mehlemer Baches

Lea Helmling und Michael Mertens

Abstract

Ökosystemdienstleistungen sind Funktionen die von Ökosystemen erfüllt werden und dem Menschen nutzen. Diese Funktionen werden heute häufig durch verschiedene Prozesse wie Siedlungsdruck, Agrarwirtschaft, Forstwirtschaft oder sonstige Verbauungen negativ beeinflusst. Denn die Funktionen erfordern meist ein möglichst naturnahes Umfeld. Fließgewässer stellen, gerade auch im urbanen Raum, ein wichtiges Ökosystem dar, welches verschiedenste Funktionen, wie beispielsweise Klimaregulation oder Naherholung, erfüllen. So ist die Klimaregulation ein wichtiger Faktor in den immer größer werdenden Städten weltweit. Globale Umweltveränderungen, wie der Klimawandel und den daraus resultierenden Hitzeperioden und Starkregenereignissen, verstärken die Relevanz für Ökosystemdienstleistungen welche an dieser Stelle eine Regulation schaffen können.

Mittels verschiedener Untersuchungen am Mehlemer Bach, werden diese Ökosystemdienstleistungen anhand eines komparativen Ansatzes untersucht und bewertet. Zu diesem Zweck wird ein naturnaher sowie ein naturferner Abschnitt herangezogen. Grundlegend kommen die Untersuchungen zu dem Ergebnis, dass der naturferne Abschnitt, welcher durch starke anthropogene Einflüsse geprägt ist, kaum noch Ökosystemdienstleistungen erfüllen kann. Im naturnahen Abschnitt hingegen sind diese weitestgehend intakt. Diese Ergebnisse sollen dazu dienen, die Relevanz der Ökosystemdienstleistungen von urbanen Fließgewässern zu unterstreichen um auf die Thematik von Renaturierungsmaßnahmen aufmerksam zu machen. Gleichzeitig dienen die Ergebnisse der Berücksichtigung zukünftiger urbaner Planungen.

Keywords: *Ökosystemdienstleistungen, urbane Fließgewässer, Renaturierung, ökologischer Zustand, Flussbegradigung*

Einleitung

Temperatur Anstiege, Starkregenereignisse, Überflutungen. All das sind Phänomene, die Städte nun im fortschreitenden Klimawandel, mehr und mehr beschäftigen. Im Fokus stehen hier besonders Städte mit Fließgewässern. Wachsender Siedlungsdruck führt zu zunehmender Flächenversiegelung. Das hat zur Folge, dass viele urbane Fließgewässer in ihrem Lauf verändert und an die Verhältnisse angepasst werden müssen. (zwischen 2000 und 2015 ist der Anteil der Siedlungs- und Verkehrsflä-

che in Deutschland um 11,7% angestiegen (www.umweltbundesamt.de/daten/flaechennutzung)). Zu diesen Änderungsmaßnahmen zählen unter Anderem Verrohrungen, Kanalisierungen und Sohlverbauungen. Ein intaktes Ökosystem Fließgewässer, in einem urbanen Raum, erfüllt jedoch zahlreiche Aufgaben (Ökosystemdienstleistungen) von denen der Mensch profitiert. Durch die Verbauungen kommt es zu Einschränkungen und die Aufgaben können nicht mehr voll erfüllt werden.

Genau diese Begebenheit soll im Folgenden am Beispiel des Mehlemer Baches bei Bonn untersucht werden. Es sollen zwei Bachabschnitte gegenübergestellt werden und auf die Funktion ihrer Ökosystemdienstleistungen hin analysiert werden. Es handelt sich hierbei um einen Abschnitt der zum einen urban überprägt, sprich baulich verändert wurde und zum anderen um einen eher naturbelassenen Abschnitt. Aus dem Ergebnis können möglicherweise Schlüsse für zukünftige Stadtplanungen gezogen werden. Die Forschungsfrage an der sich die Untersuchung orientiert lautet:

Untersuchungsgebiet

Der Mehlemer Bach entspringt bei Werthoven (Gemeinde Wachtberg) und mündet in Mehlem (Bonn) in den Rhein. Insgesamt hat er eine Länge von 10,6 km und sein Einzugsgebiet mit einer Größe von 17,89 km², wird auch als Drachenfelder Ländchen bezeichnet. (Kremer 2012)

Der Bach ist in seinem Verlauf einerseits ländlich, andererseits urban geprägt. In den ländlichen Abschnitten ist der Verlauf durch agrarische Nutzung geprägt, welche häufig bis auf wenige Meter an das Ufer reicht. Da der Mehlemer Bach durch viele kleinere Orte wie Ober- und Niederbachem fließt, sind aber auch urbane Charakteristika, wie Begräbnisse und Versiegelungen, zu erkennen.

Untersucht werden nun zwei Abschnitte des Mehlemer Baches. Der erste Abschnitt befindet sich zentral in Mehlem, nahe der Hauptverkehrsstraße (Mainzerstraße) und ist durch star-

ke Verbauung als naturfern einzustufen. Der zweite Abschnitt befindet sich circa 600 Meter Luftlinie Bachaufwärts entfernt. Dieser Abschnitt ist als tendenziell naturnah einzustufen, da Flussverlauf, Sohle, Ufer und Umgebung kaum anthropogen überprägt sind und eine natürliche Flussentwicklung erkennbar ist.

Methoden

Theoretischer Rahmen

Ein Teil der Methoden umfasst einen theoretischen Rahmen, welcher anhand von zwei Modellen, dem Ökosystemdienstleistungsansatz sowie dem DPSIR-Modell, strukturgebend ist.

Der Ökosystemleistungsansatz

Die Abschnitte des Mehlemer Baches, einmal naturnah sowie naturfern, sollen auf Basis ihrer Ökosystemdienstleistungen verglichen werden. Unter Ökosystemdienstleistungen versteht man den Nutzen oder den Vorteil, den der Mensch aus dem Ökosystem ziehen kann. Sie bilden damit eine Schnittstelle zwischen Sozialen – und Umweltwissenschaftlichen Fragestellungen. Die Dienstleistungen lassen sich nach dem Millennium Ecosystem Assessment in vier Gruppen aufteilen, wie man der untenstehenden Abbildung entnehmen kann. Demnach gibt es unterstützende, bereitstellende, regulierende und kulturelle Dienstleistungen.



Abbildung 1: Naturnaher (links) und naturferner Abschnitt (rechts) (eigene Aufnahme, 2016)

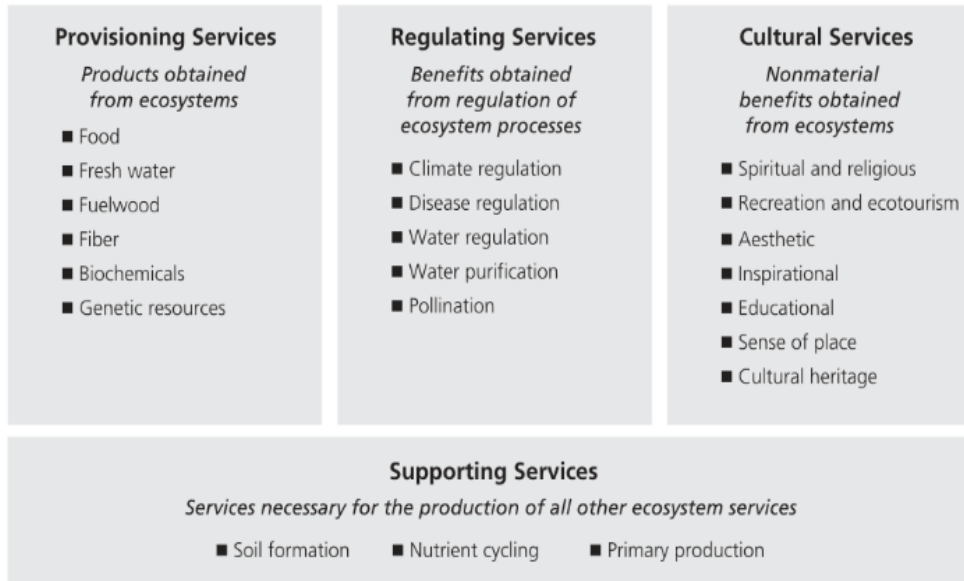


Abbildung 2: Ecosystem Services (Quelle: <http://www.millenniumassessment.org/en/Framework.html>)

Mit Hilfe dieses Ansatzes werden nun Dienstleistungen ausgewählt, die bei der Untersuchung der Bachabschnitte im Vordergrund stehen sollen.

- Klimaregulierende Dienstleistungen
- Erholungsfunktionen
- Hochwasserschutzfunktionen
- Kulturelle Funktionen

Klimaregulierende Dienstleistung: In wie weit bildet der Mehlemer Bach eine klimaregulierende Frischluftschneise?

Erholungsfunktion: Wie können beide Bachabschnitte in der Freizeitgestaltung genutzt werden?

Hochwasserschutzfunktion: Bilden die Bachabschnitte eine Hochwasserschutzfunktion? Wo mehr und wo weniger?

Kulturelle Funktionen: Können die Bachabschnitte gleichermaßen zu einer Umwelterziehung beitragen?

Es soll festgestellt werden, in welchem Bachabschnitt welche Dienstleistung eventuell beeinträchtigt ist oder gar nicht vorhanden ist.

Das DPSIR Modell

Das DPSIR-Modell beschreibt eine Kette von Einflussgrößen. **Driving forces** (z.B. Konsum, Wirtschaft...) üben Druck auf die Umwelt aus. **Pressures** sind die daraus resultierenden Umweltbelastungen (z.B. Emissionen in Luft und Wasser). **State** beschreibt die, den Belastungen ausgesetzte Umwelt. **Impacts** sind die direkten Folgen aus den Umweltbelastungen (z.B. Bodenversauerung, Treibhauseffekt) und mit **Responses** sind gesellschaftliche Reaktionen auf die Umweltbelastungen gemeint (z.B. Umweltforschung). Der Kreislauf, der aus den verschiedenen Faktoren gebildet wird, wird ebenfalls in der folgenden Abbildung deutlich. Dieses Modell soll am Ende der Forschung zum Diskutieren der Ergebnisse dienen. Hier können verschiedene Beobachtungen und ihre Auswirkungen in den richtigen Kontext gesetzt werden. Möglicherweise lassen sich Ergebnisse deuten und erklären.

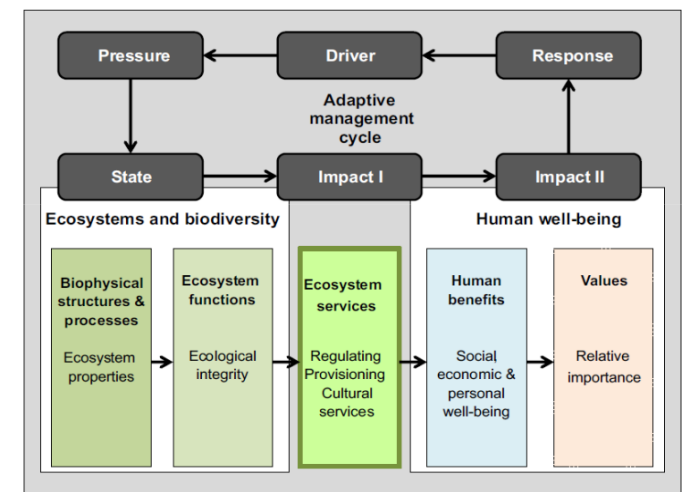


Abbildung 3: Das DPSIR-Modell (F. Müller und B. Burkhard)

Gewässerstrukturkartierung

Die Gewässerstrukturkartierung erfolgt mit einem Erhebungsbogen um den Zustand der hydromorphologischen Eigenschaften festzustellen (LANUV

(A), 2012). Ziel ist es dabei zu dokumentieren, welchen äußeren Einflüssen, insbesondere anthropogenen, das Fließgewässer ausgesetzt ist. Wichtige Punkte hierbei sind vor allem die Laufkrümmung, Ufer- und Sohlbeschaffenheit, Sohlbelastungen, Strömungsdiversität, Tiefenvarianz und das Gewässerumfeld. Diese und weitere Parameter werden in den Erhebungsbögen der Gewässerstrukturkartierung qualitativ und quantitativ festgehalten. Anhand dessen ist eine Feststellung über den Grad der Natürlichkeit, beziehungsweise der anthropogenen Überprägung und der damit einhergehenden Auswirkungen möglich. Letztlich kann durch die erhobenen Werte eine Strukturklasse zwischen eins und sieben ermittelt werden, welche den Grad der Veränderung angibt. In jedem Gewässerabschnitt werden je zwei Erhebungsbögen eingesetzt. Daraus resultiert ein Gewässerabschnitt von circa 100 Metern pro Bogen. Die Datenerhebung fand am 06.12.2016 statt.

Chemische Analyse des Gewässers

Die chemischen Analysen am Mehlemer Bach umfassen den pH-Wert, die elektrische Leitfähigkeit sowie die Parameter Nitrat, Phosphat und Ammonium beziehungsweise Ammoniak. Die vorgenommenen Messungen sollen Aufschluss über die **anthropogene** Beeinflussung, wie zum Beispiel Einflüsse der Landwirtschaft, geben. Zudem können hieraus Folgen für die Ökosystemdienstleistungen resultieren.

Die Untersuchungen werden dabei zum einen an den zwei Abschnitten, naturnah und naturfern, durchgeführt, aber auch als Referenzwert am gesamten Bach an insgesamt sechs Messpunkten von der Quelle bis zur Mündung. Zudem wurde eine Zeitreihenaufnahme an den zwei Abschnitten durchgeführt. Der Umfang liegt hier bei drei Messungen mit jeweils vier Messproben pro Bachabschnitt, wobei die Messungen hier im wöchentlichen Takt erfasst werden. Bei Abweichungen der zwei Messproben wird ein Mittelwert gebildet. Die Zeitreihenaufnahme erfolgte am 06., 12. und 19.12.2016. Die Referenzwerte des gesamten Baches wurden einmalig am 19.12.2016 erfasst.

pH-Wert

Zur Feststellung des pH-Wertes in beiden Bachabschnitten wird ein digitales pH-Meter vom Typ WTW pH 315i verwendet. Nach einer kurzen Kalib-

rierung des Gerätes, wird die Messsonde in die Wasserprobe eingetaucht. Nach einigen Minuten wird der endgültige pH-Wert auf dem Bildschirm angezeigt. Insgesamt wurde der pH-Wert im Laufe des Projektes 14-mal bestimmt. Davon viermal pro Bachabschnitt an drei verschiedenen Tagen (05.12.16, 12.12.16, 19.12.16). Die übrigen sechs Werte wurden im gesamten Bachverlauf aufgenommen, um die in den Bachabschnitt genommenen Werte in Relation setzen zu können. Durch die Aufnahme des pH-Wertes können am Ende Aussagen über die Wasserqualität gemacht werden.

Leitfähigkeit

Die elektrische Leitfähigkeit gibt den Anteil der gelösten Salze, genauer die Menge im Wasser gelöster Ionen an, und wird in $\mu\text{S}/\text{cm}$ gemessen. Jedoch kann hierbei die genaue Zusammensetzung der gelösten Salze nicht bestimmt werden (KÖLLE, 2003). Somit ist lediglich eine Aussage über die Quantität möglich. Dennoch können aus der elektrischen Leitfähigkeit eventuelle anthropogene Einflüsse abgeleitet werden, wenn die gemessenen Werte stark von Richtwerten abweichen. Anthropogene Einflüsse können hierbei zum einen aus winterlichen Streusalzen, landwirtschaftlichen oder aus sonstigen Einflüssen resultieren (UMWELTBUNDESAMT, 2013). Zu diesem Zweck wird der Mehlemer Bach in der Untersuchung auch als Ganzes auf den Gehalt gelöster Salze hin untersucht, um Referenzwerte über den allgemeinen Zustand des Baches zu erlangen.

Zur Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit wird das Leitfähigkeits-Taschenmessgerät ProfiLine Cond 3110 herangezogen (WTW, o.J.).

Nitrat, Phosphat, Ammonium/Ammoniak

Die Bestimmung der Nitrat-, Phosphat- und Ammonium- beziehungsweise Ammoniakwerte wird anhand einer chemischen Farbreaktion durchgeführt. Zu diesem Zweck kommt das JBL Testlab, Wassertestkoffer zum Einsatz (JBL, o.J.). Nach der Probenentnahme werden der Probe je nach Testverfahren verschiedene Reagenzien zugeführt. Daraufhin wird nach vorgegebener Zeit die Lösung gemischt wodurch sich nach einigen Minuten eine Farbreaktion ergibt. Anhand einer Farbskala lässt sich der ungefähre Anteil der untersuchten Verbindungen in mg/l erkennen.

Anhand der Messungen können bei den untersuchten Werten Rückschlüsse agrarischer Einflüsse aufgezeigt werden, welche das Gewässer belasten und verändern können (BMUB, 2016; UMWELTBUNDESAMT, 2017).

Ergebnisse

Ergebnisse der Gewässerstrukturkartierung

Die Ergebnisse der Gewässerstrukturkartierung zeigen ein deutliches Bild. Während der naturferne Abschnitt äußerst anthropogen überprägt ist, zeigen sich im naturnahen Abschnitt teils deutliche Merkmale eines natürlichen Flussverlaufs. Erkennbar ist hier vor allem eine deutliche Mäanderform und ein natürlicher Ufersaum. Bedingt durch die Mäanderform, Erosions- und Sedimentationsprozesse sowie Einwirkungen der Ökologie, wie beispielsweise der Eintrag von Totholz, lässt sich hier ein Vielseitiges Bild verschiedener natürlicher Komponenten erkennen. Diese sind vor allem unter durch eine hohe Strömungsdiversität, Tiefenvarianz, dem Auftreten von Prall- und Gleithängen und kleineren Inselbildungen im Flussbett zu erkennen.

Im Bachumfeld ist, durch die breit vorhandene Vegetation, eine Auenlandschaft zu erkennen, welche als natürliche Retentionsfläche dient und somit die Funktion eines natürlichen Hochwasserschutzes erfüllt. Gleichzeitig dienen solche Auen aber auch durch anaerobe Bakterien als Filtrierer von Abfallprodukte landwirtschaftlicher Düngungen (BfN, 2015).

Ebenso ist anzunehmen, dass die Vegetation als auch der Bach bei sommerlichen Hitzeperioden durch den Prozess der Verdunstungskälte eine Klimaregulierende Funktion erfüllt. Neben dieser ausgleichenden Klimafunktion, erfüllt dieser Abschnitt auch die Funktion eines Frischluftentstehungsraums (DVWK, 1996).

Da das Umfeld des Baches begehbar ist und durch kleinere Wanderpfade gekennzeichnet ist, ist anzunehmen, dass dem naturnahen Abschnitt eine gewisse Erholungsfunktion zuzusprechen ist. Geprägt ist diese durch das natürliche Ambiente und der bereits zuvor genannten Frischluftfunktion, welche eine gewisse Anziehungskraft für die Naherholung bietet.

Beim naturfernen Abschnitt sind viele der zuvor beschriebenen Funktionen nicht oder nur eingeschränkt erkennbar. Dieser Abschnitt ist durch starke Begradigung und Sohlverbau gekennzeichnet, wodurch Strömungsdiversitäten und eine Tiefenvarianz nicht erkennbar ist. Damit einhergehend sind auch keine natürlichen Erosions- und Sedimentationsprozesse erkennbar, welche Inselbildungen begünstigen. Die Begradigungen führen auch dazu, dass keine Prall- und Gleithänge entstehen. Ein natürlicher Uferstreifen sowie Ufervegetation fehlt weitestgehend wodurch die Klimaregulierende Funktion stark eingeschränkt ist.

Abbildung 4 zeigt eine Gegenüberstellung der wichtigsten Ökosystemdienstleistungen des Mehlemer Baches im Kontext der untersuchten Abschnitte. Während die Ökosystemdienstleistungen im naturnahen Abschnitt intakt sind, kommt es im naturfernen Abschnitt zu teils starken Einschränkungen bis hin zur Inexistenz beim natürlichen Hochwasserschutz. Dies ist dadurch zu erklären, dass hier keinerlei Retentionsflächen vorhanden sind und die Bachumgebung bis zum Ufer hin versiegelt ist.

Die genannten Faktoren führen in der Summe dazu, dass nahezu jeglicher Nutzen, den der Mensch aus dem Ökosystem Fließgewässer ziehen kann stark eingeschränkt ist und durch den Verlust der hydromorphologischen Diversität viele Kleinbiotope verloren gehen (DVWK, 1996, Boschi et al., 2003).

Ergebnisse der chemischen Analyse

Die Ergebnisse der chemischen Analyse des Gewässers ergaben keine oder kaum Unterschiede zwischen dem naturnahen und naturfernen Abschnitt. Auch die Zeitreihenaufnahme sowie die Referenzwerte, welche am gesamten Bachverlauf entnommen wurden, ergaben keine größeren Abweichungen (siehe Abbildung 4).

Die elektrische Leitfähigkeit zeigt ungewöhnlich hohe Werte. Höhere Werte sind zum Teil durch das vorwiegende Löß-Umgebungsgestein zu erklären, welches ein vergleichbar hohes Mineralisationslevel erreicht. Dennoch sollten die Werte hierdurch nicht höher als bei 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ liegen (UMWELTBUNDESAMT, 2003). Daher ist davon auszugehen, dass anthropogen bedingt der Anteil der gelösten Salze erhöht ist. Laut Bundesumweltamt ist bei Werten $>700 \mu\text{S}/\text{cm}$ mit einer Beeinträchtigung der aqua-

Ökosystemdienstleistung	Naturnaher Abschnitt	Beeinflusst durch	Naturferner Abschnitt	Beeinflusst durch
Erholungsfunktion	Intakt	Intaktes Ökosystem; „Natürlichkeit“	Eingeschränkt	Fehlendes Ökosystem; Uferverbau
Klimafunktion	Intakt	Vegetation; Verdunstungskälte	Eingeschränkt	Starke Bebauung u. Versiegelung
Wasserfiltration	Intakt	Sohlstruktur; Aue;	Stark eingeschränkt	Sohlverbau; Uferverbau;
Hochwasserschutz	Intakt	Gerinnebett; Aue; Mäander	Nicht vorhanden	Begradigung; Versiegelung Bebauung

Abbildung 4: Vergleich der wichtigsten untersuchten Ökosystemdienstleistungen an den definierten Abschnitten des Mehlemer Baches (eigene Darstellung).

tischen Lebensgemeinschaften zu rechnen. Inwiefern dies im Untersuchungsgebiet des Mehlemer Baches der Fall ist und welche Auswirkungen daraus resultieren, ist jedoch nicht Gegenstand der Untersuchungen. An dieser Stelle soll daher lediglich festgehalten werden, dass Auswirkungen auf die Ökologie durch erhöhte Werte der gelösten Salze im Gewässer möglich sind, im Rahmen dieser Untersuchung jedoch lediglich eine untergeordnete Rolle einnehmen. Die gemessenen Werte liegen unter den Grenzwerten der Trinkwasserverordnung welche bei knapp 2800 µS/cm liegen (TVO, 2001).

Der pH-Wert liegt im Mittel bei 8,3 und ist damit im alkalischen Bereich. Dieser Wert ist alleinstehend unbedenklich und auch auf das Löß-Umgebungsgestein zurückzuführen, bei dem ein pH-Wert von $\geq 8,0$ zu erwarten ist und auch im Rahmen der Fischgewässer Richtlinie liegt (UMWELTBUNDESAMT, 2003). Auswirkungen hat der pH-Wert jedoch auf weitere Parameter wie beispielsweise auf das Ammonium. Dieses wird durch hohe pH-Werte schneller in fischtoxisches Ammoniak umgewandelt und stellt somit eine Gefahr für die Gewässerökologie dar (SCHWOERBEL, 2013). Der gemessene pH-Wert liegt im Rahmen der Trinkwasserverordnung, welche einen Rahmen von 6,5-9,5 angibt (TVO, 2001).

Auch die Phosphat-, Nitrat- und Ammonium/Ammoniak-Werte zeigen keine Abweichungen in den beiden untersuchten Abschnitten, als auch im zeitlichen Verlauf (siehe Abbildung 4). Die Bewertung der Messergebnisse für Phosphat und Ammonium/Ammoniak nach Vorgabe der Wasserrah-

menrichtlinie abhängig vom Fließgewässertyp. Beim Mehlemer Bach handelt es sich um ein Fließgewässer des Typs „feinmaterialreiche, karbonatische Mittelgebirgsbäche“ (LANUV (B), 2013). Die gemessenen Parameter lassen hierbei eine Einstufung in die Güteklassen I-II, das heißt eine sehr geringe Belastung, zu.

Für den Nitratwert wird kein gewässerspezifischer Wert als Zielwert eingesetzt. Der Zielwert liegt hier bei $<2,5$ mg/l, was der Güteklasse II entspricht. Die gemessenen Werte der beiden Abschnitte konnten jedoch lediglich in einem Wertebereich von 1-10 mg/l angegeben werden. Damit sind die Werte der Güteklasse I-III zuzuordnen, was einer geringen bis hohen Belastung entspricht. Eine genaue Zuordnung ist an dieser Stelle nicht möglich. Der Nitratgrenzwert der Trinkwasserverordnung entspricht 50 mg/l (TVO, 2001). Mit einer Beeinträchtigung des Gewässers und seiner Ökosystemdienstleistungen, durch erhöhte Phosphat, Nitrat und Ammonium/Ammoniakwerte, ist somit unwahrscheinlich.

	Phosphat (mg/l)	Nitrat (mg/l)	Ammonium* (mg/l)	pH-Wert	Elektr. Leitfähigkeit (µS/cm)
Naturnah (1)	0,05	1 - 10	<0,05	8,13	829
Naturnah (2)	0,05	1 - 10	<0,05	8,31	828
Naturnah (3)	0,05	1 - 10	<0,05	8,56	828
	Phosphat (mg/l)	Nitrat (mg/l)	Ammonium* (mg/l)	pH-Wert	Elektr. Leitfähigkeit (µS/cm)
Naturfern (1)	0,05	1 - 10	<0,05	8,14	830
Naturfern (2)	0,05	1 - 10	<0,05	8,34	828
Naturfern (3)	0,05	1 - 10	<0,05	8,43	820

Abbildung 5: Messergebnisse des naturnahen und naturfernen Abschnitts im zeitlichen Verlauf (*Ammonium bzw. Ammoniak)

falls präzente Faktoren, die den Mehlemer Bach beeinflussen. Sie führen zum heutigen Stand des Baches (**State**). Im naturfernen Abschnitt zeigt sich dies deutlich durch fehlende Vegetation und die dadurch nicht intakten Ökosysteme. Die verbauten Ufer des Baches bieten keinerlei Möglichkeit für Habitate. Die Folgen, oder auch **Impacts**, sind gravierend. Es resultiert ein starker Einschnitt in die Ökosystemdienstleistungen. Die Erholungsfunktion lässt sich zwar noch zu einem gewissen Teil finden, doch durch die massive Bebauung bis an die Ufer des Baches, ist kein natürlicher Hochwasserschutz mehr gegeben. Ebenfalls ist durch Bebauung und Verrohrung eine klimaregulierende Funktion des Baches nicht mehr gegeben. Eine Wasserfiltration kann bei einer verbauten Sohle, so wie sie im Mehlemer Bach vorgefunden wird, ebenfalls nicht stattfinden.

Diskussion

Die Ökosystemdienstleistungen haben einen enorm hohen Nutzen für die Gesellschaft. Die Vorteile, die aus intakten Ökosystemen innerhalb urbaner Räume zu gewinnen sind, müssen daher auch zukünftig mehr Beachtung finden. Verbesserung der Luftqualität, Temperaturengleich in dicht besiedelten Gebieten oder ausreichende Erholungsmöglichkeiten sind nur einige Beispiele dafür. (Bolund und Hunhammar 1999)

Doch durch den Vergleich der beiden Abschnitte des Mehlemer Baches wird deutlich, dass die Ökosystemdienstleistungen jahrelang kaum berücksichtigt wurden. Gründe hierfür liegen hauptsächlich im zunehmenden Siedlungsdruck und der Flächenversiegelung. Diese Prozesse lassen sich in diesem Zusammenhang als **Driving Forces** betrachten. Der Großraum Bonn als frühere Hauptstadt, sowie das nahe gelegene Bad Godesberg als ehemalige Diplomaten Hochburg, waren jahrelang einem starken Bevölkerungszuwachs ausgesetzt. (Landesbetrieb für Information und Technik NRW 2016) Hinzu kommen Faktoren wie steigende Vulnerabilität oder die Landwirtschaft. Unter den sog. **Pressures** muss der Mehlemer Bach schließlich weichen. Flussbegradigungen oder Verrohrungen (wie im Untersuchungsabschnitt an der Mainzerstraße) üben großen Druck auf die Ökosysteme aus. Uferverbau und Hochwasserschutz sind eben-

Exkurs: Payments for Ecosystem Services

Da der Nutzen ökosystemarer Dienstleistungen immer stärker in den Fokus von Gesellschaft und Verantwortlichen gerückt ist, hat sich ein Konzept entwickelt, welches Anreize für die Bereitstellung von Ökosystemdienstleistungen bietet. Dieses Konzept der Payments for Ecosystem Services (PES) soll Nutzern von Ökosystemen, wie beispielsweise Landwirten, dazu bringen, das von ihnen genutzte Ökosystem nachhaltig zu bewirtschaften. Dadurch sollen Folgenutzen erhalten bleiben. Etwaige finanzielle Verluste die dadurch entstehen, sollen durch Ausgleichszahlungen kompensiert werden. So kann ein reduzierter Einsatz von Düngemitteln zum Beispiel die Grund- und Oberflächenwasserqualität verbessern und letztlich dafür sorgen, dass eine Trinkwasserentnahme möglich ist. Die Ertragsverluste durch geringere Düngung müssen dann durch Ausgleichszahlungen kompensiert werden. Dieses System kann zu äußerst positiven Ergebnissen kommen und wird zunehmend eingesetzt (vgl. PAGIOLA & BISHOP, 2003)

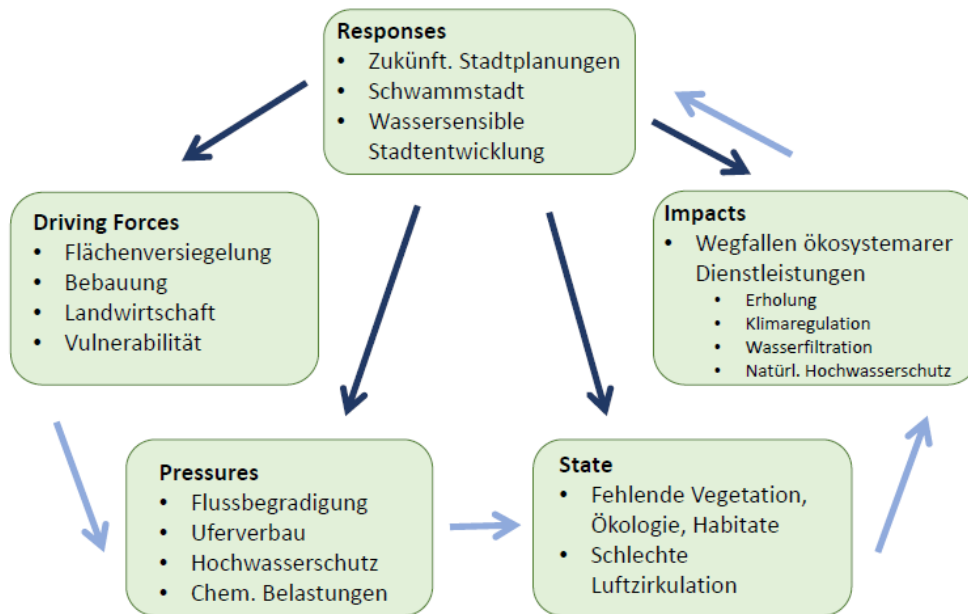


Abbildung 6: Das DPSIR-Modell im Kontext des Mehlemer Baches (eigene Darstellung)

Die letzten Jahre haben gezeigt, dass der Mehlemer Bach ein extremes Hochwasserrisiko birgt. Mit diesem Risiko muss in Zukunft umgegangen werden, da ein Rückbau an den meisten Stellen des Baches nicht möglich ist. **Responses**, die sich aus diesem Fall ergeben, können daher nur noch für zukünftige Stadtplanungsprojekte wirksam sein. Es ist sehr wichtig, dass ein urbanes Fließgewässer von Anfang an in die gesamte Stadtplanung integriert wird. Nur so kann verhindert werden, was am Mehlemer Bach schon größten Teils eingetreten ist, nämlich der Wegfall ökosystemarer Dienstleistungen.

Ein Beispiel für ein planerisches Konzept, in dem das Wasser integriert ist, bietet das Modell der Schwammstadt. Anstatt das Wasser einfach nur aus der Stadt auszuleiten wird hier in vielfältiger Weise mit dem Wasser gearbeitet. (Renaturierungen, Dachbegrünungen,...) (Kaiser 2007). Es wird versucht die Ökosystemdienstleistungen, die aus dem Wasser gewonnen werden können, zu nutzen und zu erhalten.

Fazit

Abschließend soll nun noch mal ein zusammenfassender Überblick gegeben werden. Untersucht werden sollen mögliche Einschränkungen der Ökosystemdienstleistungen an zwei unterschiedlichen Abschnitten des Mehlemer Baches. Eine Gewässerstrukturgütekartierung und eine chemische Beprobung beider Abschnitte (ein naturnaher und ein naturferner Abschnitt) gibt Aufschluss über den

aktuellen Zustand der Abschnitte. Es zeigt sich, dass im naturfernen Abschnitt kaum intakte Habitate und Ökosysteme vorliegen. Der naturnahe Abschnitt hingegen, ist geprägt durch den weitestgehend natürlichen Bachverlauf. Durch die Anwendung des Konzeptes der Ökosystemdienstleistungen, soll deutlich gemacht werden, welchen Nutzen die Bewohner der Stadt aus dem Ökosystem Bach ziehen können.

Besonders deutlich wird die Einschränkung der ÖSL im naturfernen Abschnitt des Baches nahe der Mainzer Straße. Die massive Bebauung der Ufer sowie die Kanalisierung und Sohlverbauung zeigen nahezu in allen ÖSL Einschränkungen. Im Gegensatz dazu zeigt sich der naturnahe Abschnitt, oberhalb der Bachemer Straße. Der Flusslauf ist nahezu unverändert. Hier lassen sich sogar Hochwasserretentionsflächen finden sowie intakte Ökosysteme. Die Auswertung der Ergebnisse der Mehlemer Baches zeigt, dass es durch Verbauung und Verrohrungen zu erheblichem Verlust der ÖSL kommt. Ein natürlicher Hochwasserschutz ist nahe der Mainzer Straße nicht mehr gegeben, ebenso wenig wie eine ausreichende Wasserfiltration.

Da sich nun aktuell an diesem Zustand nichts ändern lässt, kann man nur noch für zukünftige Stadtplanungsprojekte bestimmte Schlüsse aus der Lage ziehen. Fließgewässer sollten von Anfang an in die Planungen eingebunden werden. Die ÖSL dieser Gewässer sollten in jedem Fall erhalten und gesichert werden.

Literaturverzeichnis

- BfN, Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.) (2015): Gewässer und Auen. Nutzen für die Gesellschaft. Bonn. Online verfügbar unter: https://www.bfn.de/fileadmin/BfN/wasser/Dokumente/BR-gepr-Gesell_Nutz_Gewaes_Auen_barrirefre.pdf (letzter Abruf: 04.03.2017)
- BMUB, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Hrsg.) (2016): Nitratbericht 2016. Gemeinsamer Bericht der Bundesministerien für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit sowie für Ernährung und Landwirtschaft. Bonn. Online verfügbar unter: http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Binnengewasser/nitratbericht_2016_bf.pdf (letzter Abruf: 04.03.2017)
- Boschi, Christina, Bertiller, René, Coch, Thomas (2003): Die kleinen Fließgewässer. Bedeutung – Gefährdung – Aufwertung. Vdf Hochschulverlag, Zürich.
- Boulund, Per & Hunhammar, Sven (1999): Ecosystem services in urban areas. Environmental research group, natural resource management, department of system ecology, Stockholm university. Elsevier Ecological Economics 29, 1999
- DVWK, Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau (Hrsg.) (1996): Urbane Fließgewässer. Bisherige Entwicklung und künftige städtebauliche Chancen für die Stadt. VVWG, Bonn.
- IT.NRW Landesbetrieb für Information und Technik: Bevölkerungszahlen Zensus 9. Mai 2011. Online verfügbar unter: https://www.it.nrw.de/statistik/a/daten/bevoelkerungszahlen_zensus/index.html (letzter Abruf: 04.03.2017)
- JBL (Hrsg.) (o.J.): JBL Testlab. Testkoffer mit 12 Tests zur Süßwasseranalyse. Neuhofen. Online verfügbar unter: <https://www.jbl.de/?lang=de&mod=products&func=detail&id=2446> (letzter Abruf: 04.03.2017)
- Kaiser, Oliver (2007): Bewertung und Entwicklung urbaner Fließgewässer. RuR 2 2007 Förderkreis für Raum und Umweltforschung
- Kölle, Walter (2003): Wasseranalysen - richtig beurteilt. Grundlagen, Parameter, Wassertypen, Inhaltsstoffe, Grenzwerte nach Trinkwasserverordnung und EU-Trinkwasserrichtlinie. Wiley-VCH, Weinheim.S. 67.70.
- Kremer, Bruno P.: Die Bäche des Drachenfelder Ländchens. In: Godesberger Heimatblätter, Heft 50/2012
- LANUV (A), Landesamt für Natur, Umwelt- und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2013): Gewässerstrukturkartierung in Nordrhein-Westfalen. Kartieranleitung für die kleinen bis großen Fließgewässer. Recklinghausen. Online verfügbar unter: https://www.lanuv.nrw.de/uploads/tx_cmmcercedownloads/40018.pdf (letzter Abruf: 04.03.2017)
- LANUV (B), Landesamt für Natur, Umwelt- und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2013): Karte der Fließgewässertypen in NRW. Recklinghausen. Online verfügbar unter: http://www.flussgebiete.nrw.de/index.php/BWP2015/Flie%C3%9Fgew%C3%A4ssertypen_in_NRW (letzter Abruf: 04.03.2017)
- Pagiola, Stefano & Gunars Platais (2002): Payments for Environmental Services. World Bank. Washington, D.C. Online verfügbar unter: <https://vtechworks.lib.vt.edu/handle/10919/66998> (letzter Abruf: 04.03.2017).
- Schwoerbel, Jürgen & Brendelberger, Heinz (2013): Einführung in die Limnologie [10]. Springer, Heidelberg.S. 296.
- TVO, Trinkwasserverordnung (2001): Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch. Online verfügbar unter: http://www.gesetze-iminternet.de/bundesrecht/trinkvw_2001/gesamt.pdf (letzter Abruf: 04.03.2017)
- Umweltbundesamt (Hrsg.) (2003): Leitbildorientierte physikalisch-chemische Gewässerbewertung. Referenzbedingungen und Qualitätsziele. Berlin. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/2244.pdf> (letzter Abruf: 04.03.2017)
- Umweltbundesamt (Hrsg.) (2013): Zu welchen Schäden führt Streusalz in Gewässern? Berlin. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/service/uba-fragen/zu-welchen-schaeden-fuehrt-streusalz-in-gewaessern> (letzter Abruf: 04.03.2017).
- Umweltbundesamt (Hrsg.) (2017): Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft und Stickstoffüberschuss. Berlin. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/landforstwirtschaft/landwirtschaft/naehrstoffeintraege-aus-der-landwirtschaft#textpart-1> (letzter Abruf: 04.03.2017)
- Van Rey, Manfred (2006): Bonner Stadtgeschichte – kurz gefasst. Von der Vorgeschichte bis zur Gegenwart. Bouvier, Bonn
- WTW, Wissenschaftlich technische Werkstätten (Hrsg.) (o.J.): Produktbroschüre. ProfiLine Taschenggeräte. Weilheim. Online verfügbar unter: <https://static.wtw.com/>

7 Urbane Sturzfluten – Anpassungen an eine stetige Gefahr

Eine Fallstudie zum Umgang mit den Überschwemmungsereignissen am Mehlemer Bach

Anna Hellings und Christian Heidtmann

Abstract

Die vorliegende Projektarbeit behandelt mehrere Aspekte rund um das Thema Hochwasser am Fallbeispiel des Mehlemer Baches im Bonner Stadtteil Mehlem und nutzt dabei das Konzept der Vulnerabilität. Neben den grundsätzlichen Fragen, wie anfällig der Bach für ein Überflutungsereignis ist wird auch untersucht, wie verwundbar die ansässige Bevölkerung ist. So wird die Wahrnehmung der Anwohner sowie deren Umgang mit der Gefahr behandelt. Die Bedeutung von privatem sowie städtischem Hochwasserschutz wird herausgestellt und auf Akzeptanz der Gesellschaft überprüft.

Als Grundlage der Untersuchungen dienen überwiegend eigenständig erhobene Daten aus quantitativen Messungen der Fließgeschwindigkeiten und standardisierten Befragungen. Ebenso sind qualitative Methoden im Rahmen von Interviews und einer Art des „Participatory Mapping“ berücksichtigt worden. Im Vergleich mit amtlichen Karten erkennt man dabei, dass die Anwohner eine gute Wahrnehmung bezüglich der gefährdeten Gebiete besitzen. Auch die privaten Vorsorgemaßnahmen sind, wie erwartet, als wichtig erachtet und, wo erforderlich, vorhanden. Durch die immer wiederkehrenden Ereignisse ist auch die hohe Akzeptanz von Einschränkungen durch den Bau des Entlastungskanals zu erklären. Da der Bach nach Niederschlagsereignissen sehr anfällig für Hochwasser ist, hat sich in Mehlem zwangsläufig eine Gesellschaft der Resilienz entwickelt, welche im Vergleich zu anderen Orten relativ gut auf entsprechende Ereignisse eingestellt ist.

Keywords: *Urbane Sturzfluten, Mehlemer Bach, Vulnerabilität, Resilienz*

Einleitung

Innerhalb von sechs Jahren wurde der Stadtteil Mehlem in Bonn bereits dreimal von extremen Sturzfluten, die auf Starkregenereignisse zurückzuführen sind, getroffen (BERGER 2016). Schäden in Millionenhöhe zwingen sowohl die Anwohner als auch die Stadt Bonn zu Investitionen im Bereich des Hochwasser- und Objektschutz. Neben vielen kleinen Maßnahmen auf Seiten der Anwohner, wurde im März 2015 mit dem Bau des Hochwasser-Entlastungskanals begonnen. Hochwasser und

Überschwemmungen sind hydrologische Naturereignisse die weltweit auftreten können. Treffen sie auf gesellschaftliche Strukturen, werden sie zu Naturgefahren mit der höchsten Betroffenheit. Dabei hängen die jeweiligen Auswirkungen von der Vulnerabilität der Gesellschaft ab, die maßgeblich für das Schadenspotenzial ist.

Urbane Sturzfluten

Der Begriff des „Hochwassers“ oder auch der der „Überschwemmung“ beschreibt das Ansteigen des Wasserstandes oberirdischer Gewässer über einen

bestimmten Schwellenwert, der je nach Gewässer festzulegen ist. Als Referenzwert dient dabei meist der mittlere Wasserstand (HERGET 2008: 165). Die allgemeine Definition des Hochwassers muss jedoch noch weiter unterschieden werden in Flussüberschwemmungen, Sturzfluten und Sturmfluten, die bei unterschiedlichen Relieftypen bevorzugt auftreten. Als Teil des natürlichen Wasserkreislaufes ist es unvermeidbar und entsteht durch Niederschläge unterschiedlicher Art sowie Schnee- und Eisschmelze. Die Ausmaße eines Hochwassers sind dabei jedoch immer von den Eigenschaften des Einzugsgebiets abhängig (DIKAU & WEICHSELGARTNER 2005: 51).

Als Sturzfluten werden solche Überschwemmungsereignisse bezeichnet, bei denen innerhalb weniger Stunden große Wassermassen in Folge eines Starkregenereignisses oder eines Dammbrochs (oder auch Durchbruch anderer Hindernisse, auch als Ausbruchflutwellen bezeichnet) über ein Gebiet hereinbrechen. Bei Sturzfluten im Flachland können die riesigen Wassermengen nicht mehr vom Boden erfasst werden und fließen statt zu versickern großflächig über den oft versiegelten oder harten Boden. Besonders in Städten kann dies zu folgenreichen Schäden führen, da sowohl das Abwassersystem als auch vorhandene Grünflächen die Wassermassen, die normalerweise im Verlauf eines Monats und nicht innerhalb weniger Minuten oder Stunden fallen, ebenfalls nicht abführen können (Stadt- und Entwässerungsbetriebe Köln).

In den letzten Jahrzehnten kommt es immer häufiger zu solchen Naturkatastrophen, deren Ursachen primär auf das Einwirken des Menschen auf die natürlichen Ökosysteme, zurückzuführen sind. Durch den fortlaufenden Ausbau werden Begradigungen der Flussläufe und Laufverkürzungen vorgenommen, die zum Verlust wichtiger ufernaher Überschwemmungsgebiete führen. Die Kanalisation der Nebenflüsse führt zu einer erhöhten Fließgeschwindigkeit des Wassers. Der großflächigen Verdichtung und Versiegelung des Bodens ist geschuldet, dass der Wasserabfluss nur noch schwer erfolgen kann und Gebietsteile fehlen, in die das überschüssige Wasser abfließen kann (BAUMGARTNER & LIEBSCHER 1996: 78). Auch der Mehlemer Bach weist eine starke anthropogene Überprägung auf. Begradigungen, Querbauwerke und Kanalisierungen stehen exemplarisch für bauliche Eingriffe ins Gewässerbett, welche die Problematik der

Überflutungen verstärken, sowie die Ökologie des Baches beeinträchtigen.

Vulnerabilität und Resilienz

Das der Forschungsarbeit zu Grunde liegende Konzept der Vulnerabilität und Resilienz findet in der Literatur eine Vielzahl unterschiedlicher Definitionen und Ansätze.

„Vulnerability: The conditions determined by physical, social, economic and environmental factors or processes, which increase the susceptibility of a community to the impact of hazards“ (UN/ISDR 2004). Die Definition des UN/ISDR geht über eine Reduzierung des Begriffs auf ökonomische Schäden hinaus und macht deutlich, dass auch andere Faktoren eine Gesellschaft oder einen Raum beeinflussen und deren Anfälligkeit oder sogar Bewältigungspotenziale gegenüber Naturgefahren bestimmen. So erklären auch TURNER ET AL. (2003), dass sich Vulnerabilität ebenfalls auf die Schwierigkeiten bei der Bewältigung solcher Ereignisse bezieht und nicht nur auf die Wahrscheinlichkeit von monetären und nichtmonetären Schadenswirkungen auf Mensch und Umwelt. Ein weiterer Aspekt ist die Anpassungs- sowie Lernfähigkeit eines Systems oder einer Gesellschaft. So können Großstädte und Agglomerationsräume aufgrund ihrer Bevölkerungsdichte als besonders vulnerabel eingestuft werden, dabei darf jedoch nicht außer Acht gelassen werden, dass solche Räume deutlich größere Kapazitäten aufweisen, um für einen vorbeugenden Schutz zu sorgen, sowie über höhere Erfahrungswerte und bessere Bewältigungsmechanismen verfügen. Insbesondere institutionelle Kapazitäten und institutionalisierte Erfahrungen z.B. in Form von städtischem Risikomanagement sind bei ländlicheren Gemeinden selten vorhanden (PELLING 2003: 8f.). Lerneffekte und Anpassungsfähigkeit eines sozial-ökologischen Systems werden auch häufig in Definitionen der Resilienz genannt, die eng verknüpft mit dem Begriff der Vulnerabilität ist. So kann im Fall der Überflutungsereignisse am Mehlemer Bach nicht nur untersucht werden, wie verwundbar die Anwohner sind, sondern auch inwieweit sie sich angepasst haben, auf ihre Umwelt reagieren und ob sie resilienter geworden sind. Auf diesen Gedanken aufbauend haben sich die folgenden Fragen, die im Zuge der Arbeit behandelt wurden gebildet.

- Was sind die direkten und indirekten Auswirkungen der Überflutungsereignisse

des Mehlemer Baches auf Anwohner und Umgebung?

- Wie anfällig ist der Mehlemer Bach für Hochwasser?
- Wie nehmen die Anwohner das Hochwasser wahr und wie gehen sie damit um?
- Inwieweit sind die Anwohner vom Bau des Entlastungskanals betroffen?

Das untersuchte Gebiet beginnt an der Bachemer Straße bis zum Einlass an der Mainzer Straße (vgl. Abb. 1). Hier haben die Überflutungen in der Vergangenheit besonders großen Schaden angerichtet und ab der Bachemer Straße ist der Bach verrohrt bis zur Mündung, sodass der Entlastungskanal unmittelbar auf dieses Stück des Mehlemer Baches Einfluss nehmen wird.

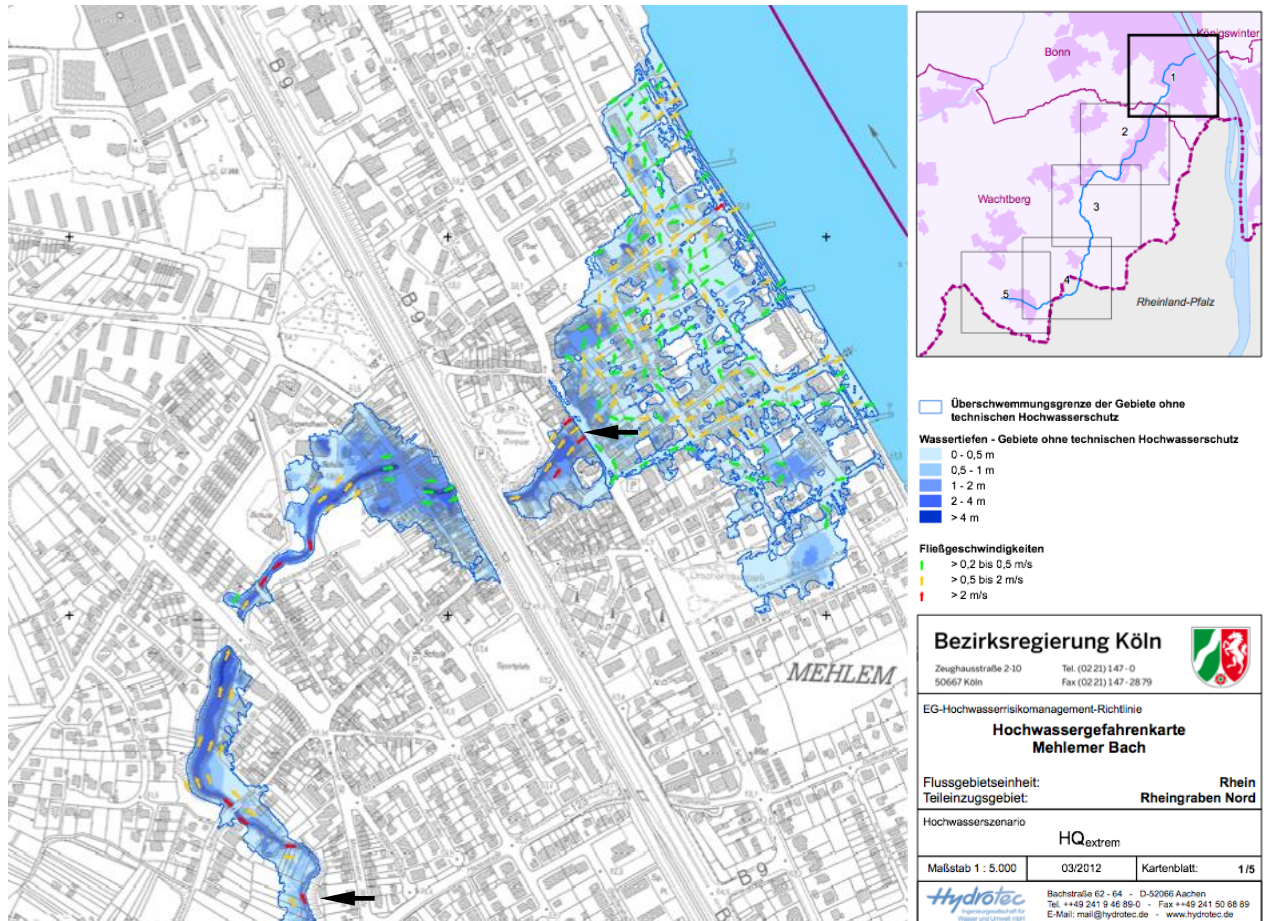


Abbildung 1: HQ Extrem

Darstellung des Untersuchungsgebiets von der Bachemer Straße bis zur Mainzer Straße innerhalb der Hochwassergefahrenkarte des Mehlemer Baches für ein HQ Extrem, mit modellierten Fließgeschwindigkeiten. Quelle: Bezirksregierung Köln.

Methoden

Hochwasserrekonstruktionen

Aufgrund der jüngeren Geschichte des Untersuchungsgebietes bietet es sich an, einige Aspekte der Hochwasserrekonstruktion aufzugreifen. Anhand erkennbarer Veränderungen im und am Bachbett kann man auf vorhergegangene Wasserstände schließen. Diese Anzeiger werden als Paläowasserstandanzeiger bezeichnet.

Neben Spülicht, welches von transportierten Pflanzenreste bis hin zu Müll definiert ist, werden auch

Erosionskanten (vgl. Abb. 2), Schlagmarken an Bäumen, Schotterbänke und Treibgut zur Gesamtheit der Anzeiger gezählt. Mit Hilfe von Spülicht, welches in den Ästen von Bäumen oder Sträuchern aufgefangen wird, kann die Höhe des Wasserstandes eingeschätzt werden. Zu beachten ist dabei jedoch, dass während des Hochwassers die Äste durch die Strömung nach unten gezogen werden. Nach dem Abfluss des Wassers biegen sich diese wieder nach oben. Dieser Vorgang wird zusätzlich dadurch verstärkt, dass das Spülicht trocknet und so an Gewicht verliert. Die Rückstände werden sich



Abbildung 2: Abbruch der Böschung durch Hochwasser am Mehlemer Bach nahe der Grundschule am Mühlenpfad. (Quelle: Eigene Abbildung)

bei der Betrachtung nach dem Ereignis somit in einer Höhe befinden, die das Wasser gar nicht erreicht hat.

Dies muss berücksichtigt werden, da man den vergangenen Wasserstand sonst zu hoch einschätzt (vgl. HERGET 2012: 17 ff.).

Fließgeschwindigkeitsmessungen

Der Mehlemer Bach wurde des Weiteren im Hinblick auf seine Anfälligkeit für Hochwasser durch Niederschlagsereignisse untersucht. Aufgrund des begrenzten Zeitraumes wurden lediglich Fließgeschwindigkeitsmessungen durchgeführt.

Dazu wurde mit dem Strömungssensor Nautilus C2000 des Herstellers Ott Hydromet gearbeitet. Dieser eignet sich besonders für Messungen von niedrigen Geschwindigkeiten (0,000 m/s bis 2,5 m/s) auch in flachen Gewässern. Bei diesem magnetisch-induktiven Strömungssensor wird das Faraday'sche Funktionsprinzip angewandt ($U=B \cdot L \cdot v$) (vgl. Ott Hydromet).

Auf Basis der Messergebnisse soll verdeutlicht werden, wie leicht sich das Abflussverhalten des Gewässers durch Niederschlagsereignisse beeinflussen lässt. Zusätzlich kann man durch die Fließgeschwindigkeiten auf die Durchflussmenge schließen, sofern man die Gewässerquerschnittsfläche an der jeweiligen Messstelle als Datengrundlage zur Verfügung stehen hat (vgl. Bafg 2016).

Des Weiteren kann man die ermittelten Werte mit den modellierten Werten von den Hochwasserer-

eignissen HQ100 oder gar HQextrem vergleichen und somit ungefähre Dimensionen verdeutlichen.

Participatory Mapping

Die Methode des Participatory Mapping findet besonders in der Risikoforschung Anwendung. Bei dieser Art der Kartierung soll allem voran die Erfahrung und die Meinung von Anwohnern bezüglich verschiedenster Gegebenheiten, Prozesse oder Gefahren im Mittelpunkt stehen.

Nach CADAG und GAILLARD (2011) wird dabei jedoch in verschiedene Typen der Kartierung unterschieden. Neben den einfachsten Arten, dem Zeichnen auf weichem Boden, wie zum Beispiel Sand, mit Hilfe eines Stocks oder das Erstellen einer Karte auf dem Boden mit Ästen, Steinen und anderen Hilfsmitteln, gibt es auch modernere Methoden. Dazu zählen GPS-Mapping, bei dem Wege aufgezeichnet oder auch auffällige und wichtige Orte gekennzeichnet werden, und auch internetbasierte Methoden mit denen ein direkter Import von Daten zu Geoinformationssystemen möglich ist (CADAG & GAILLARD 2011).

Im Rahmen der Projektarbeit am Mehlemer Bach wurde eine etwas abgewandelte Form des Sketch-Mapping angewandt.

Bei dieser Art der Kartierung soll zunächst die Erfahrung und die Meinung von Anwohnern bezüglich der Hochwasserereignisse am Mehlemer Bach im Mittelpunkt stehen. Die entsprechenden Personen sollen auf einer Grundkarte, die ebenfalls auf dem Fragebogen abgedruckt ist, mittels Kreisen oder Kreuzen kennzeichnen, an welchen Orten des Baches eine erhöhte Gefährdung zu vermuten ist. Dadurch kann festgestellt werden, inwieweit die Befragten eine Gefahr auf räumlicher Ebene erkennen und einschätzen.

Standardisierte Befragung

Im Rahmen einer schriftlichen Befragung wird ein Großteil der Ergebnisse des Fragebogens erlangt. Aber auch durch vereinzelte Interviews. Bei den direkten Gesprächen kommt man zudem noch auf Punkte zu sprechen, die für die standardisierte Befragung wenig nützlich sind, aber dennoch ein interessantes Hintergrundwissen für nachfolgende Analysen und Interpretationen der Daten darstellen.

Aufgrund der nicht vorhandenen Datengrundlage im Bezug auf die Wahrnehmung der Bewohner

Mehlems auf Hochwasser oder die städtischen Maßnahmen müssen Primärerhebungen durchgeführt werden. Dabei hat man den Vorteil, dass man die Fragen speziell auf den Bereich ausrichten kann, den man untersuchen möchte. Der eingegrenzte Zeitraum lässt allerdings nicht zu, die Gesamtheit zu befragen und es müssen Stichproben erhoben werden (ZEHNER 2011:128 f.).

Da bei allen Fragen nur bestimmte Antwortmöglichkeiten zur Verfügung stehen, kann bei dieser Methode der Vergleich unterschiedlicher Kategorien vorgenommen werden. So zum Beispiel die Entfernung des Wohnhauses zum Mehlemer Bach in Meter oder die Altersgruppe der Befragten.

Problematisch bei der Forschungsmethode der Befragung ist jedoch, dass nicht alle Personen den Fragebogen wahrnehmen geschweige denn ausfüllen. Dadurch ist besonders bei einer geringen Grundgesamtheit die Repräsentativität der Ergebnisse in Frage zu stellen. Tendenzen sind trotzdem zu erkennen (LANG 2010).

Ergebnisse

Anfälligkeit von Hochwasser

Gemessen wurde im Untersuchungsgebiet an 20 verschiedenen Punkten an zwei Messtagen. Pro Messstelle wurden 10 Messungen durchgeführt, und der Mittelwert zur weiteren Analyse betrachtet. Da Hochwasser am Mehlemer Bach überwiegend durch Niederschläge ausgelöst werden, wurden die Zeitpunkte so gewählt, dass die erste Mes-

sung am 21.12.2016, nachdem eine Woche lang kaum Niederschlag zu verzeichnen war, durchgeführt wurde. In dieser Woche lag die Summe der Niederschläge bei gerade einmal $0,9 \text{ mm/m}^2$ (Wetterstation Bonn Roleber). Die zweite Erfassung war genau eine Woche später, am 28.12.2016. Im Zeitraum zwischen dieser beiden Messungen war eine Niederschlagssumme von $14,3 \text{ mm/m}^2$ zu verzeichnen (Wetterstation Bonn Roleber).

Bereits bei diesen relativ gesehen, geringen Niederschlagsmengen waren Veränderungen der Fließgeschwindigkeiten und somit auch der Wassermengen bemerkbar (vgl. Abb. 3) Der Durchschnittswert aller Ergebnisse am ersten Tag lag bei $0,411 \text{ m/s}$, am zweiten Messtag bereits bei $0,528 \text{ m/s}$. Diese Veränderung im kleinen Maßstab geben bereits eine klare Tendenz, dass sich Niederschlagsereignisse auf die Fließgeschwindigkeit und somit die Abflussmengen im Bach auswirken. Besonders hervorzuheben sind die Werte an Messstelle 20 an der Mainzer Straße. Dort wird der Bach enorm kanalisiert und weist somit die höchsten Geschwindigkeiten auf. Auch dort ist in absoluten Zahlen die größte Veränderung zwischen der ersten und zweiten Messung zu erkennen.

Wahrnehmung der Hochwasser und privater Schutz

Im Rahmen des Fragebogens wurde unter anderem auch die Wahrnehmung von Hochwasser-gefahren und die entsprechende Anpassung der Anwohner untersucht. In Abhängigkeit von der Entfernung



Abbildung 3: Fließgeschwindigkeitsmessungen

Vergleich der Fließgeschwindigkeitsmessungen des Mehlemer Bachs vom 21.12.2016 und vom 28.12.2016. (Quelle: Eigene Abbildung, Kartengrundlage googlemaps.de)

zum Bach wurde nach der Notwendigkeit von privaten Vorsorgemaßnahmen gefragt. Dabei wird deutlich, dass in bis zu 500 m Entfernung der überwiegende Anteil der Befragten solche Maßnahmen als „sehr sinnvoll“ erachten. Lediglich einer der 37 Personen, die in weniger als 500m Entfernung zum Bach wohnen stuft eine solche Vorbereitung als „unwichtig“ ein. Der restliche Anteil bewertet es immerhin noch als „wichtig“. Auf Grundlage dessen sollte man meinen, dass die Anwohner, die private Vorsorgemaßnahmen als „Sehr wichtig“ oder „wichtig“ empfinden, ihr Gebäude auch in irgendeiner Art vor Hochwasser zu schützen versuchen. Nach Auswertung der Befragung, muss man jedoch feststellen, dass lediglich 20 dieser 36 Personen tatsächlich Vorkehrungen getroffen haben (vgl. Abb. 4). Als nachfolgende Frage wurde im Fragebogen mittels freier Antwortmöglichkeiten nach der Art der Vorsorgemaßnahme gefragt. Dabei sind die gängigen und mehrfach genannten Maßnahmen die Installation von Schotts an Türen und Fenstern sowie der Einbau von Rückstauventilen sowie eine gesamte Überprüfung der Kanalrohre. Zusätzlich bietet das Bevorraten von Sandsäcken und Planen, die Anschaffung von Hochleistungspumpen und auch der Abschluss von Versicherungen vor Elementarschäden ein gewisses Maß an Sicherheit. Die Wahrnehmung der Überflutungen wurde auch durch das Participatory Mapping deutlich. Um die Ergebnisse der Kartierung zu zeigen, sind die markierten Bereiche noch einmal mit einer 10 prozentigen Transparenz übereinander gelegt worden. Dadurch wird sichtbar, welche Bereiche mehrfach

genannt sind und welche nur von wenigen der Befragten als hochwassergefährdet eingestuft werden.

Es wird sofort deutlich, dass nahezu jeder der Befragten das Gebiet rund um die Verrohrung an der Mainzer Straße markiert hat. Dort ist der Bach bisher bei jedem Hochwasserereignis über die Ufer getreten und hat dort enorme Schäden anrichten können. Im Vergleich zu amtlichen Hochwasserisokarten fällt auf, dass sich beide Darstellungen im Gesamten sehr stark ähneln (siehe Abb. 5).

Städtische Maßnahmen

Nach § 5 Abs. 1 Nr. 4 Wasserhaushaltsgesetz (WHG) besteht eine allgemeine Sorgfaltspflicht, die jede Person dahingehend verpflichtet die Vergrößerung und Beschleunigung durch gewässerbezogene Maßnahmen zu vermeiden. Des Weiteren folgt in § 5 Abs. 2 WHG, dass jede möglicherweise von Hochwasser betroffenen Person, vorbeugende Maßnahmen zum Schutz gegen Hochwasser oder zur Schadensminderung trifft. Dies betrifft insbesondere die Nutzung von Grundstücken, die in Überschwemmungsgebieten liegen. Die private Vorsorge ist notwendig da die Raumplanung nicht den Einzelnen schützt, sondern versucht unterschiedliche Funktionen zu verteilen und Interessen auszugleichen, sowie den vorbeugenden Hochwasserschutz sowohl in der Landes-, Regional- und in Bauleitplanung zu berücksichtigen (PATT & JÜPNER 2013: 622).

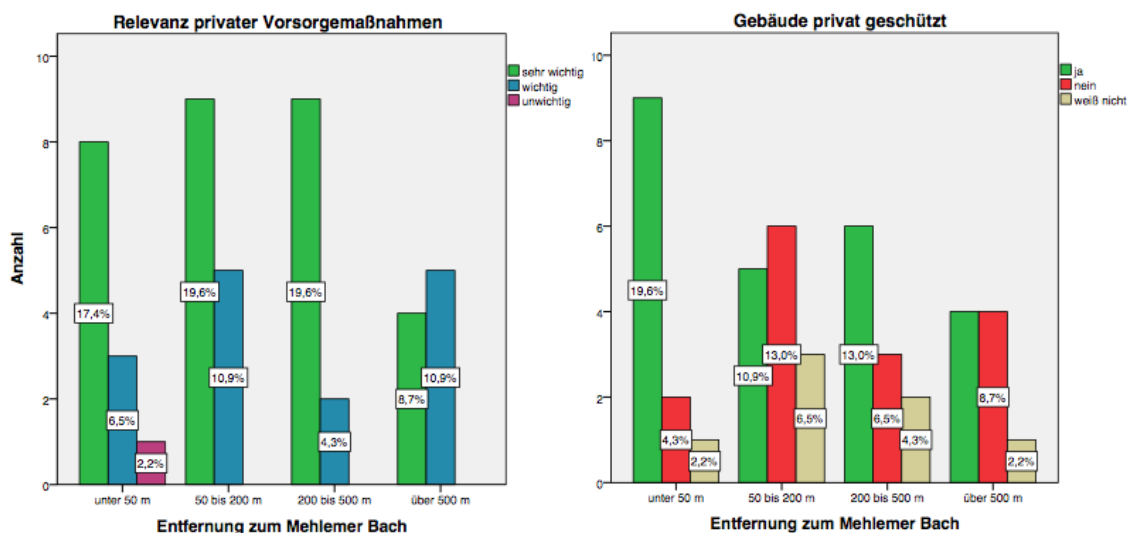


Abbildung 4: Einschätzung der Anwohner zur Wichtigkeit der privaten Vorsorge und ob sie ihr Gebäude privat geschützt haben, in abhängig zur Entfernung zum Mehlemer Bach. (Quelle: Eigene Abbildung)

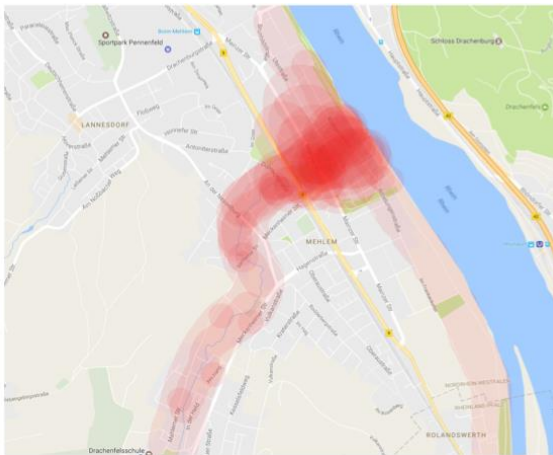


Abbildung 5: Participatory Mapping. Darstellung der Überflutungsflächen durch die Anwohner. (Quelle: Eigene Abbildung. Kartengrundlage: googlemaps.de)

In den Richtlinien des Europäischen Parlaments und Rates zur Bewertung und zum Management von Hochwasserrisiken ist festgehalten worden, dass Maßnahmen um Risiken und mögliche Schäden zu verringern, innerhalb eines Einzugsgebietes und nicht in den einzelnen Gebieten koordiniert werden sollen. Darüber hinaus sollen Pläne zur Bewirtschaftung von allen Gewässern dahingehend erfolgen, dass ein guter ökologischer und chemischer Zustand erzielt werden kann. Dies soll gleichzeitig eine Abschwächung der Hochwasserrisiken bewirken (Richtlinie 2007/60/EG). Ein integrativer Hochwasserschutz ist am Mehlemer Bach jedoch durch seine starke anthropogene Überprägung kaum möglich und war in den Jahren vor der Sturzflut 2010 so gut wie nicht existent. Als Reaktion auf die Überflutungsereignisse veranlasste die Stadt Bonn, neben einer vorzeitigen Erstellung von Überflutungskarten durch die Bezirksregierung Köln, den Bau des Entlastungskanals als vorbeugende Hochwasserschutzmaßnahme. Dieser reicht von der Bachemerstraße, durch den Drachensteinpark bis zum Rhein und befindet sich aktuell im 3. Bauabschnitt. Der Kanal wird voraussichtlich 8,2 Mio. Euro kosten und zur Starkregensaison 2018 fertiggestellt werden. Die massiven Stahlbetonrohre haben einen Durchmesser zwischen 2,60 m und 2,80 m und werden teils in bis zu 12,50 m Tiefe verlegt. Nach der Fertigstellung soll der Kanal bis 54 m³/s abführen können (Stadt Bonn). Der Bau des Entlastungskanals ist für Anwohner und Gewerbetreibende in Mehlem mit erheblichen Einschränkungen verbunden, wie z.B. Straßensperrungen oder Verengungen und Reduzierung der

Parkmöglichkeiten. Vorallem die Behinderung der Verkehrsführung durch Umwege, Stau und Straßensperrungen sowie Umsatzeinbußen seitens der Gewerbetreibenden wurden genannt. Insbesondere im Hinblick auf die Vulnerabilität und die Anpassungsfähigkeit stellt sich die Frage wie hoch die Akzeptanz oder auch Toleranz dieser Einschränkungen ist. Durch Anwohnerbefragungen ergaben sich folgende Ergebnisse: Über die Hälfte der Befragten stufte den Bau des Entlastungskanals als sehr sinnvoll und weitere 39% als sinnvoll ein. Dies zeigt sich auch in der Akzeptanz der Einschränkungen. 82,6% der Befragten finden die Einschränkungen akzeptabel, diese decken sich größtenteils mit der sinnvollen Einschätzung zum Bau des Entlastungskanals. Die Hälfte der Befragten fühlen sich eingeschränkt, insbesondere direkte Anwohner (unter 50 m Entfernung) und Anwohner in 200 bis 500 m Entfernung zum Mehlemer Bach, während 2/3 derjenigen, die 50 bis 200 m vom Mehlemer Bach entfernt leben, die Frage der Einschränkungen mit „Nein“ beantworten. Über die hohe Wahrnehmung und die große Anzahl der privaten Vorsorgemaßnahmen hinaus, lässt sich also ebenfalls die Akzeptanz von städtischen Maßnahmen erkennen. So zeigt sich einerseits eine große Lernbereitschaft, andererseits jedoch wurde deutlich, dass über den Entlastungskanal hinaus, nur wenige Hochwasserschutzmaßnahmen seitens der Stadt bekannt sind. Von den umgesetzten Maßnahmen, wie der Verbesserung der hydraulischen Leistungsfähigkeit durch das Einziehen von Bermen, Gerinnevertiefung und Verbreiterung am Einlass der Mainzer Straße, sowie der neuen Mündung, den Böschungsanpassungen, dem klappbaren Brückengeländer und dem Grobrechen wurde zwar ein Großteil genannt, jedoch nur von einem Bruchteil (13%) der Befragten. Auch die Sanierung der Verrohrung von der Mainzer Straße bis zur Mündung, die nach der Fertigstellung des Entlastungskanals geplant ist und etwa 3 Mio. € kosten soll, ist kaum bekannt, obwohl sich knapp 60% der Anwohner ausreichend über Hochwassergefahren und Schutzmaßnahmen informiert fühlen (vgl. Tab. 1 und VOGEL 2015).

Diskussion

In Anlehnung an die oben angegebenen Forschungsfragen lässt sich dank der Fließgeschwindigkeitsmessungen die Anfälligkeit des Baches für Hochwasserereignisse beurteilen. Die Zeitpunkte der Messungen waren so geplant, dass bei der ersten Messung eine Woche lang kein oder kaum Niederschlag aufgezeichnet wurde. Im Vergleich dazu ging dem zweiten Messtag eine regenreichere Woche voraus. Eine Differenz von 13,4 mm/m² Niederschlag zeigt eine grobe Richtung an, wie sich das Durchflussverhalten ändert. Die Werte der gemessenen Geschwindigkeiten haben sich bei der Mehrzahl der Messpunkte erhöht. Der Durchschnitt aller Erhebungen hat sich von 0,411 m/s am ersten Tag auf 0,528 m/s eine Woche später erhöht. Bei dem letzten Hochwasser am 04.06.2016 sind innerhalb der Woche vor der Naturkatastrophe 87,1 mm/m² Niederschlag aufgezeichnet worden (Wetterstation Bonn/Roleber). Wegen des kleinen Einzugsgebietes gelangen die Wassermassen verhältnismäßig schnell in den Gewässerlauf und bewirken dort, dass die Wassermassen das Ufer übertreten.

Die Ergebnisse der Befragung zeigen, dass sich die Mehrheit der Bewohner der Gefahr von Hochwasser bewusst sind. Auch die räumliche Ausbreitung der gefährdeten Flächen werden im Großen und Ganzen korrekt eingeschätzt. Neben der Wahrnehmung ist auch die Anpassung sehr stark fortgeschritten. Es sind deutliche Lerneffekte erkennbar, da auf privater Ebene Investitionen in den Hochwasserschutz getätigt werden. Durch die immer wiederkehrenden Ereignisse scheint die Gesellschaft vulnerabler zu werden. Dadurch ist auch die hohe Akzeptanz von Einschränkungen durch den Bau von Hochwasserschutzanlagen, welche seitens der Anwohner vorhanden ist, zu erklären.

Dabei ist jedoch zu beachten, dass die Befragungen hauptsächlich in Mehlem selber stattfanden, wodurch möglicherweise die Akzeptanz der Baumaßnahmen ein wenig verzerrt dargestellt sein könnte, da insbesondere Mehlemer aus dem Oberdorf aufgrund der gesperrten Straßen Umwege fahren müssen, um ins Ortszentrum zu gelangen und deshalb häufig auf andere Einkaufsmöglichkeiten in der Umgebung zurückgreifen, was sich laut Gewerbetreibenden in den geringeren Umsätzen seit Beginn des Baus zeigt.

Nach einer ersten Auswertung der gesammelten Ergebnisse lässt sich eine erste Kritik bezüglich der Wahl, der Durchführung und des Resultats der angewendeten Methoden verfassen.

Die Hochwasserrekonstruktion haben wir zu Beginn der Projektarbeit durchgeführt. Daher hatten wir den Vorteil, dass wir uns früh mit der genauen Vergangenheit des Baches beschäftigt haben. Es diente vor allem dafür, einen ersten Eindruck der Auswirkungen von Hochwasser und ein guten Überblick über den Gewässerverlauf generell zu erarbeiten. Im Nachhinein musste jedoch festgestellt werden, dass sich die Ergebnisse für die eigentlichen Forschungsfragen als wenig sinnvoll erweisen.

Auch bei dem Messen der Fließgeschwindigkeiten wurde bemerkt, dass man sich nicht nur mit der Messung an sich, sondern auch mit den Gegebenheiten des Baches selbst beschäftigt. Neben dem Verlauf und der Breite des Bachbettes sind auch Details wie die Wassertiefe oder die Beschaffenheit der Sohle in die Aufzeichnungen integriert worden. Ein weiterer Vorteil dieser Messmethode ist, dass sie mit geringem Aufwand möglich ist und die Resultate der gemittelten Messungen gut mit anderen Modellen zu vergleichen ist. Dem gegenüber stehen jedoch auch Messungenauigkeiten, welche gerade in Fließgewässern eine deutliche

Tabelle 1 :Städtische Vorsorgemaßnahmen. Aussagen darüber, ob sich die Anwohner ausreichend über Hochwassergefahren und Hochwasserschutzmaßnahmen informiert fühlen und ob sie über den Entlastungskanal hinaus noch weitere städtische Vorsorgemaßnahmen kennen. Quelle: Eigene Darstellung.

			weitere städtische Vorsorgemaßnahmen		Gesamt
			ja	nein	
Informiert über Hochwassergefahren und Schutzmaßnahmen	ja	Anzahl	4	23	27
		% der Gesamtzahl	8,7%	50,0%	58,7%
	nein	Anzahl	2	17	19
		% der Gesamtzahl	4,3%	37,0%	41,3%
Gesamt	Anzahl		6	40	46
	% der Gesamtzahl		13,0%	87,0%	100,0%

Variabilität aufweisen. Auch bezogen auf das Ziel, die Analyse der Durchflussmenge, schafft die Fließgeschwindigkeitsmessung nur geringe Abhilfe. Es fehlt dabei nur noch die Querschnittsfläche an der jeweiligen Messstelle. Um die Anfälligkeit für Hochwasser nach Niederschlägen zu analysieren, hat sich die angewandte Methode als durchaus nützlich erwiesen.

Durch die Befragung der Anwohner konnten relativ einfach erste Eindrücke und Tendenzen der Meinung der lokalen Bevölkerung gewonnen werden. Es muss aber berücksichtigt werden, dass es wirklich nur Tendenzen sind und eine repräsentative Beantwortung der Fragen aufgrund der geringen Stichprobenmenge von 47 Personen. Zudem ist durch das Auslegen der Fragebögen in gedruckter Form nur eine kleine Zielgruppe in Mehlem Ort angesprochen worden. Zwar wurde noch eine Internet-Umfrage gestartet, aber auch dort blieb die Beteiligung unter den Erwartungen. Bei dem direkten Befragen der Passanten bestand, im Gegensatz zu den anderen beiden Wegen der Umfrage, die Möglichkeit die Fragen zu erläutern und man hat zusätzlich noch individuelle Eindrücke und Meinungen erhalten. Diese Form der Befragung war im Fall der Projektarbeit die Optimalste, da man sowohl quantitative als auch qualitative Daten sammeln konnte.

Das „Participatory Mapping“ hat durchaus seinen Zweck erfüllt und eignet sich gut zur Darstellung vom räumlichen Auftreten besonderer Ereignisse, in diesem Fall Überschwemmungen. Es ist gerade im Zusammenhang mit einer Befragung sehr simpel eine Datengrundlage zu erlangen, welche eine einfache Visualisierung ermöglicht. Man muss dabei aber berücksichtigen, dass es schwierig ist Details zu vermerken und dass bei der Übertragung und Kombination aller Resultate Ungenauigkeiten auftreten können. Sowohl bei der Auswertung als auch bei der Befragung einzelner Personen dazu, musste festgestellt werden, dass die Grundkarte zu klein und zu detailreich war. Es sollte daher eine vereinfachte Karte gewählt werden um den Befragten nicht mit überflüssigen Details zu verwirren.

Das Konzept der Vulnerabilität und der Resilienz wird üblicherweise in der geographischen Entwicklungsforschung angewendet und findet nur in wenigen anderen Forschungsbereichen Berücksichtigung. Einer dieser Bereiche ist die Hazardforschung, die sich mit den Auswirkungen von Natur-

katastrophen auf den Menschen und seine Umwelt beschäftigt. Dabei untersuchen die Ansätze der Vulnerabilität und der Resilienz wie verwundbar oder robust zum Beispiel eine Gesellschaft gegenüber Naturgefahren ist und inwieweit sie sich an eine risikoreiche Umwelt und Natur anpasst. Vor diesem Hintergrund erschien das Konzept zur Untersuchung der Auswirkungen der Hochwasserereignisse am Mehlemer Bach auf die Anwohner zunächst passend. Zu Beginn wurde das Forschungsdesign nach diesem Konzept ausgerichtet und nach und nach in der Praxisphase an die gegebenen Umstände und Möglichkeiten angepasst. Dadurch wurde deutlich, dass zwar ein Konzept zunächst bei der Ideenfindung als sinnvoll zu erachten ist, in dem Prozess der Forschung selber jedoch störend sein kann, wenn versucht wird alle Inhalte im Rahmen des Konzepts zu behandeln, sowie die gewonnenen Ergebnisse nur noch durch die „Konzeptbrille“ zu betrachten, wodurch Erkenntnisse darüber hinaus möglicherweise verloren gehen. Im Fall der vorliegenden Arbeit zeigte sich jedoch, dass ein grundlegendes Konzept nicht nur als „Starthilfe“ zur Entwicklung des Forschungsdesigns diene, sondern auch während der Untersuchungen einen zielführenden roten Faden bildete, wobei zunächst nur das Konzept der Vulnerabilität berücksichtigt wurde. Durch die immer wiederkehrenden Überflutungsereignisse sind die Anwohner des Mehlemer Bachs jedoch weitestgehend angepasst, wodurch die Resilienz, die eng mit der Vulnerabilität verknüpft ist, dem Forschungskonzept hinzugefügt werden musste. Die Kombination der Begrifflichkeiten machte es möglich, aus der Vielzahl der Ergebnisse, die wichtigen auszuwählen und dahingehend zu strukturieren, den Wandel einer vulnerablen zu einer resilienten Gesellschaft zu verdeutlichen.

Fazit

Die Ergebnisse der Untersuchung machen deutlich, dass auf Grund seiner Lage, der Größe seines Einzugsgebiets und der anthropogenen Überprägung der Mehlemer Bach eine hohe Anfälligkeit für Sturzfluten aufweist, was sich auch in kleinen Untersuchungen wie den Messungen der Fließgeschwindigkeiten und die Überflutungen der Vergangenheit in den 1930er und 1960er Jahren zeigten (vgl. Ottersbach 2014). Umso überraschender scheint es, dass die Anwohner nicht mit Überflu-

tungen solchen Ausmaßes rechneten und deutlich verwundbarer und unvorbereiteter waren als sie es hätten sein können. Vergleichbares ereignete sich bei dem Unwetter 2016 in Bad Godesberg. Während der Mehlemer Bach auf Grund einer gewappneten Gesellschaft deutlich weniger Schaden anrichten konnte als in den Jahren zuvor, kam die Sturzflut des benachbarten Godesberger Bachs für viele Anwohner sehr überraschend und richtete immense Schäden an. Dies zeichnet ein Bild, dass sich auch aus den Befragungen heraus bildete: Nach der Bewältigung eines Ereignisses ist eine Gesellschaft, trotz Verlusten resilienter als zuvor. Insbesondere durch die Häufung der verheerenden Überflutungen setzten in Mehlem deutliche Lerneffekte ein. Eine vulnerable Gesellschaft bewältigt, lernt, passt sich an und wird resilient, ist eine mögliche Entwicklung, wie sie sich auch in Mehlem abzeichnet. Den direkten Auswirkungen der Überflutungen durch Schäden an Gebäuden und Infrastruktur, sowie den Einschränkungen durch den Bau von neuen Hochwasserschutzanlagen stehen so die indirekten Auswirkungen einer resilienteren werdenden Gesellschaft, die ein hohes Maß an Akzeptanz und Toleranz aufweist gegenüber. Abgesehen von Gerinnevertiefungen und -verbreiterungen bleibt die natürliche Umgebung des Baches jedoch weitestgehend unverändert überprägt. Hier wird eine Möglichkeit des Umdenkens hin zum integrativen Hochwasserschutz – wie es auch die Hochwasserrisiko-management Richtlinie der Europäischen Union fordert – verpasst. In erster Linie zählt die Schadensminderung und der Schutz vor Hochwasser. Die ökologische Aufwertung des Baches beispielsweise durch die Schaffung von neuen Retentionsräumen ist in Mehlem selber quasi nicht existent, obwohl die Mehrzahl der Befragten der Meinung ist, dass mehr Raum für den Bach Hochwasser reduzieren könnte. Die starke Fokussierung auf den technischen Hochwasserschutz wird wiederum nicht hinterfragt, man verlässt sich auf die Wirkung des Entlastungskanals, sowie auf andere Maßnahmen der Stadt Bonn und macht sich damit wieder abhängig vom technischen Hochwasserschutz. Zukünftig wäre interessant zu untersuchen, inwieweit es möglich ist dem Bach mehr Raum zu geben. Darüber hinaus könnte man die Wirkung des Entlastungskanals auf Hochwasser untersuchen. Die Anwohner setzen große Hoffnungen in diese Wirkung, dies und auch die anderen Schutzmaßnah-

men könnten zur Folge haben, dass sich eine relativ resiliente und angepasste Gesellschaft, nach und nach sicherer fühlt und damit anfälliger wird. So kann sich durch den Bau der Hochwasserschutzanlagen die positive Entwicklung von Vulnerabilität zu Resilienz, umkehren.

Literatur

- Bafg, Bundesanstalt für Gewässerkunde (2016): Basisinformationen zur Quantitativen Hydrologie. Hydrometrische Messungen an Pegeln. Abrufbar unter: <http://undine.bafg.de/servlet/is/12110/> (letzter Abruf: 22.02.2017).
- BAUMGARTNER, A. U. H.-J. LIEBSCHER (1996): Allgemeine Hydrologie. Quantitative Hydrologie. 2. Aufl., (Borntraeger) Berlin, Stuttgart.
- BERGER, P. (2016): Unwetter. Anwohner in Mehlem verzweifeln – Dritte Überschwemmung seit 2010. In: Kölner Stadtanzeiger (06.06.2016). Köln. Abrufbar unter: <http://www.ksta.de/region/rhein-sieg-bonn/bonn/unwetter-anwohner-in-mehlem-verzweifeln---dritte-ueberschwemmung-seit-2010-24181896> (letzter Abruf: 22.01.2017)
- Bezirksregierung Köln (2012): Hochwassergefahrenkarte Mehlemer Bach. Rheingraben Nord. HQextrem. Kartenblatt 1/5. Aachen. Abrufbar unter: http://www.flussgebiete.nrw.de/img_auth.php/0/04/27194_MehlemerBach_A00_gk_nw_B001.pdf (letzter Abruf: 19.12.2017).
- CADAG, J. R. D. & J.C. GAILLARD (2011). Integrating knowledge and actions in disaster risk reduction: the contribution of participatory mapping. *Area*. 44/1. S. 100-109.
- DIKAU, R. U. J. WEICHELGARTNER (2005): Der unruhige Planet. Der Mensch und die Naturgewalten. (Wissenschaftliche Buchgesellschaft) Darmstadt.
- HERGET, J. (2008): Hochwasser, Sturzfluten und Ausbruchflutwellen. In: FELGENTREFF, C. U. T. GLADE (Hrsg): *Naturrisiken und Sozialkatastrophen*. (Springer-Verlag) Heidelberg. S. 165-172.
- HERGET, J. (2012): Am Anfang war die Sintflut: Hochwasserkatastrophen in der Geschichte. WBG. Darmstadt.
- LANG, S. (2010): Die standardisierte Befragung in der Markt- und Sozialforschung. KV Klein Verlag, Zweibrücken
- Ott Hydromet (o.J.): Flow Sensor. Nautilus C 2000. Abrufbar unter: <http://www.ott.com/de/> (letzter Abruf: 03.02.2017)
- OTTERSACH, N. (2014): 8,2 Millionen Euro-Projekt soll Überflutungen verhindern. Neuer Kanal für Mehlemer Bach. In: *General-Anzeiger* (10.09.2014). Bonn. Abrufbar unter: <http://www.general-anzeiger-bonn.de/bonn/bad-godesberg/82-Millionen-Euro-Projekt-soll-Überflutungen-verhindern-article1447852.html> (letzter Abruf: 21.01.2017)

- PATT, H. U. R. JÜPNER (2013): Hochwasser-Handbuch. Auswirkungen und Schutz. 2. Aufl., (Springer) Berlin, Heidelberg.
- PELLING, M. (2003). The vulnerability of cities: natural disasters and social resilience. Earthscan.London
- Richtlinie 2007/60/EG (23.10.2007): Amtsblatt der Europäischen Union L 288/27. Über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken. Abrufbar unter: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:288:0027:0034:de:PDF> (letzter Abruf: 24.02.2017)
- Stadt Bonn (o.J.): Entlastungskanal für den Mehlemer Bach. Abrufbar unter: http://www.bonn.de/umwelt_gesundheit_planen_bauen_wohnen/hochwasser/hochwasserschutz/15125/index.html?lang=de (letzter Abruf: 09.02.2017)
- Stadt- und Entwässerungsbetriebe Köln: Abrufbar unter: www.steb-koeln.de (letzter Abruf: 17.02.2017)
- Turner, B. L.; Kasperson, R.E.; Matson, P.A.; McCarthy, J.J.; Corell, R.W.; Christensen, L.; Eckley, N.; Kasperson, J.X.; Luers, A.; Martello, M.L.; Pol-sky, C.; Pulsipher, A.; Schiller, A. (2003): A framework for vulnerability analysis in sustainability science. Proceedings of the National Academy of Sciences 100/14. S. 8074–8079
- UN/ISDR – International Strategy for Disaster Reduction (2004): Living with risk. A global review of disaster reduction Initiatives. 1. Genua.
- Wasserhaushaltsgesetz (WHG) (Fassung vom 31. Juli 2009, BGBl. I S. 2585): Kapitel 1 - Allgemeine Bestimmungen § 5 Allgemeine Sorgfaltspflichten. Abrufbar unter: <https://dejure.org/gesetze/WHG/5.html> (letzter Abruf: 22.02.2017).
- Wetterstation Bonn Roleber: Wetterrückblick. Abrufbar unter: www.wetterkontor.de (letzter Abruf: 02.02.2017)
- Zehner, K. (2011): Standardisierte geographische Arbeitsweisen In: Gebhardt, H., Glaser, R., Radtke, U. & P. Reuber (Hrsg.): Geographie. Physische Geographie und Humangeographie. 2. (Spektrum) Heidelberg. S. 124-133.

8 Der Vilicher Bach und die Stadtbahnhaltestelle - Vulnerabilität und Maßnahmen zum Hochwasserschutz

Daria Ernst, Ines Klitschke und Theresa Remmel

Abstract

Der Vilicher Bach fließt im Bereich Vilich-Müldorf unter einer Stadtbahnhaltestelle her, aber noch nie kam es zu einer Überflutung der Haltestelle und der Gleise. Mehrere Akteure könnten jedoch auf die Vulnerabilität Einfluss nehmen und stehen im Konflikt zueinander. Diese Akteure vertreten Renaturierungsmaßnahmen, Bauvorhaben, sowie die allgemeine Sicherheit der Stadt Bonn. Wie diese Akteure in Verbindung stehen und die Vulnerabilität der Haltestelle beeinflussen, soll hier erläutert werden.

Keywords: *Urbane Sturzfluten, Mehlemer Bach, Vulnerabilität, Resilienz*

Einleitung

Gewässer werden von Menschen oft sehr unterschiedlich wahrgenommen. Dies hängt ab von Faktoren wie Wohnnähe zum Gewässer, Existenz von Hochwasserschutz, Nutzung als Erholungsgebiet oder als Transportweg, und vielen anderen Aspekten.

Die Forschungsgruppe hat sich gefragt inwiefern verschiedene Bäche in der Bonner Umgebung unterschiedliche Risiken und Herausforderungen, aber auch Nutzen, mit sich bringen können.

Im Folgenden geht es um den Vilicher Bach, der sich an dem untersuchten Teilstück in Vilich-Müldorf befindet, an einer Straßenbahnhaltestelle mit selbigem Namen. Im Zuge dessen hat sich die Frage aufgetan inwiefern zum Einen der Bach Einfluss auf die Haltestelle hatte (durch Hochwasser oder ähnliche Phänomene) und welcher Schutz besteht, aber auch inwiefern der Mensch Einfluss auf den Bach genommen hat und plant, zu nehmen.

Durch die Lage in einem Wohngebiet und in unmittelbarer Nähe zu einer brachen Fläche, bietet der Vilicher Bach Grund für Entstehung von Konflikten

verschiedener Akteure. Einerseits die Stadt Bonn, die mit dem Tiefbauamt für die Sicherheit der Bewohner und deren Eigentum sorgt. Zum Anderen NRW.Urban, welche die brachliegende Fläche an den Bach angrenzend als Baugebiet nutzen werden. Zuletzt sei das Planungsbüro Zumbroich erwähnt, welches Konzepte zur Renaturierung des Baches und seiner Umgebung entwickelte.

Der Bereich an dem der Bach unter der Haltebahnstation Vilich-Müldorf kanalisiert wird, wurde zu Beginn der Projektarbeit als vulnerabel dargestellt. Es sollte herausgefunden werden inwiefern die Straßenbahnhaltestelle Vilich-Müldorf vor Hochwasser geschützt ist. Und im Zuge dessen ebenfalls welche Maßnahmen vorhanden sind und ob, und wenn ja welche, Maßnahmen derzeit für die Durchsetzung in der Zukunft geplant sind.

Untersuchungsgebiet

Der Vilicher Bach ist einer der wenigen rechtsrheinischen Bonner Fließgewässer und ändert je nach Teilstrecke seinen Namen in Mühlenbach, Holtorfer Bach oder Wielesbach. Bonn liegt am Rande des westdeutschen Siebengebirges und bildet den

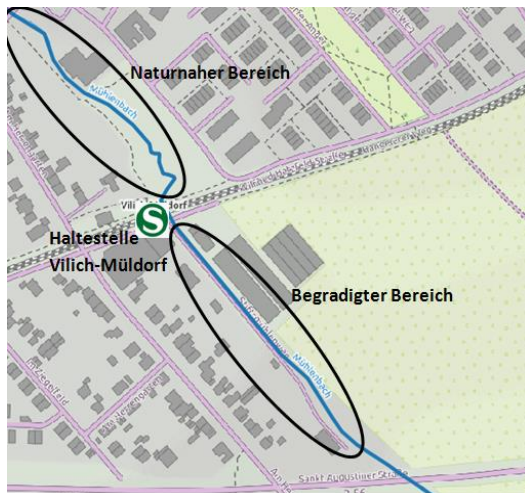


Abbildung 1 :Übersicht des Untersuchungsgebietes

Übergang des Mittelrheintals zur Niederrheinischen Bucht.

Die Quelle des Vilicher Baches liegt in Ungarten und der 8520 m lange Bach fließt bis zur Mündung in den Rhein bei Rheinkilometer 656,58 in voller Länge im Bonner Stadtgebiet (BACHENTWICKLUNGSPLAN, 2008). Dabei durchfließt er abwechselnd Siedlungsraum mit aufgelockerter Bebauung und landwirtschaftlich genutzte Flächen. Im Siedlungsraum sind insgesamt 980 m in Teilstrecken verrohrt. Somit ist bei dem Vilicher Bach nur wenig Naturnähe festzustellen, trotz renaturierter Bereiche (BUNDESSTADT BONN, TIEFBAUAMT 2008).

Auch das 5,3 km große Einzugsgebiet liegt zum überwiegenden Teil im aufgelockerten Siedlungsraum und landwirtschaftlichen Flächen. Die Abflussmengen belaufen sich bei einem normalen Wasserstand auf 7 – 54 l/s, während bei Hochwasser etwa 3500 l/s erreicht werden können (BUNDESSTADT BONN, TIEFBAUAMT 2008).

Der im Projekt untersuchte Abschnitt liegt im Bereich des Abschnittes Mühlenbach in Vilich-Müldorf. Der untersuchte Abschnitt zwischen der Schnellstraße B56 und der Beueler Straße, der Fokus des Projektes liegt jedoch bei der Stadtbahnhaltestelle Vilich-Müldorf, unter der der Vilicher Bach, Abschnitt Mühlenbach, eine Verrohrung durchfließt (Abb. 1).

Das Gebiet kann in vier Bereiche unterteilt werden. An der B56 tritt der Bach aus einer Verrohrung aus und durchfließt eine Grünfläche, bevor er den zweiten Teilbereich erreicht, wo er stark kanalisiert

und begradigt wird, wie in Abbildung 2 zu sehen ist. Dort ist das Flussbett mit Rasengittersteinen ausgelegt und liegt ca. 1,5 m unterhalb der Geländeoberfläche.

Entlang des kanalisiert verlaufenden Baches führt ein Weg für Fußgänger, der .u.a. auch als Zufahrt zu Gärten und Häusern genutzt wird, die jedoch leicht abschüssig liegen. An der Haltestelle Vilich-Müldorf wird der Vilicher Bach in die bereits erwähnte, etwa 10 m lange, Verrohrung geleitet.

Nach der Verrohrung durchfließt der Bach bis zur Beueler Straße einen naturnahen Bereich, in dem Mäander ausgebildet sind (Abb.2).



Abbildung 2: Begradigter Teilbereich

Methoden

Um der Fragen nach der Geschichte am Vilicher Bach sowie der geplanten baulichen Veränderungen und der damit einhergehenden Hochwassergefahr nachzugehen, wurde sich für die Methode der Expertengespräche entschieden.

Bei der Stadt Bonn steht das Dezernat 3 als oberste Abteilung für die Organisation der Gewässerentwicklung in Bonn. Darunter steht das Tiefbauamt, inbegriffen darin sind die Stadtwerke Bonn (SWB), mit den Aufgaben der Stadtentwässerung sowie der Abwasserableitung und des Gewässerbaus. Der Ansprechpartner und gleichzeitige Sachbearbeiter in der Abteilung „Gewässerschutz –

Gewässerausbau“ ist Matthias Franke mit dem die Projektgruppe ein qualitatives, leitfadengestütztes Experteninterview führte.

Experteninterviews sind eine Methode um Informationen zu bekommen, die über Daten und bereits gesammelte Fakten hinausgehen. Man bekommt spezielle Einblicke in Wirkungsgefüge und kann Themen und Probleme aus einer ganz anderen Sicht wahrnehmen, aus der Perspektive des Interviewers. Dieser erzählt mit seinen Worten und es lässt sich herausstellen was dem Informanten am relevantesten erscheint (HOPF 2016). In diesem Fall war der Befragte ein Experte und konnte der Gruppe einen Überblick über die Geschichte und die voraussichtliche Zukunft am Vilicher Bach deutlich machen.

Wenn mehrere Expertengespräche geführt werden, können verschiedene Meinungen zu einem Thema gesammelt werden. Ein möglicher Konflikt würde sich so aus verschiedenen Blickwinkeln betrachten und bewerten lassen (DUNN 2000).

In dem geführten Interview mit Herr Franke wurde eine trichterförmige Interviewstruktur gewählt. Der Erzählende wurde gefragt wie es um die Haltebahnstation im beobachteten Gebiet steht, ob diese hochwassergefährdet war / ist. Im weiteren Verlauf ging es um spezifischere Fragen wie z.B. das Verklauungsgitter oder die Situation mit NRW.URBAN.

Um eine differenzierte Sichtweise auf das Thema zu bekommen, wurden ebenfalls das Planungsbüro Zumbroich sowie NRW.URBAN für ein Interview angefragt. Von dieser Seite bekam die Gruppe jedoch keine Rückmeldung.

Konzept

Mit dem Konzept der Vulnerabilität beschäftigen sich sowohl Sozial-/ als auch Naturwissenschaftler gleichermaßen. Daher existieren verschiedene Begriffsdefinitionen welche oft einen anderen Aspekt des Begriffes der Vulnerabilität beschreiben zu versuchen. In den Naturwissenschaften wird Vulnerabilität oft im Kontext der Hazard- und Entwicklungsforschung, Naturgefahren und Klimawandel, welche teils einhergehen, verwendet. Vulnerabilität wird generell als die Kapazität ver-

letzt zu werden, beschrieben, z.B. der Verletzungsgrad den ein System bei einem Hazard erreichen kann (TURNER 2003).

Eine Definition schrieb BÜRKNER (2010): „Unter Vulnerabilität wird die Verletzlichkeit oder Verletzbarkeit einer Person, einer sozialen Gruppe, eines Gegenstandes oder eines Systems angesichts bestehender Gefährdungen, Risiken, Krisen, Stress, Schocks oder bereits eingetretender schädigender Ereignisse verstanden. Die Verletzung oder Schädigung bedeutet in der Regel, dass wichtige Funktionen eingeschränkt oder nicht mehr vorhanden sind. Eine wesentliche Bedingung der Vulnerabilität besteht in unzureichenden Bewältigungskapazitäten der Individuen, Gruppen und Systeme (vgl. BOHLE 2005).“

Nicht nur Exposition und Anfälligkeit eines bestimmten Bereiches müssen in Überlegungen miteinbezogen werden, sondern auch die Bewältigungsmöglichkeiten mit einer bestimmten Gefahr umgehen zu können. Langfristig entsteht eine Anpassung eines Bereiches (Gebäude, Stadt, Personengruppe o.Ä.), die auf mögliche kommende Gefahren verbessert vorbereitet ist (BIRKMANN 2008).

In dem vorliegenden Fall wurde die Anfälligkeit der Haltebahnstation gegenüber des Vilicher Baches und eines potentiellen Hochwassers untersucht.

Ergebnisse

Laut dem Tiefbauamt Bonn war der Haltestellenbereich in der Vergangenheit nie von Hochwasser betroffen oder durch Hochwasser gefährdet. Zu früheren Zeiten führte eine Bahnbrücke über den Bachlauf. In den 90er Jahren wurde der Bach in diesem Bereich verrohrt und die Haltebahnstation durch eine Terrasse höher gelegt. Die Verrohrung kann ein HQ100 ableiten solange das Verklauungsgitter intakt und frei ist. Dieses wird wöchentlich von den Stadtbauwerken Bonn kontrolliert und gilt als ausreichender Hochwasserschutz. Somit sieht das Tiefbauamt keine Gefährdung vom Vilicher Bach zur Haltebahnstation ausgehen und erachtet momentan keine weiteren Hochwasserschutzmaßnahmen für notwendig.

Begradigter Bereich

Im Rahmen des Programms „Lebendige Gewässer“ in Nordrhein-Westfalen zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie wurde vom Planungsbüro Zumbroich ein Umsetzungsfahrplan für den begradigten Bachabschnitt zwischen der Haltestelle und der B56 erarbeitet. Hier drin werden Maßnahmen zur Verbesserung der Gewässerstrukturgüte sowie zur Durchgängigkeit konkretisiert. Ziele eines Umsetzungsfahrplans sind neben der ökologischen Verbesserung des Bachsystems auch eine Verbesserung des Hochwasserschutzes. Beschriebene Maßnahmen für den Bachabschnitt sind beispielsweise die Aufweitung des Gerinnes, Entfernung des Sohl- sowie Uferverbau, Anlegung oder Ergänzung eines Gehölzsaums, die Entwicklung eines Uferstreifens sowie die Anlage von Initialgerinnen (ZUMBROICH 2012). Zusammenfassend werden in dem Umsetzungsplan Entwürfe zur Vitalisierung und Habitatsverbesserung des Gewässers im Sohl- wie im Uferbereich aufgeführt. Weiterhin soll eine eigendynamische Gewässerentwicklung zugelassen werden. Die Realisierung der Maßnahmen ist von 2013 bis 2018 geplant.

Das Planungsbüro Zumbroich ist lediglich für die Erstellung des Umsetzungsfahrplans zuständig, die Umsetzung selbst ist Aufgabe der Kommune. Bei dem Gespräch mit dem Tiefbauamt stellte sich jedoch heraus, dass durch eine baugebietliche Erschließung der Brachfläche rechts vom begradigten Bachabschnitt die beschriebenen Maßnahmen nicht umgesetzt werden. Im Zuge der städtebaulichen Entwicklungsmaßnahme „Wohn- und Wissenschaftspark“ der Stadt Bonn soll auf diesem Gebiet der „WohnPark II“ entstehen (Abb. 3). Dessen Entwicklungsträger ist die landeseigene Gesellschaft NRW.URBAN. Dem Tiefbauamt liegen bereits Pläne vor, wonach der Bach unverändert kanalisiert und in seinem Laufprofil bleiben soll. Auf den ersten 50m flussaufwärts hinter dem Gitter soll eine Hochwasserschutzmauer gebaut werden.

Auf der von NRW.URBAN geführten Internetseite des Wohnparks wird jedoch von „besonderen Anforderungen an die Planung durch die vorgesehene, flächige Renaturierung des Mühlenbaches und den damit verbundenen Hochwasserschutz“ (NRW.URBAN o.J.) gesprochen.

Naturnaher Bereich

Der Bachabschnitt zwischen der Haltestelle und der Beuler Straße wurde 1972 aufgrund von schlechter Wasserqualität und wiederkehrenden Überschwemmungen verrohrt. Die Stahlbetonrohre konnten einen Hochwasserabfluss von 3500 l/s ableiten. Anfang des Jahres 1992 wurde mit der Wiederoffenlegung und naturnahen Gestaltung des verrohrten Baches begonnen wobei der Bachlauf weit geöffnet, windend und mäandrierend mit unterschiedlichen Böschungsneigungen angelegt wurde (Abb. 4). Eine Befestigung des Gewässerbettes wurde nicht vorgenommen. Da die Mäander zu weitläufig angelegt wurden und der Vilicher Bach einen hohen Sedimenteintrag hat, verlandete der Bach hier teils zu einer Auenlandschaft. Um eine naturnahe Gestaltung zu erreichen, wurde die vorhandene Bepflanzung weitestgehend erhalten und große Rasen- sowie Krautazonen geschaffen.



Abbildung 3: Naturnah gestalteter Bereich

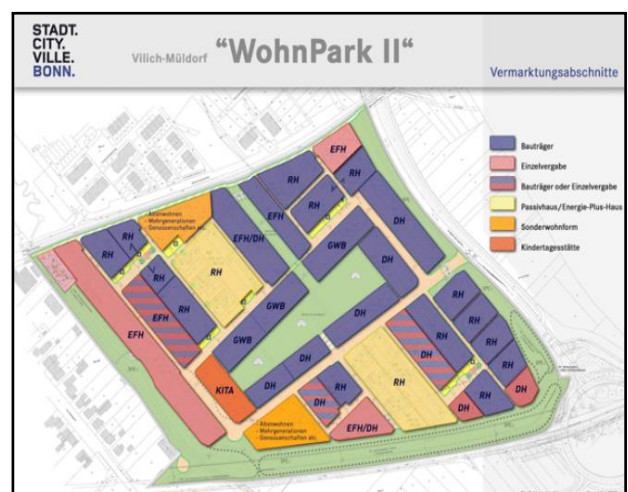


Abbildung 4: Bebauungsplan WohnPark 2

Links neben dem Bach wurde ein Weg zur Naherholung angelegt. Der naturnah gestaltete Bachabschnitt hinter der Haltestelle bietet neben einem Erholungsraum eine große Retentionsfläche im möglichen Fall von Überschwemmungen durch Hochwasser.

Diskussion

Die Haltestelle Vilich-Müldorf wurde als zentraler Ort der Forschung gewählt, da bei infrastrukturellen Knotenpunkten oft eine potentielle Vulnerabilität vorliegt. Käme es zu einem Hochwasser des Baches, wären nicht nur Anwohner und Grundstücksbesitzer betroffen, sondern darüber hinaus auch die Nutzer des Öffentlichen Personennahverkehrs, da die Straßenbahnlinie nicht mehr verkehren könnte. Folglich sollte sichergestellt sein, dass keine Überflutungsgefahr vom Vilicher Bach ausgeht. Über die Vulnerabilität der Haltestelle Vilich-Müldorf und der Untersuchungsgebiete herrscht jedoch Uneinigkeit zwischen den drei Akteuren:

1. Die SWB sehen keine Notwendigkeit für weitere Hochwasserschutzmaßnahmen, da das Verklausungsgitter als ausreichender Hochwasserschutz am Vilicher Bach gilt und somit keine Verwundbarkeit der Haltestelle oder der Infrastruktur vorliegt.
2. Das Planungsbüro Zumbroich betrachtet den begradigten Bachabschnitt als Gebiet, in welchem Renaturierungsmaßnahmen erforderlich sind. Da Renaturierungsmaßnahmen zur Erreichung ökologischer Ziele immer in Synergie mit Hochwasserrückhalt und Regionalplanung stehen (UMWELT-MINISTERIUM NRW 2011), könnte dies ein Hinweis darauf sein, dass das Planungsbüro eine Verbesserung der Schutzmaßnahmen und somit der Resilienz gegenüber Hochwassern für nötig erachtet.
3. NRW.URBAN arbeitet bei der städtebaulichen Erschließung des „WohnParks II“ mit der Stadt zusammen. Sie werden also darüber informiert sein, dass laut Tiefbauamt momentan keine Gefahr vom Vilicher Bach ausgeht und Maßnahmen zum Schutz und zur Renaturierung nicht als zwingend notwendig angesehen werden. Darauf basierend haben sie sich entschieden, lediglich eine Hochwasserschutz-

mauer zu errichten, nicht aber die vom Planungsbüro Zumbroich beschriebenen Maßnahmen zu realisieren. Ein weiterer Grund hierfür könnte die Rentabilität sein, da die umgesetzten Maßnahmen die späteren Grundstückspreise erhöhen würden. Trotzdem wirbt die Entwicklungsgesellschaft auf der offiziellen Internetseite mit Maßnahmen, da sich dies positiv auf mögliche Käufer auswirkt. Sie nutzen die verbesserte Resilienz des Gebietes somit auch als Marketinginstrument. Die Errichtung der Hochwasserschutzmauer zeigt aber, dass auch NRW.URBAN eine mögliche Gefährdung durch den Vilicher Bach sieht.

Die Auswirkungen der Errichtung einer Hochwasserschutzmauer sollten kritisch betrachtet werden. Die Hochwasserschutzmauer würde den Bach weiter kanalisieren, die Fließgeschwindigkeit erhöhen und somit die Gefahr vergrößern, dass der Abfluss eines HQ 100 nicht mehr durch die Verrohrung unterhalb der Bahnhaltestelle abgeleitet werden kann. Darüber hinaus führt der Klimawandel zu einem Anstieg von Wetterextremen, was das Problem weiter verschärfen könnte. Hier ist weitere Forschung notwendig.

Bei der Betrachtung der unterschiedlichen Standpunkte der drei Akteure wird die Definitionsproblematik des Begriffs Vulnerabilität deutlich. Aus ihrer Sicht ist es ein offener Begriff, der interpretierbar ist und sich je nach Interessenlage auslegen lässt. In solchen Fällen sollte eine kritisch-wissenschaftliche Abwägung von Risiko und Gegenmaßnahmen erfolgen anstatt die Bewertung den Akteuren zu überlassen. Generell kann es oft problematisch werden, wenn wissenschaftliche Ergebnisse für politische Entscheidungen oder privatwirtschaftliche Vorhaben herangezogen und gegebenenfalls instrumentalisiert werden, wie in diesem Fall die Hochwassergefährdung durch den Vilicher Bach.

Fazit

Der Vilicher Bach durchfließt zwischen der B56 und der Stadtbahnhaltestelle Vilich-Müldorf einen begradigten und kanalisierten Bereich bevor dieser unter der Haltestelle verrohrt wird. Nachdem der Bach aus der Verrohrung austritt, fließt er in einem naturnah gestalteten, mäandrierenden Bereich mit viel Retentionsfläche. Der anthropogene Eingriff in das Bachsystem erhöht hier die Gefahr von Über-

schwemmungen bei Hochwasser. Dennoch war die Haltestelle davon in der Vergangenheit nie betroffen.

Da die Stadtbahnhaltestelle ein wichtiger Punkt für die Infrastruktur ist, muss hier Sicherheit vor Hochwasser gewährleistet sein. Die Untersuchungen in Form von einem Expertengespräch zeigten jedoch, dass die verschiedenen Akteure rund um den Vilicher Bach unterschiedliche Stellungen zur Vulnerabilität dieser Haltestelle haben.

Die SWB sieht ein vorhandenes Verklauungsgitter als hinreichenden Hochwasserschutz an. Das Planungsbüro Zumbroich empfiehlt in diesem Bereich Maßnahmen zur Renaturierung und damit einhergehend zum Hochwasserrückhalt durchzuführen. Der dritte Akteur NRW.URBAN wird bei einer baugebietlichen Erschließung eine Hochwasserschutzmauer errichten. Auch wenn diese Mauer den Kanalisierungseffekt noch weiter erhöhen kann, impliziert dies, dass auch sie eine gewisse Vulnerabilität des Bereiches sehen. Dennoch werden sie die vom Planungsbüro beschriebenen Renaturierungsmaßnahmen nicht umsetzen. Ein Grund hierfür könnte eine persönliche Abwägung zwischen den Kosten zur Umsetzung solcher Maßnahmen (Input) und dem verbessertem Schutz (Outcome) sein.

Betrachtet man diese Situation erscheint es, als sei Vulnerabilität lediglich ein relativer Begriff, welcher für verschiedene Interessen auslegbar ist. Um einen möglichst nachhaltigen Schutz vor Hochwasser und eine naturnahe Gestaltung von Bachsystemen zu gewährleisten, bräuchte man somit eine übergeordnete Institution, welche sich unabhängig mit weiterer Forschung und Bewertung von möglichen Hochwasserschutzmaßnahmen beschäftigt.

Danksagung

Wir danken Herrn Matthias Franke vom Tiefbauamt Bonn der sich Zeit für ein ausführliches Experteninterview mit uns genommen hat.

Literaturverzeichnis

- BIRKMANN J. (2008): Globaler Umweltwandel, Naturgefahren, Vulnerabilität und Katastrophenresilienz. Notwendigkeit der Perspektivenerweiterung in der Raumplanung. Bonn.
- BUNDESSTADT BONN (2008): Bachentwicklungsplan 2008. Überarbeitung und Fortschreibung des BEP 1988. Bonn
- BÜRKNER , H.-J. (2010): Vulnerabilität und Resilienz. Forschungsstand und sozialwissenschaftliche Untersuchungsperspektiven. (Leibniz Institut für Regionalentwicklung und Strukturplanung) o.O.
- DUNN K. (2000): Interviewing. In: HAY I. (2000), Qualitative Research Methods in Human Geography. (Oxford University Press). pp. 50-82 .
- HOPF C. (2016): Hypothesenprüfung und qualitative Sozialforschung. Wiesbaden.
- NRW.URBAN GMBH (o.J.): Wohnpark II. Das städtebauliche Konzept. Abrufbar unter: <http://wohngebiete-vilich-mueldorf.de/wohnpark-2/das-staedtebauliche-konzept>. (Letzter Abruf: 17.02.2017)
- TURNER B. L, Kasperson R.E., Matsone P. A., McCarthy J. J., Corell R. W., Christensene L., Eckley N., Kasperson J. X. , Luerse A., Martello M. L., Polskya C., Pulsiphera A., Schiller A. (2003): A framework for vulnerability analysis in sustainability science. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. Worcester, MA.
- UMWELTMINISTERIUM NRW (2011): Programm Lebendige Gewässer. Muster- Umsetzungsfahrplan. Düsseldorf.
- Zumbroich (2012): Umsetzungsfahrplan Kooperation KOE-51. Strahlwirkungskonzept und Maßnahmenausgleich Vilicher Bach. Bonn.

Herausgeberin

e.Wa Journal – Zeitschrift für wasserbezogene Forschung von Studierenden

AG Ökohydrologie und Wasserressourcenmanagement- Prof. Evers

Geographisches Institut

Universität Bonn

Meckenheimer Allee 166

53115 Bonn

