



Hans-Joachim Mälzer. Foto: Vladimir Unkovic

*Die Bemühungen der vergangenen Jahrzehnte im vorsorgenden Gewässerschutz haben zwar zu erheblichen Erfolgen in Form einer deutlichen Verbesserung der Ruhrwasserqualität geführt, was den Gesundheitsschutz der mit Trinkwasser aus der Ruhr versorgten Einwohner*innen und die Freizeitnutzung der Ruhr für verschiedene Wassersportarten verbessert hat. Dennoch war die Ruhr aber nicht als Badegewässer ausgewiesen und im Stadtgebiet Essen mit einem Badeverbot belegt. Dies hat sich geändert.*

Baden in der Ruhr

Vom Forschungsprojekt zum Badespaß
Von Hans-Joachim Mälzer & Wolf Merkel

Die Ruhr

Die Ruhr mit ihrem Einzugsgebiet dient fast fünf Millionen Menschen als Naherholungs- und Freizeitregion und stellt die Trinkwasserversorgung für den Ballungsraum Ruhrgebiet sicher. Aufgrund der starken Besiedlung des landwirtschaftlich und industriell genutzten Einzugsge-

biets ist die Ruhr mit anthropogenen Stoffen und Krankheitserregern aus diffusen Quellen, der Siedlungsentwässerung und industriellen sowie kommunalen Abwässern belastet (siehe Abb. 1).

Die Bemühungen der vergangenen Jahrzehnte im vorsorgenden Gewässerschutz haben zwar zu erheblichen Erfolgen in Form einer

deutlichen Verbesserung der Ruhrwasserqualität geführt, was den Gesundheitsschutz der mit Trinkwasser aus der Ruhr versorgten Einwohner und die Freizeitnutzung der Ruhr für verschiedene Wassersportarten verbessert hat. Dennoch war die Ruhr aber nicht als Badegewässer ausgewiesen und im Stadtgebiet Essen mit einem Badeverbot

belegt. Gleichwohl wurde die Ruhr vielerorts im Sommer allen gesundheitlichen Risiken zum Trotz als Badegewässer genutzt, mit der Folge, dass sich die Badenden bewusst oder unbewusst dem Risiko einer Infektion mit wasserassoziierten Mikroorganismen und Parasiten aussetzten.

Der Baldeneysee ist der größte von insgesamt fünf Stauseen, die der Ruhrverband an der Ruhr betreibt. Im betrachteten Ruhrabschnitt befinden sich darüber hinaus insbesondere zwischen Hattingen und Essen naturnahe Flussabschnitte, die im Sommer trotz offiziellem Badeverbot regelmäßig und zum Teil intensiv zum Baden genutzt werden. Der Baldeneysee, als eines der beliebtesten Ausflugsziele für Bürger*innen aus dem südlichen Ruhrgebiet, wird derzeit zwar nicht in nennenswertem Maße zum Flussbaden genutzt, wohl aber intensiv mit Segelbooten, Kanus und Surfbrettern befahren.

Baden am Baldeneysee hat allerdings eine lange Tradition: 1938 wurde das Freibad Baldeney direkt am Baldeneysee eröffnet. Es fungierte über 40 Jahre lang – von 1938 bis 1984 – als Freibad mit einem im Baldeneysee abgegrenzten Becken

mit Sprungturm. Heute befindet sich an dieser Stelle das privat bewirtschaftete Freizeitgelände „Seaside Beach Baldeney“, das sich gerade in den Sommermonaten größter Beliebtheit erfreut. Ein Badeverbot für dieses künstliche Gewässer galt seit 1971 gemäß der „Ordnungsbehördlichen Verordnung zur Aufrechterhaltung der öffentlichen Sicherheit und Ordnung im Stadtgebiet Essen“.

In der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts wurde die Ruhr, insbesondere im Bereich der großen Städte Duisburg, Mülheim, Essen, Bochum und Witten, intensiv auch zum Baden genutzt. An zahlreichen Stellen gab es in diesem Zeitraum offizielle und inoffizielle Bademöglichkeiten. Die zunehmende Besiedlung des Ruhrgebiets und die damit einhergehende höhere hygienische Belastung der Ruhr durch Abwässerleitungen führte schließlich dazu, dass die Bezirksregierung Düsseldorf per Polizeiverordnung mit Wirkung zum 1. November 1952 das Baden in der Ruhr von der Mülheimer Schleuse bis zur Grenze des Regierungsbezirks bei Essen-Steele wegen der potentiellen Gefahr an Poliomyelitis zu erkranken, verboten

hat. Bis zum Jahr 2017 gab es an der Ruhr in den Stadtgebieten Essen und Mülheim keine offizielle Badestelle mehr [1].

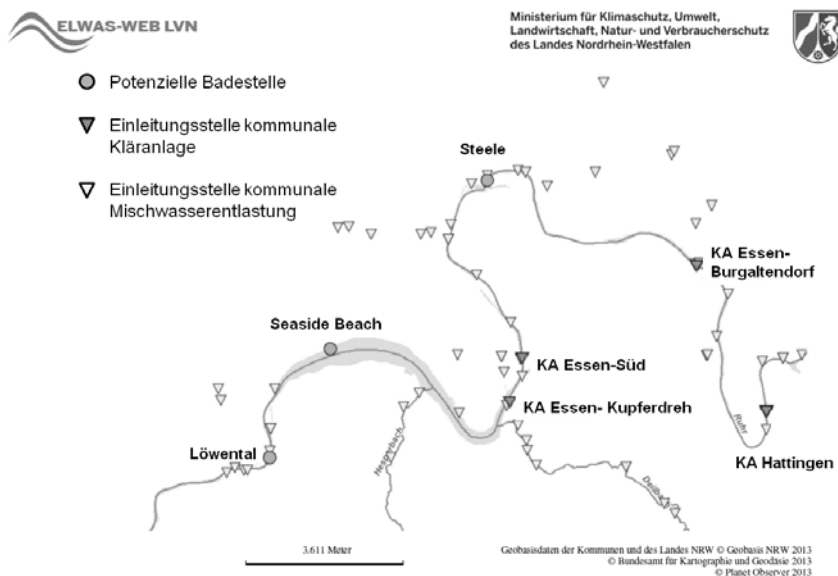
Das Forschungsvorhaben Der Förderschwerpunkt RiSKWa

(„Risikomanagement von neuen Schadstoffen und Krankheitserregern im Wasserkreislauf“) des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) bot hier die einzigartige Untersuchungsmöglichkeit, ob und unter welchen Bedingungen das Baden in der Ruhr in absehbarer Zeit zugelassen werden kann. Begleitend wurden Optimierungsmöglichkeiten zur Sicherheit der Trinkwassergewinnung und -aufbereitung aus der Ruhr erarbeitet. Das Forschungsvorhaben (Förderkennzeichen 02WRS183A bis J) wurde im Zeitraum vom 1. Januar 2012 bis zum 31. Dezember 2015 von einem Konsortium unter der Leitung des IWW bearbeitet. Als Projektpartner waren folgende Universitäten, Forschungsinstitute und Firmen beteiligt:

- IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung gGmbH
- Ruhrverband
- Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit der Universität Bonn
- Institut für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen
- Abteilung für Hygiene, Sozial- und Umweltmedizin der Ruhr-Universität Bochum
- RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH
- Universität Duisburg-Essen
- Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse
- aquatune – Dr. Gebhardt & Co. GmbH
- Xylem Water Solutions Herford GmbH

Die übergreifenden Projektziele waren:

- die Entwicklung der Ruhr als temporär nutzbares Badegewässer für die Region, wozu verschiedene



(1) Ruhr im Raum Essen mit Baldeneysee, potenziellen Badestellen, kommunalen Kläranlagen und Einleitungsstellen von kommunalen Mischwasserentlastungen.

Quelle: Merkel et al., 2016 (Kartengrundlage: ELWAS-WEB, <http://www.elwasweb.nrw.de>)

Elemente eines integrierten Risikomanagements für Krankheitserreger und Schadstoffe zu entwickeln und aufzubauen waren und

- die Verbesserung der Sicherheit der Trinkwassergewinnung und -aufbereitung aus der Ruhr hinsichtlich der Rückhaltung von Krankheitserregern.

Neben den Untersuchungen zur Ruhr als Badegewässer wurde auch die Trinkwasseraufbereitung aus Ruhrwasser umfänglich hygienisch bewertet. Als wesentliche Erkenntnis aus diesen Untersuchungen kann festgehalten werden, dass bereits der erste, naturnahe Schritt des Reinigungsprozesses – die Filterwirkung der Bodenpassage – die in der Ruhr vorkommenden Krankheitserreger weitestgehend zurückhält. Die weiteren Aufbereitungsschritte im Trinkwasserwerk sorgen schließlich dafür, dass die Erreger in dem gewählten Untersuchungsvolumen nicht mehr nachweisbar waren. Der folgende Beitrag konzentriert sich deshalb auf die Aspekte der möglichen Badenutzung der Ruhr.

Um die Nutzung der Ruhr als Badegewässer und Rohwasserressource für die Trinkwasserversorgung des Ballungsraums Ruhrgebiet vorzubereiten beziehungsweise langfristig zu sichern, wurden innovative Ansätze zur regionalen Gefährdungsbeurteilung, Technologien zur Risikominderung, zu Monitoring- und Frühwarnansätzen sowie zur Risikokommunikation für die Bevölkerung entwickelt und in einem integrierten System zur Umsetzung vorbereitet [2].

Gesetzlicher Rahmen

Für die Projektbearbeitung und insbesondere für eine mögliche Umsetzung des Badens in der Ruhr war zunächst die Frage zu klären, auf welcher rechtlichen Basis eine Badenutzung der Ruhr möglich werden könnte, sofern die hygienischen Verhältnisse dies überhaupt zulassen. Die denkbaren Vorstellungen eines geeigneten Rechtsrahmens reichen

hierbei von einer teilweisen Ausnahmeregelung des Badeverbots, wie dies beispielsweise an der Isar in München umgesetzt ist, bis hin zu einer allen Anforderungen der Badegewässerverordnung NRW (NRW 2007) genügenden Ausweisung offizieller Badegewässer.

Neben der rechtlichen Legitimation, an einer bestimmten Stelle in der Ruhr baden zu können, standen bei dem juristischen Exkurs zur möglichen Badenutzung der Ruhr natürlich auch Haftungsfragen und Aspekte der Verkehrssicherungspflicht im Vordergrund. Im Ergebnis einer umfassenden Analyse der rechtlichen Rahmenbedingungen haben die Projektbeteiligten für eine mögliche Badenutzung der Ruhr eine sehr eindeutige Empfehlung abgeleitet. Demnach scheint die einzig sinnvolle und durchführbare Form einer möglichen Badenutzung die vollständige Anwendung der Anforderungen der Badegewässerverordnung NRW. Andere Formen einer Badenutzung, wie beispielsweise über Duldungstatbestände oder in einer Satzung verankerte Ausnahmen von einem generellen Badeverbot, sind entweder für den Verkehrssicherungspflichtigen mit großen Haftungsrisiken verbunden oder entsprechen nicht dem europäischen Rechtsrahmen für das Baden in Fließgewässern, so dass sie grundsätzlich für die Wiedereinrichtung eines Badebetriebs in der Ruhr nicht infrage kommen.

Die Anwendung der Badegewässerverordnung NRW würde an der Ruhr natürlich nicht bedeuten, dass die gesamte Ruhr einer Badenutzung zugänglich gemacht werden muss, sondern dass einzelne abgegrenzte Badestellen als sogenannte ausgewiesene Badegewässer definiert werden könnten. Eine wesentliche Voraussetzung zur zukünftigen Badenutzung an der Ruhr wäre allerdings die zielgerichtete Bewirtschaftung der Badestellen bei kurzzeitigen Verschmutzungen. Wie bereits aus Voruntersuchungen bekannt war, haben die hygienischen Untersuchungen sehr deutlich bestätigt, dass es ins-

besondere bei starken Regenfällen mit entsprechenden Entlastungen aus der Mischwasserkanalisation und bei Hochwässern zu einer signifikanten Verschlechterung der hygienischen Qualität der Ruhr kommt, die bei Trockenwetterverhältnissen durchaus den Anforderungen der Badegewässerverordnung entspricht. Nach der Badegewässerverordnung stellen solche Ereignisse kurzzeitige Verschmutzungen dar und die entsprechenden Regularien zum Umgang mit derartigen Störungen sind anzuwenden. Insbesondere sind allgemeine Informationen über die Ursachen derartiger kurzzeitiger Verschmutzungen und deren Dauer den Badenden zur Verfügung zu stellen und diese, beispielsweise durch ein kurzzeitiges Badeverbot, vor einer Exposition gegenüber diesen Verschmutzungen zu schützen [3].

Die Badegewässerverordnung definiert dabei eine kurzzeitige Verschmutzung als eine mikrobiologische Verunreinigung, die eindeutig feststellbare Ursachen hat, bei der normalerweise nicht damit gerechnet wird, dass sie die Qualität der Badegewässer mehr als ungefähr 72 Stunden beeinträchtigt, und für die die zuständige Behörde, Verfahren zur Vorhersage und entsprechende Abhilfemaßnahmen festgelegt hat. Wird bei der Badegewässerüberwachung für den Parameter „*Escherichia coli*“ ein Einzelwert von mehr als 1.800 KBE/100 ml oder für den Parameter „Intestinale Enterokokken“ ein Einzelwert von mehr als 700 KBE/100 ml festgestellt, so ist eine sofortige Nachkontrolle durchzuführen. Liegen bei dieser Nachkontrolle die Messergebnisse wieder über diesen Werten, ist ein zeitweiliges Badeverbot zu erlassen. Das Verbot ist aufzuheben, wenn durch Messungen festgestellt wurde, dass zumindest wieder eine ausreichende Badegewässerqualität erreicht ist.

Die Badegewässerqualität selber wird über eine statistische Auswertung der Messergebnisse der Parameter „*Escherichia coli*“ und „Intestinale Enterokokken“ ermittelt, wobei

der Mindestumfang der Probenahmen in der Badegewässerverordnung festgelegt ist. Je nach Ergebnis der statistischen Auswertung wird die Badegewässerqualität als ausgezeichnet, gut, ausreichend oder mangelhaft eingestuft.

Messungen

Als Grundlage für die Untersuchungen der Wasserqualität wurden in den Jahren 2012 und 2013 über einen Zeitraum von 18 Monaten alle zwei Wochen an sieben verschiedenen Stellen zwischen Essen-Steele und Mülheim-Styrum Wasserproben der Ruhr entnommen. Diese Proben wurden im Anschluss auf verschiedene Krankheitserreger hin untersucht. Im Detail wurden Bakterien, Viren und Protozoen untersucht. Zusätzlich wurde das Vorkommen von weiteren Parasiten (Vogelschistosomen, *Trichobilharzia* spp. – von Vögeln ausgeschiedene Parasiten) erfasst. Diese können bei Badenden die sogenannte Badedermatitis, einen juckenden, jedoch ungefährlichen Hautausschlag, verursachen.

Bei allen untersuchten Mikroorganismen wurden Schwankungen in Abhängigkeit von Jahreszeit und Regenintensität festgestellt. Unterschiede in den Messwerten der einzelnen Probenahmestellen waren nicht erkennbar. Eine Ausnahme stellen hier die Badedermatitiserreger dar, die nur vereinzelt an einigen Stellen nachgewiesen wurden.

Zur weiteren Vertiefung der hygienischen Informationsbasis wurde in den Jahren 2014 und 2015 ein intensives Untersuchungsprogramm auf Basis der Anforderungen der Badegewässerverordnung NRW initiiert. Hierbei wurden an ausgewählten Messstellen im Baldeneysee (Seaside Beach) sowie im Zulauf und im Ablauf des Sees während der Badesaison (Mai/Juni bis September) jeweils von Montag bis Donnerstag tägliche Wasserproben entnommen und auf *E. coli* sowie intestinale Enterokokken analysiert. Hierbei zeigte sich, dass die Höchstwerte

nach Badegewässerverordnung im Mittel etwa sechs- bis achtmal während der Badesaison überschritten wurden. Lediglich eine Probenahmestelle zeigte eine deutlich höhere Anzahl an Überschreitungen, was auf die Lage im unmittelbaren Abstrom einer Mischwasserentlastung zurückgeführt werden konnten. Selbst die geringe Anzahl der Überschreitungen der zulässigen Höchstkonzentration an *E. coli* und Intestinalen Enterokokken führte jedoch dazu, dass die Badegewässer-

qualität als unzureichend einzustufen war. Wird jedoch die Forderung der Badegewässerverordnung nach der Installation eines Frühwarnsystems von kurzzeitigen Verschmutzungen umgesetzt, so besteht die Möglichkeit, die Badenden vor kurzzeitigen Verschmutzungen zu warnen und ein zeitweiliges Badeverbot auszusprechen sowie auf Probenahmen zur Ermittlung der Badegewässerqualität während des Zeitraums von kurzzeitigen Verschmutzungen gezielt zu verzichten.

Gruppe	Parameter	Hygienische Bedeutung
Bakterien	Gesamtzellzahl	allg. bakterielle Belastung
	Gesamtkoloniezahl (HPC)	allg. bakterielle Belastung
	<i>E. coli</i>	Indikatorparameter
	coliforme Bakterien	Indikatorparameter
	intestinale Enterokokken	Indikatorparameter
	<i>C. perfringens</i>	Indikatorparameter
	<i>P. aeruginosa</i>	Umweltkeim (fakultativ pathogen)
	<i>Legionella</i> sp. und <i>L. pneumophila</i>	Umweltkeim (fakultativ pathogen)
	Aeromonaden	Umweltkeim (fakultativ pathogen)
	Campylobacter	obligat pathogen (fäkaler Herkunft)
	Salmonellen	obligat pathogen (fäkaler Herkunft)
Viren	Adenoviren	obligat pathogen (fäkaler Herkunft)
	Polyomaviren	obligat pathogen (fäkaler Herkunft)
	Rotaviren	obligat pathogen (fäkaler Herkunft)
	Noroviren GI/GII	obligat pathogen (fäkaler Herkunft)
	Enteroviren	obligat pathogen (fäkaler Herkunft)
Protozoen	<i>Cryptosporidium</i> spp.	obligat pathogen
	<i>Giardia lamblia</i>	obligat pathogen
Invertebraten	<i>Trichobilharzia</i> spp.	obligat pathogen
chem./phys. Begleitparameter	pH-Wert	
	Temperatur (Wasser)	
	elektr. Leitfähigkeit	
	Sauerstoff	
	Trübung	
	SAK/SSK	
	DOC/TOC	
	NH ₄ ⁺ , NO ₂ ⁻ , NO ₃	
P-ges, ortho-PO ₄		
Meteorologische Daten	Temperatur (Luft), Niederschlag, etc.	
Hydraulische Daten	Abfluss	

(T1) Untersuchungsparameter des Messprogramms an der unteren Ruhr.

Quelle: Merkel et al. 2015

In diesen Fällen wäre an einigen Messstellen die Badegewässerqualität durchaus als gut einzustufen, was den Betrieb einer Badestelle ermöglichen würde.

Im Projekt wurden auch weitere Mikroorganismen betrachtet, die von der EU-Badegewässerrichtlinie nicht als Indikatorparameter für die Badegewässerqualität berücksichtigt sind, aber ernstzunehmende Pathogene darstellen (s. Tab. 1). Hier sind insbesondere die verschiedenen Viren zu nennen, deren Infektiosität hoch und das Infektionsrisiko schon bei geringen Dosen erheblich ist. Für alle Parameter gilt: die Belastungen traten im Jahresverlauf leicht uneinheitlich auf. Für die Badenden können sie verschiedene Risiken wie etwa Durchfallerkrankungen nach sich ziehen.

Risikoabschätzungen

Um das Ausmaß der Risiken für die Badenden einzustufen zu können,

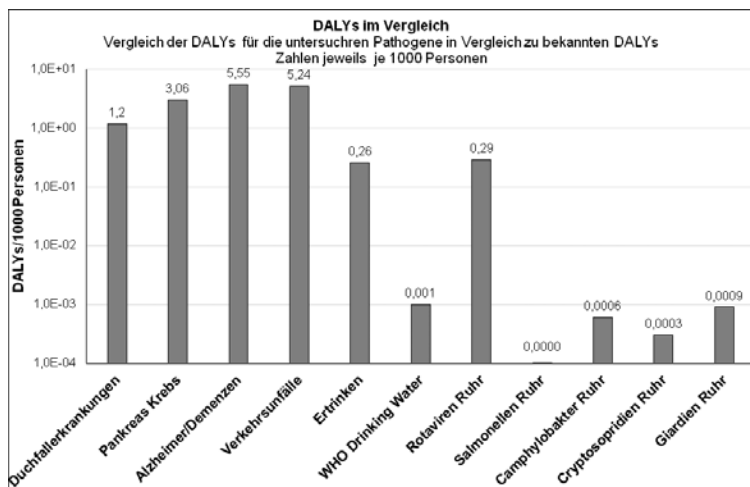
pylobakter, Cryptosporidien und Giardien betrachtet wurden. Um die Wahrscheinlichkeit einer Infektion zu berechnen, wurde in einem ersten Schritt ein QMRA (quantitative microbial risk assessment) durchgeführt. Dabei wurde das Risiko, beim Baden zu erkranken, anhand von Literaturwerten und abschätzenden Berechnungen zur Aufnahme von Krankheitserregern beim Baden und anhand von Literaturwerten zu Dosis-Wirkungs-Beziehungen ermittelt. Das gesellschaftlich akzeptierte Risiko, welches nach Anwendung der Badegewässerverordnung zutrifft, liegt rein rechnerisch im Akzeptanzbereich von drei bis fünf Prozent. Werden die Werte aus „Sichere Ruhr“ damit verglichen, so ist das Baden in der Ruhr aus hygienisch-medizinischer Sicht vertretbar, zumal sich die Risiken durch gezielte Bewirtschaftungsmaßnahmen, wie zum Beispiel dem Aussprechen ein Badeverbots während kurzzeitiger Verschmutzungs-

years) das Schadensausmaß dieser Erkrankungen charakterisiert. Ein DALY sagt aus, inwieweit eine Erkrankung zum Verlust von gesunden und beschwerdefreien Lebensjahren führt. Das DALY-Konzept ist von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) akzeptiert und zur Ableitung von gesundheitsbezogenen Grenzwerten etabliert.

Es zeigte sich, dass die höchsten Gesundheitseinschränkungen beim Baden von der Belastung des Wassers mit Rotaviren ausgehen. Sie liegt jedoch in derselben Größenordnung wie etwa die Gefahr durch Ertrinken, aber deutlich niedriger als beispielsweise die Teilnahme am Straßenverkehr (siehe Abb. 2).

Das Bewertungskonzept und die erarbeitete hygienische Datenbasis für ein Fließgewässer erlauben so eine in dieser Tiefe bislang nicht mögliche risikobasierte Bewertung der Gesundheitsgefährdung beim Baden. Anhand der vorliegenden Daten zeigt sich jedoch auch, dass *E. coli* und Enterokokken nur bedingt als Indikatorparameter der Badegewässerqualität geeignet sind [4].

Die Badermatitis ruft beim Menschen einen juckenden, weitgehend ungefährlichen mehrtägigen Ausschlag hervor. Ursache ist das Eindringen von freischwimmenden Larven der Vogelschistosomen der Arten *Trichobilharzia franki* und *Trichobilharzia szidati*, sogenannter Zerkarien, in die Haut. Zerkarien befallen als Endwirt normalerweise Wasservögel, um zu Trematoden heranzuwachsen. Als Zwischenwirte fungieren die Wasserschnecken, welche die Zerkarien in großen Mengen ins Gewässer ausstoßen, die dann an der Oberfläche schwimmen. Befinden sich Menschen in dem von Zerkarien befallenen Gewässer, so dringen diese in die Haut ein, sterben dort ab und rufen unangenehme Hautrötungen hervor, die nach einigen Tagen abklingen. Weiterentwickeln können sich die Parasiten allerdings nur, wenn der Lebenszyklus geschlossen ist, also der Endwirt



(2) DALYs für die untersuchten Pathogenen im Vergleich zu bekannten DALY-Werten für verschiedene Lebensrisiken.

Quelle: Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit der Universität Bonn, Abteilung für Hygiene, Sozial- und Umweltmedizin der Ruhr-Universität Bochum, Merkel et al. 2015

wurde im Rahmen des Projekts für die untersuchten Parameter eine Risikobewertung durchgeführt. Die Bewertung im Projekt ging über die in der EU-Badegewässerrichtlinie geforderten Parameter hinaus, wobei pathogene Mikroorganismen wie Rotaviren, Salmonellen, Cam-

ereignisse oder die Umsetzung von technischen Maßnahmen zur Verringerung der Eintragsmenge und Häufigkeit pathogener Mikroorganismen weiter senken lassen.

Anschließend wurde durch die Anwendung des DALY-Konzepts (DALY: disability-adjusted life

„Wasservogel“ anwesend ist. Daher ist es ratsam, zu beobachten, ob sich viele Wasservögel an der Badestelle aufhalten. Der beste Schutz, eine Infektion mit Zerkarien zu vermeiden, ist es also, das Flachwasser zu meiden und zum Beispiel eine Steganlage zu nutzen, um direkt ins tiefere Wasser zu gelangen [5].

Modellrechnungen

Zur Ermittlung der Herkunft der hygienischen Belastungen in der Ruhr wurde eine Bilanzierung der Eintragspfade am Beispiel von *E. coli* vorgenommen. Dabei wurde zwischen den Einträgen aus Nebengewässern, diffusen Einträgen, Einträgen aus Kläranlagenabläufen und aus Mischwasserentlastungen unterschieden. Für diese Frachtbilanzierung wurde als Bilanzraum die untere Ruhr von Hattingen bis Mülheim-Styrum betrachtet. Die Abgrenzung des Projektraumes bei Hattingen war insofern von Bedeutung, da frühere Untersuchungen des Ruhrverbandes zur hygienischen Situation der Ruhr gezeigt hatten, dass mit Ausnahme von Hochwasserabflusssituationen der oberhalb liegende Kemnader Stausee eine deutliche Senke der hygienisch relevanten Organismenkonzentration in der Ruhr darstellt.

Zur Abschätzung des Eintrags hygienisch relevanter Frachten über diffuse Quellen wurde zunächst eine differenzierte Flächenbilanzierung für den gesamten Projektraum vorgenommen und anschließend auf Basis bestehender Erkenntnisse zum Eintrag aus diffusen Quellen eine Abschätzung über den diffusen Oberflächenabfluss in Abhängigkeit der Witterungsverhältnisse vorgenommen. Bei der Bilanzierung wurde zwischen Trockenwetter- und Regenwetterverhältnissen unterschieden. Es zeigte sich, dass die Frachteinträge bei Regenwetter angesichts der intensiven Siedlungsnutzung im Projektgebiet durch die Mischwasserentlastungen (ca. 60–70 % der Gesamtfracht) dominiert werden, während bei Trocken-

wetter der wesentliche Frachteintrag im Projektgebiet über die Kläranlagenabläufe (ca. 60–90 % der Gesamtfracht) erfolgt. Trotz des hohen Anteils an Kläranlagenabläufen an der Gesamtfracht bei Trockenwetter war jedoch die Konzentration an *E. coli* wesentlich geringer als bei Regenwittersituationen. Auf der Basis der gemessenen Konzentrationen wurde offensichtlich, dass die hygienische Qualität des Ruhrwassers in Trockenperioden durchaus in der Größenordnung des von der Badegewässerrichtlinie angestrebten Schutzniveaus für Badende liegt, bei Regenwetter und Hochwasser die Infektionsrisiken jedoch deutlich höher sind. Diese Beobachtung wurde bei der Entwicklung eines Frühwarnsystems zur Erkennung von kurzzeitigen Verschmutzungen weiter genutzt [6].

Da die Einleitung von gereinigtem Abwasser und Regenüberläufen in die Ruhr längerfristig alternativlos sein wird, wurde ein Frühwarnsystem zur kurzfristigen, ereignisgesteuerten Freigabe beziehungsweise Sperrung des Badebetriebs erprobt. Da Online-Messungen der Bakterienkonzentrationen zu ungenau sind und labortechnische Analysen nur zeitverzögerte Ergebnisse liefern, wurden für die Erstellung eines Frühwarnsystems verschiedene Methoden untersucht und anhand von historischen Daten und den in der Projektarbeit erhobenen Messdaten überprüft: Korrelationsanalysen, Künstliche Neuronale Netze (KNN), Bilanz- und Niederschlagsmodelle sowie ein dynamisches Simulationsmodell. Die genauesten Aussagen konnten mit den KNN erzielt werden, wobei jedoch auch der Bedarf an Eingangsdaten am höchsten war. Mithilfe des Trockentagemodells waren nur Aussagen möglich, ob gewisse Schwellwerte überschritten werden [7]. Dabei ergaben sich je nach Messstelle eine Anzahl von ein bis drei Tagen, an denen im näheren Einzugsgebiet keine größeren Niederschläge auftreten dürfen, um eine

Unterschreitung der Grenzwerte von 1.800 KBE/100 ml für *E. coli* und 700 KBE/100 ml für intestinale Enterokokken zu gewährleisten, die nach Badegewässerverordnung ein Badeverbot auslösen. Diese „Karenzzeit“ ist spezifisch für jede einzelne Badestelle, so dass ein darauf basierendes Schutzkonzept für jede Badestelle einzeln zu bewerten ist. Das dynamische Simulationsmodell konnte wegen unzureichenden Informationen zu Randbedingungen (Mischwasserentlastungen) nicht angewendet werden [8]. Weiterhin wurden in Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Mechanik und Robotik der Universität Duisburg-Essen dreidimensionale Berechnungen der Strömungs- und Transportvorgänge im Baldeneysee durchgeführt, die grundlegende Erkenntnisse über die zu erwartenden Konzentrationsverteilungen nach Einleitungsereignissen lieferten.

Frühwarnsystem Seaside Beach

Im Juni 2015 gründete sich die „Interessengemeinschaft Baden in der Ruhr“ im Stadtgebiet Essen (IG Baden) mit dem Ziel, an ein bis drei beispielhaften Stellen an der Ruhr einen Badebetrieb zu ermöglichen. Mitglieder der IG Baden waren Vertreter von Behörden, städtischen Institutionen, Verbänden und Parteien, interessierte Bürger*innen der Region Essen sowie Projektpartner aus den Forschungsvorhaben (IWW und Ruhrverband). Unter Berücksichtigung der Forschungsergebnisse sowie der bereits bestehenden lokalen und technischen Voraussetzungen wurde das potenzielle Badegewässer „Seaside Beach“ ausgewählt, an dem exemplarisch die Einrichtung einer ersten Badestelle umgesetzt werden sollte.

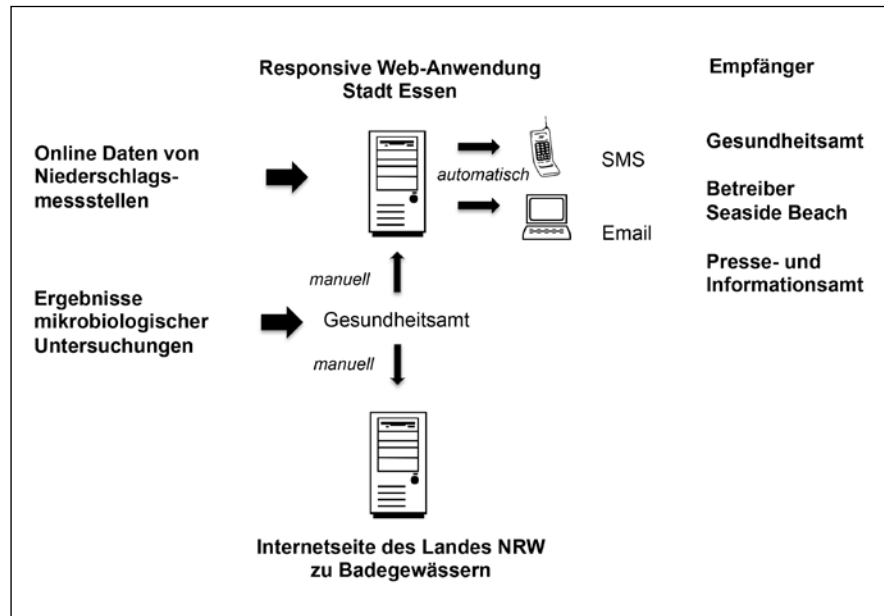
Aktuell ist bei stärkeren Niederschlägen das Badegewässer „Seaside Beach“ durch Einleitungen anfällig gegen kurzzeitige Verschmutzungen. Gemäß der Badegewässerverordnung wurde daher als Bewirtschaftungsmaßnahme ein

Frühwarnsystem entwickelt, das die Bevölkerung vor kurzzeitigen Verschmutzungen warnt.

Das Frühwarnsystem beruht auf der Beobachtung, dass erhöhte Konzentrationen an *E. coli* und intestinalen Enterokokken nach Regeneignissen am Badegewässer „Seaside Beach“ auftreten. Die Konzentrationen können dabei Werte von 1.800 KBE/100 ml für *E. coli* beziehungsweise 700 KBE/100 ml für intestinale Enterokokken überschreiten, was das Aussprechen eines zeitweisen Badeverbots zu Folge haben muss. Da das Ergebnis einer mikrobiologischen Analyse erst mit der Verzögerung von mindestens einem Tag vorliegt, wird ein Frühwarnsystem benötigt, das die Badenden unmittelbar vor zu erwartenden kurzzeitigen Verschmutzungen warnt. Hierzu werden stündlich die Tagesniederschlagssummen an sechs Niederschlagsmessstationen im Umfeld des „Seaside Beach“ ermittelt, die die Messwerte online zur Verfügung stellen.

In Absprache mit der IG Baden wurde das Niederschlagsmodell als Grundlage für das Frühwarnsystem ausgewählt, das über eine sehr hohe Prognosegenauigkeit für Überschreitungen der Grenzwerte nach Badegewässerverordnung verfügt und lediglich mit Niederschlagsdaten aus dem Umland der Badestelle Seaside Beach betrieben werden kann, die online von bereits bestehenden Messstationen bezogen werden können. Zur praktischen Anwendung des Frühwarnsystems wurde vom Essener Systemhaus im Auftrag der Stadt Essen eine responsive Web-Anwendung programmiert (s. Abb. 3).

Die Niederschlagswerte werden an einen Server der Stadt Essen übertragen auf dem die responsive Web-Anwendung installiert ist, die stündlich überprüft, ob an einer der Messstellen ein maximal zulässiger Niederschlagswert von 5 mm/d an den vorangegangenen zwei Tagen sowie am Bewertungstag selber überschritten wurde. In diesem



(3) Funktionsweise des Frühwarnsystems.
Quelle: IWW

Fall ist mit der Überschreitung der Grenzwerte für ein Badeverbot zu rechnen. Der maximale Niederschlagswert sowie der Bewertungszeitraum von drei Tagen (einschließlich des Bewertungstags) war anhand der Auswertung von umfangreichen Messungen aus den Jahren 2012 bis 2016 ermittelt worden.

Bei Überschreitung des maximal zulässigen Niederschlags erfolgt eine automatische Benachrichtigung des Gesundheitsamts der Stadt Essen, des Presse- und Informationsamts der Stadt Essen und des Betreibers des Badegewässers „Seaside Beach“ wahlweise per SMS und/oder E-Mail. Diese Benachrichtigung ist mit der Aussprache eines Badeverbotes verbunden. Der Betreiber des Badegewässers „Seaside Beach“ hat daraufhin unverzüglich die Badestelle zu schließen und die Bevölkerung über das Badeverbot zu informieren. Hierzu wird der Zugang zum Badesteg geschlossen und die anwesenden Besucher*innen des „Seaside Beach“ durch ein Informationszeichen „Baden verboten“ auf das Badeverbot aufmerksam gemacht. Außerdem wird auf der Internetseite des „Seaside Beach“ und über Facebook die Bevölkerung darü-

ber informiert, dass die Badestelle derzeit geschlossen ist. Weiterhin nimmt das Gesundheitsamt manuell die Änderung des Badestatus auf der Informationsseite des Landes NRW über die Badegewässer in NRW vor (<http://www.badegewaesser.nrw.de>).

Zeigen die Niederschlagsdaten an, dass die kurzzeitige Verschmutzung beendet ist, so erfolgt eine automatische Benachrichtigung des Gesundheitsamts, das eine Beprobung und mikrobiologische Untersuchung der Badestelle auf die Konzentrationen an *E. coli* und intestinale Enterokokken veranlasst. Liegt dem Gesundheitsamt der Untersuchungsbefund vor, kann das Gesundheitsamt bei entsprechender Befundlage (*E. coli* \leq 1.800 KBE/100 ml, intestinale Enterokokken \leq 700 KBE/100 ml) das Badeverbot aufheben, indem es sich per Internet mit der Web-Anwendung der Stadt Essen verbindet und dort manuell einen entsprechenden Eintrag vornimmt. Lässt der Befund das Aufheben des Badeverbots nicht zu, so bleibt das Badeverbot so lange bestehen, bis es nach weiteren mikrobiologischen Untersuchungen wieder aufgehoben werden kann. Bei Aufhebung des Badeverbots erfolgt eine



(4) Badespaß am „Seaside Beach“.
Quelle: Peter Prengel, Stadt Essen, 23. Mai 2017

automatische Benachrichtigung des Presse- und Informationsamts der Stadt Essen und des Betreibers des „Seaside Beach“ wiederum wahlweise per SMS und/oder E-Mail. Der Betreiber des Badegewässers „Seaside Beach“ kann daraufhin das Badegewässer wieder öffnen und die Bevölkerung über die ihm zugänglichen Informationsmedien (Internetseite des „Seaside Beach“ und Facebook) darüber informieren. Weiterhin nimmt das Gesundheitsamt manuell die Änderung des Badestatus auf der Informationsseite des Landes NRW über die Badegewässer in NRW vor (<http://www.badegewasser.nrw.de>).

Das Land NRW sowie das Presse- und Informationsamt der Stadt Essen verweisen auf ihren Internetseiten auf die Internetseite des Betreibers des „Seaside Beach“.

Baden im Baldeneysee

Kaum ein Wasser-Forschungsprojekt der letzten Jahre hat von Projektbeginn an so viel Aufmerksamkeit und Interesse von Öffentlichkeit, Politik und Medien bekommen. Neben der wissenschaftlichen Arbeit lag eine besondere Herausforderung darin, auf die Erwartungen der Bevölkerung bis zum Vorliegen der Ergebnisse mit dem wissenschaftlichen Vorbehalt der ergebnisoffenen Forschung zu reagieren. Als nach etwa zwei Jahren Arbeit die Hoffnung auf eine mögliche Realisierung des Badebetriebs zunehmend mit Fakten unterlegt werden konnte, kam zur stringenten Fortsetzung der wissenschaftlichen Arbeit die besondere Herausforderung, die im Forschungsprojekt begonnenen Vorbereitungen für einen realen

Badebetrieb im Stadtgebiet Essen an eine kommunal ermächtigte Organisation zu übergeben. All diese Bemühungen haben am 12. Juni 2015 zur Gründung der „Interessengemeinschaft Baden in der Ruhr“ im Stadtgebiet Essen geführt [9]. Auch bei der Bewerbung und der Ernennung der Stadt Essen zu Grünen Hauptstadt Europas des Jahres 2017 spielte die Aussicht auf die Nutzung des Baldeneysees als Badegewässer eine wichtige Rolle und das Ziel der Einrichtung und des Betriebs einer Badestelle für die badelustige Bevölkerung in Essen rückte in greifbare Nähe. Am 23. Mai 2017 war es dann endlich soweit. Nach mehreren Jahrzehnten des Badeverbots an der Ruhr wurde die Badestelle am „Seaside Beach“ am Baldeneysee offiziell eröffnet. Die Stadt Essen hatte hierzu drei Badestege in den

See bauen lassen, zwischen denen das Baden nun offiziell erlaubt ist – vorausgesetzt es liegt keine kurzzeitige Verschmutzung vor, die durch das Frühwarnsystem angezeigt wird. Der Betrieb der Badestelle erfolgt durch den Betreiber des Freizeitgeländes „Seaside Beach“, der auch für die Bereitstellung der Bademeister und der Umsetzung von Badeverböten bei kurzzeitigen Verschmutzungen zuständig ist. In den ersten drei Monaten der Badesaison 2017 sprang das Frühwarnsystem zehnmal an und es konnte an insgesamt 36 Tagen gebadet werden – ein Angebot, das von vielen Besucher*innen des „Seaside Beach“ mit Freude in Anspruch genommen wurde (s. Abb. 4).

Auf zu neuen Ufern

Nachdem es am „Seaside Beach“ gelungen war, die Einrichtung eines offiziellen Badegewässers zu demonstrieren, wurden bereits während der Badesaison 2017 auch von anderen Städten an der Ruhr Interessen geäußert, ebenfalls Badestellen einzurichten.

Einige Fragen blieben jedoch aus dem Forschungsvorhaben offen, wie zum Beispiel detaillierte Untersuchungen zur Herkunft der mikrobiologischen Belastungen und deren Modellierung. Auch stellen sich bei der Übertragung der an der Ruhr gewonnenen Forschungsergebnisse auf andere Flüsse ganz spezifische Fragestellungen, die zur Fortsetzung der Untersuchungen im Rahmen des vom BMBF geförderten Forschungsvorhabens „Flusshygiene“ (Förderkennzeichen: FKZ 02WRM1364A, Laufzeit: 1. Juni 2015 bis 31. Mai 2018) geführt haben. An diesem Forschungsvorhaben, das vom der Kompetenzzentrum Wasser gGmbH koordiniert wird, sind mehrere Projektpartner beteiligt, unter anderen auch IWW und der Ruhrverband. Im Vorhaben werden sieben Flüsse untersucht, die im Projekt in vier Modellregionen unterteilt sind und sich hinsichtlich

Gewässertyp, Gewässerstruktur, Gewässergüte und Nutzungsarten stark unterscheiden: das Spree-Havel System in Berlin, die Isar und Ilz in Bayern, Rhein und Mosel bei Koblenz in Rheinland-Pfalz und die Ruhr in Nordrhein-Westfalen. Ziel des Verbundprojekts ist die Entwicklung von Instrumenten, die es ermöglichen, komplexe, multifunktionale Fließgewässer so zu bewirtschaften, dass ohne Einschränkung ihrer ökonomischen Funktionen ein höchstmöglicher Gesundheitsschutz gewährleistet werden kann. Dazu wollen die Verbundprojektpartner die dafür nötigen Wissens-, Informations- und Entscheidungsgrundlagen erarbeiten. Weiter sollen Leitfäden und Modelle für die Entwicklung risikobasierter Vorhersageinstrumente und langfristiger Bewirtschaftungsstrategien hinsichtlich hygienischer Belastungen in Fließgewässern entwickelt werden. Mit diesen Erfahrungen erstellen die Verbundprojektpartner anschließend einen Leitfaden und eine Checkliste für die zuständigen Behörden und die wasserwirtschaftliche Praxis (<https://bmbf.nawam-rewam.de/projekt/flusshygiene/>).

Summary

Between 2012 and 2015, the collaborative research project „Sichere Ruhr“ (Safe Ruhr), funded by the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF) was conducted. It was dedicated to the topic if the quality of Ruhr River water had improved to an extent that an existing bathing ban, issued on account of poor microbial water quality around the year 1970, could be lifted. This would meet a rising an obvious demand of a considerable proportion of the adjacent population who already noticed the improvements of the river water quality and, in spite of the legal situation, occasionally went for a swim.

Against this background and in order to investigate opportunities, perspectives and obstacles to re-open official bathing sites along the Ruhr River, „Safe Ruhr“ addressed a broad spectrum of research issues. Both microbial and parasitological pollution of the Ruhr River have been monitored extensively. Furthermore, contamination with trematodes causing „swimmers itch“ has been evaluated. The main sources for microbial pollution in the river were identified as being combined sewer overflows (CSOs), sewage water treatment effluents and agricultural runoff. Models to assess the variable impact of these pathogen pathways as well as early warning systems for the hygienic quality have been developed and evaluated. Microbial health impacts and the health risk of river bathing have been assessed by use of quantitative microbial risk assessment (QMRA) and the concept of disability-adjusted life years (DALY). Different technologies to reduce pathogens in CSO effluents have been implemented and tested. In order to facilitate the re-establishment of Ruhr River bathing sites, a cost-benefit analysis for bathing in the Ruhr River was performed, a regional stakeholder analysis has been conducted, a communication strategy has been developed and a comprehensive practical guideline for bathing in natural water courses has been published.

Danksagung

Die Autoren bedanken sich bei allen Mitarbeiter*innen des interdisziplinären Projektverbunds „Sichere Ruhr“. Unser besonderer Dank geht an die fachliche Projektbegleitung durch Frau Dr. Regine Szewzyk (Umweltbundesamt), an die engagierten Vertreter von Behörden, Verbänden und Parteien sowie an die „Interessengemeinschaft Baden in der Ruhr“ der Stadt Essen. Die dargestellten Ergebnisse wurden im BMBF-geförderten Verbundvorhaben „Sichere Ruhr“ im Rahmen der Fördermaßnahme „Risikomanagement von neuen Schadstoffen und Krankheitserregern im

Wasserkreislauf“ (RiSKWa) erarbeitet. Für die Förderung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen der Forschung für Nachhaltigkeit (FoNa) im Förderschwerpunkt Nachhaltiges Wassermanagement (NaWaM) bedanken sich die Autoren im Namen des gesamten Projektkonsortiums. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren. Weitere Informationen zur Projektarbeit, sowie Abschlussberichte und Veröffentlichungen finden sich auf der Projekthomepage www.sichere-ruhr.de.

Anmerkungen

- 1) Merkel et al. 2016
- 2) Merkel et al. 2015
- 3) Merkel et al. 2015
- 4) Merkel et al. 2015
- 5) Schoenemann und Jardin, 2015
- 6) Merkel et al. 2015
- 7) Mälzer et al. 2016
- 8) Merkel et al. 2015
- 9) Merkel et al. 2016

Literatur

- Mälzer, Hans-Joachim; aus der Beek, Tim; Müller, Silke; Gebhardt, Jörg: Comparison of different model approaches for a hygiene early warning system at the lower Ruhr River, Germany. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. Volume 219, Issue 7, Part B, 2016, 671-680.
- Merkel, Wolf; Strathmann, Martin; Tondera, Katharina; Klaer, Cassandra; Schoenemann, Britta; Jardin, Norbert: Sichere Ruhr - Stand und Perspektiven einer zukünftigen Badenutzung. *Gewässerschutz - Wasser - Abwasser*, Schriftenreihe des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen, Band 236, 2015, 32.1-32.17.
- Merkel, Wolf; Strathmann, Martin; Hein, Andreas; Neskovic, Marina; Mälzer, Hans-Joachim; aus der Beek, Tim; Jardin, Norbert; Schoenemann, Britta; Kistemann, Christian; Timm, Thomas; Luther, Stephan; Koch, Christoph; Tondera, Katharina; Klaer, Cassandra; Pinnekamp, Johannes; Jurzik, Lars; Ewess, Ibrahim Hamza; Wilhelm, Michael; Donner, Christoph; Heyer, Anne; Schöpel, Mathias; Wingender, Jost; Horstkott, Marina; Flemming, Hans-Curt; Sures, Bernd; Selbach, Christian; Lahdo, Rania; Debo, Lisa; Reichertz, Jo; Wiedemann, Peter; Boerner, Franziska; Gebhardt, Jörg; Gebhardt, Jens; Vogt, Jürgen: Sichere Ruhr. Gemeinsamer Abschlussbericht aller Verbundprojektpartner Förderkennzeichen 02WRS1283A bis J inkl. Ergänzungen zur Weiterförderung 2015, 2016, (http://www.sichere-ruhr.de/wp-content/uploads/2016/11/Abschlussbericht_Sichere-Ruhr_Gesamtv-erbund_%C3%9Cberarbeitung-2016-final.pdf)
- Schoenemann, Britta; Jardin, Norbert: Baden in Fließgewässern. Ein Handlungsleitfaden am Beispiel des Baldeneysees & der Unteren Ruhr im Rahmen des BMBF-Projekts Sichere Ruhr, Essen, 2015 (<http://www.sichere-ruhr.de/wp-content/uploads/2014/01/>

[sichere_ruhr_handlungsleitfaden_final.pdf](#)).
– NRW: Verordnung über die Qualität und die Bewirtschaftung der Badegewässer (Badegewässerverordnung) vom 11. Dezember 2007. GV NRW. 2008 S. 138.

Die Autoren

Hans-Joachim Mälzer studierte Chemieingenieurwesen an der Universität Karlsruhe. Nach seinem Studium war er ab 1986 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Engler-Bunte-Institut der Universität Karlsruhe im Bereich Wasserchemie tätig. 1988 wechselte er an das Rheinisch-Westfälische Institut für Wasserchemie und Wassertechnologie GmbH (IWW), Institut der damaligen Gerhard-Mercator-Universität-GH Duisburg und promovierte 1993 am Fachbereich Maschinenbau der Gerhard-Mercator-Universität Duisburg zum Thema „Untersuchungen zu Transport und Abbauvorgängen bei der Uferfiltration im Hinblick auf die Auswirkungen von Stoßbelastungen“. In seiner beruflichen Tätigkeit blieb er weiterhin dem IWW Zentrum Wasser verbunden, wo er die Abteilung Gewässergüte/Schadstofftransport leitete und derzeit als Leiter des Geschäftsfelds Systemsimulation fungiert. Im Rahmen von nationalen und internationalen Beratungs- und Forschungsprojekten hat er sich eine breite Wissensbasis in den Bereichen Uferfiltration, Grundwasseranreicherung, Langsamfiltration, Trinkwasseraufbereitung von Oberflächenwässern, Transportprozesse von Schadstoffen in Gewässern, Modellierung von Transport- und Aufbereitungsprozessen, Trinkwassersicherheitskonzepte (Water Safety Plans), Wasserversorgungskonzepte sowie Anpassungsstrategien der Wasserversorgung an den Klimawandel erarbeitet.

Wolf Merkel hat nach dem Studium der Verfahrenstechnik an der Universität Karlsruhe mit den Schwerpunkten „Wasserchemie“ und „Stofftransport“ sowie einer Promotion zur anaeroben Reinigung von industriellen Abwässern an der Universität Stuttgart im IWW Zentrum Wasser zunächst Planungs- und Optimierungsprojekte der Wasserversorgung betreut. Das IWW gehört zu den führenden Forschungs- und Beratungsinstituten der deutschen Wasserversorgung mit Sitz in Mülheim an der Ruhr, Biebesheim am Rhein und Diepholz. Seit 2002 ist er dort als technischer Geschäftsführer für die Entwicklungs- und Beratungsaktivitäten verantwortlich. Seine Forschungsschwerpunkte lagen unter anderem im Bereich „Kennzahlen und Benchmarking für die Wasserversorgung“ und im Bereich „Entwicklung von Asset Management Strategien für Wasserversorgungsunternehmen“. Als Projektleiter des BMBF-Vorhabens „Sichere Ruhr“ entwickelte er den Projektansatz und betreut bis heute die erfolgreiche Implementierung an den Badestellen an der Ruhr.



Wolf Merkel. Foto: Vladimir Unkovic